

Glasilo Zveze geodetov Slovenije

Journal of the Association of Surveyors of Slovenia

GEODETSKI

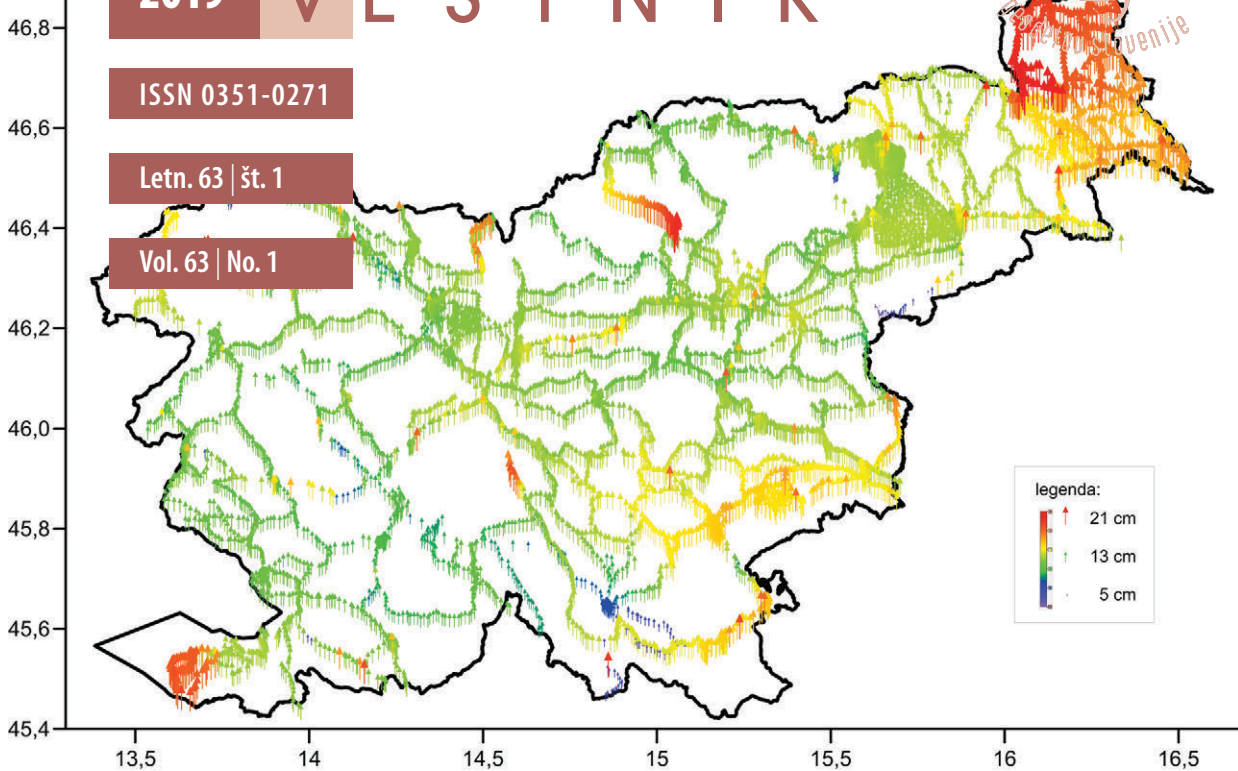
2019

VESTNIK

ISSN 0351-0271

Letn. 63 | št. 1

Vol. 63 | No. 1



Geodezija – stroka priložnosti!?



GEODETSKI VESTNIK

UDK 528=863
ISSN 0351-0271
EISSN 1581-1328



Letnik 63, št. 1, str. 1–150, Ljubljana, marec 2019. Izidejo štiri številke na leto. Naklada te številke: 1200 izvodov.

Barvna različica je prosto dostopna na spletnem naslovu: <http://www.geodetski-vestnik.com>.

Vol. 63, No. 1, pp. 1–150, Ljubljana, Slovenia, March 2019. Issued four times a year. Circulation: 1,200 copies.

Free on-line access to the colour version at <http://www.geodetski-vestnik.com>.

IF JCR (2016): 0,337

IF SNIP (2016): 0,433



*Geodetski vestnik je odprtodostopna revija.
Recenzirani objavljeni članki so indeksirani in povzeti v:*

Social Sciences Citation Index (SSCI)

Social Scisearch (SSS) in

Journal Citation Reports/Social Sciences Edition (JCR/SSE)

Geodetski vestnik is an open access journal.

The reviewed papers are indexed and abstracted in:

Social Sciences Citation Index (SSCI)

Social Scisearch (SSS) and

Journal Citation Reports/ Social Sciences Edition (JCR/SSE).

Geodetski vestnik je indeksiran in povzet tudi v bibliografskih zbirkah:

GEODBASE(TM), ICONDA – International Construction Database, SCOPUS, COBISS, Civil Engineering Abstracts, GeoRef, CSA Aerospace & High Technology Database, Electronics and Communications Abstracts, Materials Business File, Solid State and Superconductivity Abstracts, Computer and Information Systems, Mechanical & Transportation Engineering Abstracts, Water Resources Abstracts, Environmental Sciences

Indexed and abstracted is also in those bibliographic data bases:

GEODBASE(TM), ICONDA – International Construction Database, SCOPUS, COBISS, Civil Engineering Abstracts, GeoRef, CSA Aerospace & High Technology Database, Electronics and Communications Abstracts, Materials Business File, Solid State and Superconductivity Abstracts, Computer and Information Systems, Mechanical & Transportation Engineering Abstracts, Water Resources Abstracts, Environmental Sciences

Izdajanje Geodetskega vestnika sofinancira:
Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije

Geodetski vestnik je vpisan v razvid medijev na Ministrstvu za kulturo Republike Slovenije pod zaporedno številko 526.

Geodetski vestnik is partly subsidized by the Slovenian Research Agency.

Geodetski vestnik is entered in the mass media register at the Ministry of Culture of the Republic of Slovenia under No. 526.

GLAVNA IN ODGOVORNA UREDNICA

dr. Anka Lisec

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija

Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana

Tel.: +386 1 4768 560

e-naslov: urednik@geodetski-vestnik.com

PODROČNI UREDNIKI

dr. Božo Koler, področni urednik za *inženirsko geodezijo*

dr. Mojca Kosmatin Fras, področna urednica za *fotogrametrijo*

dr. Božena Lipej, področna urednica za *upravljanje in evidentiranje nepremičnin*

dr. Kristof Oštir, področni urednik za *daljinsko zaznavanje in geoinformatiko*

dr. Bojan Stopar, področni urednik za *geodezijo in geofiziko*

dr. Alma Zavodnik Lamovšek, področna urednica za *načrtovanje in urejanje prostora*

MEDNARODNI UREDNIŠKI ODBOR

dr. Ivan R. Aleksić (Univerza v Beogradu, Gradbena fakulteta, Beograd, Srbija)

dr. Janja Avbelj (Eumetsat, Darmstadt, Nemčija)

dr. Branislav Bajat (Univerza v Beogradu, Gradbena fakulteta, Beograd, Srbija)

dr. Tomislav Bašić (Univerza v Zagrebu, Fakulteta za geodezijo, Zagreb, Hrvaška)

Sandi Berk (Geodetska uprava RS, Ljubljana, Slovenija)

dr. Giuseppe Borruso (Univerza v Trstu, DEAMS, Trst, Italija)

Miran Brumec (Inženirska zbornica Slovenije)

dr. Raffaella Cefalo (Univerza v Trstu, Oddelek za inženirstvo in arhitekturo, Trst, Italija)

dr. Vlado Cetl (EK, Skupno raziskovalno središče, Ispra, Italija)

dr. Joep Crompvoets (KU Leuven, Public Governance Institute, Leuven, Belgija)

dr. Marjan Čeh (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

dr. Walter Timo de Vries (Tehniška univerza München, München, Nemčija)

dr. Urška Demšar (Univerza St. Andrews, Velika Britanija)

dr. Samo Drobne (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

mag. Erna Flogie Dolinar (Geodetska uprava RS, Ljubljana, Slovenija)

dr. Thomas Kalbro (Kraljevi inštitut KTH, Stockholm, Švedska)

dr. Dušan Kogoj (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

dr. Žiga Kokalj (ZRC SAZU, Inštitut za antropološke in prostorske študije, Ljubljana, Slovenija)

dr. Miran Kuhar (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

dr. Reinfried Mansberger (Univerza za naravoslovne in biotehniške vede, IVFL, Dunaj, Avstrija)

dr. Leiv Bjarte Mjøs (Visoka šola v Bergnu, Bergen, Norveška)

dr. Gerhard Navratil (Tehniška univerza na Dunaju, Dunaj, Avstrija)

Tomaž Petek (Geodetska uprava RS, Ljubljana, Slovenija)

dr. Dušan Petrovič (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

dr. Alenka Poplin (Iowa State University, College of Design, Ames, Iowa, ZDA)

dr. Andrea Pödör (Univerza Óbuda, Székesfehérvár, Madžarska)

dr. Anton Prosen (Ljubljana, Slovenija)

dr. Dalibor Radovan (Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija)

dr. Fabio Remondino (Fondazione Bruno Kessler, 3DOM, Trento, Italija)

dr. Miodrag Roić (Univerza v Zagrebu, Fakulteta za geodezijo, Zagreb, Hrvaška)

dr. Balázs Székely (Univerza Eötvösa Loránd, Budimpešta, Madžarska)

dr. Bojan Šavrič (ESRI Ltd, Redlands, Kalifornija, ZDA)

dr. Maruška Šubic Kovač (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

dr. Joc Triglav (Geodetska uprava RS, Murska Sobota, Slovenija)

dr. Mihaela Triglav Čekada (Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija)

dr. Arvo Vitikainen (Univerza Aalto, Aalto, Finska)

dr. John C. Weber (Grand Valley State College, Department of Geology, Allendale, Michigan, ZDA)

dr. Klemen Zakšek (Rosen Group, Lingen, Nemčija)

EDITOR-IN-CHIEF**Anka Lisec, Ph.D.**

University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia

Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana

Phone: +386 1 4768 560

E-mail: editor@geodetski-vestnik.com

FIELD AND SUB-FIELD EDITORS**Božo Koler, Ph.D.**, field editor for *Engineering Geodesy***Mojca Kosmatin Fras, Ph.D.**, field editor for *Photogrammetry***Božena Lipej, Ph.D.**, field editor for *Real Estate Management and Recording***Krištof Oštir, Ph.D.**, field editor for *Remote Sensing and Geoinformatics***Bojan Stopar, Ph.D.**, field editor for *Geodesy and Geophysics***Alma Zavodnik Lamovšek, Ph.D.**, field editor for *Spatial Planning***INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD****Ivan R. Aleksić, Ph.D.** (University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, Serbia)**Janja Avblej, Ph.D.** (Eumetsat, Darmstadt, Germany)**Branislav Bajat, Ph.D.** (University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, Serbia)**Tomislav Bašić, Ph.D.** (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Zagreb, Croatia)**Sandi Berk** (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)**Giuseppe Borruso, Ph.D.** (University of Trieste, DEAMS, Trieste, Italy)**Miran Brumec** (Slovenian Chamber of Engineers)**Raffaella Cefalo, Ph.D.** (University of Trieste, Department of Engineering and Architecture, Trieste, Italy)**Vlado Cetl, Ph.D.** (EC, Joint Research Centre, Ispra, Italy)**Joep Crompvoets, Ph.D.** (KU Leuven, Public Governance Institute, Leuven, Belgium)**Marjan Čeh, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Walter Timo de Vries, Ph.D.** (Technical University of Munich, München, Germany)**Urška Demšar, Ph.D.** (University of St. Andrews, St. Andrews, Scotland, United Kingdom)**Samo Drobne, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Erna Flogie Dolinar, M.Sc.** (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)**Thomas Kalbro, Ph.D.** (Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden)**Dušan Kogoj, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Žiga Kokalj, Ph.D.** (ZRC SAZU, Institute of Anthropological and Spatial Studies)**Miran Kuhar, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Reinfried Mansberger, Ph.D.** (University of Natural Resources and Life Sciences, IVFL, Vienna, Austria)**Leiv Bjarte Mjøs, Ph.D.** (Bergen University College, Bergen, Norway)**Gerhard Navratil, Ph.D.** (Vienna Technical University, Vienna, Austria)**Tomaž Petek** (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia)**Dušan Petrovič, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Alenka Poplin, Ph.D.** (Iowa State University, College of Design, Ames, Iowa, USA)**Andrea Pódör, Ph.D.** (Óbuda University, Székesfehérvár, Hungary)**Anton Prosen, Ph.D.** (Ljubljana, Slovenia)**Dalibor Radovan, Ph.D.** (Geodetic Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)**Fabio Remondino, Ph.D.** (Fondazione Bruno Kessler, 3DOM, Trento, Italy)**Miodrag Roić, Ph.D.** (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Zagreb, Croatia)**Balázs Székely, Ph.D.** (Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary)**Bojan Šavrič, Ph.D.** (ESRI Ltd, Redlands, California, USA)**Maruška Šubic Kovač, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Joc Triglav, Ph.D.** (Surveying and Mapping Authority, Murska Sobota, Slovenia)**Mihaela Triglav Čekada, Ph.D.** (Geodetic Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)**Arvo Vitikainen, Ph.D.** (Alto University, Aalto, Finland)**John C. Weber, Ph.D.** (Grand Valley State College, Department of Geology, Allendale, Michigan, USA)**Klemen Zakšek, Ph.D.** (Rosen Group, Lingen, Germany)

IZDAJATELJ

Zveza geodetov Slovenije

Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: info@geodetski-vestnik.com

IZDAJATELJSKI SVET

mag. Blaž Mozetič, predsednik *Zveza geodetov Slovenije*
mag. Erna Flogie Dolinar, *Zveza geodetov Slovenije*
dr. Anka Lisec, *glavna in odgovorna urednica*
Sandi Berk, *urejanje rubrike Strokovne razprave*
dr. Mojca Foški, *tehnično urejanje in oblikovanje*

TEHNIČNO UREJANJE IN OBLIKOVANJE

dr. Mojca Foški, e-naslov: mojca.foski@fgg.uni-lj.si
Barbara Trobec, e-naslov: barbara.trobec@fgg.uni-lj.si
dr. Teja Koler Povh, e-naslov: teja.povh@fgg.uni-lj.si

LEKTORIRANJE

Manica Baša

UREJANJE SPLETNIH STRANI

dr. Klemen Kozmus Trajkovski
e-naslov: web@geodetski-vestnik.com

TISK

SIMPRO d.o.o., Brezovica

DISTRIBUCIJA

mag. Janez Goršič, e-naslov: janez.gorsic@fgg.uni-lj.si

TRŽENJE (OGLASNO TRŽENJE)

Zveza geodetov Slovenije
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: zveza.geodetov.slovenije@gmail.com

NAVODILA AVTORJEM

<http://www.geodetski-vestnik.com>

PUBLISHER

Association of Surveyors of Slovenia

Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana, Slovenia
e-mail: info@geodetski-vestnik.com

PUBLISHING COUNCIL

Blaž Mozetič, M.Sc., president of the *Association of Surveyors of Slovenia*
Erna Flogie Dolinar, M.Sc., *Association of Surveyors of Slovenia*
Anka Lisec, Ph.D., *editor-in-chief*
Sandi Berk, *editor of the section Professional Discussions*
Mojca Foški, Ph.D., *technical editor and design*

TECHNICAL EDITOR AND DESIGN

Mojca Foški, Ph.D., e-mail: mojca.foski@fgg.uni-lj.si
Barbara Trobec, e-mail: barbara.trobec@fgg.uni-lj.si
Teja Koler Povh, Ph.D., e-mail: teja.povh@fgg.uni-lj.si

SLOVENE PROOFREADING

Manica Baša

WEB PAGE EDITING

Klemen Kozmus Trajkovski, Ph.D.
e-mail: web@geodetski-vestnik.com

PRINT

SIMPRO d.o.o., Brezovica

DISTRIBUTION

Janez Goršič, M.Sc., e-mail: janez.gorsic@fgg.uni-lj.si

MARKETING (ADVERTISING)

Association of Surveyors of Slovenia
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana, Slovenia
e-mail: zveza.geodetov.slovenije@gmail.com

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

<http://www.geodetski-vestnik.com>

VSEBINA CONTENTS

UVODNIK | EDITORIAL

<i>Dejan Židan</i>	UVODNIK PREDSEDNIKA DRŽAVNEGA ZBORA REPUBLIKE SLOVENIJE EDITORIAL BY THE PRESIDENT OF THE NATIONAL ASSEMBLY OF THE REPUBLIC OF SLOVENIA	7
<i>Blaž Mozetič</i>	OPTIMIZEM PRILOŽNOSTI OPTIMISTIC ABOUT OPPORTUNITIES	11

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

<i>Oskar Sterle, Božo Koler</i>	DOLOČITEV NOVEGA VIŠINSKEGA DATUMA SLOVENIJE DETERMINATION OF THE NEW VERTICAL DATUM OF SLOVENIA	13
<i>Božo Koler, Bojan Stopar, Oskar Sterle, Tilen Urbančič, Klemen Medved</i>	NOV SLOVENSKI VIŠINSKI SISTEM SVS2010 NEW SLOVENIAN HEIGHT SYSTEM SVS2010	27
<i>Nedim Tuno, Admir Mulahusić, Simona Savšek, Dušan Kogoj</i>	PET GENERACIJ INTEGRIRANIH ELEKTRONSKIH TAHIMETROV FIVE GENERATIONS OF INTEGRATED ELECTRONIC TACHYMETERS	41
<i>Boštjan Kovačič, Tomaž Motoh</i>	MOŽNOST MERJENJA DINAMIČNEGA ODZIVA KONSTRUKCIJ Z NEKONTAKTNO GEODETSKO METODO THE POSSIBILITY OF MEASURING THE DYNAMIC RESPONSE OF STRUCTURES USING NON-CONTACT GEODETIC METHOD	57
<i>Randa Natraš, Dževad Krdžalić, Džana Horozović, Alma Tabaković, Medžida Mulić</i>	TOČNOST GNSS-OPAZOVANJ MED INTENZIVNIM VREMENSKIM DOGAJANJEM V IONOSFERI IN TROPOSFERI ZA PRIMER BIH GNSS IONOSPHERIC TEC AND POSITIONING ACCURACY DURING INTENSE SPACE AND TERRESTRIAL WEATHER EVENTS IN B&H	73
<i>Jacek Zyga</i>	PREDMET IN NAMEN VREDNOTENJA NEPREMIČNIN TER NJIHOV VPLIV NA METODE VREDNOTENJA IN PODATKOVNE ZBIRKE	92

OBJECT AND OBJECTIVE OF PROPERTY APPRAISAL AND THEIR EFFECTS ON
VALUATION METHODS AND DATABASES

STROKOVNE RAZPRAVE | PROFESSIONAL DISCUSSIONS

<i>Niko Fabiani, Klemen Ritlop</i>	104
TRIMBLE ONLINE PROCESSING – NOVA STORITEV ZA UPORABNIKE OMREŽJA SIGNAL	
TRIMBLE ONLINE PROCESSING – A NEW SERVICE FOR THE USERS OF THE SIGNAL NETWORK	
<i>Tomaž Ambrožič</i>	109
POLEMIKA: POMIK PROTI VZHODU ALI ZAHODU	
POLEMIC: FALSE EASTING OR WESTING	
<i>Danijel Boldin, Majda Mavec, Janez Slak</i>	112
DIGITALNI ARHIVI NEPREMIČNINSKIH EVIDENC	
DIGITAL ARCHIVES OF REAL ESTATE DATA	
<i>Joc Triglav</i>	115
'OKO SOKOLOVO' – UTRINKI Z IGF	
'EAGLE EYE' - GLIMPSES FROM THE IGF	

NOVICE IZ STROKE | NEWS FROM THE FIELD 121

NOVICE IZ GEODETSKIH DRUŠTEV | NEWS FROM PROFESSIONAL SOCIETIES 128

RAZNO | OTHERS 136

Slike na naslovnici:

Razlike višin reperjev SVS2000 (datum Trst) – SVS2010 (datum Koper) (Vir: mag. Klemen Medved, GURS) in utrinki iz 47. Geodetskega dne (Foto: Jaka Šulin).

UVODNIK PREDSEDNIKA DRŽAVNEGA ZBORA REPUBLIKE SLOVENIJE

EDITORIAL BY THE PRESIDENT OF THE NATIONAL ASSEMBLY OF THE REPUBLIC OF SLOVENIA

Dejan Židan

predsednik Državnega zbora | President of the National Assembly

Spoštovane bralke in bralci Geodetskega vestnika,

14. marca 2019 je v Novem mestu, v okviru 47. Geodetskega dneva, potekala počastitev 8. evropskega dneva geodetov in geoinformatikov. V veselje in čast mi je, da sem bil ob tej priložnosti povabljen k slavnostnemu nagovoru na slavnostni akademiji. Prav tako si štejem v čast, da lahko te misli delim še z vami, bralkami in bralci Geodetskega vestnika, strokovne revije Zveze geodetov Slovenije.

Rdeča nit letošnjega 47. Geodetskega dneva je bila Geodezija – stroka priložnosti!?. Verjamem, da je bil naslov izbran premišljeno, predvsem pa z velikim optimizmom in pričakovanji. Osebnostno ga dojemam zelo optimistično. Zakaj?

Geodete in geodetske storitve širša javnost najbolj pozna v povezavi z inženirsko geodezijo ter zemljiškim katastrom. Že ta, lahko bi rekel, tradicionalna geodetska področja ponujajo danes veliko izzivov. Številne investicije ter predvsem vse kompleksnejše gradnje zahtevajo geodetskega inženirja na prav vsakem koraku – od urejanja parcelnih meja, priprave prostorskih podatkov za projektno dokumentacijo do evidentiranja nepremičnin ter spremljanja deformacij ali pomikov grajenih objektov.

A geodetska stroka ni povezana le z gradbeništvom in urbanizmom. S kakovostnimi in zanesljivimi podatki geodeti namreč omogočate registracijo pravic na vseh nepremičninah, pa najsi gre za stanovanja, stavbe ali zemljišča. Kakovostni nepremičninski podatki in pravna varnost pa so temelj za delovanje vsake družbe. Slednjega se najverjetneje še premalo zavedamo. Naj omenim le nekaj primerov:

- Kakovosten sistem za registracijo nepremičnin je ključen za zagotavljanje bivanjske in prehranske varnosti. Pravico do bivalnega prostora in pravico do zdrave prehrane Združeni narodi uvrščajo med temeljne človekove pravice!
- Poleg tega je kakovosten sistem za registracijo nepremičnin ključen za delovanje nepremičninskega trga, s tem pa tudi pogoj za mnoge investicije – tako domače kot tuje!
- Ne nazadnje – kakovosten sistem za registracijo nepremičnin je s svojimi podatki, informacijami in procesi temelj za obvladovanje prostora. Prostor oziroma teritorij pa je pomemben konstitutivni element vsake države!

Sam, strokovno gledano, prihajam s področja kmetijstva. V povezavi z zemljiškim katastrom in celotnim sistemom za registracijo nepremičnin moram zatorej izpostaviti, da pri vsem tem ne gre le za podatke, ne gre le za evidence. Geodeti so usposobljeni in od njih se pričakuje veliko več kot »le« izmera, obdelava in posredovanje podatkov. Pri svojih storitvah sprejemajo odločitve ali pa uresničujejo razvojne projekte – pa naj bo to odločitev pri enostavni parcelaciji ali pa so to odločitve pri kompleksnejših katastrskih preureditvah, kot so na primer komasacije. Izzivov na področju upravljanja zemljišč je ogromno in tega se zavedajo tudi in predvsem geodeti sami. Dokaz slednjega je ne nazadnje tudi dejstvo, da je bila prav navedena tema že pred petimi leti rdeča nit takratnega Geodetskega dneva.

Geodezija je gotovo stroka priložnosti. Področja njenega delovanja so številna, predvsem vse aktualnejša. Izjemne priložnosti pa prinašajo tudi vse večje potrebe po kakovostnih prostorskih informacijah in storitvah ter izredno hiter razvoj tehnologij za zajem in obdelavo prostorskih podatkov. Zato me izjemno veseli, da tudi naša domača, slovenska stroka uspešno razvija inovativne rešitve na hitro rastočem geoinformacijskem trgu, ki niso neopazne, ampak odmevajo tako doma kot v tujini! Mnogo tovrstnih projektov se izvaja na Geodetski upravi Republike Slovenije ali v okviru večjih raziskovalnih institucij. Takšni sistemsko-razvojni projekti pa še posebej močno vplivajo ne le na stroko, ampak tudi na vse uporabnike in širšo družbo. Naj zatorej stroka tudi v prihodnje razmišlja strateško, o ustreznih znanjih in kadrih, o sistemskih institucionalnih rešitvah! Le tako bodo tudi tehnične rešitve prispevale k dobrobiti družbe.

Spoštovane bralke in bralci,

veseli me, da sem lahko tudi z vami delil svoje misli, zato naj z vami podelim še iskrene čestitke univ. dipl. ing. geod. gospodu Marjanu Jenku, jubilanu, ki je na slavnostni akademiji prejel priznanje Zveze geodetov Slovenije za življenjsko delo.

Želim vam vse dobro in naj vam tudi v prihodnje ne zmanjka zanimanja in naklonjenosti za to zanimivo in širši javnosti premalo poznano vedo!

Državni zbor, 18. marec 2019

Mag. Dejan Židan, predsednik Državnega zbora

Dear Readers of Geodetski vestnik,

On 14 March 2019, the 8th Day of European Surveyor and Geoinformation was celebrated during the 47th Land Surveying Day, which took place in Novo Mesto. I accepted the invitation to give a speech at the formal ceremony with great pleasure and honour, I am also honoured to be able to share the views expressed on such occasion with you, readers of Geodetski vestnik, the professional journal of the Association of Surveyors of Slovenia.

The central theme of this year's Land Surveying Day was Surveying – the Profession of Opportunities!?. I believe that it had been chosen carefully and with great optimism and expectations. I am certainly very enthusiastic about it. Let me explain why.

Surveyors and their services are mostly known in connection with engineering surveying and land cadastre. By themselves, these two – one could say 'traditional' – surveying fields offer numerous challenges. Diverse investments and increasingly complex construction projects call for the presence of a surveying engineer throughout the entire process – from establishing boundary lines and preparation of spatial data for project documentation to property registration and monitoring of structures' deformations or movements.

Yet, land surveying is not connected only with construction and urban planning. As providers of high-quality and reliable data, surveyors enable the registration of rights on all real estate, be it in the form of apartments, buildings or land. High-quality real-estate data and legal certainty are the foundations of the functioning of every society. I am afraid we occasionally lose sight of this. Allow me to give just a few examples:

- A high-quality system for the registration of real estate is key to ensuring existential and food security. The United Nations acknowledged the right to housing and the right to healthy food as fundamental human rights!
- Furthermore, a high-quality system for the registration of real estate is key for the functioning of the real-estate market, being also the condition for numerous investments – both domestic and foreign!
- Finally, the data, information and processes of a high-quality system for the registration of real estate are the foundations for the effective management of land, which is an essential constituent element of every country!

My professional background is in agriculture. In connection with land cadastre and the entire system of real-estate registration, I would like to point out that it is not only about data or registers. Land surveyors are trained professionals, and expectations with regard to their work by far exceed mere measurements, analyses, and provision of data. Their services extend to decision-making and project implementation – from land subdivision to more complex cadastral arrangements such as land consolidations. Challenges in the field of land management are numerous, and land surveyors are especially aware of that. This is supported by the fact that the issue was at the centre of the Land Surveying Day already five years ago.

Land surveying is indeed a profession of opportunities! The areas of its activity are numerous and are growing in importance. Exceptional opportunities are also offered by the increasing needs for high-quality spatial information and services and by exceptionally fast development of technologies for capturing and processing spatial data. I am therefore particularly pleased that Slovenian surveyors have successfully

developed innovative solutions on the fast-growing geoinformation market, which do not go unseen but make an impact in Slovenia as well as abroad! Numerous innovative projects are undertaken in the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia and in major research institutions. Such systemic and development projects strongly affect not only the profession but also all users and the society as a whole. Therefore, strategic thinking should be further pursued, concentrating on adequate skills and human resources as well as systemic institutional solutions. This is the only way for technical solutions to contribute to society's well-being.

Dear Readers,

It has been a pleasure to share some of my ideas with you and I would like to use this opportunity also to express sincere congratulations to Mr Marjan Jenko, land surveying engineer, on his jubilee and for the Life's Work Award, which he was presented with during the formal ceremony.

I wish you all the best and urge you to retain your passion and love for this interesting yet often overlooked profession.

National Assembly, 18 March 2019

Dejan Židan, MSc, President of the National Assembly

OPTIMIZEM PRILOŽNOSTI OPTIMISTIC ABOUT OPPORTUNITIES

Blaž Mozetič

predsednik Zveze geodetov Slovenije | president of the Association of Surveyors of Slovenia

Za letošnji Geodetski dan smo si zadali izziv, da odgovorimo na vprašanje, kako trajnostno, dolgoročno in vzdržno zagotoviti optimizem, da bo geodezija postala oziroma ostala stroka priložnosti. Odgovor na to vprašanje nekoliko spominja na tisto anekdoto, ko so se srečali trije možje. Prvi, ki je bil gluha, je dejal: »Sem slišal, da bo vojna!« Drugi, ki je bil hrom, je pripomnil: »To se bomo tepli!« in tretji, ki je bil slep, se je na koncu pridušal: »To bomo pa še videli!« Obilo optimizma, bi lahko dejali.

Geodetski optimizem in priložnosti morajo imeti nekoliko trdnjše temelje. Za nekatera področja so temelji zelo trdni in globoki, kot na primer naša večna tema: Zemljiški kataster, kjer geodeti že 200 let iščemo priložnosti, pa še vedno nismo vseh našli. Na drugi strani je odlična priložnost stalen razvoj znanosti in tehnologije, kar zahteva prilagajanje novim trendom in potrebam družbe.

Geodetska stroka je zelo povezana z drugimi strokami in je močno vpeta v mednarodne razvojne trende. Danes še ne poznamo potreb niti ne rešitev oziroma storitev, ki jih bomo geodeti lahko družbi ponudili jutri. Da ne bomo zaspali in da nas ne bodo drugi prehiteli, se je treba vsak dan izobraževati, sodelovati, pogledovati na druga področja. Predvsem pa je treba modro kadrovati, kajti brez izobraženih, motiviranih in sposobnih ljudi še tako odlična ideja ne bo nikoli zagledala luči sveta. Brez odličnih kadrovskega potencialov vsega tega optimizma ne moremo pridelati. V geodetski stroki so in bodo priložnosti za vsakega posameznika, vendar pa se moramo zavedati, da nobena sfera – ne izobraževalna, ne javna in ne gospodarska – ni sposobna v kratkem času amortizirati prevelikih vzponov in padcev gospodarske aktivnosti in potreb, da bi bil lahko optimizem vzdržan.

Najbrž smo si enotni, da je najtežje od vsega priložnosti opaziti, jih ujeti, negovati in na koncu izkoristiti. Ni lahko in vsaka priložnost ne prinese uspeha, vendar moramo vztrajati, kajti to hrani in krepi optimizem, da priložnosti so in bodo. Treba je poskušati, kdor namreč ne poskuša, je poraženec. Prepričan sem, da je priložnosti za vzdrževanje trajnostnega optimizma obilo. Prav tako sem prepričan, da Geodetski dan vsako leto ponudi priložnosti za poglobljen razmislek o strokovnih izzivih, rešitvah in dilemah, pa tudi viziji optimizma in priložnostih. Geodetski dan naj bo geodetu priročen opomnik, da v geodetski stroki so in bodo priložnosti.

Dragi geodeti, večina naših aktivnosti poteka zaradi ljudi, ki imajo dušo, moralo in čast, zato bo geodezija ostala stroka priložnosti le, če bomo delali z ljudmi za ljudi.

Iskrena zahvala programskemu odboru in Dolenjskemu geodetskemu društvu za organizacijo letošnjega Geodetskega dneva. Hvala tudi sponzorjem in vsem, ki ste kakorkoli pripomogli, sodelovali ali prisostvovali, da je največji letni dogodek slovenske geodetske stroke uspel.

Hvala in srečno!

This year's Land Surveying Day responded to the challenge of finding the answers for how to provide a sustainable, long-term and viable optimism that will help land surveying to become or, even better, to remain the profession of opportunities. The answer to the question brings to mind an anecdote about three men who met one day. The first one was deaf and remarked: "I have heard that war is about to break out!" The second one was paralysed and commented: "Oh, how valiantly we will fight!", and the third one, being blind, finally asserted: "Oh, let us live to see that!" Tremendous optimism, one might remark.

However, land-surveying optimism and opportunities have to rest on foundations that are a bit more solid. In some areas, the foundations are truly solid and deep, which is especially so for our favourite subject: land cadastre, where land surveyors have been looking for opportunities for the past 200 years, and have yet to find them all. In contrast, another excellent opportunity lies in continued scientific and technological development, requiring from us to adapt quickly to the latest trends and social needs.

Land surveying is closely linked with other professions, and is deeply embedded in international development trends. Both needs, as well as the solutions or services that we will be able to offer to the society tomorrow, may not even exist yet. To prevent lagging behind, one has to learn every day, one has to cooperate, look at other fields. Special attention has to be devoted to wise employment decisions because even the most brilliant ideas will not be put into practice without educated, motivated and capable individuals. It is not possible to produce any optimism without high potentials in human resources. Land surveying offers and will continue to offer opportunities, but one should bear in mind that no profession – be it in the sectors of education, public services or economy – is capable of absorbing the shocks of constant economic and demand fluctuation to keep optimism sustainable.

Presumably, we all agree that the most difficult thing is to find, grasp, nurture and finally use opportunities. It is not simple, and not every opportunity necessarily bears fruit, but we should insist because this is the only way to strengthen the optimistic view that opportunities have existed and will remain to exist. One has to keep trying, those who stop will lose. I am positive that there are numerous opportunities to maintain sustainable and viable optimism.

I am also convinced that Land Surveying Day offers opportunities for a deep reflection on professional challenges, solutions and dilemmas, as well as optimistic views and opportunities. Let the Land Surveying Day be a welcome reminder of every land surveyor that opportunities in the field exist and will continue to do so.

Dear land surveyors, for the most part, our activities are intended for people with soul, morals and honour, which is why land surveying will remain the profession of opportunities, only if we work with people and for the people.

I would like to express my sincere thanks to the Programme Committee and the Society of Surveyors from Dolenjska for the organisation of this year's Land Surveying Day. A heartfelt thanks also goes to the sponsors and everybody who has contributed to the success of the Slovene surveying profession, be it with their contributions, cooperation, or presence.

Thank you and all the best!

DOLOČITEV NOVEGA VIŠINSKEGA DATUMA SLOVENIJE

DETERMINATION OF THE NEW VERTICAL DATUM OF SLOVENIA

Oskar Sterle, Božo Koler

UDK: 528.38(497.4)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02
Prispelo: 12. 10. 2018
Sprejeto: 28. 2. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.01.13-26
REVIEW ARTICLE
Received: 12. 10. 2018
Accepted: 28. 2. 2019

IZVLEČEK

V prispevku je predstavljen pregled višinskih datumov na območju Slovenije, ki so bili določeni na podlagi mareografskih opazovanj na različnih mareografih ob jadranski obali. V nadaljevanju je predstavljena določitev višinskega datuma Koper, ki je del novega višinskega koordinatnega sestava. Višinski datum je bil določen na podlagi mareografskih opazovanj v Kopru, hitrosti spreminjanja morske gladine v Kopru in ob upoštevanju lokalne stabilnosti mareografske postaje.

ABSTRACT

In this article, an overview of the height geodetic data of Slovenia that were determined on a basis of observations from various tide gauges along the Adriatic coast is presented. This is followed by the definition of the Koper height geodetic datum as a part of a new height system of Slovenia. The height datum was determined on the basis of observations at Koper tide gauge, the rate of sea level change in Koper, and taking into account the local stability of the tide gauge.

KLJUČNE BESEDE

mareograf, morska gladina, spreminjanje morske gladine, višinski datum

KEY WORDS

tide gauge, sea level, sea level change, height datum

1 UVOD

Plimovanje morja je bilo že od nekdaj zelo zanimivo za številne ljudi, še posebej tiste, ki so živeli ob in na morju. Prva pisna navodila za opazovanje morske gladine so bila objavljena leta 1675 v *Journal des Sçavans*. Leta 1680 sta geodeta in astronoma Jean Picard in Philippe de la Hire objavila prvi zapis o desetdnevem opazovanju visoke in nizke gladine morja v Brestu v Franciji, ki sta ga izvedla leta 1679. Leta 1692 sta izvedla petmesečno opazovanje spreminjanja morske gladine. Na podlagi teh spoznanj so pozneje v glavnih francoskih pristaniščih uvedli stalno spremljanje morske gladine na vodomernih letah. Zelo dolgo tradicijo spremljanja morske gladine imajo še v Amsterdamu, saj jo spremljajo od 1682., v Liverpoolu od 1768. in Stockholmu od 1774. (Wöppelmann et al., 2006; Hannah, 2010; Dawidowicz, 2014; Parker in Ollier, 2016).

V Trstu so sistematično spremljanje morske gladine začeli 1854. Meritve je izvajala *Academica Nautica and Osservatorio Marittimo* (Buble, Bennett in Hreisdóttir, 2010). Ob vzhodni jadranski obali so spremljali morsko gladino na Reki od 1860. in Puli od 1868. Leta 1929 so začeli opazovanja morske gladine v Bakru in Splitu. Mreža mareografov ob vzhodni jadranski obali v Kopru, Rovinju, Splitu in Dubrovniku je bila postavljena v 50. letih prejšnjega stoletja (Vilibić et al., 2005).

Podatki o spreminjanju morske gladine so pomembni za številne dejavnosti, ki jih izvajamo na obali in predvsem na morju. Velik vpliv ima na obalno infrastrukturo med ekstremnimi plimami, ki povzročajo poplave, in v zadnjem času pri analizi spreminjanja morske gladine, ki je posledica globalnega segrevanja (Vilibić et al., 2005; Han et al., 2015). Ker so podatki o morski gladini dosegljivi skoraj v realnem času, je njeno spremljanje lahko tudi del sistema za opozarjanje v primeru poplav (Woodworth, Rickards in Pérez, 2009). Mareografska opazovanja so pomembna za številne znanosti, ki analizirajo globalno spreminjanje morske gladine v projektu GLOSS (angl. Global Sea Level Observation System) (Wöppelmann et al., 2006). Spreminjanje morske gladine lahko določimo, če imamo na voljo mareografska opazovanja, periodične izmere nivelmanske mreže mareografa, s katero nadziramo lokalno stabilnost mareografa, in niz GNSS-opazovanj, s katerim spremljamo stabilnost mareografa v globalnem koordinatnem sistemu (Gill, Weston in Smith, 2015; Sterle et al., 2017).

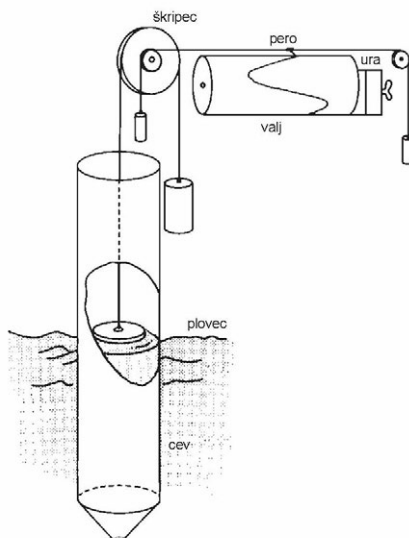
Mareografska opazovanja so bila že od nekdaj pomembna tudi za geodezijo, saj na njihovi podlagi določimo višinski datum oziroma izhodišče za določitev tako imenovanih nadmorskih višin točk na kopnem (Schöne, Schön in Thaller, 2009; Dawidowicz, 2014; Bradshaw et al., 2016). Tako je leta 1864 mednarodna zveza za geodezijo (IAG) pozvala pomorske države, da začnejo izvajati mareografska opazovanja za določitev enotnega višinskega datuma evropskih nivelmanskih mrež (Wöppelmann et al., 2006). Ker so ugotovili, da je srednja gladina Sredozemskega morja za 13 centimetrov nižja od srednje gladine severnih morij, so se odločili, da ne bodo določili enotnega višinskega datuma za vso Evropo, temveč bodo posamezne države obdržale svoje nacionalne višinske datume (Koler, 1994). Ker je bila Slovenija takrat del Avstro-Ogrske, so bile višine na območju Slovenije določene v višinskem datumu Trst 1875. Določitev novega višinskega datuma na območju Slovenije je povezana z mareografskimi opazovanji na mareografu v Kopru.

2 MAREOGRAF OZIROMA MAREOGRAFSKA POSTAJA

Z mareografom spremljamo morsko gladino glede na datum mareografa, ki je določen lokalno in ni primeren za globalne študije nihanj morske gladine. Vertikalni datum naj bi bil definiran kot globalni datum, ki se nanaša na masno središče Zemlje. Oddaljenost masnega središča Zemlje glede na površino

pa mora biti določena z veliko natančnostjo (Blewitt et al., 2010). Na podlagi srednje morske gladine lahko določimo lego izhodiščne (referenčne) ekvipotencialne ploskve, to je višinske referenčne ploskve v prostoru. Srednja morska gladina je tako ekvipotencialna ploskev, ki poteka skozi izbrano izhodiščno točko – mareograf in pomeni referenčno ploskev za določitev višin.

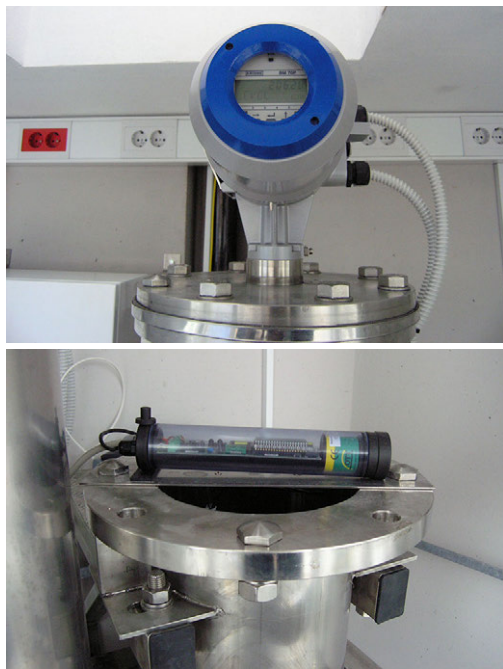
Prvi mehanski mareografi so bili postavljeni leta 1831 v Sheernessu v Veliki Britaniji in leta 1842 v Toulonu v Franciji (Wöppelmann et al., 2006; Woodworth, Rickards in Pérez, 2009; Bradshaw et al., 2016). Prvi mareograf v Kopru so postavili leta 1957 (slika 1). Spremljanje morske gladine z mehanskimi mareografi je obremenjeno s številnimi pogoški. Tako nabiranje sedimentov in alg v cevi mareografa ovira prosti pretok morja v cev mareografa. Neenakomerni tek urnega mehanizma, ki poganja valj s papirjem, na katerega se zapiše trenutna morska gladina, zatikanje peresa in razlivanje črnila zaradi vlage v zraku so le nekateri od pogoškov, ki so prisotni pri registraciji morske gladine. Težava je tudi pravilna namestitve papirja ob menjavi in menjava katerega koli od delov mareografa, ki omogoča zapis morske gladine (škripec, peresa, valja, urnega mehanizma; slika 1) (Hannah, 2010). Z dobro vzdrževanimi mehanskimi mareografi lahko letne srednje morske gladine iz večletnih nizov opazovanj določimo z natančnostjo od 2 do 2,5 centimetra (Hannah, 2010; Dawidowicz, 2014).



Slika 1: Stari mareograf v Kopru in skica načela delovanja mehanskega mareografa (po Intergovernmental Oceanographic Commission – IOC, 1985).

Večjo frekvenco zajemanja podatkov, natančnost in zanesljivost spremljanja morske gladine lahko dosežemo z uporabo elektronskih mareografov, ki so opremljeni z akustičnimi, tlačnimi senzorji ali radarjem

(Míguez, Testut in Wöppelmann, 2012). Nova mareografska postaja Koper (MP Koper) je opremljena z radarskim mareografom in mareografom s plovcem, ki položaj plovca registrira v digitalni obliki (slika 2). S sodobnimi mareografi lahko podrobneje spremljamo proces plimovanja ter ekstremne morske gladine v krajših intervalih (Dawidowicz, 2014). Seveda so podatki bolj zanesljivi in kakovostni, če so mareografi ustrezno kalibrirani, tako se priporoča kalibracija mareografa na šest mesecev.



Slika 2: Nova mareografska postaja Koper, radarski mareograf in mareograf s plovcem.

3 PREGLED VIŠINSKIH DATUMOV NA OBMOČJU SLOVENIJE

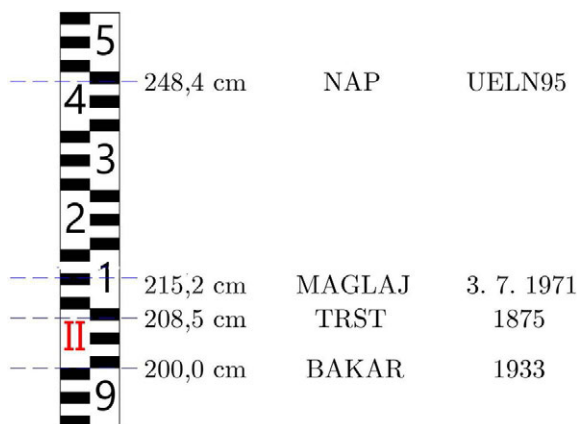
Pred preračunom nivelmanskih mrež leta 2000 v Slovenski višinski sistem 2000 (SVS2000) v višinskem datumu Trst 1875 so bile višine na območju Kopra in dela Primorske določene v višinskem datumu Bakar. V višinskem datumu Maglaj so bile izračunane višine reperjev v II. nivelmanski mreži velike natančnosti (II.NVN), ki niso bile nikoli uradne nadmorske višine na območju Slovenije, saj se je Slovenija osamosvojila. Nadmorske višine reperjev bi lahko izračunali tudi v evropskem višinskem datumu NAP-UEL95 (Koler et al., 2017).

V preglednici 1 so navedeni podatki o določitvi srednjih morskih gladin, ki so bile opredeljene kot višinski datumi na območju Slovenije, in leto, za katero je bil določen. Iz preglednice vidimo, da sta bila le višinska datuma Maglaj in Koper določena iz niza merjenja morske gladine v obdobju 18,6 leta, kar je podlaga za kakovostno in zanesljivo določeno srednjo morsko gladino. Iz preglednice 1 vidimo, da odstopanja glede na višinski datum Trst znašajo od 8,5 do –6,7 centimetra. To pomeni, da so tudi nadmorske višine reperjev v nivelmanskih mrežah Slovenije »napačne« za navedeni vrednosti. V evropskem višinskem datumu bi bile višine reperjev nižje za 39,9 centimetra.

Preglednica 1: Srednje morske gladine – višinski datum na območju Slovenije

Višinski datum na MP Koper			Srednja gladina morja [cm]	Razlika [cm]
Naziv	Določen za	Iz niza opazovanj morske gladine		
Trst	1875	1 leto	208,5	0
Bakar	1933	1930–1938	200,0	8,5
Maglaj	3. 7. 1971	1962,2–1980,8	215,2	–6,7
NAP-UELN95	1995	18,6 leta	248,4	–39,9

Za lažjo predstavo, kaj se je dogajalo z višinskimi datumi, so podatki iz preglednice 1 prikazani grafično na sliki 3.



Slika 3: Predstavitev srednjih morskih gladin na vodomerni lati MP Koper v različnih obdobjih.

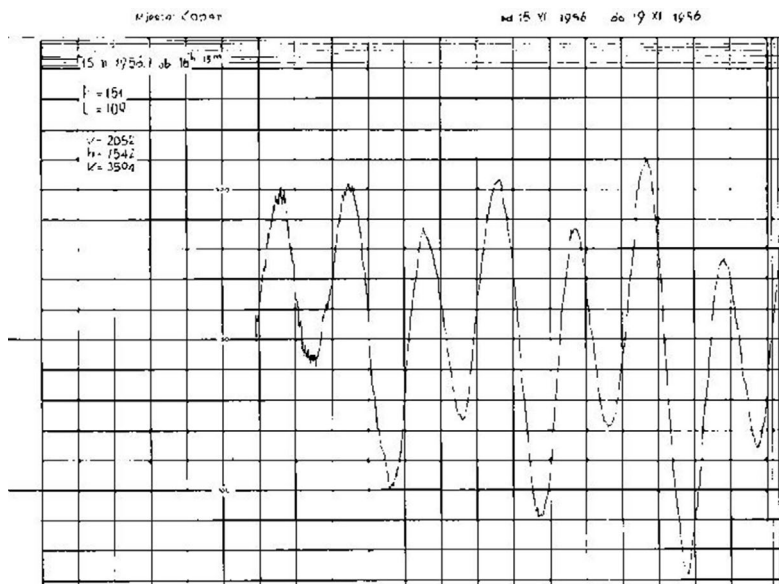
4 DOLOČITEV VIŠINSKEGA DATUMA KOPER

V okviru projekta Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav, ki ga je s finančno podporo finančnega mehanizma EGP 2009–2014 vodil Geodetska uprava RS v partnerstvu z norveško geodetsko upravo in islandsko geodetsko upravo, je bil v okviru podprojekta Geodetski referenčni sistem, ki sta ga izvajala Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani in Geodetski inštitut Slovenije, določen tudi višinski datum Koper, in sicer v več korakih. Najprej smo analizirali 18,6-letni niz opazovanj in razlike med različnimi načini izračuna srednje morske gladine na MP Koper. Ker vemo, da mareografska postaja v Kopru ni stabilna (Sterle et al., 2017), smo iz srednje morske gladine, določene na podlagi mareografskih opazovanj, izločili vpliv posedanja mareografa. V končni določitvi višinskega datuma Koper smo upoštevali še obseg izvedenih izmer na nivelmanski mreži Slovenije v posameznih letih.

4.1 Analiza mareografskih opazovanj

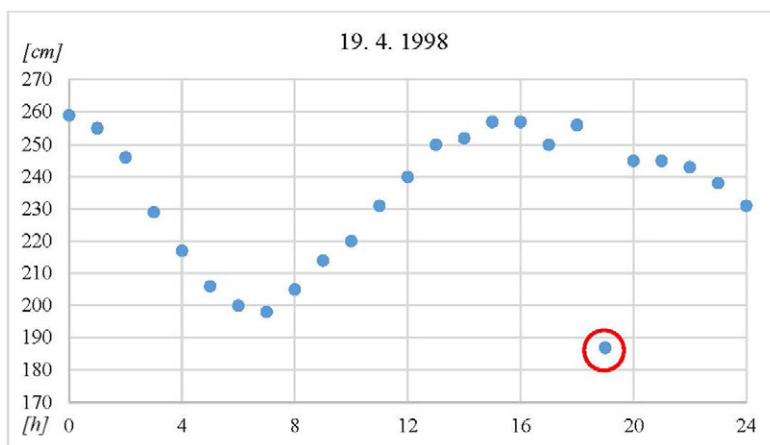
Na Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO) smo pridobili urne vrednosti spremljanja morske gladine na mareografu v Kopru. Srednja morska gladina je izračunana iz dveh nizov podatkov. Niz podatkov od 21. 5. 1997, od 17^h, do 31. 12. 2005, do 23^h, je bil pridobljen iz opazovanj na starem mareografu

(slika 1). Urne vrednosti so bile pridobljene z digitalizacijo zapisov spreminjanja morske gladine, ki so se beležile na papir v grafični obliki (slika 4). Od 1. 1. 2006, od 0^h, do 31. 12. 2015, do 23^h, so bila opazovanja morske gladine izvedena na novi MP Koper (slika 2). V celotnem nizu opazovanj manjka 139 opazovanj oziroma 5 dni in 19 ur (0,09 % vseh podatkov).



Slika 4: Zapis zabeležene morske gladine na starem mareografu Koper.

Podatke o urnih vrednostih spremljanja morske gladine smo pregledali in na podlagi analize izločili opazovanja, ki so bila tri ure zaporedoma enaka ali pri katerih je bila sprememba v treh urah manjša od enega centimetra. Izločili smo tudi vrednosti, ki so bistveno odstopale od pričakovane vrednosti (slika 5). Na podlagi navedenega merila je bilo izločeno 1149 opazovanj oziroma 47 dni 21 ur (0,79 % vseh podatkov). Glede na način spremljanja morske gladine je bilo 88,7 % izločenih podatkov pričakovano pridobljenih s starim mareografom.



Slika 5: Izris mareografskih opazovanj za 19. 4. 1998.

4.2 Določitev srednje morske gladine iz mareografskih opazovanj v Kopru

Plima in oseka morja oziroma trenutna gladina morja je posledica vpliva nebesnih teles na Zemljo in atmosferskih vplivov, kot so veter, zračni tlak, temperatura in slanost morja. Zaradi povečanega topljenja ledu v morje pritekajo velike količine sladke vode, zato se spreminja tudi slanost morja (Meysignac in Cazenave, 2012). Na gladino morja vplivajo tudi globina morske vode, morski tokovi ter oblika obale (Vilibić et al., 2005; Buble, Bennett in Hreisdóttir, 2010). Največji vpliv imata Sonce in Luna, vendar se ta vpliv s časom spreminja. Spremembe so periodične in so posledica elipsoidne oblike Zemlje ter eliptičnosti tirnic Lune okoli Zemlje in Zemlje okoli Sonca. Plimovanje oceanov in morij je tako mo- goče povezati z razvojem fizikalnega modela v plimne harmonične vrste oziroma komponente plimnih valov (angl. *tidal constituents*). Vsaka komponenta plimnih valov je določena s frekvenco vala, faznim zamikom vala in amplitudo vala. Vse tri količine so odvisne od položaja točke na Zemlji. Za primer modeliranja plimovanja na MP Koper smo privzeli 37 komponent, ki so po amplitudi največje. Iz dela Petit in Luzum (2010) smo privzeli ustrezne frekvence. Po metodi najmanjših kvadratov smo izravnali opazovane vrednosti trenutne višine morja v Kopru ter ocenili amplitude in fazne zamike za vseh 37 komponent.

Srednjo morsko gladino smo izračunali tudi na podlagi tako imenovanega X0-filtra, kot je navedeno v priročniku IOC (1985), saj če iz niza opazovanj izračunamo navadno aritmetično sredino, dobimo po IOC (1985) tako imenovano srednjo višino plimovanja, ki se razlikuje od srednje morske gladine. Z X0-filtrom iz mareografskih opazovanj odstranimo dnevno energijo plimovanja in višje frekvence plimovanja. Popravljen odčitek na mareografu z X0-filtrom izračunamo iz 39 urnih mareografskih opazovanj. Popravljen odčitek na mareografu izračunamo po enačbi (IOC, 1985):

$$\mathcal{X}_T = \frac{1}{30} \sum_{t=-19}^{t=19} F(t)H(T+t), t \neq 0$$

kjer so:

$F(t) = (2, 1, 1, 2, 0, 1, 1, 0, 2, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1).$

Filter je simetričen, zato velja $F(t) = F(-t)$,

$H(T+t)$... višina morja v času $T+t$,

T ... čas, za katerega računamo popravljen odčitek.

Srednjo morsko gladino in hitrost spreminjanja morske gladine smo izračunali z različnimi metodami in za različne nize podatkov. Iz preglednice 2 lahko vidimo, da so razlike v izračunanih vrednostih srednje morske gladine in hitrosti spreminjanja morske gladine za prva dva niza podatkov majhne. Razlika okoli 3 centimetre je le za tretji niz podatkov, ki je pridobljen na novi MP Koper. Seveda rezultati med seboj niso povsem primerljivi, saj je srednja morska gladina izračunana za 9. 9. 2005 ob 8^h iz prvega niza podatkov, 10. 12. 2005 ob 8^h za drugi niz podatkov in 31. 12. 2010 ob 23^h za tretji niz podatkov.

Preglednica 2: Srednja morska gladina in hitrost spreminjanja morske gladine

Podatki za obdobje	Srednja vrednost		Plimni valovi		X0-filtr	
	<i>SMG</i> [cm]	<i>v_{SMG}</i> [cm/leto]	<i>SMG</i> [cm]	<i>v_{SMG}</i> [cm/leto]	<i>SMG</i> [cm]	<i>v_{SMG}</i> [cm/leto]
19. 11. 1995, 17 ^h – 30. 6. 2015, 23 ^h	222,02	0,58	222,03	0,57	222,00	0,58
19. 11. 1995, 17 ^h – 31. 12. 2015, 23 ^h	222,09	0,56	222,07	0,54	222,10	0,57
1. 1. 2006, 0 ^h – 31. 12. 2015, 23 ^h	225,04	0,64	225,04	0,54	225,05	0,66

Z upoštevanjem izračunane hitrosti spreminjanja morske gladine in časovne razlike med predhodnim srednjim časom izračuna srednje morske gladine in časom 10. 10. 2010 ob 0^h dobimo primerljive rezultate izračuna srednje morske gladine iz različnega niza podatkov in razično metodo (preglednica 3).

Preglednica 3: Srednja morska gladina in hitrost spreminjanja morske gladine, izračunana za 10. 10. 2010

Podatki za obdobje	Srednja vrednost		Plimni valovi		X0-filtr	
	<i>SMG</i> [cm]	<i>v_{SMG}</i> [cm/leto]	<i>SMG</i> [cm]	<i>v_{SMG}</i> [cm/leto]	<i>SMG</i> [cm]	<i>v_{SMG}</i> [cm/leto]
19. 11. 1995, 17 ^h – 30.6.2015, 23 ^h	224,99	0,58	224,94	0,57	224,98	0,58
19. 11. 1995, 17 ^h – 31. 12. 2015, 23 ^h	224,81	0,56	224,67	0,54	224,84	0,57
1. 1. 2006, 0 ^h – 31. 12. 2015, 23 ^h	224,89	0,64	224,91	0,54	224,90	0,66

Iz preglednice 3 vidimo, da je razlika med maksimalno in minimalno srednjo morsko gladino (odebeljeno) 3,2 milimetra. To je predvsem posledica majhne amplitude plimovanja slovenskega morja glede na oceane ali odprta morja. V navedenem obdobju je bila zabeležena najnižja morska gladina 114 centimetrov (9. 2. 2005 ob 16^h) in najvišja gladina 355,9 centimetra (1. 12. 2008 ob 10^h). Končni izračun srednje morske gladine smo naredili na podlagi opazovanj, popravljenih z X0-filtrom, kot predlaga IOC (1985).

Pri izravnavi popravljenih vrednosti opazovanj z X0-filtrom smo upoštevali, da so podatki starega mareografa zaokroženi na centimetre, nove MP Koper pa na milimetre. Ocenili smo, da je kakovost starih mareografskih podatkov vsaj dvakrat slabša od novih. Zaradi tega smo se odločili, da za izračun srednje morske gladine vrednosti opazovanj utežimo tako, da je utež za niz podatkov, pridobljenih na starem mareografu, 1 za opazovanja na novi MP Koper pa 4. Za izračun srednje morske gladine smo imeli na voljo časovno usklajen niz podatkov, saj je bilo 47 % mareografskih podatkov pridobljenih na starem mareografu in 53 % na novi mareografski postaji. Zato pri določitvi uteži nismo upoštevali časovnega intervala pridobivanja podatkov. Srednja morska gladina je izračunana iz 18,6-letnega niza opazovanj (21. 5. 1997 od 17^h–31. 12. 2015 do 23^h) za 10. 9. 2006 in znaša 222,35 ± 0,20 cm. Določili smo tudi hitrost spreminjanja morske gladine, ki znaša 6,3 ± 0,4 mm/leto.

4.3 Analiza hitrosti spreminjanja morske gladine

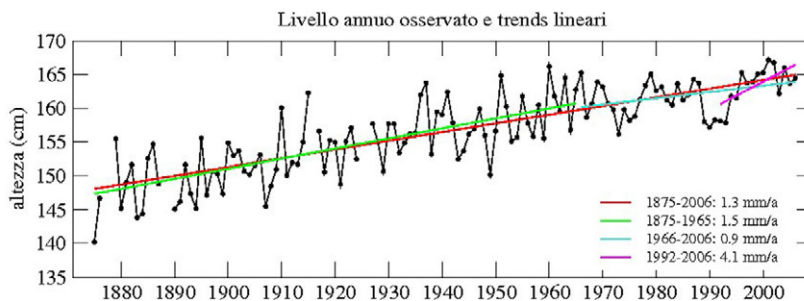
Izračun hitrosti spreminjanja morske gladine smo preverili tako, da smo na spletni strani *Permanent Service for Mean Sea Level* (PSMSL) pridobili podatke za srednje mesečne morske gladine na drugih mareografih vzdolž Jadranskega morja, na podlagi katerih smo izračunali hitrost spreminjanja srednje morske gladine za obdobje 18,6 leta (od aprila 1995 do decembra 2013).

Iz preglednice 4 vidimo, da znaša hitrost spreminjanja morske gladine od 1,2 mm/leto (Rovinj) do 4,5 mm/leto (Dubrovnik). Za mareograf v Trstu znaša hitrost spreminjanja morske gladine 3,9 mm/leto. Rezo (2010) navaja podatke o hitrosti spreminjanja morske gladine od 0,52 mm/leto (Bakar) do 0,90 mm/leto (Dubrovnik), kar je izračunano na podlagi 34 nizov srednjih morskih gladin za 3. 7. 1963, 3. 7. 1964 do 3. 7. 1996 iz 18,6-letnih mareografskih opazovanj. Izračunane vrednosti spreminjanja morske gladine tako niso primerljive. Razlike v hitrosti spreminjanja morske gladine so odvisne tudi od kraja postavitve mareografa in globine morja na območju mareografa.

Preglednica 4: Hitrost spreminjanja morske gladine na mareografih vzdolž vzhodne jadranske obale

Mareograf	Hitrost spreminjanja morske gladine [mm/leto]	Mareograf	Hitrost spreminjanja morske gladine [mm/leto]
Trst	3,9	Zadar	2,8
Rovinj	1,2	Split – pristanišče	3,6
Bakar	1,9	Dubrovnik	4,5

Na spletni strani tržaškega inštituta *Istituto di Scienze Marine* smo pridobili diagram s prikazom srednje morske gladine in hitrostjo spreminjanja srednje morske gladine na mareografu na pomolu Sartorio (slika 6). Na sliki 6 lahko vidimo, da znaša hitrost spreminjanja gladine morja v Trstu 1,3 mm/leto za obdobje od 1875 do 2006. Po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) znaša hitrost spreminjanja morske gladine v Kopru v obdobju od 1960 do 2014 približno 1 mm/leto (Prognozirano plimovanje morja, 2017). Navedena podatka se ujemata z navajanjem Bevisa, Schererja in Merrifielda (2002), da znaša značilno spreminjanje morske gladine v 50–100 letih od 1 do 2 mm/leto. S slike 6 lahko razberemo tudi, da znaša hitrost spreminjanja morske gladine v Trstu 4,1 mm/leto za obdobje od 1992 do 2006, kar je podobna vrednost, kot smo jo izračunali na podlagi podatkov meritev na mareografu v Kopru v obdobju od 1997 do 2015. Wöppelmann et al. (2006) navajajo, da znaša hitrost spreminjanja morske gladine na mareografu v Benetkah $6,97 \pm 1,26$ mm/leto. Hitrost spreminjanja morske gladine je bila določena iz mareografskih opazovanj v obdobju 1990–2004.



Slika 6: Srednja morska gladina in hitrost spreminjanja morske gladine na mareografu v Trstu (vir: <http://www.ts.ismar.cnr.it/node/36>).

Povečano hitrost spreminjanja morske gladine so zaznali tudi na Arsu. Pozimi je sprememba posledica pogostejšega slabšega vremena in nižjih zračnih tlakov. Po IOC (2000) sprememba zračnega tlaka za 1 mbar povzroči spremembo v višini gladine morja za en centimeter. Orlič in Pašarić (2000) navajata, da na Jadranu sprememba zračnega tlaka za 1 mbar povzroči spremembo v višini gladine morja za od 1,8 do 2 centimetrov. Povišane vodostaje so zaznali tudi poleti, ko so predvsem posledica vremenskih sprememb in povišane temperature morja (Strojan, 2011; Blewitt et al., 2010; Dawidowicz, 2014). Na podlagi hidrografskih in satelitskih meritev so zaznali povišanje morske gladine, ki je povezano s spremembo temperature morja, tudi v Sredozemlju (Cazenave et al., 2002).

Znano je tudi, da so amplitude plimovanja v Jadranu, še posebej severnem, večje kot na Sredozemskem morju. Večje amplitude plimovanja v severnem Jadranu so predvsem posledica topografije morskega dna oziroma relativno plitvega morja, saj med Istro in Riminijem globina ne preseže 46 metrov (Flather, 2000; Vilibić et al., 2005; Buble, Bennett in Hreisdóttir, 2010). Buble, Bennett in Hreisdóttir (2010) navajajo, da znaša hitrost relativnega dvigovanja morja ob vzhodni jadranski obali $0,6-1,0 \pm 0,2$ mm/leto in povprečna vrednost $0,84 \pm 0,2$ mm/leto. Takšna hitrost je za 2 do 4 manjša, kot je globalno absolutno spreminjanje morske gladine, saj je bila na podlagi podatkov satelitske altimetrije (1993–2009) določena hitrost dvigovanja morja $3,2 \pm 0,4$ mm/leto in $2,8 \pm 0,8$ mm/leto iz mareografskih opazovanj (1880–2009). Vrednost je bila izračunana na podlagi mesečnih vrednosti srednjih morskih gladin, ki so dosegljive na spletni strani PSMSL. Globalna hitrost dvigovanja morja, določena na podlagi satelitske altimetrije in starih mareografskih opazovanj v obdobju od 1900 do 2009, znaša $1,7 \pm 0,2$ mm/leto oziroma $1,9 \pm 0,4$ mm/leto od leta 1961 (Blewitt et al., 2010; Church in White, 2011; Gill, Weston in Smith, 2015).

Vedeti moramo, da se lokalni, regionalni in globalni podatki o hitrosti dviganja morja lahko zelo razlikujejo, kar je jasno razvidno tudi v našem primeru. Ker je Jadransko morje relativno majhna in izolirana vodna površina, so razlike v hitrosti spreminjanja morske gladine glede na globalne trende pričakovane (Buble, Bennett in Hreisdóttir, 2010). Razlike so tudi posledica relativnega spremljanja spreminjanja morske gladine glede na obalo, kjer je postavljen mareograf in običajno ni stabilna (Han, 2015; Sterle, 2017).

4.4 Posedanje MP Koper

Z mareografi opazujemo spreminjanje morske gladine, ki je vsota plimovanja in vertikalnih pomikov mareografa, saj so mareografi običajno postavljeni na pomolih, ki niso stabilni (Wöppelmann et al., 2006; Tervo, Poutanen in Koivula, 2007; Braitenberg et al., 2011; Sterle et al., 2017). Spremljanje morske gladine je tako obremenjeno tudi s posedanjem mareografa, ki je zajeto v izmerjeni morski gladini na mareografu, zato je nujno, da ga izločimo iz izračunane srednje morske gladine (preglednica 5) (Bevis, Scherer in Merrifield, 2002; Wöppelmann et al., 2006; Hannah, 2010; Santamaría-Gómez, Bouin in Wöppelmann, 2012; Deo, Govind in El-Mowafy, 2013). Za korekten izračun višinskega datuma mora biti natančnost določitve vertikalnega pomika večja od natančnosti določitve srednje morske gladine (Deo, Govind in El-Mowafy, 2013).

Leta 2000 je bila na območju mareografa Koper stabilizirana nivelmanska mreža MP Koper. Nivelmanska mreža je bila med letoma 2001 in 2015 večkrat izmerjena, na podlagi česar smo spremljali stabilnost reperjev. Med izmerama 2013 in 2015 se je na reperjih N1-MPKP-9004 in MA01 pojavil

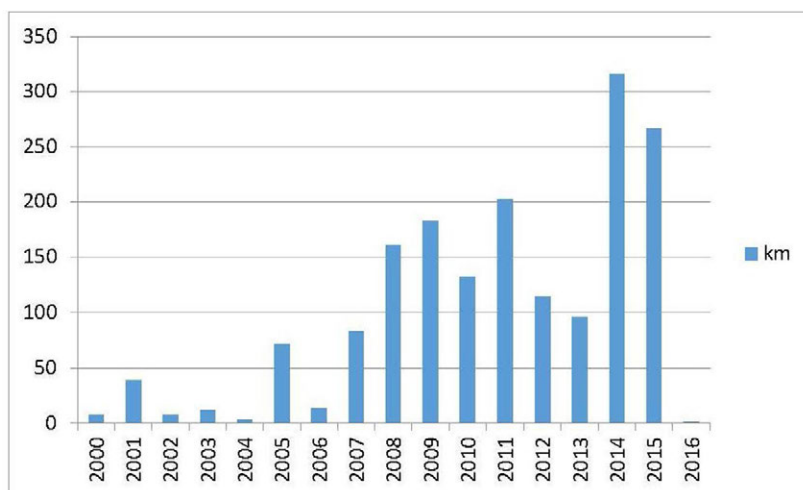
velik skok v višinskem pomiku, zato sta tudi vektorja hitrosti za ta reperja relativno velika ($-0,79 \pm 0,06$ mm/leto za reper N1-MPKP-9004 in $-0,64 \pm 0,07$ mm/leto za reper MA01). Predvidevamo, da je to posledica urejanja obale v okolici MP Koper iz leta 2013. Zato smo vektorje hitrosti višinskih pomikov izračunali za obdobje 2001–2013 in dobili vrednosti od $-0,46 \pm 0,05$ mm/leto (reper N1-MPKP-5486 in MA01) do $-0,49 \pm 0,06$ mm/leto (reper N1-MPKP-9004), kar je razumljivo glede na bližino objektov, v katerih so reperi, in dejstvo, da vsi objekti zelo verjetno stojijo na podobni podlagi (Sterle et al., 2017). V preglednici 5 so zbrani podatki, s katerimi smo iz srednje morske gladine, določene na podlagi mareografskih opazovanj, izločili posedanje mareografa.

Preglednica 5: Izračun srednje morske gladine brez posedanja mareografa

Srednja morska gladina	2223,5 ± 2,0 mm
$v_{N1-MPKP-9004}$	-0,49 ± 0,06 mm/leto
Število let: (2001_3–2015_12)	14,75 leta
$\Delta H_{N1-MPKP-9004}$	-7,2 ± 0,9 mm
Srednja morska gladina z upoštevanjem posedanja mareografa	2216,3 ± 2,2 mm

4.5 Izračun končnega višinskega datuma Slovenije

V novem višinskem datumu Slovenije je bila izravnana tudi nova nivelmanska mreža 1. reda Slovenije, ki je bila izmerjena v letih od 2000 do 2015. Na sliki 7 je prikazan obseg izmer nivelmanskih poligonov, ki smo jih izvedli v posameznem letu. S slike 7 vidimo, da smo do leta 2006, za katero je izračunana srednja morska gladina, izmerili malo nivelmanskih poligonov (154,01 kilometra oziroma 7,8 %). Večina nivelmanskih poligonov (95,9 %) je bila izmerjena v obdobju 2005–2015. Zato je smiselno, da novi višinski datum Slovenije izračunamo za leto 2010.



Slika 7: Izmere nivelmanskih poligonov 1. reda po letih.

Na podlagi hitrosti spreminjanja morske gladine, ki smo jo zmanjšali za hitrost posedanja MP Koper, smo izračunali končni višinski datum Slovenije za dan 10. 10. 2010 (preglednica 6).

Preglednica 6: Izračun končnega višinskega datuma Slovenije za 10. 10. 2010

Srednja morska gladina z upoštevanjem posedanja MP Koper (10. 9. 2006 – preglednica 4)	2216,3 ± 2,2 mm
$V_{SMG+mareograf}$	6,30 ± 0,4 mm/leto
$V_{N1-MPKP-9004}$	-0,49 ± 0,06 mm/leto
V_{SMG}	5,81 ± 0,4 mm/leto
Število let (2006_09_10–2010_10_10)	4,09 leta
Δ_{SMG}	23,8 ± 1,6 mm
Srednja morska gladina za 10.10.2010	2240,1 ± 2,3 mm

5 SKLEP

Uradne višine v Sloveniji so bile določene v višinskem datumu Trst, opredeljenem leta 1875 v času Avstro-Ogrske na podlagi enoletnih opazovanj morske gladine na mareografu, ki je postavljen na pomolu Sartorio v Trstu.

Leta 1957 so v Kopru postavili mareograf, ki je bil vključen v mrežo mareografov, razporejenih vzdolž vzhodne jadranske obale. Srednja morska gladina v Kopru je bila določena na podlagi srednje morske gladine, določene na mareografu v Bakru za leto 1933. Tako so bile višine reperjev na območju Kopra in v okolici določene v višinskem datumu Bakar 1933, saj naj bi bila srednja morska gladina določena na podlagi mareografskih opazovanj v Bakru, višinski datum nivelmanske mreže visoke I.NVN na območju nekdanje države SFRJ.

Nivelmanska mreža II. NVN, ki je bila izmerjena v 70. letih prejšnjega stoletja, je bila navezana na normalni reper, ki je bil stabiliziran v mestecu Maglaj v Bosni in Hercegovini, njegova višina pa je bila določena na podlagi srednje morske gladine, dobljene iz mareografskih opazovanj na mareografih, ki so postavljeni vzdolž vzhodne jadranske obale. Višine reperjev na območju Slovenije niso bile nikoli določene kot uradne višine v višinskem datumu Maglaj 1971, saj se je Slovenija osamosvojila in je bilo nesmiselno višine preračunati na reper, ki ni stabiliziran v Sloveniji.

Leta 2000 so bile višine reperjev nivelmanskih mrež na območju Slovenije preračunane v višinski datum Trst 1875, na območju Slovenije realiziran z višino reperja FR 1049, ki se nahaja ob železniški progi v bližini Ruš in je bil vključen v avstro-ogrsko nivelmansko izmero. Z izravnavo nivelmanske mreže Slovenije leta 2000 in preračunom vseh preostalih nivelmanskih poligonov so bile višine reperjev na območju Slovenije prvič določene v enotnem višinskem datumu Trst 1875.

Po letu 2000 smo začeli novo izmero nivelmanske mreže 1. reda Slovenije. V okviru projekta Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav, ki ga je s finančno podporo finančnega mehanizma EGP 2009–2014 izvajal Geodetska uprava RS v partnerstvu z norveško geodetsko upravo in islandsko geodetsko upravo, je bil določen tudi višinski datum Koper 2010, ki je prvo enotno slovensko izhodišče za določitev višin na območju Slovenije. Pri določitvi višinskega datuma smo upoštevali niz mareografskih opazovanj od 21. 5. 1997, od 17^h, do 31. 12. 2015, do 23^h. Pri izravnavi popravljenih mareografskih opazovanj z X0-filtrom smo upoštevali tudi uteži, saj je bil niz opazovanj od 21. 5. 1997 do 31. 12. 2005 pridobljen na starem mareografu in je slabše kakovosti kot niz opazovanj, pridobljen na novem mareografu. Srednja morska gladina je bila tako izračunana za 10. 9. 2006. Izračunali smo

tudi hitrost spreminjanja morske gladine v Kopru. Nadalje smo upoštevali posedanje mareografa, ki smo ga izločili iz srednje morske gladine, izračunane iz mareografskih opazovanj. Izmera nove nivelmanske mreže Slovenije je potekala v letih od 2000 do 2015. Ker je bila večina nivelmanskih linij izmerjena od 2005. do 2015., smo se odločili, da višinski datum izračunamo za 10. 10. 2010. Pri tem smo upoštevali hitrost spreminjanja morske gladine, popravljeno za hitrost posedanja mareografa v Kopru.

Zahvala

Prispevek je nastal na podlagi rezultatov projektov Vzpostavljanje evropskega referenčnega sistema v Sloveniji ter Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav, ki sta bila podprta s finančnim mehanizmom EGP, sredstvi Geodetske uprave Republike Slovenije ter raziskovalnega programa ARRS P2-0227 Geoinformacijska infrastruktura in trajnostni prostorski razvoj Slovenije.

Literatura in viri:

- Bevis, M., Scherer, W., Merrifield, M. (2002). Technical issues and recommendations related to the installation of continuous GPS stations at tide gauges. *Marine Geodesy*, 25, 87–99. DOI: <https://doi.org/10.1080/014904102753516750>
- Blewitt, G., Altamimi, Z., Davis, J., Gross, R., Kuo, C., Lemoine, F., Neilan, R., Plag, H. P., Rothacher, M., Shum, C. K., Sideris, M. G., Schöne, T., Tregoning, P., Zerbini, S. (2010). Geodetic observations and global reference frame contributions to understanding sea-level rise and variability. V J. A. Church, P. L. Woodworth, T. Aarup, W. S. Wilson (ur.), *Understanding sea-level rise and variability*, str. 256–284. London, UK: Wiley-Blackwell. http://www.mari-odu.org/people/hpplag/pubs/2006_blewitt_etal_WCRP_Paris.pdf, pridobljeno 11. 5. 2017.
- Bradshaw, E., Woodworth, P. L., Hibbert, A., Bradley, L. J., Pugh, D. T., Fane, C., Bingley, R. M. (2016). A Century of Sea Level Measurements at Newlyn, Southwest England. *Marine Geodesy*, 39 (2), 115–140. DOI: <https://doi.org/10.1080/01490419.2015.1121175>
- Braitenberg, C., Mariani, P., Tunini, L., Grillo, B., Nagy, I. (2011). Vertical crustal motions from differential tide gauge observations and satellite altimetry in southern Italy. *Journal of Geodynamics*, 51 (4), 233–244. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jog.2010.09.003>
- Buble, G., Bennett, R. A., Hreinsdóttir, S. (2010). Tide gauge and GPS measurements of crustal motion and sea level rise along the eastern margin of Adria. *Journal of Geophysical Research*, 115, 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1029/2008JB006155>
- Cazenave, A., Bonnefond, P., Mercier, F., Dominh, K., Tournazou, V. (2002). Sea level variations in the Mediterranean Sea and Black Sea from satellite altimetry and tide gauges. *Global and Planetary Change*, 34, 59–86. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(02\)00106-6](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(02)00106-6)
- Church, J. A., White, J. W. (2011). Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century. *Surveys in Geophysics*, 32, 585–602. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10712-011-9119-1>
- Dawidowicz, K. (2014). Sea level changes monitoring using GNSS technology – a review of recent efforts. *Acta Adriatica*, 55 (2), 145–162. <http://hrcak.srce.hr/file/199292>, pridobljeno 17. 4. 2017.
- Deo, M. N., Govind, R., El-Mowafy, A. (2013). The Stability of Tide Gauges in the South Pacific Determined from Multiepoch Geodetic Levelling, 1992 to 2010. *Marine Geodesy*, 36 (3), 261–284. DOI: <https://doi.org/10.1080/01490419.2013.786003>
- Flather, R. A. (2000). Existing operational oceanography, *Coastal Engineering*, 41 (1–3), 13–40. Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping – Permanent Committee on Tides and Mean Sea Level (2013). *Australian Tides Manual*, version 4.3. http://www.icsm.gov.au/tides/Australian_Tides_Manual_V4.3.pdf, pridobljeno 19. 4. 2017.
- Gill, S., Weston, N., Smith, D. (2015). NOAA Guidance Document for Determination of Vertical Land Motion at Water Level Stations Using GPS Technology. NOAA Technical Report NOS 139, Silver Spring, Maryland. https://tidesandcurrents.noaa.gov/publications/NOS_Tech_report_139.pdf, pridobljeno 23. 5. 2017
- Han, G., Ma, Z., Chen, N., Yang, J., Chen, N. (2015). Coastal sea level projections with improved accounting for vertical land motion. *Scientific Reports*, 5, 1–5. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep16085>
- Hannah, J. (2010). The Difficulties in Using Tide Gauges to Monitor Long-Term Sea Level Change. https://www.fig.net/resources/monthly_articles/2010/july_2010/july_2010_hannah.pdf, pridobljeno 10. 12. 2016.
- Intergovernmental Oceanographic Commission (1985). *Manual on Sea level measurement and interpretation*, Volume I – Basic Procedures. UNESCO. https://www.psmsl.org/train_and_info/training/manuals/ioc_14i.pdf, pridobljeno 18. 2. 2016.
- Koler, B. (1994). Višinski datumi nivelmanskih mrež Slovenije. *Geodetski vestnik*, 38 (1), 11–15.
- Koler, B., Urbančič, T., Kuhar, M., Pavlovčič, P., Stopar, B., Sterle, O. (2017). Pregled višinskih datumov Slovenije. V M. Kuhar (ur.), *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2016: Zbornik del (str. 93–98)*, 22. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2017/8%20SZGG_2017_Koler_in_drugi-povzetek.pdf, pridobljeno 18. 2. 2016.
- Meyssignac, B., Cazenave, A. (2012) Sea level: a review of present-day and recent-past changes and variability. *Journal of Geodynamics*, 58, 96–109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jog.2012.03.005>

- Míguez, B. M., Testut, L., Wöppelmann, G. (2012). Performance of modern tide gauges: towards mm-level accuracy. *Scientia Marina*, 76, 221–228. DOI: <https://doi.org/10.3989/scimar.03618.18A>
- Orlić, M., Pasarić, M. (2000). Sea-level changes and crustal movements recorded along the east Adriatic coast. *Nuovo Cimento della Società Italiana di Fisica C – Geophysics & Space Physics*, 23, 4, 351–364.
- Parker, A., Ollier, C. D. (2016). Coastal planning should be based on proven sea level data. *Ocean & Coastal Management*, 124, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.02.005>
- Petit, G., Luzum, B. (2010). IERS Conventions (2010). IERS Tehnično poročilo, 36. IERS Convention Centre: 197 str. <ftp://tai.bipm.org/iers/conv2010/tn36.pdf>.
- Prognozirano plimovanje morja 2017 (2017). Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za okolje. http://www.arso.gov.si/vode/morje/Plima2017_a5.pdf, pridobljeno 19. 4. 2017.
- Rezo, M. (2010). Značenje i primjena fizikalnih parametara u modernom pristupu geodetskim radovima državne izmjere. Doktorska disertacija. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.
- Santamaría-Gómez, A., Bouin, M.-N., Wöppelmann, G. (2012). Improved GPS Data Analysis Strategy for Tide Gauge Benchmark Monitoring. V S. Kenyon et al. (ur.), *Geodesy for Planet Earth* (str. 11–18), International Association of Geodesy Symposia 136. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-20338-1_2
- Schöne, T., Schön, N., Thaller, D. (2009). IGS Tide Gauge Benchmark Monitoring Pilot Project (TIGA): scientific benefits. *Journal of Geodesy*, 83, 249–261. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-008-0269-y>
- Sterle, O., Kuhar, M., Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P., Urbančič, T., Koler, B. (2017). Ocena vertikalne stabilnosti mareografske postaje Koper. *Geodetski vestnik*, 61 (4), 527–540. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2017.04.527-540>
- Strojan, I. (2011). Višina in temperatura morja v letu 2011. <http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Visina%20in%20temperatura%20morja%20v%20letu%202011.pdf>, pridobljeno 10. 12. 2016.
- Tervo, M., Poutanen, M., Koivula, H. (2007). Tide gauge monitoring using GPS. V P. Tregoning (ur.), C. Rios (ur.), *Dynamic Planet- Monitoring and Understanding a Dynamic Planet with Geodetic and Oceanographic Tools*. IAG Symposium- Volume 130 (str. 75–79). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-49350-1_13
- Vilibić, I., Orlić, M., Čupić, S., Domijan, N., Leder, N., Mihanović, H., Pasarić, M., Pasarić, Z., Srdelić, M., Strinić, G. (2005). A new approach to sea level observations in Croatia. *Geofizika*, 22, 21–57.
- Woodworth, P. L., Rickards, L. J., Pérez, B. (2009). A survey of European sea level infrastructure. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9 (3), 927–934. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-9-927-2009>
- Wöppelmann, G., Zerbini, S., Marcos, M. (2006). Tide gauges and Geodesy: a secular synergy illustrated by three present-day case studies. *C. R. Geoscience*, 338, 980–991. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crte.2006.07.006>



Sterle O., Koler B. (2019). Določitev novega višinskega datuma Slovenije. *Geodetski vestnik*, 63 (1), 13–26.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.01.13-26>

asist. dr. Oskar Sterle, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: oskar.sterle@fgg.uni-lj.si

doc. dr. Božo Koler, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: bozo.koler@fgg.uni-lj.si

NOV SLOVENSKI VIŠINSKI SISTEM SVS2010

NEW SLOVENIAN HEIGHT SYSTEM SVS2010

Božo Koler, Bojan Stopar, Oskar Sterle, Tilen Urbančič, Klemen Medved

UDK: 528.38(497.4)

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02

Prispelo: 28. 1. 2019

Sprejeto: 1. 3. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.01.27-40

REVIEW ARTICLE

Received: 28. 1. 2019

Accepted: 1. 3. 2019

IZVLEČEK

Decembra 2018 je bil uveden nov državni višinski sistem z imenom Slovenski višinski sistem 2010 in oznako SVS2010. Temelji na novi nivelmanski mreži 1. reda, ki je bila večinoma izmerjena v zadnjem desetletju. Za izračun geopotencialnih kot so se hkrati z nivelmanskimi meritvami na reperjih nivelmanske mreže 1. reda izvajale tudi gravimetrične meritve. Na podlagi geopotencialnih kot so bile izračunane normalne višine, ki so sedaj uradne višine v Sloveniji. Uveden je tudi višinski datum, ki je določen na podlagi 18,6-letnih mareografskih opazovanj na mareografski postaji v Kopru s srednjo epoko 10. 10. 2010. Določena je nova višinska referenčna ploskev (model kvazi-geoida) z oznako SLO_VRP2016/Koper. V novi višinski datum so preračunani vsi nivelmanski poligoni nižjih redov, tako imajo vsi reperji, vodeni v zbirki podatkov geodetskih točk, na novo določene višine v višinskem datumu Koper. Razlika v višini med starim in novim višinskim sistemom znaša od 1,4 do 30,8 centimetra.

ABSTRACT

In December 2018, a new national height system called the 'Slovenian Height System 2010' was introduced (denoted as 'SVS2010'). It is based on a new levelling network of the first order, which has been measured over the previous decade. For geopotential number computation with simultaneous levelling measurements, gravimetric measurements were carried out on the benchmarks of the first order levelling network. Based on geopotential numbers, normal heights were computed, as they were chosen as the new official type of heights. A new height datum has also been introduced, determined from 18.6 years of sea level observations on the tide gauge station in Koper, Slovenia with the mean epoch 10. 10. 2010. The new height reference surface (quasi-geoid), named 'SLO_VRP2016/Koper' was determined. All levelling lines of lower orders are recalculated in the new vertical datum, so all benchmarks kept in the dataset of geodetic points have a newly determined height. The differences in heights between the old and the new height systems range from 1.4 cm to 30.8 cm.

KLJUČNE BESEDE

državni višinski sistem, nova nivelmanska mreža, višinski datum, višinska referenčna ploskev, model kvazi-geoida, gravimetrične meritve

KEY WORDS

national height system, new levelling network, height datum, height reference surface, quasi-geoid, gravimetric measurements

1 UVOD

Konec leta 2018 je vlada Republike Slovenije sprejela Uredbo o določitvi parametrov višinskega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema (Uredba, 2018). Z njo se v Sloveniji uradno uvaja nov državni višinski sistem z imenom Slovenski višinski sistem 2010 in oznako SVS2010. Nadomešča dosedANJI Slovenski višinski sistem 2000 z oznako SVS2000, ki ga je določal Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu (ZDGRS, 2014). Uvedba novega višinskega sistema je dolgotrajen postopek, ki zahteva izvedbo veliko strokovnih nalog in aktivnosti ter se ne zgodi ravno pogosto. Z uvedbo novega višinskega sistema bo omogočena tudi kakovostna podpora uporabi sodobnih tehnologij za določanje položaja in višin točk.

2 RAZLOGI ZA UVEDBO NOVEGA VIŠINSKEGA SISTEMA

V Sloveniji se je do nedavnega uporabljal višinski sistem z oznako SVS2000, ki pa ima zaradi zgodovinskih in tehničnih razlogov kar nekaj pomanjkljivosti (Koler, Medved in Kuhar, 2007). Na kratko jih povzemamo v nadaljevanju:

- Temeljil je na višinskem sistemu, ki je bil vzpostavljen v času avstro-ogrske monarhije (konec 19. stoletja). Višine so bile določene v sistemu normalnih ortometričnih višin. Sistem normalnih ortometričnih višin danes velja za zastarel višinski sistem, ki so ga uporabljali v preteklosti, ko so bile meritve težnega pospeška zapletene in dolgotrajne. Za izračun popravkov merjenih višinskih razlik se namesto izmerjenega težnega pospeška uporabljajo izračunane vrednosti oziroma tako imenovani normalni težni pospešek. Normalne ortometrične višine se nanašajo na tako imenovano normalno ničelno nivojsko ploskev (Leismann, Klees in Beckers, 1992).
- Izhodišče starega državnega višinskega sistema je določeno z višinskim datumom Trst. Višinski datum predstavlja ničelna nivojska ploskev oziroma srednja morska gladina, ki je bila določena leta 1875 na podlagi enoletnih mareografskih opazovanj na pomolu Sartorio v Trstu. Iz teorije je znano, da morajo meritve višine morja za določitev srednje morske gladine potekati vsaj 18,6 leta (Rezo, 2010; PCTMSL, 2013). S problemom določitve višinskega datuma avstro-ogrske nivelmanske mreže so se ukvarjali različni strokovnjaki. V literaturi lahko zasledimo različne vrednosti razlik med višinsko ploskvijo, ki je bila določena iz večletnega niza mareografskih opazovanj, s primerjalno ploskvijo, ki je bila prevzeta za višinski datum avstro-ogrske nivelmanske mreže. Razlike znašajo od 8,93 centimetra (Kasumović, 1950) do 18,5 centimetra (Bilajbegović in Marchesini, 1991).
- Realizacijo višinskega sistema je predstavljala določitev višin v osnovni državni nivelmanski mreži. Vanjo so bili vključeni nivelmanski poligoni izmere I. NVN (Nivelman Visoke Natančnosti), ki je potekala po drugi svetovni vojni, izmere II. NVN, ki je potekala v začetku sedemdesetih let prejšnjega stoletja, in nivelmanski poligoni 1. reda, ki so bili izmerjeni po letu 1989 (Koler in Breznikar, 2004). Poleg časovne raznovrstnosti podatkov o nivelmanskih izmerah se moramo zavedati, da je na območju Slovenije prisotno tudi geodinamično dogajanje, ki se kaže v relativno velikih letnih vrednostih vertikalnih premikov (Koler, 2006; Rižnar, Koler in Bavec, 2007). Glede na dejstvo, da so bili podlaga nivelmanske mreže Slovenije nivelmanski poligoni, izmerjeni celo pred več kot 70 leti, je jasno, da obstajajo razlike med dejanskimi višinami reperjev na terenu in podatki, ki so bili vodeni v zbirki podatkov geodetskih točk.
- Višinska referenčna ploskev oziroma model geoida (SLO_AMG2000/Trst), ki je bil izračunan

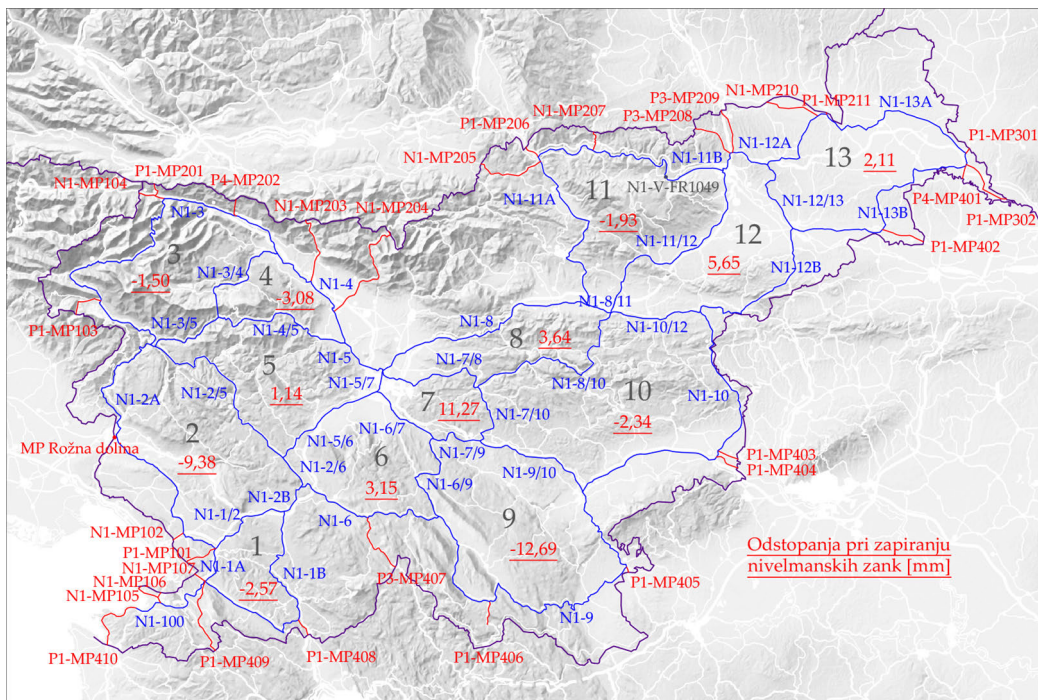
leta 2000, temelji na gravimetričnih meritvah iz 70. let prejšnjega stoletja. Vpet je bil na točke, katerih višine so bile večinoma določene s trigonometričnim višinomerstvom, pred preračunom nivelmanske mreže leta 2000 (Kuhar, 2017), ko so bili vsi reperji na območju Slovenije preračunani v višinski datum Trst. Tako tudi ni znano, v katerem višinskem datumu so bile te točke določene, saj so bile pred preračunom nivelmanskih mrež višine reperjev na Obali določene v višinskem datumu Bakar, ostali reperji na ozemlju Slovenije pa v »višinskem datumu Trst« (Koler et al., 2017). Posledica navedenega je, da z uporabo te višinske referenčne ploskve ni mogoče kakovostno izvajati GNSS-višinomerstva na ozemlju Slovenije (Kuhar et al., 2011). Vse to povzroča težave v vsakdanji geodetski praksi, saj prihaja do odstopanj (»stopnic«) med posameznimi višinami, določenimi na različnih delih Slovenije.

Razlogov za uvedbo novega, sodobnega državnega višinskega sistema je torej kar nekaj. Sprejeta je bila odločitev, da bomo kakovosten višinski sistem vzpostavili na novi nivelmanski in gravimetrični izmeri, zato je bilo nujno izvesti novo izmero osnovne nivelmanske mreže. Ker samo geometrično določene višinske razlike ne omogočajo določitve višin v težnem polju Zemlje, je bilo treba z gravimetričnimi meritvami na reperjih pridobiti vrednosti težnega pospeška. Nivelmanske in gravimetrične meritve so nam omogočile izračun geopotencialnih kot, ki jih potrebujemo za izračun katerekoli vrste tako imenovanih fizikalnih višin (Koler, 1998).

Evropske države uporabljajo višine točk, določene v treh različnih višinskih sistemih. Belgija, Danska, Švica in Italija uporabljajo ortometrične višine, Avstrija in države na ozemlju nekdanje SFRJ uporabljajo normalne ortometrične višine. V združeni evropski nivelmanski mreži (UELN95/98 – United European Levelling Network) so izravnali normalne višine, ki jih uporabljajo tudi v Franciji, Nemčiji, skandinavskih in večini vzhodnoevropskih držav (BKG, 2019). S SVS2010 se v Sloveniji uvajajo normalne višine. To je fizikalno definiran sistem višin, ki ne sloni na nikakršni predpostavki o razporeditvi gostote mas v Zemljini notranjosti. Normalne višine pridobimo tako, da vrednost geopotencialne kote delimo s srednjo vrednostjo normalnega težnega pospeška vzdolž normalne težiščnice med normalnim elipsoidom in teluroidom (Hofmann-Wellenhof in Moritz, 2005; Koler, Medved in Kuhar, 2007). Hkrati je bilo treba določiti novo, kakovostnejšo višinsko referenčno ploskev, ki je v tem primeru kvazi-geoid.

3 NOVO OZNAČEVANJE NIVELMANSKIH POLIGONOV IN REPERJEV

Nivelmanske mreže se delijo na višji in nižji red. V višji red so razvrščeni vsi na novo izmerjeni nivelmanski poligoni, na katerih je bila izvedena tudi gravimetrična izmera in so normalne višine, izračunane na podlagi izravnave razlik geopotencialnih kot. V nižji red se razvrstijo vsi stari nivelmanski poligoni nižjega reda, izravnani v višinskem datumu Koper. Pri izračunu višin v novem višinskem sistemu so reperji označeni po enotnem sistemu. Zaradi velikega števila reperjev, ki so bili zajeti v ponovno izmero nivelmanske mreže Slovenije (slika 1), in zapletov, ki bi jih lahko povzročilo ponovno označevanje večine reperjev, so novo številko dobili le na novo stabilizirani reperji in reperji, ki so se podvajali na posameznem nivelmanskem poligonu.



Slika 1: Nova nivelmanska mreža 1. reda z oznako nivelmanskih poligonov in zank ter odstopanji pri zapiranju zank.

3.1 Višji redovi

Nivelmanska mreža 1. reda vključuje na novo nivelirane nivelmanske poligone 1. reda, slepe nivelmanske poligone za navezavo na nivelmanske mreže sosednjih držav in nekatere nivelmanske poligone za navezavo različnih geodetskih točk višjih redov na nivelmansko mrežo (na primer točke kombinirane geodetske mreže 0. reda, točke gravimetrične mreže).

Da se izognemo podvajanju števil, je nova oznaka repolja sestavljena iz treh delov, na primer N1-6/7-22. Tako je oznaka repolja sestavljena iz črke N (normalne višine oziroma nove višine) in številke reda (1), ki mu pripada. Sledi oznaka poligona, ki vključuje številke nivelmanskih zank, v katerih leži. Zunanji nivelmanski poligoni, ki se nahajajo le v eni zanki, dobijo oznako, ki je sestavljena iz številke zanke in črke, če je takšnih nivelmanskih poligonov več (na primer N1-1A-... in N1-1B-..., slika 1). Vozliščni repolji, ki ležijo na stičišču (vozlišču) nivelmanskih zank, imajo za oznako črko V (na primer N1-V-...). Slepi nivelmanski poligoni za navezavo na nivelmanske mreže sosednjih držav so označeni z MP (mejni prehod) in tekočo številko poligona (na primer N1-MP104-... (Rateče), slika 1). Tretji del oznake repolja pa predstavlja njegova številka, kot se vodi v zbirki podatkov geodetskih točk na Geodetski upravi RS. Ta je ostala enaka, spremenila se je le izjemoma, če je bila podvojena (Stopar et al., 2016).

3.2 Nižji redovi

Sistem označevanja je pri starih nivelmanskih poligonih, poligonih NVN, poligonih 1., 2., 3., 4. reda in mestnih nivelmanskih mrež isti kot pri mreži 1. reda. Oznaka poligona se začne s črko P, ki nakazuje,

da je reper oziroma poligon izravnani oziroma preračunan na podlagi starih izmer in torej ni bil vključen v novo izmero nivelmanske mreže (na primer P3-...). V posameznih primerih se pri oznaki nivelmanskega poligona pojavi tudi oznaka PP (na primer PP4-... ali PP5-...), kar pomeni, da so odstopanja med merjenimi višinskimi razlikami in danimi višinskimi razlikami večja od dovoljenega odstopanja za nivelmanske poligone 4. reda ali mestne nivelmanske mreže (RGU, 1981). To so torej približne vrednosti višin, ki jih je treba temu ustrezno tudi obravnavati. Nekateri nivelmanski poligoni so se po potrebi tudi na novo označili (Stopar et al., 2016).

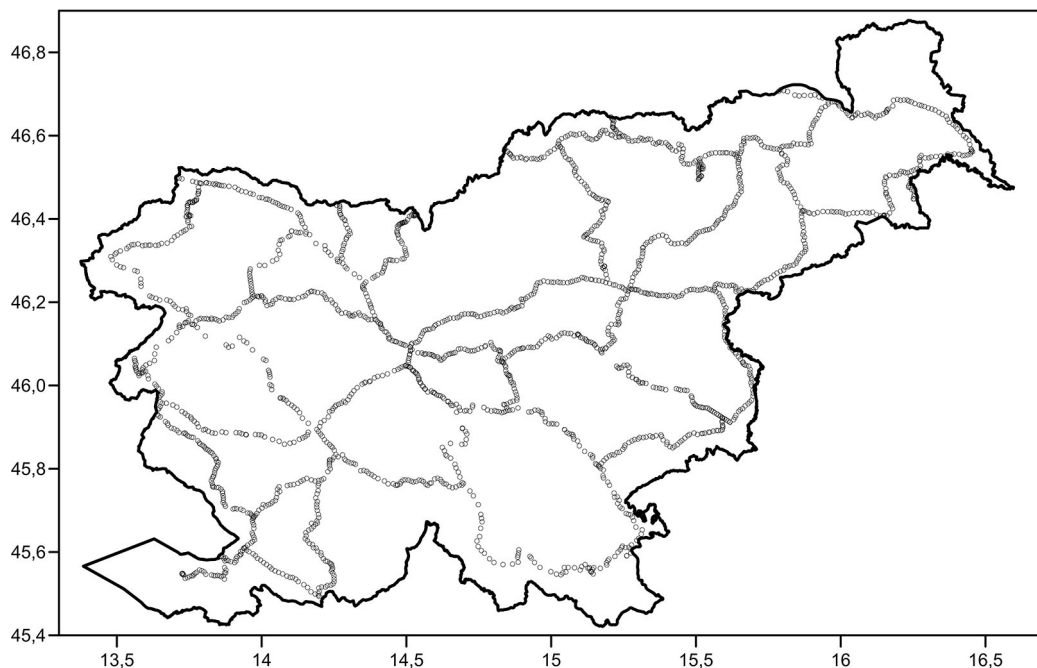
4 IZMERA NOVE NIVELMANSE MREŽE 1. REDA

Že pri izračunu nivelmanske mreže leta 2000, ki je bila temelj slovenskega državnega višinskega sistema SVS2000 v višinskem datumu Trst, je bilo ugotovljeno, da je kakovost obstoječih nivelmanskih izmer močno pogojena s starostjo in natančnostjo izmer (Koler in Breznikar, 2004). Celovito se da težave nepovezanosti (tako imenovanih stopnic) med posameznimi izmerami rešiti samo z novo izmero nivelmanske mreže 1. reda, ki mora biti izvedena v najkrajšem mogočem času, kar je seveda pogojeno z razpoložljivimi finančnimi in kadrovskimi viri. Geodetska uprava RS je zato od leta 2006 naprej sistematično izvajala sanacijo nove nivelmanske mreže 1. reda (Koler, Medved in Kuhar, 2007). Izmera nove nivelmanske mreže 1. reda je bila dokončana leta 2015. Večino meritev so izvedle terenske ekipe Geodetske uprave RS, v zaključnem obdobju pa so sodelovali tudi zunanji izvajalci v okviru projekta Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav, podprojekta Geodetski referenčni sistem, ki se je izvajal med letoma 2013 in 2015 s podporo finančnega mehanizma Evropskega gospodarskega prostora (Projekt EGP, 2013; Režek, 2017).

4.1 Gravimetrična izmera na reperjih

Z geometričnim nivelmanom določamo geometrične višinske razlike med višinskimi točkami oziroma reperji. Ker izvajamo nivelmansko izmero v težnostnem polju Zemlje, je izmerjena višinska razlika odvisna od poti niveliranja. Geometrična višinska razlika med dvema točkama je torej odvisna od izbrane poti niveliranja. Praviloma so razlike večje na hribovitih in goratih območjih. Reperjem lahko določamo višine v različnih sistemih višin, ki imajo za izhodišče različne referenčne ploskve (geoid, kvazi-geoid) in so določene na različne načine. Osnova za vse sodobne sisteme višin so geopotencialne višine. Razlike geopotencialnih kot določimo s podatki geometričnega nivelmana (z nivelmanom določenih višinskih razlik) in uporabo izmerjenih vrednosti težnega pospeška na reperjih vzdolž nivelmana (Hofmann-Welshhof in Moritz, 2005; Koler, Medved in Kuhar, 2007).

Za pridobitev podatka o težnem pospešku smo v novi slovenski nivelmanski mreži 1. reda na 85,1 % reperjev izvedli gravimetrično izmero (slika 2). Vse meritve težnega pospeška se navezujejo na osnovno gravimetrično mrežo Slovenije (Medved et al., 2009; Koler, Medved in Kuhar, 2012), ki je bila vzpostavljena leta 2006 in določa gravimetrični del vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema (ZDGRS, 2014). Na sliki 2 so prikazani vsi reperji, na katerih so bile izvedene gravimetrične meritve. Te so se izvajale z relativnima gravimetroma Scintrex CG-3M in CG-5M. Ocena natančnosti izvedenih meritev je $\pm 50 \cdot 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$ ($\pm 50 \text{ } \mu\text{Galov}$).



Slika 2: Reperji 1. reda, vključeni v gravimetrično izmero.

4.2 Analiza kakovosti nove nivelmanske mreže 1. reda

Na sliki 1 je prikazan končni potek nove nivelmanske mreže 1. reda. Sestavljena je iz 13 nivelmanskih zank, ki so sklenjene znotraj ozemlja Slovenije. Skupna dolžina nivelmanskih poligonov je okoli 1960 km, sestavlja jo 2036 reperjev, dodatno pa so v mrežo vključene povezave s sosednjimi državami. Minimalna dolžina nivelmanske zanke je 110,01 km (zanka 1) in maksimalna dolžina 269,83 km (zanka 10). Povprečna dolžina nivelmanske zanke je 174,83 km. Odstopanja normalnih višinskih razlik pri zapiranju nivelmanskih zank znašajo od $-12,69$ mm (zanka 9) do $+11,28$ mm (zanka 7). Povprečno odstopanje pri zapiranju nivelmanskih zank znaša $-0,50$ mm oziroma $+4,65$ mm, če upoštevamo absolutne vrednosti odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank. Na podlagi zapiranja nivelmanskih zank v nivelmanski mreži 1. reda je bila izračunan a priori standardni odklon meritev (σ_z), ki znaša 0,48 mm (Stopar et al., 2016).

Če primerjamo odstopanja z dovoljenim odstopanjem, ugotovimo, da ta dosegajo od 2,9 % (zanka 5) do 39,7 % (zanka 7) oziroma povprečno 13,0 % dovoljenega odstopanja za nivelman visoke natančnosti (RGU, 1981). Na podlagi izvedenih analiz lahko ugotovimo, da je bila izmera nove nivelmanske mreže 1. reda Slovenije izvedena kakovostno in da so rezultati odlični.

5 NOV SLOVENSKI VIŠINSKI DATUM – VIŠINSKI DATUM KOPER

V preteklosti je bil višinski datum nivelmanskih mrež na območju Slovenije določen na podlagi opazovanj morske gladine na različnih mareografih: Trst, Bakar, Koper, Rovinj, Split in Dubrovnik

(Koler et al., 2017). Pred uvedbo novega državnega višinskega sistema je bila sprejeta odločitev, da se bo novi državni višinski datum nanašal na meritve višine morja na mareografski postaji v Kopru (v nadaljevanju: MP Koper) (Stopar et al., 2016). Kot že omenjeno, višinski datum opredeljuje srednjo morsko gladino, ki je določena na podlagi neprekinjenih mareografskih meritev (meritev višine morja) v trajanju najmanj 18,6 leta. Srednja morska gladina za določitev novega slovenskega višinskega datuma – višinskega datuma Koper – je bila izračunana iz dveh nizov podatkov. Prvi niz podatkov mareografskih meritev se nanaša na obdobje od 21. 5. 1997 do 31. 12. 2005 in je bil pridobljen iz meritev višine morja na stari mareografski postaji. Drugi niz meritev se nanaša na obdobje od 1. 1. 2006 do 31. 12. 2015 in je bil pridobljen iz meritev na novi MP Koper. Srednji časovni datum (epoha) obeh nizov meritev je 10. 9. 2006, ki pa ne sovпада s srednjo epoko nivelmanske izmere. Ker je bila večina nivelmanskih poligonov (95,9 %) izmerjenih med letoma 2005 in 2015, je smiselno, da kot srednjo epoko višinskega datuma Slovenije izberemo leto 2010, ki sovпада s srednjo epoko nivelmanskih meritev. Srednja morska gladina je tako določena za 10. 10. 2010. V izračunu višinskega datuma Koper smo poleg mareografskih meritev upoštevali tudi rezultate analize stabilnosti MP Koper (Sterle et al., 2017) in hitrosti spreminjanja morske gladine. Novi višinski datum Koper se od starega višinskega datuma Trst razlikuje za 15,5 centimetra, in sicer je na novo določena srednja gladina v Kopru višja, kar pomeni, da so višine na območju Slovenije v SVS2010 manjše kot v SVS2000.

6 IZRAČUN NORMALNIH VIŠIN REPERJEV

Izračun višin reperjev v SVS2010 v višinskem datumu Koper je bil izveden v dveh korakih. V prvem je bila izravnana nivelmanska mreža 1. reda z navezavami na sosednje države in nekaterimi drugimi slepimi poligoni, v drugem koraku pa se je izvedel preračun starih nivelmanskih poligonov nižjih redov v višinski datum Koper.

6.1 Izravnava nivelmanske mreže 1. reda

V nivelmanski mreži 1. reda smo izravnali razlike geopotencialnih kot. Za normalni reper mreže je izbran avstro-ogrski fundamentalni reper z oznako N1-V-FR1049 (slika 3), ki je stabiliziran v bližini Ruš pod Pohorjem (slika 1) in je predstavljal normalni reper že v slovenskem višinskem sistemu SVS2000 z višinskim datumom Trst. Geopotencialna kota normalnega reperja N1-V-FR1049 je bila določena z izravnavo nivelmanske mreže 1. reda z danim reperjem mareografa MP Koper z oznako N1-MPKP-9000. Geopotencialna kota reperja mareografa N1-MPKP-9000 pa je bila določena z izravnavo nivelmanske mreže MP Koper, z navezavo na srednjo morsko gladino, ki določa višinski datum Koper. Sledila je ponovna izravnava razlik geopotencialnih kot v nivelmanski mreži 1. reda z danim normalnim reperjem N1-V-FR1049. Rezultat so izravnane geopotencialne kote vseh reperjev nivelmanske mreže 1. reda s pripadajočimi standardnimi odkloni. Vse izravnave so se izvajale s programom VimWin (Ambrožič in Turk, 2016). Po izravnavi smo geopotencialne kote reperjev nivelmanske mreže 1. reda uporabili za izračun normalnih višin reperjev.



Slika 3: Normalni reper nivelmanske mreže 1. reda, N1-V-FR1049.

Referenčni standardni odklon a posteriori (po izravnavi nivelmanske mreže 1. reda) in po preračunu geopotencialnih kot v normalne višine (σ_0) znaša 0,50 mm. Standardni odkloni normalnih višin reperjev znašajo od 0,06 mm do 6,08 mm, srednji standardni odklon normalnih višin reperjev v nivelmanski mreži 1. reda pa znaša 4,24 mm (Stopar et al., 2016). Po naši oceni so dosežene natančnosti višin zelo dobre.

6.2 Izravnava nivelmanskih poligonov nižjih redov v višinskem datumu Koper

Ker se višinska datuma Koper in Trst razlikujeta (glej poglavje 5), je bilo treba tudi nivelmanske poligone nižjih redov izravnati v višinskem datumu Koper. Tako so bile višine vseh reperjev na ozemlju Slovenije, ki so vodeni v zbirki podatkov geodetskih točk na Geodetski upravi RS (PREG, 2018), določene v novem višinskem datumu Koper. Po izravnavi nivelmanske mreže 1. reda se je lahko izvedla izravnava delov nivelmanskih poligonov NVN in 1. reda, ki niso bili vključeni v novo izmero, in izravnava nivelmanskih poligonov nižjih redov. Izravnavo lahko izvedemo, če imajo reperji za navezavo predhodno določeno višino v višinskem datumu Koper. Za izravnavo nivelmanskih poligonov nižjih redov smo uporabili podatke iz starih nivelmanskih izmer, ki so bili uporabljeni že pri izravnavi nivelmanskih mrež Slovenije leta 2000 v višinskem datumu Trst (Koler in Vardjan, 2003).

Pri izravnavi smo nivelmanske poligone razvrstili v ustrezne rede glede na odstopanje med merjeno višinsko razliko v poligonu in dano višinsko razliko ter dovoljeno odstopanje, ki je predpisano v Pravilniku o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk (RGU, 1981). Če je razlika med merjeno in dano višinsko razliko manjša od dovoljenega odstopanja za red nivelmanskega poligona, v katerega je razvrščen, potem nivelmanski poligon ohrani isti red ter tudi svojo številko. Če pa je razlika

večja, se poligon razvrsti v ustrezen nižji red (preglednica 1) in se mu dodeli nova številka. Če reperji za navezavo niso bili vključeni v novo izmero nivelmanske mreže 1. reda Slovenije, ker so bili uničeni, so se nivelmanski poligoni navezali na prvi ohranjeni reper, ki je bil zajet v novo izmero na podlagi merjenih višinskih razlik iz predhodne izmere.

Preglednica 1: Analiza izravnav nivelmanskih poligonov nižjih redov

Red nivel. polig.	1. red		2. red		3. red		4. red		Mestne mreže		Odstopanje večje od dovoljenega		Skupaj
	Št.	%	Št.	%	Št.	%	Št.	%	Št.	%	Št.	%	Št.
NVN	24	32,4	6	8,1	33	44,6	11	14,9	/	/	0	0,0	74
1. red	50	33,8	13	8,8	62	41,9	22	14,9	/	/	1	0,7	148
2. red	/	/	26	32,9	20	25,3	29	36,7	/	/	4	5,1	79
3. red	/	/	/	/	51	57,3	34	38,2	/	/	4	4,5	89
4. red	/	/	/	/	/	/	174	75,3	/	/	57	24,7	231
Mestne	/	/	/	/	/	/	/	/	80	89,9	9	10,1	89

V izravnavo je bilo vključenih 710 nivelmanskih poligonov. 75 (10,6 %) nivelmanskih poligonov pre-sega dovoljeno odstopanje za 4. red ali mestne nivelmanske mreže (Koler, 2019). Na podlagi preračuna lahko tudi ugotovimo, da so višine reperjev nivelmanskih poligonov nižjih redov slabe kakovosti. Ker so bile izmere izvedene pred 50 in več leti (razen NVN in posameznih odsekov nivelmanskih poligonov 1. reda), takšen rezultat tudi ni presenetljiv.

7 ZBIRKA PODATKOV GEODETSKIH TOČK

Vse nove višine reperjev v SVS2010 v višinskem datumu Koper so registriranim uporabnikom dostopne prek spletne aplikacije Geodetske uprave RS (PREG, 2018). Vsi reperji imajo še vedno shranjene tudi višine v SVS2000 v višinskem datumu Trst, ki se vodijo kot arhivski podatek. V zbirki se trenutno vodi 12.961 reperjev, od katerih pa je veliko uničenih. Številni reperji imajo nepopolne topografije, zato se na Geodetski upravi RS izvaja tudi sistematičen pregled reperjev nižjih redov na terenu. Na vzorcu 1940 do sedaj pregledanih reperjev smo ugotovili, da je stanje relativno slabo, saj je uničena skoraj tretjina reperjev (29,0 %). Prav tako so evidentirane napačne horizontalne koordinate reperjev (17,7 %), ki se ob pregledu določijo na novo. Posodobijo in dopolnijo se tudi skice na topografijah (42,8 %).

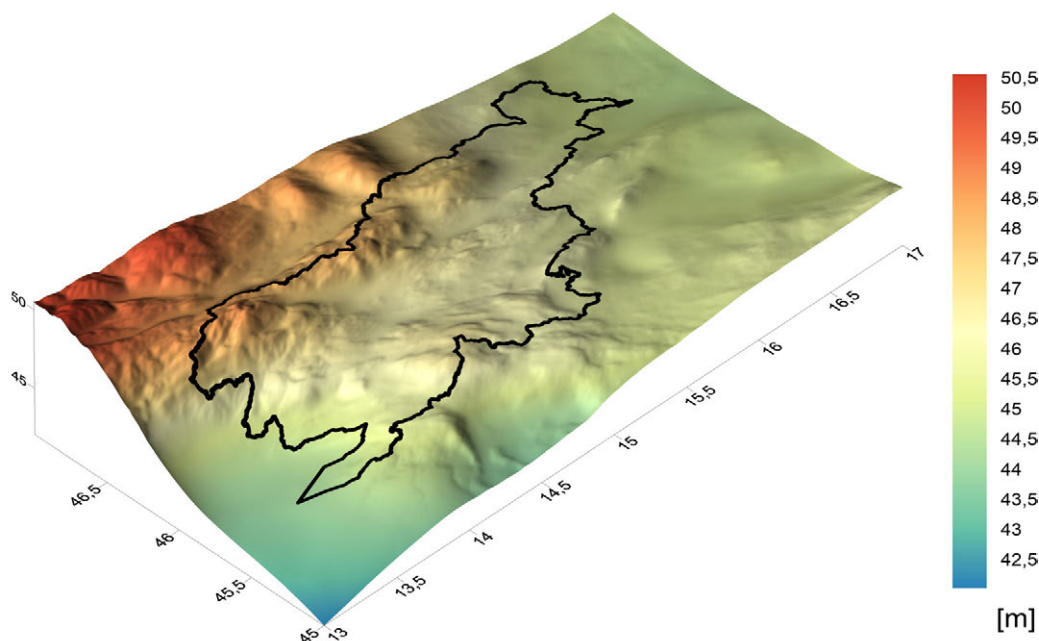
8 DOLOČITEV NOVE VIŠINSKE REFERENČNE PLOSKVE

Nova višinska referenčna ploskev za Slovenijo je model kvazi-geoida Slovenije, ki je bil izračunan v sode-lovanju z norveško geodetsko upravo v okviru projekta Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav (Projekt EGP, 2013). Gre za gravimetrični model kvazi-geoida, ki je bil izračunan z enačbami Stokes/Molodensky, s tehniko FFT (angl. *fast fourier transform*) in na podlagi globalnega geopotencialnega modela EGM08 (Omang, 2016). Pri izračunu so bili uporabljeni vsi obstoječi gravimetrični podatki: stari gravimetrični podatki nekdanje SFRJ za območje Slovenije in dela Hrvaške, gravimetrični podatki obmejnega območja v Italiji, Avstriji in na Madžarskem, kot tudi podatki nove gravimetrične izmere za območje osrednje Slovenije (Medved, Kuhar in Koler, 2019), gravimetrični podatki za reperje nivelmanske mreže 1. reda in podatki osnovne gravimetrične mreže.

Za določitev višinske referenčne ploskve v državnem višinskem sistemu Slovenije (SVS2010) je bil gravimetrični model kvazi-geoida vpet na 66 kakovostno določenih tako imenovanih GNSS/nivelman točk. Te so enakomerno razporejene po celotnem ozemlju Slovenije. Na vseh točkah za vpetje so elipsoidne višine določene na podlagi vsaj 36-urnih statičnih GNSS-meritev, normalne višine pa z nivelmansko izmero z navezavo na nivelmansko mrežo 1. reda. Tako določena višinska referenčna ploskev je izhodišče za določitev normalnih (nadmorskih) višin na območju Slovenije. Med drugim omogoča določitev nadmorskih višin s tako imenovanim GNSS-višinomerstvom.

Z uvedbo normalnih višin ter določitvijo modela kvazi-geoida je treba prilagoditi tudi terminologijo. Razliko med elipsoidno in ortometrično višino točke imenujemo geoidna višina ali geoidna ondulacija (N), ki predstavlja oddaljenost med ploskvama elipsoida in geoida. Ko je v uporabi sistem normalnih višin, je oddaljenost med ploskvama elipsoida in kvazi-geoida tako imenovana anomalija višine (ζ), za katero pa se v zadnjem času vse bolj uveljavlja termin kvazi-geoidna višina (Hofmann-Wellenhof in Moritz, 2005; Kuhar et al., 2011).

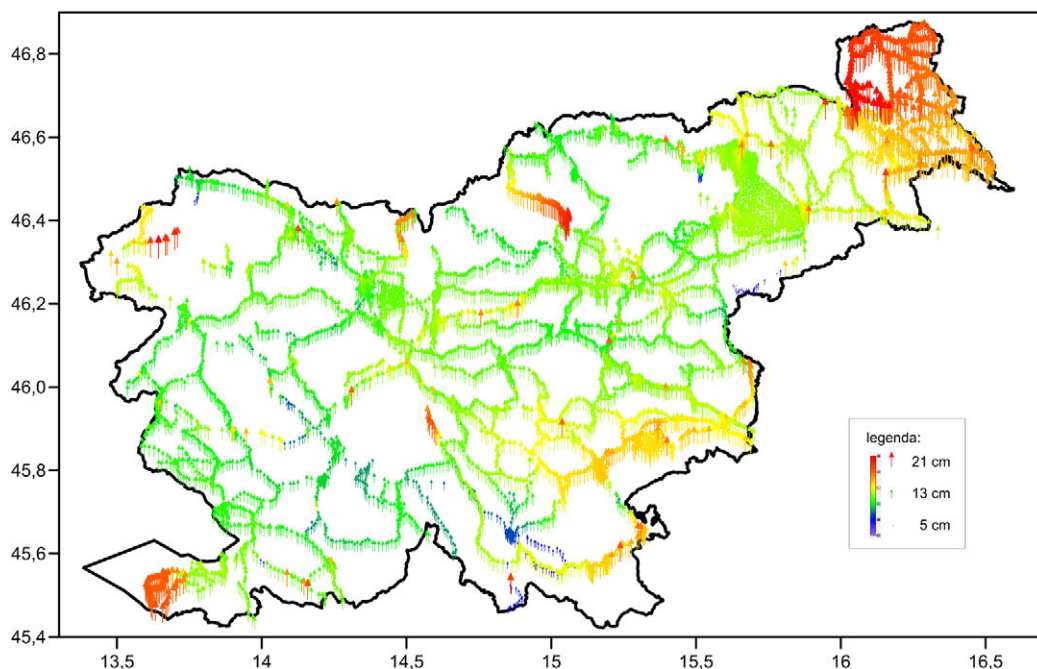
Oznaka nove **SLO**venske **Višinske Referenčne Ploskve**, ki je bila določena **2016** v višinskem datumu **Koper**, je SLO_VRP2016/Koper. Podatki nove slovenske višinske referenčne ploskve so na voljo v obliki celične mreže za območje od 45° do 47° severne geografske širine s korakom $0,0083333^\circ$ ($30''$) in od 13° do 17° vzhodne geografske dolžine s korakom $0,012500^\circ$ ($45''$) oziroma velikostjo celice približno $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$. Najmanjša kvazi-geoidna višina na območju Slovenije znaša $42,157 \text{ m}$, največja $50,608 \text{ m}$, povprečna vrednost je $46,162 \text{ m}$ (Omang, 2016). Na sliki 4 je prikazana nova višinska referenčna ploskev SLO_VRP2016/Koper.



Slika 4: Nova višinska referenčna ploskev, SLO_VRP2016/Koper.

9 RAZLIKE VIŠIN REPERJEV V SVS2000 IN SVS2010

Razlika vrednosti višin reperjev med SVS2000 in SVS2010 na ozemlju Slovenije ni konstantna. Za prehod med njima tudi ni mogoča enostavna transformacija, saj so razlike višin med obema sistemoma odvisne od več dejavnikov. Poleg samega zamika višinskih datumov Trst in Koper so razlike višin odvisne od lokacije, nadmorske višine, načina izračuna normalnih in normalnih ortometričnih višin, vertikalnih premikov na posameznih območjih, starosti posameznih nivelmanskih izmer in tudi napak v predhodnih izmerah in navezavah posameznih nivelmanskih poligonov nižjih redov. Ob zavedanju, da se je nivelmanska mreža Slovenije v SVS2000 merila/dopolnjevala več kot 70 let, to niti ni presenetljivo. Na sliki 5 so prikazane razlike višin med starim (SVS2000) in novim višinskim sistemom (SVS2010).



Slika 5: Razlike višin reperjev SVS2000 (datum Trst) – SVS2010 (datum Koper).

S slike 5 je razvidno, da so vse razlike pozitivne, torej so višine reperjev v višinskem datumu Koper manjše kot višine v višinskem datumu Trst. Razlike vrednosti višin reperjev v starem in novem višinskem sistemu so glede na geografsko lego neenakomerno razporejene, predvsem pa so vezane na posamezne nivelmanske poligone. Izračunane razlike nakazujejo, da stari višinski sistem ni bil homogene kakovosti ter da so se med posameznimi poligoni pojavile »stopnice«. Na podlagi analize, opravljene na Geodetski upravi RS, znašajo razlike med višinami reperjev (12750) v obeh sistemih od 1,4 cm do 30,8 cm. Povprečna razlika višin vseh reperjev, ki so vođeni v zbirki podatkov geodetskih točk, je 13,2 cm, mediana pa 13,1 cm. Če primerjamo samo višine reperjev (1558), ki so vključeni v nivelmanske poligone 1. reda, znaša razlika od 5,3 cm do 21,0 cm in povprečna razlika 12,8 cm. Najmanjše razlike višin se pojavljajo v okolici Kočevja in največje na Goričkem (slika 5).

10 SKLEP

V Sloveniji je uveden nov državni višinski sistem z oznako SVS2010, ki je enoten, homogen, znane kakovosti in je realiziran na območju celotne države. Izpolnjuje vse zahteve za kakovostno izvedbo vseh vrst geodetskih del in omogoča pridobivanje podatkov s sodobnimi merskimi tehnologijami. Višine reperjev v višinskem sistemu SVS2010 so določene v višinskem datumu Koper, ki je določen s srednjo višino morja v Kopru, kar pomeni, da bo pomembno prispeval k varnemu načrtovanju posegov v priobalnem območju.

Razlika nadmorskih višin med starim in novim višinskim sistemom znaša med 1,4 in 30,8 centimetrov. Ker gre za relativno majhne spremembe, se pojavlja vprašanje, ali je treba izvesti transformacijo vseh podatkovnih zbirk v novi višinski sistem. Pred transformacijo je vsekakor treba analizirati kakovost višin v podatkovnih zbirkah, ki bo pokazala, ali je transformacija potrebna za nadaljnjo uporabo podatkov. Menimo, da ni smiselno spreminjati višin v kartografskih prikazih manjših meril (na primer plastnic, višin naselij). Vsekakor pa je treba višinskemu sistemu nameniti veliko pozornosti pri najnatančnejših inženirsko-geodetskih delih, kjer je podatek o višini bistvenega pomena. Prav tako je treba višinski sistem navajati pri geodetskih posnetkih in načrtih, kjer lahko napačno navajanje in interpretiranje podatkov o višinah povzroči materialno škodo.

V geodetski praksi se za določitev položaja točk večinoma uporablja GNSS-izmera. V višinskem smislu je pri teh meritvah seveda bistvena tudi uporaba višinske referenčne ploskve, ki omogoča izračun/določitev nadmorskih višin v državnem višinskem sistemu. Glede na to, da je nova višinska referenčna ploskev (SLO_VRP2016/Koper) v novem višinskem sistemu (SVS2010) bistveno boljše kakovosti kot stara (SLO_AMG2000/Trst) v prejšnjem višinskem sistemu (SVS2000), je verjetno v nekaterih primerih smiselno uporabiti izvirne podatke meritev (elipsoidne višine) in ponovno izračunati nadmorske višine z uporabo nove višinske referenčne ploskve SLO_VRP2016/Koper.

Pri uvajanju novega višinskega sistema v prakso pa je bistveno predvsem to, da vodimo tudi (meta)podatek o višinskem sistemu, v katerem podajamo višine točk. V nasprotnem lahko nastane zmeda, pojavijo se nejasnosti in napake, kar ima lahko dolgoročne škodljive posledice.

Zahvala

Prispevek je nastal na podlagi rezultatov projektov Vzpostavljane evropskega referenčnega sistema v Sloveniji ter Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav, ki sta bila podprta s finančnim mehanizmom EGP, sredstvi Geodetske uprave Republike Slovenije ter raziskovalnega programa ARRS P2-0227 Geoinformacijska infrastruktura in trajnostni prostorski razvoj Slovenije.

Literatura in viri:

- Ambrožič, T., Turk, G. (2016). Navodila za uporabo programa Vim. Win, Ver. 5.1, marec 16. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Bilajbegović, A., Marchesini, C. (1991). Jugoslavenski vertikalni datum i preliminarne poveživanje nove Jugoslavenske nivelmanske mreže s austrijskom i talijanskom. *Geodetski list*, 45 (7–9), 223–248.
- BKG (2019). Height datum relations: European national height reference systems. <https://evrs.bkg.bund.de/Subsites/EVRS/EN/Projects/HeightDatumRel/height-datum-rel.html>, pridobljeno 11. 2. 2019.
- Hofmann-Wellenhof, B., Moritz, H. (2005). *Physical geodesy*. Dunaj, New York: Springer.
- Kasumović, M. (1950). Srednja razina Jadranskog mora i geodetska normalna nula. *Geodetski list*, 4, 243–256.
- Koler, B. (1998). Višine točk v različnih višinskih sistemih. *Geodetski vestnik*, 42 (3), 277–285.
- Koler, B. (2006). Vertical Movements in Slovenia from Leveling Data. V N. Pinter et al. (ur.), *The Adria Microplate: GPS Geodesy, Tectonics and Hazards*. Nato Science Series: IV. Earth and Environmental Sciences, št. 61, str. 223–236. Dordrecht: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/1-4020-4235-3_15
- Koler, B. (2019). Podrobno poročilo o ponovni izravnavi nivelmanskih poligonov nižjih redov v višinskem datumu Koper. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Koler, B., Breznikar, A. (2004). Računska obrada nivelmanske mreže Republike Slovenije. *Geodetski list*, 58 (81), 4, 277–285.
- Koler, B., Medved, K., Kuhar, M. (2007). Uvajanje sodobnega višinskega sistema v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 51 (4), 777–792. http://www.geodetski-vestnik.com/51/4/gv51-4_777-792.pdf
- Koler, B., Medved, K., Kuhar, M. (2012). The New Fundamental Gravimetric Network of Slovenia. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, 47 (3), 271–286. DOI: <https://doi.org/10.1556/AGeod.47.2012.3.1>
- Koler, B., Urbančič, T., Kuhar, M., Pavlovčič Prešeren, P., Stopar, B., Sterle, O. (2017). Pregled višinskih datumov Slovenije. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2016. Zbornik predavanj, 22, 93–102. http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2017/8%20S2GG_2017_Koler_in_drugi-povzetek.pdf
- Koler, B., Vardjan, N. (2003). Analiza stanja nivelmanskih mrež Republike Slovenije. *Geodetski vestnik*, 47 (3), 251–262. http://www.geodetski-vestnik.com/47/3/gv47-3_251-262.pdf
- Kuhar, M. (2017). Pot do novega modela geoida v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 61 (2), 187–200. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2017.02.187-200>
- Kuhar, M., Berk, S., Koler, B., Medved, K., Omang, O. C. D., Solheim, D. (2011). Vloga kakovostnega višinskega sistema in geoida za izvedbo GNSS-višinomerstva. *Geodetski vestnik*, 55 (2), 226–234. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2011.02.226-234>
- Leismann, M., Klees, R., Beckers, H. (1992). Untersuchungen verschiedener Höhensysteme, dargestellt an einer Testschleife in Rheinland-Pfalz. München: Bayerische Akademie der Wissenschaften.
- Medved, K., Kuhar, M., Koler, B. (2019). Regional gravimetric survey of central Slovenia. *Measurement*, 136, 395–404. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.12.065>
- Medved, K., Kuhar, M., Stopar, B., Koler, B. (2009). Izravnava opazovanj v osnovni gravimetrični mreži Republike Slovenije. *Geodetski vestnik*, 53 (2), 223–237. http://www.geodetski-vestnik.com/53/2/gv53-2_223-238.pdf
- Omang, O. C. D. (2016). *Geoid of Slovenia 2016*. Interno poročilo. Hønefoss: Norwegian Mapping Authority.
- PCTMSL (2013). Australian Tide Manual. Special Publication No. 9, Version 5.0. Permanent Committee on Tide and Mean Sea Level. https://www.icsm.gov.au/sites/default/files/SP9_v5.0_OCT2018.pdf, pridobljeno 24. 1. 2019.
- PREG (2018). <http://prostor3.gov.si/preg/>, pridobljeno 20. 12. 2018.
- Projekt EGP (2013). Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav. <http://www.gurs-egp.si/>, pridobljeno 20. 12. 2018.
- Rezo, M. (2010). Značenje i primjena fizikalnih parametara u modernom pristupu geodetskim radovima državne izmjere. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.
- Režek, J. (2017). Ob zaključku projekta »Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav«. *Geodetski vestnik*, 61 (1), 115–124. http://www.geodetski-vestnik.com/61/1/gv61-1_rezek.pdf
- RGU (1981). Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk. Ljubljana: Republiška geodetska uprava.
- Rižnar, I., Koler, B., Bavec, M. (2007). Recentna aktivnost regionalnih geoloških struktur v zahodni Sloveniji = Recent activity of the regional geologic structures in western Slovenia. *Geologija*, 50 (1), 111–120. DOI: <https://doi.org/10.5474/geologija.2007.009>
- Sterle, O., Kuhar, M., Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P., Urbančič, T., Koler, B. (2017). Ocena vertikalne stabilnosti mareografske postaje Koper. *Geodetski vestnik*, 61 (4), 527–540. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2017.04.527-540>
- Stopar, B., Koler, B., Kogoj, D., Ambrožič, T., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Kregar, K., Štebe, G., Urbančič, T., Goršič, J., Mencin, A., Berk, S., Fabiani, N., Mesner, N., Caserman, M., Brič, V., Triglav Čekada, M., Karničnik, I., Janežič, M., Oven, K. (2016). Implementacija kombinirane geodetske mreže in višinske komponente ESRS v državni geodetski referenčni sistem. Projekt, št. 2433-13-0003. Končno poročilo, sklop 1, 216 str. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Uredba (2018). Uredba o določitvi parametrov višinskega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema. Uradni list RS, št. 80/2018.
- ZDGRS (2014). Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu. Uradni list RS, št. 25/2014.



Koler B., Stopar B., Sterle O., Urbančič T., Medved K. (2019). Nov slovenski višinski sistem SVS2010, 63 (1), 27-40.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.01.27-40>

doc. dr. Božo Koler, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: bozo.koler@fgg.uni-lj.si

asist. dr. Tilen Urbančič, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: tilen.urbancic@fgg.uni-lj.si

prof. dr. Bojan Stopar

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: bojan.stopar@fgg.uni-lj.si

mag. Klemen Medved, univ. dipl. inž. geod.

Geodetska uprava Republike Slovenije
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: klemen.medved@gov.si

asist. dr. Oskar Sterle, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: oskar.sterle@fgg.uni-lj.si

PET GENERACIJ INTEGRIRANIH ELEKTRONSKIH TAHIMETROV

FIVE GENERATIONS OF INTEGRATED ELECTRONIC TACHYMETERS

Nedim Tuno, Admir Mulahusić, Simona Savšek, Dušan Kogoj

UDK: 528.53
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02
Prispelo: 17. 1. 2019
Sprejeto: 12. 2. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.01.41-56
REVIEW ARTICLE
Received: 17. 1. 2019
Accepted: 12. 2. 2019

IZVLEČEK

Mineva petdeset let od pojava prvega integriranega elektronskega tahimetra. V polstoletnem razvoju elektronskih tahimetrov so se pojavile številne konstrukcijske izboljšave in inovativne tehnološke rešitve. Od zgodnjih modelov, ki so omogočali »le« elektronsko merjenje in shranjevanje merskih vrednosti, so tahimetri z uporabo internih mikroprocesorjev, možnostjo merjenja dolžin brez reflektorjev, robotizacijo, slikovno podporo idr. postali kompleksni multisenzorski sistemi. Sodobni tahimeter je univerzalna merska platforma, ki s svojo široko prilagodljivostjo omogoča izvedbo najrazličnejših nalog terestrične geodezije. Za boljše razumevanje posebnosti in zmogljivosti tahimetrov jih je treba sistematično razvrstiti v razvojne generacije. Avtorji članka so prepoznali pet generacij tahimetrov, na podlagi katerih so želeli opredeliti glavne tehnološke dosežke v zgodovinskem razvoju teh instrumentov.

ABSTRACT

Five decades have passed since the introduction of the first integrated electronic tachymeter. Many innovative technologies in the construction of them have appeared since then. Compared to the early models, which only measured and stored direct measurements, tachymeters have become more sophisticated by means of incorporating internal microprocessor and software packages, reflector-less distance-measuring capabilities, robotic functions, image assistance, and other features, and have become multi-sensor systems. The modern tachymeter is a universal measuring platform that adapts, with its great flexibility, to the application in various terrestrial surveying tasks. To better understand tachymeters and their specific characteristics, capabilities, and development, it is necessary to group them by generations. The authors of this paper have recognized five tachymeter generations with the purpose of marking the main technological advances in the historical development of these instruments.

KLJUČNE BESEDE

elektronski tahimeter, razvoj, generacije, tehnološki napredek

KEY WORDS

electronic tachymeter, development, generations, technological progress

1 UVOD

Z revolucionarnimi spremembami v zgradbi tahimetrov, pri čemer se je vse bolj uveljavljala elektronika, so se mersko-tehnične operacije na terenu skržile na viziranje, celotni tok elektronsko izmerjenih vrednosti od instrumenta do računalnika pa je bil avtomatiziran. Prvi instrument, pri katerem so uspešno uresničili takšno rešitev, se je pojavil leta 1968. Koncept, opredeljen s prvim instrumentom, bo v nadaljnjem burnem razvoju, z vzporednim razvojem računalniške tehnike in programske podpore, bistveno preobrazil in razširil funkcionalnost tahimetra. Vgradnja mikroročunalnika z mikroprocesorjem je povzročila silovit razvoj elektronskih tahimetrov, ki traja vse do danes in mu ni videti konca. Moderni elektronski tahimetri so s svojimi vsestranskimi zmožnostmi pravzaprav multisenzorski sistemi za merjenje nepremičnih in gibljivih ciljev. So univerzalni geodetski instrumenti s širokim spektrom uporabe, zato jih upravičeno imenujemo 'popolne postaje' (angl. *total station*). Danes trg ponuja veliko najrazličnejših modelov elektronskih tahimetrov, ki jih izdelujejo v obratih desetih proizvajalcev geodetske opreme po svetu.

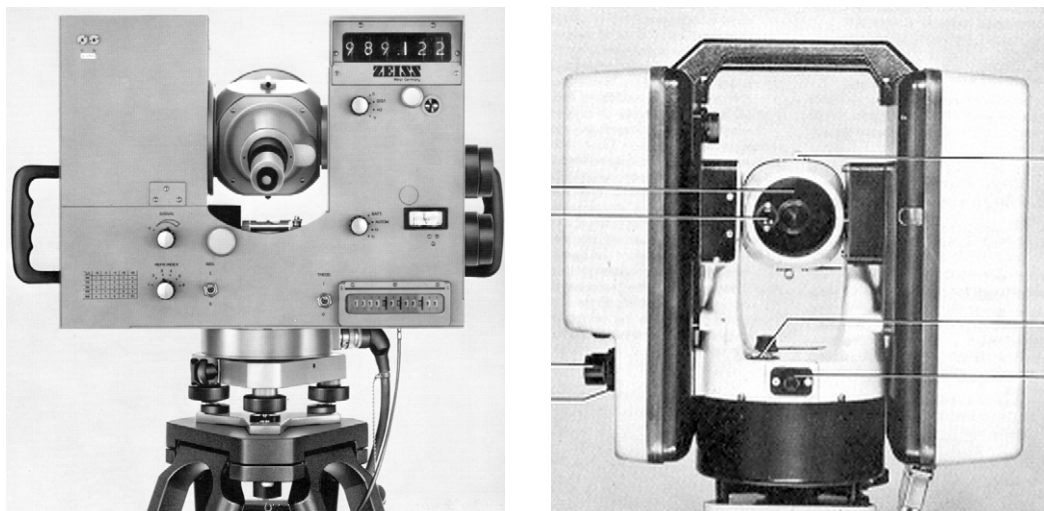
O elektronskih tahimetrih je bilo v znanstveni in strokovni literaturi veliko napisanega. Pregled dostopnih literarnih virov kaže na veliko število opisov posameznih modelov instrumentov, napisanih kmalu po tem, ko so se pojavili na trgu. Takšne prikaze so prispevali na primer Leitz (1970), Rawlinson (1976), Gort (1980), Hollwey (1983), Lachat, Landes in Grussenmeyer (2017), Schrock (2017) itd. Drugi članki se osredotočajo na posamezne optične, mehanske in elektronske rešitve v tahimetrih, tako Brooke (1988) in Solarić et al. (2007) pišejo o sistemih določanja kotnih vrednosti, Scherer in Lerma (2009), Ehrhart in Lienhart (2016) in Wagner et al. (2016) obdelujejo slikovno podporo in podobno. Najti je mogoče dela, ki se ukvarjajo z možnostmi in aktualnimi konstrukcijskimi dosežki instrumentov posameznih proizvajalcev (Valh et al., 2008; Kogoj, Bilban in Bogatin, 2004; Stempfhuber in Wunderlich, 2004; Lemmon in Jung, 2005; Lemmon in Wetherbee, 2005; Solarić et al., 2011 itd.). Dela, ki obravnavajo problematiko razvoja instrumentov in okoliščine, ki so ga narekovale, so maloštevilna in nepopolna. Pomembni so prikazi tehnološkega razvoja tahimetrov posameznih proizvajalcev, na primer Spectra Precision (Cheves, 1999), Leica Geosystems (Tuno et al., 2010) in Zeiss (Tuno, Mulahusić in Kogoj, 2012). Razvoj tahimetrov je obdelan tudi v delih, ki na splošno obravnavajo vse geodetske instrumente (Rüeger, 2006) ali vse instrumente posameznih proizvajalcev (Smith, 1999). Grobe opise razvoja tahimetrov brez podrobnosti so predstavili Ferreira, Capnor in Ferbrita (2011) in Lemmens (2016), veliko popolnejši pregled je napisal Courbon (2007).

Glede na to, da do sedaj objavljena dela niso popolna, želimo v tem prispevku podati vseobsežen pregled razvoja elektronskih tahimetrov v zadnjih petdesetih letih. S pregledom in analizo osnovnih značilnosti instrumentov, ki so se pojavili v posameznem obdobju, bomo poskušali prvič tahimetre sistematično razvrstiti v ustrezne časovne generacije. Tako bomo najboljše orisali uporabo posameznih podsistemov tahimetra z vidika prispevka tehnološkega razvoja, pojava in razvoja novih tehnologij ter ustvarjanja novih možnosti. Pri tem ne smemo zamenjati razvojnih generacij tahimetrov s tipi tahimetrov in njihovim razvrščanjem glede na natančnost, namen idr.

2 ELEKTRONSKI TAHIMETRI PRVE GENERACIJE (1968–1977)

Obiskovalci nemškega Geodetskega dneva (srečanja nemških geodetov), ki je bil organiziran leta 1968 v Stuttgartu, so lahko prvič videli prototip neobičajnega tahimetra, ki ga je razstavila nemška tovarna Zeiss Oberkochen (danes Trimble). Večina ni niti slutila, da se prav v tem instrumentu skrivajo rešitve, ki bodo v naslednjih letih in desetletjih korenito spremenile geodetsko mersko tehniko. Serijska proizvodnja

takšnih tahimetrov se je začela dve leti kasneje pod oznako Reg Elta 14 (nem. *Registriern des Elektrisches tachymeter* – registrirni električni tahimeter) (Tuno, Mulahusić in Kogoj, 2012). Leta 1975 je bila cena tega instrumenta 69.000 DEM, kar bi danes znašalo kar 131.172 USD (URL 1). Leta 1971 je švedski proizvajalec AGA (danes Trimble) pričel proizvodnjo elektronskega tahimetra Geodimeter 700, izboljšani model Geodimeter 710 pa se je pojavil leta 1974 (Cheves, 1999; Smith, 1999).



Slika 1: Elektronski tahimetri prve generacije: Zeiss Reg Elta 14 (Zeiss, 1975) in AGA Geodimeter 710 (objavljeno z dovoljenjem Georga Palmgrenja).

Prvi integrirani elektronski tahimetri so bili videti kot veliki teodoliti, pri katerih je bila celotna elektronska oprema za merjenje dolžin in kotov nameščena na bočnih straneh instrumenta v masivnih nosilcih daljnogleda (slika 1). Vgrajene so imeli elektrooptične fazne razdaljemere, za izvor svetlobe pa so uporabili Ga-As luminiscenčno diodo (Zeiss), oziroma He-Ne laser (AGA) (Deumlich, 1982). Za merjenje kotov je Zeissov instrument uporabljal absolutni postopek s kodirano razdelbo na limbih in avtomatsko koincidenčno diametralnih delov kroga, čitanje pa se je izvedlo s fotoelektronskim mikrometrom (Leitz, 1970). Tahimetri Geodimeter so kotne vrednosti določali z relativnim postopkom. Na krogih je bila nanešena inkrementalna razdelba 10.000 intervalov, ki jo je instrument čital tudi na fotoelektrični način (Rawlinson, 1976). V instrument so vgradili kompenzator vertikalnega kroga. Instrument je imel koaksialno optiko – kolimacijska os in os razdaljemera sta sovpadali, kar pomeni, da so se vse tri merjene količine – dolžina, horizontalna smer in zenitna razdalja – nanašale na isto ciljno točko, navizirano z nitnim križem daljnogleda. Doseg obeh instrumentov pri merjenju dolžin je bil nekaj kilometrov, standardni odklon pa v intervalu od 5 mm do 10 mm, medtem ko je natančnost merjenja kotov znašala od 2" do 3" (Deumlich, 1982). Tahimetri so izmerjene vrednosti prikazali digitalno z namenom hitrega pregleda in grobe kontrole. To je bila vzporedna možnost, samodejno shranjevanje meritev v notranji spomin instrumenta je bilo veliko bolj smotno. Na instrument je bilo namreč mogoče priključiti modul za registracijo, ki je omogočal shranjevanje merskih vrednosti in predhodno vnesenih kod na perforirani papirni trak. S tem je bil prvič realiziran neprekinjen tok podatkov od snemanja na terenu do izdelave načrta, saj so se posneti podatki s traku lahko neposredno prenesli na računalnik (Benčić in Solarić, 2008).

Tahimetre je bilo mogoče povezati z zunanjim računalnikom za obdelavo merskih vrednosti neposredno na terenu za potrebe dodatne izmere ali zakoličbe (Tuno, Mulahusić in Kogoj, 2012).

Prvi elektronski tahimetri so imeli številne pomanjkljivosti, saj so bili začetki razvoja povezani s številnimi nerešenimi vprašanji. Kontrola merskih vrednosti tako rekoč ni bila mogoča, napake pri prenosu in obdelavi podatkov so bile neobvladljive. Največja pomanjkljivost teh instrumentov je bila njihova visoka cena in dejstvo, da je bila v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja informatizacija v večini geodetskih podjetij šele v povojih. Zato veliko zainteresiranih kupcev ni bilo. Zeiss Oberkochen je v prvih treh letih izdelal vsega dvesto tahimetrov Reg Elta 14 (Courbon, 2007).

3 ELEKTRONSKI TAHIMETRI DRUGE GENERACIJE (1977–1990)

Naslednji korak v razvoju tahimetrov je bila uporaba mikroračunalnikov z vgrajenim mikroprocesorjem v instrument. To je bila podlaga za nadaljnjo avtomatizacijo obdelave merskih vrednosti: samodejno upoštevanje instrumentalnih pogreškov, sistematičnih vplivov na meritve in preračun meritev iz merskega v koordinatni prostor.

Tahimetra Wild (danes Leica Geosystems) Tachymat TC1 in Hewlett-Packard (HP) Total Station 3820A (slika 2) sta prva instrumenta, ki ju uvrščamo v drugo generacijo integriranih elektronskih tahimetrov. Na trg sta prišla leta 1977. Naslednje leto je Zeiss Oberkochen pričel proizvodnjo tahimetra Elta 2 (Courbon, 2007). Poleg vgradnje mikroprocesorja in mikroračunalnika je napredek viden predvsem v bistveno manjših dimenzijah in masi tahimetrov ter v veliko boljšem sistemu avtomatske registracije (Rüeger, 2006). Podatki se niso več shranjevali na papirne trakove, uporabljeni so bili mediji za digitalno shranjevanje – kasete z magnetnim trakom, prenosna spominska enota in zunanji elektronski registrator (Benčić in Solarić, 2008). Že takrat se je v konstrukciji pojavil elektronski dvoosni kompenzator za merjenje nagiba stojliščne osi instrumenta (HP 3820A), ki je omogočil samodejni izračun in upoštevanje popravka meritev zaradi nevertikalnosti stojliščne osi in posledično nehorizontalnosti vrtilne osi daljnogleda (Gort, 1980). Nov in pomemben koncept v razvoju je bil opredeljen s tahimetrom Zeiss Elta 2, pri katerem so teodolit, razdaljemer, registrator, računalnik, modul s programi in izvor napajanja v istem ohišju. S tem se je precej povečala priročnost instrumenta na terenu glede na tahimetre, ki so imeli zunanje napajanje in ločen registrator (Tuno, Mulahusić in Kogoj, 2012).



Slika 2: Elektronski tahimetri druge generacije: HP 3820A (objavljeno z dovoljenjem Kennetha Kuhna, HP Memory Project), Wild Tachymat TC1 (Tuno et al., 2010), Geodimeter System 400 (Geotronics, 1991).

Ob koncu sedemdesetih let je bila cena elektronskih tahimetrov še vedno nepredstavljivo višja od cene optičnih instrumentov. Razlog so bili visoki stroški razvoja, tako je na primer HP 3820A takrat stal 34.000 USD (Gort, 1980), kar bi danes pomenilo več kot 100.000 USD. Prehod s klasičnega na avtomatiziran način obdelave meritev je zahteval dodatna visoka finančna sredstva. To sta bila glavna razloga, da ti instrumenti niso dosegli večjega komercialnega uspeha. Tako je na primer Wild izdelal le 650 tahimetrov TC1 in ustavil proizvodnjo že leta 1979 (Tuno et al., 2010). HP 3820A je bil izdelan v tisoč primerkih, leta 1983 je tovarna dokončno ustavila proizvodno linijo za izdelavo geodetskih instrumentov. Glede na to, da sta bila HP 3820A in nekoliko starejši optično elektronski tahimeter HP 3810A prva elektronska tahimetra, ki sta se množično uporabljala v praksi, je njuna oznaka *Total Station* (popolna postaja) prešla v širšo rabo. To je hitro postal splošni izraz za vse elektronske tahimetre (Lemmens, 2016), kar se v angleškem poimenovanju teh instrumentov ni spremenilo do danes.

Komercialni neuspeh tahimetrov TC1 in Elta 2 ni prestrašil Wildovih in Zeissovih konstruktorjev, da ne bi še naprej razvijali zmogljivejših instrumentov. Takrat so tudi drugi proizvajalci iskali lastne rešitve. Tako so imeli vsi glavni proizvajalci geodetske opreme – Wild, Zeiss Oberkochen, Zeiss Jena, Geotronics, Topcon, Sokkisha in Nikon – do leta 1985 v ponudbi integrirane elektronske tahimetre. Že leta 1983 je bilo na trgu dostopnih enajst različnih modelov takšnih instrumentov (Rüeger, 2006). Instrumenti so bili še vedno dragi (preračunano na današnje vrednosti je bila leta 1985 cena povprečnega elektronskega tahimetra od 30.000 do 40.000 EUR), opazen pa je bil trend padanja cen (Courbon, 2007). V osemdesetih letih so proizvajalci namesto jekla za ohišje in sestavne dele vse bolj uporabljali aluminij in kompozitne materiale, kar je pomenilo precejšnje zmanjšanje mase instrumentov. Takrat se je povečala zmogljivost mikroprocesorjev, ki so zato ponujali veliko večje možnosti, na primer za kompleksno obdelavo merskih podatkov že na terenu. Instrumenti so bili opremljeni s programi in funkcijami »on board«, imeli so možnost shranjevanja instrumentalnih pogreškov in podobno. Na vrhuncu razvoja tahimetrov druge generacije so se pojavili prvi instrumenti, ki jih je bilo mogoče samostojno programirati (Smith, 1999). Vse več pozornosti so proizvajalci posvečali tudi obliki instrumenta, instrumenti so dobili modernejše oblike ob upoštevanju primerne ergonomije.

V osemdesetih letih so proizvajalci dajali prednost zunanjim spominskim enotam, ki so omogočale elektronsko zapisovanje (Pavia, 2006). Poleg shranjevanja velike količine podatkov so omogočale njihovo delno obdelavo (npr. Sokkisha SDR2, AGA Geodat, Nikon DR1 in podobni). Malo kasneje so se začele uporabljati posebne pomične spominske enote, kot so Zeiss Mem E in Wild REC-modul (Tuno et al., 2010; Tuno, Mulahusić in Kogoj, 2012). Takrat so se pojavili tudi prvi instrumenti z vgrajeno notranjo spominsko enoto (trdi diski) (Smith, 1999). Zmogljivost spominske enote je omogočala shranjevanje tudi nekaj tisoč zapisov.

Leta 1983 je tovarna Wild predstavila dinamični način čitanja kotnih vrednosti na limbih, ki omogoča visoko natančnost merjenja kotov (Wild TC2000, kasneje TC2002: $\sigma_{\text{DIN18723-THEO-Hz,V}} = 0,5''$). Postopek je zasnovan na uporabi inkrementalne razdelbe, pri čemer sistem določi absolutno vrednost smeri (Tuno et al., 2010). Sistem meri čas zasuka vrtečega steklenega kroga za vrednost merjenega kota. Princip je enako digitalnemu načinu določitve fazne razlike pri faznih razdaljemernih. Takrat je le še tovarna Zeiss Oberkochen izdelovala tahimetre, ki so zagotavljali natančnost merjenja smeri, boljšo od 1" (Zeiss Elta 2, Rec Elta 2: $\sigma_{\text{DIN18723-THEO-Hz,V}} = 0,6''$), uporabljali pa so relativni postopek čitanja kotnih vrednosti

(Tuno, Mulahusić in Kogoj, 2012). Relativni postopek (inkrementalna razdelba) čitanja kotnih vrednosti na limbih je bil uporabljen pri večini tahimetrov druge generacije (Brooke, 1988), pri čemer so bile vrednosti standardnih odklonov merjenja kotov v intervalu od 2" do 20". Od sredine osemdesetih let je tovarna Wild proizvajala tahimetre z absolutnim statičnim sistemom za čitanje razdelbe na krogih (kodirani način), ki je bil veliko hitrejši in cenejši od dinamičnega načina (Solarić et al., 2007). Tahimetri druge generacije so opremljeni s faznimi razdaljemerji. Njihov doseg ob uporabi reflektorja je bil do 3300 m (Smith, 1999), standardni odklon merjenja $\sigma_{[mm];[ppm]}$ pa od 5 mm; 5 ppm do 2 mm; 2 ppm. Ob nadaljnjem razvoju elektrooptike je ob vse večji vlogi procesorja pri merjenju z inteligentno analizo procesa dosežena optimizacija merjenja in večja natančnost. Povečanje natančnosti je temeljilo na postopku TOP (angl. *time-optimized precision*), kar pomeni časovno optimirano natančnost na podlagi analize z merskim programom procesorja (Benčić in Solarić, 2008). Prvi instrument s takšnim razdaljemerom je bil Wild TC2002 iz leta 1990, dosega pa natančnost $\sigma_{[mm];[ppm]}$ 1 mm; 1 ppm (Tuno et al., 2010).

V osemdesetih so bile razvite številne inovativne rešitve, ki so bile uspešno uporabljene v elektronskih tahimetrih. Večina se jih je prvič pojavila v konstrukcijah različnih modelov tahimetrov Geodimeter (na primer prenos zvoka z infrardečo svetlobo, optična usmerjevalna luč, stopenjski motorji za vrtenje okrog osi Y in Z, senzor za sledenje gibajočega reflektorja in podobno). Instrumenti serije Geodimeter System 400 (slika 2) iz leta 1986 so merjene vrednosti prikazovali na velikem LCD-zaslonu, v primerjavi s tedanjimi tahimetri, ki so imeli enega ali več LCD-zaslonov za prikaz samo ene izmerjene ali izračunane vrednosti. Na teh tahimetrih je bil prvič uporabljen alfanumerični uporabniški vmesnik na podlagi tehnike menijev. Instrument je imel vgrajen elektronski kompenzator, nagib vertikalne osi tahimetra se je prikazal na zaslonu grafično v obliki dveh cevni libel in odmika mehurčka od marke libele. V okviru te serije tahimetrov je obstajalo nekaj modelov z različnimi spominskimi enotami, programskimi paketi, tipkovnicami in podobno. Uporabnik je lahko sam izbral konfiguracijo, ki je najbolje ustrezala njegovim potrebam (Smith, 1999).

4 ELEKTRONSKI TAHIMETRI TRETJE GENERACIJE (1990–2005)

Pri razdelitvi tahimetrov tretje generacije se je, v primerjavi z razdelitvami v preteklosti, poleg natančnosti prvič upoštevala tudi splošna učinkovitost oziroma funkcionalnost instrumentov. V tem smislu so se tahimetri razdelili v štiri osnovne skupine: enostavne, standardne, univerzalne in precizne. Proizvajalci so izdelovali tahimetre v serijah enake funkcionalnosti in različne natančnosti. Obenem so v okviru ene proizvodne linije izdelovali instrumente različne funkcionalnosti glede na potrebe kupca. Novost iz tega obdobja je koncept standardizacije formata zapisa podatkov, uvedba enakih uporabniških vmesnikov in sistemov za shranjevanje podatkov za vse instrumente ter programsko opremo enega proizvajalca.

Tretja generacija elektronskih tahimetrov je prinesla številne novosti, od katerih je najznačilnejša popolnoma nova tehnika merjenja, pri kateri se je mesto operaterja prestavilo s tahimetra na položaj reflektorja (tarče) na ciljni točki. Operater je upravljal tahimeter na daljavo, avtomatizacijo merjenja pa sta omogočali funkciji samodejnega viziranja in sledenja tarče. Obdobje univerzalnih motoriziranih tahimetrov z možnostjo samodejnega sledenja in viziranja tarče se je začelo leta 1990 s serijsko proizvodnjo instrumenta Geodimeter System 4000 tovarne Geotronics (slika 3). Geodetski strokovnjak prevzame vlogo operaterja, figuranta in vodje izmere. Izbira mesto merske točke, na katero postavi reflektor na togem grezilu, prek

kontrolerja in radijske zveze pošilja ukaze instrumentu, ki na njihovi podlagi izvaja merske operacije. Samodejno viziranje je bilo sestavljeno iz grobega iskanja ciljne točke v okolici trenutnega položaja vizurne osi in iz finega viziranja. Opisani sistem je omogočal tudi sledenje premične točke (Cheves, 1999; Smith, 1999; Benčić in Solarić, 2008). Tudi drugi proizvajalci so hitro razvili lastne rešitve tako imenovanih robotiziranih tahimetrov, na primer Topcon leta 1991, Leica Geosystems leta 1995, Zeiss leta 1996, Sokkia leta 2000 itd. Naslednja faza v razvoju robotiziranih tahimetrov je bila vgradnja sistema za hitro iskanje ciljne točke – tarče. V primerjavi z dotedanjimi sistemi, pri katerih je moral operater pred samodejnim postopkom grobega viziranja ročno, z daljinskim upravljalnikom, vizuro približno usmeriti proti tarči, imajo novi sistemi (dostopni od leta 1997) popolnoma avtomatiziran sistem iskanja tarče (Rüeger, 2006).

Leta 1993 je bil predstavljen instrument Zeiss Rec Elta RL, prvi integrirani elektronski tahimeter z možnostjo merjenja dolžin brez uporabe reflektorja na ciljni točki. Instrument je imel vgrajen impulzni razdaljemer z lasersko diodo kot izvorom svetlobe. Doseg merjenja dolžin brez reflektorja je bil 200 m, z reflektorjem pa kar 8000 m (Tuno, Mulahusić in Kogoj, 2012). Z impulznimi razdaljemerji z možnostjo merjenja brez reflektorja so bili nekaj let kasneje opremljeni tudi tahimetri proizvajalcev Topcon, Trimble in Nikon (Rüeger, 2006). Ti razdaljemerji so hitro napredovali na področju dosega, tako so se na primer s tahimetrom Topcon GPT 1002 iz leta 1998 merile dolžine brez reflektorja do 100 m, Topcon GPT 3000W iz leta 2004 je imel doseg 250 m, Topcon GPT-3000LW iz leta 2005 pa kar 1200 m (Topcon, 2018c). Leica Geosystems je začela leta 1998 v instrumente vgrajevati fazne razdaljemere z lasersko diodo kot svetilom, ki omogoča merjenje dolžin brez uporabe reflektorjev z dosegom 80 m. Kasneje so se pojavili razdaljemerji istega proizvajalca z oznako XR, katerih doseg brez uporabe reflektorja je bil 170 m, z reflektorjem pa kar 12.000 m.

Običajni standardni odklon merjenih dolžin tahimetrov tretje generacije z uporabo reflektorjev je bil 2 mm; 2 ppm ($\sigma_{\text{ISO-EDM}}$), le precizni tahimetri so bili natančnejši, standardni odklon je bil 1 mm; 1 ppm ($\sigma_{\text{ISO-EDM}}$). Posebnost so bili tahimetri za industrijska merjenja, kot je Leica Geosystems TPS5000, ki je omogočal merjenje dolžin do 120 m z natančnostjo 0,2 mm. Pri večini tahimetrov tretje generacije se je uporabljal fazni način elektrooptičnega merjenja dolžin. Tahimetri Leica Geosystems serij TPS5000 in TPS2000 so imeli edini boljšo natančnost merjenja smeri od 1", standardni odklon smeri po ISO je bil 0,5" ($\sigma_{\text{ISO-THEO Hz,V}}$). Tako visoko natančnost so dosegli z absolutnim statičnim načinom čitanja na štirih mestih kodiranega kroga (Tuno et al., 2010). Pri večini tahimetrov iz tega obdobja je bil uporabljen absolutni postopek čitanja razdelbe na krogih, natančnost kotnih meritev pa je glede na predhodno generacijo tahimetrov ostala nespremenjena (POB, 2000). Univerzalne robotizirane tahimetre odlikuje bistveno krajši čas čitanja kotnih vrednosti in veliko večja hitrost merjenja dolžin. Hitrosti so že omogočale enostavne kinematične izmere. Tahimetri, ki so se pojavili ob koncu devetdesetih, so imeli možnost natančnega določanja položaja gibljive merjene točke s frekvenco od 7 Hz do 10 Hz (Stempfhuber in Wunderlich, 2004).

Samodejno usmerjanje kolimacijske osi na podlagi vnaprej določenega kotnega koraka in merjenje dolžin brez uporabe reflektorja so prvič uspešno vgradili v tahimetre Leica Geosystems TPS1100 leta 1999. S takšnimi instrumenti je bilo mogoče izbrana območja izmere, na primer fasade, digitalizirati v obliki rastra, v katerem so koordinate točk določene po popolnoma avtomatiziranem postopku brez dotika merjenega objekta (Ferreira, Capnor in Ferbritadr, 2011).

Zadnje desetletje 20. stoletja je zaznamoval hiter razvoj spominskih medijev, zato so se njihove cene občutno znižale. Takratni tahimetri so imeli vgrajene interne spominske enote z zmogljivostjo od nekaj sto KB do 1 MB, omogočali pa so priključitev zunanjih spominskih enot (elektronski zapisnik) (Pavia, 2006). Naprednejši modeli so od sredine devetdesetih podpirali tudi kartice PCMCIA SRAM za registracijo podatkov (zmogljivost spomina je v začetku znašala 512 KB), ob koncu devetdesetih pa so se pojavili instrumenti, v katere je bilo mogoče vstaviti spominske kartice PCMCIA ATA Flash z zmogljivostjo do 16 MB (Tuno et al., 2010).

Za uporabnike tahimetrov je bil izdelan uporabniški vmesnik po vzoru PC s sistemom MS-DOS, kjer je operater želene aktivnosti instrumenta izbral iz menija ali neposredno s funkcijskimi tipkami. Struktura menija je bila razdeljena na več celot. Vse večji enobarvni LCD-zaslani so še poenostavili delo tudi z možnostjo prikaza enostavne grafike. Ob koncu devetdesetih so se začeli uporabljati zasloni boljše ločljivosti (npr. 256 x 64 pikslov), ki so omogočali prikaz bolj zapletene grafike. Že takrat so se pojavili instrumenti z zasloni na dotik in operacijskim sistemom (Spectra Precision, 1999). Nekateri instrumenti so dobili popolno tipkovnico QWERTY.



Slika 3: Avtomatizirani univerzalni tahimeter Geodimeter System 4000 s kontrolno enoto RPU 4000 za daljinsko upravljanje (objavljeno z dovoljenjem Shelly Cox, xyHt Magazine) in uporaba kontrolne enote Spectra Precision Geodat Win za terestrična in satelitska merjenja (Spectra Precision, 1999).

Prvi koraki na poti integracije tehnologij terestrične izmere in satelitskega pozicioniranja so bili narejeni leta 1995. Takrat so se pojavili tahimetri in sprejemniki GPS proizvajalca Geotronics, ki so uporabljali enake spominske kartice PCMCIA. S tem je bil omogočen prenos podatkov, pridobljenih s satelitsko izmero, iz sprejemnika GPS na tahimeter in nasprotno. Leta 1998 je isti proizvajalec (takrat pod imenom Spectra Precision) uvedel poseben registrator Geodat Win s tipkovnico in zaslonom, ki se je vgrajeval na tahimetre in sprejemnike GPS RTK (slika 3) in je bil obenem kontrolna enota (Lemmon in Wetherbee, 2005; Pavia, 2006). Meritve obeh instrumentov so se shranjevale v isto datoteko. Leica Geosystems je leta 2004 predstavila elektronske tahimetre TPS1200 in sprejemnike GNSS GPS1200, ki so uporabljali isti uporabniški vmesnik, isti format baze podatkov, iste baterije in polnilce ter enotno programsko opremo za združitev in obdelavo podatkov obeh merskih tehnologij (Stempfhuber in Wunderlich, 2004).

Ob napredku tehnologije za proizvodnjo elektronskih instrumentov, stalnih inovacijah, razvoju globalnega trga in še drugih dejavnikov je v devetdesetih letih občutno padla cena elektronskih teodolitov in

tahimetrov. Končno so lahko tudi majhna geodetska podjetja ekonomsko upravičila nakup elektronskih tahimetrov in pripadajoče opreme. Takšni pogoji so ugodno vplivali na razvoj integriranih elektronskih tahimetrov, ki je postajal vse hitrejši. Tako je bilo leta 1994 na mednarodnem trgu mogoče najti 68 različnih modelov teh instrumentov (Rüeger, 2006), leta 2000 pa se je število povečalo na 116. Na začetku tega tisočletja je bilo treba za enostavni tahimeter odšteti 7000 USD, kar danes znaša 9000 EUR. S povečanjem natančnosti, kompleksnosti in funkcionalnosti je zrasla tudi cena tahimetrov. Univerzalne robotizirane tahimetre je bilo mogoče kupiti za 40.000 USD (današnja vrednost okrog 53.000 EUR) (POB, 2000). Potem ko so se leta 2002 evropskim in japonskim proizvajalcem priključili še Kitajci (South, 2018), je postala ponudba še bogatejša, cene pa še nižje.

5 ELEKTRONSKI TAHIMETRI ČETRTE GENERACIJE (2005–DANES)

Sredi prvega desetletja novega tisočletja so se na trgu pojavili elektronski tahimetri z vgrajenimi dodatnimi merskimi senzorji, ki precej povečajo njihove merske sposobnosti in funkcionalnost. Razvoj gre v smeri najširše mogoče uporabe teh instrumentov.



Slika 4: Tahimetri četrte generacije: Leica Geosystems SmartStation (Tuno et al., 2010), Topcon IS (objavljeno z dovoljenjem GeoWild d.o.o. Sarajevo), Trimble S8 DR HP (objavljeno z dovoljenjem © Trimble Geospatial Inc).

Leica Geosystems je leta 2005 pričela proizvodnjo instrumentov SmartStation, merskega sistema, pri katerem sta prvič v eno celoto združena tahimeter in sprejemnik GNSS (slika 4). Bazna komponenta SmartStationa ('pametne postaje') je elektronski tahimeter serije TPS1200. Neposredno na tahimeter se postavlja ustrezen geodetski dvofrekvenčni sprejemnik GNSS. Tako je omogočena določitev koordinat stojišča tahimetra na podlagi satelitskih meritev. Tradicionalna metoda določanja koordinat geodetskih točk na območju izmere (delovišču) tako teoretično ni več potrebna (Tuno et al., 2010). Trimble je leta 2005 ponudil podobno rešitev, poimenovano IS (angl. *Integrated Surveying*) Rover, ki združuje univerzalni tahimeter Trimble S6 in sprejemnik GNSS Trimble R8 (Lemmon in Wetherbee, 2005). Pri tem sistemu se uporablja togo grezilo, na katerem sta na isti vertikali pritrjena antena sprejemnika GNSS in reflektor. Kontrolna enota je ob tem grezilu in služi za vodenje tako terestrične kot tudi satelitske

izmere. V primerjavi s sistemom SmartStation, kjer merski postopek upravljamo s tahimetra, omogoča IS Rover daljinsko upravljanje tahimetra s ciljne točke. Pri tem s tahimetrom izvedemo merjenje smeri in dolžin na ciljno točko ali/in s sprejemnikom GNSS RTK merjenja na isti ciljni točki. Zelo podoben sistem pod imenom SmartPole je začela Leica Geosystems izdelovati ob koncu leta 2006.

S pojavom instrumenta Topcon GPT-7000i leta 2005 se je začelo obdobje elektronskih tahimetrov z integriranimi slikovnimi senzorji, tahimetrov s slikovno podporo – IATS (angl. *image assisted total station*) (Scherer in Lerma, 2009). Ta standardni tahimeter brez pogonov ima vgrajeni dve videokameri s senzorji CMOS ločljivosti 0,3 Mp. Širokokotna kamera opazuje okolico z zornim poljem $28^\circ \times 22^\circ$. Postavljena je ob daljnogledu in služi za pregledovanje delovišča kot celote. Koaksialna kamera spremenljive goriščne razdalje pa omogoča prikaz slike, ki jo vidimo skozi daljnogled. Kamera je neposredno povezana z optičnim sistemom daljnogleda, zorni kot je le približno 1° , zato pa je slika občutno podrobnejša (Wagner, 2017). Za vsako izmerjeno detajlno točko se v spomin samodejno shranita dve fotografiji, sliko koaksialne kamere pa je mogoče neposredno opazovati na zaslonu tahimetra. Teoretično ciljne točke ni več treba opazovati skozi daljnogled instrumenta. Na sliki, ki jo ustvari video podpora, je mogoče vizualizirati položaje vseh izmerjenih točk, zakoličenih točk idr. To je zelo koristno, saj pri terenskem delu v vsakem trenutku lahko enostavno kontroliramo potek izmere. Naslednji Topconov tahimeter s slikovno podporo je bil model GPT-9000Ai (v proizvodnji od leta 2007), ki pa je v primerjavi s prvim modelom popolnoma robotiziran z dodatno vgrajeno možnostjo laserskega skeniranja – IASTS (angl. *image assisted scanning total station*). Enostavna funkcija skeniranja je omogočala hitrost do 20 točk na sekundo. Tudi ta model je bil opremljen s pregledno in koaksialno kamero s samodejno izostritvijo slike, pri obeh je bila ločljivost 1,3 Mp. Slika videokamere se v živo prenese na zaslon tahimetra ali na enoto za daljinsko upravljanje. Sistem omogoča nov način viziranja, tako da na zaslonu tahimetra označimo ciljno točko z dotikom, kolimacijska os (nitni križ) se nato samodejno postavi na izbrano točko. Možnost upravljanja instrumenta preko kontrolne enote na daljavo z dvostransko komunikacijo tudi video funkcije omogoča, da lahko uporabnik izvaja izmero po načinu 'one man station'. Radijska zveza omogoča povezavo na oddaljenosti do nekaj sto metrov. Slikovna podpora omogoča izbiro območja skeniranja kar na video prikazu na zaslonu. Posnete fotografije lahko uporabimo kot podlago oblakom točk za ustvarjanje foto realističnih tridimenzionalnih modelov skeniranih objektov. Tahimeter GPT-9000A1 se od leta 2008 proizvaja pod oznako IS (angl. *Imaging Station*) (slika 4) (Topcon, 2018b; Topcon 2018c). Tahimetre IATS in IASTS so razvili tudi Trimble, Leica Geosystems in Pentax (Wagner et al., 2016). Kakovost vgrajenih kamer je hitro napredovala, tako so se že leta 2010 pojavili instrumenti Leica Geosystems VIVA s kamero ločljivosti 5 Mp. Leica Geosystems NOVA MS50 iz leta 2013 ima poleg širokokotne kamere tudi koaksialno kamero spremenljive goriščne razdalje do 30-kratne povečave. Ta tahimeter ima bistveno izboljšano funkcijo skeniranja, katere hitrost znaša tudi do 1000 točk na sekundo (Grimm in Zogg, 2013).

Razvoj razdaljemerov v tahimetrih je v 21. stoletju prinesel predvsem povečanje merskega dosega brez uporabe reflektorjev, povečanje natančnosti in hitrosti meritev. Tako je Topcon v instrumente GPT-9000A vgradil impulzni razdaljemer, katerega doseg pri merjenju brez reflektorja je kar 2000 m (Topcon, 2018c). Leica Geosystems je v modele tahimetrov serije TPS1200+ (leto 2007) vgradila razdaljemere z enim izvorom svetlobe, lasersko diodo, ki služi za merjenje dolžin z reflektorjem in brez njega. Pri tem uporabljajo tehnologijo *System Analyzer*, ki kombinira prednosti faznega in impulznega načina merjenja dolžin, doseg pri merjenju do naravnih površin pa je 1000 m. Ta razdaljemer je bil kasneje izpopolnjen

glede natančnosti ($\sigma_{\text{ISO-EDM}}$: 0,6 mm; 1 ppm) in leta 2009 vgrajen v tahimeter TS30 (Tuno et al., 2010; Solarić et al., 2011). Še natančnejši razdaljemer so vgradili v industrijske tahimetre serije TDRA6000, pri katerih je natančnost okoli 0,25 mm za dolžine do 120 m (Leica Geosystems, 2018). Precizne razdaljemer podmilimeterske natančnosti in dosega 200 m je razvilo tudi podjetje Sokkia za svoje instrumente NET 05 (leto 2008). Enakovredne instrumente od leta 2010 pod oznako MS05A proizvaja tudi Topcon (Topcon, 2018a; Topcon, 2018b).

Tahimetri s funkcijo skeniranja zahtevajo za učinkovito uporabo bistveno večjo hitrost merjenja. Pri prvotnih rešitvah je izmera ene same dolžine zahtevala tudi nekaj sekund. Prvi tahimetri s funkcijo skeniranja so se pojavili leta 2007 (Trimble VX in Topcon GPT-9000Ai). Hitrost skeniranja je bila največ od 15 do 20 meritev na sekundo (Lachat, Landes, in Grussenmeyer, 2017). Takrat so bili skonstruirani robotizirani univerzalni tahimetri z možnostjo določanja položaja gibljivega reflektorja (sistem AST – avtomatsko sledenje tarče) s frekvenco tudi do 20 Hz (Stempfhuber, 2009). Naslednji korak v razvoju je bil razdaljemer, vgrajen v instrument Leica Geosystems NOVA MS50. Razdaljemer ima lasersko diodo kot svetilo, pri merjenju pa uporablja novo Leicino tehnologijo WFD (angl. *Wave Form Digitizer*). WFD je posebna vrsta impulzno-faznega načina določitve dolžine, pri kateri se fazna razlika določa v okviru svetlobnega impulza. Z akumulacijo več impulzov je določitev fazne razlike veliko natančnejša, osnovni impulzni način pa poveča hitrost meritev. Tako je največja hitrost tudi do 1000 meritev na sekundo. Isti razdaljemer se uporablja za merjenje dolžin z reflektorjem in brez njega. Doseg pri merjenju z reflektorjem je do 10000 m, pri standardnem merjenju brez reflektorja pa 2000 m. Omogočena je optimizacija skeniranja v štirih hitrostih (1000 Hz, 250 Hz, 62 Hz in 1 Hz) glede na različne oddaljenosti od objekta skeniranja (Grimm in Zogg, 2013).

Motorizirani tahimetri nove generacije potrebujejo za čitanje limbov le 0,5 do 0,05 s, posamezni modeli pa le nekaj milisekund. V tahimetrih Leica Geosystems sistem za čitanje razdelbe na krogih namesto ravnih uporablja parabolična zrcala. Skozi limb s kodirano razdelbo tako prehaja koncentrirana količina svetlobe, ki pada na linearni CCD-senzor. Sistem omogoča čitanje limba tudi do 5000-krat na sekundo (Solarić et al., 2011). Vse do sredine druge polovice prvega desetletja 21. stoletja je bilo podjetje Leica Geosystems edini proizvajalec preciznih tahimetrov, ki so zagotavljali natančnost merjenja smeri $\sigma_{\text{ISO-THEO Hz,V}} = 0,5''$. Od leta 2008 takšne instrumente proizvaja tudi Sokkia (enak instrument se proizvaja tudi pod Topconovim imenom), Trimble pa precizni tahimeter proizvaja od leta 2010 (Topcon, 2018a; Topcon 2018b; Trimble Geospatial, 2018).

Da bi lahko popolnoma izkoristili nove možnosti, ki jih prinaša tehnologija pri merjenju smeri in dolžin, so se v elektronske tahimetre za vrtenje zgornjega sestava tahimetra okrog vertikalne vrtilne osi in daljnogleda okrog horizontalne osi instrumenta namesto stopenjskih motorjev začeli vgrajevati direktni pogoni. Trimble od leta 2005 uporablja magnetne pogone (angl. *MagDrive*) v tahimetrih S6. Leica Geosystems od leta 2009 (v tahimetru TS30) v motorizirane tahimetre vgrajuje pogone piezo (Leica angl. *direct drive*). Novi pogoni so hitrejši: pri stopenjskih motorjih je največja hitrost 85°/s, direktni pogoni pa dosegajo hitrost 180°/s in pospešek do 360°/s². Poleg tega med mehanskimi deli ni trenja, premiki pa so tako rekoč zvezni (Lemmon in Jung, 2005; Solarić et al., 2011). Direktni pogoni se od leta 2016 vgrajujejo tudi v tahimetre proizvajalca Sokkia (Topcon, 2018a).

Moderni univerzalni tahimetri so dobili tudi napredne sisteme samodejnega iskanja, sledenja in viziranja

tarče. Izboljšane so možnosti filtriranja motečih signalov in odzivanja na prekinitve signala v funkciji sledenja. Povečan je doseg teh sistemov, pri samodejnem viziranju tako na primer znaša do 3000 m. Tudi druge komponente so v primerjavi s predhodno generacijo občutno napredovale. Velikost notranjih spominskih enot se meri v gigabajtih, podprta je komunikacija RS232, USB, Bluetooth in WLAN, uporabljajo se baterije Li-Ion, vgrajujejo se zasloni na dotik, najpogosteje izbrani operacijski sistem je Windows. Meritve se shranjujejo v univerzalnih formatih (na primer kot koordinate DXF, LandXML in podobno) oziroma v uporabniško definiranih formatih ASCII. S povečanjem zmogljivosti mikroprocesorjev in velikosti spomina RAM je omogočena kompleksnejša obdelava podatkov na samem instrumentu. Danes se posebna pozornost namenja tudi terenskim računalnikom z zasloni na dotik, ki jih povežemo s tahimetri. Njihova uporaba je odločilna pri merjenju s popolnoma avtomatiziranim elektronskim tahimetrom, kjer celotno izmero izvaja en sam človek. Poleg klasičnega načina shranjevanja podatkov lahko s njihovo uporabo s kompleksno programsko opremo nalogo do konca opravimo neposredno na instrumentu (Pavia, 2006). Vse aktualnejša sta tudi povezava instrumenta z medmrežjem in neposreden prenos podatkov meritev na daljavo. Te možnosti so na voljo tudi za druge geodetske merske tehnike, kot so geometrični nivelman, satelitsko pozicioniranje in lasersko skeniranje.

Še ena zanimivost: Leica Geosystems je na svojih tahimetrih Flexline TS07 in TS10 septembra 2018 kot prva na svetu predstavila sistem za samodejno merjenje višine instrumenta. Višino instrument izmeri z ločenim enostavnim laserskim razdaljemerom. Proizvajalec zagotavlja natančnost 1 mm (1 sigma) na višini od 0,7 m do 2,7 m (URL 2).

Rast kitajske industrije geodetske opreme je v 21. stoletju izjemna. Proizvajalci sledijo svetovnim trendom in v množično proizvodnjo geodetskih instrumentov vgrajujejo tehnološko najsodobnejše merske senzorje. Zaradi nizke cene postajajo kitajski tahimetri vse zanimivejši za uporabnike širom sveta. Tako je na primer tovarna South izdelala prvi elektronski tahimeter leta 1995, na mednarodnem trgu se je pojavila leta 2002, do konca leta 2010 pa so izdelali že 100.000 teh instrumentov. Samo leta 2009 je s Southovih proizvodnih trakov na trg prišlo 25.000 tahimetrov, kar je daleč največ med vsemi svetovnimi proizvajalci te merske opreme (South, 2018). Takšni trendi so prisilili konkurenčne evropske in japonske proizvajalce, da pospešeno razvijajo nove rešitve in znižajo cene svojih tahimetrov, kar je imelo pozitivne učinke tudi na lastno proizvodnjo. Leica Geosystems je v obdobju od leta 2008 do leta 2013 izdelala 60.000 tahimetrov serije Flexline. Danes je evropski univerzalni tahimeter z video podporo z možnostjo skeniranja do 15 točk na sekundo in standardnim odstopanjem merjenja kotov 1" mogoče kupiti za 27.000 EUR.

6 ELEKTRONSKI TAHIMETER PETE GENERACIJE (2016–DANES)

Pojav instrumenta Trimble SX10 leta 2016 je vzbudil veliko zanimanja geodetskih strokovnjakov, saj instrument vsekakor pomeni začetek nove generacije tahimetrov. Model postavlja nove standarde v proizvodnji tahimetrov in kaže na nove smeri razvoja teh instrumentov. SX10 (slika 5) s svojimi revolucionarnimi tehničnimi rešitvami prinaša velik napredek sodobne tehnologije geodetskih instrumentov.

Največja razlika med tahimetrom SX10 in preostalimi tahimetri je v konstrukciji daljnogleda. Klasični daljnogled z objektivom in okularjem nadomešča premična merska glava, v kateri so tri videokamere, elektronski razdaljemer, vrteča prizma in senzor sistema samodejnega iskanja tarče. Slikovna komponenta instrumenta sloni na treh kalibriranih kamerah ločljivosti 5 Mp – pregledni, glavni in koaksialni-koli-

macijski kameri (angl. *coaxial tele-camera*). Pregledna in glavna kamera imata fiksno goriščno razdaljo. Kolimacijska kamera je koaksialna glede na os elektrooptičnega razdaljemera in ima spremenljivo goriščno razdaljo, izostritev slike pa je lahko samodejna ali ročna (Lachat, Landes, in Grussenmeyer, 2017). Kamere omogočajo skupno osem stopenj povečave slike. Šesta stopnja pomeni 84-kratno optično povečavo z možnostjo dodatne digitalne povečave na 7. in 8. stopnji. Klasično viziranje skozi daljnogled ni mogoče, zato se viziranje izvede s pomočjo digitalnega nitnega križa, ki je prikazan na sliki videokamere, prenesene na zaslon daljinske kontrolne enote. Instrument nima zaslona. Za grobo viziranje se uporabljata pregledna in glavna kamera, za fino viziranje pa uporabimo kolimacijsko kamero. Kamere so dodatno uporabne kot pri vseh tahimetrih s slikovno podporo, fotografije se uporabljajo za dokumentacijo terenskega dela, omogočajo izdelavo digitalnega zapisnika, podprta je izdelava georeferenciranih panoramskih posnetkov itn. Instrument ima tudi posebno kamero za centriranje (angl. *plummet camera*), tako imenovano video grezilo z natančnostjo 0,5 mm/1,55 m (Trimble) (Schrock, 2017).



Slika 5: Tahimeter Trimble SX10 (objavljeno z dovoljenjem © Trimble Geospatial Inc).

Druga pomembna razlika, ki loči SX10 od drugih tahimetrov, je integrirani pravi laserski skener. Pri klasičnih tahimetrih IASTS se mora pri skeniranju vrteti celoten daljnogled tahimetara, da se tako spremeni naklon vizurne osi. Zaradi relativno velike mase daljnogleda in omejene hitrosti direktnih pogonov pri tem ni mogoče doseči velikih hitrosti skeniranja (Wagner, 2017). V daljnogledu SX10 je za skeniranje uporabljeno vrteče poligonsko zrcalo, ki se vrti s stalno kotno hitrostjo okrog svoje vzdolžne osi in s tem odklanja laserski žarek v vertikalni smeri. Največja hitrost skeniranja znaša kar 26.600 točk na sekundo. Elektronsko merjenje dolžin pri skeniranju je zasnovano na impulzni metodi, največji doseg je 600 m. Grobo skeniranje celotne sfere ($360^\circ \times 300^\circ$) s kotnim rastrom 1 mrad (50 mm na oddaljenosti 50 m) traja 12 minut. V primerjavi s standardnimi laserskimi skenerji je hitrost SX10 veliko manjša, ima pa SX10 druge prednosti, kot je na primer manjši šum glede na oddaljenost objekta (1,5 mm do 2,5 mm za dolžine od 50 do 300 m) (Schrock, 2017). Klasično merjenje dolžin z reflektorjem je mogoče do oddaljenosti 5500 m z natančnostjo 1 mm; 1,5 ppm ($\sigma_{\text{ISO-EDM}}$), merjenje brez reflektorja pa je mogoče do oddaljenosti 800 m, natančnost je tu seveda slabša: 2 mm; 1,5 ppm ($\sigma_{\text{ISO-EDM}}$). Kotne vrednosti se določajo z absolutnim statičnim postopkom, natančnost je 1" ($\sigma_{\text{ISO-THEO Hz,V}}$). Doseg sistema za samodejno viziranje reflektorja je 800 m (Trimble Geospatial, 2018).

Obstajajo številne polemike, ali instrument Trimble SX10 sploh lahko uvrstimo med tahimetre. 'Moteča' sta integrirani laserski skener in dejstvo, da se video komponenta ne uporablja več samo kot dodatna funkcija tahimetra. Zaradi neklasičnega daljnogleda brez okularja so kamere nepogrešljive, brez njih je instrument neuporaben. Vseeno pa ima SX10 številne značilnosti tahimetra, kot so osnovna zgradba zgornjega in spodnjega sestava, daljnogled, ki se vrti okrog horizontalne osi, točkovni način merjenja, zagotavljanje klasičnih merskih vrednosti – polarnih koordinat v merskem prostoru, možnost zakoličbe in drugo. Vse to ga uvršča med tahimetre IASTS.

Instrument Trimble SX10 trenutno stane okrog 45.000 EUR. Cenovno se torej uvršča v skupino najboljših tahimetrov Leica Geosystems. Kako bo cena vplivala na prodajo in kako ga bo sprejela stroka, bo pokazala prihodnost. Vsekakor pa instrument kaže, v katero smer bo šel razvoj merske tehnologije.

7 SKLEP

Od prvega prototipa integriranega elektronskega tahimetra pred petdesetimi leti so ti instrumenti zaradi številnih tehnoloških inovacij nesluteno napredovali. Uporaba novih konstrukcijskih rešitev in sodobnih merskih senzorjev ni namenjena povečevanju natančnosti, ampak predvsem povečanju hitrosti meritev in funkcionalnosti instrumentov. Zaradi visoke stopnje avtomatizacije merskega procesa se je področje uporabe teh instrumentov občutno razširilo. Sodobni tahimetri so v kombinaciji s sistemi pozicioniranja GNSS, laserskega skeniranja in video tehnologije vse bliže končnemu cilju: univerzalnemu geodetskemu merskemu instrumentu.

V pričujočem prispevku so tahimetri razdeljeni v skupine. Opredeljenih je pet generacij glede na značilna merila: zmogljivost, vidik uporabe tehnoloških dosežkov in časovno obdobje. Vrednotenje tahimetrov z uporabo termina 'generacija' ohranja ključno stopnjevanje v smislu sodobnosti in uspešnosti teh instrumentov. Čeprav takšna razdelitev izhaja iz geneze razvoja elektronskih tahimetrov, jo je treba dojemati kot orientacijo (vodilo), kar se posebej nanaša na časovno komponento in se lahko uporablja le za ustvarjanje grobega vtisa o sosledju razvoja teh instrumentov. Nekateri tahimetri, ki so se pojavili v obdobju, značilnem za posamezno generacijo, imajo značilnosti tahimetrov predhodne generacije. V tem smislu ne velja pravilo, da je tahimeter neke generacije v vseh segmentih boljši od predstavnikov prejšnje generacije. Po drugi strani pa imajo nekateri tahimetri značilnosti in sposobnosti naslednje generacije. Stroge ločnice med generacijami ni mogoče določiti. Mogoče bi bilo treba opredeliti medgeneracijske instrumente, kot sta na primer tahimetra Leica Geosystems MS50 in MS60, ki bi ju lahko kompromisno uvrstili v razvojno generacijo 4,5.

Literatura in viri

- Benčić, D., Solarić, N. (2008). *Mjerni instrumenti i sustavi u geodeziji i geoinformatici*. Zagreb: Školska knjiga.
- Brooke, G. M. (1988). The use of encoded discs in the angle measurement systems of modern theodolites, *Australian Surveyor*, 34 (1), 27–32. DOI: <https://doi.org/10.1080/00050326.1988.10439001>
- Cheves, M. (1999). Geodimeter – The First Name in EDM. *Professional Surveyor Magazine*. <https://archives.profsurv.com/magazine/article.aspx?i=394>, pridobljeno 10. 12. 2018.
- Courbon, P. (2007). Topographie: un demi-siècle d'évolution technologique, partie 2/4. *Revue XYZ*, 111 (2), 31–42. <http://www.aftopo.org/download.php?matricule=411107>, pridobljeno 10. 12. 2018.
- Deumlich, F. (1982). *Surveying Instruments*. Berlin, New York: de Gruyter.
- Ehrhart, M., Lienhart, W. (2016). Accurate Measurements with Image-Assisted Total Stations and Their Prerequisites. *Journal of Surveying Engineering*, 143 (2), 04016024. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000208](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000208)
- Ferreira, R., Capnor, A., Ferbrita, V. S. (2011). State-of-the-art Total Stations. *GIM*

- International. <https://www.gim-international.com/content/article/state-of-the-art-total-stations>, pridobljeno 10. 12. 2018.
- Geotronics (1991). Geodimeter System 400. Danderyd: Geotronics AB.
- Gort, F. (1980). A Fully Integrated, Microprocessor-Controlled Total Station. *Hewlett-Packard Journal*, 31 (9), 3–12. <http://www.hpl.hp.com/hpjournal/pdfs/IssuePDFs/1980-09.pdf>, pridobljeno 10. 12. 2018.
- Grimm, D. E., Zogg, H.-M. (2013). Leica MS50 White Paper. https://w3.leica-geosystems.com/downloads/123/zz/tps/nova_ms50/white-tech-paper/Leica_Nova_MS50_TPA.pdf, pridobljeno 10. 12. 2018.
- Hollwey, J. R. (1983). Topcon GTS-2 (Geodetic Total Station). *Survey Review*, 27 (207), 43–44. DOI: <https://doi.org/10.1179/sre.1983.27.207.43>
- Kogoj, D., Bilban, G., Bogatin, S. (2004). Tehnične lastnosti tahimetrov Leica Geosystems. *Geodetski vestnik*, 48 (4), 508–518.
- Lachat, E., Landes, T., Grussenmeyer, P. (2017). Investigation of a Combined Surveying and Scanning Device: The Trimble SX10 Scanning Total Station. *Sensors*, 17 (4), 730. DOI: <https://doi.org/10.3390/s17040730>
- Leica Geosystems (2018). Total Stations. <https://leica-geosystems.com/products/total-stations>, pridobljeno 10. 12. 2018.
- Leitz, H. (1970). Two electronic tacheometers by Zeiss. *Survey Review*, 20 (156), 258–264. DOI: <https://doi.org/10.1179/sre.1970.20.156.258>
- Lemmens, M. (2016). Total Stations: the Surveyor's Workhorse. GIM International. <https://www.gim-international.com/content/article/total-stations-the-surveyor-s-workhorse>, pridobljeno 10. 12. 2018.
- Lemmon, T., Jung, R. (2005). Trimble S6 with Magdrive Servo Technology. https://www.neigps.com/wp-content/uploads/2016/02/022543-100_TrimbleS6_MagDrive_WP_1204_1r.pdf, pridobljeno 10. 12. 2018.
- Lemmon, T., Wetherbee, L. (2005). Trimble Integrated Surveying. https://www.neigps.com/wp-content/uploads/2016/02/022543-133_Integrated_Surveying_WP_0605.pdf, pridobljeno 10. 12. 2018.
- Pavia, J. V. R. (2006). The Evolution of the Data Collector. Point of Beginning. Dostupno na: <https://www.pobonline.com/articles/90406-the-evolution-of-the-data-collector>, pridobljeno 10. 12. 2018.
- POB – Point of Beginning (2000). Survey grade total stations. Point of Beginning, January 2000, 31–58.
- Rawlinson, C. (1976). Automatic angle measurement in the AGA 700 Geodimeter—principles and accuracies, *Survey Review*, 23 (180), 249–270. DOI: <https://doi.org/10.1179/sre.1976.23.180.249>
- Rüeger, J. M. (2006). 75 Years of Change in Survey Technology. *Survey Review*, 38 (300), 459–473. DOI: <https://doi.org/10.1179/sre.2006.38.300.459>
- Scherer, M., Lerma, J. L. (2009). From the conventional total station to the prospective image assisted photogrammetric scanning total station: Comprehensive review. *Journal of Surveying Engineering*, 135 (4), 173–178. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9453\(2009\)135:4\(173\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9453(2009)135:4(173))
- Schrock, G. (2017). Behind the Big Eye of the SX10: Trimble, Danderyd, Sweden. *xyHt Magazine*, July 2017, 16–23. <http://www.xyht.com/lidarimaging/behind-big-eye>, pridobljeno 10. 12. 2018.
- Smith, J. R. (1999). The History of Geodimeter. Danderyd: Spectra Precision AB.
- Solarić, N., Benčić, D., Barković, Đ., Zrinjski, M. (2007). Reading and Registering of Directions by Electronic Theodolites and Electronic Tacheometers Leica. *Kartografija i geoinformacije*, 6, 246–253.
- Solarić, N., Solarić, M., Barković, Đ., Zrinjski, M. (2011). Nova tehnološka dostignuća u konstrukcijama integriranih mjernih stanica. *Geodetski list*, 65 (88) (4), 311–322.
- South (2018). Total Station. <http://www.southinstrument.com/products/index2.asp?id=49>, pridobljeno 1. 9. 2018.
- Spectra Precision (1999). Geodimeter System 600 Pro. Darmstadt: Spectra Precision AB.
- Stempfhuber, W. (2009). Verification of the Trimble universal total station (UTS) performance for kinematic applications. V Grün/Kahmen (ur.), *Optical 3-D Measurement Techniques IX* (str. 211–221). Dunaj: FIG Commission 5 and 6, IAG Special Commission 4, ISPRS Commission 5.
- Stempfhuber, W., Wunderlich, T. (2004). Leica System 1200: Auf dem Weg zur Sensorsynchronisation von GPS und TPS für kinematische Messaufgaben. *AVN*, 111 (5), 175–184.
- Topcon (2018a). Sokkia Total Station. <https://www.topcon.co.jp/en/positioning/sokkia/products/product/ts/>, pridobljeno 10. 12. 2018.
- Topcon (2018b). Total Station Solutions. <https://www.topconpositioning.com/total-station-solutions>, pridobljeno 10. 12. 2018.
- Topcon (2018c). Topcon Museum. <https://www.topcon.co.jp/en/positioning/museum/>, pridobljeno 10. 12. 2018.
- Trimble Geospatial (2018). Total Stations. <https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/total-stations>, pridobljeno 10. 12. 2018.
- Tuno, N., Mulahusić, A., Kogoj, D. (2012). Od Reg Elta do Spatial Station: Štiri desetletja elektronskih tahimetrov Zeiss (Trimble). *Geodetski vestnik*, 56 (3), 415–426. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2012.03.415-426>
- Tuno, N., Mulahusić, A., Marjetič, A., Kogoj, D. (2010). Pregled razvoja elektronskih tahimetrov Leica Geosystems. *Geodetski vestnik*, 54 (4), 643–660. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2010.04.643-66>
- Valh, M. M., Marjetič, A., Ježovnik, V., Kogoj, D. (2008). Automatski elektronski tahimetri ali kam vodi razvoj TPS sistemov. *Geodetski vestnik*, 52 (3), 487–499.
- Wagner, A. (2017). New Geodetic Monitoring Approaches using Image Assisted Total Stations. Doktorska disertacija. München: Technische Universität München. <https://d-nb.info/1129874605/34>, pridobljeno 3. 10. 2018.
- Wagner, A., Wiedemann, W., Wsmeier, P., Wunderlich, T. (2016). Monitoring Concepts Using Image Assisted Total Stations. V R. Paar, A. Marenić, M. Zrinjski (ur.), *Proceedings of the International Symposium on Engineering Geodesy – SIG 2016* (str. 137–148). Zagreb: Croatian Geodetic Society.
- Zeiss (1975). Zeiss Vermessungs-Instrumente. Oberkochen: Carl Zeiss.
- URL 1: Monshausen, L. (2009). <https://www.flickr.com/photos/lomo56/3323403364>, pridobljeno 8. 1. 2019.
- URL 2: Leica Geosystems: https://leica-geosystems.com/about-us/news-room/news-overview/2018/10/2018_10_17_flexline-series; pridobljeno 8. 1. 2019.



Tuno N., Mulahusić A., Savšek S., Kogoj D. (2019). Pet generacij integriranih elektronskih tahimetrov. Geodetski vestnik, 63 (1), 41-56.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.01.41-56>

doc. dr. Nedim Tuno, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Sarajevu, Fakulteta za gradbeništvo
Patriotske lige 30, BIH-71000 Sarajevo, Bosna in Hercegovina
e-naslov: nedim_tuno@gf.unsa.ba

izr. prof. dr. Admir Mulahusić, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Sarajevu, Fakulteta za gradbeništvo
Patriotske lige 30, BIH-71000 Sarajevo, Bosna in Hercegovina
e-naslov: admir_mulahusic@gf.unsa

doc. dr. Simona Savšek, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: simona.savsek@fgg.uni-lj.si

izr. prof. dr. Dušan Kogoj, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: dusan.kogoj@fgg.uni-lj.si

MOŽNOST MERJENJA DINAMIČNEGA ODZIVA KONSTRUKCIJ Z NEKONTAKTNO GEODETSKO METODO

THE POSSIBILITY OF MEASURING THE DYNAMIC RESPONSE OF STRUCTURES USING NON-CONTACT GEODETIC METHOD

Boštjan Kovačič, Tomaž Motoh

UDK: 528.48:624.07
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 3. 8. 2018
Sprejeto: 6. 1. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.01.57-72
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 3. 8. 2018
Accepted: 6. 1. 2019

IZVLEČEK

Gradbene konstrukcije so podvržene različnim dejavnikom, katerih posledice je treba redno spremljati. To lahko izvedemo v obliki kontrolnih meritev ali opazovanj. Namen prispevka je prikazati uporabnost geodetskih nekontaktnih metod pri določanju dinamičnega odziva konstrukcij. Za simulacijo smo uporabili lamelo, na kateri smo z različnimi metodami spremljali dinamični odziv, poudarek pa je na sodobni geodetski metodi z uporabo robotskega elektronskega tahimera RTS (angl. Robotic Total Station). Za določitev dinamičnega odziva je podrobneje opisan algoritem za določanje srednje amplitude harmoničnega nihanja in metodi spektralne analize vzorčenih podatkov. Rezultati, dobljeni z metodo RTS, so pokazali visoko stopnjo zanesljivosti določitve dinamičnega odziva.

ABSTRACT

Building construction is the subject of various factors and their consequences must be regularly monitored; this can be carried out in the form of control measurements or monitoring. This article aims to show the usability of geodetic non-contact methods in defining the dynamic response of structures. The lamella on which various methods for monitoring the dynamic response was used for simulation; the emphasis is on a modern geodetic method using a Robotic Total Station (RTS). To determine the dynamic response, the algorithm for the determination of the harmonic oscillation's average amplitude and the methods of the spectral analysis of the sampled data is further described. The results obtained with the RTS method have shown a high level of reliability for the determination of dynamic response.

KLJUČNE BESEDE

geodezija, inženirska geodezija, gradbeništvo, dinamični odziv konstrukcij, robotski elektronski tahimeter

KEY WORDS

geodesy, engineering geodesy, civil engineering, dynamic response of the structure, robotic total station

1 INTRODUCTION

Information on actual response of a structure under loads is an important part of estimating the state and safety of structures in their exploitation period. When objects are exposed to dynamic traffic loads, it is necessary to know the objects' *behaviour* at cyclical errors. There are various methods for determining dynamic characteristics of objects; simultaneously with a development, there are more and more geodetic methods being used. Nowadays, geodetic instruments measure not only static or very slow displacements but also fast and, more importantly, dynamic ones. Determining actual deformations of building objects under the influence of dynamic loads has until recently been an unresolved problem from the point of geodesy. Systematic measurements of the displacements of more flexible building objects (bridges, high buildings) have begun to be carried out with the outbreak of advanced geodetic technologies and positioning systems, such as GNSS (Global Navigation Satellite System), which enabled to capture the sufficient number of measurements of a position in a certain time interval. The system works on the principle of connection with satellites, therefore, the condition to perform such measurements is to have an unobstructed view of the horizon and the presence of a sufficient number of satellites. The issues arise in narrow basins and ravines or in urban settlements where the visibility of the satellites during the whole duration of measurement is not likely to be granted. The accuracy to determine the position based on satellites observations depends especially on the geometrical layout of observed satellites and on the quality of performed observations. The quality of the performed observations, along with the quality of the receiver, depends also on the quality of the treatment of errors on the observations. The errors on the GNSS observations can be in general, considering their origin, divided onto errors with satellites, receiver or the media. Some mentioned errors are systematic, some of them not. In the procedure of the treatment of the observations, it is necessary to assess especially systematic errors of the GNSS observations. Systematic errors can be removed with the use of adequate mathematical models; they can be diminished or even removed with adequate combinations of observations or with adequately performed geodetic GNSS observations, including using Global Positioning System GPS (Kogoj, 2011).

Dynamic tests have recently become more and more widespread. They are regarded as the complete techniques for monitoring the bridging objects and they enable the global assessment of a structure (Palazzo, 2006). First studies and projects of determining displacements and deformations of structure objects with the assistance of geodetic measurements appeared in the 1990s (DeLoach, 1989). The first uses of GPS measurement systems to determine displacements and deformations of dams appeared toward the end of the 1980s (Rueger, 2006). Newer studies are directed towards the possibility to use geodetic measurement systems in the projects of dynamic monitoring of the objects. After the first projects of dynamic monitoring with the use of geodetic instruments, primary GPS, the studies have been directed towards the integration of sensors and operativity of the monitoring system. The experts have directed their work towards the integration of GPS and other sensors (accelerometers, pseudolites, etc.) to exploit the advantages and avoid the limits of individual systems. Researchers at the University of Tokyo in Japan and at the University of New South Wales in Australia have made a whole range of measurements on a 110 m high steel tower in Tokyo with a use of GPS technology, accelerometers and sensors with optical fibre and thus provided an answer on the response of a structure on earthquakes and hurricanes (Li, 2004a, 2004b, 2005, 2006). Researchers from the University of Nottingham in Great Britain have directed their research work into the integration of measuring devices GPS and accelerome-

ters at the monitoring projects of hanging bridges (Roberts, 1999, 2000, 2001, 2004; Meng, 2007). In association with researchers from the University of New South Wales in Australia, the research focused on methodology and integration of GPS measuring devices and pseudolites with the aim to improve the accuracy of positioning the height component, which is 2 to 3 times worse than horizontal in GPS measuring (Barnes, 2003, 2004, 2005).

In recent years, an alternative geodetic method with the use of robot total station or robot tachymeter (RTS) has been developed. A robot total station (RTS) is a new generation of geodetic instruments which automatically measure the length change, horizontal angle change and vertical angle change in motion. The method was successfully used in many measurements of semi-static (Koo, 2013) and dynamic displacements of size class of few centimetres (Psimoulis, 2012, 2013; Marendić, 2014a, 2016). Harder task for robot total stations is the measuring of dynamic parameters of short and stiffer objects. Higher natural frequencies, and lower amplitudes are characteristic for them. Current systematic experiments with RTS and built-in software have shown the capability of measuring the oscillation even up to 20 Hz (Marendić, 2014b) and an amplitude of a few millimetres. Despite that, only a few experiments with a recording frequency of 5–7 Hz have been carried out (Psimoulis, 2007). The deficiency of measuring equipment of mentioned methods with sensors (accelerometers, GNSS antennas) or special prisms (robot total station) is the need to install it on the observed structure.

In the works (Radovanovic, 2001; Kopačik, 2006; Stemfhuber, 2008) projects and results of studying the possible use of Robotic Total Station – RTS in monitoring the prism in motion are described. Authors primarily describe the deficiency of non-synchronicity of the functioning of the sensors for length and direction measuring instruments, which leads us to the systematic influence in determining the coordinates of the prism's position. In the works (Garget, 2005; Ceryova, 2006; Ehrhard, 2015), robotized total stations of different manufacturers to determine the prism's position which is moving on circular arcs are tested. In the work (Gikas, 2006), RTS at measuring the high-frequency displacements in a horizontal direction is tested. In the work (Coser, 2003), RTS at measuring the dynamic displacements of the bridge is tested; also, the possibilities and disadvantages of the use of RTS for this kind of measurements are provided. The biggest disadvantage of measuring instruments is a slow performance of measurements. In the work (Lekidis, 2005), the comparisons of dynamic parameters of the bridge, determined with GPS, RTS and accelerometers are introduced.

Among more interesting studies of the use of non-contact geodetic methods to measure the dynamic response of a structure in the last few decades next can be mentioned:

- Wilford Suspension Bridge (Great Britain), measured in 2002 (Coser, 2003).
- Rio Pelotas Bridge (Brazil), measured in 2006 (Palazzo, 2006).
- Gorgopotamos Bridge (Greece), measured in 2012 (Psimoulis, 2013).
- Sava River Bridge (Croatia), measured in 2016 (Marendić, 2016).

2 MATHEMATICAL PROBLEM

Many studies mentioned above have shown the adequacy of geodetic instruments in measuring dynamic displacement of structure, exposed to dynamic loads. Mentioned techniques are especially appropriate in oscillations with a frequency lower than 1 Hz and amplitude of up to 10 mm, which is characteristic

for bigger flexible structures such as bridges or high buildings. In stiffer structures with higher oscillation frequencies a noise appears while observing dynamic displacement with geodetic methods, which affects the accuracy of certain characteristic values of measurements. Measurements in the most of scientific and engineer fields are characterized by periodical signals; their periodicity is determined on a basis of a spectral analysis. The Fourier Transform is the most used technique for spectral analysis, which is also used for continuous and discrete signals. The main condition of the Fourier Transform is the condition of a constant time interval of measuring registration (registration of measurements in equal time intervals). In practice, we encounter the measuring data at processing geodetic measured data which are obtained at incorrect time intervals of measuring. The mentioned influence occurs at the carrying out of maximal permitted high-frequent measuring although the process of measuring is automated and has a foreseen constant data registration. Except that, there are often obtained data of incorrect time intervals when we analyse a whole range of data which are obtained with various methods and instruments (multi-sensors) and have various measuring frequencies (Shultz, 1999; Kircher, 2002). The key disadvantage of signals, obtained with geodetic methods such as RTS is that those signals are sampled unevenly. Incorrect images of a frequency spectre are thus returned by a spectral analysis with a method of fast Fourier Transform. Therefore, the main shortcoming of a Fourier Transform is non-compliance with time unevenness of sampling. It turns out this it is also a key reason to seek for a more appropriate method. Lomb-Scargle periodogram is a classic method for assessing frequency spectre and periodicity of evenly and unevenly sampled optional oscillations. The method is based on a principle of the smallest squares which connects data into sinusoids. In comparison to classic algorithms, first, the time lag τ which separates sinus and cosine forms of undulation is determined. The next equations describe time lag and an algorithm of periodogram (Press, 1988):

$$\tan 2\omega\tau = \frac{\sum_{j=1}^N \sin 2\omega\tau_j}{\sum_{j=1}^N \cos 2\omega\tau_j} \quad (1)$$

where ω means angular frequency, $P(\omega)$ refers to the function of the frequency.

$$P_x(\omega) = \frac{1}{2\sigma^2} \left(\frac{\left[\sum_{j=1}^N (X_j - \bar{X}) \cos \omega(t_j - \tau) \right]^2}{\sum_{j=1}^N \cos^2 \omega(t_j - \tau)} + \frac{\left[\sum_{j=1}^N (X_j - \bar{X}) \sin \omega(t_j - \tau) \right]^2}{\sum_{j=1}^N \sin^2 \omega(t_j - \tau)} \right), \quad (2)$$

where X_j is a value of displacement in time t_j for $j=1, 2, \dots, N$ and $\bar{X}$ is a average value of displacements.

Variance σ^2 is calculated by the equation:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (X_j - \bar{X})^2 \quad (3)$$

$P(\omega)$ is without dimensions and expresses only spectral power. It can be achieved with normalization for periodogram to show periodicity. Maximums which express the proxy of an amplitude appear at frequencies which minimize the sum of the squares of other values' fitting in a sinus oscillation of a time series. The level of importance p of each frequency is determined by equation (Psimoulis, 2012)

$$p = 1 - (1 - e^{-P(\omega)})^N \quad (4)$$

2.1 Algorithm to determine the average amplitude of oscillation

In those cases, the algorithm to determine the average amplitude of oscillation is used (Psimoulis, 2012). The algorithm works on a principle of filtering extreme values of oscillation. The algorithm as a filter is a function of oscillation frequency which eliminates errors because of the noise. The algorithm can be described in steps:

- Time series of changing coordinates (displacements in three directions) in a time interval of oscillation, as shown in Figure 1, present the main input data of the algorithm.

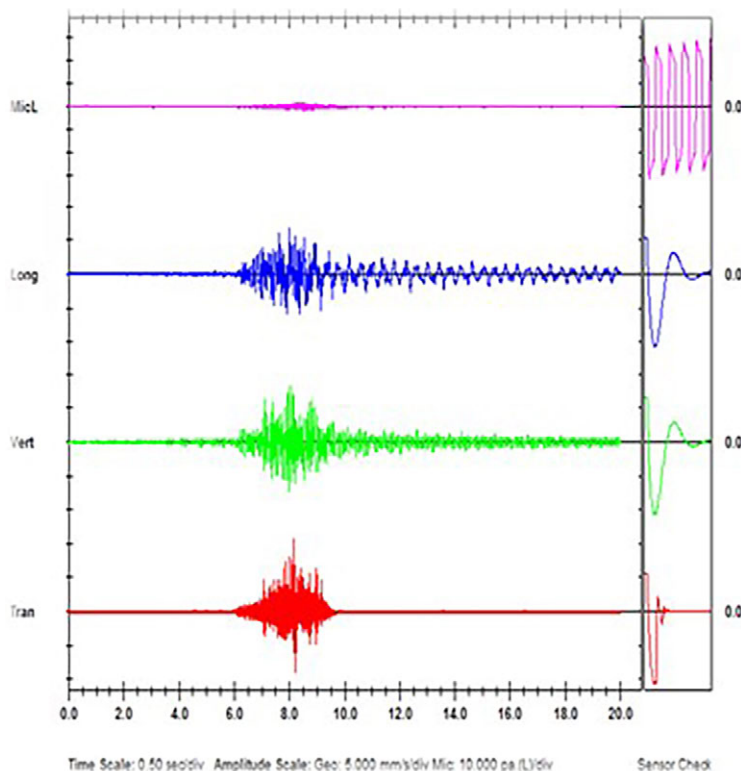


Figure 1: Measured displacements in three directions.

- In the case of availability of a sequence of intervals of no-motion, of oscillation and of no-motion, it is then checked whether the max amplitude of peaks in the time series of apparent displacements during the interval of oscillation exceeds those of no motion (i.e. reflecting noise). If not, the algorithm terminates (Psimoulis, 2012).
- The use of transmission of the extreme values filter for high-frequency components of an individual time series.
- Determine the spectral density of high-frequency component for each time series. The procedure is finished if there is no extreme in the oscillation interval which shows a dominant frequency f .
- Based on maximal dominant frequency f in oscillation interval, the parameter k_{RTS} is determined by the equation (5) as seen from Figure 2.

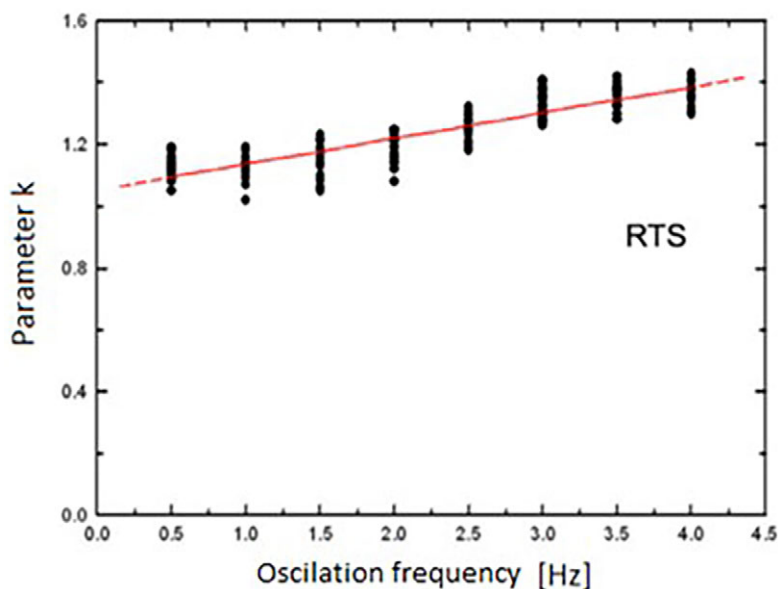


Figure 2: The dependence of the parameter k from the oscillation frequency (Psimoulis, 2012).

The data analysed derived from a large number of experiments based on a generator of linear oscillations which were recorded by both a dual frequency GPS receiver and a RTS (Psimoulis, 2012). The characteristics of each oscillation-experiment were predetermined, with the frequency ranging between of 0.5 and 4 Hz (limits imposed by the specifications of the oscillator used) with a step of 0.5 Hz and the amplitude between 5 and 30 mm with a step of 5 mm.; >150 experiments were made. The duration of each oscillation was approximately 60 s, corresponding to typical dynamic motions of engineering structures (for instance due to vehicles passing from a bridge or a seismic event. Recording by both instruments started and ended about 20 s before and after the oscillation, respectively. Hence each experiment lasted for about 100 s. The line in Figure 2 represents trend line of parameter k_{RTS} depending on oscillation frequency and is defined in equation 5.

$$k_{RTS} = 0.08f + 1.05 \quad (5)$$

- The middle oscillation amplitude is determined with the equation (6) based on the preliminary experiments, in which the parameter k is determined with the equation (5). It is necessary to introduce the parameter k into the procedure, since it turned out from the experimental cases, that there is a difference between the measured and actual shift with the GPS and RTS methods while increasing the frequency. Measured values of the shifts with the RTS method turn out to be lower than actual ones, therefore it is necessary to introduce a parameter k , based on which an appropriate filter is determined.
- Determining the adequacy of the filter affects the quality of obtained results, which optimally eliminates the extremes of lower amplitudes and enables for the average of the remaining extremes of higher amplitudes to converge to the real value of the oscillation amplitude. The deviation of the value of movements is proportional to the oscillation frequency. If the deviation is expressed with a

standard deviation, the amplitude A can be defined by the equation:

$$A = k\sigma, \quad k = k_{RTS}, k_{GPS}, k_{...} \quad (6)$$

Where σ is the spread in data and k a parameter to be defined from analysis of recordings of experiments of known characteristics (Psimoulis, 2012). This type of filter should be applicable to both GPS and RTS data, and the only difference should be the value of k (k_{GPS} , k_{RTS}), since the noise has a different effect on GPS and RTS data.

- The RTS data of time series are filtered with the use of the parameter above as a filter for the transmission of extreme values. Belonging standard deviations and average values of minimums and maximums $\hat{a}^+$ and $\hat{a}^-$ are calculated by equations 9:
- If the method of data acquisition provides the quality assessment of the oscillation amplitude, the algorithm converges to the right solution and is successfully ended.

Let's take for example the sinus oscillation with the amplitude $a = 2 \text{ cm}$, frequency $f = 5 \text{ Hz}$, phase angle $\delta = \pi/2$ and belonging circle frequency $\omega = 2\pi f$, as shown in Figure 3.

The equation of selected oscillation in explicit form is:

$$x(t) = 2 \sin(10\pi t + 0.5\pi) \quad (7)$$

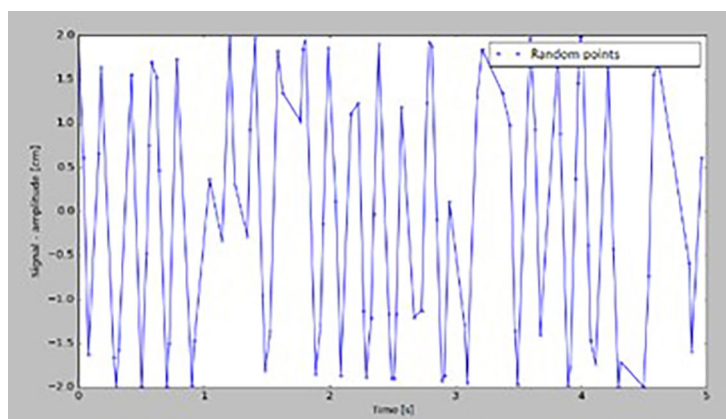


Figure 3: Simulated oscillation and display of uneven sampling rate, obtained by the program written in Python.

With the help of the built-in algorithm in Python, spectral analysis according to Lomb-Scargle method is performed. The effect of unevenness of sampling and frequency is shown in the form of noise on the graph of normalized Lomb-Scargle periodogram (left figure) and frequency (right figure) it can be seen from Figure 4.

The results of spectral analysis unambiguously show on harmonic oscillation with a frequency 5 Hz. Non-normalized Lomb-Scargle periodogram is used to know the frequency response. The diagram on the abscissa shows the frequency spectral power. It is necessary to normalize the periodogram to gain the amplitude data. In the case of non-normalized periodogram, the harmonic signal with the amplitude A in the frequency spectral density is treated as $A^2 N/4$ for a sufficient number of samples N , which is determined based on the oscillation's nature. To get normalized Lomb-Scargle periodogram, the unnor-

malised value has to be multiplied by 4 and divided by the number of samples before calculating the root (Long, 2014). That way the data about the amplitude A is gained and with that, the correctness of the expressed spectral power can be confirmed.

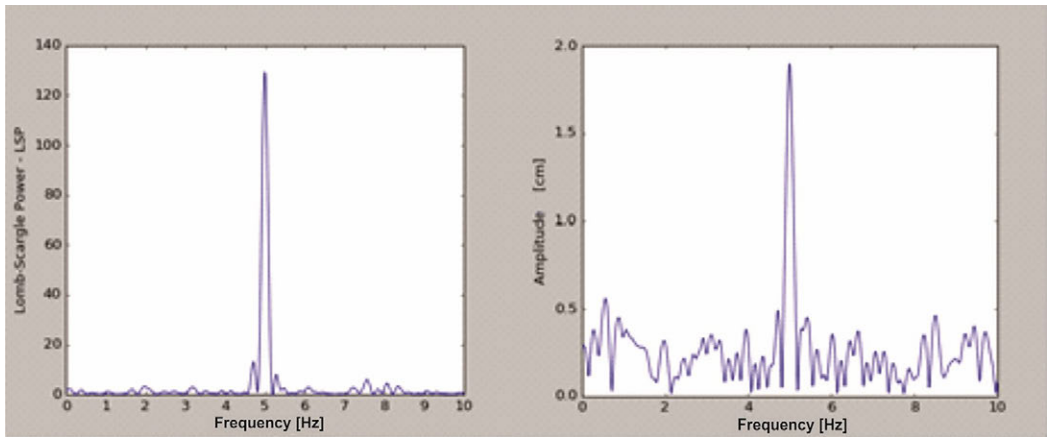


Figure 4: Lomb-Scargle periodogram (left), normalized Lomb-Scargle periodogram (right).

In this experiment, it can be seen what happens in the case if the sampling frequency is comparison with the original signal frequency is too low, as seen in Figure 5. In other words, to not fulfil the Nyquist condition of sampling. Figure 5 shows the result of spectral analysis at the too-low sampling frequency. In this case, we cannot talk about the dominant frequency nor the belonging amplitude.

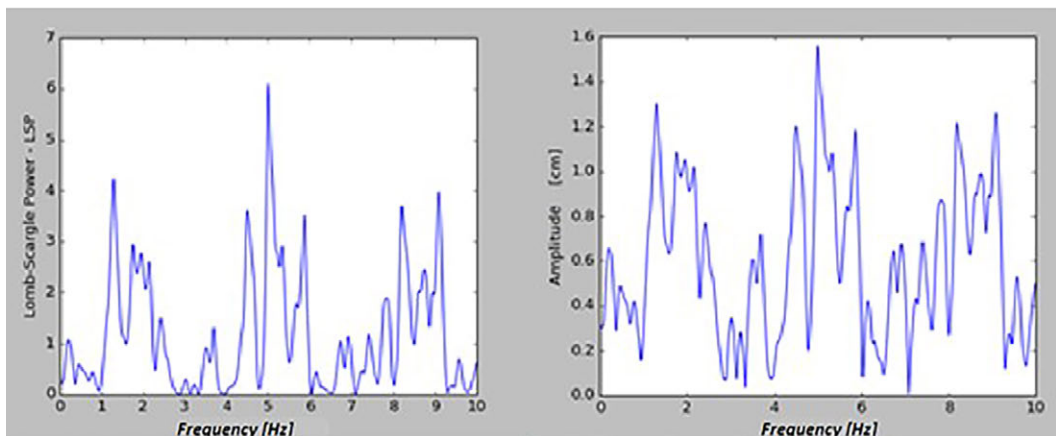


Figure 5: The example of spectral analysis of sampling with too-low frequency.

The computer algorithm can be optimized numerically as shown in Table 1. From the analysis above the response frequency data is obtained; it is key to determine the average amplitude with the help of the equation (9). From the oscillation input data, the standard deviation σ can be calculated by the equation:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_j - \bar{X})^2} \quad (8)$$

The parameter $\theta = a/10 = 2/10 = 0.2$ is determined. The θ parameter represents the number of steps in the process. In our case, we divided the process into 10 steps. If we increase this number we get several steps and consequently a higher accuracy of the final value. With the help of equations (9, 10 in 11) for each value $\lambda = 1, 2, \dots, 10$, we calculate the values of qualities $\varphi^{\pm}, \hat{a}^{\pm}$ in $\Delta\lambda^{\pm}$. The qualities are calculated numerically, and the result is provided in a table.

$$\hat{a}^{+} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N p_i^{+} \rightarrow a \quad \hat{a}^{-} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^N -p_j^{-} \rightarrow -a \quad (9)$$

where n is number of high peaks an m is number of low peaks. With the incorporation of the parameter $\theta > 0$, $\theta \approx a/10$, the filter of high amplitudes' values φ^{+} transmission is defined by the equation:

$$\varphi^{+} = \lambda \cdot \theta \cdot \sigma \quad (10)$$

With the use of a filter for the displacements values u_i considering $\lambda = 1$ the time series is shaped in the form of:

$$r_p = \{u_1^{+}, u_2^{+}, \dots, u_p^{+}\}, \quad \text{where } p \leq n \text{ in } u_i^{+} \geq \varphi^{+} = \lambda \cdot \theta \cdot \sigma,$$

Which contains positive extremes above a certain threshold. Following is the determination of Δ_i^{+} :

$$\Delta_i^{+} = \alpha - \frac{\sum_{i=1}^p |u_i^{+}|}{p} = a - \hat{a}_{\lambda}^{+}, \quad (11)$$

Which represents the difference between the average value of positive extremes, determined by the filter and known amplitude a . The procedure is repeated with raising the value $\lambda = 1.2$. The aim is to reach $\Delta_i^{+} \rightarrow 0$, when is $\lambda = \lambda^{*+}$. Consequently, the value of the parameter $k^{+} = \lambda^{*+} \theta$ is achieved, which enables certain determination of the value α^{*} of the average amplitude's recorded oscillation at frequency f .

Table 1: Solution of numerical procedure in determining the average oscillation amplitude of computer simulated oscillation

λ	$k^{\pm}$	$\varphi^{\pm} [cm]$	$\hat{a}^{\pm} [cm]$	$\Delta\lambda^{\pm} [cm]$	$\hat{a}^{\pm} [cm]$	$\Delta\lambda^{\pm} [cm]$
1	0.2	0.277	1.32	0.679	-1.40	-0.596
2	0.4	0.554	1.45	0.543	-1.50	-0.496
3	0.6	0.831	1.56	0.432	-1.64	-0.356
4	0.8	1.108	1.70	0.290	-1.70	-0.296
5	1	1.386	1.81	0.182	-1.83	-0.167
6	1.2	1.663	1.88	0.112	-1.88	-0.118
7	1.4	1.940	1.98	0.023	-1.97	-0.029
8	1.6	2.217				
9	1.8	2.494				
10	2	2.772				

As described, the aim is to fulfil the condition of deviation $\Delta\lambda^{\pm} \rightarrow 0$. From the table 1 the red-marked values are read. The procedure is finished with step $\lambda = 7$, because in this step we reached an amplitude of 2 cm, which we read from the graph in Figure 3. Belonging amplitudes from the case have value $\hat{a}^{+} = 1.98 cm$ and $\hat{a}^{-} = 1.97 cm$. Their average value is $\hat{a} = 1.975 cm$ and the influence against the actual

value only 0.0025 cm. The values of amplitudes are very similar in both directions because the influence ε and the influence of outside noise weren't considered in input data.

3 THE EXAMPLE OF DAMPED LAMELLA OSCILLATION

The aim is to measure the displacements of the structure which are the consequence of the imposed oscillation during a laboratory test. It's a typical example of damped Teflon lamella oscillation in the means of a console. It is referred to the damped oscillation when the oscillation energy is diminished because of resistance or friction with time. At real structure, that kind of oscillation is always dealt with. The structure which is evoked towards dynamic outside influence is resistant to oscillation and aims to equilibrium position because of the elasticity.

The equation of motion for the linear oscillation with damping for the discrete system is:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0 \quad (12)$$

The solution of Eq (11) is:

$$x(t) = x_0 e^{-\beta t} \cos(\omega'_0 t + \delta) \quad (13)$$

The natural frequency remains the same:

$$\omega'_0 = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \quad (14)$$

The test is being observed simultaneously with two independent contact methods. The basic method for the lamella observation is the RTS with Leica TS 50, the second is photometry with camera (120 photos/sec). The lamella with dimensions 600 x 100 x 2 mm was attached to a stiff stand on one side and a mini prism was set on the lamella from the other side (Figure 6). The starting deviation from the equilibrium position of the load is caused by the deviation from the equilibrium position. Because the number of records is written faster, only the change of vertical angle is measured, meanwhile, when the length is measured in the equilibrium position. With the calculation of the value of angles and the given length in displacements, the changing amplitude of damped oscillation is determined. Figure 6 shows the position of the camera, measuring tape, mini prism and the end of the lamella.



Figure 6: The setting of the prism and measuring tape at the end of the lamella (Source: own) .

The test has been done with three repetitions with the aim to gain the best sample of damped oscillation possible. For further analysis, the one, shown in Figure 7, is chosen. With the help of data about RTS position and the prism, the size of the vertical displacements is being calculated. The first deviation to the extreme position is somehow bigger, which explains the starting influence on the lamella. The most interesting is especially the starting part of the oscillation (0 s – 25 s), where the amplitudes are the highest and the ratio between the noise and the signal is sufficient.

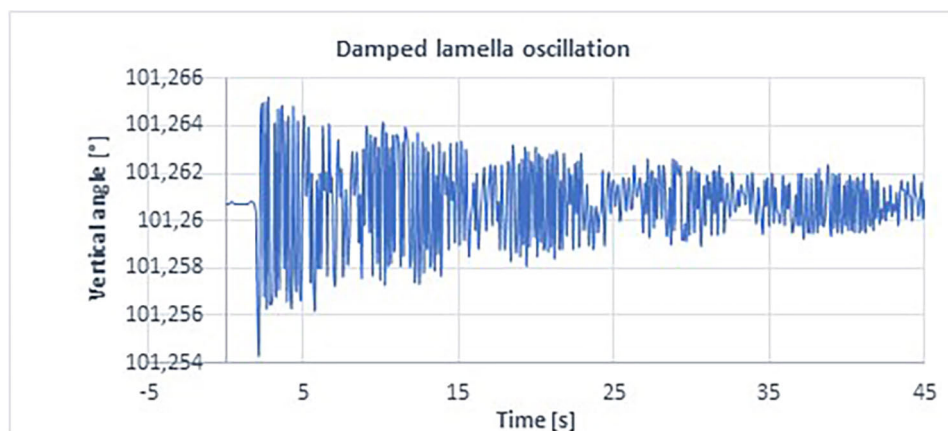


Figure 7: Damped lamella oscillation (the change of the vertical angle).

It is obvious that changes in the time of stagnation are very small. The amplitude can be determined from the data from the results of measured vertical angles (Figure 7) and knowing the distance between RTS and the prism. Considering that the distance to the prism is much bigger than the expected amplitude and that angle change is very small, the amplitude can be calculated with the help of triangles. If the angle φ is very small, it can be assured that triangles on Figure 8 are the right triangles and that $\text{tg } \varphi = \varphi$. The calculation is carried out numerically and the diagram of the amplitudes is made.

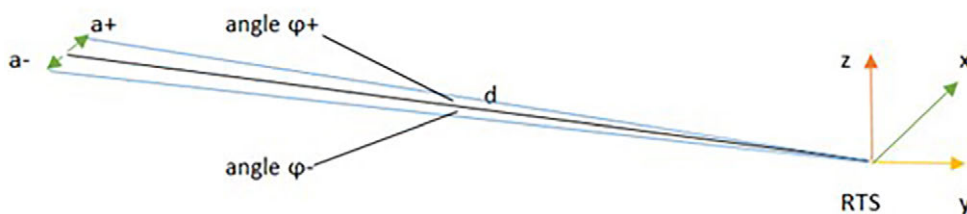


Figure 8: The sketch of assumptions for the calculation of the amplitude.

Where :

φ – angle

d – the distance between the prism and RTS (in case of experiment $d = 4.5\text{m}$)

a^+ , a^- – amplitude

φ^+ , φ^- – measured angle

According to the specifications of most producers, modern RTS permit an accuracy of $0.5''$ – $5''$ for angles and 2–10 mm for short-range robotic measurements. Analysis of various RTS using interferometry techniques revealed that for measurements up to 100–150 m, the accuracy of distance measurements is a fraction of an mm, while the accuracy in angles is relatively small for distances up to 10 m, but higher than the corresponding manufacturer specifications ($0.5''$ – $5''$) for distances >10 m (Martin, 2006). The combination of the noise of these measurements with the effect of the servo-mechanism, however, lead to much higher levels of noise for the observed polar coordinates (Cosser, 2003; Radovanović, 2001). On the other hand, because of the law of propagation of influences (Psimoulis, 2007), Cartesian coordinates computed from polar coordinates tend to be characterized by higher accuracies (or precision), usually between a fraction of an mm to 1–2 mm (Cook, 2006).

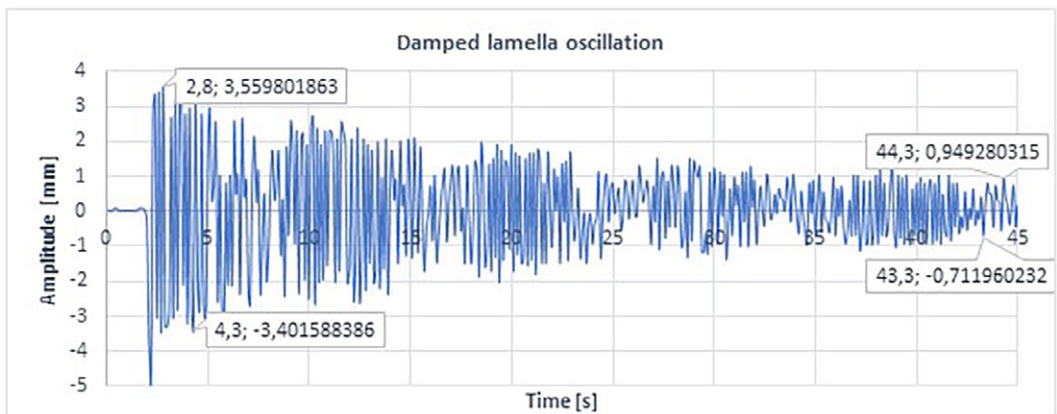


Figure 9: The amplitude of damped lamella oscillation.

The adequacy of the used method with the robot station can be compared with the photometry records. From the graph above the starting (maximal) deviations from the equilibrium position are read and compared to the results of the photometry, given in Table 2. From the record in slow motion three characteristic positions of the lamella are caught, as seen in Figure 10.

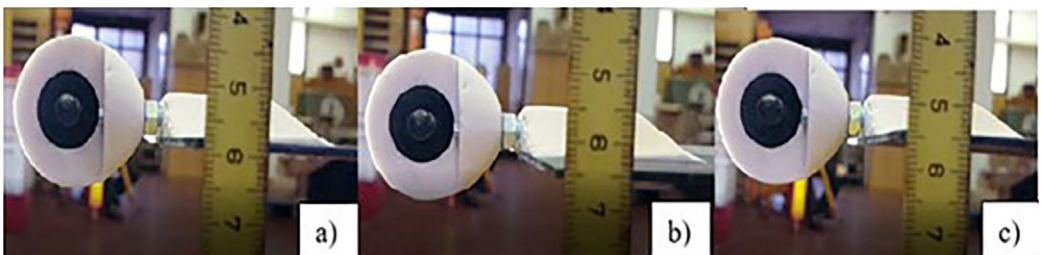


Figure 10: Three characteristic positions of the lamella: a) standing position, b) the first extreme position, c) the second extreme position (source: own).

Table 2: The comparison of calculated characteristic amplitudes' values

	Standing position	Extreme position below	Extreme position above
RTS	0 mm	-4.9 mm	3.5 mm
PHOTOMETRY	0 mm	5 mm	4 mm

In the next step, the function of the amplitude's changing over time and the intensity of damped system with the help of the damping factor for recorded data of damped oscillation can be determined. The amplitude of damped oscillation for the discrete system is in general written with the equation:

$$A(t) = A_0 e^{(-\beta t)}, \quad (15)$$

Where A_0 represents the starting deviation from the equilibrium position and β represents the damping constant. The boundary conditions from Figure 9 to determine the function for the present case are determined from the data, recorded with RTS, as shown in Table 3.

Table 3: Data to calculate the damping factor

	Time [s]	Amplitude [mm]	Damping factor β []
Side 1	2.8	3.56	0.0318
	44.3	0.95	
Side 2	4.3	-3.40	0.0402
	43.3	-0.71	

From the tabulated given data, the system of two equations with two x separately for the side 1 and 2 is set up. The solution of equation systems gives us the data about A_0 , which isn't interesting in this case and the data about damping factors β^* in β . Values of the damping factors should be equal but given the data, this is hard to achieve. The damping factor of the whole oscillation is expressed with the average value of both analytically determined and is $\beta = 0.036$. It is concluded, that differences of starting amplitudes among methods are relatively small and it is estimated that the RTS method is appropriate for observing the dynamic response of the size class of the amplitudes a few mm at the low level of the noise. On Figure 11 the mathematical function of the amplitude changes or the enveloping curve of the amplitudes of the addressed damped oscillation is also shown.

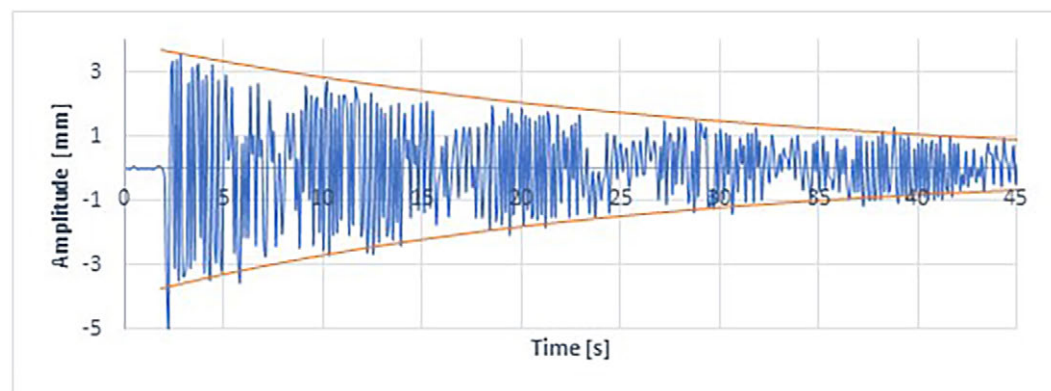


Figure 11: The function of the amplitude's change over time.

The same graph in Figure 11 shows the clipping effect of the RTS method assuming, that mathematical function presents the actual change of the amplitude. Despite that, the oscillation fits very good to the mathematical line of the amplitude's change.

4 CONCLUSION

The results of 11 experiments' studies and the experiment which was carried out on an actual structure, show the adequacy of used method RTS. In the test, the frequency spectral density from 1 Hz to 5 Hz and amplitudes from 0.1 mm to 5 mm was contained. At those ranges of frequencies and amplitudes, the geodetic methods proved out to be weaker. At performing the experiment in the laboratory, the RTS method proved to be an appropriate technique for recording damped oscillation with an amplitude less than a cm. This was shown with the comparison of the results, gained with the alternative method of photometry. The analysis of signals with the FFT and Lomb-Scargle methods proved as an amazing tool for presenting the oscillation frequency information. Although the FFT method doesn't consider the unevenness of the signal sampling, it turned out to be adequate for determining frequency spectre with an acceptable accuracy. The use of FFT method is possible because of quite even sampling of the RTS system. Higher accuracy is provided by the Lomb-Scargle method. The results of dynamic responses' measurements with RTS method show the progress of geodetic methods in identifying the structures' state in the sense of response on a dynamic load. There is still the problematics of sampling, which is a limit for geodetic methods in terms of accuracy and evenness in sampling. Geodetic methods cannot yet perform such big and evenly sampling as other physical methods in identifying dynamic characteristics of the structures.. For accurate analysis, it is necessary to incorporate alternative methods along with geodetic methods. In any case, non-contact geodetic methods are a fast, achievable and useful tool in construction, which enables the assessment of objects' dynamic characteristics while building and in periodical reviews of the state of building structures in their lifetime.

References:

- Barnes, J., Rizos, C., Wang, J., Meng, X., Dodson, A. H., Roberts, G. W. (2003). The monitoring of bridge movements using GPS and pseudolites. In The 11th International Symposium On Deformation Measurements, Santorini, Greece, 25–28 May (pp. 563–572).
- Barnes, J., Rizos, C., Kanli, M., Small, D., Voigt, G., Gambale, N., Lamance, J. (2004). Structural deformation monitoring using Locata. In The 1st FIG Int. Symposium on Engineering Surveys for Construction Works & Structural Engineering, Nottingham, U.K.
- Barnes, J., Rizos, C., Lee, H. K., Roberts, G. W., Meng, X., Cosser, E., Dodson, A. H. (2005). The integration of GPS and pseudolites for bridge monitoring. In F. Sanso (ed.), *A Window on the Future of Geodesy*. IAG Symposium, 128, Springer-Verlag, pp. 83–88. DOI: https://doi.org/10.1007/3-540-27432-4_15
- Ceryova, I., Kubanka, P., Kopačik, A., Kyrinović, P. (2006). Dynamic Tests of Robot Stations. In International Congress, Washington, D.C. USA.
- Cook D. (2006). Robotic total stations and remote data capture. Challenges in construction. *Geotechnical News*, 24, 42–5.
- Cosser, E., Roberts, G. W., Dodson, A. H., Meng, X. (2003). Bridge monitoring, Civil Engineering Surveyor, GIS/GPS Supplement.
- DeLoach, S.R. (1989). Continuous deformation monitoring with GPS. *Journal of Surveying Engineering*, 115 (1), 93–110. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9453\(1989\)115:1\(93\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9453(1989)115:1(93))
- Ehrhart, M., Lienhart, W. (2015). Development and evaluation of a long range image-based monitoring system for civil engineering structures. In *Proceeding SPIE*, 94370K–94370K–13. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2084221>
- Garget, D. (2005). Testing of Robotic total Stations for Dynamic tracking. Doctoral Dissertation. University of Southern Queensland, Faculty of Engineering and Surveying.
- Gikas, V., Daskalakis, S. (2006). Full scale validation of tracking total stations using a long stroke electrodynamic shaker. In The XXIII FIG congress shaping the change, Munich, October 8–13, 2006.
- Kircher, J. (2002). Evolutionary speed limits inferred from the fossil record. *Nature*, 415, 65–68. DOI: <https://doi.org/10.1038/415065a>
- Kogoj, D., Stopar, B. (2001). Geodetska izmera [Geodetic measurements]. Ljubljana: Slovenian Chamber of Engineers and University of Ljubljana, pp. 18–19.
- Koo, K. Y., Brownjohn, J. M. W., List, D. I., Cole, R. (2013). Structural health monitoring of the Tamar suspension bridge. *Structural Control and Health Monitoring*, 20 (4), 609–625. DOI: <https://doi.org/10.1002/stc.1481>
- Kopačik, A., Kyrinović, P., Kadlecikova, V. (2006). Laboratory tests of robot stations. In The Proceedings of FIG working week, Cairo, April 16–20, 2005.
- Lekidis, V., Tsakiri, M., Makra, K., Karakostas, C., Klimis, N., Souts, I. (2005). Evaluation of dynamic response and local soil effects of the Evripos cablestayed bridge using multi-sensor monitoring system. *Engineering Geology*, 79 (1–2), 43–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.10.015>
- Li, X. (2004a). Integration of GPS, accelerometers and optical fibre sensors for structural deformation monitoring, 17th Int. Tech. In The Meeting of the Satellite Division of the U.S. Institute of Navigation, Long Beach, California, (pp. 211–224).
- Li, X., Ge, L., Tamura, Y., Yoshida, A., Rizos, C., Peng, G.D. (2004b). Seismic response of a tower as measured by an integrated RTK-GPS system. In The 1st FIG International Symposium on Engineering Surveys for Construction Works & Structural Eng., Nottingham, U.K.
- Li, X., Peng, G. D., Rizos, C., Ge, L., Tamura, Y., Yoshida, A. (2003). Integration of GPS, accelerometers and optical fibre sensors for structural deformation monitoring. In The International Symposium on GPS/GNSS, Tokyo, Japan (pp. 617–624).
- Li, X., Rizos, C., Ge, L., Ambikairajah, E. (2005). 3D analysis of structural response monitored using integrated GPS and accelerometer system. In The International Symposium on GPS/GNSS, Hong Kong.
- Li, X., Rizos, C., Ge, L., Ambikairajah, E., Tamura, Y., Yoshida, A. (2006). Building monitors: The complementary characteristics of GPS and accelerometer for monitoring structural deformation. *Inside GNSS*, 1 (2), 48–55.
- Long, J. (2014). Recovering Signals from Unevenly Sampled Data. <http://josephlong.com/writing/recovering-signals-from-unevenly-sampled-data>.
- Marendić, A., Paar, R., Duvnjak, I., Buterin, A. (2014). Determination of Dynamic Displacements of the Roof of Sports Hall Arena Zagreb. *Geodetski list*, 13–20.
- Marendić, A. (2016). Monitoring of oscillations and frequency analysis of the railway bridge “Sava” using robotic total station. In The Proceedings of 3rd Joint International Symposium on Deformation Monitoring (JISDM) (pp. 1–8).
- Marendić, A., Kapović, Z., Paar, R. (2014). Mogućnosti geodetskih instrumenata u određivanju dinamičkih pomaka građevina [Using the geodetic instruments to determine dynamic response of structures]. *Geodetski list*, 1–13.
- Martin, D., Gatta, G. (2006). Calibration of total stations instruments at the ESRF. In the Proceedings of XXIII FIG congress shaping the change, Munich, October 8–13, 2006.
- Meng, X., Dodson, A.H., Roberts, G. W. (2007). Detecting bridge dynamics with GPS and triaxial accelerometers. *Engineering Structures*, 29 (11), 3178–3184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2007.03.012>
- Palazzo, D., Friedmann, R., Nadal, C., Filho, M. S., Veiga, L., Faggion, P. (2006). Dynamic Monitoring of Structures Using a Robotic Total Station. In The Proceedings of XXIII FIG Congress, Munich, October 8–13, 2006.
- Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., Flannery, B. P. (1988). *Numerical recipes: The art of scientific computing*. Cambridge University Press. DOI: <https://doi.org/10.2307/1269484>
- Psimoulis, P. A., Stiros, S. C. (2007). Measurement of deflections and of oscillation frequencies of engineering structures using Robotic Theodolites (RTS). *Engineering Structures*, 29 (12), 3312–3324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2007.09.006>
- Psimoulis, P. A., Stiros, S. C. (2012). A supervised learning computer-based algorithm to derive the amplitude of oscillations of structures using noisy GPS and Robotic Theodolites (RTS) records. *Computers and Structures*, 337–348. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2011.10.019>
- Psimoulis, P. A., Stiros, S. C. (2013). Measuring deflections of a short-span, railway bridge using a Robotic Total Station. *Journal of Bridge engineering*, 18 (2), 182–185. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)be.1943-5592.0000334](https://doi.org/10.1061/(asce)be.1943-5592.0000334)

- Radovanovic, R. S., Teskey, W. F. (2001). Dynamic monitoring of deforming structures: GPS versus robotic tacheometry systems. In The Proceedings of 10th FIG symposium on deformation measurements. Orange, California.
- Roberts, G. W., Dodson, A., Ashkenazi, V. (1999). Twist and deflect, monitoring motion of the Humber Bridge, GPS World, 24–28.
- Roberts, G. W., Meng, X., Dodson, A. H. (2001). The Use of kinematic GPS and triaxial accelerometers to monitor the deflections of large bridges In The 10th FIG International Symposium on Deformation Measurements, Orange, California (pp. 19–22).
- Roberts, G. W., Cosser, E., Meng, X., Dodson, A. H. (2004). Monitoring the deflections of suspension bridges using 100 Hz GPS receivers. In The 17th International Technical Meeting of the Satellite Division of the U.S. Institute of Navigation, Long Beach, California, September 21–24, 2004.
- Roberts, G. W., Dodson, A. H., Brown, C. J., Karuna, R., Evans, E. (2000). Monitoring the height deflections of the Humber Bridge by GPS, GLONASS and finite element modelling. In Schwarz (ed.), Geodesy beyond 2000. IAG Symposia, Vol. 121. Berlin: Springer-Verlag (pp. 355–360). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-59742-8_58
- Rüeger, J. M. (2006). Overview of geodetic deformation measurements of Dams. Australian National Committee on Large Dams, Annual Congress of the Australian National Committee on Large Dams (ANCOLD), Sydney, Australia.
- Schulz, M., Stattegger, K. (1999). Spectrum: spectral analysis of unevenly spaced paleoclimatic time series. Computer Geoscience, 23 (9), 929–945. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(97\)00087-3](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(97)00087-3)
- Stempfhuber, W. (2008). The Integration of Kinematic Measuring Sensors for Precision Farming. In The Proceedings of the 3rd International Symposium on Mobile Mapping Technology, Cairo.



Kovačič B., Motoh T. (2019). The possibility of measuring the dynamic response of structures using non-contact geodetic method. Geodetski vestnik, 63 (1), 57–72. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.01.57-72>

Assoc. Prof. Boštjan Kovačič, Ph.D.

University of Maribor, Faculty of Civil Engineering,
Transportation Engineering and Architecture
Smetanova 17, SI-2000 Maribor, Slovenia
e-mail: bostjan.kovacic@um.si

Tomaž Motoh, M.Sc. of Civil Eng.

Q Techna, Inštitut za zagotavljanje in kvaliteto kontrole
Cvetkova ulica 27, SI-1000 Ljubljana, Slovenia
e-mail: tomaz.motoh@gmail.com

TOČNOST GNSS-OPAZOVANJ MED INTENZIVNIM VREMENSKIM DOGAJANJEM V IONOSFERI IN TROPOSFERI ZA PRIMER BIH

GNSS IONOSPHERIC TEC AND POSITIONING ACCURACY DURING INTENSE SPACE AND TERRESTRIAL WEATHER EVENTS IN B&H

Randa Natraš, Dževad Krdžalić, Džana Horozović, Alma Tabaković, Medžida Mulić

UDK: 528.28:551.510.52/53(497.6)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 18. 7. 2018
Sprejeto: 17. 1. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.01.73-91
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 18. 7. 2018
Accepted: 17. 1. 2019

IZVLEČEK

Za doseganje visoke točnosti določevanja položaja z meritvami GNSS je treba zmanjšati vplive na signal GNSS. Na signal GNSS pomembno vpliva Zemljina atmosfera, pri čemer ločimo vpliv ionizirane atmosfere (vpliv ionosfere) in vpliv nevtralne atmosfere (vpliv troposfere). Med vplive Zemljine atmosfere na signal GNSS uvrščamo tudi vpliv močnih padavin in snega, ki je na anteni ali v njeni bližini. V prispevku analiziramo vpliv na signal GNSS zaradi razmer v ionosferi. Razmere v ionosferi so bile predstavljene s količino TEC (angl. total electron content). Vpliv ionosfere na točnost določitve koordinat postaje SRJV je bil ocenjen z naknadno obdelavo statičnih opazovanj GNSS s konceptom PPP in omrežnih rešitev z uporabo več vrst odprtokodnih in komercialnih programskih paketov. Študija obravnava razmere v marcu 2015, kamor spada tudi obdobje najmočnejše geomagnetne nevihte v 24. Sončevem ciklu in močno sneženje v začetku marca. 17. marca 2015 je vrednost TEC odstopala od običajnih vrednosti za več kot 20 TECU (angl. total electron content unit). Največja odstopanja v izračunanem položaju so bila ugotovljena v smeri višine in znašajo do 7 centimetrov. Pojavila so se ob snežnih padavinah, med katerimi je značilno spreminjanje temperature, tlaka in vlažnosti troposfere.

KLJUČNE BESEDE

GNSS-izmera, položajna točnost, ionosfera, TEC, troposfera, vremenske razmere, geomagnetna nevihta

ABSTRACT

To achieve the high accuracy in GNSS positioning the various atmospheric effects on signals need to be mitigated, such as the effects of the ionized atmosphere (ionosphere) and the neutral atmosphere (troposphere). Additional signal scattering can occur from heavy precipitation and snow accumulation on the antenna and on its surroundings. In this study, irregularities in the ionosphere induced by space weather and the meteorological conditions in the troposphere during heavy snowfall were analyzed with their effects on GNSS positioning accuracy. The state of the ionosphere was characterized by TEC (total electron content). Post-processing static PPP and network solutions were performed in various open-source and commercial software. The study period was March 2015, a month of the strongest geomagnetic storm of solar cycle 24 (March 17) and intense snowfall (beginning of the month). During geomagnetic storm ionospheric TEC deviated for more than 50% around the local noon and to even 150% in the evening with respect to the monthly median. Ionosphere-free combination in applied positioning techniques successfully eliminated most of the ionospheric terms. However, the highest deviation in Up component (to 7 cm) was observed during heavy snowfall and sudden changes in temperature, atmospheric pressure and humidity in the troposphere.

KEY WORDS

GNSS positioning, positional accuracy, ionosphere, total electron content (TEC), troposphere, weather condition, geomagnetic storm

1 INTRODUCTION

There are several sources of errors that may degrade the accuracy of positioning using Global Navigation Satellite Systems (GNSS). The major error component is due to GNSS signals' delays, which occur when signals propagate through Earth's atmosphere. Two atmospheric layers affect the signal propagation the most: the ionosphere (upper, the ionised atmosphere) and the troposphere (lower, the neutral atmosphere). During intense space weather conditions, variability in the ionosphere can drastically increase in time and space. On the other hand, during active terrestrial weather conditions, tropospheric refraction of GNSS signal can significantly impact positioning accuracy. These sudden intense variabilities in the atmosphere are often difficult to model and to minimise in positioning solutions properly. Consequently, major degradation of the positioning accuracy can occur under those conditions.

Ionosphere is the ionised region of the upper atmosphere, which contains free electrons and ions produced by solar radiation (Richmond, 2007). The height of this region is from about 50 km up to 1,000 km or more from Earth's surface. Within the ionosphere, several different regions can be distinguished: the D layer (between about 50 km and 90 km above the Earth), E layer (between about 90 km and 150 km), and F layer (above 150 km) which splits into F1 and F2 layers (Richmond, 2007). The electron density is the highest in the upper F layer, while during the night the D layer disappears and the E layer becomes weaker. Free electrons in the ionosphere are able to affect microwave signal's propagation and induce signal's delay or advance. Especially vulnerable are single-frequency GNSS users. Using GNSS receivers with more frequencies, ionospheric effects can be measured or corrected (Hofmann-Wellenhof et al., 2001). To study ionisation up to the highest ionospheric layers Total Electron Content (TEC), derived from dual-frequency GNSS observations, is suitable. TEC is proportional to the relative ionospheric GNSS signal's propagation delay. It represents the total amount of free electrons included in a cylinder with a cross-section area of 1 m^2 aligned along the signals' path from satellite to receiver, measured in TEC units (TECU), where $1 \text{ TECU} = 10^{16} \text{ electrons/m}^2$.

The ionospheric delay of the GNSS signal is dependable on several factors, where processes between the Sun and the Earth have a major role, known as space weather. Space weather can be defined as conditions on the Sun and in the solar wind, magnetosphere, ionosphere and thermosphere that can influence the performance and reliability of space-borne and ground-based technological systems (U.S. National Space Weather Strategy, 2015). The level of solar activity is usually presented by the solar radio flux of Sun's emission at the 10.7cm wavelength (F10.7) (Covington, 1969). Energy from the Sun to the Earth is transferred in the form of outflowing, ionised gas or plasma of the solar upper atmosphere, known as the solar wind (Luhmann and Solomon, 2007). The solar wind's magnetic field interacts with the Earth's magnetic field, which can induce an increased energy into the magnetosphere. Resulting temporary disturbances in Earth's magnetosphere, known as geomagnetic storms, can be grouped into weak, moderate and great (Sugiura and Chapman, 1960). Geomagnetic activity is usually presented by Kp index (Chapman and Bartels, 1962), indicating the level of disturbance in a given 3-hour interval of UT. Magnetic variations due to globally symmetrical equatorial electrojet (the "ring current") can be described by Dst (disturbance storm time) index (Sugiura, 1964), derived from a network of near-equatorial geomagnetic observatories. Some geomagnetic storms, especially the largest ones, consist of three phases: the initial phase, the main phase and the recovery phase (return to normal conditions) (Gonzalez et al., 1994).

Severe space weather can significantly degrade the performance of GNSS receivers, especially precise techniques, such as PPP (Precise Point Positioning) and Network-RTK (Real Time Kinematic) (Fugro, 2014). For high precision of GNSS positioning, ionospheric terms need to be estimated and reduced from GNSS measurements (Gao and Liu, 2002). It is possible to reduce ionospheric delay using at least two different signal frequencies and forming the ionosphere-free linear combinations (L3), commonly used in precise positioning applications (Hofmann-Wellenhof et al., 2001). PPP technique can provide accuracy of few cm- to dm- level position solutions and even less than 1 cm-level in the static mode when using post-processed 24h observations (Láinez Samper et al., 2011) in ideal conditions. However, the higher order ionospheric (HOI) terms remain, which mainly depend on the level of solar activity, geomagnetic and ionospheric conditions (Hoque and Jakowski, 2008). They can reach several tens of centimetres during extreme space weather conditions, especially at low elevation angles (Klobuchar, 1996). TEC maps derived from GNSS observations may provide information for single frequency GNSS users to mitigate first-order ionospheric delay.

On the other hand, tropospheric delay mainly depends on the atmospheric pressure, temperature and relative humidity (water vapour pressure) in the neutral atmosphere (Xu, 2007). Thus, the tropospheric delay of the GNSS signal can be modelled using meteorological parameters. Saastamoinen (Saastamoinen, 1992) and Hopfield (Hopfield, 1972) models are more precise models and are commonly used in scientific applications and software. Beside the model, it is very important to choose the right mapping function for tropospheric modelling. Most common mapping function in software packages is Niell mapping function (NMF). GMF (Global Mapping Function) and VMF (Vienna Mapping Functions) are other popular and often used mapping functions.

In addition, positioning errors can be induced by signal scattering from heavy precipitation such as rain and snow. It can induce variations at the centimetre level in an estimate of the vertical and horizontal coordinate of the site position (Solheim et al. 1999). More serious effect of heavy snow precipitation is the accumulation of snow on the top of the antenna and on its surroundings, which amplify signal scattering with reported variations on the order of 0.4 m in estimates of the vertical coordinate (Webb et al. 1995).

The strongest geomagnetic storm of the solar cycle 24 occurred in 2015 on March 17, known as St. Patrick's Day. Previous studies reported strong ionospheric irregularities on March 17 and early on March 18, with a positive ionospheric storm in the main phase and negative storm in the recovery phase in mid-latitude regions (Astafyeva et. al., 2015; Nava et al., 2016). Strong GNSS disturbances measured by the rate-of-TEC index (ROTI) were observed at all latitudes in Norway for March 17 and early on March 18 (Jacobsen and Andalsvik, 2016). Positioning errors increased rapidly with the increase of ROTI, while PPP provided more accurate results than RTK. Errors by kinematic PPP for stations, located from 50 N to 70 N, reached from tens of millimetres (in middle latitude) to several tens of meters (in high latitude) during March 17 (Shagimuratov et al., 2017).

In previous studies of the ionosphere TEC variability in Bosnia and Herzegovina (B&H) irregular TEC variations during space weather and seismic activity were examined (Mulic and Natras, 2018) and extended to the Western Balkans region by studying ionospheric variability and artificial coordinate variations of the EPN stations during high solar activity and strong solar flares' occurrence (Natras et al., 2019).

Objectives of the present paper were to study TEC variability and GNSS positioning accuracy of European Permanent Network (EPN) station SRJV, located in Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, during various conditions in space weather and terrestrial weather utilizing different open-source and commercial scientific software. The study period is selected to be March 2015. The focus of the analysis was an intensive snowfall which started on 5th March and continued for several days in a row and the strongest geomagnetic storm in the solar cycle 24 (St. Patrick's Day storm), which occurred early in the morning by UT (universal time) on March 17. Conditions in space weather were characterised from Sun (the source of its origin) through the near-earth environment to Earth's magnetic field with different indices from worldwide observatories. Space weather effects on ionospheric GNSS-derived TEC were studied as well as artificial coordinate variations of the permanent station in the mid-latitude region by applying post-processing static PPP and network solution. Deviations in GNSS coordinate estimation were investigated comparing to EUREF weekly combined solutions in March 2015. This paper provides analyses of positioning accuracy in the mid-latitude utilizing different software and taking into account various conditions in space weather, in the ionosphere and terrestrial weather (meteorological conditions).

2 DATA AND METHODOLOGY

Different data have been applied in this paper to describe and analyze space weather conditions, ionospheric variability, meteorological conditions and artificial variations of positioning estimates.

Near-Earth solar wind magnetic field and plasma parameter data from several spacecraft in geocentric or L1 (Lagrange point) orbits, were found at OMNIWeb interface of Goddard Space flight center, Space Physics Data Facility of NASA: <https://omniweb.gsfc.nasa.gov/> and https://omniweb.gsfc.nasa.gov/ow_min.html. Geomagnetic activity indices Kp (3-hr) were obtained from the German Research Centre for Geosciences at <ftp://ftp.gfz-potsdam.de/pub/home/obs/kp-ap/wdc/> and NOAA / NWS Space Weather Prediction Center: <ftp://ftp.swpc.noaa.gov/pub/warehouse/>. Hourly Dst indices were computed at the World Data Center for Geomagnetism, operated by the Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism at Kyoto University, Japan: <http://swdcwww.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstae/index.html>. List of the international most disturbed and quietest days was found on the webpage of the World Data Center for Geomagnetism, Kyoto: <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp>. Collected data have been averaged hourly.

Ground-based GNSS observations of SRJV station (GPS+GLONASS) were applied in two directions: 1) estimation and calibration of vertical total electron content (VTEC) in the ionosphere, 2) coordinate estimation of SRJV station by precise point positioning (PPP) and network positioning solution. Data of SRJV station were downloaded from the FTP server of EUREF Permanent GNSS Network <ftp://igs.bkg.bund.de/EUREF/>.

The ionosphere was approximated with the single-layer model (SLM) (Schaer, 1999). The ionospheric mapping function SLM is associated to 2D distribution of electron density at a given effective height, where the electron density peak is assumed. Investigations of the optimal ionospheric shell height (Mannucci et al. 1998; Birch et al. 2002, Nava et al. 2007, Jiang et al. 2018) proposed different optimal values, where a height is typically between 300 and 500 km. The height of the ionospheric electron density peak

is primarily variable w.r.t. geomagnetic latitude and solar activity. This indicates the connection of the optimal shell height with ionospheric physics. In the present study it is assumed that all free electrons are concentrated in a single ionospheric shell of infinitesimal thickness at a mean height of 400 km above the Earth's surface. Estimation and calibration of TEC values were performed in a programme provided by Dr. Luigi Ciraolo and by applying Ciraolo methodology (Ciraolo et al., 2007). Carrier phase GNSS measurements of GPS and GLONASS satellite systems were used. Biases were estimated and reduced from the measurements. Slant TEC was mapped to the vertical TEC (VTEC). Sampling time rate for TEC estimation was 300 sec.

Final products of global ionospheric maps (GIMs) were obtained from CODE (Centre for Orbit Determination in Europe) in IONEX (IONosphere map EXchange) format: <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/products/ionex/>. They are generated on a daily basis using data from about 300 GNSS sites of the IGS and other institutions. Modelling of the VTEC is performed in a solar-geomagnetic reference frame applying spherical harmonics expansion up to degree and order 15. Temporal resolution is 1-h and a spatial resolution of $2.5^\circ \times 5^\circ$ in latitude and longitude respectively. Differences between GIMs might reach several TEC units or more in some locations (Hernández-Pajares et al., 2009; Feltens et al., 2011). Thus, it is important to pay attention when using GIMs as absolute TEC values. In this study, VTEC from GIM was used only to compare with the VTEC values derived from GNSS SRJV data in order to validate the obtained results.

GNSS data were processed with different software. In network solution, GAMIT/GLOBK v10.61 and Bernese v5.2 were used, while in PPP two more software were added: gLAB v5.0.0 and Wasoft waPPP. Data from fourteen European stations were selected for the network (double difference) solution (Table 1). Eight stations belong to the International GNSS Service (IGS) (BUCU, GRAZ, MATE, MEDI, ORID, PADO, PENC, SOFI) and six stations are part of the EUREF Permanent Network (EPN) (DUB2, POZE, ZADA, GSR1, OROS, SRJV). All stations provide data from both GPS and its Russian counterpart GLONASS. GAMIT/GLOBK software package processed only GPS measurements, while other software used data from GPS and GLONASS. Data were processed in the IGB08 reference frame and an elevation mask of 10 degrees was applied.

As input files RINEX (v. 2.11) observation files for the GNSS ground stations from EPN (<ftp://igs.bkg.bund.de/EUREF/>) and IGS (<ftp://ftp.aiub.unibe.ch/CODE>) were used, as well as data provided by CODE (<ftp://ftp.aiub.unibe.ch/BSWUSER52/GEN>) such as final GNSS orbits, Earth rotation parameter files, global ionosphere maps, DCB file (monthly P1-C1 DCB solution). General input files for processing in Bernese were accessed on the AIUB (Astronomical Institute of University of Bern) official web page (<ftp://ftp.unibe.ch/aiub/BSWUSER52/GEN/>). For analysis of the coordinate estimation accuracy, output results were compared to weekly combined EPN position solutions for station SRJV in March 2015, provided from EPN Local Analysis Centres at <ftp://epncb.oma.be/pub/product/combin/>.

In coordinate computation with the GAMIT /GLOBK software package, automatic processing was performed using the GAMIT program, while time series of coordinates were obtained by GLOBK program. Automatic processing in GAMIT refers to the automatic introduction of programs with different functions in order to obtain coordinate estimates. After the input data were prepared for processing,

reference orbits and rotation values for satellites were generated. *Grdtab* program allowed interpolation of temporally and spatially specific values of atmospheric and loading models. Residual observations were calculated from geometric models. Irregularities or interruptions in data were revealed in *autchn* program, where wide-lane ambiguities are assigned and resolved using pseudo-ranges. Analysis and coordinate estimation were performed using the least square method.

Table 1: List of the European permanent GNSS stations used in the network solution.

Station name	Location	Receiver Type	Antenna Type
BCUC 11401M001	Bucuresti, Romania	LEICA GRX1200GGPRO	LEIAT504GG + LEIS
GRAZ 11001M002	Graz, Austria	LEICA GRX1200+GNSS	LEIAR25.R3 + LEIT
MATE 12734M008	Matera, Italy	LEICA GRX1200GGPRO	LEIAT504GG + NONE
MEDI 12711M003	Medicina, Italy	TRIMBLE 4000SSI	TRM29659.00 + NONE
ORID 15601M001	Ohrid, Macedonia	LEICA GRX1200GGPRO	LEIAT504GG + LEIS
PADO 12750S001	Padova, Italy	LEICA GR10	LEIAR25.R4 + NONE
PENC 11206M006	Penc, Hungary	LEICA GRX1200GGPRO	LEIAT504GG + LEIS
SOFI 11101M002	Sofia, Bulgaria	LEICA GRX1200GGPRO	LEIAR25.R3 + LEIT
DUB2 11901M002	Dubrovnik, Croatia	TRIMBLE NETR5	TRM55971.00 TZGD
POZE 11908M001	Pozega, Croatia	TRIMBLE NETR5	TRM55971.00 TZGD
ZADA 11905M001	Zadar, Croatia	TRIMBLE NETR5	TRM55971.00 TZGD
GSR1 14501M001	Ljubljana, Slovenia	LEICA GRX1200GGPRO	LEIAT504GG + LEIS
OROS 11207M001	Oroshaza, Hungary	LEICA GRX1200+GNSS	LEIAR25.R3 + LEIT
SRJV 11801S001	Sarajevo, B&H	TRIMBLE NETR5	TRM57971.00 NONE

In precise point positioning solution using Bernese software v.5.2 project station, specific files were created through the software, such as coordinate file (CRD), velocity file (VEL), station information file (STA), abbreviation file (ABB) and atmospheric tidal loading corrections file (ATL). The ocean tidal loading corrections file (BLQ) was generated using the external free ocean tide loading provider developed by the Onsala Space Observatory at the Chalmers University of Technology, Sweden (<http://holt.oso.chalmers.se/loading/>). The strategy of ionosphere-free linear combination (L3) was applied in data processing. In network solution using Bernese software, single-difference files were created and cycle slips detected and repaired. Unreasonable observations were removed and a first real-valued ambiguity solution was computed. In the further processing step, ambiguities were, depending on the baseline length, resolved to their integer numbers and applied to the GPS and GLONASS observations with proper ambiguity solutions. For baselines shorter than 200 km and longer than 20 km, phase-based wide-lane (L5) ambiguities were resolved, stored and introduced in the narrow-lane (L3) ambiguity resolution. The remaining real-valued ambiguities for baselines shorter than 2000 km were resolved by using a Quasi-Ionosphere-Free (QIF) ambiguity solution. All formed baselines were shorter than 2000 km. In this step, the linear combination is set to L1&L2. In order to absorb the impact of the ionosphere, stochastic ionospheric parameters were estimated. For each station, a final network solution with resolved ambiguities was performed and the corresponding output files were created.

In all used software the strategy of ionosphere-free linear combination (L3) is applied in data processing to reduce impact of the ionosphere on determination of the EPN station's position. Applied troposphere

models and mapping functions are described in the following section. During data processing in gLAB software package, tropospheric correction model was set to gLAB default simple nominal model, which uses elevation angle of the satellite to determine tropospheric delay. Niell mapping function (NMF) is used, which does not require any meteorological data as an input, since there are no meteorological data measured on the SRJV station. In Wasoft WaPPP software tropospheric zenith delays and tropospheric horizontal gradients are estimated during data processing. In GAMIT software Saastamoinen model (Saastamoinen, 1992) was used for dry and wet part of the zenith delay, together with GMF (Global Mapping Function) (Böhm et al., 2006) for both part of zenith delays individually. In Bernese v.5.2 software the Global Pressure Temperature model (GPT) (Böhm et al., 2007) is used for the selected DRY_GMF function, as basis for the troposphere model to estimate troposphere parameters. Mapping function used for the estimation of the partial derivatives of the troposphere zenith path delay parameters is "WET_GMF" in combination with "DRY_GMF" for the a priori troposphere model in the option of Zenith Path Delay (ZPD) model and mapping function (Böhm et al., 2007). Choosing a horizontal gradient parameters estimation model enables the estimation of additional tropospheric parameters to model azimuthal asymmetries. North and east components are set up in addition to the zenith component. In this study the CHENHER model (Chen and Herring, 1997) is selected for horizontal gradient parameters estimation.

Data about precipitation and snow cover on the meteorological station Sarajevo, located on Bjelave near EPN station SRJV (Department of Geodesy), are provided by the Federal Hydro-meteorological Institute in Sarajevo. Graphics containing data about temperature, pressure and relative humidity for the area of Sarajevo were obtained from the Weather Online website (<https://www.weatheronline.co.uk/>).

3 RESULTS

3.1 Space weather analysis

Space weather conditions in March 2015 were described by indices of solar activity, solar wind and geomagnetic activities, such as solar radio flux F10.7 cm, Vsw (solar wind velocity), Dst (disturbance storm time index) and Kp (global geomagnetic storm index) (Figure 1). At the beginning of the month, the geomagnetic field was under the influence of the high-speed stream, which produced active to minor storming conditions (Kp=5). During the following days unsettled to sporadically active geomagnetic conditions were observed, influenced by a high-speed stream until March 09. However, the most significant event on Sun's surface took place early on March 15 with long duration of the relatively modest flare C9.1. Resulting halo coronal mass ejection (CME), caused a jump of solar wind speed from 400 km/s to a maximum of nearly 700 km/s, which hit the Earth's magnetic field on March 17 around 04:30 UT. This resulted in a severe geomagnetic storm (Kp=8), which lasted most of the second half of March 17. Dst index reached -228nT, which represented the main phase of the strongest geomagnetic storm in solar cycle 24 so far. Afterwards, the recovery phase began during the next several days. Solar activity has been low to moderate. Earth was under high-speed stream wind until March 27. Dst index increased slowly. Moderate and minor storm were presented and they lasted for several days in a row. Geomagnetic conditions were quiet to unsettled, during last weeks of March, with the rise of solar radio emissions.

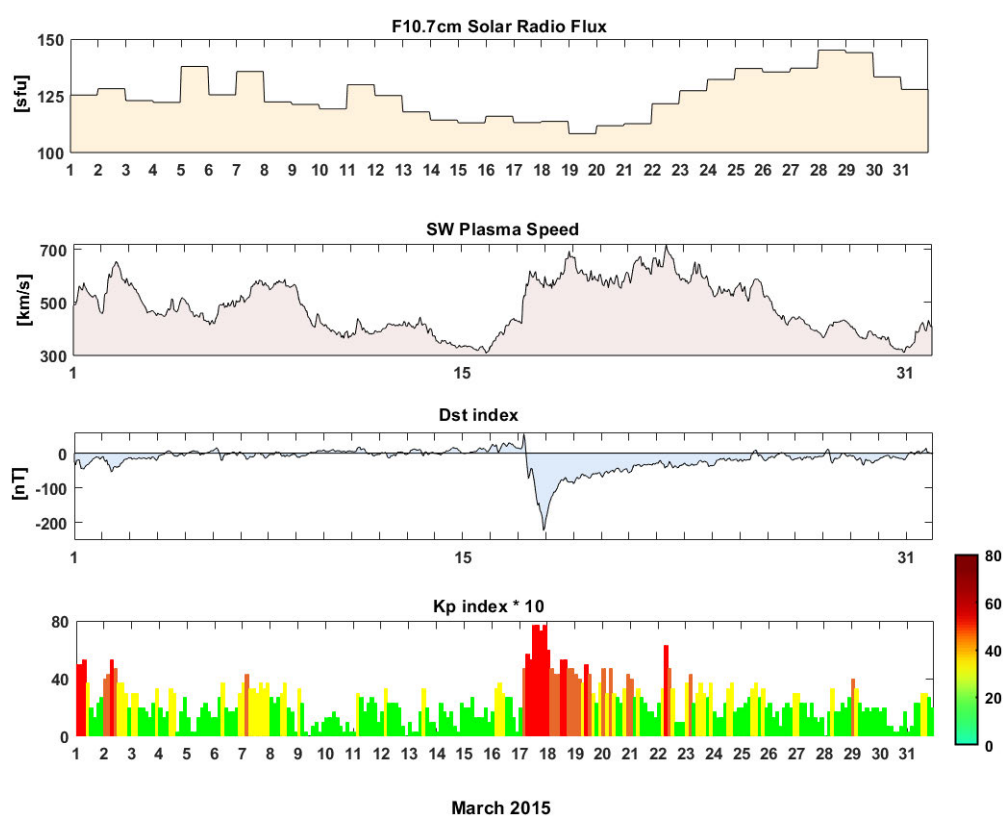


Figure 1: From top to bottom: solar radio flux f10.7cm in sfu (solar flux units), solar wind speed in km/s, Dst index in nT (nanotesla), Kp multiplied by 10 (Quiet Kp<3, Moderate 3≤Kp<4, Active 4≤Kp<5, Storm 5≤Kp).

The classification of international Q-days (quiet days) and D-days (disturbed days) were derived from Kp index. Period of the strongest geomagnetic storm St. Patrick's Day was classified as the most disturbed (March 17-19).

Table 2: List of the quietest (Q) and most disturbed days (D) March 2015, WDC for Geomagnetism Kyoto.

YYYY	MM	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
2015	03	10	30	5	14	9
		Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
		15	13	27	26	12
		D1	D2	D3	D4	D5
		17	18	2	19	1

3.2 Ionospheric GNSS-TEC variations

Diurnal VTEC variations at the EPN SRJV GNSS station for March 2015 are presented in Figure 2. Data gaps are detected in RINEX observation files for March 24, thus VTEC values for that day are missing. Higher VTEC values (above 30 TECU) were mostly observed from 09:00 to 16:00 UTC (in the first half of the month, until March 17) and to 18:00 UTC (from March 22 to the end of the month).

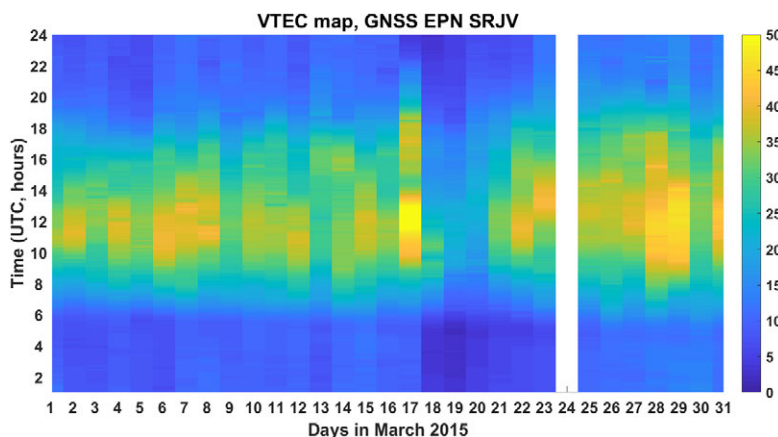


Figure 2: VTEC map of diurnal GNSS-derived VTEC variations (EPN SRJV) during March 2015. Data for March 24 are missing. VTEC values are expressed in TEC units (TECU), where 1 TECU=10¹⁶ electrons/m².

To separate VTEC variations induced by space weather from regular behaviour, a differential VTEC map was created (Figure 3). It represents deviations of observed VTEC values from regular VTEC. Regular VTEC variations were estimated as the mean VTEC for the quietest days in March 2015, regarding geomagnetic conditions (Table 2). During the first half of the month, smaller deviations from the regular VTEC were observed with the average difference of about 2 TECU. On March 17 (St. Patrick's Day storm) VTEC values increased for more than 20 TECU at local noon and again in the evening (positive ionospheric storm phase), which represent the main phase of the geomagnetic storm. During the recovery phase (March 18-21) VTEC depletion was observed (negative ionospheric storm phase) to -15 TECU at local noon and around -5 TECU in the night. VTEC values were higher during the remaining period of the month, with the maximum increase of 15 TECU around local noon and 5 TECU in the night. It can be concluded that the most pronounced variability was seen in the period from March 17 to the end of the month, when Earth was under the influence of high-speed solar wind and strong geomagnetic storms, followed by the rise of solar radio emission.

Comparison between VTEC values derived GNSS observation of EPN SRJV (temporal resolution 300s) and VTEC from CODE GIM estimated for the region of Sarajevo (temporal resolution 1h) (Figure 4). The general behaviour of GNSS SRJV-derived VTEC is in good agreement with VTEC variations from CODE GIM. Differences between EPN SRJV GNSS-derived VTEC and CODE GIM VTEC, both estimated with the temporal resolution of 1h for the area of Sarajevo, were a few TECU to the maximum of around -10 TECU (March 17, around local noon) (Figure 5). Differences were mainly negative during the daytime, which means that VTEC from CODE GIM provided higher values than VTEC derived from GNSS SRJV. The mean daily absolute value of differences was mostly under 3 TECU during March 2015. It is important to note that CODE GIM does not utilise GNSS observations from permanent

stations in B&H. In addition, its spatial resolution is relatively poor, thus interpolation of VTEC values is performed for the region of B&H.

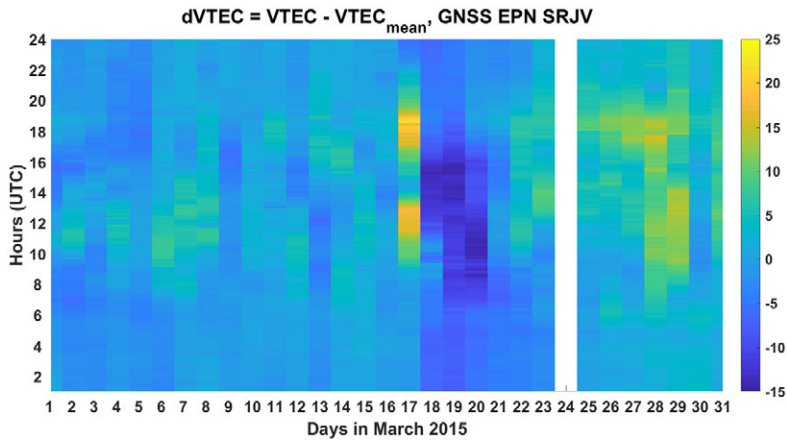


Figure 3: Differential VTEC map presents differences of VTEC variations from regular VTEC for March 2015. Higher differences observed in the second half of the month.

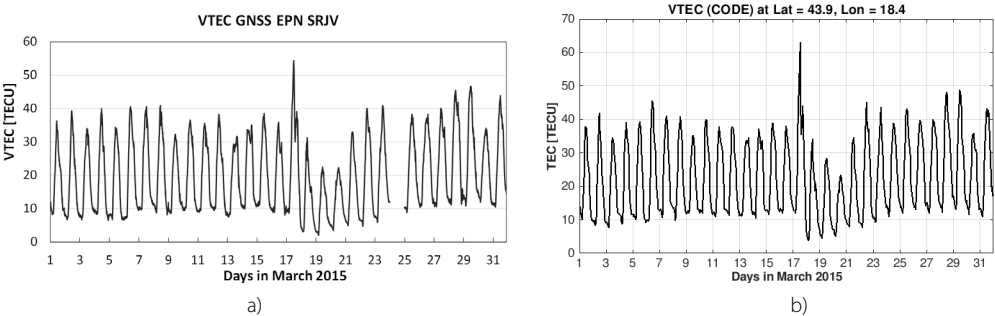


Figure 4: a) GNSS SRJV-derived VTEC and b) VTEC estimated from CODE GIM, March 2015. The overall good agreement is observed between the VTEC variations from two sources.

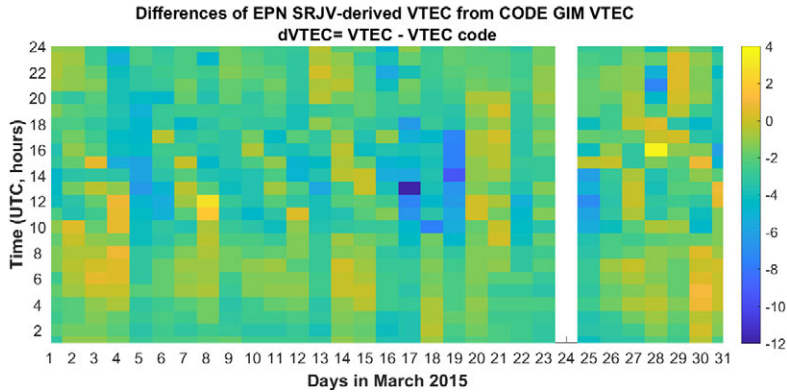


Figure 5: Difference between GNSS-derived VTEC of EPN SRJV and VTEC from CODE GIM for the area of Sarajevo, March 2015. The biggest differences from -6 TECU to -12 TECU, observed during St. Patrick's storm (on 17th during local noon and two days later).

3.3 Meteorological conditions

At the main meteorological station Sarajevo-Bjelave, the total precipitation in March 2015 was 80.4 mm. The highest daily snowfall was 29.4 mm (on March 06) (Figure 6). The snow cover was kept for nine days with the maximum height of 42 cm observed on March 06. Peaks in temperature, pressure and relative humidity are registered on March 05 at Sarajevo-Bjelave (Figure 7). The maximum temperature suddenly dropped with respect to a previous day. In addition, pressure decreased and relative humidity significantly increased.

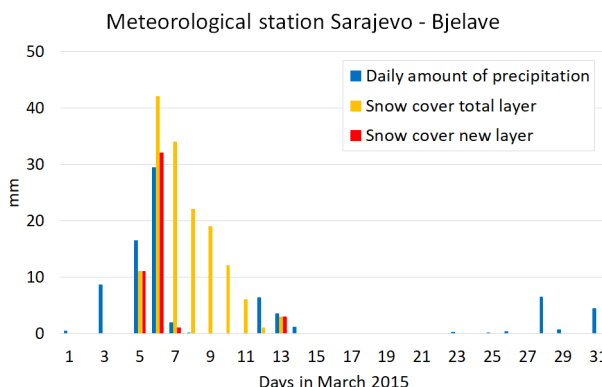


Figure 6: Daily amount of precipitation and snow cover on meteorological station Sarajevo-Bjelave in March 2015, provided by the Federal Hydro-meteorological Institute in Sarajevo.

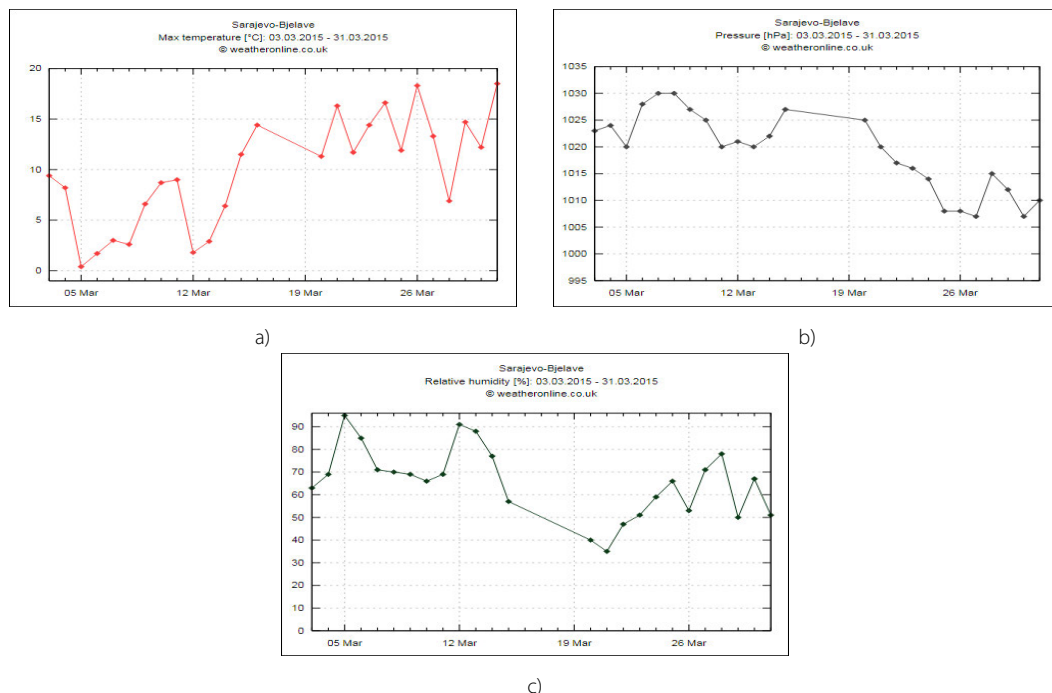


Figure 7: Meteorological parameters: a) Maximum temperature [°C], b) pressure [hPa] and c) relative humidity (%) at Sarajevo-Bjelave, obtained from Weather online portal.

3.4 GNSS positioning accuracy

Figure 8 shows differences between SRJV coordinate estimation (using PPP and network solution) and weekly combined EUREF solutions for March 2015. Differences in East and North components in PPP were mainly below than 10 mm, while Up components were about twice higher, around or below 20 mm. Results by network solution in East and North components were more accurate, mainly around 5 mm and Up components in network solution were mostly around or under 10 mm. A few exceptions were noticed. The highest deviations in Up components for both positioning techniques were registered on March 05. Differences by PPP were from 4 cm to 6 cm and in network solution from 6 cm to 7 cm. On March 06, Up component in the network solution was higher than 2.5 cm. These deviations coincide with changes in temperature, pressure and relative humidity and snowfalls (March 05), as well as high snow cover in Sarajevo (March 06). For the day of the strongest geomagnetic storm (March 17), static PPP and network solutions were in good agreement with EUREF solution. Deviations for East and North component were less than 5 mm for both techniques, while for Up component they went from -10 mm to -15 mm for PPP and 5 mm for network positioning technique. During the recovery phase of the storm (from March 18 to 21) there were no significant deviations recorded in all three components.

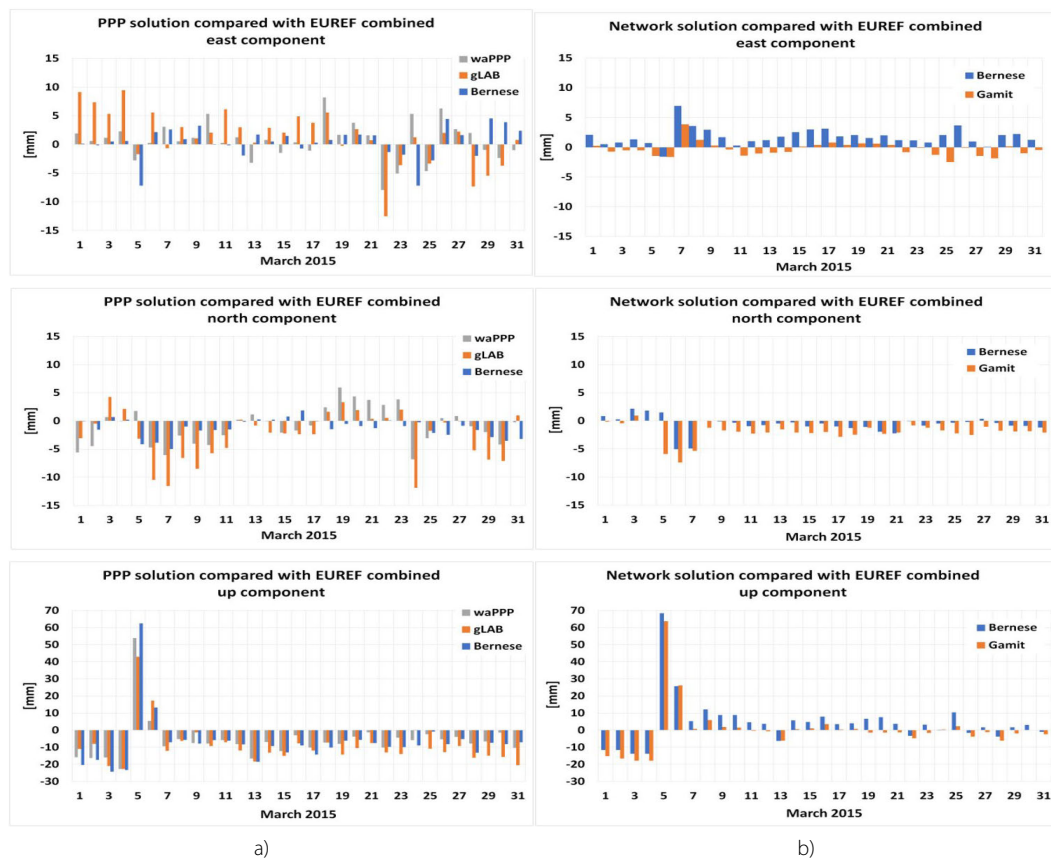


Figure 8: Coordinate estimation of EPN SRJV by a) PPP solution with Wasoft waPPP (grey), gLAB v5.0.0 (orange) and Bernese v5.2 (blue) software, b) network solution with GAMIT/GLOBK v10.61 (orange) and Bernese v5.2 (blue) software, compared with EUREF weekly combined solution.

Figure 9 shows the average absolute differences between positioning solutions of SRJV station and weekly combined EUREF solutions, while figure 10 represents standard deviations of calculated positions of SRJV station with respect to EUREF weekly combined solutions. Calculations were conducted per GPS weeks (GPS week 1834: March 01-07, GPS week 1835: March 08-14, GPS week 1836: March 15-21, GPS week 1837: March 22-28, GPS week 1838: March 29-31).

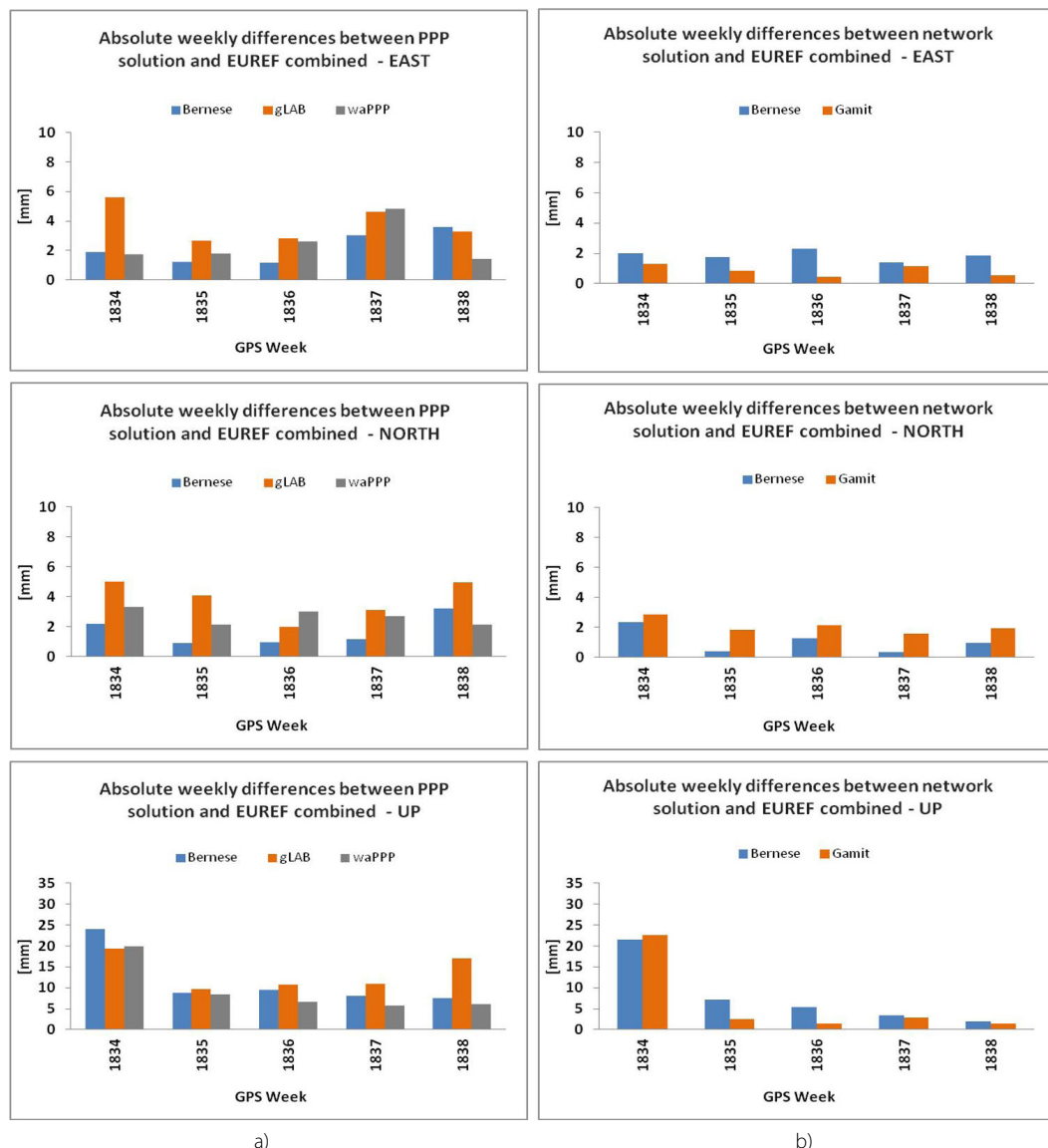


Figure 9: Average weekly absolute differences per GPS week: a) of PPP weekly coordinate solution derived with Wasoft waPPP, gLAB v5.0.0 and Bernese v5.2 software and b) of network coordinate solution derived with GAMIT/GLOBK v10.61 and Bernese v5.2 software, compared to EUREF combined weekly solution.

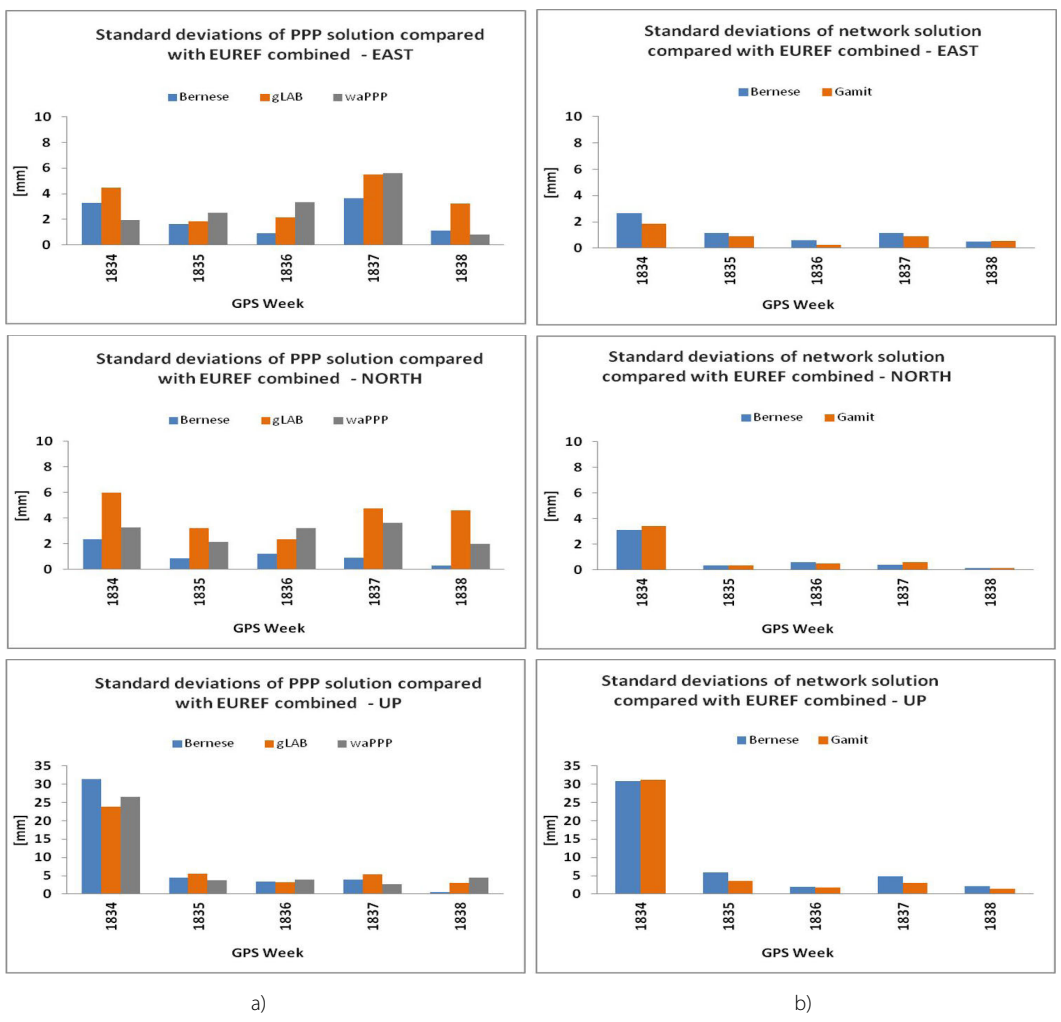


Figure 10: Standard deviations per GPS week: a) of PPP weekly coordinate solution derived with Wasoft waPPP, gLAB v5.0.0 and Bernese v5.2 software, b) of network coordinate solution derived with GAMIT/GLOBK v10.61 and Bernese v5.2 software, compared to EUREF combined weekly solution.

First GPS week 1834 contains the highest weekly deviations, which are most expressed for the Up component, both in PPP and network solutions with standard deviations of about 3 cm. For other GPS weeks (1835-1838), differences of GNSS positioning solutions from EUREF combined solutions were under 5 mm for PPP and under 2 mm for network solutions for East and North components, while for the Up component differences were around 1 cm for PPP and 5 mm for network solutions. Standard deviations for PPP solution were maximum 4 mm (Bernese) and 6 mm (gLAB and waPPP) for all 3 components, while network solutions had smaller deviations around 1 mm for East and North components and below 5 mm for the Up component.

The highest discrepancies of positioning solutions are observed for results obtained by the open-source software gLAB, which are approximately twice higher than results obtained in the Bernese GNSS software.

However, results maintained below 6 mm for East and North components and in Up components up to 15 mm. Other software (Bernese, Gamit and waPPP) provided more reliable results.

During the week of geomagnetic storm occurrence and its recovery phase (GPS week 1836) static positioning results are not affected by sudden huge variations in the ionosphere, which shows that static processing techniques with L3 combination (PPP) and differential positioning (network solution) with post-processing successfully eliminated the major part of ionospheric delay for positioning solutions.

4 SUMMARY, DISCUSSION AND CONCLUSION

In this paper, the variability of GNSS-derived total electron content (TEC) and GNSS positioning estimates of EPN station SRJV were investigated. The period of studying was March 2015, characterised by sudden changes in meteorological conditions and intense snowfall at the beginning of the month and the strongest geomagnetic storm in the solar cycle 24 on March 17, known as St. Patrick's day storm. The station used in this study, EPN GNSS station SRJV, is located in Sarajevo, Bosnia and Herzegovina in the mid-latitude.

Space weather conditions were analysed from the source of its origin (solar activities) through the near-earth environment to Earth's magnetic field. State in the ionosphere over B&H was characterised by the total electron content, derived from GNSS observation of EPN station SRJV. They were compared to VTEC extracted from IONEX files of global ionospheric maps (GIM) provided by CODE. A precise point positioning and a network solution were performed. Post-processing of GNSS/GPS observations were conducted with different open-source and commercial software. Artificial coordinate variations of EPN station SRJV were analysed by comparing to EUREF combined solutions.

Regarding geomagnetic activity, minor geomagnetic storms were present on March 01 and 02. However, the severe geomagnetic storm was registered on March 17, the strongest in the current solar cycle so far, followed by moderate storms in the next days. During other days, geomagnetic conditions were quiet to unsettled.

The state in the ionosphere was relatively calm at the beginning of the month and until March 17, when the most expressive ionospheric irregularities were registered (St. Patrick's Day storm). A positive ionospheric storm phase was observed on March 17, followed by the negative storm effects during the recovery storm phase (March 18-21). Ionospheric VTEC variations were in a good agreement with the occurrence of disturbances in the geomagnetic field. They increased to even more than 20 TECU during the main phase of the geomagnetic storm, compared to the regular VTEC behaviour. These results correspond to the previous studies of St. Patrick's day storm (Astafyeva et al., 2015; Chorniak et al., 2015; Nava et al., 2016). The second half of the month was characterised with higher VTEC variations when Earth was under high-speed solar wind stream and the solar activity was increased.

Comparison between GNSS-derived VTEC from observations of EPN SRJV with VTEC from CODE GIMs showed the monthly average difference of absolute values of about 3 TECU in March 2015. Higher deviations from GIM were observed in the second half of the month, which was characterised by higher VTEC ionospheric variations, the presence of geomagnetic storms, high-speed solar wind streams and the rise of solar activity. However, their differences were the highest during the main phase

of St. Patrick's day geomagnetic storm. Hourly deviations to -10 TECU were observed during the main phase of the storm. These discrepancies are the result of a relatively poor spatial ($5^\circ \times 2.5^\circ$) and temporal (1h) resolution of GIM CODE. In addition, CODE GIM does not utilise any GNSS observations from permanent stations in B&H. Additionally, the distribution of GNSS stations in Balkan (especially in Western Balkan) included in VTEC modelling for GIM is relatively poor. Thus, interpolation of VTEC values is needed to be performed for the region of B&H, which cannot correctly describe the variable state of the ionosphere. That is especially pronounced during intensive variations of the ionospheric state during severe geomagnetic storms and that approach cannot properly model it. However, the overall VTEC behaviour of GNSS EPN SRJV-derived TEC was in good agreement with VTEC from CODE.

The positioning of EPN station SRJV using different open-source and commercial software has shown some discrepancies between positioning results, especially for PPP technique. For East and North components open-source software gLAB showed the biggest deviations, although they were mostly under 10 mm. Bernese and waPPP solutions had smaller differences to EUREF weekly solutions for East and North components, mainly under 5 mm. Up components went to 20 mm for the all mentioned software. Network solution provided smaller artificial variations of SRJV coordinate than PPP solution, as expected. For East and North components they were less than 5 mm, the most of the time, and for Up component under 10 mm, with few exceptions detected.

The most expressive deviations from EUREF weekly solution were observed on March 05 by all four software and in both positioning techniques. Deviation in Up component of network solution was even higher than in Up component of PPP, which went to near 7 cm. March 05 was classified as one of the five quietest days related to geomagnetic conditions in March 2015. On the other hand, changes in temperature, pressure and relative humidity and intensive snowfall was present on March 05 and 06, with the highest daily rainfall of 29.4 mm and the highest snow cover of 42 cm registered on March 06. During propagation through the lower atmosphere, GNSS signals are affected by the tropospheric delay, which mainly depends on the atmospheric pressure, temperature and relative humidity (water vapour pressure) in the neutral atmosphere that was variable during those days. There is also possible additional signal scattering induced by heavy snow precipitation and the effect of the accumulation of snow on the antenna and on its surroundings, which amplifies signal scattering. Consequently, these conditions have affected GNSS positioning results and led to significant deviations observed in the Up component.

Regarding the period of the strongest geomagnetic storm, the ionosphere-free solution successfully eliminated the most of ionospheric terms, associated with strong disturbances detected in the mid-latitude ionosphere, in both PPP and network solutions. In previous studies, GNSS disturbances during St. Patrick's Day storm (Jacobsen and Andalsvik, 2016; Shagimuratov et al., 2017) were examined using kinematic positioning techniques. Significant positioning errors during St. Patrick's Day storm were observed, which were more intense in high latitudes regions. In this paper, only static positioning approach is applied in a mid-latitude area, which is considered as limitations of this paper. In the study (Horozovic et al. 2018) kinematic positioning techniques of EPN station SRJV revealed higher coordinate residuals during geomagnetic storms, which were more pronounced in the recovery phase. The study showed that even after applying ionosphere linear combination L3, high order ionospheric terms were large enough

to introduce significant artificial coordinate variations and that ionospheric effects must be taken into account in the GNSS positioning in order to obtain reliable and accurate position solutions during a space weather event and sudden variability in the ionosphere.

Based on the presented results, we can conclude that the severe St. Patrick's geomagnetic storm introduced huge variations of the ionospheric TEC in mid-latitude in the main phase of the geomagnetic storm, as well as, during its recovery phase. Considering GNSS applications, the major part of ionospheric terms during St. Patrick's storm was eliminated through applied positioning techniques (static PPP and network solution with post-processed measurements). On the other hand, higher deviations of coordinate results were registered during intensive meteorological conditions (March 05 and 06), which led to significant positioning errors in the Up component, for all applied software and positioning techniques.

In order to achieve the best accuracy in GNSS positioning, it is essential to take into account the effects of various atmospheric constituents and to mitigate them as much as possible. When it comes to tropospheric modelling, it is very important to choose the right model as well as mapping function. Where applicable, Saastamoinen model with VMF (Vienna Mapping Functions) should be recommended for data processing to minimise tropospheric effects. GMF (Global Mapping Function) can be used as „back-up“, since it is easily implemented and gives better precision than Niell mapping function (NMF). In the further study, an estimation of tropospheric parameters from GNSS observations is planned in order to model the effect of the neutral atmosphere on the GNSS signal propagation and to determine meteorological components using GNSS.

Acknowledgements

Authors are grateful to the institutions, which kindly provide their data and solutions: Federal Hydro-meteorological Institute, Sarajevo; German Research Centre for Geosciences; NASA Omni Web of Goddard Space flight center; World Data Center for Geomagnetism at Kyoto University; European Permanent Network (EPN) and their analysis centers; International GNSS Service (IGS); Centre for Orbit Determination in Europe (CODE); Astronomical Institute of University of Bern (AIUB). Many thanks to people and institutions for providing their programmes and software: Dr. Luigi Ciraolo; Research group of Astronomy and Geomatics (gAGE) of the Universitat Politècnica de Catalunya (UPC); Astronomical Institute of the University of Bern (AIUB); Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences of Massachusetts Institute of Technology (MIT); Geodetic Institute of the TU Dresden.

References:

- Astafyeva, E., Zakharenkova, I., Forster, M. (2015). Ionospheric response to the 2015 St. Patrick's day storm: A global multi-instrumental overview. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 120 (10), 9023–9037. DOI: <https://doi.org/10.1002/2015ja021629>
- Birch, M. J., Hargreaves, J. K., Bailey, G. J. (2002). On the use of an effective ionospheric 349 height in electron content measurement by GPS reception. *Radio Science*, 37 (1), 15. DOI: <https://doi.org/10.1029/2000RS002601>
- Böhm, J., Heinkelmann, R., Schuh, H. (2007). Short Note: A global model of pressure and temperature for geodetic applications. *Journal of Geodesy*, 81 (10), 670–683. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-007-0135-3>
- Böhm, J., Werl, B., Schuh, H. (2006). Troposphere mapping functions for GPS and very long baseline interferometry from European Centre for Medium-Range Weather Forecasts operational analysis data. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 111 (B29). DOI: <https://doi.org/10.1029/2005jb003629>
- Chapman, S., Bartels, J. (1962). *Geomagnetism*. Oxford: Clarendon Press.
- Chen, G., Herring, T. A. (1997). Effects of atmospheric azimuthal asymmetry on the analysis of space geodetic data. *Journal of Geophysical Research*, 102 (B9), 20489–20502. DOI: <https://doi.org/10.1029/97jb01739>

- Cherniak, I., Zakharenkova, I., Redmon R. J. (2015). Dynamics of the high-latitude ionospheric irregularities during the 17 March 2015 St. Patrick's Day storm: ground-based GPS measurements. *Space Weather*, 13 (9), 585–597. DOI: <https://doi.org/10.1002/2015SW001237>
- Ciraolo, L., Azpilicueta, F., Brunini, C., Meza A., Radicella, S. M. (2007). Calibration errors on experimental slant total electron contents (TEC) determined with GPS. *Journal of Geodesy*, 81 (2), 111–120. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-006-0093-1>
- Covington, A. E. (1969). Solar Radio Emission at 10.7 cm, 1947–1968. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 63, 125–132.
- Feltens, J., Angling, M., Jackson-Booth, N., Jakowski, N., Hoque, M., Hernández-Pajares, M., Aragón-Ángel, A., Orús, R., Zandbergen, R. (2011). Comparative testing of four ionospheric models driven with GPS measurements. *Radio Science*, 46 (6), RS0D12. DOI: <https://doi.org/10.1029/2010rs004584>
- Fugro satellite positioning (2014). The effect of Space weather phenomena on precise GNSS applications, DocRef: A12321850TCBRC1.
- Gao, Y., Liu, Z. Z. (2002). Precise Ionosphere Modeling Using Regional GPS Network Data. *Journal of Global Positioning Systems*, 1 (1), 18–24. DOI: <https://doi.org/10.5081/jgps.1.1.18>
- Gonzalez, W. D., Joselyn, J. A., Kamide, Y., Kroehl, H. W., Rostoker, G., Tsurutani, B. T., Vasyliunas, V. M. (1994). What is a geomagnetic storm? *Journal of Geophysical Research*, 99 (A4), 5771–5792. DOI: <https://doi.org/10.1029/93JA02867>
- Hernández-Pajares, M., Juan, J. M., Sanz, J., Orus, R., García-Rigo, A., Feltens, J., Komjathy, A., Schaer, S. C., Krankowski, A. (2009). The IGS VTEC maps: a reliable source of ionospheric information since 1998. *Journal of Geodesy*, 83 (3–4), 263–275. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-008-0266-1>
- Hofmann-Wellenhopf, B., Lichtenegger, H., Collins, J. (2001). *Global positioning system: Theory and practise*, 5th Ed., Berlin: Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-6199-9>
- Hopfield, H. S. (1972). Tropospheric range error at the zenith. *Space Research XII*. Berlin: Akademie-Verlag.
- Hoque, M. M., Jakowski, N. (2008). Estimate of higher order ionospheric errors in GNSS positioning. *Radio Science*, 43 (5), RS5008. DOI: <https://doi.org/10.1029/2007rs003817>
- Jacobsen, K. S., Andalsvik, Y. L. (2016). Overview of the 2015 St. Patrick's day storm and its consequences for RTK and PPP positioning in Norway. *Journal of Space Weather and Space Climate*, 6, A9. DOI: <https://doi.org/10.1051/swsc/2016004>
- Jiang, H., Wang, Z., An, J., Liu, J., Wang, N., Li, H. (2018). Influence of spatial gradients on ionospheric mapping using thin layer models. *GPS Solutions*, 22 (1), 2. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10291-017-0671-0>
- Klobuchar, J. A. (1996). Ionospheric effects on GPS. In J. J. Spilker Jr., P. Axelrad, B. W. Parkinson, P. Enge (Eds.), *Global Positioning System: Theory and Applications*, Volume I (pp. 485–515). American Institute of Aeronautics & Astronautics. DOI: <https://doi.org/10.2514/5.9781600866388.0485.0515>
- Láinez Samper, M. D., Romay Merino, M. M., Mozo García, A., Piriz Nunez, R., Tashi, T. (2011). Multisystem real time precise-point-positioning. *Coordinates*, VII (2).
- Luhmann, J. G., Solomon, S. C. (2007). The Sun–Earth Connection, In L. A. McFadden, P. R. Weissman, T. V. Johnson (Eds.), *Encyclopedia of the Solar System*, Second Edition (pp. 213–226). Elsevir. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-012088589-3/50015-3>
- Mannucci, A. J., Wilson, B. D., Yuan, D. N., Ho, C. H., Lindqwister, U. J., Runge, T. F. (1998). A global mapping technique for GPS-derived ionospheric total electron content measurements. *Radio Science*, 33 (3), 565–583. DOI: <https://doi.org/10.1029/97rs02707>
- Mulic, M., Natras, R. (2018). Ionosphere TEC Variations Over Bosnia and Herzegovina Using GNSS Data, In R. Cefalo, J. Zieliński, M. Barbarella (Eds.), *New Advanced GNSS and 3D Spatial Techniques*. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography (pp. 271–283). Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-56218-6_22
- Natras, R., Horozovic, D., Mulic, M. (2019). Strong solar flare detection and its impact on ionospheric layers and on coordinates accuracy in the Western Balkans in October 2014. *SN Applied Sciences*, 1 (1), 49. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-018-0040-9>
- Nava, B., Radicella, S. M., Leitinger, R., Coisson, P. (2007). Use of total electron content data to analyze ionosphere electron density gradients. *Advances in Space Research*, 39 (8), 1292–1297. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2007.01.041>
- Nava, B., Rodríguez-Zuluaga, J., Alazo-Cuartas, K., Kashcheyev, A., Migoya-Orué, Y., Radicella, S. M., Amory-Mazaudier, C., Fleury, R. (2016). Middle- and low-latitude ionosphere response to 2015 St. Patrick's Day geomagnetic storm. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 121 (4), 3421–3438. DOI: <https://doi.org/10.1002/2015ja022299>
- Richmond, A. D. (2007). Ionosphere. In D. Gubbins, E. Herrera-Bervera (Eds.), *Encyclopedia of geomagnetism and paleomagnetism* (pp. 452–453). Heidelberg: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4423-6_159
- Saastamoinen, J. (1992). Atmospheric correction for the troposphere and stratosphere in radio ranging of satellites. In S. W. Henriksen, A. Mancini, B. H. Chovitz (Eds.), *The Use of Artificial Satellites for Geodesy*. Geophysical Monograph Series (pp. 247–251). Washington, D.C.: American Geophysical Union.
- Schaer, S. (1999). Mapping and predicting the Earth's ionosphere using the Global Positioning System. PhD thesis. Bern: Bern University, Switzerland.
- Shagimuratov, I., Krankowski, A., Chernouss, S., Zakharenkova, I., Efshov, I., Tepenitziyna, N., Yakimoca, G. (2017). Impact of severe geomagnetic disturbances on GPS precise positioning, presented at IGS Workshop 2017, Paris, France.
- Solheim, F. S., Vivekanandan, J., Ware, R. H., Rocken, C. (1999). Propagation delays induced in GPS signals by dry air, water vapor, hydrometeors, and other particulates. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 104 (D8), 9663–9670. DOI: <https://doi.org/10.1029/1999jd900095>
- Sugiura, M., Chapman, S. (1960). The average morphology of geomagnetic storm with sudden commencement. *Abhandl. Akad. Wiss. Gottingen Math. Phys. Kl.* 1 (4).
- Sugiura, M. (1964). Hourly values of equatorial Dst for IGY. In *Annals of the International Geophysical*, 35, 945–948.
- US National Space Weather Strategy (2015). Product of National science and technology council, Space weather operations, research and mitigation (SWORM) task force, USA.

Webb, F. H., Bursik, M., Dixon, T., Farina, F., Marshall, G., Stein, R. S. (1995). Inflation of Long Valley Caldera from one year of continuous GPS observations. *Geophysical Research Letters*, 22 (3), 195–198. DOI: <https://doi.org/10.1029/94gl02968>

Xu, G. (2007). *GPS Theory. Algorithms and Applications*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-72715-6>



Natraš R., Krdžalić D., Horozović D., Tabaković A., Mulić M. (2019). GNSS ionospheric TEC and positioning accuracy during intense space and terrestrial weather events in B&H. *Geodetski vestnik*, 63 (1), 73-91.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.01.73-91>

Randa Natraš, M.Sc.

Vienna University of Technology (TU Wien).
Department of Geodesy and Geoinformation
Gußhausstraße 27-29, 1040 Vienna, Austria
e-mail: randa.natras@geo.tuwien.ac.at; randa.natras@hotmail.com

Dževad Krdžalić, M.Sc.

University of Sarajevo. Faculty of Civil Engineering
Patriotske lige 30, 71000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina
e-mail: krdzalic.dzevad@gf.unsa.ba

Džana Horozović, M.Sc.

Vienna University of Technology (TU Wien).
Department of Geodesy and Geoinformation
Gußhausstraße 27-29, 1040 Vienna, Austria
e-mail: dzana.horozovic@geo.tuwien.ac.at

Alma Tabaković, M.Sc.

BNpro d.o.o. Sarajevo
Buka 6, 71000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina
e-mail: alma@bnpro.ba

Assoc. prof. Medžida Mulić, Ph.D.

University of Sarajevo. Faculty of Civil Engineering
Patriotske lige 30, 71000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina
e-mail: medzida.mulic@gf.unsa.ba

PREDMET IN NAMEN VREDNOTENJA NEPREMIČNIN TER NJIHOV VPLIV NA METODE VREDNOTENJA IN PODATKOVNE ZBIRKE

OBJECT AND OBJECTIVE OF PROPERTY APPRAISAL AND THEIR EFFECTS ON VALUATION METHODS AND DATABASES

Jacek Zyga

UDK: 332.2:332.6
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02
Prispelo: 6. 9. 2018
Sprejeto: 28. 12. 2018

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.01.92-103
REVIEW ARTICLE
Received: 6. 9. 2018
Accepted: 28. 12. 2018

IZVLEČEK

Namen prispevka je primerjati pomen vzporednih metod ocenjevanja vrednosti nepremičnin, izvedenih na ekonometrični in neekonometrični način. Na podlagi analize formalnih pogojev ter opredelitive tržne vrednosti nepremičnine sta bila testirana oba pristopa, s čimer smo želeli preveriti, ali je mogoče rezultate predstaviti na enak oziroma primerljiv način. Pri tem je bil poudarjen pomen opredelitive tržne vrednosti nepremičnine v povezavi z opredelitvijo predmeta vrednotenja. Rezultati raziskave so pokazali, da je za primerljive rezultate ocenjevanja tržne vrednosti posamezne nepremičnine nujno zagotoviti predvsem jasno opredelitev podatkov, na katerih temeljijo izračuni, ter rezultate ocenjevanja vrednosti nepremičnin, ki se nanašajo na isti predmet oziroma skupino/razred predmetov. Prispevek nadalje vključuje razpravo na temo primerljivosti rezultatov ocenjevanja tržne vrednosti nepremičnin pri večkratnem ocenjevanju. Izpostavljeno je, da je pogoj za primerljive rezultate večkratnih ocenjevanj tržne vrednosti nepremičnin ustrezna zbirka podatkov o prodanih nepremičninah. Primerljive rezultate vrednotenja je mogoče pridobiti le z uporabo istih oziroma primerljivih referenčnih podatkov. Za vrednotenje nepremičnin je treba torej vzpostaviti ustrezno podatkovno zbirko o nepremičninskem trgu, ki je popolna in dostopna ocenjevalcem vrednosti nepremičnin.

KLJUČNE BESEDE

nepremičnina, tržna vrednost, metode vrednotenja, kataster

ABSTRACT

The purpose of this paper is to compare essences of parallel methods in property appraisal, being done in econometric and non-econometric ways. Through the analysis of formal conditions and on the background of the definition of the real estate market value, both of analysed methods are tested, whether they can lead to results that can be interpreted in the same way. The key role of sense of the market value connected with reality of precisely defined objects of appraisal, was emphasised. Presented considerations lead to the conclusion that the necessary condition for a positive assessment of the results of calculations as a conclusion concerning "the market value of a specific property", is verifying the type of data on which the calculations were based, and if obtained result refers to a specific object or to a certain group/class of objects. Another discussed problem of property valuation is the recurrence of several estimations. It was explained that in order to obtain a number of similar quote evaluations an appropriately compiled database about sold objects must exist. Only when everyone uses comparable reference data it can be expected, that estimations using these data can give comparable valuation results. The response to a need of such databases is making relevant, accessible and complete data about the property market.

KEY WORDS

property, market value, valuation methods, cadastre

1 SCOPE AND METHODOLOGY OF RESEARCH

The object of the analyses conducted below is to determine, on the basis of formal conditions, against the background of the definition of the market value of a property and with a precisely defined object of appraisal, whether statistical methods of property appraisal (generally recognised as nominally the most objective ones) and simplified methods (especially in the comparative approach) can lead to similar results, and whether these results can be interpreted in the same way. What are the reasons behind the observed differences between the results of appraising the value of a property according to different methods (or groups of methods)? The conclusions drawn from the discussion of these questions were used, in turn, to indicate the demands placed on the cadastral system by the sectors of economy which exploit the knowledge about property value.

The research was conducted using the monographic method, basing its argumentation on inductive reasoning and research results discussed in the literature on the subject.

The considerations presented here are an element of the discussion about the methodological character of property appraisal (quantitative methods versus qualitative analysis), and, at the same time, they are an involuntary voice in the intellectual dispute between the supporters of econometric methods in appraisal and valuation surveyors. These two groups should rather continuously exchange views and experiences. However, it should be understood that these disputes are of pragmatic nature and serve the purposes of professional marketing. In the expert circles, there has always been a quiet conflict going on, having its roots in the egoistic view that everyone is better as an individual than their competition. The intention behind the current article is to disregard the above-mentioned disputes and to incline the ego of everyone interested in the topic towards a conciliatory attitude to the presented problem, so that, on the basis of logical reasoning, they could search for the objectively best model of obtaining adequate data and employing them in broadly and narrowly understood property appraisal. a part of the enquiry is also an evaluation of the role of the criterion of similarity between properties in the market methods of real estate appraisal.

2 WHAT IS THE OBJECT OF THE PROCESSES OF PROPERTY APPRAISAL?

The object of valuation, as understood in the considerations presented below, will be “a property” perceived in a way which may be slightly narrowed down, but at the same time it is specific and precise, so that the term is not confused with generalised or idealistically understood notions with a similar semantic from. It is assumed, then, that the term “property” will be understood as a specific fragment of land parcelled out from the surrounding space with permanent boundaries, to which its owner enjoys a set of rights designated by the relevant provisions of the law (land property), or premises in a building, analogously separated, with the relevant body of rights. In the Polish law, which is closest to the author of the present article, both objects of valuation considered here are described, respectively, as “land property” in the Polish Civil Code (Civil Code Act, 1967) and as “premises” in the Act on the Proprietorship of Premises (Act PP, 1994). The two types of property indicated above are defined in a very similar way also in the law of the USA, UK or Germany. The American term “real estate” stands for „Land, buildings, and things permanently attached to land and buildings” (West’s Encyclopedia, 2005), while the British meaning of the term is: “property consisting of land and the buildings on it, along with its natural

resources such as crops, minerals or water" (Stoebuck and Whitman, 2000). In Germany, the analogous immovable item is referred to as "Immobilie/Grundstück," meaning "Land with buildings, attachments and accessories" (Kuntze, 2006).

However, there are certain problems with juxtaposing parallel terms concerning "separated space in a building." The most general word which describes it is "a flat". Cultural differences result, however in the Americans using the term "apartment" to refer to what the British, the Australians and New Zealanders call "a flat." Nevertheless, certain differences in the possible standard of the described premises play a role here. In the German legal system, the equivalent of the term "flat" is "Wohnung," specified in the Act on Appraisal (BewG, 1934). One permanent characteristic of all the terms cited here, though, is the unambiguity of the location in space of the objects corresponding to them. They are not any objects; they are specific objects.

All the realities indicated above can be connected with objects characteristic for properties, constituting their so-called component parts (buildings, fences, trees, plumbing, heating, light fixtures). An immanent element of the above-mentioned real estate is also a set of rights through which a party (e.g. the owner) can exercise their control over it. The most important premise of the definition introduced above is illustrating the fact that "property" (apart from the formal and legal interpretation of the rights to it) is nevertheless an object. An object, or an ontologically perceived concrete with its unique characteristic features, physical, legal and economic.

A property as a considered object of appraisal cannot be, then, the notion of an immovable item itself, or any idea of a property; neither can it be an object typical for a certain community or representing a selected set of properties (e.g. residential property in city A, office premises in city B or leisure plots at the seaside). a property as a potential object of appraisal always has to be an unambiguously identified object.

For such identification, it is indispensable, then, to confront the legal definition of property valid in a given legal system with the material and formal way of describing reality which is (or should be) offered by the cadastre or its local equivalents (in the current Polish legal reality, the role of the cadastre is played by the so-called "Rejestr Ewidencji Gruntów Budynków i Lokali," or "Registry of Land, Building and Premises"). In the cadastre (or the corresponding registries), properties are described in a more pragmatic way. They are identified as plots (or collections of plots) with unique identification numbers, which, in turn, refer to physical space through the relevant systems of geographical information. For the purposes of the description of the property, the property identification number and the coordinates of its central point provide invaluable information about one of the most important features of the property which is its location. Premises are registered in a similarly unambiguous way, and the simplest designation of their location can be, for example, their address. With location defined in such a way, an opportunity is provided to estimate the quality of location or, at least, the possibility to select the analysed objects.

3 WHAT TYPE OF PROPERTY VALUE IS THE OBJECT OF APPRAISAL?

The notion of value is very comprehensive. It is used in many spheres of human life, as well as in science created by people. In science, it has been functioning since antiquity and as civilisation changes progressed, it concerned different spheres of human life. In its most primary meaning, it was linked to certain non-material terms describing ethical issues. Since the times of Plato, values included such notions as justice,

wisdom, temperance and valour (Albert, 1991). Such a classification has left a trace in the current human sciences (philosophy, ethics, pedagogy, psychology) in the form of value theories, which consider value from the point of view of the subject, but also include the question of the value of objects, known as objectivism and subjectivism (Kwaśnicki, 1998). In these fields, value is understood as “everything considered important and valuable for an individual and the society, and by all means desirable, linked to positive experiences and constituting the aim of human endeavours.” Value in this understanding is thought to be “a measure of evaluation of persons, objects, phenomena (...)” (Łobocki, 2003).

In objectivism, values are properties of entities (including objects or notions), existing independently of the manners in which they are perceived by subjects (people). Thus, they are autonomous. They are objective, absolute and generally applicable in their nature. An example of values considered in this manner are truth, good (in ethical categories) or beauty.

Subjectivism sees value from an opposite point of view. Even in philosophical considerations, it perceives values as the effect of an interaction between the subject and the analysed (valued) object. According to it, values are secondary in relation to the object (good in economic categories). They are defined through the attitude of the valuing subject to the object of valuing. Therefore, they are subjective. Narrowing it down to economic issues, value usually stands for “a specific benefit (...) measured with the amount of obtained goods, or (...) usually with money” (Reber and Reber, 2005).

The main problem the theory of value tries to solve is the question of the origin of prices of goods and services in economy, or, indirectly, the identification of factors which determine their value. The solutions to this problem were historically searched for on the basis of two differing approaches, which, for the purposes of the simplification of considerations, can be divided into two types:

- The classical approach (classical/labour theory of value)
- The subjective approach (subjective theory of value)

The classical theory of value explains the final price of a good or service with the costs incurred in producing/rendering it. To be precise, past tense should be used in reference to the discussed theory, as the history of economy has proved its incorrectness. According to this theory, the price constitutes (or: constituted) the cumulative cost of material factors (raw materials, intermediate products and tools), as well as the costs of labour necessary to produce a given good or to render a given service. Due to the emphasis placed on the factor of labour, this theory is also called the labour theory of value. However, this theory failed to account for the difference between the sum of the costs and the market price as well as the real value of the product (Kwaśnicki, 1998).

The subjective theory has been found useful in modern economics. Subjectivism in the ideas of economics was the most precisely defined by Mises, who claimed that “economics is not about things and tangible material objects; it is about men, their meanings and actions. Goods, commodities and wealth and all the other notions of conduct are not elements of nature; they are elements of human meaning and conduct. He who wants to deal with them must not look at the external world; he must search for them in the meaning of acting men” (Mises, 1996). According to this declaration, the subjective theory is based on individual assessments of value made by market participants, and defines the market price of a selected good as the result of negotiations between a number of parties whose needs, knowledge,

intentions and attitudes are conditioned by differing factors. Subjective currents in economics gave rise to almost all modern economic currents and modern theories of value, including the contemporary notion of “market value.”

Taking into account the aim of further discussion, that is determining what is really being appraised in the appraisal process and which economic characteristic is the object of appraisal, an essential problem is the dichotomous nature of the notion of “market value.” Even ignoring the discussion about the proximity of meanings of the words “value” and “price,” it is difficult to find an unambiguous definition of market value/market price of any object, and especially of property, in the literature on the subject. Cannone and Macdonald (2005) even put forward a thesis that the profession of appraisal disregards the theory of value. This problem was broadly discussed both in textbook publications (Appraisal Institute, 2000; McCluskey et al., 2013) and by particular researchers. The discussion about the topic is already very long, as proved by voices from as long as thirty years ago (Albritton, 1982; Shlaes, 1984). Basically, until the present day, no uniform definition of the notion of “market value” has been developed in the environment of economists, especially in reference to property. Depending on the circumstances resulting from the aim of particular publications, whose result is appraising the value of a property, the synonyms of this term which are used include such expressions as: “full value,” “true value,” “appraisal value,” “actual value,” “fair cash value” or, finally, “just value” (McCluskey et al., 2013; Altmeyen and Brauer, 2009). Only the environment of people who appraise real estate professionally focused their attention on this question, offering basically a single definition of the term (which is outlined below). Its most important element is focusing on referring to the value of a specific property as a specific element of reality, and not of “a certain property on a certain market” (Regulation RM, 2004; BMUB, 2006; SCPFVA, 2009; IVSC, 2010; ASB, 2017; RICS, 2017). A good illustration of this precise view is the discussion about particular approaches to property appraisal, held by Lorenz and Lützkendorf (2011), in which the factor of the individuality of the object of appraisal was emphasised.

A range of other conditions which are decisive for the idea of market value are still subject to discussion, however. For some researchers, the more relevant question is that of the current manner of using a property (Thomas, 1995; Prystupa, 2010). For others, a more important factor which is more determining for the usefulness of a property (and, at the same time, for its market value) is its best possible use (McParland et al., 2002; French, 2003; Kucharska-Stasiak, 2007, 2010). Each of the discussants presents weighty arguments to support their point of view; these, however, cannot be cited in the current article due to their extensiveness. On the other hand, they are too important to be discussed in a secondary thread of the current considerations. Therefore, they shall remain beyond this discussion.

As it has already been mentioned, for the needs of the practice of property appraisal, a number of analogous definitions of market value have been put forward. They have been introduced both to the professional principles of property appraisal (BMUB, 2006; SCPFVA, 2009; IVSC, 2010; ASB, 2017; RICS, 2017) and, simultaneously, to national legislation. An example can be the German law (Baugesetzbuch, 2004; ImmoWertV, 2009) or the Polish law (Act RPM, 1997), as well as numerous examples from the legislation of Australia, New Zealand, the Republic of South Africa (McCluskey et al., 2013). The common element of the particular definitions of market value is still the declaration that the market value of a property is the equivalent of the sum of money which can be yielded from the sale on the date of

the appraisal, on the free market and assuming that both the seller and the buyer have decided to carry out the transaction. This definition is usually supplemented with stipulations that the market character of the transaction, and, consequently, of the obtained price, can be attributed to direct transactions, concluded between parties who are knowledgeable and well-informed about the features of the object and costs of the transactions ("Market value is the estimated amount for which an asset should exchange on the date of valuation between a willing buyer and a willing seller in an arm's length transaction after proper marketing wherein the parties had each acted knowledgeably, prudently, and without compulsion" (IVSC, 2010)).

Obviously, the above-mentioned professional standards in appraisal stipulate the existence of cases in which the basis for appraising value is not the market value. There is, however, a clear distinction between such situations. The analysis conducted below does not take these cases into consideration.

What is the most essential for the main topic of the present considerations is to articulate that not every accounting procedure concerning property appraisal, though performed on the basis of the highest mathematical standards, has to lead to an irrefutable result, finally interpreted as the market value of the object of valuation. One of the more important criteria according to which the result of appraisal can be interpreted in such a way is the relevance of this result to the specific object of valuation.

4 A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE METHODS OF PROPERTY APPRAISAL

The discussion above about the meaning of the notion of "value," implied in the practical applications of economic analyses, has proved the need for logically distinguishing a narrowed concept of "the market value of a specific property." This conclusion, in turn, calls for a deeper analysis of the very process of determining value. There is reasonable suspicion that among the multiplicity of ways of determining the value of objects or rights over objects (including rights to property), not all of them can aspire to be the algorithms of determining "the market value of a specific property" as a narrowed category of value.

The supporters of statistical methods treat them as a tool which enables them to solve basically any computational task. Observing the number of applications, or of attempts at applying these methods, one indeed sees the need for confirming their usefulness. In the following part of the discussion, the validity of using statistical methods in every case of property appraisal will be considered. Due to the fact that most econometric analyses are conducted with the use of statistical tools, a certain equalisation of terminology takes place, consisting in treating econometric methods as statistical methods. In spite of a certain imprecision in the equalisation of the above-mentioned terms, for the purposes of the present considerations they shall be used interchangeably.

The essence of statistical concepts lies in constructing a relevant set of a number of equations with many unknowns in order to recognise the core of the studied phenomenon or process and to indicate their mathematical model. Key problems which affect the final success of the arithmetic process are: the selection of variables (understood as the identification of significant variables) and determining the values of parameters of the constructed model, satisfying various (depending on the selected calculation method) minimum criteria. Therefore, econometrics has at its disposal a large arsenal of methods of variable selection (from numerous methods of discriminant analysis (Gatnar, 2008), methods focused on

studying correlations between variables (Fornell and Larcker, 1981), to (de facto correlational) concepts of database information capacity (Hellwig, 1968)). In reference to questions related to the appraisal or analysis of the real estate market, the object of econometric modelling is the price or the value of a property. Designations of these words in econometric modelling, however, are no more than general terms and do not refer to any specific element of the analysed market. Econometric methods require accumulating observations about the values determined by the highest possible number of factors, so that e.g. elimination of negligible or redundant factors is possible (Gatnar, 2008; Foryś and Gaca, 2016), as well as the selection of their most favourable configuration. Every factor should be present in possibly all variants of intensity. In order to achieve appropriate conditions for model equations, it is necessary to find possibly the highest number of combinations (juxtapositions) of particular values of explanatory variables. It makes it necessary to gather large and vary large sets of price observations (the explained variable) and the descriptive data (the explanatory variables). In reference to analyses of property, adhering to this principle is extremely difficult and makes it necessary to search for information beyond the most adequate local markets (Foryś and Gaca, 2016). The data describing the objects of sales which have already been carried out can also include information characterising the phenomena accompanying transactions or characterising the narrower or wider market environment of a specific property market (Zyga, 2012). The amount of data subjected to analysis in a single computational process basically rules out the possibility of employing simplified appraisals; thus, in the above-mentioned analyses only statistical methods are of practical use. However, in the case of econometric valuations whose aim is to appraise property in the understanding of the above-mentioned legislation concerning appraisal or Appraisal Standards, their Achilles' heel is the question of the suitability of the market data in reference to the object of target appraisal. It is not even necessary to rely upon relatively rigid legal definitions of market value, nor upon equally clear definitions in various professional standards. It is enough to ask the client of an appraisal based on other data than the (preferably local) property market if he or she is willing to base on it his or her economic or commercial decision.

The literature on the subject is full of reports of successes achieved all over the world in the discipline of determining the value of property. The analysis of reference data often shows (Osland, 2010; Beamonte et al., 2013; Kryvobokov and Wilhelmsson, 2007; Dąbrowski, 2010) that calculations were based on the bidding data, secondary data or data concerning dissimilar objects, from other property markets, or generally on different data (for example, data about car sales). In spite of the highest regard for the technological side of all the presented analyses, in spite of nominal declarations that their aim is property appraisal, their results can hardly be considered to be examples of estimating "the market value of specific properties." They can at most be attempts at estimating the "typical value" for certain groups of property or apartments. In addition to that, the typicality of property needs to be considered independently in each case. It does not mean, obviously, that the results of all sorts of appraisals with the use of econometric methods require the commentary above. There are numerous examples of correct use of widely understood methods of mathematical statistics in property appraisal, where, apart from rigorous calculations, the basis for analyses is the information about transactions concerning relevantly similar properties, or at least properties and not any data correlated with the property market (Czaja, 1997; Hozer, 1999; Barańska, 2005, 2010; Kleiber, 2005; Adamczewski, 2006; Kontrimas and Verikas, 2011; Bourassa et al., 2010; Mach, 2017).

At the polar opposite of the concepts and methods of calculating the “market value of a specific property,” there are groups of simple solutions (e.g. comparative methods, methods based on the concept of capitalisation of average income). The essence of simplified methods is the processing (extremely easy in mathematical terms) of the data and information from the market which is possibly the closest as far as its geographical location is concerned, and maximally similar to the object of valuation. There is definitely less such information. The idea of a comparative approach is based on the assumption about the existence of a group of factors affecting the observed prices of all properties which are to be analysed in the same way. As a result, it is possible to ignore in the analyses a large amount of observations (prices) and their attributes (and, therefore, also the relevant explanatory variables). Once it has been stated that the evaluations of a specific group of features (attributes) of the objects included in the study are identical or very close (Zyga, 2011), and the objects described with them are considered as similar, the subsequent analysis focuses on examining the changes in prices versus the remaining explanatory variables. The way to determine the optimal value of the appraised property is to assume mean values in the relevant groups of data. This measure is for some an expression of the primitivism of the simplified approach. For others, it is an expression of pragmatism, and, at the same time, a sophisticated form of heuristics.

As a side note, econometricians are willing to treat the models of comparative methods, after suitable formal modification, also as specific econometric models. It is highly comforting, as it attests to recognition given by one group of professionals to the activities of another.

The dispute as to which manner of property appraisal is better has been going on for a long time, however. Its beginnings can be traced back to the period when computers, taking over the computational process, began to be commonly used. The current article, however, focuses on the aspect of this dispute concerning the result of particular algorithmic solutions in the context of the data on the basis of which it was obtained, and in the context of the manner of identification of the object of appraisal the result of the final appraisal (insofar as it is anticipated at all) refers to. What kind of “value” should be seen as a result of appraising a “property” with the use of well-tested “desk appraisal” algorithms, and what as a result of valuing “almost manually?”

In the case of simple calculation methods, the question of suitability of data is not a problem, as, by definition, the data selected for comparisons and calculations based on them need to originate from transactions concerning similar properties, from the closest markets possible. Such properties are in principle characterised by a large number of identical features (including those identical with the object of appraisal) (Zyga, 2011, 2012; Foryś and Gaca, 2016). Therefore, a relatively small amount of the remaining descriptive data (features differentiating between the objects of transaction) does not pose a major problem. The selection of specific similar properties in the procedures of the comparative approach in fact results in certain subjectivity in the appraisal. This is what the criticism of many supporters of econometric purism is based on. In small data sets, it is relatively difficult to assess correlations between the gathered data concerning the compared properties (which of their features are stronger and which are weaker). Sometimes knowledge about these correlations tends to be implemented in the calculations in a way from the outside, based on historical experience or taken from similar markets. In such cases, the results of averaging performed during the estimation of the final result can be (and usually are) somewhat uncertain (Zyga, 2005). As it ensues from the research quoted above, with reliable valu-

ations of the features of properties on sale, it is possible to achieve the quality of estimation at the level of MPE <10%. It should be stressed that in all cases of such valuations the data on which estimation is based refer to properties maximally similar to the properties which are being valued. The obtained results of calculations are, in turn, referred to specific objects, and not to objects which are representative for a given group of properties.

The current comparative considerations lead to the conclusion that the necessary condition for a positive assessment of the results of calculations as a conclusion concerning “the market value of a specific property” should not only include the technical criteria of the calculation method itself (i.e. relevant values of particular statistical tests), though, obviously, they also need to be met. The basic element of the final criterion of evaluating the kind of “values” among which the obtained number can be included is verifying the type of data on which the calculations which determined it were based, and if the obtained result refers to a specific object or to a certain group/class of objects.

5 CONCLUSIONS CONCERNING METHODS

Analysing the results of available studies quoted above, one can draw the following conclusions. The results of calculations aimed at determining the value of the same properties, performed with the use of different methods (econometric or simplified), often lead to results which are significantly divergent. And this is not exclusively the fault of the differing perception of valuation surveyors. However, this aspect should also be taken into consideration. The basic reason is still the differing sources of data about the property market (respectively: numerous, but not very detailed, or relatively more thorough, but smaller in number for procedural reasons). Moreover, econometric methods do not simply lead to determining the value of specific properties, but are intended to demonstrate model values for typical properties in particular groups of properties. Therefore, it is not possible to compare these results with the attempts to estimate “market values.” In special cases, when the goal of some statistical analysis is to estimate the value of a specific property, the identification of the result as the “market value” of the appraised object is based only on maintaining the rigour of the comparative approach (selection of relevantly similar properties for the analysis).

Zyga's research (Zyga, 2010) has shown that simple methods of appraisal and econometric methods (realised in practice through statistical methods) can lead to approximate and equally credible results. Achieving proximity of estimations of model values to the estimations based on the criterion of similarity (as the basic premise) requires only consistency in using similar or even identical data from a relevant market (as appropriate: local, regional or national), and in both groups of methods - the rigorous use of the criterion of the similarity of properties. Another research indicates the positive role of the selection of comparative properties in minimising the mean error of the estimated value obtained both in simplified methods (Zyga, 2005) and in statistical methods (Zyga, 2016a). Both in the case of using simplified calculation methods and statistical methods, the condition for a significant improvement in the accuracy of estimations of values of various model properties was the selection for analysis of such properties which were similar to the appraised model property. The study by Posten and Mussweiler (2017) also leads to analogous conclusions, though in different research areas. They claim that „comparative thinking is an efficient cognitive strategy that reduces judgemental uncertainty. (...). Similarity-focused comparisons

seem to facilitate information-transfer, which has been suggested to drive the uncertainty-reducing effect of comparisons". In a situation when there exists an appropriately compiled database about sold properties, the data from which would be used both by entities performing appraisals with the use of simplified methods and those who do it using statistical (econometric) methods, it should be expected, then, that the results of particular appraisals will become significantly more similar to one another.

6 CONCLUSIONS FOR THE CADASTRAL DATABASES

The concern of the economies of a number of countries is the potential uncertainty of property appraisal, demonstrated, among others, by the discrepancies between the results of particular appraisals of the same properties or groups of properties. As it was discussed above, a way to counter this problem is to rigorously refer to similar objects (properties). Drawing attention to the question of similarity directs it, as a consequence, toward the problem of data about properties used by the particular analysers (researchers, valuers), who employ basically any method of valuation. In order to obtain repeatability of results of arbitrary appraisals in relevant groups of properties, it is necessary to use the same (or very similar) compilations of information about the property market. A logical response to such need, then, is making relevant, complete and the same data about the market and its elements available to all those who need it. Its existence and transparency (even with limited accessibility) would be indirectly of an advantage to those who perform appraisals (both simple appraisals concerning single objects, and mass appraisals performed with the use of econometric methods). However, the main beneficiary of the proposed changes would be the clients of appraisals, which are of use in many various areas of economy and public administration (credit exposure updates in banking systems, appraisals for tax purposes, imposing government and public agency charges). Therefore, it is the appraisal clients who should be especially concerned with introducing an additional possibility of verifying the results of estimating property value and with achieving repeatability of the results of subsequent appraisals.

In a situation when there is no single reliable source of data not only about the prices themselves, but also about the characteristics of the sold objects, particular publications related to property appraisal are necessarily based on individually collected data. In spite of the due diligence of researchers, there is no guarantee that this data will be the same as in other studies (including scientific research) conducted simultaneously and on the same topic, or in commercial appraisals. In scientific research, usually conducted in an original and individual manner, and concerning phenomena and processes of endemic nature, the lack of repeatability of results is not a pressing problem. In the appraisals whose aim is valuation of assets with legal or economic effects, and which, in addition, are performed en masse and periodically, the threat of the eventuality of poor reliability should be taken seriously. In spite of such high demand for data concerning the most comprehensive possible descriptions of sold properties, such data, except for the cadastral systems in the Netherlands and Germany, is practically missing in the public registries of prices.

Therefore, the call for depositing the above-mentioned, but complete information about property sales and prices in public databases is well-grounded. The best solution would be if these were databases integrated with land information system, or the cadastre. Another recommendation is to provide state supervision, protection and guarantee to such databases (e.g. in terms of the completeness and credibility of information). Such databases should satisfy the needs of many entities. Therefore, their exclusive nature would be inappropriate from the point of view of the needs of democracy and the free market.

Examples of good practices in terms of collecting data about sold properties are the cadastres from the Netherlands and Germany. On a smaller scale, similar databases function in many other countries, but do not collect the complete data which, in its nature, are necessary in performing appraisals. The examples of the latter are the bases of the Polish cadastre (*Rejestr cen i wartości nieruchomości, Registry of property prices and values*) (Zyga, 2016b; Zyga, 2017), the Lithuanian, as well as Latvian and Estonian cadastres (Parsova et al., 2012) or e.g. collections of data about real estate market administered by state organisations in the USA (Kucharska-Stasiak, 2010).

Literature and references:

- Adamczewski, Z. (2006). Elementy modelowania matematycznego w wycenie nieruchomości. Podejście porównawcze. Warsaw: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- Albert, K. (1991). O platońskim pojęciu filozofii. Warsaw: The Institute of Philosophy and Sociology Polish Academy of Sciences.
- Albritton, H. (1982). Controversies in real property valuation: a commentary. Chicago: American Institute of Real Estate Appraisers.
- Altmeyden, H., Brauer, F. (2009). Den fair value fairer machen. Immobilien Finanzierung, 22, 10–12.
- Appraisal Institute (2000). The Appraisal of Real Estate. Chicago: Appraisal Institute.
- Appraisal Standard Board (ASB). (2017). <http://www.uspap.org>
- Barańska, A. (2005). Estymacja parametrów nieliniowych modeli funkcyjnych dla potrzeb predykcji rynkowej wartości nieruchomości. Geodezja, 11 (2), 213–219.
- Barańska, A. (2010). Modele multiplikatywne w procesie wyceny. Studia i materiały Towarzystwa Naukowe Nieruchomości, 18 (1), 65–82.
- Beamonte, A., Gargallo, P., Salvador, M. J. (2013). Retrospective Analysis of the Dwelling Price by Means of STAR Models with Neighborhood Effects. Journal of Real Estate Research, 35 (2), 173–197.
- Bourassa, S., Cantoni, E., Hoesli, M. (2010). Predicting House Prices with Spatial Dependence: a Comparison of Alternative Methods. JREER, 32 (2), 139–159.
- Cannone, J., Macdonald, R. (2005). Valuation without Value Theory. Journal of Real Estate Practice and Education, 6 (1), 113–162.
- Czaja, J. (1997). Modele statystyczne w informacji o terenie. Kraków: Wydawnictwo AGH.
- Dąbrowski, J. (2010). Zastosowanie wybranych metod statystycznych do analizy rynku nieruchomości. <https://www.statsoft.pl/czytelnia.html>
- Foryś, I., Gaca, R. (2016). Application Of The Likert And Osgood Scales To Quantify The Qualitative Features Of Real Estate Properties. Folia Oeconomica Stetinensia, 16 (2), 7–16. DOI: <https://doi.org/10.1515/foli-2016-0021>
- Fornell, C., Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. Journal of Marketing Research, 18 (1), 39–50. DOI: <https://doi.org/10.1177/002224378101800104>
- French, N. (2003). The RICS valuation and appraisal standards. Journal of Property Investment and Finance, 21 (6), 495–501. <https://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/14635780310508649>
- Gatnar, E. (2008). Podejście wielomodelowe w zagadnieniach dyskryminacji i regresji. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Hellwig, Z. (1968). On the optimal choice of predictors, Study VI. Paris: UNESCO.
- Hozer, J. (ed.) (1999). Ekonometryczny algorytm masowej wyceny nieruchomości gruntowych. Szczecin: University of Szczecin, Stowarzyszenie "Pomoc i Rozwój".
- International Valuation Standards Council (IVSC) (2010). Exposure Draft of New International Valuation Standards. London: IVSC.
- Kleiber, W. (2005). Immobilienbewertung in der Bundesrepublik Deutschland. München: Vahlen.
- Kontrimas, V., Verikas, A. (2011). The Mass Appraisal Of The Real Estate By Computational Intelligence. Applied Soft Computing, 11 (1), 443–448. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2009.12.003>
- Kryvobokov, M., Wilhelmsson, M. (2007). Analysing Location Attributes With a Hedonic Model For Apartment Prices In Donetsk. International Journal of Strategic Property Management, 11 (3), 157–178. DOI: <https://doi.org/10.3846/1648715x.2007.9637567>
- Kucharska-Stasiak, E. (2007). Wartość rynkowa dla optymalnego sposobu użytkowania - czy jest optymalna dla wszystkich?. Studia i Materiały Towarzystwa Naukowego Nieruchomości, 15 (1–2), 23–36.
- Kucharska-Stasiak, E. (2010). Powrót do źródeł – dyskusja wokół wartości rynkowej. Rzeczoznawca Majątkowy, 3 (67), 16–22.
- Kuntze, J. (2006). Grundbuchrecht: Kommentar zu Grundbuchordnung und Grundbuchverfügung einschließlich Wohnungseigentumsgrundbuchverfügung 6th edition. Berlin: Walter de Gruyter.
- Kwaśnicki, W. (1998). Ekonomia klasyczna – spojrzenie z innej perspektywy. Ekonomista, 5–6, 603–627.
- Lorenz, D., Lützkendorf, T. (2011). Sustainability and property valuation: Systematisation of existing approaches and recommendations for future action. Journal of Property Investment and Finance, 29 (6), 644–676. DOI: <https://doi.org/10.1108/1463578111171797>
- Łobocki, M. (2003). Teoria wychowania w zarysie. Kraków: Impuls.
- Mach, Ł. (2017). The Application of Classical and Neural Regression Models For The Valuation Of Residential Real Estate. Folia Oeconomica Stetinensia, 17 (1), 44–56. DOI: <https://doi.org/10.1515/foli-2017-0004>
- McCluskey, W., Cornia, G., Walters, L. (2013). A Primer on Property Tax: Administration and Policy. New York: Wiley & Sons. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118454343>

- McParland, C., Adair, A., McGreal, S. (2002). Valuation standards – a comparison of four European countries. *Journal of Property Investment and Finance*, 20 (2), 127–141. DOI: <https://doi.org/10.1108/14635780210420025>
- Mises, L. (1996). *Human Action: a Treatise on Economics*. New York: The Foundation of Economic Education.
- Osland, L. (2010). An Application of Spatial Econometrics in Relation to Hedonic House Price Modeling. *JRER*, 32 (3), 289–320.
- Parsova, V., Gurskiene, V., Kaing, M. (2012). Real Property Cadastre In Baltic Countries. Jelgava: Latvia Univ. of Agriculture. <http://www2.ltu.lv/homepg/zigk/materiali/V.Parsova,%20V.Gurskiene,%20%20M.Kaing.%20Real%20Property%20Cadastre%20in%20Baltic%20Countries.pdf>
- Posten, A., Mussweiler, T. (2017). That certain something! Focusing on similarities reduces judgmental uncertainty. *Cognition*, 165, 121–125. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.05.010>
- Prystupa, M. (2010). Polska szkoła wyceny. *Rzeczoznawca Majątkowy*, 67 (3), 22–27.
- Reber, A., Reber, S. (2005). *Słownik Psychologii*. Warsaw: Scholar.
- Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS) (2017). *RICS Valuation – Global Standards 2017*. London: RICS. <http://www.rics.org/pl/knowledge/professional-guidance/redbook/rics-valuation-global-standards-2017/>
- Shlaes, J. (1984). The Market in Market Value. *Appraisal Journal*, 52, 494–518.
- Standard's Commission of Polish Federation of Valuer's Associations (SCPFVA) (2009). *Krajowy Standard Wyceny Podstawowy Nr 1*. Warsaw: PFVA. <http://pfsrm.pl/storage/download/1452>
- Stoebeck, W., Withman, D. (2000). *The Law of Property*. 3rd edition. St. Paul MN: West Group Publishing.
- Thomas, M. (1995). Income approach versus Ertragswertverfahren. *Grundstücksmarkt und Grundstückswert*, 6 (2), 35–48.
- Zyga, J. (2005). Analiza błędów średnich oszacowania wartości nieruchomości metodą porównywania parametrów. *Przegląd Budowlany*, 7–8, 41–46.
- Zyga, J. (2010). Real estate evaluation model based on the method of least squares. *Budownictwo i Architektura*, 7 (2), 155–162.
- Zyga, J. (2011). Identyfikacja podobieństwa nieruchomości. *Studia i Materiały Towarzystwa Naukowego Nieruchomości*, 19 (4), 141–158.
- Zyga, J. (2012). Istota podobieństwa w procedurach wyceny nieruchomości. *Rzeczoznawca Majątkowy*, 75 (3), 22–26.
- Zyga, J. (2016a). Connection Between Similarity and Estimation Results of Property Values Obtained by Statistical Methods. *Real Estate Management and Valuation*, 24 (3), 5–15. DOI: <https://doi.org/10.1515/remav-2016-0017>
- Zyga, J. (2016b). The usefulness of real estate price and value register in appraisal by comparative methods on the basis of Lublin Voivodeship registers. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, IV(3), 1673–1688.
- Zyga, J. (2017). Evaluation of usefulness of real estate data contained in the estates' prices and values register. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, III (1), 1017–1030.
- Legal acts:
- Baugesetzbuch. Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004, BGBl. I S. 2414.
- Bundesministerium für Umwelt Naturschutz Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), 2006, *Wertermittlungsrichtlinien – WertR 2006*, BMUB, Berlin
- ImmoWertV, 2009, *Verordnung über die Grundsätze für die Ermittlung der Verkehrswerte von Grundstücken (Immobilienwertermittlungsverordnung – ImmoWertV)* Bundesrat Drucksache 296/09, 3 April 2009, available at: <https://www.gesetze-im-internet.de/immowertv/ImmoWertV.pdf>, accessed 2017-09-13.
- Rozporządzenie Rady Ministrów (Regulation RM) z dnia 21 września 2004 r. w sprawie wyceny nieruchomości i sporządzania operatu szacunkowego, Dz. U. z 2004, Nr 207, poz. 2109.
- Ustawa Kodeks Cywilny (Civil Code Act) z dnia 23 kwietnia 1964 r., *Dziennik Ustaw Rok 1964 Nr 16* poz. 93.
- Ustawa o gospodarce nieruchomościami (Act RPM). z dnia 21 sierpnia 1997 r., *Tekst jednolity*: Dz. U. z 2015 r. poz. 782.
- Ustawa o własności lokali (Act PP) z dnia 24 czerwca 1994 r., *Tekst jednolity*: Dz. U. z 2015 r. poz. 1892.



Zyga J. (2019). Object and objective of property appraisal and their effects on valuation methods and databases. *Geodetski vestnik*, 63 (1), 92–103. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.01.92-103>

assoc. prof. Jacek Zyga, Ph.D.

*Lublin University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture
Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin, Poland
e-mail: j.zyga@pollub.pl*

TRIMBLE ONLINE PROCESSING – NOVA STORITEV ZA UPORABNIKE OMREŽJA SIGNAL

TRIMBLE ONLINE PROCESSING – A NEW SERVICE FOR THE USERS OF THE SIGNAL NETWORK

Niko Fabiani, Klemen Ritlop

1 UVOD

Omrežje stalnih postaj GNSS SIGNAL deluje že od leta 2007. Z njim je vzpostavljena osnova državne geoinformacijske infrastrukture in sestavlja ogrodje aktualnega slovenskega državnega koordinatnega sistema. Dostop do produktov RTK omrežja SIGNAL za določitev položaja v realnem času in dostop do arhiva opazovanj stalnih postaj za namen naknadne obdelave sta osnovni storitvi, ki ju omrežje SIGNAL ponuja že od začetka delovanja. V sredini lanskega leta pa se je vodstvo Geodetske uprave Republike Slovenije odločilo za razširitev nabora storitev v omrežju. Programska infrastruktura omrežja SIGNAL je tako bogatejša za modul *Trimble Online Processing* oziroma krajše TOP. Storitev uporabnikom omogoča obdelavo opazovanj statične ali hitre statične izmere GNSS. Rezultat obdelave so izravnane koordinate točke, ki se izračunajo z uporabo stalnih postaj GNSS omrežja SIGNAL.

Delovanje modula smo zadnjih nekaj mesecev preizkušali tako v službi za GNSS na Geodetskem inštitutu Slovenije kot tudi na Geodetski upravi Republike Slovenije ter Katedri za matematično in fizikalno geodezijo ter navigacijo UL FGG. S februarско nadgradnjo sistema omrežja SIGNAL pa je storitev TOP od 1. 2. 2019 na voljo tudi širši javnosti.

2 DELOVANJE STORITVE TOP

Storitev TOP je uporabnikom na voljo neposredno prek spletne aplikacije, do katere lahko dostopajo prek spletnega portala RINEX omrežja SIGNAL. Uporaba storitve je izredno enostavna in uporabnik razen spletnega brskalnika in dostopa do svetovnega spleta ne potrebuje nobene dodatne programske opreme. Vse, kar mora narediti, je, da svoja opazovanja GNSS prek spletnega vmesnika naloži na strežnik omrežja SIGNAL in počaka nekaj minut, da se izvede obdelava opazovanj. Rezultat obdelave so koordinate točke v državnem koordinatnem sistemu. Za določitev koordinat točke se praviloma obdela šest baznih vektorjev do šestih najbližjih stalnih postaj omrežja SIGNAL. Ti vektorji pomenijo vhodni podatek v izravnavo po metodi najmanjših kvadratov, katere končni rezultat so ocenjene koordinate izmerjene točke s pripadajočimi standardnimi odkloni. Tu velja opozoriti, da standardni odkloni predstavljajo le medsebojno skladnost baznih vektorjev in niso mera točnosti koordinat v državnem koordinatnem sistemu. Dejanska kakovost koordinat je odvisna od različnih dejavnikov, kot so metoda in čas trajanja izmere (statika, hitra statika), uporabljeni instrumentarij in pribor, razmere med izmero (odprtost neba,

moteči dejavniki, ki povzročajo velik odboj signala ...), način centriranja (togo grezilo, stativ) idr.

Rezultati obdelave, tj. koordinate točke v državnem koordinatnem sistemu, so na voljo v obliki poročila PDF in datoteke XML, ki ju je mogoče prenesti neposredno s spletne aplikacije storitve TOP, omogočeno pa je tudi pošiljanje rezultatov po elektronski pošti.

3 NADGRADNJA APLIKACIJE

Aplikacija TOP v različici, v kakršni jo distribuira proizvajalec, ni v celoti ustrezala našim zahtevam. Rezultati obdelave so bili podani le v obliki kartezičnih 3D-koordinat (X, Y, Z) in elipsoidnih koordinat (φ, λ, h) v državnem geodetskem datumu D96, skupaj z normalno višino H v državnem višinskem sistemu SVS2010. Manjkale pa so koordinate, ki se v praksi uporabljajo najpogosteje – koordinate v državnem ravninskem koordinatnem sistemu D96/TM (e, n). Prav tako je bilo poročilo z rezultati na voljo le v angleškem jeziku.

Dejstvo, da rezultati ne vsebujejo koordinat v državnem ravninskem koordinatnem sistemu D96/TM, je bilo za nas velika pomanjkljivost. Da bi bila storitev TOP uporabnikom čim prijaznejša in jim ne bi bilo treba za pridobitev koordinat v državnem ravninskem koordinatnem sistemu uporabljati dodatnih orodij za pretvorbo koordinat, smo se na Geodetskem inštitutu Slovenije odločili, da aplikacijo TOP nadgradimo. Zaradi zaprtosti sistema nismo mogli neposredno predelati oziroma dopolniti obstoječe aplikacije, zato smo razvili samostojno aplikacijo, ki v ozadju deluje vzporedno z osnovno aplikacijo TOP. Ko aplikacija TOP konča obdelavo opazovanj, rezultate prevzame naša aplikacija, ki elipsoidne koordinate pretvori v ravninske koordinate D96/TM. Dodatno se izvedeta še dve enostavni kontroli kakovosti rezultatov obdelave. S prvo se preveri število baznih vektorjev, ki so bili vključeni v izravnavo. Praviloma se obdelajo šest baznih vektorjev, v izravnavo pa so vključeni le tisti, za katere so bile fazne nedoločenosti razrešene v domeni naravnih števil. Če so v izračun koordinat vključeni le trije bazni vektorji ali manj, lahko sklepamo, da so opazovanja slabše kakovosti in je kakovost tako dobljenih koordinat vprašljiva. V takšnem primeru je na poročilu o obdelavi opazovanj izpisano ustrezno opozorilo. Z drugo kontrolo se preveri medsebojna skladnost baznih vektorjev. Če je zagotovljen dovolj dolg niz kakovostnih opazovanj, je pričakovana skladnost baznih vektorjev na ravni centimetra. Če je standardni odklon posamezne koordinate višji od 10 centimetrov, lahko sklepamo, da so bila v obdelavo posredovana opazovanja slabše kakovosti. Tudi v tem primeru se v poročilu o obdelavi opazovanj izpiše opozorilo o vprašljivi kakovosti koordinat. Na koncu se ustvari novo poročilo o obdelavi opazovanj v slovenskem jeziku, ki vsebuje osnovne podatke in parametre obdelave opazovanj, končne koordinate točk in morebitna opozorila. Koordinate točke so podane v obliki D96/XYZ (kartezične 3D-koordinate v državnem geodetskem datumu D96), D96/ $\varphi\lambda h$ (elipsoidne koordinate v državnem geodetskem datumu D96) in D96/TM (ravninske koordinate v ravninskem državnem koordinatnem sistemu D96/TM). Višina točke H je podana kot normalna višina v višinskem sistemu SVS2010 (višinski datum Koper). Poročilo o obdelavi je uporabniku na voljo v formatu PDF, rezultati obdelave pa so dodatno na voljo tudi v obliki datoteke XML.

4 UPORABA STORITVE TOP

Uporabniki se s spletnim brskalnikom na strežnik omrežja SIGNAL prijavijo s svojim uporabniškim imenom in geslom. V aplikaciji TOP se najprej naloži stran, ki vam omogoča, da datoteke svojih te-

renskih meritev naložite na spletni strežnik SIGNAL. Podprti formati datotek z opazovanji GNSS so RINEX 2.xx, RINEX 3.xx, Hatanaka RINEX in interni formati Trimble (DAT, TGD, T01 in T02). Datoteka z opazovanji mora vsebovati samo statična opazovanja na eni točki z istim instrumentarijem ter dvofrekvenčna kodna in fazna opazovanja (L1 in L2).

Ko se datoteka z opazovanji naloži, je vaše naročilo v čakalni vrsti za obdelavo. V aplikaciji imate možnost videti vsa naročila, pretekla in tista, ki so bodisi v čakalni vrsti bodisi v procesu obdelave. Ko je obdelava končana, imate možnost prenosa datotek z rezultati v obliki PDF ali XML na vaš računalnik. Slika 1 prikazuje del aplikacije, ki omogoča pregled nad vašimi naročili.



Trimble @ Pivot Web Post-Processing My Orders

Naročila v obdelavi

Naročilo	Datoteka	Čas nalaganja datoteke	E-poštni naslov	Status
77	Order_735.zip	2019-03-06 13:37	gps@gis.si	Processing

Dokončana naročila

Naročilo	Datoteka	Čas nalaganja datoteke	E-poštni naslov	Status		
76	Order_735.zip	2019-03-06 07:45	gps@gis.si	Delivered		
60	BODO318N.18o.zip	2019-02-12 08:55	gps@gis.si	Delivered		
59	RADO053K.17o.zip	2019-02-12 08:50	gps@gis.si	ProcessingFailed		
50	BODO035B.19o.zip	2019-02-04 10:40	gps@gis.si	Delivered		
39	JBT 1500.18o	2019-01-28 10:21	gps@gis.si	Delivered		

Refresh Orders

Slika 1: Programsko okolje modula TOP.

V poročilu (slika 2) so poleg koordinat podani standardni odkloni koordinat iz izravnave baznih vektorjev, ki pa, kot je bilo že navedeno, ne predstavljajo dejanske točnosti koordinat v državnem koordinatnem sistemu, temveč le medsebojno skladnost baznih vektorjev.

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

GEODETSKA UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE

OMREŽJE SIGNAL
SLUŽBA ZA GNSS

Poročilo o izračunu koordinat točke GSR1

www.gu-signal.si/top

Podatki o naročilu

ID naročila:	76
Datoteke z opazovanji:	GSR1030000.19o
Datoteke naložene dne:	6. 3. 2019 08:45:23
Sprejemnik GNSS:	LEICA GRX1200GGPRO
Antena GNSS:	LEIATS04GG LEIS
Višina antene:	0,065 m
Referenčna točka antene:	dno nosilca antene (bottom of antenna mount)

Podatki o obdelavi

Začetek izmere:	30. 1. 2019 14:00:00 GPS
Konec izmere:	30. 1. 2019 14:29:45 GPS
Interval registracije:	15,0 s
Uporabljene efemeride:	s satelita oddane efemeride

Bazni vektorji

Bazni vektor	Dolžina [km]	Opazovanja (vsa / uporabna / uporabljena / %)	Uporabljeni sateliti
GSR1 – GSR1	0,00	1786 / 119 / 120 / 101 %	9 GPS / 8 GLN
GSR1 – TREB	39,25	1786 / 119 / 120 / 101 %	9 GPS / 8 GLN
GSR1 – IDRI	40,10	1786 / 119 / 120 / 101 %	8 GPS / 7 GLN
GSR1 – RADO	43,65	1786 / 119 / 120 / 101 %	9 GPS / 8 GLN
GSR1 – CELJ	58,06	1786 / 119 / 120 / 101 %	9 GPS / 8 GLN
GSR1 – ILIB	58,19	1786 / 119 / 120 / 101 %	9 GPS / 7 GLN

Koordinate točke GSR1

D96/XYZ		
Koordinata	Vrednost	σ [m]
X [m]	4292609,807	0,002
Y [m]	1113638,987	0,001
Z [m]	4569215,388	0,002

D96/ $\phi\lambda h$		
Koordinata	Vrednost	σ [m]
ϕ	46° 02' 53,27064" S	0,001
λ	14° 32' 37,36189" V	0,001
h [m]	351,660	0,003

D96/TM + SVS2010/H Model geoida: SLO VRP 2016 Koper		
Koordinata	Vrednost	σ [m]
e [m]	464688,602	0,001
n [m]	101026,826	0,001
H [m] (višinski datum Koper)	305,201	/

Poročilo pripravljeno 6. 3. 2019 ob 08:45:55 UTC s programsko opremo Trimble Online Processing, različica 4.1.3.

Geodetska uprava Republike Slovenije in Trimble Navigation Ltd ne odgovarjata za škodo, ki bi morebiti nastala uporabniku ali tretjim osebam v pravem razmerju z uporabo, ki je posledica napak v prevzetih podatkih ali zaradi motenj pri delovanju storitev.

Slika 2: Poročilo z rezultati obdelave terenskih meritev GNSS.

5 REGISTRACIJA

Za dostop in uporabo storitve se lahko registrirate na spletnih straneh omrežja SIGNAL. Obrazec je na voljo na spletni povezavi www.gu-signal.si/pogodba. Na podlagi izpolnjenega obrazca vam bomo poslali uporabniško ime in geslo ter pogodbo za uporabo storitev omrežja SIGNAL.

V okviru storitev TOP ponujamo dva paketa. Paket storitev TOP komercialno omogoča brezplačen dostop do portala RINEX in plačljivost storitev preoblikovanja, tj. naknadne obdelave opazovanj sta-

tične in hitre statične izmere GNSS. Drugi paket pa je storitev TOP nekomercialno, namenjen je vsem uporabnikom, ki so upravičeni do brezplačne uporabe storitev omrežja SIGNAL v skladu z veljavno zakonodajo. Nekomercialni uporabniki so organi in organizacije javne uprave, ki podatke uporabljajo za opravljanje javnih nalog, ter nosilci javnih pooblastil in javnih služb.

Več o poteku registracije, naročniških paketih in cenah lahko preberete na spletnih straneh SIGNAL na naslovu www.gu-signal.si/top.

6 SKLEP

Metoda RTK-izmere GNSS je gotovo najbolj priljubljena metoda geodetske izmere v praksi, a ima kljub temu nekatere slabosti in omejitve. Izmere RTK ni mogoče izvajati na območjih, ki so slabo oziroma sploh niso pokrita s signalom GSM. Na teh območjih je edina rešitev vzpostavitev lokalne geodetske mreže s statično oziroma hitro statično metodo izmere in izmera detajla s klasično izmero. V tem primeru moramo opazovanja GNSS obdelati v pisarni z ustrezno programsko opremo za naknadno obdelavo opazovanj. V podobnem položaju se lahko znajdemo na območjih z zelo veliko ovirami oziroma zaprtim obzorjem, predvsem na južni strani neba, saj tam sprejemnik GNSS stalno izgublja inicializacijo. Na ponovno inicializacijo čakamo tudi po več minut, lahko pa se zgodi, da se na nekaterih točkah sploh ne vzpostavi. Kakovost RTK-izmere ne takšnih območjih je vprašljiva, zato je tam zagotovo boljša izbira vzpostavitev lokalne mreže s statično GNSS izmero in izmera detajla s klasično izmero – z vidika časovne ekonomičnosti in kakovosti koordinat.

Z uvedbo storitve TOP širimo ponudbo storitev omrežja SIGNAL. Storitev je namenjena vsem, ki bi jo želeli uporabljati, predvsem pa ciljamo na uporabnike, ki se izogibajo statični in hitri statični metodi izmere, ker nimajo v lasti ustrezne programske opreme za naknadno obdelavo opazovanj GNSS. TOP je preprost za uporabo ter lahko prihrani čas in denar, ki bi ga sicer zapravili na terenu z iskanjem vzroka, zakaj RTK-meritev ne deluje.

Storitev je cenovno umeščena tako, da vas stane enako, kot če bi naročili RINEX-podatke za obdobje terenskih meritev in jih nato obdelali sami. Da bi uporabniki lahko spoznali način delovanja storitve in jo preizkusili, smo uvedli testno obdobje, v katerem bo storitev do konca marca 2019 za uporabnike brezplačna.

Niko Fabiani, univ. dipl. inž. geod.
Geodetski inštitut Slovenije, Služba za GNSS
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: niko.fabiani@gis.si

Klemen Ritlop, mag. inž. geod. geoinf.
Geodetski inštitut Slovenije, Služba za GNSS
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: klemen.ritlop@gis.si

POLEMIKA: POMIK PROTI VZHODU ALI ZAHODU

POLEMIC: FALSE EASTING OR WESTING

Tomaž Ambrožič

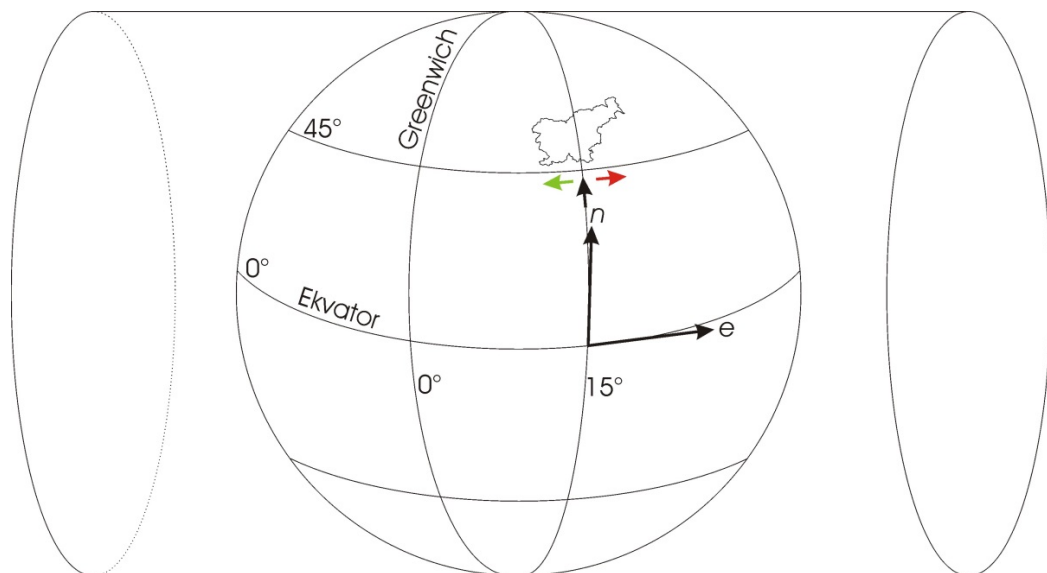
V Zakonu o državnem geodetskem referenčnem sistemu (ZDGRS, 2014) piše, da koordinatni sistem zagotavlja pogoje za enolično določanje in izražanje položaja objektov in pojavov s prostorskimi koordinatami na ozemlju Republike Slovenije. Državni prostorski koordinatni sistem je določen s parametri horizontalne in vertikalne sestavine ter z državno kartografsko projekcijo. Parametre horizontalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema, imena teh sestavin in državno kartografsko projekcijo je predpisala vlada Republike Slovenije z izdajo Uredbe o določitvi parametrov horizontalne sestavine in gravimetričnega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema, imen teh sestavin in državne kartografske projekcije (Uredba, 2014; v nadaljevanju: Uredba). V 4. členu te uredbe je zapisano, da je državna kartografska projekcija prečna Mercatorjeva projekcija, ki jo določajo:

- rotacijski elipsoid: GRS80,
- izhodiščni vzporednik: 0° ,
- srednji poldnevnik projekcije: 15° ,
- pomik proti severu: $-5\,000\,000$ metrov,
- pomik proti vzhodu: $500\,000$ metrov,
- modul projekcije: 0,9999,
- oznaka: TM.

Izhodišče koordinatnega sistema je v presečišču slik izhodiščnega vzporednika (ekvatorja – ravnika) in srednjega poldnevnik (meridiana) projekcije. Slika oziroma projekcija izhodiščnega vzporednika na projekcijski ravnini določa os e , s pozitivno smerjo proti vzhodu. Slika oziroma projekcija srednjega poldnevnik projekcije na projekcijski ravnini določa os n , s pozitivno smerjo proti severu. Narišimo določbe kartografske projekcije na sliko 1.

Meridian 15° vzhodne geografske širine poteka skoraj po sredini Slovenije. Točke zahodno od srednjega poldnevnik bi imele negativne koordinate, točke vzhodno od srednjega poldnevnik pa pozitivne koordinate (točke na srednjem poldnevniku bi imele vrednost ordinat $e = 0$ m). V izogib računanju z negativnimi števili izvedemo modifikacijo, tako da vsem točkam prištejemo vrednost $500\,000$ metrov, kar predvideva uredba. Prištevanje vrednosti $500\,000$ metrov vsem ordinatam točk pomeni:

1. navidezni pomik vse Slovenije za $500\,000$ metrov proti vzhodu oziroma
2. navidezen pomik koordinatnega sistema proti zahodu.



Slika 1: Pomik koordinatnega sistema.

Ker leži Slovenija med 5 000 in 6 000 kilometri severno od ekvatorja, lahko abscise zmanjšamo za 5 000 000 metrov (izvedemo modifikacijo za $-5\,000\,000$ metrov, kar predvideva uredba). Tako dobimo za eno (prvo) števko (cifro) manjšo vrednost koordinat – z manjšimi števili pač lažje računamo. Zmanjšanje abscis točk za 5 000 000 metrov pomeni:

1. navidezen pomik vse Slovenije za 5 000 000 metrov proti jugu oziroma
2. navidezen pomik koordinatnega sistema proti severu.

Modifikacijo obeh koordinat točk v Sloveniji lahko izvedemo torej na dva načina:

1. ali navidežno pomaknemo vso Slovenijo,
2. ali navidežno pomaknemo koordinatni sistem.

Če se odločimo za prvo možnost, potem navidežno pomaknemo vso Slovenijo za 500 000 metrov proti vzhodu (da povečamo ordinate točk za 500 000 metrov) in za 5 000 000 metrov proti jugu (da zmanjšamo abscise točk za 5 000 000 metrov), kar je po mojem mnenju v nasprotju z uredbo, v kateri je navedeno, da izvedemo pomik proti severu.

Če se odločimo za drugo možnost, potem navidežno pomaknemo koordinatni sistem proti severu (da zmanjšamo abscise točk za 5 000 000 metrov – na sliki 1 je prikazan pomik koordinatnega sistema s črno puščico), in za 500 000 metrov proti zahodu (da povečamo ordinate točk za 500 000 metrov – na sliki 1 je to prikazano z zeleno puščico). Na sliki 1 smo sicer z rdečo puščico prikazali tudi pomik koordinatnega sistema proti vzhodu, kakor je navedeno v uredbi, vendar menim, da je to napačno (saj ne moremo za eno koordinato pomakniti vse Slovenije, za drugo pa koordinatni sistem). Torej se moramo odločiti za eno možnost in biti pri tem dosledni. Prav bi bilo tudi, da bi v uredbi pri določitvi prečne Mercatorjeve projekcije, ki določa, kateri je srednji poldnevnik projekcije, dodali, da gre za vzhodne geografske širine, torej 15° E.

Literatura in viri:

ZDGRS (2014). Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu. Uradni list RS, št. 25/14 z dne 11. 4. 2014. <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO6446>, pridobljeno 20. 11. 2018.

Uredba (2014). Uredba o določitvi parametrov horizontalne sestavine in gravimetričnega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema, imen teh sestavin in državne kartografske projekcije. Uradni list RS, št. 57/14 z dne 25. 7. 2014. <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/118579>, pridobljeno 20. 11. 2018.

izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič, univ. dipl. inž. geod., univ. dipl. inž. rud.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana

e-naslov: tomaz.ambrozic@fgg.uni-lj.si

DIGITALNI ARHIVI NEPREMIČNINSKIH EVIDENC

DIGITAL ARCHIVES OF REAL ESTATE DATA

Danijel Boldin, Majda Mavec, Janez Slak

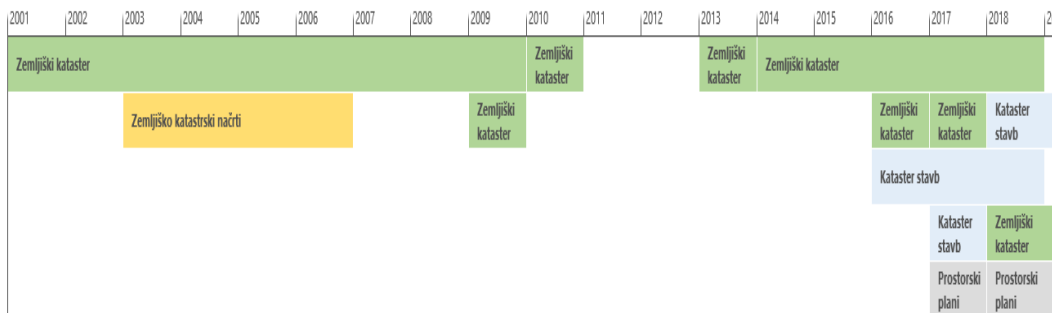
Podatki o nepremičninah so zapisani v evidencah, ki se stalno spreminjajo in povečujejo. Na letni ravni število novih in spremenjenih podatkov zemljiškega katastra in katastra stavb presega 500.000 dokumentov. Spremembe nastanejo bodisi na zahtevo lastnikov in drugih upravičenih strank ali po uradni dolžnosti. Podatki so strukturirani ter med seboj povezani in soodvisni. Arhiv o nepremičninskih evidencah sestavljata katastra v grafični in pisni obliki.

Naš odnos do dela predhodnih, sedanjih in prihodnjih generacij geodetov nam nalaga, da se do teh podatkov vedemo skrbno in odgovorno. V Geodetskem vestniku je leta 2013 dr. Joc Triglav zapisal: »Latinski pregovor pravi: Historia magistra vitae est – zgodovina je učiteljica življenja.«

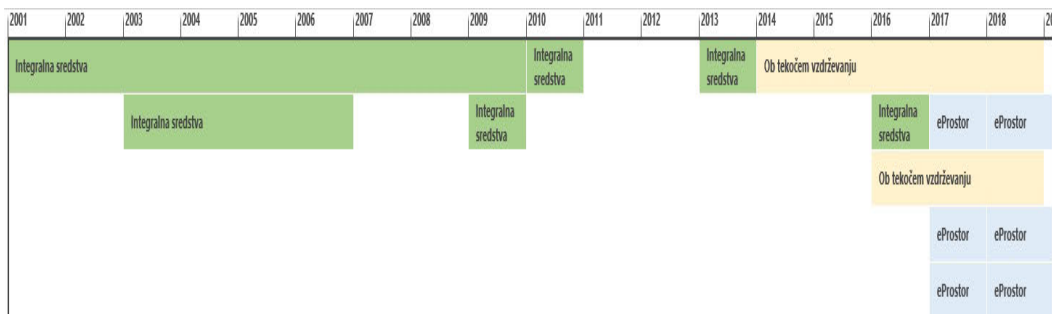
Geodeti smo s skupnimi močmi zmogli toliko energije, znanja in sredstev, da smo ob upoštevanju navedene resnice spihali prah z vsebin bogate in kakovostne strokovne tradicije, jo digitalizirali in »na svetlo dali« strokovni javnosti. Pri tem si želimo predvsem, da bomo gradiva zdaj, ko so lažje dostopna, hoteli in znali prebrati ter se iz njih tudi kaj naučiti. Večletni projekt digitalizacije arhivskih dokumentov nepremičninskih evidenc Geodetske uprave Republike Slovenije smo v letu 2019 uspešno pripeljali do konca.

KRATKA PREDSTAVITEV PROJEKTA

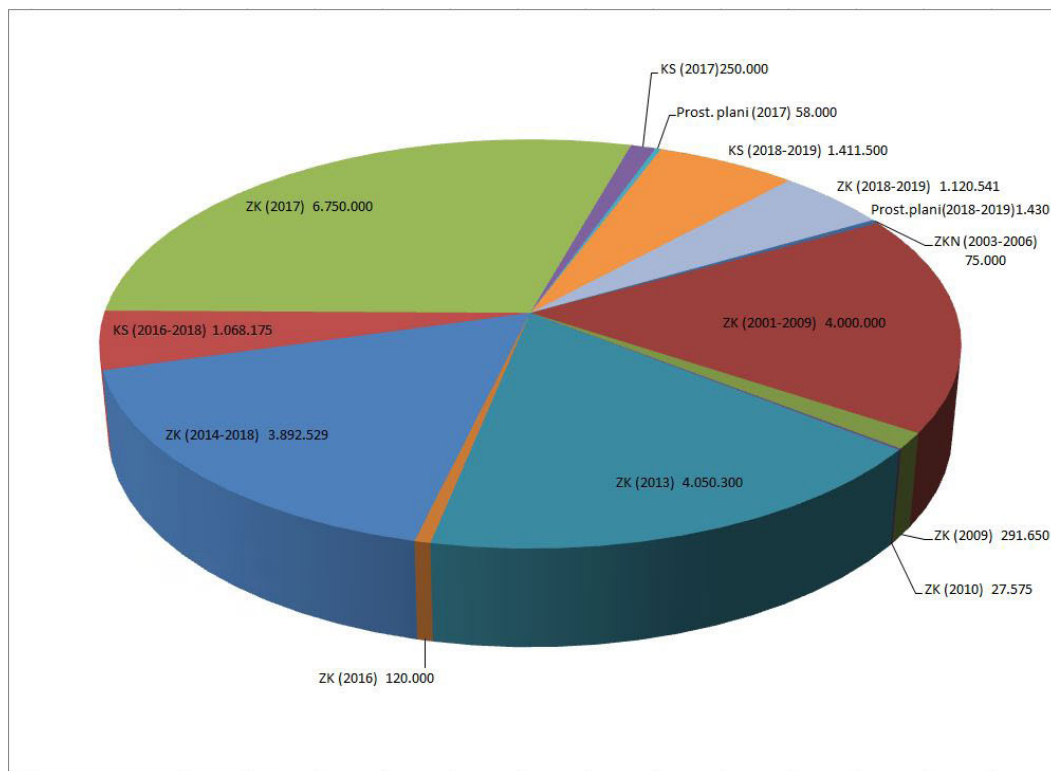
Predstavitve časovnega poteka, virov financiranja, obsega del in poizvedb po rezultatih projekta digitalizacije arhivskih dokumentov so podane na slikah 1–5.



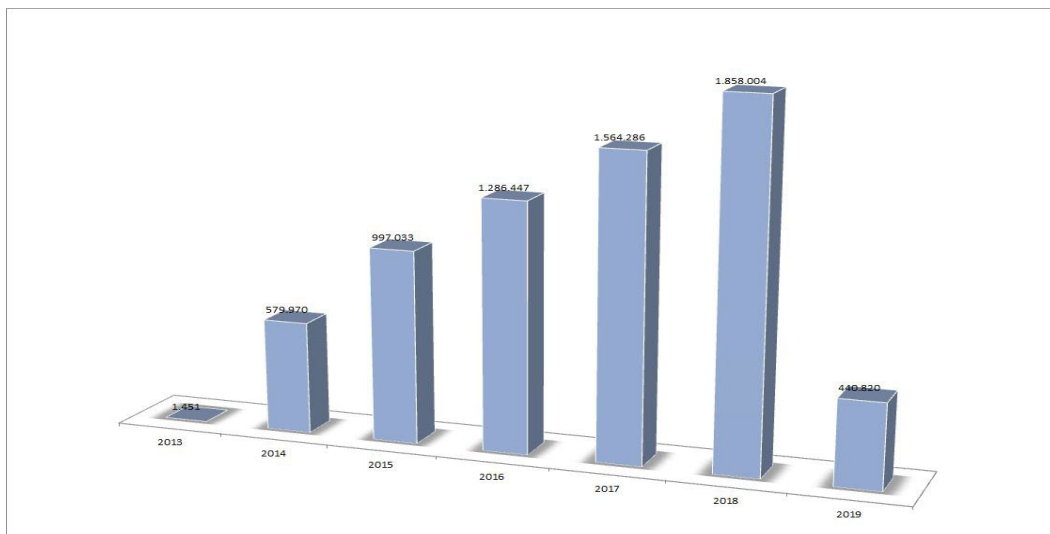
Slika 1: Časovni potek digitalizacije.



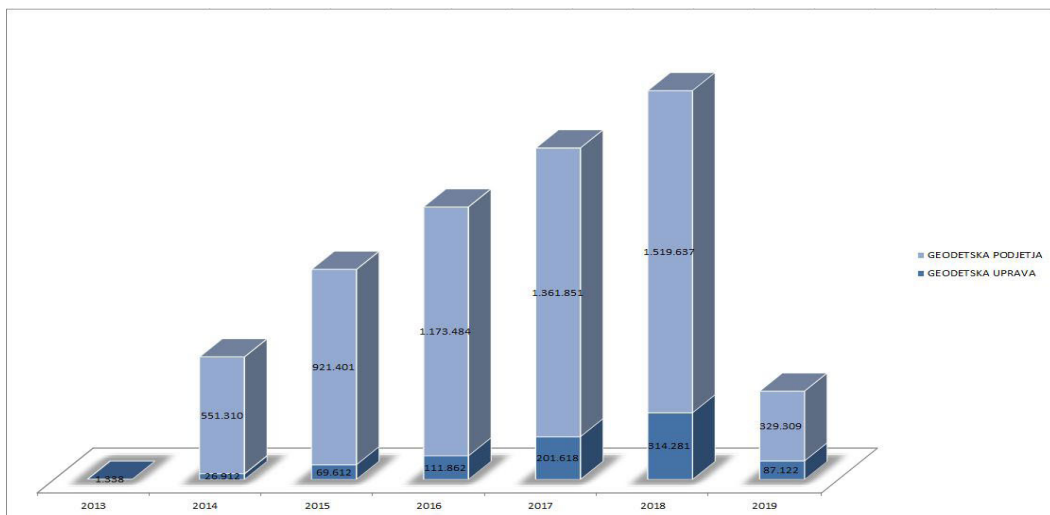
Slika 2: Digitalizacija – viri financiranja.



Slika 3: Obseg digitalizacije – število dokumentov.



Slika 4: Poizvedbe po podatkih po letih.



Slika 5: Poizvedbe po podatkih: geodetska uprava in geodetska podjetja.

mag. Danijel Boldin

Geodetska uprava Republike Slovenije
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: danijel.boldin@gov.si

mag. Janez Slak

Geodetska uprava Republike Slovenije
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: janez.slak1@gov.si

Majda Mavec

Geodetska uprava Republike Slovenije
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: majda.mavec@gov.si

'OKO SOKOLOVO' 'EAGLE EYE' – UTRINKI Z IGF – GLIMPSES FROM THE IGF

Joc Triglav

1 UVOD

V prejšnji številki Geodetskega vestnika se je dr. Dalibor Radovan z Geodetskega inštituta Slovenije s prispevkom *Marjan Smrekar – In memoriam* poslovil od svojega nekdanjega sodelavca, gospoda Marjana Smrekarja, univ. dipl. inž. geodezije, ene od ključnih oseb začetnega obdobja delovanja Inštituta za geodezijo in fotogrametrijo FAGG (nekdanji IGF, danes Geodetski inštitut Slovenije). V prispevku je med drugim opisal svoj prvi stik z gospodom Smrekarjem z besedami (cit.): »Ko sem kot štipendist prvič prišel na inštitut na poletno prakso, me je v prvo delo uvedel prav on z besedami: *Za začetek kariere boš risal balistična logaritmična računalna, stol pa ti bo odstopil tale kratkohladni junak, ki je že opravil s to prakso*. Upam, da ne bom omajal strokovne avtoritete kolega dr. Joca Triglava, če razkrijem, da je bil ta 'junak' v kratkih hlačah prav on ...«

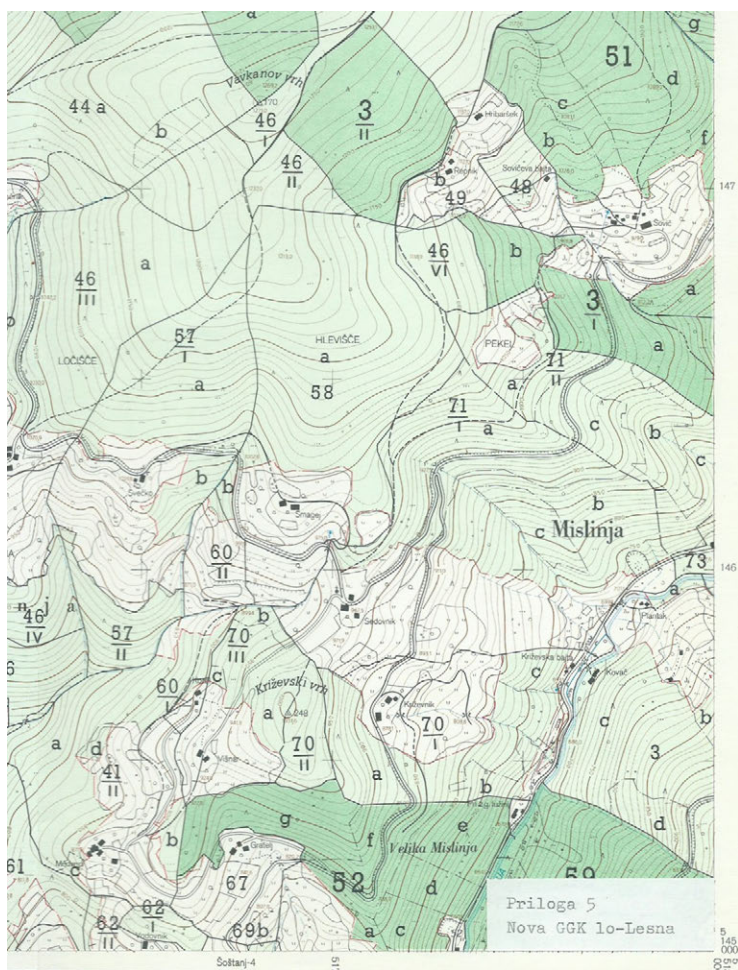
2 PREDZGODBA Z GOZDNOGOSPODARSKO KARTO

Skrb za omajano strokovno avtoriteto je odveč, saj je bilo zgoraj navedeno delo pred desetletji eno od tistih, pri katerih sem se utrdil v uporabi inovativnih in učinkovitih rešitev pri izvajanju obsežnih in napornih nalog. Za kratek opis svojega dela na inštitutu bom v naslednjih odstavkih film spomina zavrtel nazaj za 40 let, v čase, ko sem s študentskim delom ob študiju geodezije začel pridobivati dragocene praktične izkušnje z različnih področij dela geodetske službe, ki so sooblikovale moje poznejše geodetsko delo vse do današnjih dni.

Na inštitutu, ki mu kljub vmesni spremembi imena še danes kot nekoč rečem preprosto IGF, sem prek študentskega servisa začel delati leta 1979. Takrat sem bil štipendist podjetja Lesna Slovenj Gradec, ki je izvajalo javno službo koroškega gozdnega gospodarstva in združevalo koroško lesnopredelovalno industrijo. Koroški gozdarji so me takrat sprejeli medse kot štipendista, ker so za svoje gospodarjenje z gozdovi potrebovali nove kakovostne gozdnogospodarske karte oziroma načrte, saj njihove stare karte niso več izpolnjevale zahtev in potreb sodobnega časa. Kot naročeni za gozdarje so bili takrat novi temeljni topografski načrti v merilu 1 : 5000 (TTN5) in 1 : 10.000 (TTN10), takratni v evropskem in svetovnem merilu vrhunski izdelek strokovnjakov slovenske geodezije, fotogrametrije in kartografije. Ti načrti so bili podlaga za nove gozdnogospodarske karte. Pri tem smo si pomagali tudi s preglednimi katastrskimi načrti (PKN5), izdelanimi z mozaičnim združevanjem foto pomanjšav izvornih katastrskih načrtov, ki so bili

za gozdna območja Koroške v merilu 1 : 2880. Na podlagi načrtov TTN in PKN smo kot poseben sloj (prosojnico oleato) risali meje in oznake gozdnih oddelkov in odsekov. S takšno gozdarsko nadgradnjo temeljnih topografskih in katastrskih načrtov je postopoma nastajala nova gozdnogospodarska karta koroških gozdarjev.

Za izdelavo gozdnogospodarske karte so se takrat v Lesni Slovenj Gradec dogovorili z IGF-om in tako sem kot štipendist postal nekakšen vezni člen med njima. Na Lesni sem v tesnem sodelovanju z najbolj izkušenimi koroškimi revirnimi gozdarji ob upoštevanju naravnih danosti, prikazanih na načrtih TTN, in parcelnega stanja na PKN risal prosojnice mej gozdnih oddelkov in odsekov. V današnji terminologiji bi temu rekli, da smo izvajali lokacijsko izboljšavo gozdnogospodarskih kart, seveda na klasični analogni način, pri čemer se je katastrska vsebina parcialno prilagajala topografski vsebini na načrtih TTN. Nove gozdnogospodarske karte smo glede na njihovo merilo po analogiji s TTN10 poimenovali s kratico GGK10 (slika 1).



Slika 1: Primer gozdnogospodarske karte GGK10 iz leta 1980, izdelane na podlagi TTN10 in PKN, s prikazom gozdnih oddelkov in odsekov ter gozdnih površin v takratni družbeni (temno zeleno) in zasebni lasti (svetlo zeleno) (Triglav, 1982).

Na IGF-u sem bil nato vključen v zaključni kartografski del priprave reprodukcijskih originalov oleat in 'striping' mask gozdnih površin za tisk gozdnogospodarskih kart. Skozi minula desetletja se je spomin na ta dela že delno zabrisal, živo pa se spomnim takratnih sodelavk in sodelavcev kolektiva IGF. Glede na naravo svojega študentskega dela pri izdelavi gozdnogospodarskih kart sem bil sprva v dnevnem stiku predvsem s sodelavkami risarskega oddelka, ki ga je z veliko skrbnostjo in pedantnostjo 'kot iz škatlice' vodila gospa Albina Pregl, pri kateri so se kot po tekočem traku izmenjevali vedno novi naročniki del, večinoma s takratnih občinskih geodetskih uprav. Risarke na njenem oddelku so bile same odlične sodelavke, v vseh pogledih, ne samo po risarskem mojstrstvu. Vsaka s svojimi osebnostnimi značilnostmi in svojimi zgodbami iz življenja, ki so jih znale pripovedovati tako doživeto in vedno obarvano na humorne tone, da smo se kljub napornemu risarskemu delu imeli lepo. Piko na i je prispeval še sodelavec na stereometrografu, ki nam je dnevno postregel z opisi svojih dogodivščin, ob katerih smo se pogosto nasmejali do solz. Sčasoma sem ob delu spoznaval vse več sodelavk in sodelavcev na drugih oddelkih inštituta in z vsemi smo se dobro razumeli, v meni pa se je vedno znova potrjeval občutek, da je IGF tako po človeški kot po strokovni in znanstveni plati odličen kolektiv.

3 'OKO SOKOLOVO'

Med tistimi, ki sem jih poleg sodelavk z risarskega oddelka najpogosteje videval, je bil gotovo gospod Smrekar. Zelo pogosto je v svoji beli halji prišel naokoli na risarski oddelek po različnih opravkih in njegov zvonki smeh smo s hodnika slišali že od daleč. Rad je dobrovoljno poklepetal z nami in se pozanimal, kako gre delo, ter ob tem spotoma stresel še kakšno priložnostno šalo. Ko sem se s svojim dnevnim študentskim delom že dodobra »udomačil« na inštitutu, je nekega jutra prišla k meni sodelavka gospoda Smrekarja in mi sporočila, naj se nemudoma in nujno oglasim pri njem. Med potjo proti njegovi pisarni, ki je bila diagonalno na drugi strani inštituta, sem razmišljal, za kaj neki gre, vendar nisem niti slutil, kakšno presenečenje me čaka.

Ko sem potrkal na vrata pisarne gospoda Smrekarja in vstopil, sem namreč ob njem za mizo zagledal dva oficirja srednjih let v uniformah. Gospod Smrekar me je predstavil oficirjema približno z besedami, da sem »pri nas trenutno najboljši človek za ta posel, pravo 'oko sokolovo'«. Nato mi je predstavil še oficirja z Vojnogeografskega inštituta v Beogradu. Pojasnili so mi, da gre za delo, ki bo lahko trajalo več let, z oddajo del strogo na predvidene roke, pri čemer je potrebna velika točnost, je pa dobro plačano. In nato sem izvedel, da gre za risanje dolgih ravnil na folijo na podlagi podatkov v računalniških izpisih. Eden od oficirjev je vzel iz velike torbe debel sveženj izpisov na računalniškem papirju in povedal, da je to testni paket podatkov za prvih osem ravnil, in mi pokazal vzorec ravnila. Predlagali so mi, da poskusno izdelam ta ravnila, in če bodo uspešno prestala strojni kontrolni preizkus v podjetju Libela Celje, se bomo dogovorili za nadaljnje sodelovanje. Po pričakovanjih na podlagi njihovih dotedanjih izkušenj pri izdelavi ravnil naj bi izdelal vsaj eno ravnilo na teden in temu je bilo prilagojeno tudi plačilo. Po kratkem ogledu izpisov in premisleku, ki je trajal nekaj sekund, sem se strinjal, da bom izdelal testno serijo. Izgubiti namreč nisem imel kaj: v najslabšem primeru, če mi delo ne bi šlo od rok ali bi bili rezultati preslabi, bi za osem tednov dela vseeno dobil dobro plačilo; če pa bi bil na testu uspešen, na kar sem seveda upal in ciljal, bi imel dalj časa stabilno in zelo dobro plačano študentsko delo. Segli smo si torej v roke, sam pa sem z debelim svežnjem številčk odšel nazaj v risarski oddelek. Kasneje se je gospod Smrekar še oglasil pri meni in me podučil, da gre za resno zadevo in zelo odgovorno delo, kjer se bom moral potruditi, kolikor

le zmorem, da ne bo kakšne sramote in izgube za inštitut, če bi bilo na strojni kontroli ravnil preveč 'ausšusov'. Ni mi torej preostalo drugega, kot da se skrbno in temeljito lotim dela.

Prvo ravnilo sem začel risati tako, da sem za vsako posamezno črtico sproti pogledal vrednost v računalniškem izpisu in jo nanese na folijo. Ampak zadeva se je vlekla v nedogled, strani izpisov s ciframi pa sem lahko le počasi obračal naprej. Takoj sem začel iskati možnosti za poenostavitev in pospešitev dela, zato sem si strani s ciframi začel podrobno in natančno ogledovati od začetka do konca in nazaj, da bi zaznal kakšno uporabno 'pravilo' v teh podatkih balističnih krivulj. In kmalu se mi je 'posvetilo', da se intervali za posamezne cifre pri vseh ravnilih sicer ne spreminjajo enako za enake vrednosti, vendar pa se spreminjajo po enakih pravilih. To je bil moj 'heureka' trenutek. Seveda je bilo treba vse skupaj še preizkusiti v praksi z izdelavo istega ravnila na dva različna načina; prvega po dolgočasni in naporni metodi, drugega pa po hitri poenostavljeni metodi. V izpisih sem si torej označil mesta, kjer se interval spremeni, in si jih kot referenčne položaje nanese na folijo. Vmesna mesta med referenčnimi mesti na ravnilu pa sem potem nanašal 'na pamet' v enakih intervalih. Tako je nastalo ravnilo po hitri poenostavljeni metodi. Iste podatke sem potem za kontrolo na ločeno ravnilo vnašal še posamično po dolgočasni in naporni metodi. Sledila je vizualna primerjava obeh ravnil na svetilni mizi, da bi preveril medsebojno skladnost nanesenih črtic na obeh ravnilih. Skrben in temeljit večkratni pregled skladnosti obeh ravnil je pokazal, da so prav vse črtice na obeh ravnilih na povsem enakih mestih, vsaj kolikor je to lahko ocenilo moje 'oko sokolovo'. Moja 'inovacija' je bila torej uspešna.

To je pomenilo, da bom za izdelavo ravnil potreboval bistveno manj časa, kot je bilo predvideno. Hkrati je to pomenilo, da bom za enako plačilo za izdelavo ravnil porabil manj časa in bom s tem imel občutno več časa za študij. Sami plusi, skratka. Seveda pa je bilo treba testno serijo ravnil najprej narisati in počakati na izvedbo kontrol ter ugotovitev morebitnih slabo izdelanih ravnil in njihovo ponovno izdelavo. Ponovna izdelava ravnila bi namreč šla na moj račun, zanjo ne bi dobil plačila. Na srečo sem testno serijo ravnil izdelal brezhibno, saj strojna kontrola v Libeli Celje v ravnilih ni našla napak. Gospod Smrekar je bil skupaj z menoj zelo zadovoljen, oficirja pa tudi. Tako se je na inštitutu začela moja kariera 'kratkohlačnega junaka' na področju izdelave ravnil. Na vsake tri do štiri tedne sem prejel novo 'goro' računalniških izpisov. Delo sem opravljal v zgodnjih jutranjih urah, od 6. do 8. ure, potem sem šel nekaj nadstropij višje na predavanja in vaje ter se praviloma vrnil po 13. uri in nadaljeval do 15. ure. Svojo tehniko dela sem tako izpilil, da sem v dobrem letu in pol tako izdelal skupno 168 ravnil, tj. 21 serij po 8 ravnil. Kot se za 'oko sokolovo' spodobi, nobeno od ravnil na strojni kontroli ni bilo zavrnjeno in ob spominu na to dejstvo me še dandanes obide občutek zadovoljstva.

4 SLIKA

Kakšne slike ravnila za ponazoritev te zgodbe nimam na razpolago, mi je pa takrat sodelavec iz tiskarne IGF naslikal umetniško abstraktno sliko, ki sem jo zaradi 'očes' v spodnjem desnem delu slike poimenoval *Oko sokolovo* (slika 2). Sliko je izdelal brez čopiča, tako da je z lopatico ('špahtlom') postrgal zadnje ostanke barv iz tiskarskih posod in jih potem z umetniškim navdihom s špahtlom s hitrimi potezami nanese na papir. Ta slika še danes krasi moj delovni kotiček in me navdihuje vsa ta leta, saj v njej vsakič znova vidim kaj novega, ob večerni utrujenosti pa mi zna s svojimi živimi barvami zbistriti um in v njej lahko vedno najdem vse, kar hočem (op. p.: Priporočam ogled slike v barvah v spletni verziji vestnika na www.geodetski-vestnik.com!).



Slika 2: 'Oko sokolovo' v abstraktni umetniški podobi sodelavca iz tiskarne IGF, ki je s 'špahtlom' z ostanki tiskarskih barv ustvarjal krasne slike (foto: Triglav, 2019).

5 SKLEP IN ČESTITKA

V obdobju izdelave ravnil nisem prekinil svojega sodelovanja pri izdelavi GGK10. Delo je teklo naprej in delno sem ga opisal v svojem diplomskem delu na temo izdelave temeljnih kartografskih prikazov za potrebe gozdarstva (Triglav, 1982). Občasno sem po potrebi priskočil na pomoč tudi pri kakšnem drugem delu na inštitutu in pri vsakem sem se kaj novega naučil, kar mi je kasneje koristilo v strokovni praksi. V mislih sem se še dolgo po koncu študija občasno vračal k sodelavkam v risarskem oddelku inštituta, zato je bil eden od mojih prvih zapisov v Geodetskem vestniku namenjen prav sestavi, delovanju in uporabi tehničnih peres (Triglav, 1987), enemu od glavnih risarskih orodij, s katerim so risarke na inštitutu znale tako mojstrsko ravnati.

Kasneje, predvsem od konca 80. let prejšnjega do prvih let tega stoletja, ko smo na geodetski upravi v Murski Soboti intenzivno delali na digitalizaciji grafičnega dela zemljiškega katastra, sem v sodelavcih inštituta našel vrhunske strokovnjake in znanstvenike, s katerimi sem vsa leta odlično sodeloval pri izdelavi kakovostnih digitalnih katastrskih načrtov in drugih kartografskih izdelkov.

IGF je zame vedno bil in ostal pojem strokovne kakovosti, inovativnosti in predanosti dobremu sodelovanju, znotraj kolektiva, z vsemi v geodetski službi in s strankami. Danes, v pogojih silovitega napredka merskih in informacijsko-komunikacijskih tehnologij, slovenska geodetska služba potrebuje vrhunski geodetski inštitut še bolj kot doslej, predvsem pri uvajanju sodobnih tehnologij za določanje geolokacije

in večsenzorskega daljinskega zaznavanja v dnevno geodetsko prakso ter izrabi možnosti umetne inteligence in tehnik globokega učenja za hitre in kakovostne rezultate obdelav ogromnih količin zbranih prostorskih podatkov.

In čisto na koncu, z rahlo zamudo: kolektivu Geodetskega inštituta Slovenije ob 65-letnici čestitam za uspešno delo in želim, da ohranja in nadgrajuje svetlo strokovno, znanstveno in poslovno tradicijo IGF!

Literatura:

Triglav, J. (1982). Izdelava temeljnih kartografskih prikazov za potrebe gozdarstva. Diplomsko naloga. FAGG, Ljubljana, 65 str. + pril.

Triglav, J. (1987). Sestava, delovanje in uporaba tehničnih peres. Geodetski vestnik, 31 (1), 87–93.

dr. Joc Triglav, univ. dipl. inž. geod.
 Območna geodetska uprava Murska Sobota
 Lendavska ulica 18, SI-9000 Murska Sobota
 e-naslov: joc.triglav@gov.si

NOVICE IZ STROKE NEWS FROM THE FIELD

NOVICE GEODETSKE UPRAVE RS

IMENOVANJE NOVEGA DIREKTORJA GEODETSKE UPRAVE RS

Vlada RS je na seji dne 26. februarja 2019 imenovala novega generalnega direktorja Geodetske uprave Republike Slovenije. Po izteku petletnega mandata dosedanjemu generalnemu direktorju Antonu Kupicu je bil za generalnega direktorja z mandatom od 28. 2. 2019 do 27. 2. 2024 imenovan Tomaž Petek.

Med odmevnejšimi projekti, ki jih je geodetska uprava začela izvajati oziroma jih je izvedla v okviru mandata prejšnjega generalnega direktorja, velja izpostaviti evropski program projektov e-prostor, ki ga geodetska uprava izvaja skupaj z ministrstvom za okolje in prostor. Namen programa je pospešiti in izboljšati procese pri prostorskem načrtovanju, graditvi objektov in upravljanju nepremičnin na podlagi povezljivih, enostavno dostopnih in zanesljivih zbirk prostorskih podatkov. Program vsebuje naloge za razvoj skupne infrastrukture za prostorske podatke, naloge za razvoj prostorskega informacijskega sistema, informacijsko prenovu nepremičninskih evidenc ter zajem in izboljšanje kakovosti prostorskih podatkov, vključno s skeniranjem arhivov nepremičninskih evidenc ter lokacijsko izboljšavo grafičnega dela zemljiškega katastra. V preteklem mandatu je geodetska uprava med drugim pripravila Strategijo razvoja državne geodetske službe, v kateri so opredeljeni vizija, strateški projekti in kazalniki razvoja državne geodetske službe do leta 2025.

TRANSFORMACIJA PODATKOV EVIDENC GEODETSKE UPRAVE V NOVI KOORDINATNI SISTEM

Geodetska uprava RS je v januarju uspešno izvedla transformacijo podatkov v novi državni geodetski koordinatni sistem D96/TM. Priprave na transformacijo so potekale od začetka leta 2018, sama transformacija pa je bila uspešno izvedena od 4. do 21. januarja 2019. Geodetska uprava RS, ki je skrbnik podatkov, bo še do leta 2021 zagotavljala podatke v obeh koordinatnih sistemih (D84/GK in D96/TM), po tem pa bodo uradni prostorski podatki na voljo samo še v novem koordinatnem sistemu. Upravljavcem zbirk prostorskih podatkov in drugim uporabnikom bo geodetska uprava zagotovila brezplačno programsko opremo za transformacijo ter strokovno pomoč in podporo pri prehodu v novi koordinatni sistem. Izpostaviti namreč velja, da Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu (Uradni list RS, št. 25/2014) določa, da so za izvedbo transformacije svojih zbirk v novi koordinatni sistem odgovorni upravljalci zbirk prostorskih podatkov.

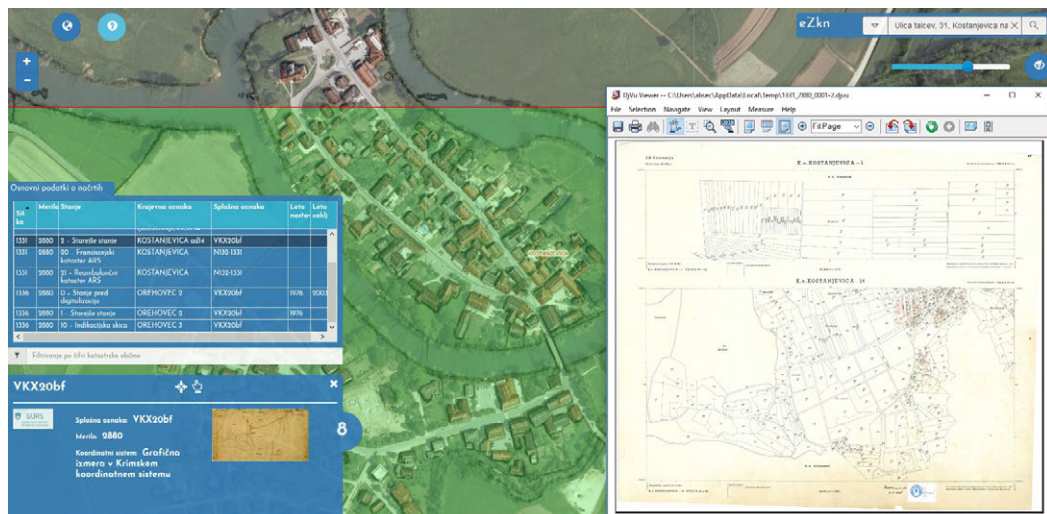
Slovenija je z uvedbo novega državnega koordinatnega sistema, ki temelji na evropskem koordinatnem sistemu, med drugim sledila zahtevam in priporočilom direktive Inspire ter resolucije Združenih narodov

o geoprostorskih podatkih. Da je Slovenija prepoznala potrebo po »prostorskem povezovanju« že zelo zgodaj, priča dejstvo, da je vlada že pred petnajstimi leti sprejela Strategijo osnovnega geodetskega sistema in s tem začrtala svojo usmeritev k medopravilnosti, povezljivosti in dostopnosti prostorskih podatkov.

Za vsebinska vprašanja se lahko uporabniki obrnete na naslov: info@geovrata.si.

PREGLEDOVALNIK ARHIVSKIH ZEMLJIŠKOKATASTRSKIH NAČRTOV

Geodetska uprava RS je januarja 2019 uporabnikom ponudila novo aplikacije eZKN za pregledovanje arhivskih zemljiškokatastrskih načrtov, ki jih hranita Geodetska uprava RS in Arhiv RS. Rešitev omogoča pregledovanje digitalnih slik zemljiškokatastrskih načrtov (ZKN), ki jih hrani geodetska uprava, ter indikacijskih katastrskih načrtov franciscejskega in reambulančnega katastra, ki jih hrani arhiv. Rastrske slike ZKN Geodetske uprave so zapisane v stisnjenem formatu DjVu, za katerega je potreben vtičnik (dodatek za spletni brskalnik). Podatki Arhiva Slovenije so zapisani v formatu JPG v slabši ločljivosti. Kakovostnejše podatke je mogoče pridobiti pri arhivu pod ustreznimi pogoji.



Slika 1: Uporabniški vmesnik pregledovalnika arhivskih gradiv eZKN.

Do pregledovalnika lahko dostopate prek spletne povezave: <https://gis.gov.si/ezkn/>.

POROČILO O SLOVENSKEM NEPREMIČNINSKEM TRGU ZA PRVO POLLETJE 2018

Geodetska uprava RS je v decembru 2018 objavila poročilo o nepremičninskem trgu za prvo polletje 2018. V tem obdobju se je nadaljevala rast trga, ki se je pričela z obratom cen stanovanjskih nepremičnin leta 2015. Število in vrednost sklenjenih kupoprodajnih poslov z nepremičninami sta bila v primerjavi z rekordnimi številkami, ki so bile dosežene v prvi polovici leta 2017, sicer nekoliko manjša, a še vedno ostajata na visoki ravni. Rahel upad trgovanja z nepremičninami v zadnjem letu je posledica zmanjševanja števila transakcij s stanovanjskimi nepremičninami, to pa je predvsem posledica pomanjkanja ponudbe

novih stanovanj in rasti cen. Cene stanovanjskih nepremičnin so bile v prvi polovici leta v povprečju sicer še pod rekordnimi iz leta 2008, so se jim pa po pospešeni rasti v zadnjem letu že zelo približale. Pri tem so cene hiš s pripadajočim zemljiščem, ki so od obrata cen rastle nekoliko počasneje od cen stanovanj v večstanovanjskih stavbah, kazale močnejši trend nadaljnje rasti kot cene stanovanj.

Poročilo je dostopno na naslovu:

www.e-prostor.gov.si/fileadmin/etn/Porocila/Polletno_porocilo_za_leto_2018.pdf.

2. KONFERENCA PROGRAMA PROJEKTOV EPROSTOR

V prostorih Hiše EU je 6. decembra 2018 potekala 2. konferenca programa projektov eProstor, ki sta jo organizirala ministrstvo za okolje in prostor (MOP) ter Geodetska uprava RS. Širši strokovni javnosti so bili predstavljeni dosedANJI dosežki enega največjih projektov na področju prostorskega načrtovanja, graditve in upravljanja nepremičnin. Cilj programa je z združevanjem ter boljše povezljivostjo podatkov zagotoviti večjo preglednost in učinkovitost pri urejanju prostora, graditvi objektov in upravljanju nepremičnin.



Slika 2: Državni sekretar Aleš Prijon z ministrstva za okolje in prostor in vodja programskega sveta eProstor.

Državni sekretar Aleš Prijon z ministrstva za okolje in prostor ter vodja programskega sveta eProstor je v nagovoru poudaril, da želijo na ministrstvu z eProstorom pospešiti in izboljšati procese na področjih urejanja prostora, graditve objektov in upravljanja nepremičnin, procese in podatke pa tudi medsebojno povezati. Z rezultati projekta bodo po njegovih besedah odpravljene administrativne ovire in zagotovljeni enostavno dostopni, kakovostni uradni podatki o nepremičninah, prostoru in graditvi. Pred enim letom je bila na poti k temu cilju sprejeta nova prostorska in gradbena zakonodaja ter dva predpisa s področja

evidentiranja in vrednotenja nepremičnin, ravno kar pa je v strokovni obravnavi tudi nov sistemski zakon o katastru nepremičnin.

Državni sekretar Leon Behin je kot eden od uvodnih govorcev orisal vlogo ministrstva za javno upravo v projektu eProstor in pri tem izpostavil dobro sodelovanje z ministrstvom za okolje in prostor ter geodetsko upravo pri zagotavljanju pogojev za informatizacijo in uporabo prostorskih podatkov.



Slika 3: Generalna direktorica direktorata za prostor, graditev in stanovanja na MOP Barbara Radovan.

Anton Kupic, generalni direktor Geodetske uprave RS, je povedal, da si je geodetska uprava za enega bistvenih ciljev strategije razvoja do leta 2025 zadala povečati razpoložljivost kakovostnih in uradnih prostorskih podatkov ter operativno odličnost. Geodetska uprava bo v okviru eProstora do konca leta 2021 informacijsko prenovila nepremičninske evidence in s tem vzpostavila enotno informacijsko rešitev, ki bo omogočala sodobno delovanje nepremičninskega sistema ter zagotavljala enotno državno prostorsko infrastrukturo. Hkrati bo do konca marca 2019 vzpostavila digitalni arhiv zemljiškega katastra in katastra stavb. Na področju lokacijske izboljšave bo izboljšala grafične podatke zemljiškega katastra oziroma pozicijsko natančnost katastrskega načrta na območjih stavbnih zemljišč.

Generalna direktorica direktorata za prostor, graditev in stanovanja na MOP *Barbara Radovan* je izpostavila, da bosta z eProstorom vzpostavljena prostorski informacijski sistem in e-poslovanje v javni upravi pri načrtovanju prostora in graditvi objektov. Uvedeno bo elektronsko poslovanje pri pripravi, sprejemanju, uveljavljanju ter uporabi državnih, regionalnih in občinskih prostorskih aktov ter pri procesih graditve in izgradnje sistema za vodenje podatkov o stavbnih zemljiščih.

Mag. Erna Flogie Dolinar, namestnica generalnega direktorja geodetske uprave in vodja programa projektov

eProstor, je izpostavila ključne rezultate oziroma dosežke projekta v tem letu ter pozvala vse deležnike k aktivni sodelovanju pri implementaciji rezultatov. Na konferenci so bili predstavljeni osnovni okvir oziroma standard za podatke in storitve v eProstoru, ki jih določa direktiva Inspire, koncept vzpostavitve sodobnega prostorskega informacijskega sistema, elektronsko poslovanje na področju prostorskega načrtovanja (ePlan), elektronsko poslovanje na področju graditve (eGraditev) in dejavnosti v zvezi z množičnim zajemom podatkov o dejanski rabi poseljenih zemljišč in evidence stavbnih zemljišč. Predstavljen je bil tudi digitalni arhiv zemljiškega katastra in katastra stavb, lokacijska izboljšava grafičnega dela zemljiškega katastra, informacijska prenova nepremičninskih evidenc ter informatika in distribucija eProstora.

Več informacij:

<http://www.projekt.e-prostor.gov.si/skupno/novica/2konferenca-programa-projektov-e-prostor/>.

Vir: Geodetska uprava RS in spletna stran projekta e-prostor

NOVICE UNIVERZE V LJUBLJANI, FAKULTETE ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

DELAVNICA ESA Φ -LAB – PREBOJNE TEHNOLOGIJE PRI OPAZOVANJU ZEMLJE

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani je skupaj z ministrstvom za gospodarski razvoj in tehnologijo 15. februarja 2019 organizirala enodnevno srečanje o uporabi podatkov in možnih rešitvah na področju opazovanja Zemlje. Na srečanju se je zbralo približno šestdeset udeležencev iz podjetij, raziskovalnih in izobraževalnih organizacij, pridružili so se jim predstavniki centra za opazovanje Zemlje pri Evropski vesoljski agenciji.



Slika 4: Udeležence je pozdravil dekan Fakultete za gradbeništvo in geodezijo prof. dr. Matjaž Mikoš.

Po pozdravu *prof. dr. Matjaža Mikoša*, dekana Fakultete za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani, in mag. Aleša Cantaruttija, državnega sekretarja na ministrstvu za gospodarski razvoj in tehnologijo, so predstavniki Evropske vesoljske agencije spregovorili o možnostih, ki jih na področju opazovanja Zemlje ponujajo sateliti Sentinel programa Copernicus. Predstavili so stanje in veliko potrebo po uporabi strojnega učenja, saj je količina podatkov tako velika, da brez najnaprednejših tehnik ne moremo pridobivati dobrih informacij. Predstavljeni so bili aktualni in načrtovani razpisi, ki bi bili lahko zanimivi za slovenske organizacije.

Sledila je predstavitev uspešno opravljenih študij v Sloveniji. *Grega Milčinski* iz podjetja Sinergise je predstavil platformo Sentinel Hub, ki je trenutno najbolj priljubljena tako med širšo javnostjo kot razvojniki. *Dr. Sašo Džeroski* iz Inštituta Jožef Stefan je pokazal tehnike strojnega učenja, ki so jih uporabili pri okoljskih študijah, dr. Tatjana Veljanovski iz Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti pa je predstavila uporabo posnetkov Sentinel-2 za opazovanje v Afriki. Dogodek se je sklenil z razpravo, ki je potrdila bogate izkušnje opazovanja Zemlje v Sloveniji in pokazala nekatere nove priložnosti.

Zapisal: dr. Krištof Oštir, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

KATASTRSKA DELAVNICA NA UL FGG

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani je v soorganizaciji z Geodetsko upravo RS ter Geodetskim inštitutom Slovenije v februarju organizirala delavnico s področja zemljiškega katastra z naslovom *Novi načini posodabljanja uradnih katastrskih podatkov v nekaterih zveznih deželah Republike Nemčije – primeri uporabe programske opreme za izravnavo in homogenizacijo v katastrski terenski praksi*. Na delavnici se je zbralo približno petdeset udeležencev z geodetske uprave, geodetskega inštituta in zasebnih geodetskih podjetij, predstavniki Inženirske zbornice Slovenije, Združenja izvajalcev geodetskih storitev ter predstavniki in člani Društva sodnih izvedencev geodetske stroke.

Glavna govorca sta bila *Bernd Aschoff* in *Franz-Georg Brauwers*. Bernd Aschoff je direktor in solastnik podjetja Technet GmbH, ki zagotavlja inženirske storitve na področjih integracije geoprostorskih podatkov z geodetskim pristopom, obdelave podatkov laserskega skeniranja ter izračunov statike struktur lahkih lupin. Podjetje ima pisarne v Berlinu in Stuttgartu. Leta 1989 so začeli delovati na mednarodni ravni, tako jih danes najdemo v več kot 40 državah po vsem svetu. Njihove rešitve uporabljajo tudi nekatere organizacije v Sloveniji, med drugimi naša geodetska uprava. Na delavnici je Bernd Aschoff predstavil dve temi, in sicer *Izboljšavo položajne točnosti geometričnih katastrskih podatkov v nekaterih zveznih deželah Nemčije* na primeru zveznih dežel Brandenburg in Baden-Wurtemberg ter *Transformacijo katastrskih podatkov iz GK v UTM* s tako imenovano UTM-diaagnostiko.

Franz-Georg Brauwers je lastnik in direktor nemškega podjetja GEOSOFT geodetski sistemi iz Gelderna, ki zaposluje računalniške strokovnjake in pooblašcene geodete. Poslanstvo podjetja je razvijati kakovostne informacijske sisteme za podporo geodetski izmeri in katastrskim sistemom v Nemčiji. Z rešitvami povezujejo terenske storitve, računske izvedbe ter organizacijske zahteve zasebnih in javnih geodetov. Franz-Georg Brauwers je predstavil in demonstriral obdelavo geometričnih podatkov katastra

pri vzdrževanju katastrskih podatkov z izravnavo in homogenizacijo v programskem paketu Geo8 z integriranim programom Systra v nemški zvezni deželi Severno Porenje - Vestfalija.

Sledila je razprava, v kateri so udeleženci aktivno sodelovali, kar priča o aktualnosti teme ter koristnosti izvedene delavnice.



Slika 5: Udeleženci so zbrano sledili predavanjem.

Zapisal: dr. Marjan Čeh, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

NOVICE IZ NEWS FROM GEODETSKIH DRUŠTEV PROFESSIONAL SOCIETIES

NOVICE ZVEZE GEODETOV SLOVENIJE



SVETOVNI DAN GEODETOV JE 21. MAREC

Tehnološki razvoj ter vse večje povpraševanje po prostorskih informacijah in geolokacijskih storitvah krepi vlogo geodezije in geoinformatike v današnji družbi. Predvsem zaradi vse večjega pomena geodetov v družbi je bil lani na konferenci Svetovne banke *Land and Poverty* v Washingtonu na pobudo mednarodne zveze geodetov FIG (fran. Fédération Internationale des Géomètres, www.fig.net), Evropskega sveta inženirjev geodezije CLGE (fran. Comité de Liaison des Géomètres Européens, www.clge.eu) in ameriške zveze geodetov NSPS (angl. National Society of Professional Surveyors) razglašen **svetovni dan geodetov**, ki ga zaznamujemo **21. marca**.

MARJAN JENKO DOBITNIK PLAKETE ZVEZE GEODETOV SLOVENIJE ZA ŽIVLJENJSKO DELO

Zveza geodetov Slovenije (ZGS) je v četrtek, 14. marca 2019, na slavnostni akademiji v okviru 47. geodetskega dneva podelila plaketo za življenjsko delo geodetu **Marjanu Jenku**. V imenu zveze je Marjanu Jenku nagrado izročil predsednik ZGS mag. **Blaž Mozetič**, iskrene čestitke pa mu je med drugimi izrekel slavnostni govornik na akademiji mag. **Dejan Židan**, predsednik Državnega zbora RS.



Slika 1 (levo): Prejemnik plakete ZGS Marjan Jenko (Foto: Jaka Šulin).



Slika 2 (desno): Prejemnik plakete ZGS Marjan Jenko (tretji z leve) z direktorjem Geodetske uprave RS Tomažem Petkom, predsednikom Državnega zbora RS mag. Dejanom Židanom in predsednikom Zveze geodetov Slovenije mag. Blažem Mozetičem (od leve proti desni) (Foto: Jaka Šulin).

Marjan Jenko, ki prihaja s Tolminskega, je lani praznoval 90 let. Šolanje je začel pred drugo svetovno vojno v takratni Italiji, po končani srednji šoli v Postojni se je vpisal na geodetski odderek takratne Tehniške

visoke šole v Ljubljani. Diplomiral je leta 1952, nakar se je leta 1953 zaposlil na Geodetskem zavodu LRS. V letu 1961 se je devet mesecev strokovno izpopolnjeval na Kraljevi tehniški visoki šoli (KTH) v Stockholmu na Švedskem, na Finskem geodetskem inštitutu v Helsinkih in na Inštitutu za uporabno geodezijo v Frankfurtu v Nemčiji. Leta 1959 je bil izvoljen za asistenta na Geodetskem oddelku takratne Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, kjer se je tudi redno zaposlil. Leta 1969 se je spet zaposlil na Geodetskem zavodu SRS, vendar je z letom 1973 spet začel sodelovati z oddelkom za geodezijo, vse do akademskega leta 1994/1995, tokrat kot učitelj s skrajšanim delovnim časom. Medtem je leta 1983 pridobil pedagoški naziv docent.

Poleg pedagoškega dela se je vključil v raziskovalno delo in bil nosilec raziskovalnih nalog. Rezultati raziskav so med drugim objavljeni v obširnih elaboratih z naslovoma: *Temeljne triangulacijske mreže SRS* in *Geodetske mreže*. Kot priznan geodetski strokovnjak, poznan tudi v tujini, je imel vrsto predavanj na kongresih in slovenskih geodetskih dnevih. Marjan Jenko ni bil le pedagog in raziskovalec, bil je predvsem vodilni geodetski strokovnjak v praksi. Kot vodja ali strokovnjak je sodeloval v številnih projektih, predvsem na področjih izmere in sanacije geodetskih mrež, opazovanj v geodinamičnih mrežah in mikromrežah. Bil je med pionirji razvoja programskih rešitev za geodetske izračune in prve risalnike. Med pomembne in zahtevne naloge lahko uvrstimo vodenje računske faze geodetskih del za libijski projekt *Coastal Belt Water* ter strokovno mentorstvo in sodelovanje pri geodetskih delih za karavanški predor.

Poleg skrbi za razvoj stroke v nekdanjem razvojnem podjetju in na univerzi je bil ves ta čas tudi pomemben član stanovskih organizacij, ki so skrbale za razvoj in modernizacijo geodetske stroke. Tako je imel funkcije v Zvezi geodetov Slovenije ter Zvezi geodetskih in inženirjev in geometrov Jugoslavije, katere častni član je postal leta 1988. Izpostaviti velja, da je Marjan Jenko med drugim avtor izračuna položaja geometričnega središča Slovenije GEOSS. Od leta 1990 je v pokoju, a se strokovno ni upokojil. Predvsem so poznani njegovi strokovni in poljudni-strokovni članki v Geodetskem vestniku in drugih revijah. Njegovo strokovno in družbeno udejstvovanje v strokovnih združenjih, ki se je nadaljevalo tudi z upokojitvijo, kaže, da je imel in ima geodetsko stroko resnično rad.

Zveza geodetov Slovenije se mu zahvaljuje za izjemen prispevek k razvoju geodetske stroke v Sloveniji. Predvsem velja izpostaviti, da je Marjan Jenko geodet, ki je svoje znanje iz strokovno bogate prakse znal zelo preprosto, pa vendar znanstveno prenašati na mlajši rod, tako na fakulteti kot na sodelavce.

Zapisali: dr. Anton Prosen, dr. Anka Lisec in Jožica Marinko, za Zvezo geodetov Slovenije

SLAVNOSTNA AKADEMIJA ZVEZE GEODETOV SLOVENIJE OB 8. EVROPSKEM DNEVU GEODETOV IN GEOINFORMATIKOV

Zveza geodetov Slovenije je s slavnostno akademijo zaznamovala 8. evropski dan geodetov in geoinformatikov ter svetovni dan geodetov. Slavnostna akademija je potekala v Kulturnem centru Janeza Trdine v Novem mestu v okviru 47. geodetskega dneva, tradicionalnega letnega simpozija Zveze geodetov Slovenije. Dogodek je zveza organizirala skupaj z Dolenjskim geodetskim društvom in v sodelovanju z Ministrstvom za okolje in prostor RS, Geodetsko upravo RS, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani, Geodetskim inštitutom Slovenije, Inženirsko zbornico Slovenije ter Združenjem geodetskih izvajalcev GIZ-GI.



Slika 3 (levo): Slavnostni govornik na slavnostni akademiji ZGS mag. Dejan Židan, predsednik Državnega zbora Republike Slovenije (Foto: Jaka Šulin).



Slika 4 (desno): Zahvala Marjana Jenka ob prejemu Plakete Zveze geodetov Slovenije za življenjsko delo (Foto: Jaka Šulin).

Številne obiskovalce iz Slovenije in tujine je pozdravil mag. **Blaž Mozetič**, predsednik Zveze geodetov Slovenije. Poudaril je pomen angažiranosti in motivacije vsakega posameznika za uresničevanje poslanstva in razvoj vsake stroke, tudi geodezije.

Slavnostni govornik na akademiji mag. **Dejan Židan**, predsednik državnega zbora, je izpostavil pomen geodetske stroke za posameznika in družbo, dotaknil pa se je tudi vse večjih pričakovanj družbe v smislu naprednih geodetskih in geoinformacijskih rešitev. To je, skupaj s hitrim tehnološkim razvojem, izredno velik izziv za celotno geodetsko stroko – tako v raziskovalni sferi, v javnem sektorju kot v zasebnem sektorju, je sklenil. Motivacijskemu govoru uspešnega športnika in župana **Mirana Stanovnika** je sledila podelitev plakete Zveze geodetov Slovenije za življenjsko delo gospodu **Marjanu Jenku**.



Slika 5: Gost Miran Stanovnik, župan in znani športnik, o motivaciji (Foto: Jaka Šulin).



Slika 6: Gostitelji in gosti slavnostne akademije (z leve proti desni): **Boštjan Pucelj** (predsednik Dolenjskega geodetskega društva), **Jožica Marinko** (generalna sekretarka ZGS), **Miran Stanovnik** (vabljeni govornik na akademiji), mag. **Erna Flogie Dolinar** (namestnica direktorja Geodetske uprave RS), **Gregor Macedoni** (župan mestne občine Novo mesto), mag. **Dejan Židan** (predsednik Državnega zbora RS), Marjan Jenko (prejemnik plakete), mag. **Blaž Mozetič** (predsednik ZGS), **Tomaž Petek** (direktor Geodetske uprave RS), **Milan Brajnik** (direktor Geodetskega inštituta Slovenije), dr. **Bojan Stopar** (predstojnik Oddelka za geodezijo na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo UL), dr. **Marjan Čeh** (Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo UL) (Foto: Jaka Šulin).

Zapisali: Jožica Marinko in dr. Anka Lisec, za Zvezo geodetov Slovenije

STROKOVNI SIMPOZIJ V OKVIRU 47. GEODETSKEGA DNEVA V NOvem MESTU

47. geodetski dan se je simbolično začel v četrtek popoldan z odprtjem razstavnega prostora geodetskih in geoinformacijskih podjetij ter drugih institucij, ki delujejo na tem področju. Kot je bilo že navedeno, je sledila slavnostna akademija, med katero je Zveza geodetov Slovenije podelila plaketo zveze za življenjsko delo gospodu **Marjanu Jenku**.

Petkov program, strokovni simpozij, se je začel s pozdravnimi govori. Najprej je številne udeležence nagovoril mag. **Blaž Mozetič**, predsednik Zveze geodetov Slovenije, otvoritveni govor pa je imel **Aleš Prijon**, državni sekretar na ministrstvu za okolje in prostor. Pozdravu mag. **Gregorja Macedonija**, župana mestne občine Novo mesto, **Tomaža Petka**, generalnega direktorja Geodetske uprave RS, ter predsednika Dolenjskega geodetskega društva **Boštjana Puclja** je sledil strokovni program z vabljenimi predavatelji.

Uvodnemu predavanju dr. **Marjana Čeha** s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, predsedniku programskega odbora 47. geodetskega dneva, ki je predstavil izzive geodetske stroke predvsem z vidika usposobljenosti in kompetenc sodobnega geodeta, je sledilo vabljenno predavanje dr. **Borisa Dularja** iz novomeške tovarne zdravil Krka d. d. Dr. Dular je izpostavil, da so v Krki že od vsega začetka delovanja svojo razvojno in raziskovalno ter tržno uspešnost povezali z znanjem kot strateško usmeritvijo in konkurenčno prednostjo. V sodelovanju z znanstvenimi in raziskovalnimi ustanovami je Krka z načrtnim izobraževanjem in usposabljanjem zagotovila kritično maso znanja, ki zagotavlja poslovno uspešnost na svetovnem trgu. V Krki se zavedajo, da so za uspeh ključni ljudje.

Gost iz Irke **Raymond Murphy**, lastnik in *izvršni direktor strateškega vodenja pri mednarodnem geodetskem podjetju Murphy Surveys* z več kot 250 zaposlenimi, je predstavil kadrovske in poslovne izzive, s katerimi se srečujejo pri delovanju na področju geodezije in geoinformatike v enajstih državah. Izkušnje na področju izobraževanja in regulacije geodetske stroke je za primer Hrvaške predstavil gost z Geodetske fakultete Univerze v Zagrebu dr. **Robert Zupan**.



Slika 7 (levo): Pozdrav mag. Blaža Mozetiča, predsednika Zveze geodetov Slovenije (Foto: Jaka Šulin).



Slika 8 (desno): Pozdravni govor Aleša Prijona, državnega sekretarja na ministrstvu za okolje in prostor (Foto: Jaka Šulin).

Sledila je predstavitev aktualnih projektov na področju nepremičninske administracije in prostorskih informacijskih sistemov v Sloveniji. Stokovnjaki z Geodetske uprave RS, Ministrstva za okolje in prostor RS, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, iz mestne občine Novo mesto ter nekaterih



Slika 9 (levo): Dobrodošlica predsednika Dolenjskega geodetskega društva Boštjana Pucija (Foto: Jaka Šulin).



Slika 10 (desno): Dr. Boris Dular iz novomeške tovarne zdravil Krka d. d. je predaval o pomenu kadrov in kadrovske politike za uspeh podjetij, organizacij (Foto: Jaka Šulin).

zasebnih podjetij so predstavili svoje dejavnosti, rezultate projektov in načrte na navedenih področjih. Udeleženci so bili seznanjeni s projekti na področju urejanja urbane infrastrukture, evidentiranja stavbnih zemljišč in gradbenih parcel z lokacijsko izboljšavo zemljiškokatastrskega prikaza. Predstavniki Geodetske uprave RS so med drugim predstavili predlog zakona o katastru nepremičnin, zasnovo prenove sistema množičnega vrednotenja nepremičnin ter novosti na področju državnega višinskega sistema. Posebna pozornost je bila namenjena izzivom stroke, ki jih prinaša množica prostorskih podatkov z vidika arhiviranja teh podatkov in njihove uporabe za pridobivanje informacij v podporo odločanju v prostoru.

Predavanja in povzetki predavanj so na voljo na spletni strani Zveze geodetov Slovenije, več informacij pa najdete tudi na spletni strani dogodka, to je na <http://geodetskidan.si>. Naslednje leto bo geodetski dan organizirala Zveza geodetov Slovenije v sodelovanju z Ljubljanskim geodetskim društvom. Že sedaj lepo vabljeni!



Slika 11: Mag. Blaž Mozetič, predsednik Zveze geodetov Slovenije in lokalni organizatorji – člani Dolenjskega geodetskega društva (Foto: Jaka Šulin).

Zapisali: Jožica Marinko, dr. Anka Lisec in dr. Marjan Čeh, za Zvezo geodetov Slovenije

NOVICE GEODETSKIH DRUŠTEV

IZLET STAREJŠIH ČLANOV LGD NA PIVŠKO

Kako hitro mineva čas. Nismo še pozabili lanskega izleta v Posavje, že je napočil čas za naslednjega. Tokrat smo se odpravili na Pivško. Kot običajno smo se zbrali na parkirišču Dolgi most na Viču. Že zjutraj se je nakazoval lep dan. Nebo brez oblaka nam je dalo še več energije in dobre volje.

Ob sedmih smo štartali in se po avtocesti odpeljali proti Postojni. Kmalu smo prispeli v Postojno. Ustavili smo se na parkirišču, kjer smo si privoščili kavico in posladek, ki ga je spekla ena od naših članic.

Nato smo pot nadaljevali proti Pivki. V vasi Petelinje smo zavili proti Slovenski vasi na ogled Ekomuzeja Pivških presihajočih jezer. Ogledali smo si muzej in se nato sprehodili do Petelinjskega jezera. V tem letnem času v nobenem od sedemnajstih (17) jezer ni vode. Napolnijo se samo ob večjem deževju. Največja globina vode ob dolgotrajnem deževju pa je več kot 20 metrov. Pozno pomladi in poleti so jezera poraščena s čudovitimi travniki, ko jih preletava veliko metuljev in več kot sto vrst ptic. Priznati moramo, da večina izmed nas ni kaj dosti vedela o tem naravnem fenomenu. Izvedeli smo veliko novega o skrivnostih kraškega sveta.



Slika 1 (levo): Panoramska tabla Ekomuzeja Pivških presihajočih jezer. (Foto: Šušteršič).



Slika 2 (desno): Zbor udeležencev izleta pred Ekomuzejem Pivških presihajočih jezer. (Foto: Šušteršič).



Slika 3 (levo): Ogled lokacije Petelinjega jezera, enega od pivških presihajočih jezer. (Foto: Šušteršič).



Slika 4 (desno): Kulisa vhoda v vojaški muzej z imenom Park vojaške zgodovine. (Foto: Šušteršič).

Po zanimivem doživetju smo se odpeljali naprej proti glavnemu cilju, Parku vojaške zgodovine, kot se vojaški muzej uradno imenuje. Ogledali smo si veliko vojaških bojnih vozil, vojaške opreme in drugih stvari, ki tudi sodijo v tak muzej. Muzej v glavnem zajema čas od druge svetovne vojne naprej.

Še posebno moramo pohvaliti vodnice, ki so nas vodile po Ekomuzeju in Parku vojaške zgodovine. Navdušeni smo bili nad njihovim strokovnim znanjem in načinom, kako so nam ga podajale. Na vsa vprašanja smo takoj dobili strokovno in razumljivo razlago.

Po ogledu muzeja smo dočakali kosilo, ki smo ga imeli kar v restavraciji Kantina Pivka v samem parku. Tam lahko po želji gostov postrežejo tudi s hrano, ki je običajna za vojaške jedilnike.

Pot nas je vodila še naprej. Odpeljali smo se proti vasi Kal pri Pivki na ogled Šobčeve domačije. Tam smo imeli degustacijo domačih dobrot, ogled črne kuhinje in ogled filma o žganjekuhi. Takoj zatem nas je presenetil Martin Krpan. Neverjetno doživetje nam je zaigral Levstikovo povest o Martinu Krpanu.



Slika 5: Druženje udeležencev izleta z Martinom Krpanom na Šobčevi kmetiji. Foto: Šušteršič.

Po tej dogodivščini smo se odpravili v vas Stara Sušica na ogled zbirke starega kmečkega orodja pri Zgonarjevih. Poizkusili smo njihove domače dobrote, ki jih je bilo mogoče tudi kupiti.

Dan je že prehajal v noč, ko smo se utrujeni posedli na svoje sedeže v avtobusu. Vse do končne postaje na Viču v Ljubljani smo obujali vtise o izletu, ki je bil poln zanimivosti, tako da nam niti za trenutek ni bilo dolgčas. Tudi odziv udeležencev je bil zelo pozitiven, z željo, da se prihodnje leto znova srečamo na našem izletu. V mislih me tako že preganjajo nove ideje za prihodnje dogodivščine. Se vidimo.

Stane Drenšek, za Ljubljansko geodetsko društvo, e-naslov: pismo@lgd.si

Foto: Lija in Miloš Šušteršič, za Ljubljansko geodetsko društvo, e-naslov: lija.milos@gmail.com

DIPLOMA IN MAGISTERIJ NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

OD 1. 11. 2018 DO 31. 2. 2019

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE PROSTORSKO NAČRTOVANJE

Maja Jordan Analiza vplivov na gradnjo stanovanj po lokalnih skupnostih v Republiki Sloveniji v obdobju 2007–2016

Mentorica: izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač

Somentor: dr. Simon Starček

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=105486>

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA

Nina Kržan Izračun in vizualizacija gibanja objekta po ortodromi in loksodromi

Mentorica: doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

Somentor: doc. dr. Miran Kuhar

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=105847>

Vir: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (študijski referat)

SEZNAM RECENZENTOV ZNA NSTVENIH IN STROKOVNIH ČLANKOV, OBRAVNAVANIH V UREDNIŠTVU GEODETSKEGA VESTNIKA V LETU 2018

LIST OF PEER REVIEWERS OF ACADEMIC AND PROFESSIONAL ARTICLES ASSESSED BY THE GEODETSKI VESTNIK EDITORIAL BOARD IN 2018

mag. Darko Anđić (Uprava za nepremičnine, Podgorica, Črna Gora)	Darko Anđić, M.Sc. (Real Estate Administration, Podgorica, Montenegro)
prof. dr. Branislav Bajat (Univerza v Beogradu, Fakulteta za gradbeništvo, Srbija)	Prof. Branislav Bajat, Ph.D. (University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Serbia)
prof. dr. Đuro Barković (Univerza v Zagrebu, Fakulteta za geodezijo, Hrvaška)	Prof. Đuro Barković, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Croatia)
prof. dr. Tomaž Bartol (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Slovenija)	Prof. Tomaž Bartol, Ph.D. (University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Slovenia)
prof. dr. Tomislav Bašić (Univerza v Zagrebu, Fakulteta za geodezijo, Hrvaška)	Prof. Tomislav Bašić, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Croatia)
prof. dr. Dragan Blagojević (Univerza v Beogradu, Fakulteta za gradbeništvo, Srbija)	Prof. Dragan Blagojević, Ph.D. (University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Serbia)
Sandi Berk (Geodetska uprava Republike Slovenije)	Sandi Berk (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia)
Andrej Bilc (2B geoinformatika, d. o. o., Ljubljana, Slovenija)	Andrej Bilc (2B geoinformatika, d. o. o., Ljubljana, Slovenia)
dr. Damijan Brulc (Brulc, Gaberščik in partnerji, o.p., d.o.o., Ljubljana, Slovenija)	Damijan Brulc, Ph.D. (Brulc, Gaberščik in partnerji, o.p., d.o.o., Ljubljana, Slovenia)
Stane Cerar (Geodetska družba d. o. o., Ljubljana, Slovenija)	Stane Cerar (Geodetska družba d. o. o., Ljubljana, Slovenia)
dr. Vlado Cetl (EK, Skupni raziskovalni center JRC, Ispra, Italija)	Vlado Cetl, Ph.D. (EC, Joint Research Centre JRC, Ispra, Italy)
prof. dr. Andreja Cirman (Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, Slovenija)	Prof. Andreja Cirman, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Economics, Slovenia)
izr. prof. dr. Joep Crompvoets (KU Leuven, Inštitut za javno upravljanje, Belgija)	Assoc. Prof. Joep Crompvoets, Ph.D. (KU Leuven, Public Governance Institute, Belgium)
doc. dr. Samo Drobne (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assist. Prof. Samo Drobne, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
Richard Eberlin (Organizacija za prehrano in kmetijstvo pri Združenih narodih)	Richard Eberlin (Food and Agriculture Organisation of the United Nations, UN FAO)
izr. prof. dr. Sanja Gašparović (Univerza v Zagrebu, Fakulteta za arhitekturo, Hrvaška)	Assoc. Prof. Sanja Gašparović, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Architecture, Croatia)

Maxim Gorgan (Organizacija za prehrano in kmetijstvo pri Združenih narodih)	Maxim Gorgan (Food and Agriculture Organisation of the United Nations, UN FAO)
prof. dr. Helena Grčman (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Slovenija)	Prof. Helena Grčman, Ph.D. (University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Slovenia)
dr. Dejan Grigillo (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Dejan Grigillo, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
doc. dr. Petra Grošelj (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Slovenija)	Assist. Prof. Petra Grošelj, Ph.D. (University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Slovenia)
izr. prof. dr. Bojan Grum (Nova Univerza, Evropska pravna fakulteta, Slovenija)	Assoc. Prof. Bojan Grum, Ph.D. (Nova University, European Faculty of Law, Slovenia)
dr. Morten Hartvigsen (Organizacija za prehrano in kmetijstvo pri Združenih narodih)	Morten Hartvigsen, Ph.D. (Food and Agriculture Organisation of the United Nations, UN FAO)
prof. dr. Urs Hugentobler (TU München, Oddelek za gradbeno, geodetsko in okoljsko inženirstvo, Nemčija)	Prof. Dr. Urs Hugentobler (TU München, Civil, Geo and Environmental Engineering, Germany)
dr. Petra Jamšek Rupnik (Geološki zavod Slovenije)	Petra Jamšek Rupnik, Ph.D. (Geological Survey of Slovenia)
prof. dr. Hassan A. Karimi (Univerza v Pittsburghu, Fakulteta za računalništvo in informatiko, ZDA)	Prof. Hassan A. Karimi, Ph.D. (University of Pittsburgh, School of Computing and Information, USA)
mag. Matej Knapič (Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija)	Matej Knapič, M.Sc. (Agricultural Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)
izr. prof. dr. Dušan Kogoj (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assoc. Prof. Dušan Kogoj, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
doc. dr. Žiga Kokalj (Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Slovenija)	Assist. Prof. Žiga Kokalj, Ph.D. (Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts)
doc. dr. Božo Koler (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assit. Prof. Božo Koler, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
dr. Blaž Komac (Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Slovenija)	Blaž Komac, Ph.D. (Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts)
dr. Klemen Kozmus Trajkovski (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Klemen Kozmus Trajkovski, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
mag. Kamil Krasuski (Akademija LAW, Dęblin, Poljska)	Kamil Krasuski, M.Sc. (Polish Air Force Academy, Dęblin, Poland)
izr. prof. dr. Marko Krevs (Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Slovenija)	Assoc. Prof. Marko Krevs, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Arts, Slovenia)
doc. dr. Miran Kuhar (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assit. Prof. Miran Kuhar, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
doc. dr. Božena Lipej (Nova Univerza, Evropska pravna fakulteta, Slovenija)	Assist. Prof. Božena Lipej, Ph.D. (Nova University, European Faculty of Law, Slovenia)
doc. dr. Gerhard Navratil (Tehniška univerza Dunaj, Oddelek za geodezijo in geoinformatiko, Avstrija)	Privatdoz. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerhard Navratil TU Vienna, Department of Geodesy and Geoinformation, Austria)
dr. Sorin Nistor (Univerza Oradea, Fakulteta za gradbeništvo in arhitekturo, Pradea, Romunija)	Sorin Nistor, Ph.D. (University of Oradea, Faculty of Constructions and Architecture, Oradea, Romania)
doc. dr. Dejan Paliska (Univerza na Primorskem, Fakulteta za turistične študije – Turistica, Slovenija)	Assist. Prof. Dejan Paliska, Ph.D. (University of Primorska, Faculty of Tourism Studies – Turistica, Slovenia)
izr. prof. dr. Jenny Paulsson (KTH Stockholm, Švedska)	Assoc. Prof. Jenny Paulsson, Ph.D. (KTH Stockholm, Sweden)

doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assit. Prof. Polona Pavlovčič Prešeren, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
doc. dr. Nadja Penko Seidl (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Slovenija)	Assist. Prof. Nadja Penko Seidl, Ph.D. (University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Slovenia)
prof. dr. Boško Pribičević (Univerza v Zagrebu, Geodetska fakulteta, Hrvaška)	Prof. Boško Pribičević, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Croatia)
prof. dr. Dejan Rebernik (Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Slovenija)	Prof. Dejan Rebernik, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Arts, Slovenia)
Alenka Rotter (Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije)	Alenka Rotter (Ministry of Agriculture, Forestry and Food of the Republic of Slovenia)
doc. dr. Simon Rusjan (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assit. Prof. Simon Rusjan, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
prof. dr. Metin Soycan (Tehniška univerza Yıldız, Fakulteta za gradbeništvo, Turčija)	Prof. Metin Soycan, Ph.D. (Yıldız Technical University, Faculty of Civil Engineering, Turkey)
dr. Marija Savanović (Visoka šola za gradbeništvo in geodezijo, Beograd, Srbija)	Marija Savanović, Ph.D. (College of Vocational Studies for Civil Engineering and Geodesy, Belgrade, Serbia)
doc. dr. Gregor Skok (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Slovenija)	Assist. Prof. Gregor Skok, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Mathematics and Physics, Slovenia)
dr. Oskar Sterle (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Oskar Sterle, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
prof. dr. Dogan Uğur Şanlı (Tehniška univerza Yıldız, Fakulteta za gradbeništvo, Turčija)	Prof. Dogan Uğur Şanlı, Ph.D. (Yıldız Technical University, Faculty of Civil Engineering, Turkey)
prof. Erik Stubkjær (Univerza v Aalborgu, Danska)	Prof. Erik Stubkjær (Aalborg University, Denmark)
Irena Šinko (Sklad kmetijskih zemljišč in gozdov Republike Slovenije)	Irena Šinko (Farmland and Forest Fund of the Republic of Slovenia)
prof. dr. Joachim Thomas (Bochum, Germany)	Prof. Dr.-Ing. Joachim Thomas (Bochum, Germany)
Katalin Tóth (Evropska komisija, Bruselj, Belgija)	Katalin Tóth (European Commission, Brussels, Belgium)
mag. Melita Ulbl (Geodetska uprava Republike Slovenije)	Melita Ulbl, M.Sc. (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia)
dr. Tilen Urbančič (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Tilen Urbančič, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
dr. Tatjana Veljanovski (Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Slovenija)	Tatjana Veljanovski, Ph.D. (Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts)
Boštjan Vizjak (Geodetska uprava Republike Slovenije)	Boštjan Vizjak (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia)
prof. dr. Winrich Voß (Univerza Leibniz Hannover, Geodetski inštitut, Nemčija)	Prof. Dr.-Ing. Winrich Voß (Leibniz University Hannover, Geodetic Institute, Hannover, Germany)
prof. dr. Walter Timo de Vries (TU München, Oddelek za gradbeno, geodetsko in okoljsko inženirstvo, Nemčija)	Prof. Dr. Ir. Walter Timo de Vries (TU München, Civil, Geo and Environmental Engineering, Germany)
dr. Helmut Woschitz (TU Gradec, Inštitut za inženirsko geodezijo in merske sisteme, Avstrija)	Helmut Woschitz, Ph.D. (TU Graz, Institute of Engineering Geodesy and Measurement Systems, Austria)
dr. Klemen Zakšek (Univerza v Hamburgu, Inštitut za geofiziko, Nemčija)	Klemen Zakšek, Ph.D. (University of Hamburg, Institute of Geophysics, Germany)
izr. prof. dr. Marijan Žura (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assoc. Prof. Marijan Žura, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)



hidroinženiring d.o.o.

Projektiranje in inženiring hidrotehničnih objektov,
čistilnih naprav in drugih nizkih gradenj
Slovenčeva 95, 1000 Ljubljana, Slovenija



■ Authorized **Leica Geosystems** Distributor

1993 - 2018

KOLEKTOR





Svetovanje in storitve s področja nepremičnin, infrastrukture in prostora

- Slovenija
- Hrvaška
- Srbija
- Makedonija

Real estate and spatial management

- Slovenia
- Croatia
- Serbia
- Macedonia

Upravlajmo s prostorom - SKUPAJ

Let's manage e-spatially - TOGETHER

www.igea.si



POLETNA ŠOLA UL FGG

Letos bomo na poletni šoli "gradili" hišo

Res je, da smo šele v pričakovanju pomladi, vendar bo tudi poletje tukaj, kot bi mignil. Z njim pa poletna šola Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, kjer bodo lahko srednješolci in osnovnošolci od 12. leta dalje preko zanimivih delavnic spoznali delo inženirja - geodeta, gradbenika in vodarja. **HIŠA** je osrednja tema letošnje poletne šole, ki jo Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo pripravlja v sodelovanju z Zvezo za tehnično kulturo Slovenije (ZOTKS) in bo udeležence letos navduševala **od 1. – 5. julija**.

Načrtovali in izdelali bomo 3D model hiše

Hišo poznamo kot zgradbo, ki je namenjena bivanju. Prav je, da se vprašamo, kje in kako lahko hišo zgradimo. Vse skupaj se začne z načrtovanjem in umestitvijo v prostor. Poleg klasičnega načrtovanja hiše nam računalniški programi omogočajo izdelavo realističnih 3D-modelov, ki jih lahko tudi natisnemo s 3D-tiskalniki. Potem pa so tukaj še gradbeni materiali, katerih lastnosti je treba poznati, da jih lahko primerno uporabimo pri gradnji.



**Poletna šola
UL FGG 2019**

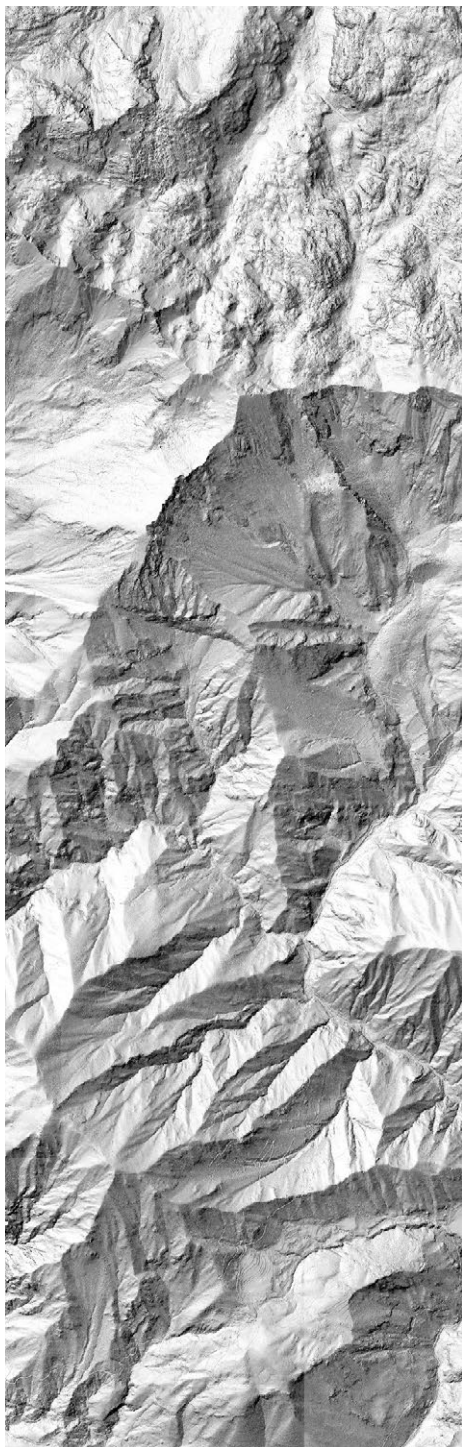


1. - 5. 7. 2019

Pomembne informacije

Po želji bo za udeležence organizirano tudi spanje z zajtrkom in večerjo v Dijaškem domu Vič. Prijava na poletno šolo je možna na povezavi <https://bit.ly/2HCY79X>, kjer najdete tudi več informacij. Ob prijavi je potrebno vplačati prispevek za udeležbo v višini 50,00 EUR (oziroma 150,00 EUR če bo udeleženec/ka spal/a v dijaškem domu, tj. skupaj s prenočitvijo, zajtrki in večerjami).

Za dodatne informacije pišite na: tabori@zotks.si oz. poletnasola@fgg.uni-lj.si.



Podoba analitičnega senčenja DMR1
Laserskega skeniranja Slovenije 2014-2015

GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE

- Geodetski referenčni sistem, SIGNAL
- Prostorski podatki, statistike in analize
- Nepremičninske evidence in upravljanje z nepremičninami
- Daljinsko zaznavanje, fotogrametrija in lasersko skeniranje
- Hidrografija
- Kartografija
- Geografski informacijski sistemi (GIS)
- Lokacijske storitve in navigacija
- Izdelki za orientacijo in mobilnost ranljivih skupin
- Razvoj kazalnikov in večrazsežna vizualizacija
- Priprava in vodenje mednarodnih projektov
- Izobraževanje
- Izdelava prostorskih maket
- Grafične storitve

Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana
tel.: 01 200 29 00, faks: 01 425 06 77, e-pošta: info@gis.si
medmrežje: www.gis.si



Geodezija – stroka priložnosti!

47. Geodetski dan in 8. Evropski dan geodetov

ZAHVALA

Spoštovani vsi sodelujoči, brez vas ne bi uspeli organizirati tako odmevnega, uspešnega Geodetskega dneva 2019 v Novem mestu. Ponovno ste dokazali, da ste odločna ekipa, ki ima vizionarske ideje in s skupnimi močmi ter znanji pride do zastavljenega cilja.

Predsedniku programskega odbora dr. Marjanu Čehu in članom je uspelo iz številnih priložnosti, ki jih ponuja geodetska stroka, izbrati ravno tiste prave, ki so danes najbolj aktualne in zanimive. Priložnosti so se nizale ena za drugo in udeleženci smo jih v polni dvorani pridno lovili do zadnje minute.

Predsednik Dolenjskega geodetskega društva je pokazal, da na mladih svet stoji in da tudi, če si geodet, imaš v sebi umetniško ustvarjalnost. S svojo odločnostjo in optimizmom je združil člane društva in ostale deležnike, kar se lepo zrcali v dvodnevni organizaciji dogodka, 450 udeležencih, številnih razstavljalcev in medijski predstavitvi.

Geodetski dan je najlepši izraz povezanosti in sodelovanja geodetske stroke, ko ključni deležniki, letos, Dolenjsko geodetsko društvo, Geodetska uprava RS, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani, Geodetski inštitut Slovenije, Gospodarsko interesno združenje geodetskih izvajalcev, Inženirska zbornica Slovenije in Zveza geodetov Slovenije, s slavnostno akademijo in strokovnim posvetom ter ob številčni podpori udeležencev ambiciozno v ospredje postavijo stanovsko pripadnost in predanost.

Svojo podporo Geodetskemu dnevnu so dodali tudi številni razstavljalci in sponzorji ter donatorji, brez katerih to ne bi bil osrednji geodetski dogodek.

Vsa organizacija in vsi naporu deležnikov pa so bili poplačani z vašo izjemno udeležbo ter pozitivnimi odzivi drage geodetke in geodeti!

Torej, za nami je letos 47. Geodetski dan. Nas pa že danes Ljubljansko geodetsko društvo vse vabi v ljubljansko regijo na naslednji Geodetski dan, saj ima geodetska stroka še veliko za ponuditi.

Hvala vsem, ki ste kakor koli pripomogli, da je bil 47. Geodetski dan odličen dan, pardon, dva dneva!

mag. Blaž Mozetič

Predsednik Zveze geodetov Slovenije



Geodezija – stroka priložnosti!?

47. Geodetski dan in 8. Evropski dan geodetov



DOLENJSKO
GEODETSKO
DRUŠTVO

SOORGANIZATORJI



GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE



Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za gradbeništvo*
in geodezijo



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

GEODETSKA UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR



eProstor
EN PROSTOR ZA VSE



EVROPSKA UNIJA
EVROPSKI STRUKTURNI
IN INVESTICIJSKI SKLADI
NALOŽBA V VAŠO PRIHODNOST

POKROVITELJ DOGODKA



ZLATA SPONZORJA



GEODETSKA DRUŽBA



Komunala
Novo mesto d.o.o.

SREBRNI SPONZORJI



BRONASTI SPONZORJI



OSTALI SPONZORJI IN DONATORJI

GEOGRAD, d. o. o., Ljubljana
 GEOHIT, d. o. o., Trebnje
 GEODET, d. o. o., Novo mesto
 GEO - NOVA, Janez Novak, s. p.
 ACER NOVO MESTO, d. o. o.
 NEPREMIČNINE IN SVETOVANJE
 JURŠIČ, Blaž Juršič, s. p.
 DOLENJSKI GEODETSKI BIRO,
 Gregor Miklič, s. p.

ALLGEA, Iztok Bevc, s. p.
 GPI, d. o. o., Novo mesto
 GEODETSKI BIRO, d. o. o., Brežice
 GEOINŽENIRING, Marijo Ličina, s. p.
 TERCA, d. o. o., Šentrupert
 JG GRAFIKA GORENC, d. o. o.,
 Ljubljana
 KOMUNALA TREBNJE, d. o. o.



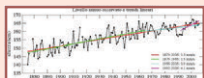
GEODETSKI 2019 VESTNIK

Geodetski vestnik je odprtodostopna revija, ki izhaja štirikrat letno v tiskani in spletni različici. V *Geodetskem vestniku* objavljamo recenzirane znanstvene in strokovne članke, pregledne članke, strokovne razprave ter druga podobna dela s področij geodezije, geodetske izmere, daljinskega zaznavanja, fotogrametrije, geoinformatike, prostorske podatkovne infrastrukture in prostorskega podatkovnega modeliranja, sistemov v podporo odločanju v prostoru, upravljanja zemljišč in prostorskega planiranja. Kot glasilo *Zveze geodetov Slovenije* objavljamo tudi novice v geodetski stroki, kar vključuje novice državne geodetske uprave, novice nacionalnih in mednarodnih strokovnih združenj, poročila o projektih in dogodkih, sporočila članom zveze in podobne zapise.

Več informacij o reviji in navodila za pripravo prispevkov najdete na spletni strani revije www.geodetski-vestnik.com.

Geodetski vestnik is an open access journal, issued quarterly in print and online versions. It publishes double-blind peer-reviewed academic and professional articles, reviews, discussions, and related works from the fields of geodesy, land surveying, remote sensing, photogrammetry, geoinformatics, spatial data infrastructure and spatial data modelling, spatial decision support systems, land management, and spatial planning. As the bulletin of the *Association of Surveyors of Slovenia*, the journal also publishes news in the surveying profession, including news from the surveying and mapping authority of Slovenia, news from national and international professional societies, reports on projects and events, communications to members, and similar reports.

More information about the journal and instructions for authors is available at www.geodetski-vestnik.com.



GEODETSKI VESTNIK

ISSN 0351-0271 | EISSN 1581-1328 |

| letn./Vol. 63 | št./No. 1 | str./pp. 1-150 |



RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES



Oskar Sterle, Božo Koler

DOLOČITEV NOVEGA VIŠINSKEGA DATUMA SLOVENIJE
DETERMINATION OF THE NEW VERTICAL DATUM OF SLOVENIA

Božo Koler, Bojan Stopar, Oskar Sterle, Tilen Urbančič, Klemen Medved

NOV SLOVENSKI VIŠINSKI SISTEM SVS2010
NEW SLOVENIAN HEIGHT SYSTEM SVS2010

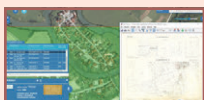
Nedim Tuno, Admir Mulahusić, Simona Savšek, Dušan Kogoj

PET GENERACIJ INTEGRIRANIH ELEKTRONSKIH TAHIMETROV
FIVE GENERATIONS OF INTEGRATED ELECTRONIC TACHYMETERS



Boštjan Kovačič, Tomaž Motoh

MOŽNOST MERJENJA DINAMIČNEGA ODZIVA KONSTRUKCIJ Z NEKONTAKTNO
GEODETSKO METODO
THE POSSIBILITY OF MEASURING THE DYNAMIC RESPONSE OF STRUCTURES
USING NON-CONTACT GEODETIC METHOD



Randa Natraš, Dževad Krđžalić, Džana Horozović, Alma Tabaković, Medžida Mulić

TOČNOST GNSS-OPAZOVANJ MED INTENZIVNIM VREMENSKIM DOGAJANJEM
V IONOSFERI IN TROPOSFERI ZA PRIMER BIH
GNSS IONOSPHERIC TEC AND POSITIONING ACCURACY DURING INTENSE
SPACE AND TERRESTRIAL WEATHER EVENTS IN B&H



Jacek Zyga

PREDMET IN NAMEN VREDNOTENJA NEPREMIČNIN TER NJIHOV VPLIV NA
METODE VREDNOTENJA IN PODATKOVNE ZBIRKE
OBJECT AND OBJECTIVE OF PROPERTY APPRAISAL AND THEIR EFFECTS ON
VALUATION METHODS AND DATABASES

ISSN 0351-0271



9 770351 027001

Dostopno na | available at: <http://www.geodetski-vestnik.com>