

GEODETSKI VESTNIK

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



Letnik 62, št. 4, str. 555–758, Ljubljana, december 2018. Izidejo štiri številke na leto. Naklada te številke: 1200 izvodov.

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

Vol. 62, No. 4, pp. 555–758, Ljubljana, Slovenia, December 2018. 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 indeksiran in povzet v Social Sciences Citation Index (SSCI), Social Scisearch (SSS) in Journal Citation Reports/ Social Sciences Edition (JCR/SSE).

Indeksiran in povzet je tudi v naslednjih bibliografskih zbirkah:

GEOBASE(TM), ICONDA - International Construction Database, 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 indexed and abstracted in Social Sciences Citation Index (SSCI), Social Scisearch (SSS) and Journal Citation Reports/ Social Sciences Edition (JCR/SSE).

Indexed and abstracted is also in those bibliographic data bases:

GEOBASE(TM), ICONDA - International Construction Database, 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

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. Krištof 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 Ceti (EK, Skupno raziskovalno središče, Ispra, Italija)

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

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 Ceti, Ph.D. (EC, Joint Research Centre, Ispra, Italy)

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 Pödör, 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. (Aalto 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, Nemčija)

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

Geodetski inštitut Slovenije

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., *the 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

Geodetic Institute of Slovenia

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>Anka Lisec</i>	TRIGLAV	563
	TRIGLAV	564
<i>Blaž Mozetič</i>	RASTOČA GEODEZIJA	565
	GROWING SURVEYING	566

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

<i>Klemen Medved, Sandi Berk, Oskar Sterle, Bojan Stopar</i>		567
	IZZIVI IN DEJAVNOSTI V ZVEZI Z DRŽAVNIM HORIZONTALNIM KOORDINATNIM SISTEMOM SLOVENIJE	
	CHALLENGES AND ACTIVITIES ON THE NATIONAL HORIZONTAL COORDINATE SYSTEM OF SLOVENIA	
<i>Aleš Marjetič, Polona Pavlovčič Prešeren</i>		587
	DOLOČITEV POLOŽAJEV CERKVENIH ZVONIKOV V KOORDINATNEM SISTEMU D96/TM	
	POSITION DETERMINATION OF CHURCH BELFRIES IN THE D96/TM COORDINATE SYSTEM	
<i>Tatjana Kuzmič, Vladimir Bulatović</i>		604
	ANALIZA USPEŠNOSTI METODE PPP OB UPORABI STORITVE IGS V REALNEM ČASU	
	PERFORMANCE ANALYSIS OF PPP POSITIONING METHOD BY USING IGS REAL-TIME SERVICE	
<i>Štefan Rákay, Slavomír Labant, Karol Bartoš, Katarína Pukanská</i>		619
	VPLIV UMETNE OSVETLITVE INVARSKIH NIVELMANSKIH LAT NA IZMERO Z DIGITALNIMI NIVELIRJI	
	THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL ILLUMINATION OF INVAR LEVELLING RODS ON THE MEASUREMENTS WITH DIGITAL LEVELS	
<i>Agnieszka Trystuła, Jadwiga Konieczna</i>		630
	SISTEM UPRAVLJANJA KMETIJSKIH PARCEL NA POLJSKEM TER ŠTUDIJA PRIMERA DRŽAV ČLANIC EVROPSKE UNIJE	
	LAND PARCEL MANAGEMENT SYSTEM IN POLAND AND A CASE STUDY OF EU MEMBER STATES	
<i>Arnošt Müller</i>		641
	PRISTOP GIS ZA IZDELAVO IN PREDSTAVITEV NAČRTA UREDITVE INFRASTRUKTURE KOMASACIJSKEGA OBMOČJA NA ČEŠKEM	

GIS APPROACH TO PUBLISHING COMMON FACILITIES PLANS OF LAND CONSOLIDATION IN THE CZECH REPUBLIC

STROKOVNE RAZPRAVE | PROFESSIONAL DISCUSSIONS

<i>Klemen Ritlop, Niko Fabiani, Katja Oven, Mihaela Triglav Čekada</i>	657
IZBOLJŠANJE DELOVANJA OMREŽJA SIGNAL OD LETA 2007 PERFORMANCE IMPROVEMENT OF THE SIGNAL NETWORK FROM 2007	
<i>Sandi Berk, Danijel Boldin, Bojan Šavrič</i>	668
NEDAVNE POSODOBITVE ZBIRKE GEODETSKIH PARAMETROV EPSG IN PREGLED PODATKOV, POMEMBNIH ZA SLOVENIJO RECENT UPDATES TO THE EPSG GEODETIC PARAMETER DATASET AND AN OVERVIEW OF DATA RELEVANT FOR SLOVENIA	
<i>Marijana Vugrin, Tomaž Petek</i>	679
PODATKI EVIDENC GEODETSKE UPRAVE Z NOVIMI KOORDINATAMI THE SURVEYING AND MAPPING AUTHORITY DATASETS WITH NEW COORDINATES	
<i>Joc Triglav</i>	683
AVTOMATIZACIJA REGISTRACIJE STAVB »NA KVADRAT« ... AUTOMATIZATION OF BUILDING REGISTRATION »SQUARED« ...	
<i>Mihaela Triglav Čekada</i>	690
KONEC MALE LEDENE DOBE V OČEH TRIGLAVSKIH PRVOPRISTOPNIKOV IN GEODEZIJE THE END OF THE LITTLE ICE AGE IN THE EYES OF THE TRIGLAV'S FIRST MOUNTAINEERS AND GEODESY	
<i>Joc Triglav</i>	702
DREVESA DRŽAVNE GEODETSKE SLUŽBE STOJIJO ... NATIONAL SURVEYING SERVICE TREES STANDING ...	

NOVICE | NEWS

<i>Alma Zavodnik Lamovšek</i> PROSTORSKI NAČRTOVALCI 21. STOLETJA: 60 LET KPP IN 45 LET IPŠPUP	709
<i>Erna Flogie Dolinar</i> EN PROSTOR ZA VSE – EPROSTOR	712
<i>Tomaž Petek</i> SVETOVNI KONGRES ORGANIZACIJE ZDRUŽENIH NARODOV O UČINKOVITEM UPRAVLJANJU PROSTORSKIH INFORMACIJI (UNWGIC)	717
<i>Krištof Oštir</i> NOVA DOKTORICA ZNANOSTI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG	721
<i>Teja Japelj</i> SEZNAM DIPLOM NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG OD 1. 8. 2018 DO 31. 10. 2018	723

Aleš Lazar, Klemen Kregar | GEO & IT NOVICE 733

DRUŠTVENE DEJAVNOSTI | ACTIVITIES OF THE PROFESSIONAL SOCIETY

Anton Prosen | MARJAN JENKO – DEVETDESETLETNIK 739

Milan Naprudnik | SPOMINI NA MARJANA JENKA OB NJEGOVI DEVETDESETLETNICI 741

Ida Brumec, Miran Brumec | DRUGO DRŽAVNO SREČANJE GEODETSKIH PAROV 742

Tine Hren | NOVO VODSTVO DŠGS 744

IN MEMORIAM – DUŠAN MRAVLJE 745

IN MEMORIAM – MARJAN SMREKAR 746

DR. BORISU KUCHARJU – ETNOLOGU - V SPOMIN 748

NAPOVED DOGODKOV | ANNOUNCEMENTS OF EVENTS

Aleš Lazar | KOLEDAR STROKOVNIH SIMPOZIJEV V OBDOBJU JANUAR – MAREC 2019 750

47. GEODETSKI DAN 752

Slike na naslovnici:

Triglav z Viševnika ob sončnem zahodu, dne 15.12.2018 (Foto: B. Jarc).

Triglav v teodlitu s stojšča v slovenskem primorju, januar 2018 (Foto: B. Ambrožič).

TRIGLAV TRIGLAV

*Anka Lisec**glavna in odgovorna urednica Geodetskega vestnika | Editor-in-chief*

Pred nami je praznična, decembrska številka Geodetskega vestnika, ki prinaša zanimive znanstvene članke in bogat nabor strokovnih prispevkov. Slednji pričajo o pestrem dogajanju v geodetski, geoinformacijski in prostorski stroki.

Mnogo sprememb se obeta predvsem na področju državne prostorske podatkovne infrastrukture, kar vključuje prehod na »novi« državni koordinatni sistem, nove geoinformacijske rešitve v državni geodetski službi in še bi lahko naštevali. Tu želim posebej izpostaviti 60-letnico Katedre za prostorsko planiranje na Univerzi v Ljubljani, Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo, kjer smo hkrati zaznamovali 45 let interdisciplinarnega podiplomskega študija prostorskega in urbanističnega planiranja (IPŠPUP). Vsebine, ki so se razvijale na navedeni katedri, so pomembno vplivale na razvoj geodetskega študija, s tem pa je Slovenija veliko hitreje kot države v regiji sledila mednarodnemu trendu razvoja geodetske stroke. Ob tej priložnosti je izšla bogata znanstvena monografija *Prostorski načrtovalci 21. stoletja*. Publikacija, ki je prosto dostopna prek spleta, ponuja zanimive iztočnice v razmislek, kam gre, ali še bolje, kam bi moral iti razvoj našega prostora.

Letos smo se geodeti v Sloveniji sicer radi poistovetili predvsem z 240. obletnico prvega dokumentiranega vzpona na Triglav. In kaj imamo geodeti z našo najvišjo goro? Podatka, kateri geodet se je prvi povzpел na Triglav, žal nimamo. Znano pa je, da je bila višina Triglava prvič določena že eno leto po prvem znanem vzponu, ko je leta 1779 višino določil zdravnik in botanik Baltazar Hacquet. Za prvi geodetski podvig, ki je povezan z našo najvišjo goro, šteje vzpostavitev trigonometrične točke na vrhu Triglava v začetku julija 1822, in sicer v okviru triangulacije nekdanje Kranjske dežele za namene franciscejske katastrske izmere. V okviru topografske izmere med letoma 1829 in 1835 je za območje Triglava nastal zemljevid, kjer je med drugim viden Triglavski ledenik. O njegovi kartografski dokumentaciji lahko več preberete v prispevku kolegice Triglav Čekada, ki je objavljen v tej številki.

Lahko se strinjamo, da so planine postale delovno okolje mnogih geodetov. Znani geodet in gornik Gojmir Mlakar je leta 1993 v Planinskem vestniku predlagal, da vzpostavimo geodetsko planinsko pot, ki bi imela za cilj obisk vseh vrhov, na katerih so triangulacijske točke 1. reda, in kot je še zapisal, bi jo »posvetili kolegom, ki so pred mnogimi leti opravljali pionirska zemljemerska dela na slovenskem ozemlju«. Na to zamisel nas je v prvi številki letošnjega Geodetskega vestnika s prispevkom *5. julij 1822 – prva geodetska ekipa na vrhu Triglava* opomnil kolega Joc Triglav, sicer tudi dolgoletni urednik Geodetskega vestnika. Morda je res čas, da jo uresničimo?

Z gorniškimi besedami naj tudi sklenem uvodno misel decembrske številke Geodetskega vestnika. V letu, ki prihaja, želim vsakemu posebej in vsem skupaj lahke in prijetne, a hkrati zanimive in uspešne vzpone k zastavljenim ciljem!

Opomba: Z izjemo naslova uvodnika, je večkratna raba besede Triglav kot zemljepisnega in lastnega imena zgolj naključje ...

You are holding the December, holiday issue of *Geodetski vestnik*, which contains interesting articles and a varied selection of papers. The latter demonstrates how vibrant the land-surveying, geo-information, and spatial fields have been recently.

Numerous changes are expected, predominantly in national spatial data infrastructure, which includes the transition to a new national coordinate system, new geo-informational solutions in the national surveying service, and much more. I would like to draw particular attention to the 60th anniversary of the Chair of Spatial Planning at the Faculty of Civil and Geodetic Engineering, University of Ljubljana, which was also the opportunity to honour the 45th anniversary of the interdisciplinary post-graduate study programme of spatial and urban planning. Themes developed at the Chair significantly contributed to the development of surveying study programmes, which enabled Slovenia to follow international trends in geodesy much faster than other countries in the region. The opportunity was celebrated by the publication of a scientific monograph with the title *Spatial Planners of the 21st Century (Prostorski načrtovalci 21. stoletja)*. The publication, which is freely accessible on the Internet, offers interesting points of consideration about the direction in which the development of our field is heading, or better, should head.

Apart from that, surveyors in Slovenia dedicated much of their attention to the 240th anniversary of the first documented ascent to Triglav – but what business do we have with the highest Slovenian mountain? Unfortunately, we do not know who the first surveyor that stood on its summit. But we do know that the height of Triglav was measured for the first time a year after the first known ascent, which was done by Baltazar Hacquet, a physician and a botanist, in 1779. The first surveying accomplishment with Slovenia's highest mountain is considered to be the establishment of the first trig point on the top of Triglav at the beginning of July in 1822. It was set up in the framework of the triangulation in Carniola that was carried out for a Franciscan cadastral survey. During topographic surveys done between 1829 and 1835, they drew up a map of the Triglav area, which also included the Triglav Glacier. Cartographic documentation of the glacier is covered in detail in the article by Triglav Čekada published in this issue.

We could convincingly argue that mountains became the working environment of numerous land surveyors. In 1933, a well-known surveyor and mountaineer, Gojmir Mlakar, published a suggestion in the mountaineering magazine *Planinski Vestnik* to set up a land surveyors' mountain trail that would lead over all the summits with class 1 triangulation points and, as he wrote, 'dedicate it to our colleagues that did pioneering land measurement works in the territory of Slovenia'. In the first issue of this year's volume, our colleague Joc Triglav, also a former long-time chief editor of *Geodetski Vestnik*, reminded us of the idea in his article *5th July – the First Surveying Team on the top of Triglav*. Perhaps the time has come to implement the idea?

Allow me to end my introductory reflection in this issue of *Geodetski Vestnik* with words borrowed from mountaineers: for the following year, I wish for each of you, and for all of you, easy and pleasant but at the same time interesting and successful ascents to your goals!

Note: Apart from the title, the fact that 'Triglav' keeps appearing in the text as a geographical and proper name is just a coincidence...

RASTOČA GEODEZIJA GROWING SURVEYING

Blaž Mozetič

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

Rast v naravnem okolju je nekaj tako prvinskega in običajnega, da jo obravnavamo kot samoumevno. A če pozorneje pogledamo na rast, naj bo od daleč ali od blizu, opazimo in ugotovimo, da je narava v svojo rast vložila veliko energije, dela, nagona in časa, pa čeprav mogoče ne zavestno. Narava se ravna po svojih ciklih in ker je mesec december, počiva, čeprav človeški rod s svojimi, včasih nepremišljenimi dejanji vse prevečkrat posega v njen navidezno neurejeni kaos.

Rast ni samo naravni pojav, ampak je zelo zaželena tudi v poslovnem okolju, dokler prinaša pozitivno oprijemljive rezultate, ki se generalizirano in poenostavljeno najlažje izražajo v denarnih enotah. Geodezija ni pri tem nobena izjema, kljub svojemu idiličnemu prvobitnemu poslanstvu določiti položaj točke v naravnem okolju. Res je, kdo bi verjel, geodezija tudi raste.

Rastejo področja, ki nas strokovno zanimajo ali potrebujejo naše znanje in storitve, raste število diplomantov, raste število odhodov v tujino, raste konkurenca, rastejo naše kompetence in znanja, rasteta natančnost in kakovost, raste število podatkov, izdelkov in storitev, rastejo geodetska podjetja, raste tudi zavedanje družbe, da potrebuje geodezijo in njene zahteve, rastejo zaslužki; no, ja, ne nazadnje rastejo tudi težave in, priznajmo si, število napakic, ki pa so tako ali tako gonilo razvoja in torej rasti kot takšne.

Tudi tista manj zaželena negativna rast je na žalost samoumevno prvinska, vendar upam, da geodetski rod s premišljenimi dejanji dovolj posega v cikel z željo po zagotovitvi pravih in zadostnih virov, ki zagotavljajo vzdržno, trajno in zdravo rast. Ni lahko in ni enostavno v navidezno neurejenem kaosu ob pravem času prepoznati prave namige oziroma znake, ki nas opozarjajo, da je treba regulirati vire, če želimo dolgoročno pozitivno rastočo geodezijo.

Spoštovane geodetke in geodeti, da bo iskanje pravih in zadostnih virov uspešno, ste vljudno vabljeni na Geodetski dan 2019, ki bo v četrtek in petek, 14. in 15. marca 2019, v Novem mestu.

Srečno in vse dobro v letu 2019!

In nature, growth is considered so basic and universal that it is accepted as self-evident. However, if one takes a closer look, or perhaps a broader look, at growth, they come to understand that nature has invested, even if not consciously, vast amounts of energy, work, instincts and time into growth. Nature respects its cycles, and – now in the middle of December – it rests even though people keep meddling with seemingly disorderly natural chaos with their sometimes reckless deeds.

Growth is not only a natural phenomenon but is also desired in business environments as long as it produces positive and tangible results that are, as a generalisation and simplification, hopefully, expressed in monetary units. Despite its idyllic basic calling to establish the position of a certain point in a natural environment, geodesy is no exception here. Indeed, as hard as it is to believe, geodesy is growing.

Fields of our professional interest that need our knowledge and services are growing; the number of graduates is growing; the number of engagements abroad is growing; the competition is growing; our skills and knowledge are growing; precision and quality are growing; numbers of data, products and services are growing; geodesy businesses are growing; awareness in the society that it needs geodesy and its demands is growing; earnings are growing; and last but not least problems are growing and, let us admit, this also holds for the number of minor mistakes. However, the latter are the drivers of development, which also means the drivers of growth.

Negative growth, being less desirable, is unfortunately also basic, but I hope that generations of land surveyors are capable of wise actions that interfere with the cycle to guarantee proper and sufficient resources that enable sustainable, permanent and healthy growth. Thrown into disorderly chaos, it is not easy to timely recognise proper hints or signs that indicate the need for the regulation of sources if we want to achieve the long-term positive growth of geodesy.

Distinguished Land Surveyors, for the search of proper and sufficient sources to be successful, you are invited to the Land Surveyors Day, which will take place on 14 and 15 March 2019 in Novo Mesto.

I wish you all the best and good fortune in 2019!

IZZIVI IN DEJAVNOSTI V ZVEZI Z DRŽAVNIM HORIZONTALNIM KOORDINATNIM SISTEMOM SLOVENIJE

CHALLENGES AND ACTIVITIES ON THE NATIONAL HORIZONTAL COORDINATE SYSTEM OF SLOVENIA

Klemen Medved, Sandi Berk, Oskar Sterle, Bojan Stopar

UDK: 528.23(497.4)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 2. 10. 2018
Sprejeto: 22. 11. 2018

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.567-586>
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 2. 10. 2018
Accepted: 22. 11. 2018

IZVLEČEK

V prispevku predstavljamo stanje in dejavnosti pri vzpostavljanju državnega horizontalnega koordinatnega sistema Slovenije. V Sloveniji uporabljamo realizacijo državnega horizontalnega koordinatnega sistema (referenčni sestav) z oznako D96/TM, ki je bila vzpostavljena na podlagi EUREF GPS-izmer, izvedenih pred več kot dvajsetimi leti. V vsakdanji geodetski praksi je določanje položaja v tem sistemu zagotovljeno na podlagi podatkov in storitev državnega omrežja stalnih GNSS-postaj SIGNAL, ki se uporablja že več kot deset let. Zaradi aktivnega geodinamičnega dogajanja se koordinate točk referenčnega sestava spreminjajo. V zadnjih letih je bilo izvedenih kar nekaj dejavnosti za zagotovitev ustreznosti kakovosti referenčnega koordinatnega sistema. Vzpostavljena sta bila državna kombinirana geodetska mreža oziroma mreža ničtega reda in analitični center službe za GNSS ter izvedena GNSS-izmera EUREF Slovenija 2016. V prispevku so predstavljene vse dejavnosti in načrti za dolgoročno zagotovitev kakovostnega državnega horizontalnega referenčnega koordinatnega sistema.

KLJUČNE BESEDE

državni geodetski referenčni sistem, časovne vrste koordinat, EUREF, geokinematični model, GNSS, horizontalni koordinatni sistem, geodetska mreža ničtega reda

ABSTRACT

This article describes the current situation and activities on the establishment of the national horizontal coordinate system of Slovenia. In Slovenia, a horizontal coordinate system (reference frame) denoted as D96/TM, which is based on the EUREF GPS campaigns performed more than 20 years ago, is used. In daily geodetic practice, the access to the national coordinate reference system is provided by the national network of continuously operating GNSS stations, called SIGNAL, which has been in use for more than ten years. Because of the active geodynamics, the coordinates of the reference frame points diverge in time. To ensure the proper quality of the coordinate reference system, many activities have been started in recent years. The national combined geodetic network, also referred to as the 'zero-order network', and the Analytical Centre of GNSS Service were established, and the 'EUREF Slovenia 2016' GNSS campaign was performed. All these activities and plans to provide a high quality national horizontal coordinate reference system in the long term are presented.

KEY WORDS

national geodetic reference system, coordinate time series, EUREF, geokinematic model, GNSS, horizontal coordinate system, zero-order geodetic network

1 UVOD

Državni geodetski referenčni sistem je opredeljen kot sistemska državna infrastruktura za določanje in izražanje položaja objektov in pojavov v prostoru. Sestavljata ga državni prostorski koordinatni sistem in državni topografski sistem. Državni prostorski koordinatni sistem omogoča enotno in kakovostno določanje in izražanje položajev ter vzpostavljane, vodenje in uporabo prostorskih podatkov v javnem in zasebnem sektorju na celotnem državnem ozemlju. Organi javne uprave podatke vodijo v javnih evidencah za potrebe izvajanja nalog s svojih delovnih področij, predvsem pri urejanju prostora, upravljanju naravnih virov, prometa, obrambe, zaščite in reševanja, kmetijstva in vseh vrst gospodarske infrastrukture ... Prostorski podatki se uporabljajo pri oblikovanju strateških in političnih odločitev, določanju ukrepov, ki so vezani na prostor in prostorski razvoj, ter za spremljanje njihovega izvajanja. Kakovostni prostorski podatki imajo izjemno veliko vrednost, zato je bistvenega pomena zagotavljati njihovo ustrezno kakovost, pri čemer je nujni pogoj vzpostavitev kakovostnega državnega prostorskega koordinatnega sistema.

Edini način za zagotavljanje ustrezne kakovosti državnega prostorskega koordinatnega sistema je njegova vzpostavitev na geodetski podlagi, ki vključuje upoštevanje fizikalnih in geometrijskih lastnosti fizičnega prostora. Za uspešno opravljanje svoje vloge mora državni prostorski koordinatni sistem izpolnjevati številne zahteve, med katerimi je najpomembnejša, da mora biti za nekaj stopenj višje kakovosti od kakovosti georeferenciranja prostorskih podatkov. Hiter tehnološki razvoj prinaša številne tehnologije za pridobivanje prostorskih podatkov, vsesplošna digitalizacija pa omogoča vse obsežnejšo in kompleksnejšo uporabo prostorskih podatkov. Našteto zahteva stalen konceptualni, tehnološki in formalnopравни razvoj državnega prostorskega koordinatnega sistema, in sicer tako, da večina njegovih uporabnikov tega ne zazna. Pomemben vidik pri vzdrževanju in vodenju sta namreč tudi njegova vzdržnost oziroma trajnost; treba se je izogniti nepotrebni spremembi koordinat v zbirkah prostorskih podatkov, ki bi bile posledica vzdrževanja koordinatnega sistema (npr. Sterle in sod., 2009).

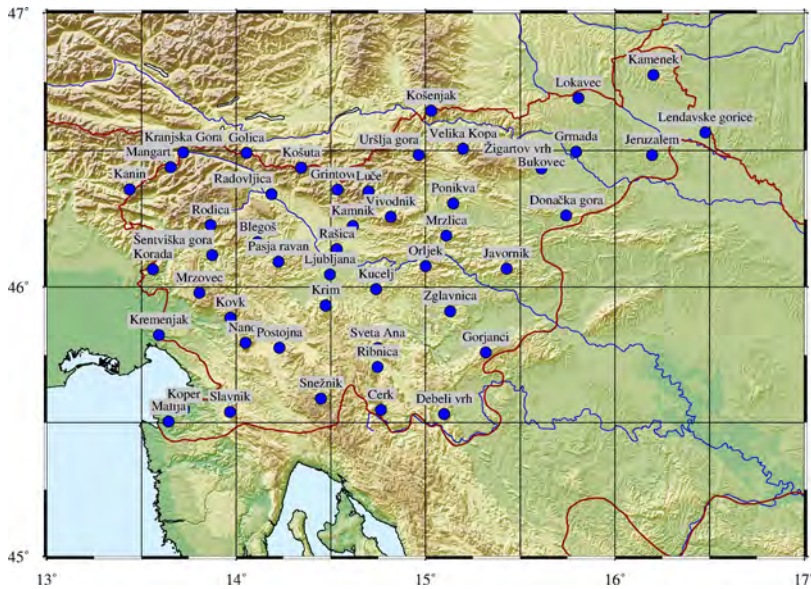
Za vzpostavitev, vodenje in vzdrževanje državnega prostorskega koordinatnega sistema je pri nas zadolžena Geodetska uprava Republike Slovenije. V preteklosti je bila horizontalna sestavina državnega prostorskega koordinatnega sistema (horizontalni koordinatni sistem) opredeljena le geometrijsko, kot geometrijski koordinatni sistem. Ta je bil praktično realiziran z različnimi temeljnimi geodetskimi točkami, ki so bile povezane v različne vrste geodetskih mrež: astrogeodetsko, trigonometrično, navezovalne, poligonske in mestne. Mreže so se glede na metodo določanja, stopnjo natančnosti in gostoto točk uvrščale v različne rede. Koordinate so se določale s klasičnimi geodetskimi postopki, kot so astronomska opazovanja, triangulacija, trilateracija, poligonometrija, aerofotogrametrija, ter s kombinacijo naštetih metod. Stari državni horizontalni koordinatni sistem je temeljil na Besslovem referenčnem elipsoidu in koordinatah državnih geodetskih mrež, določenih na podlagi meritev po drugi svetovni vojni do leta 1948, zato označujemo realizacijo starega državnega horizontalnega koordinatnega sistema kot D48 (npr. Jenko, 1976; Vodopivec in sod., 1976; Jenko, 1986; Stopar in Kuhar, 2003; Delčev in sod., 2014). Za praktično uporabo je bil na njegovi podlagi vzpostavljen ravninski referenčni koordinatni sistem, ki je temeljil na Gauß-Krüegerjevi projekciji in ga označujemo z oznako D48/GK.

Z uveljavitvijo metod za določanje položaja z globalnimi navigacijskimi satelitskimi sistemi (GNSS) se je pojavila potreba po vzpostavitvi novega državnega horizontalnega referenčnega sistema. Danes v vsakdanji geodetski praksi poteka določanje koordinat s kombinacijo GNSS in terestrične izmere.

Zaradi narave GNSS-tehnologije so uporabniki prostorskih podatkov vse manj v neposrednem stiku z državnim koordinatnim sistemom ter se tudi vse manj zavedajo porekla koordinat in pomena kakovostne referenčne podlage, ki je vse bolj ključna za kakovost georeferenciranja prostorskih podatkov. Na videz enostavnejši geodetski merilni postopki od uporabnikov zahtevajo poglobljeno poznavanje delovanja, upravljanja in vzdrževanja referenčnega sistema ter zelo poglobljeno poznavanje problematike skrbnikov geodetskega referenčnega sistema.

2 SLOVENSKI HORIZONTALNI GEODETSKI DATUM D96

Mednarodna zveza za geodezijo IAG (angl. *International Association of Geodesy*) – oziroma njena podkomisija za evropski referenčni sestav z okrajšavo EUREF (angl. *European Reference Frame*) – že od leta 2003 (EUREF-resolucije, 2003, resolucija št. 2) poziva vse evropske države, da čim prej uvedejo enoten evropski terestrični referenčni sistem 1989 – ETRS89 (angl. *European Terrestrial Reference System 1989*). V Sloveniji tako uporabljamo državni prostorski koordinatni sistem, ki smo ga sicer uzakonili šele v letu 2014 (ZDGRS, 2014), čeprav smo ga dejansko uvedli že leta 2008, ko je bila za evidentiranje nepremičnin v zemljiškem katastru omogočena tudi uporaba GNSS-tehnologije (ZEN, 2006).



Slika 1: Temeljne državne geodetske točke (točke EUREF), ki definirajo D96.

Horizontalna sestavina slovenskega državnega prostorskega koordinatnega sistema je določena s parametri evropskega terestričnega referenčnega sistema ETRS89 in praktično realizirana z 49 temeljnimi državnimi geodetskimi točkami, ki imajo koordinate določene v tem sistemu (slika 1). Koordinate teh 49 geodetskih točk so bile določene v okviru EUREF GPS-izmer, ki so bile izvedene v letih 1994, 1995 in 1996. Srednji trenutek (epoha) navedenih GPS-izmer je 1995,55, zato realizacijo novega državnega horizontalnega koordinatnega sistema označujemo tudi s kratico D96 (geodetski datum 1996). Končni kombinirani izračun vseh treh izmer je bil izveden v letu 2003 in potrjen na EUREF-simpoziju v Toledu (Berk in sod., 2003, 2004a in 2004b). Koordinate točk izračuna spadajo v kakovostni razred B (EUREF Product Class

B), kar je najvišji razred za rezultate obdelav EUREF GPS-izmer in pomeni točnost koordinat približno 1 centimeter v ETRS89 v epohi izmere. Koordinate v koordinatnem sistemu ETRS89 so določene kot kartezične koordinate (X, Y, Z) oziroma geodetske koordinate (geodetska širina φ , geodetska dolžina λ in elipsoidna višina h) glede na referenčni elipsoid GRS80.

Za državni ravninski referenčni koordinatni sistem je bila izbrana prečna Mercatorjeva projekcija GRS80 referenčnega elipsoida, zato ima novi ravninski referenčni koordinatni sistem oznako D96/TM (Stopar, 2007).

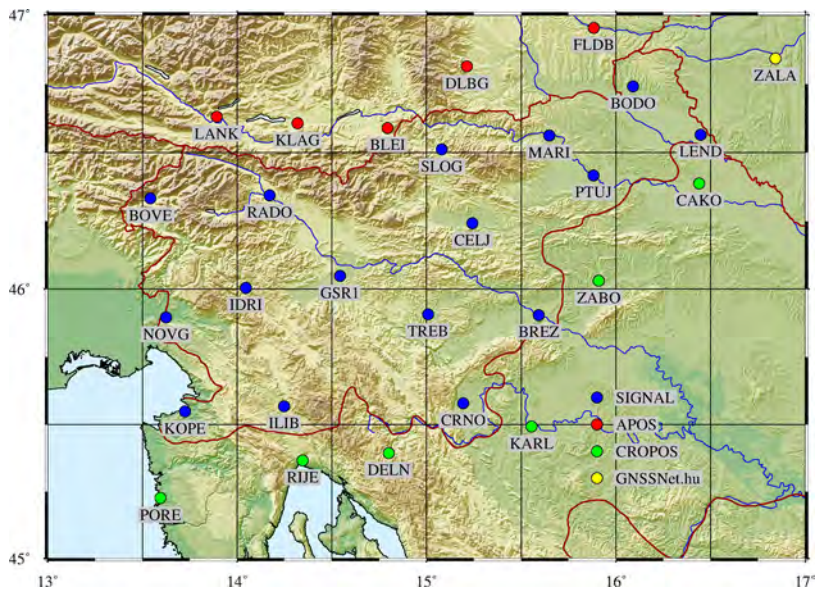
Prehod med starim (D48/GK) in novim državnim ravninskim referenčnim koordinatnim sistemom (D96/TM) v Sloveniji še vedno ni v celoti izveden, saj večina upravljavcev prostorskih podatkovnih zbirk tega še ni storila. Geodetska uprava RS je objavila seznam veznih točk in zagotovila model transformacije za prehod iz starega v novi referenčni koordinatni sistem, na voljo pa je tudi programska oprema za izvedbo transformacije prostorskih podatkov (Transformacija, 2017).

3 OMREŽJE SIGNAL

Tehnične možnosti za dostop do državnega referenčnega koordinatnega sistema D96/TM so na ozemlju Slovenije zagotovljene uporabnikom omrežja stalno delujočih GNSS-postaj SIGNAL (SlovenIja-Geodezija-NAvigacija-Lokacija). Omrežje je bilo zasnovano že na prelomu stoletja (Stopar in sod., 2002), dokončno je bilo vzpostavljeno v okviru projekta *Vzpostavlanje omrežja postaj GPS in evropskega koordinatnega sistema v Sloveniji*, ki je bil financiran s proračunskimi sredstvi Republike Slovenije in sofinanciran z donacijo Norveškega finančnega mehanizma – NFM. Projekt je trajal štiri leta (2007–2010), v njegovem okviru je bilo fizično vzpostavljenih 15 stalnih GNSS-postaj na območju Slovenije ter nadzorni center (služba za GNSS), ki ima sedež na Geodetskem inštitutu Slovenije (Berk in sod., 2006; Projekt NFM, 2007).

Prvotna konfiguracija omrežja se je s časom nekoliko spremenila, tako je bila v aprilu 2013 postaja Velika Polana nadomeščena s postajo Lendava (Medved in sod., 2013), v januarju 2014 pa je bila v omrežje vključena postaja v Idriji. V omrežje je poleg šestnajstih slovenskih postaj vključeno še pet avstrijskih (omrežje APOS), ena madžarska (omrežje GNSSnet.hu) in šest hrvaških (omrežje CROPOS), celotno konfiguracijo omrežja SIGNAL tako sestavlja 28 postaj (slika 2). Kot kontrolna postaja (angl. *rover integrity*) je v omrežje vključena dodatna postaja na stavbi Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani.

Za upravljanje omrežja se uporablja programska oprema podjetja Trimble, in sicer zadnja verzija Pivot 4.1. Zaradi varnosti je celoten sistem podvojen, vzporedni sistem se uporabi ob morebitnih težavah na primarnem strežniku oziroma za testne namene. Komunikacija med postajami in nadzornim centrom poteka po omrežju VPN (angl. *Virtual Private Network*). Za zagotovitev večje kakovosti delovanja sistema se uporablja neodvisna programska oprema (Alberding QC Software) za nadzor delovanja, ki neodvisno nadzira podatkovni tok z različnih dostopnih točk (npr. prekinitve/izpadi), prav tako se neodvisno izvaja periodični nadzor koordinat GNSS-postaj. Vse postaje so bile do leta 2016 nadgrajene, tako je na vseh postajah v omrežju sedaj omogočen sprejem signalov z GPS- in GLONASS-satelitov. Stroški vzdrževanja omrežja SIGNAL so relativno veliki, saj je tudi razvoj na področju satelitske navigacije hiter, zato bo omrežje kmalu treba spet nadgraditi za sprejem dodatnih signalov, na primer satelitov evropskega globalnega navigacijskega satelitskega sistema Galileo.



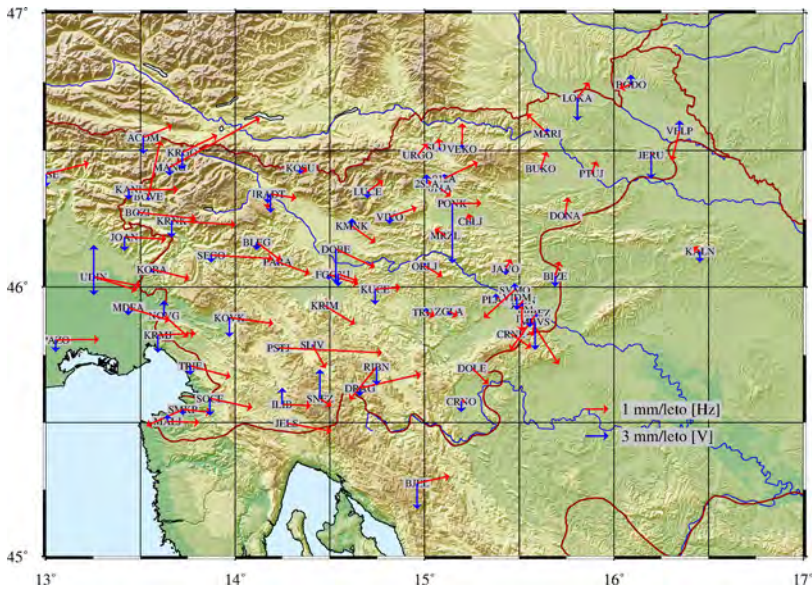
Slika 2: Omrežje SIGNAL z vključenimi postajami sosednjih držav (SIGNAL, 2018).

SIGNAL je omrežje, ki je namenjeno predvsem uporabnikom. Z njegovim delovanjem je uporabnikom zagotovljen dostop do državnega horizontalnega koordinatnega sistema ter s tem kakovostna določitev koordinat katere koli točke na območju Slovenije. Za zagotavljanje kakovostne določitve položaja v državnem prostorskem koordinatnem sistemu je zato nujno nemoteno delovanje omrežja SIGNAL. Uporabniki pridobivajo produkte omrežja SIGNAL v realnem času ali za naknadno obdelavo GNSS-opazovanj. Določitev koordinat v realnem času je uporabniku omogočena s posredovanjem opazovanj posamezne referenčne postaje ter z uporabo dveh vrst tako imenovanih mrežnih produktov omrežij GNSS-postaj, in sicer VRS (angl. *Virtual Reference Station*) in MAC (angl. *Master-Auxiliary Concept*). Za naknadno obdelavo GNSS-opazovanj uporabniki pridobivajo datoteke opazovanj referenčnih postaj v formatu RINEX, ki so shranjene v arhivu RINEX-datotek omrežja SIGNAL. V primerjavi z izmero v realnem času zagotavlja naknadna obdelava opazovanj boljše natančnost in točnost koordinat, predvsem pa uporabnikom omogoča določitev koordinat, tudi ko med izmero na terenu ni bilo mogoče dostopati do produktov in storitev omrežja SIGNAL v realnem času (SIGNAL, 2018).

Če je tehnično za delovanje omrežja dobro poskrbljeno in ga lahko uporabniki nemoteno uporabljajo, pa se odpira bistveno pomembnejše vprašanje, kakšna je prostorska in časovna usklajenost koordinat stalnih GNSS-postaj s slovenskim državnim referenčnim koordinatnim sistemom D96/TM. Koordinate postaj omrežja SIGNAL so bile šele konec leta 2007 s tako imenovano Mini EUREF-izmero 2007 usklajene z D96, pri čemer je bil uporabljen nekoliko poenostavljen postopek (Stopar in sod., 2008). Izmera je trajala tri dni (72 ur), s srednjo epoho 2007,23, vanjo je bilo poleg stalnih postaj omrežja SIGNAL in postaj sosednjih držav vključenih še pet uradnih EUREF-točk (Donačka gora, Korada, Kucelj, Malija in Velika Kopa), ki so vključene tudi v realizacijo slovenskega horizontalnega geodetskega datuma D96.

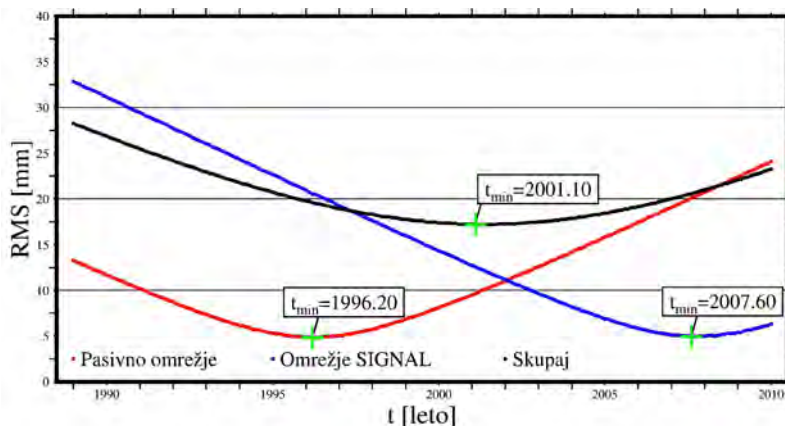
Med realizacijama geodetskega datuma D96 v okviru EUREF GPS-izmere z epoho 1995,55 in vključitvijo/povezavo postaj omrežja SIGNAL v D96 z epoho 2007,23 je več kot deset let časovne razlike.

Pričakovali smo, in raziskave so to potrdile, da so se koordinate točk, določenih v obeh epohah (1995,55 in 2007,23), v desetletnem obdobju spremenile. In temo recentne tektonike na ozemlju Slovenije je bilo sicer opravljenih precej študij (npr. Pavlovčič Prešeren in sod., 2005; Vrabec in sod., 2006; Weber in sod., 2006, 2010a in 2010b; Sterle, 2015), ni pa še sistematičnega spremljanja gokinematičnega dogajanja na območju države, ki bi nam omogočalo vzpostavitev državnega geokinematičnega modela. Na podlagi številnih ponovljenih GNSS-izmer na območju Slovenije (v več kot dvajsetletnem časovnem obdobju), podatkov omrežja SIGNAL (v obdobju od 2004 do 2010), omrežij stalno delujočih postaj v okolici Slovenije (IGS- in EPN- omrežje) in ustrezne obdelave vseh teh opazovanj pa nam je vendarle že uspelo oceniti vektorje hitrosti premikov za nekatere geodetsko-geodinamične točke na območju Slovenije. Preliminarne rezultate ugotovljenih vektorjev hitrosti na območju Slovenije, ki znašajo do nekaj milimetrov, predstavljamo na sliki 3.



Slika 3: Vektorji hitrosti na GNSS-točkah v Sloveniji (Sterle, 2015).

Iz dosedanjih ugotovitev sklepamo, da je državni referenčni koordinatni sistem D96/TM sicer kakovostno vzpostavljen, vendar se s časovnim oddaljevanjem od referenčne epohe (1995,55) njegova kakovost slabša; po nekaterih ocenah mu je že potekel rok trajanja (Caporali in sod., 2011; Sterle, 2015) oziroma ni več ustrezne kakovosti za potrebe sodobnega časa. Stopnjo kakovosti D96/TM skozi čas prikazujemo na sliki 4. Slika prikazuje srednjo stopnjo kakovosti koordinat temeljnih geodetskih točk (EUREF-točk), ki definirajo D96/TM (rdeča krivulja), oziroma postaj omrežja SIGNAL (modra krivulja) v odvisnosti od časa. Najvišja kakovost koordinat točk je tako določena v začetku leta 1996 za pasivne točke in v sredini leta 2007 za postaje omrežja SIGNAL. V bližini teh dveh epoh so bile koordinate obeh mrež tudi določene. Če se ne oziramo na vrsto geodetske točke oziroma mreže, pa je srednja kakovost koordinat točke predstavljena s črno krivuljo. S slike je razvidno, da se kakovost z oddaljevanjem od (povprečja) epoh 1996 in 2007 slabša, do sedanjosti (2018) se kakovost zniža na stopnjo poldecimetske točnosti, kar ni več ustrezno za današnje potrebe.



Slika 4: Kakovost državnega koordinatnega sistema D96/TM v odvisnosti od časa (Sterle, 2015).

V prihodnosti se je tako treba usmeriti v zagotovitev ustrezne definicije, realizacije in vzdrževanja, s katerimi bo zagotovljena ustrezna kakovost koordinatnega sistema na dolgi rok. Tovrstne dejavnosti so potrebne tudi zato, da se običajnim uporabnikom državnega koordinatnega sistema in prostorskih podatkov nasploh ni treba ukvarjati z njegovo kakovostjo. V ta namen je bilo v zadnjih letih storjenih nekaj korakov, in sicer:

- vzpostavljena je bila državna kombinirana geodetska mreža (mreža 0. reda),
- vzpostavljen je bil analitični center omrežja SIGNAL in
- opravljena je bila nova EUREF GNSS-izmera.

V nadaljevanju so podrobneje opisane izvedene dejavnosti.

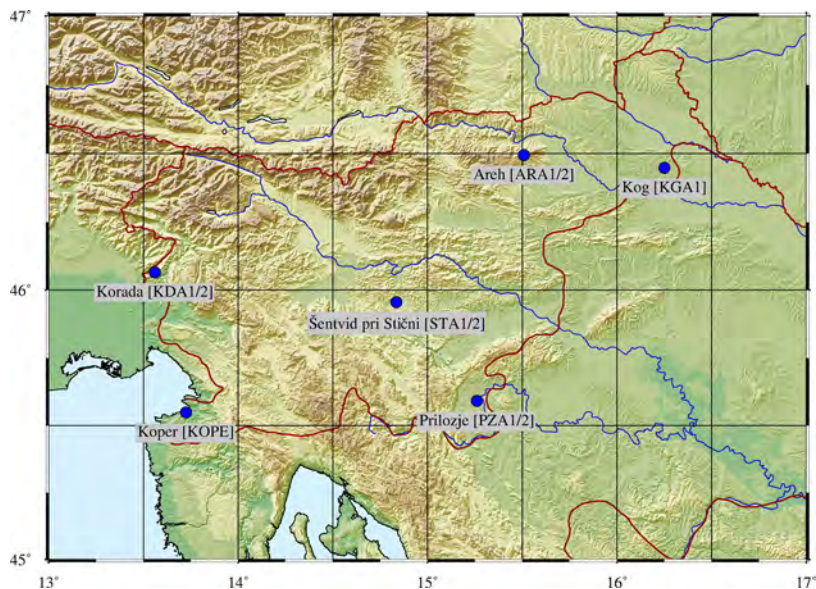
4 DRŽAVNA KOMBINIRANA GEODETSKA MREŽA OZIROMA MREŽA 0. REDA

Z vzpostavitvijo državne kombinirane geodetske mreže sta omogočena kakovostna realizacija in vzdrževanje državnega geodetskega referenčnega sistema na dolgi rok. Pri vzpostavitvi državne kombinirane geodetske mreže gre za povezavo vseh sestavin koordinatnega sistema v enoten, sodoben prostorski koordinatni sistem, in sicer na podlagi neprekinjenega in/ali periodičnega izvajanja vseh vrst geodetskih meritev najvišje kakovosti. Kombinirana geodetska mreža naj bi zagotavljala referenčno podlago za državni horizontalni, višinski in gravimetrični referenčni sistem ter za državno omrežje GNSS-postaj. Hkrati naj bi imela vlogo večnamenske kalibracijske mreže za geodetske instrumente pa tudi metod in postopkov geodetske izmere. Podatki in produkti kombinirane geodetske mreže so poleg geodezije lahko uporabni za druga znanstvena področja, kot so meteorologija, seizmologija, geodinamika, oceanografija ... (Stopar in sod., 2016).

Dejavnosti za vzpostavitev kombinirane geodetske mreže so se začele v okviru ciljnega raziskovalnega projekta z naslovom *Zasnova temeljne državne geoinformacijske infrastrukture*. Rezultat je bil idejni projekt za kombinirano geodetsko mrežo 0. reda (Berk in sod., 2012a in 2012b), ki je vključeval analizo razlogov, potreb in možnosti za njeno vzpostavitev. V okviru projekta so bile obravnavane možnosti za umestitev točk mreže glede na obliko in velikost državnega ozemlja, reliefa, podnebne danosti in vegetacijo, geološke,

hidrološke in tektonske danosti ter glede na druge dejavnike, kot so lokalna stabilnost terena in možnost kakovostnega izvajanja geodetskih meritev. Na podlagi pripravljenih izhodišč in analiz sta bila izdelana predlog optimalnega števila in razporeditve točk mreže. Sama vzpostavitev mreže 0. reda je potekala 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 2016 v okviru Finančnega mehanizma EGP (Projekt EGP, 2013; Režek, 2017).

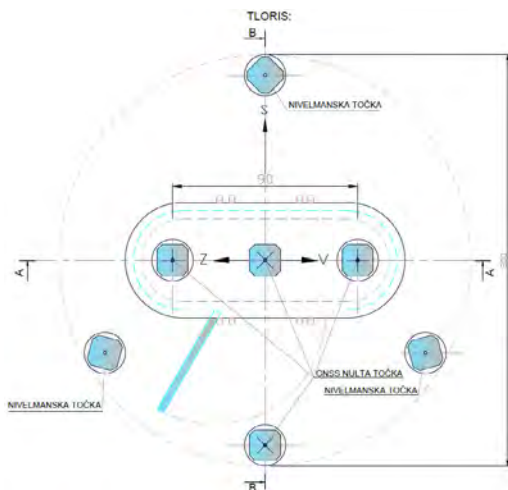
Državno kombinirano geodetsko mrežo sestavljajo geodetske točke na šestih lokacijah. To so državne geodetske točke Prilozje (Bela krajina), Areh (Frajhajm na Pohorju), Kog (Prlekija), Korada (Zapotok v Goriških brdih), Šentvid pri Stični in Koper (Režek, 2017), ki so na medsebojnih razdaljah okoli 100 kilometrov približno enakomerno razporejene po celotnem državnem ozemlju (slika 5). Prvih pet točk je postavljenih na novo, za točko Koper je bila uporabljena obstoječa GNSS-postaja omrežja SIGNAL, ki je na lokaciji mareografske opazovalnice. Ker so bili redovi geodetskih mrež doslej označeni kot 1. red (najpomembnejši), 2. red, 3. red ..., nova mreža pa vključuje najkakovostnejše določene geodetske točke, jo imenujemo tudi državna geodetska mreža 0. reda.



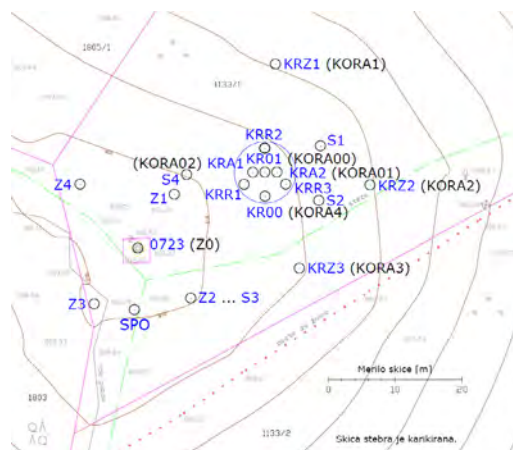
Slika 5: Lokacije točk državne kombinirane geodetske mreže – mreže 0. reda.

Nekatere GNSS-točke 0. reda so v neposredni bližini referenčnih točk drugih merilnih tehnologij (angl. *collocation points*), in sicer: absolutne gravimetrične točke AGT400 na Arehu, trigonometrične točke 1. reda 518 na Koradi in mareografske postaje Agencije RS za okolje v Kopru. Za vsako geodetsko točko 0. reda posebej je bila izdelana projektna dokumentacija, pri kateri so poleg geodetov sodelovali geologi, gradbeniki in hidrologi (Logar, 2013; Vrabec, 2013; Popović in Popović, 2013; Stopar in sod., 2013, 2014a in 2014b). V naravi so točke stabilizirane z betonskim stebrom ovalne oblike, visokim približno dva metra. Steber stoji na temeljni betonski plošči s premerom 2 metra, debelino 0,5–0,9 metra. Plošča je temeljena neposredno na živo skalo (točki Areh in Korada) ali podprta s tremi piloti premera 30 centimetrov, ki segajo pod kotom 18° v globino različno glede na geološko sestavo tal

(Kog – do 5,5 metra, Šentvid pri Stični – do 7,9 metra in Prilozje – do 21 metrov). Piloti, temeljna plošča in steber sestavljajo enovito armiranobetonsko konstrukcijo, ki zagotavlja ustrezno lokalno stabilnost točke. Na dveh točkah (Prilozje – globina 18 metrov in Šentvid pri Stični – globina 12 metrov) sta tudi vrtini s peziometrom za spremljanje višine podtalnice. Na vseh lokacijah je izvedena drenaža za njeno odvajanje.



Slika 6a: Izsek iz projektne dokumentacije, geodetske točke na temeljni plošči in stebru (Popović in Popović, 2013).



Slika 6b: Prikaz točk osnovne in razširjene mikromreže Korada na geodetskem načrtu (Stopar in sod., 2016).

V izogib morebitnim deformacijam zaradi temperaturnih sprememb je armiranobetonski steber vsake točke izoliran s 4-centimetrskim slojem mineralne volne in zaščiten z nerjavečo pločevino. Okrog stebra je postavljena varovalna ograja v obliki četvero- ali osmerokotnika z dvojnimi dvokrilnimi vrati, kar omogoča njeno enostavno odstranitev za potrebe izvajanja geodetskih meritev s točk zavarovalne mreže. V osi stebra in na temeljni plošči ob njegovem vznožju je stabiliziranih še pet referenčnih točk (slika 6a), namenjenih izvajanju klasičnih terestričnih, nivelmanskih in gravimetričnih meritev. Na vrhu stebra sta nameščeni dve oziroma ena GNSS-antena. Znotraj stebra so v omarici nameščeni merilni instrumenti in telekomunikacijska oprema. Vsaka točka ima zunaj ograjenega dela na oddaljenostih od nekaj 10 pa do 200 metrov od stebra postavljene še tri do štiri zavarovalne točke, kot del zavarovalne mikromreže (slika 6b). Tudi te točke so postavljene na pilotih (globine do 7,4 metra), zaščitene so z betonskimi jaški, ki so v ravnini terena pokriti z litoželeznimi pokrovi. Na vrhu pilotov so vgrajene kovinske plošče z vijaki za prisilno centriranje geodetskih instrumentov in pribora (slika 7a).

Vse stalno delujoče GNSS-postaje na točkah mreže 0. reda so opremljene z antenami in sprejemniki, ki zagotavljajo opazovanja najvišje kakovosti. Štiri točke (Areh, Korada, Prilozje in Šentvid pri Stični) so tako imenovane dvojne točke (angl. *double/twin stations*) z dvema GNSS-antenama, glej sliko 7b, dve točki (Kog in Koper) pa sta enojni, tj. z eno GNSS-anteno. GNSS-oprema omogoča izvajanje opazovanj vseh dostopnih globalnih navigacijskih satelitskih sistemov. Za vse nameščene antene je podjetje Geo++ opravilo individualno absolutno kalibracijo. Za vse antene so pridobljene tudi enolične mednarodne oznake, tako imenovane DOMES numbers. Razen v Kopru je na vseh točkah senzor nagiba (elektronska

libela), s katerim se neprekinjeno spremlja lokalna stabilnost betonskega stebra. Štiri točke (Areh, Korada, Priložje in Šentvid pri Stični) so opremljene tudi s kalibrirano meteorološko postajo (Ritlop in sod., 2018).

Vsa opazovanja se prek telekomunikacijskih poti neprekinjeno pošiljajo v nadzorni center službe za GNSS na Geodetskem inštitutu Slovenije. Poleg primarne povezave za prenos podatkov (VPN-povezave po zemeljskih kabljih) je vzpostavljena sekundarna povezava prek mobilnega omrežja, ki se uporabi ob morebitnem izpadu primarne povezave. Podatki se obdelujejo s programskim paketom Alberding GNSS Status, ki v realnem času preverja kakovost delovanja omrežja in po potrebi opozori upravljalca na ugotovljena odstopanja. Izvaja tudi dnevne izračune koordinat vseh vključenih točk po metodi PPP (angl. *Precise Point Positioning*) in jih primerja z referenčnimi koordinatami, kar omogoča spremljanje stanja omrežja v realnem času. Državna mreža 0. reda je operativna od 1. januarja 2016, v popolni konstelaciji (nameščena vsa oprema) pa je od 28. novembra 2017.



Slika 7a: Točka zavarovalne mikromreže.



Slika 7b: Dvojna GNSS-postaja Priložje.

Na vseh točkah mreže 0. reda so bile za vključitev mreže v državni koordinatni sistem in ugotavljanje lokalne stabilnosti točk izvedene geodetske meritve v ponovljenih serijah v razmiku nekaj mesecev. Lokalne stabilnosti točk 0. reda namreč ne moremo vnaprej predpostaviti, potrditi oziroma ugotoviti jo je treba s ponavljajočimi se kakovostnimi meritvami, in sicer GNSS, klasičnimi terestričnimi, nivelmanskimi in gravimetričnimi. Glede na prve rezultate ocenjujemo, da so vse na novo stabilizirane točke mreže v horizontalnem smislu lokalno stabilne na ravni natančnosti določitve koordinat (Stopar in sod., 2016). Ugotovljena pa je bila lokalna nestabilnost na lokaciji točke Koper, kjer bo treba mikromrežo razširiti ter izvesti dodatne izmere in analize (Sterle in sod., 2017b). Poleg spremljanja lokalne stabilnosti točk 0. reda je treba poudariti zagotavljanje stalne in neprekinjene povezave točk 0. reda z državnim koordinatnim sistemom. V horizontalnem smislu to pomeni vzpostavitev časovnih vrst koordinat točk 0. reda, zagotovitev njihove povezave s časovnimi vrstami postaj v omrežju SIGNAL ter časovnimi vrstami (kolikor jih je mogoče vzpostaviti) občasno opazovanih GNSS-točk, s katerimi je realiziran državni horizontalni koordinatni sistem.

Dokončna odločitev o odnosu državne geodetske mreže 0. reda glede na geodetski datum državnega horizontalnega koordinatnega sistema še ni sprejeta. Pri tem je bistveno vprašanje, ali bodo točke 0. reda enakovredno ali kako drugače obravnavane glede na preostale točke, vključene v realizacijo hori-

zontalnega geodetskega datuma. Točke 0. reda bodo v prihodnje ključne za določitev geokinematičnega modela Slovenije in za zagotovitev povezave lokalnega geokinematičnega modela slovenskega ozemlja s kontinentalnim (evropskim) in regionalnimi geokinematičnimi modeli. Te točke so namreč edine, ki v Sloveniji izpolnjujejo precej stroge pogoje glede stabilizacije/izgradnje tovrstnih GNSS-točk/postaj. Pri tem posebej poudarjamo, da geokinematični model ne bo namenjen samemu sebi ali drugim strokam, ampak je ključnega pomena za geodezijo, in sicer pri realizaciji sodobnega 4-razsežnega koordinatnega sistema. GNSS-mreža v okviru geodetske mreže 0. reda ima tako nalogo spremljanja morebitnih deformacij državnega horizontalnega koordinatnega sistema, pri tem pa omrežje SIGNAL še naprej ohranja status uporabniškega omrežja.

5 ANALITIČNI CENTER SLUŽBE ZA GNSS

V okviru službe za GNSS od leta 2016 deluje analitični center omrežja SIGNAL in mreže 0. reda. Njegove glavne naloge so izračunavanje dnevnih/tedenskih koordinat GNSS-postaj obeh omrežij, vzpostavitev časovnih vrst koordinat GNSS-postaj in izračun vektorjev hitrosti spreminjanja koordinat.

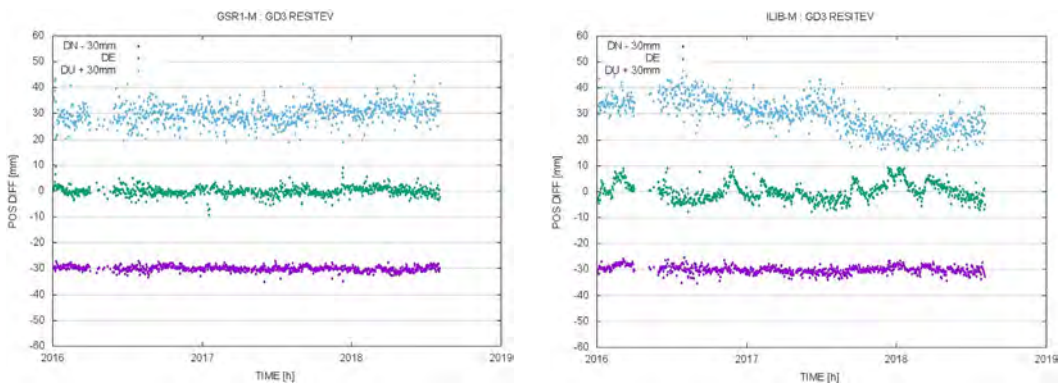
Tako pridobljene časovne vrste koordinat postaj omogočajo vpogled v kakovost delovanja postaj in posledično strokovno podprte odločitve pri upravljanju obeh GNSS-omrežij. Ker so koordinate stalno delujočih postaj omrežja SIGNAL sestavni del realizacije državnega koordinatnega sistema Slovenije, imamo tako na podlagi vzpostavljenih časovnih vrst koordinat možnost spremljanja kakovosti realizacije državnega koordinatnega sistema in ugotavljanja njegovega morebitnega spreminjanja skozi čas. Ugotovljene časovne spremenljivosti podajajo možnost opredelitve ustreznega koordinatnega sistema, ki bo kakovostno realiziran v daljšem časovnem obdobju.

V obdelavo opazovanj za določitev koordinat na dnevni ravni so vključena opazovanja 27 GNSS-postaj omrežja SIGNAL (skupaj z opazovanji postaj omrežij sosednjih držav), desetih GNSS-postaj mreže 0. reda, opazovanja 38 GNSS-postaj službe IGS (*International GNSS Service*), ki imajo kakovostno določene koordinate in vektorje hitrosti sprememb koordinat v zadnji realizaciji koordinatnega sistema ITRS, ter opazovanja izbranih (25) stalno delujočih postaj omrežja EPN (EUREF Permanent GNSS Network). Kot metapodatke pri obdelavi vodimo vse spremljajoče podatke, ki so potrebni za obdelavo opazovanj, in sicer koordinate in vektorje hitrosti sprememb koordinat točk v globalnem koordinatnem sistemu, kalibracijske parametre anten sprejemnikov in GNSS-satelitov, parametre vpliva plimovanj oceanov na koordinate točk, parametre vpliva plimovanja atmosfere na koordinate točk in podatke globalnega modela troposferske refrakcije GMF (angl. *Global Mapping Function*). Podatki in produkti službe IGS in njenih analitičnih centrov pa so natančne tirnice satelitov (efemeride), popravki ur satelitov (na 30 sekund) in parametri rotacije Zemlje, model ionosfere ter kodni zamiki satelitov P1-C1 in P1-P2.

Obdelava dnevnih GNSS-opazovanj poteka na dva načina. Cilj je pridobiti dnevne koordinate postaj v enotnem globalnem koordinatnem sistemu (IGb08, IGS14) z najvišjo mogočo natančnostjo in točnostjo. Prva obdelava poteka s programskim paketom Bernese GNSS Software, različica 5.2, in je namenjena obdelavi dvojnih faznih razlik v geodetski mreži GNSS-postaj, kjer kot rezultat pridobimo ocenjene dnevne koordinate in parametre troposferske refrakcije za vsako postajo. Druga obdelava se izvaja s programskim paketom gPPP lastne izdelave (Sterle, 2015). Postopek temelji na metodi PPP in deluje v absolutnem načinu, saj se GNSS-opazovanja obdelajo ločeno za vsako postajo posebej. Rezultati obdelav podatkov

so ocenjene koordinate točk, fazne nedoločenosti, parametri troposfere, kodni zamiki in popravki ur sprejemnikov. Geodetski datum pri metodi PPP zagotovimo tako, da ocenjene koordinate transformiramo v/na dane koordinate IGS-postaj. Obdelava teče rutinsko (avtomatizirano) enkrat na teden, obdelava opazovanj pa se izvede na podlagi dnevni datotek opazovanj vseh GNSS-postaj za ves teden (Sterle in sod., 2017a). Izvedena je že obdelava opazovanj od leta 2001 do leta 2010 in od 21. avgusta 2016 do 1. oktobra 2018. Vmesno obdobje je še v obdelavi, vsi podatki bodo obdelani v kratkem. Rezultat teh obdelav bodo časovne vrste koordinat za vse stalne GNSS-postaje od vzpostavitve obeh GNSS-omrežij do danes. S tem bo omogočeno ugotavljanje morebitnega spreminjanja koordinat vseh GNSS-postaj ter verjetno tudi vzrokov zanj.

Kot časovne vrste koordinat obravnavamo niz ocenjenih koordinat posamezne točke, ki so bile določene v različnih časovnih epohah (Sterle, 2015). To so osnovni vhodni podatki za analizo kakovosti posamezne točke in tudi za analizo kakovosti koordinatnega sistema, ki ga točke predstavljajo oziroma realizirajo. Na sliki 8 predstavljamo dva primera časovnih vrst koordinat, levo za postajo GSR1 (Ljubljana), desno pa za postajo ILIB (Ilirska Bistrica) za obdobje približno 2,5 leta. Koordinate točk so bile določene z metodo PPP, pri čemer je bil geodetski datum zagotovljen s tremi parametri premika na dane koordinate postaj omrežja IGS, iz časovnih vrst pa je odstranjen tudi linearni trend – vektor hitrosti spreminjanja položaja obeh postaj.



Slika 8: Časovne vrste koordinat dveh GNSS-postaj omrežja SIGNAL (GSR1 in ILIB) za obdobje 2,5 leta.

Razlike v časovnih vrstah koordinat obeh postaj pripisujemo razlikam v kakovosti stabilizacije in lokacije posamezne postaje. Leva slika prikazuje dobro stabilizirano stalno postajo, na kateri ni prisotnih očitnih vplivov na vrednosti koordinat. Odstopanja od premice (linearnega spreminjanja koordinat) so zgolj slučajna. Časovne vrste na desni sliki pa vsebujejo periodična spreminjanja, ki so vidna predvsem v višinski komponenti (modre točke) in v smeri vzhod–zahod (zelene točke). Kaj povzroča taka sistematična odstopanja, je zelo težko ugotoviti, večinoma pa izhajajo iz neposredne okolice točke (neprimerna geološka sestava tal, moten sprejem GNSS-signalov s satelitov – velik vpliv večpotja, nestabilnost objekta in podobno).

Časovne vrste koordinat GNSS-postaj so podlaga za izračun spreminjanja koordinat točk skozi čas – vektorje hitrosti postaj. Vendar pa je za kakovostno določitev vektorjev hitrosti treba vzpostaviti časovne vrste vsaj za obdobje treh let, v nasprotnem primeru so izračunani vektorji hitrosti praviloma neustrezne kakovosti.

V okviru obdelave GNSS-opazovanj stalno delujočih postaj omrežja SIGNAL in mreže 0. reda smo naredili primerjavo med uradnimi koordinatami omrežja SIGNAL, ki definirajo D96/TM, in izračunanimi koordinatami, ki definirajo trenutno geometrijo območja Slovenije. Primerjavo smo naredili s šestparametrično podobnostno transformacijo. Rezultati so predstavljeni v preglednici 1.

Preglednica 1: Primerjava med uradnimi in izračunanimi D96/TM-koordinatami postaj omrežja SIGNAL.

Omrežje SIGNAL	Bernese GNSS Software, različica 5.2			Metoda PPP		
	$\sigma_{\Delta N}$ [mm]	$\sigma_{\Delta E}$ [mm]	$\sigma_{\Delta U}$ [mm]	$\sigma_{\Delta N}$ [mm]	$\sigma_{\Delta E}$ [mm]	$\sigma_{\Delta U}$ [mm]
<i>RMS</i>	8,8	10,0	3,8	9,0	10,1	4,3

Preglednica 1 prikazuje stopnjo (ne)ujemanja med dvema nizoma koordinat: uradnimi in na novo izračunanimi. Primerjavo smo naredili tako za izračunane koordinate s programskim paketom Bernese kot za koordinate, določene z metodo PPP. Videti je očitna in zelo velika stopnja skladnosti rezultatov, pridobljenih z obema postopkoma obdelave opazovanj GNSS. Po drugi strani pa lahko ugotovimo, da je neujemanje uradnih in novo izračunanih koordinat na ravni centimetra ali celo nekoliko slabše. Koordinate postaj omrežja SIGNAL so bile določene leta 2007 (Stopar in sod., 2008) in v več kot desetih letih je aktivna geodinamika na območju Slovenije prispevala znaten delež k spremembam koordinat točk. Pri tem je bila postaja v Koprju evidentirana kot izrazito slabša od drugih (zaradi že navedenih težav z lokalno stabilnostjo), z razlikami koordinat do približno 3 centimetre (Sterle in sod., 2017a). Dokler nimamo vzpostavljenih časovnih vrst koordinat za celotno obdobje delovanje omrežja SIGNAL, lahko le ugibamo, kakšno je stanje sistema, ne moremo pa ničesar sklepati o vzrokih za morebiti velike razlike.

Pri GNSS-postajah mreže 0. reda, za katere so bile koordinate postaj določene januarja 2017, pa rezultati kažejo na milimetrsko skladnost uradnih in na novo določenih koordinat (preglednica 2).

Preglednica 2: Primerjava med uradnimi in izračunanimi D96/TM-koordinatami postaj mreže 0. reda.

Mreža 0.reda	Bernese GNSS Software, različica 5.2			Metoda PPP		
	$\sigma_{\Delta N}$ [mm]	$\sigma_{\Delta E}$ [mm]	$\sigma_{\Delta U}$ [mm]	$\sigma_{\Delta N}$ [mm]	$\sigma_{\Delta E}$ [mm]	$\sigma_{\Delta U}$ [mm]
<i>RMS</i>	0,9	1,5	1,2	1,0	1,5	1,3

6 GNSS-IZMERA EUREF SLOVENIJA 2016 IN GEODETSKI DATUM D17

Glede na dosedanje rezultate raziskav lahko ugotovimo, da je trenutni realizaciji državnega horizontalnega referenčnega koordinatnega sistema D96 že potekel rok uporabnosti. Zato je bilo treba poskrbeti za ponovno kakovostno določitev koordinat EUREF-točk in njihovo mednarodno uveljavitev. Geodetska uprava RS je tako v letu 2016 izvedla ponovno GNSS-izmero EUREF Slovenija 2016 (Medved, 2016). Izmera je bila izvedena 20 let po zadnji EUREF GPS-izmeri, deset let po vzpostavitvi omrežja SIGNAL in nemudoma po vzpostavitvi mreže 0. reda. Namen izmere je bil (Berk in sod., 2018):

- ugotoviti in izboljšati pravilnost in skladnost koordinat v mreži EUREF-točk in v omrežju SIGNAL,
- povezati mrežo EUREF-točk in omrežje SIGNAL z novo GNSS-mrežo 0. reda ter
- ugotoviti vplive recentne tektonike na ozemlju Slovenije na kakovost obstoječe realizacije horizontalnega državnega koordinatnega sistema Slovenije.

GNSS-izmera EUREF Slovenija 2016 je bila izvedena med 22. avgustom 2016 in 10. novembrom 2016, skupaj je trajala 80 dni. Srednja epoha opazovanj je 2016,75 (tj. 1. oktober 2016), z zaokrožitvijo srednje

epohe izmere dobimo tudi oznako nove slovenske realizacije koordinatnega sistema ETRS89, ki je D17 (geodetski datum 2017). V izmero je bilo vključenih 48 pasivnih točk, med njimi je velika večina prvotnih EUREF-točk iz izmer v letih 1994, 1995 in 1996. Poleg tega so bila pridobljena opazovanja za 75 stalnih GNSS-postaj, in sicer v mreži 0. reda (8), omrežju SIGNAL (15), sosednjih GNSS-omrežjih (20) ter EPN- in IGS-omrežju (32); slednje so nastopale v vlogi kontrolnih in referenčnih točk za določitev geodetskega datuma mreže.

Konec maja 2018 je bil na 28. EUREF-simpoziju v Amsterdamu predstavljen izračun GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016 (Berk in sod., 2018). Resolucija št. 3 s tega simpozija potrjuje, da spadajo koordinate točk iz tega izračuna v kakovostni razred B (EUREF Product Class B), torej zagotavljajo točnost koordinat približno 1 centimeter v ETRS89 v epohi opazovanj. Obdelava podatkov izmere je bila izvedena s programskim paketom Bernese GNSS Software, različica 5.2. Izračun je bil izveden v koordinatnem sestavu IGB08 (Bruyninx in sod., 2012), ki temelji na ITRF2008 (Altamimi in sod., 2011) oziroma na različici IGS08 (Rebischung in sod., 2012), in skladno s smernicami za zgostitve omrežij EUREF-točk (Bruyninx in sod., 2013). Rezultat tega izračuna je nova realizacija ETRS89 v Sloveniji z oznako ETRS89/D17 in ogrodjem realizacije IGB08/ETRF2000, medtem ko je za obstoječo realizacijo z oznako ETRS89/D96 ogrodje realizacije ITRF96/ETRF96.

V izračun za potrebe potrditve podkomisije EUREF je bil vključen nekoliko okrnjen niz točk – 10 pasivnih točk in 47 stalnih GNSS-postaj, prav tako je bilo vključenih le 21 dnevnih nizov opazovanj; skupaj je bilo uporabljenih 993 dnevnih RINEX-datotek. Slika 9 prikazuje točke na ozemlju Slovenije in v bližnji okolici, ki so bile vključene v izračun.



Slika 9: Točke v Sloveniji in okolici, vključene v izračun (Berk in sod., 2018).

Primerjava končnih koordinat EUREF-točk v ETRS89/D96 in ETRS89/D17 – vključenih je bilo osem točk v Sloveniji: Cerk, Donačka gora, Golica, Kamenek, Korada, Kucelj, Malija in Velika Kopa – je pokazala na razlike, ki presegajo 8 centimetrov, vendar predvsem zaradi različnih referenčnih sestavov, na katera se nanašata izračuna (Medved in Berk, 2017). S primerjavo koordinat teh EUREF-točk po predhodnem optimalnem vklopu novega niza koordinat točk (D17) na prvotni niz koordinat (D96) s 7-parametrično prostorsko podobnostno transformacijo so odstopanja znašala do 2,4 centimetra (Berk in sod., 2018). Analiza bo seveda še dopolnjena po obdelavi vseh točk, vključenih v izmero. Cilj nadaljnje obdelave bo predvsem uskladitev koordinat EUREF-točk in stalnih GNSS-postaj omrežja SIGNAL. Predhodne analize so dale razlike koordinat posameznih GNSS-postaj, ki so večinoma manjše od 1 centimetra; nekoliko izstopa postaja v Kopru – 2,8 centimetra za e-koordinato (Berk, 2018, 446–447), kar se zelo ujema z že navedenimi predhodnimi raziskavami (Sterle in sod., 2017a). To pomeni, da načrtovana uskladitev koordinat vendarle ne bo vplivala na kakovost že pridobljenih prostorskih podatkov, ki se že skoraj desetletje dolgo pridobivajo s tehnologijo GNSS (npr. podatkov v zemljiškem katastru). Pri tem nova realizacija ETRS89 ne bo uveljavljena neposredno, ampak bo do nadaljnjega ostala v uporabi obstoječa realizacija ETRS89/D96.

7 NAČRTI ZA PRIHODNOST

Odlčitve, kako bo potekalo vzdrževanje državnega koordinatnega sistema v prihodnje, bodo temeljile predvsem na rezultatih GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016, ki prinaša kakovostno homogeno realizacijo sistema (Sterle in sod., 2018). Glede na to, da je izmera EUREF le enkratni dogodek, ki omogoča kakovostno določitev koordinat točk v epohi opazovanj, bo pomembno analizirati tudi rezultate dnevnih obdelav GNSS-opazovanj v obeh aktivnih GNSS-omrežjih. V časovnih vrstah so prisotni različni periodični vplivi, ki po velikosti znatno presegajo zahtevano natančnost državnega koordinatnega sistema. Končni rezultat obdelave opazovanj v okviru GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016 bo nova realizacija državnega horizontalnega koordinatnega sistema (ETRS89/D17), ki bo tudi most med sedanjim pasivnim referenčnim sestavom (mreža EUREF-točk) in prihodnjim aktivnim referenčnim sestavom (mreža 0. reda). Za vzdrževanje državnega koordinatnega sistema v prihodnje je mogočih več scenarijev (Stopar in sod., 2015).

Prvi predvideva, da je stanje slovenskega državnega horizontalnega koordinatnega sistema (D96/TM) ustrezno, kar pomeni, da v tem trenutku ni treba storiti ničesar. Ta scenarij je glede na preliminarne rezultate analiz že izključen; na kratek rok je treba vsaj uskladiti koordinate v mreži EUREF-točk in postaj omrežja SIGNAL, kot je opisano zgoraj.

Drugi scenarij predvideva uvedbo nove realizacija ETRS89 v Sloveniji, kar pomeni nov statični geodetski datum z epoho 2016,75 (D17). To prinaša utečeni postopek, ki smo ga delno že realizirali s prehodom iz D48 v D96, vendar je težava transformacija koordinat med sistemoma in posledično spreminjanje koordinat vseh točk. Ker prehod na D96 po desetletju uporabe še vedno ni dokončan, bi si težko privoščili še eno transformacijo, ki bi povzročila zmedo in težave uporabnikom ter velike stroške upravljavcem prostorskih podatkov. Nekatere države so sicer v praksi uvajale nove realizacije ETRS89, s katerimi so nadomestili prejšnje, vendar so to naredile še pred transformacijo prostorskih podatkovnih zbirk, na primer Belgija, Makedonija in Srbija, nekatere države pa so kljub ponovljenim izmeram ohranile prvotno (starejšo) realizacijo ETR89, na primer Nemčija in baltske države (Altiner in Perlt, 2018; Häkli in sod., 2016).

Tretji scenarij vključuje ohranitev sedanje realizacije ETRS89, vendar postopni prehod na poldinamični geodetski datum, na primer po zgledih Grčije, Islandije, Izraela, Nove Zelandije ali Švedske (Chatzini-kos, 2015; Kierulf in sod., 2017; Even-Tzur, 2011; Blick in Donnelly, 2016; Jivall, 2014). Scenarij je priporočljiv predvsem za območja z večjimi lokalnimi deformacijami. Po dveh desetletjih ukvarjanja s problematiko ustrezne realizacije geodetskega datuma je jasno, da povsem statičen referenčni koordinatni sistem v prihodnje ne bo zadoščal niti na območjih z manjšimi deformacijami, zato se v zadnjem času vse bolj oblikuje zamisel o enotnem pristopu k reševanju problematike (Poutanen in Häkli, 2018). Zaželeno je, da bi bila izbrana rešitev za realizacijo geodetskega datuma za uporabnike prostorskih podatkov povsem nezaznavna, kar je mogoče doseči z dodatnimi storitvami v GNSS-omrežjih oziroma sistemih za vodenje zbirke prostorskih podatkov (transformacije koordinat v in iz referenčne epohe). Scenarij se zdi optimalen, kar zadeva vodenje prostorskih podatkovnih zbirk – koordinate tako ostanejo konstantne v prostoru in času (Berk, 2014).

Četrty scenarij pomeni postopni prehod na dinamični/kinematični (4R) geodetski datum, kjer so koordinate vsake točke funkcija časa. Koordinate točke, veljavne za izbrano epoho, določimo na podlagi predhodno določenega vektorja hitrosti sprememb njenih koordinat. Čeprav bi lahko imeli tako realiziran geodetski datum za idealno rešitev, saj bi s kakovostnim geokinematičnim modelom v celoti odstranili vpliv geodinamike na koordinate točk, je koordinatni sistem, v katerem so koordinate točk časovno odvisne, zelo težko praktično implementirati. Predvsem se odpira vprašanje, katere koordinate voditi v zbirkah in kako bi časovna spremenljivost koordinat točk na dolgi rok vplivala na relativna geometrijska in celo topološka razmerja.

V tem trenutku se zdi optimalna rešitev za vprašanje geodetskega datuma tretji scenarij (poldinamični geodetski datum), vendar je treba za njegovo implementacijo izvesti še kar nekaj nalog. Podlaga bodo kakovostno določene koordinate (in njihove spremembe skozi čas) za čim več geodetskih točk in stalno delujočih GNSS-postaj v čim daljšem časovnem obdobju. Vzpostavljene časovne vrste koordinat točk bo treba analizirati glede na ugotovljeno periodičnost spreminjanja koordinat, nato določiti vektorje hitrosti koordinat in zasnovati geokinematični oziroma deformacijski model ozemlja Slovenije. Pri tem se postavlja še veliko dodatnih vprašanj, in sicer ali trenutna kakovost mikrolokacij, gostota in razporeditev stalnih GNSS-postaj izpolnjujejo pogoje za vzpostavitev takšnega modela. Treba bo zagotoviti dodatne podatke s periodičnimi izmerami (letno/dvoletno) na primerno izbranem nizu geodinamičnih točk. Podrobno bo treba tudi analizirati, kakšne bi bile posledice posameznih scenarijev v daljšem časovnem obdobju. Hkrati bo treba upoštevati vidik skladnosti in izmenljivost podatkov med državami. Strategija EUREF za prihodnje realizacije ETRS89 temelji na vzpostavitvi gostega in homogenega vseevropskega modela hitrosti sprememb koordinat GNSS-postaj (Bruyninx in sod., 2017). Konkretni koraki, ki jih je treba izvesti ne glede na dokončno odločitev, so:

- dokončati izračun GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016 z vključitvijo vseh preostalih merjenih točk,
- uskladiti koordinate stalnih postaj omrežja SIGNAL s koordinatami EUREF-točk,
- določiti časovne vrste koordinat za vse stalne GNSS-postaje na območju Slovenije in v bližnji okolici za celoten čas delovanja postaj ter
- vzpostaviti geokinematični model ozemlja Slovenije.

Naštete dejavnosti zagotavljajo vzdrževanje državnega koordinatnega sistema v dobrem stanju na dolgi rok.

8 SKLEP

Državni horizontalni koordinatni sistem Slovenije je realiziran z mrežo EUREF-točk in stalno delujočih GNSS-postaj v omrežju SIGNAL, v prihodnje pa bo vlogo referenčnega ogrodja prevzela državna kombinirana geodetska mreža – mreža 0. reda. Koordinate EUREF-točk so bile na območju Slovenije prvič določene v okviru EUREF-izmer v letih 1994, 1995 in 1996 ter pomenijo prvo realizacijo koordinatnega sistema ETRS89 v Sloveniji (oznaka D96). Koordinate stalno delujočih postaj omrežja SIGNAL v koordinaten sistemu ETRS89 so bile določene v mini EUREF GNSS-izmeri leta 2007. V okviru posodobitve državne prostorske podatkovne infrastrukture je bila pred kratkim vzpostavljena še geodetska mreža 0. reda, ki jo sestavlja deset referenčnih GNSS-postaj na šestih lokacijah. Koordinate vseh treh omrežij so bile prvič hkrati določene z GNSS-izmero EUREF Slovenija 2016. Z obdelavo opazovanj v GNSS-izmeri EUREF Slovenija 2016 je bila vzpostavljena nova realizacija ETRS89 v Sloveniji (ETRS89/D17), ki pa ne bo praktično uveljavljena, ampak bo zgolj most med obstoječo in prihodnjo realizacijo prostorskega koordinatnega sistema v Sloveniji. Hkrati bo omogočila kakovostno uskladitev koordinat stalnih GNSS-postaj v omrežju SIGNAL z obstoječo realizacijo.

Za nadzor nad kakovostjo in stabilnostjo državnega prostorskega koordinatnega sistema je nujna neprekinjena obdelava GNSS-opazovanj stalnih GNSS-postaj, zato je bil razvit postopek samodejne obdelave GNSS-opazovanj, kar je že dolgo praksa v skoraj vseh evropskih državah. Ocenjene dnevne koordinate in njihova medsebojna odstopanja kažejo na spreminjanje koordinat točk v času. Poznavanje lastnosti teh odstopanj je podlaga za definicijo in realizacijo koordinatnega sistema, ki bo vzpostavljen za daljše časovno obdobje, tako da bo lahko kakovostno opravljal svoje naloge.

Samo kakovosten državni geodetski referenčni sistem lahko zadovolji potrebe vseh, ki imajo opravka s prostorskimi podatki in georeferenciranjem v kakršnikoli obliki. Kljub izzivom, s katerimi se danes srečuje geodezija kot znanost, se od državne geodetske službe pričakuje, da bo zagotovila kakovosten državni prostorski koordinatni sistem za daljše časovno obdobje. To nalogo mora opraviti tako, da se običajnemu uporabniku pri vsakdanjem delu s koordinatnimi sistemi in vsem z njimi povezanimi težavami ni treba ukvarjati. Spreminjanje koordinat detajlnih točk skozi čas bi namreč povzročalo preveč težav pri vsakdanjem operativnem delu. Po drugi strani pa je spremenljivost odnosov med točkami na zemeljskem površju dejstvo, ki ga moramo ugotoviti in upoštevati. Rešitev je vzpostavitev geokinematičnega modela, ki mora vključevati horizontalno in višinsko sestavino koordinatnega sistema. Le kakovostna realizacija vseh sestavin državnega prostorskega koordinatnega sistema omogoča vzpostavitev kakovostne referenčne podlage za vse potrebe sodobne družbe. S tem bo izpolnjeno temeljno poslanstvo geodezije kot znanosti in državne geodetske službe, ki je zagotavljanje kakovostne podlage za georeferenciranje vseh vrst objektov in pojavov na ozemlju države.

ZAHVALA

Del predstavljenih raziskav je v okviru raziskovalnega programa P2-0227 *Geoinformacijska infrastruktura in trajnostni prostorski razvoj Slovenije* sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

Literatura in viri:

- Altamimi, Z., Collilieux, X., Métivier, L. (2011). ITRF2008: An Improved Solution of the International Terrestrial Reference Frame. *Journal of Geodesy*, 85 (8), 457–473. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-011-0444-4>
- Altiner, Y., Pertl, J. (2018). Geodätischer Raumbezug von GNSS-Messungen – Der Beitrag des BKG zur Realisierung 2016. *Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement*, 143 (2), 114–120. DOI: <https://doi.org/10.12902/zfv-0201-2018>
- Berk, S. (2014). Zamrznjeno v prostoru in času. *Geodetski vestnik*, 58 (3), 578–582. http://www.geodetski-vestnik.com/58/3/gv58-3_berk.pdf
- Berk, S. (2018). Obdelava GNSS-kampanje »EUREF Slovenija 2016«. Vmesno poročilo, 457 str. Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije
- Berk, S., Bajec, K., Fajdiga, D., Bitenc, M., Hari, J., Klanjšček, M., Triglav Čekada, M., Žagar, T., Radovan, D., Ambrožič, T., Koler, B., Kuhar, M., Pavlovčič Prešeren, P., Savšek, S., Sterle, O., Stopar, B. (2012a). Zasnova temeljne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture. Končno poročilo. CRP-projekt, št. V2-1096, 148 str. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
- Berk, S., Bajec, K., Fajdiga, D., Radovan, D., Komadina, Ž., Medved, K., Ambrožič, T., Koler, B., Kuhar, M., Pavlovčič Prešeren, P., Savšek, S., Sterle, O., Stopar, B. (2012b). Idejni projekt za kombinirano geodetsko mrežo ničtega reda. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2011, 17. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, 26. januar 2012. Zbornik predavanj, str. 37–44. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2012/SZGG_2012_Berk_in_drugi.pdf
- Berk, S., Komadina, Ž., Marjanovič, M., Radovan, D., Stopar, B. (2003). Kombinirani izračun EUREF GPS-kampanj na območju Slovenije. *Geodetski vestnik*, 47 (4), 414–422. http://www.geodetski-vestnik.com/47/4/gv47-4_414-422.pdf
- Berk, S., Komadina, Ž., Marjanovič, M., Radovan, D., Stopar, B. (2004a). Preračun EUREF GPS-kampanj na območju Slovenije. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2003, 9. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, 15. januar 2004. Zbornik predavanj, str. 45–56. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2004/SZGG_04_Berk_et_al.pdf
- Berk, S., Komadina, Ž., Marjanovič, M., Radovan, D., Stopar, B. (2004b). The Recomputation of the EUREF GPS Campaigns in Slovenia. Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF), Toledo, Španija, 4.–7. junij 2003. Reports of the EUREF Technical Working Group (TWG) – EUREF publication, št. 13. *Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie*, vol. 33, str. 132–149. Frankfurt na Majni: Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie. <http://www.euref.eu/symposia/book2003/4-02-Berk.pdf>
- Berk, S., Kozmus, K., Radovan, D., Stopar, B. (2006). Planning and Realization of the Slovenian Permanent GPS Network. *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten*, 113 (11–12), 383–388. <https://gispoint.de/artikelarchiv/avn/2006/avn-ausgabe-11-122006/2158-planning-and-realization-of-the-slovenian-permanent-gps-network.html>
- Berk, S., Sterle, O., Medved, K., Komadina, Ž., Stopar, B. (2018). Computation of the EUREF Slovenia 2016 GNSS Campaign. Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF), Amsterdam, Nizozemska, 30. maj–1. junij 2018, št. 28, 27 str. <http://www.euref.eu/symposia/2018Amsterdam/01-03-p-Berk.pdf>
- Blick, G., Donnelly, N. (2016). From Static to Dynamic Datums: 150 Years of Geodetic Datums in New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 59 (1), 15–21. DOI: <https://doi.org/10.1080/00288306.2015.1128451>
- Bruyninx, C., Altamimi, Z., Caporali, A., Kenyeres, A., Lidberg, M., Stangl, G., Torres, J. A. (2013). Guidelines for EUREF Densifications, Version 5. IAG Subcommission for the European Reference Frame – EUREF, 9 str. http://www.epncb.oma.be/_documentation/guidelines/Guidelines_for_EUREF_Densifications.pdf, pridobljeno 9. 7. 2018
- Bruyninx, C., Altamimi, Z., Brockmann, E., Caporali, A., Dach, R., Dousa, J., Fernandes, R., Gianniu, M., Habrich, H., Ihde, J., Jivall, L., Kenyeres, A., Lidberg, M., Pacione, R., Poutanen, M., Szafranek, K., Söhne, W., Stangl, G., Torres, J., Völkens, C. (2017). Implementation of the ETRS89 in Europe: Current Status and Challenges. Proceedings of the Symposium on Reference Frames for Applications in Geosciences, 2014, Kirchberg, Luksemburg. *International Association of Geodesy Symposia*, 146, 135–145. DOI: https://doi.org/10.1007/1345_2015_130
- Bruyninx, C., Habrich, H., Söhne, W., Kenyeres, A., Stangl, G., Völkens, C. (2012). Enhancement of the EUREF Permanent Network Services and Products. Proceedings of the 2009 IAG Symposium »Geodesy for Planet Earth«, 2009, Buenos Aires, Argentina. *International Association of Geodesy Symposia*, 136, 27–34. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-20338-1_4
- Caporali, A., Lidberg, M., Stangl, G. (2011). Lifetime of ETRS89 Coordinates. Report on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF), Kišinjev, Moldavija, 25.–28. maj 2011, št. 21, 4 str. <http://www.euref.eu/symposia/2011Chisinau/01-03-p-Caporali.pdf>
- Chatzinikou, M., Fotiou, A., Pikridas, C., Rossikopoulos, D. (2015). The Realization of a Semi-Kinematic Datum in Greece Including a New Velocity Model. Proceedings of the IAG Scientific Assembly »IAG 150 Years«, 2013, Potsdam, Nemčija. *International Association of Geodesy Symposia*, 143, 75–83. DOI: https://doi.org/10.1007/1345_2015_93
- Dach, R., Lutz, S., Walser, P., Fridez, P. (2015). Bernese GNSS Software, Version 5.2. User manual, 852 str. Bern: Astronomski inštitut Univerze v Bernu. <http://www.bernese.unibe.ch/docs/DOCUS2.pdf>
- Delčev, S., Timár, G., Kuhar, M. (2014). O nastanku koordinatnega sistema D48. *Geodetski vestnik*, 58 (4), 681–694. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.04.681-694>
- EUREF-resolucije (2003). EUREF Symposia Resolutions: Toledo, 4.–7. junij 2003. http://www.euref.eu/html/resolutions_toledo2003.pdf
- Even-Tzur, G. (2011). Updating the Semi-Dynamic Datum of Israel. *Surveying and Land Information Science*, 71 (2), 41–47. <https://www.ingentaconnect.com/content/aags/salis/2011/00000071/00000002/art00002>
- Häkli, P., Lidberg, M., Jivall, L., Nørbech, T., Tangen, O., Weber, M., Pihlak, P., Aleksejenko, I., Paršeliūnas, E. (2016). The NKG2008 GPS Campaign – Final Transformation Results and a New Common Nordic Reference Frame. *Journal of Geodetic Science*, 6 (1), 1–33. DOI: <https://doi.org/10.1515/jogs-2016-0001>
- Jenko, M. (1976). Raziskava natančnosti triangulacijske mreže I. reda v SR Sloveniji. V

- P. Jovanović (ur.), Simpozijum o osnovnim geodetskim radovima. Zbornik del, str. 110–120. Herceg Novi: Savez geodetskih inženjera i geometara Jugoslavije
- Jenko, M. (1986). Dela na astronomsko-geodetski mreži v letih 1975–1982. Ljubljana: Inštitut Geodetskega zavoda SRS
- Jivall, L. (2014). The Maintenance of SWEREF99, Including the Use of a Deformation Model. Report on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF), Vilna, Litva, 4.–6. junij 2014, št. 24, 19 str. (ppt). <http://www.euref.eu/symposia/2014Vilnius/03-02-Jivall.pdf>
- Kierulf, H. P., Evers, K., Häkli, P., Knudsen, P., Lidberg, M., Poutanen, M., Valsson, G., Vestol, O., Opseth, P. E. (2017). Dynamic Reference Frames in Iceland. Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF), Wrocław, Poljska, 17.–19. maj 2017, št. 27, 15 str. (ppt). <http://www.euref.eu/symposia/2017Wroclaw/01-08-Kierulf.pdf>
- Logar, J. (2013). Gradbena zasnova stabilizacije točk kombinirane geodetske mreže 0. reda: Kog in Priložje. Poročilo, št. E-18-13. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
- Medved, K. (2016). GNSS-kampanja »EUREF Slovenija 2016«. Geodetski vestnik, 60 (4), 752–758. http://www.geodetski-vestnik.com/60/4/gv60-4_medved.pdf
- Medved, K., Berk, S. (2017). Proti novi realizaciji ETRS89. Geodetski vestnik, 61 (2), 293–295. http://www.geodetski-vestnik.com/61/2/gv61-2_medved.pdf
- Medved, K., Berk, S., Bajec, K. (2013). Recent Developments of Spatial Reference System in Slovenia. 3. CROPOS konferenca, Opatija, Hrvaška, 24.–25. oktober 2013. Zbornik radova, str. 57–62. Zagreb: Državna geodetska uprava, Geodetski fakultet in Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije
- Pavlovič Prešeren, P., Stopar, B., Vrabec, M. (2005). Hitrosti premikov ob prelomih v vzhodni Sloveniji: Opazovanja iz let 1996, 1999 in 2002. Geodetski vestnik, 49 (3), 407–415. http://www.geodetski-vestnik.com/49/3/gv49-3_407-415.pdf
- Popović, N., Popović, Z. (2013). Načrt gradbenih konstrukcij: Stabilizacija GNSS točke 0. reda. Poročilo, št. 348/13. Ljubljana: Terras, s. p.
- Poutanen, M., Häkli, P. (2018). Future of National Reference Frames – from Static to Kinematic? *Geodesy and Cartography*, 67 (1), 117–129. DOI: <https://doi.org/10.24425/118697>
- Projekt EGP (2013). Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav. <http://www.gurs-egp.si/>, pridobljeno 9. 7. 2018
- Projekt NFM (2007). Vzpostavljjanje omrežja postaj GPS in evropskega koordinatnega sistema v Sloveniji. <http://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/drzavni-koordinatni-sistem/projekti/vzpostavljjanje-omrežja-postaj-gps-in-evropskega-koordinatnega-sistema-v-sloveniji/>, pridobljeno 9. 7. 2018
- Reischung, P., Griffiths, J., Ray, J., Schmid, R., Colliaux, X., Garayt, B. (2012). IGS08: The IGS Realization of ITRF2008. *GPS Solutions*, 16 (4), 483–494. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10291-011-0248-2>
- 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
- Ritlop, K., Fabiani, N., Oven, K., Triglav Čekada, M. (2018). Prvi dve leti delovanja kombinirane geodetske mreže 0. reda. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2017, 23. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, 25. januar 2018. Zbornik del, str. 103–112. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2018/SZGG_2018_Ritlop_in_dr.pdf
- SIGNAL (2018). Omrežje SIGNAL. <http://www.gu-signal.si>, pridobljeno 9. 7. 2018
- Sterle, O. (2015). Časovno odvisne geodetske mreže in koordinatni sistemi. Doktorska disertacija, št. 27/GO, 194 str. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-GXOKP062>
- Sterle, O., Berk, S., Medved, K., Komadina, Ž., Fabiani, N., Stopar, B. (2018). Zagotavljanje kakovosti horizontalnega državnega koordinatnega sistema. Geodet inženir. 46. Geodetski dan, Maribor, 15.–16. marec 2018. Povzetki prispevkov, str. 21–23. Ljubljana: Zveza geodetov Slovenije, in Maribor: Društvo geodetov severovzhodne Slovenije
- Sterle, O., Fabiani, N., Ritlop, K., Triglav Čekada, M., Oven, K., Stopar, B. (2017a). Analiza mreže 0. reda in njen vpliv na geodetski referenčni sistem. Končno poročilo. Projekt, št. 2552-17-000018, 319 str. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
- Sterle, O., Kuhar, M., Stopar, B., Pavlovič Prešeren, P., Urbančič, T., Koler, B. (2017b). Ocena vertikalne stabilnosti mareografske postaje Koper. Geodetski vestnik, 61 (4), 527–540. http://www.geodetski-vestnik.com/61/4/gv61-4_sterle.pdf
- Sterle, O., Pavlovič Prešeren, P., Kuhar, M., Stopar, B. (2009). Definicija, realizacija in vzdrževanje modernih koordinatnih sistemov. Geodetski vestnik, 53 (4), 679–694. http://www.geodetski-vestnik.com/53/4/gv53-4_679-694.pdf
- Sterle, O., Stopar, B. (2016). Stanje horizontalne komponente državnega koordinatnega sistema D96. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2015, 21. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, 28. januar 2016. Zbornik del, str. 123–133. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2016/12-SZGG_2016_Sterle_Stopar.pdf
- Stopar, B. (2007). Vzpostavitev ESRS v Sloveniji. Geodetski vestnik, 51 (4), 763–776. http://www.geodetski-vestnik.com/51/4/gv51-4_763-776.pdf
- Stopar, B., Koler, B., Ambrožič, T., Pavlovič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Štebe, G., Urbančič, T., Oven, K., Janežič, M., Bajec, K., Bric, V., Berk, S. (2013). Izdelava projektne dokumentacije za točke kombinirane mreže 0. reda. Projekt, št. 2433-13-0003. Elaborat: 1. in 2. faza, 166 str. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
- Stopar, B., Koler, B., Ambrožič, T., Pavlovič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Štebe, G., Urbančič, T., Oven, K., Janežič, M., Bajec, K., Bric, V., Berk, S. (2014a). Izdelava projektne dokumentacije za točke kombinirane mreže 0. reda. Projekt, št. 2433-13-0003. Elaborat: 3. faza – točke Areh, Koper in Korada, 43 str. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
- Stopar, B., Koler, B., Ambrožič, T., Pavlovič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Štebe, G., Urbančič, T., Oven, K., Janežič, M., Bajec, K., Bric, V., Berk, S. (2014b). Izdelava projektne dokumentacije za točke kombinirane mreže 0. reda. Projekt, št. 2433-13-0003. Elaborat: 3. faza – točka Šentvid pri Stični, 46 str. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
- Stopar, B., Koler, B., Kogoj, D., Ambrožič, T., Pavlovič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Kregar, K., Štebe, G., Urbančič, T., Goršič, J., Mencin, A., Berk, S., Fabiani, N., Mesner, N., Caserman, M., Bric, 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
- Stopar, B., Koler, B., Kuhar, M., Berk, S., Radovan, D. (2008). National Report of Slovenia. Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF), Bruselj, Belgija, 18.–21. junij 2008, št. 18, 8 str. http://www.euref.eu/symposia/2008Brussels/06-23-p-Stopar_et_al_EUREF2008_NRep_Slovenia.pdf
- Stopar, B., Kuhar, M. (2003). A Study of Distorsions of the Primary Triangulation Network of Slovenia. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, 38 (1), 43–52. DOI: <https://doi.org/10.1556/AGeod.38.2003.1.7>
- Stopar, B., Radovan, D., Berk, S., Bilc, A. (2002). Projekt izgradnje slovenskega omrežja permanentnih GPS-postaj in vzpostavitve GPS-službe. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2002, 8. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, 12. december 2002. Zbornik predavanj, str. 73–80. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2002/Stopar_et_al2002.pdf
- Stopar, B., Režek, J., Komadina, Ž., Medved, K., Berk, S., Bajec, K., Oven, K., Koler, B., Urbančič, T., Kuhar, M., Pavlovčič Prešeren, P., Sterle, O. (2015). Aktivnosti pri vzpostavitvi sodobnega geodetskega referenčnega sistema v Sloveniji. *Geodetska (r)evolucija*, 43. Geodetski dan, Sežana, 9.–10. april 2015. Zbornik posveta, str. 37–56. Ljubljana: Zveza geodetov Slovenije, in Nova Gorica: Primorsko geodetsko društvo
- Transformacija (2017). Transformacija v novi koordinatni sistem. <http://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/drzavni-koordinatni-sistem/transformacija-v-novi-koordinatni-sistem/>, pridobljeno 9. 7. 2018
- Vodopivec, F., Černe, F., Jenko, M., Jereb, V., Krstič, J., Peresič, V. (1976). Temeljne triangulacijske mreže v SR Sloveniji. Ljubljana: Inštitut Geodetskega zavoda SRS.
- Vrabec, M. (2013). Geološka ocena potencialne lokacije GNSS točke O. reda na letališču Prilozje: Preliminarno poročilo o litostratigrafskih in hidroloških značilnostih lokacije. Ljubljana
- Vrabec, M., Pavlovčič Prešeren, P., Stopar, B. (2006). GPS Study (1996–2002) of Active Deformation along the Periadriatic Fault System in Northeastern Slovenia: Tectonic Model. *Geologica Carpathica*, 57 (1), 57–65. <http://www.geologicacarpatica.com/browse-journal/volumes/57-1/article-344/>
- Weber, J., Vrabec, M., Pavlovčič Prešeren, P., Dixon, T., Jiang, Y., Stopar, B. (2010a). Določitev recentnega gibanja Jadranske mikroplošče iz meritev GPS v Istri in Padiški nižini. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2009, 15. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, 21. januar 2010. Zbornik predavanj, str. 71–73. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2010/SZG62010_Vrabec_et_al.pdf
- Weber, J., Vrabec, M., Pavlovčič Prešeren, P., Dixon, T., Jiang, Y., Stopar, B. (2010b). GPS-Derived Motion of the Adriatic Microplate from Istria Peninsula and Po Plain Sites and Geodynamic Implications. *Tectonophysics*, 483 (3–4), 214–222. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.09.001>
- Weber, J., Vrabec, M., Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P., Dixon, T. (2006). The PIVO-2003 Experiment: A GPS Study of Istria Peninsula and Adria Microplate Motion, and Active Tectonics in Slovenia. *The Adria Microplate: GPS Geodesy, Tectonics and Hazards*, NATO Science Series, IV: Earth and Environmental Sciences, vol. 61, str. 305–320. Dordrecht: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/1-4020-4235-3_21
- ZDRS (2014). Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu. Uradni list Republike Slovenije, št. 25/2014. <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO6446>
- ZEN (2006). Zakon o evidentiranju nepremičnin. Uradni list Republike Slovenije, št. 47/2006, spr. 65/2007 in 79/2012 – odl. US. <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO4544>



Medved K., Berk S., Sterle O., Stopar B. (2018). Izzivi in dejavnosti v zvezi z državnim horizontalnim koordinatnim sistemom Slovenije. *Geodetski vestnik*, 62 (4), 567–586. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.567-586>

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

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

Sandi Berk, univ. dipl. inž. geod.

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

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

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

Prof. dr. Bojan Stopar, univ. dipl. inž. geod.

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

DOLOČITEV POLOŽAJEV CERKVENIH ZVONIKOV V KOORDINATNEM SISTEMU D96/TM

POSITION DETERMINATION OF CHURCH BELFRIES IN THE D96/TM COORDINATE SYSTEM

Aleš Marjetič, Polona Pavlovčič Prešeren

UDK: 528.236:726

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01

Prispelo: 27. 8. 2018

Sprejeto: 20. 11. 2018

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.587-603>

SCIENTIFIC ARTICLE

Received: 27. 8. 2018

Accepted: 20. 11. 2018

IZVLEČEK

Cerkveni zvoniki so v starem koordinatnem sistemu v veliko primerih služili za izhodišče izmere, zato so njihove koordinate redno vzdrževali v geodetskih bazah. V novem koordinatnem sistemu ob uporabi satelitskih metod izmere ter transformacij med koordinatnimi sistemi so izgubili na uporabni vrednosti. Ker se danes število talnih točk starih trigonometričnih mrež zaradi rekonstrukcijskih del zmanjšuje, zapet pridobivajo na pomenu. V večini primerov so ohranjeni v prvotnem stanju, zato predstavljajo možnost zveznega prehoda med starim in novim koordinatnim sistemom. Uporabimo jih lahko za določitev transformacijskih parametrov ali za oceno kakovosti vsedržavnega modela transformacije, vendar jim moramo pred tem koordinate določiti v novem koordinatnem sistemu. V prispevku opisujemo določitev položajev zvonikov petih cerkva na območju jugo-zahodne Ljubljane v koordinatnem sistemu D96/TM. Postopek združuje določitev datuma geodetske mreže z meritvami GNSS, terestrično izmero in izravnavo proste mreže ter uporabo S-transformacije za vklop izravnanе terestrične mreže v koordinatni sistem D96/TM. Koordinate smo primerjali s transformiranimi (trikotniška transformacija) in ugotovili razlike reda velikosti nekaj cm. Za obravnavani vzorec točk lahko rečemo, da model vsedržavne trikotniške transformacije učinkovito opisuje prehod iz starega v novi koordinatni sistem.

KLJUČNE BESEDE

cerkveni zvonik, geodetska mreža, izmera GNSS, terestrična izmera, datum izmeritvene mreže, S-transformacija

ABSTRACT

In the old coordinate system, church belfries often served as reference points in detail surveying, so their coordinates were regularly maintained in the geodetic databases. Their usability was reduced by the new coordinate system establishment along with the use of satellite based positioning methods. Today they have gained at their practical value since the trigonometric geodetic points decrease due to reconstructions. They were mostly preserved in the original condition, so they present the possibility of transition from the old to the new coordinate system. They serve for the transformation parameters' determination as well as for the quality evaluation of the state transformation model. For this, their coordinates should be determined in the new coordinate system. The article describes the determination of five church belfries from south-western part of Ljubljana in the new coordinate system D96/TM. The procedure combines geodetic network datum determination, inclusion of the terrestrial measurements and free-network adjustment and further use of the S-transformation. Further comparison of coordinates shows some centimetre differences for the given sample of church belfries. For the sample under consideration, we can conclude that the Slovenian triangle-based transformation model effectively describes transformation between the old and the new coordinate system.

KEY WORDS

church belfry, geodetic network, GNSS methods, terrestrial measurements, adjustment, S-transformation

1 UVOD

V Sloveniji smo novi koordinatni sistem D96/TM najprej pričeli uvajati v zemljiški kataster (Pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju ..., Uradni list RS, št. 8/2007). S postopnim uvajanjem koordinatnega sistema v državne prostorske podatkovne zbirke, ki je opredeljen z datumom 1. 1. 2008 (139. člen ZEN, Uradni list RS, št. 47/2006), so se uveljavile nove metode določitve koordinat, ki so temeljile na uporabi tehnologije GNSS oziroma kombinaciji terestričnih in GNSS-metod izmere oziroma na določitvi položajev točk s transformacijo. Do predstavitve modela trikotniške transformacije smo za prehod med koordinatnima sistemoma imeli na voljo le podobnostno transformacijo (Stopar in Kuhar, 2001). Geodetska uprava Republike Slovenije (v nadaljevanju: GURS) je uporabnikom dala na voljo transformacijske parametre, vendar z opozorilom, da ne ustrezajo zahtevani kakovosti določitve detajlnih točk. Da bi tudi s transformacijo zadovoljili opredeljene zahteve glede kakovosti določitve koordinat detajlnih točk, je bilo na izbranem območju treba določiti transformacijske parametre na podlagi nabora točk s koordinatami v obeh koordinatnih sistemih. S postopkom se še vedno uspešno rešuje problematika prehoda med koordinatnima sistemoma na detajlu, medtem ko je za transformacijo večjih (vsedravnih) podatkovnih zbirk preveč kompleksen.

Natančnost enostavnega in kompleksnih modelov transformacije med starim in novim koordinatnim sistemom sta v letu 2007 opredelila Berk in Duhovnik (2007). Ob tem je bila prvič omenjena možnost neposrednega prehoda med starim in novim koordinatnim sistemom za vso državo s trikotniško zasnovano odsekoma afino transformacijo v ravnini projekcije (v nadaljevanju: trikotniška transformacija). Izboljšano zasnovano državnega transformacijskega modela z virtualnimi veznimi točkami so predstavili v letih 2010 in 2013 (Berk in Komadina, 2013) ter tako opredelili enotni prehod vseh prostorskih podatkovnih zbirk v novi državni koordinatni sistem. Geodetska uprava Republike Slovenije je v letu 2014 trikotniško transformacijo zakonsko opredelila kot vsedravnini model prehoda v novi koordinatni sistem (28. člen ZDGRS, Uradni list RS, št. 25/2014) s končnim datumom 23. 11. 2017.

Z verifikacijo modela trikotniške transformacije različice 4.0 (Berk in sod., 2015) so ugotovili, da aktualni model trikotniške transformacije na nekaterih območjih precej dobro opisuje dejansko stanje zemljiškega katastra v državi. Kljub temu še vedno obstajajo območja z večjimi razlikami med dejanskim in modeliranim stanjem, ki so opredeljena kot nepreverjena oziroma niso bila vključena v oceno kakovosti transformacije (Berk in sod., 2017). Čeprav so na večini izbranih testnih območij ugotovili, da je pogojno sprejemljiva kakovost trikotniškega transformacijskega modela nekje do 10 centimetrov, je modelirano stanje dobro oceniti s primerjavo terensko določenih položajev točk s transformiranimi koordinatami. Če pri detajlni izmeri uporabimo za koordinatno izhodišče transformirane koordinate danih točk, lahko opredeljena natančnost danih koordinat 10 centimetrov pri 100 metrov dolgi orientacijski vizuri vodi v pogrešek smeri do velikosti približno $200''$ ($\sim 3'$), kar vpliva na natančnost določitve koordinat detajlnih točk najmanj enakega (10 cm) velikostnega reda. To je precej več od dopustne natančnosti določitve koordinat detajlnih ali zemljiškokatastrskih točk (večja polos standardne elipse pogreškov (verjetnost je 39,4 %) ne sme presegati 4 centimetrov).

Postopek verifikacije modela trikotniške transformacije je temeljil na točkah poligonske mreže in nadaljnji zgostitveni mreži veznih točk. Žal se dogaja, da so fizično stabilizirane talne geodetske točke starega koordinatnega sistema zaradi rekonstrukcijskih del pogosto podvržene uničenju. Točk ne obnavljajo več,

čepprav imajo pri rekonstrukciji starega stanja v naravi neprecenljivo vrednost, ponujajo namreč možnost zveznega prehoda med starim in novim koordinatnim sistemom na območju detajla. Zato je smiselno, da posameznim geodetskim točkam starih trigonometričnih mrež, ki jih ni zlahka uničiti, določimo položaj tudi v novem koordinatnem sistemu. Ekscentrični signali starih trigonometričnih mrež, kot so cerkveni zvoniki, telekomunikacijske antene in drugi objekti, katerih koordinate so bile do leta 2008 določene s klasično terestrično geodetsko izmero v koordinatnem sistemu D48/GK, ponujajo možnost za ohranitev starega koordinatnega sistema in rekonstrukcijo stanja iz preteklosti za daljše časovno obdobje. Na nekaterih območjih so že danes edina možnost za zagotovitev zveznosti prehoda med starim in novim koordinatnim sistemom.

Cerkveni zvoniki so se v trigonometričnih mrežah drugega ali nižjih redov uporabljali za posredno določitev koordinat detajlnih točk. Pri polarni izmeri smo jih uporabljali za orientacijo ter nadaljnjo izmero detajla, v postopku notranjega ureza pa kot dane točke za določitev koordinat stojišča. Njihove položaje v koordinatnem sistemu D48/GK je bilo mogoče pridobiti iz Gursovih evidenc. Čepprav evidenc o točkah starih geodetskih mrež ne obnavljajo več, so podatki še vedno na voljo. V nasprotju s poligonskimi ali trigonometričnimi točkami, ki so bile na tleh in so jih z gradbenimi deli preprosto fizično odstranili, so cerkveni zvoniki točke, ki večinoma niso bile podvržene uničenju. Ker so v naravi ohranjeni, jih lahko uporabimo kot točke s položaji v starem koordinatnem sistemu, ki jim je s terensko izmero mogoče določiti koordinate tudi v novem koordinatnem sistemu. Dodatno jim lahko položaj določimo posredno, s transformacijo.

V prispevku predstavljamo postopek določitve koordinat cerkvenih zvonikov v novem koordinatnem sistemu s kombinacijo GNSS in terestričnih geodetskih merskih tehnik ob upoštevanju zahtev glede primerne kakovosti določitve koordinat točk. Izmera GNSS je podlaga za določitev koordinat nekaterih točk geodetske mikromreže, ki jo vzpostavimo v okolici posameznega cerkvenega zvonika. Izmera celotne mreže je izvedena tudi klasično, s terestričnimi metodami triangulacije in trilateracije, ter izravnana po metodi najmanjših kvadratov (v nadaljevanju MNK) z definiranim geodetskim datumom, ki ga določajo točke GNSS. Postopek smo uporabili pri določitvi koordinat šestih cerkvenih zvonikov na območju jugozahodne Ljubljane. Mreže v okolici cerkva so se zaradi konfiguracije terena po geometriji razlikovale, zato smo pri vsakem primeru k problemu pristopili nekoliko drugače. Glavni cilj je bil pridobiti nabor položajev (koordinat v horizontalni ravnini in višin) cerkvenih zvonikov v novem in starem koordinatnem sistemu za fizično rekonstrukcijo detajla iz podatkov starega koordinatnega sistema in njegovo določitev v novem koordinatnem sistemu. Obenem so se z naborom koordinat točk v obeh koordinatnih sistemih pojavile druge možnosti za uporabo podatkov, in sicer za oceno kakovosti vsdržavnega modela ravninske trikotniške transformacije ter izračun transformacijskih parametrov prostorske transformacije za obravnavano območje.

2 METODA IZMERE

2.1 Vzpostavitev izmeritvene mreže

V okviru naloge, s katero smo želeli določiti koordinate cerkvenih zvonikov, smo si na jugozahodnem delu Ljubljane izbrali pet cerkva, katerih zvoniki so koordinatno določeni v starem sistemu D48/GK in

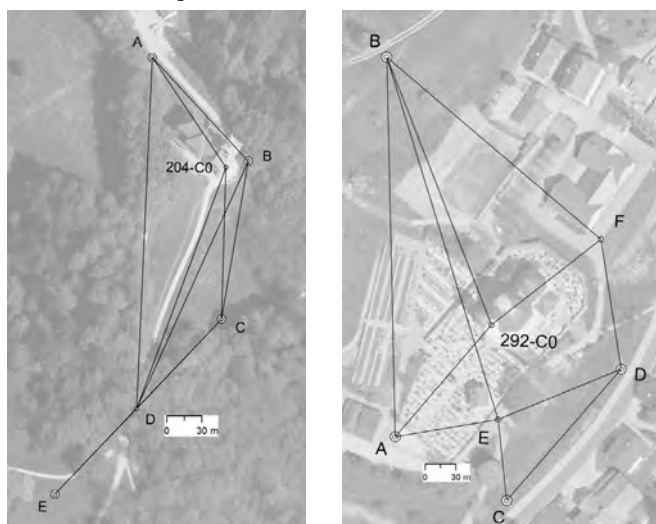
za katere smo predpostavili, da v zadnjih dvajsetih letih niso bile obnovljene. To so cerkve v Trnovem, na Viču, Rožniku, v Podsmreki in na Dobrovi pri Polhovem Gradcu. Iz Gurovih evidenc smo pridobili topografije točk s koordinatami v D48/GK, iz katerih je razvidno, da so bile koordinate določene s triangulacijo ter višine z metodo trigonometričnega višinomerstva.

Preglednica 1: Opis in seznam koordinat obravnavanih točk v D48/GK (vir: GURS).

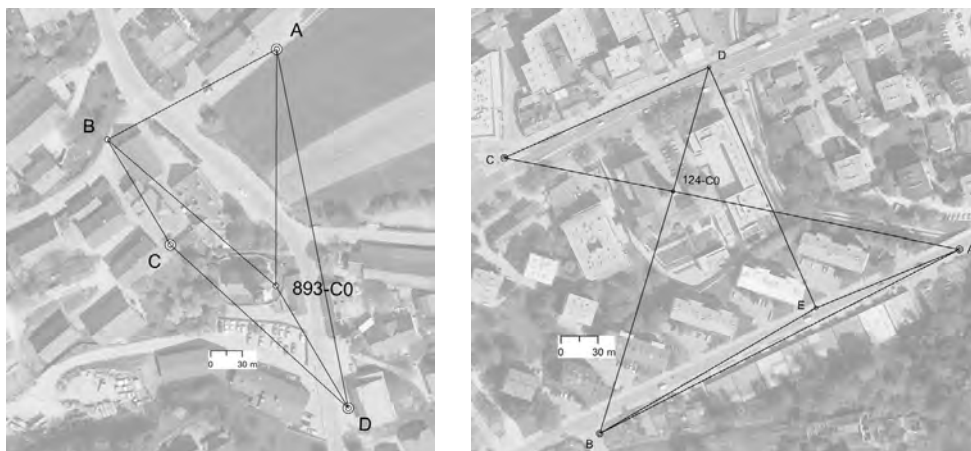
Točka (cerkveni zvonik)	Oznaka točke	Opis	y [m]	x [m]	H [m]
Trnovo – zahod	240-C2	Trigonom. in poligonom. točka IV. reda	461.832,46	99.989,50	/
Trnovo – vzhod	240-C1		461.849,93	99.989,22	/
Vič	124-C0	Trigonom. in poligonom. točka III. reda	459.984,02	99.868,19	340,52
Rožnik	204-C0		459.937,19	101.340,75	425,80
Podsmreka	893-C0		456.202,40	99.557,54	347,13
Dobrova	292-C0		454.777,14	100.905,65	356,02

Za določitev koordinat obravnavanih točk (preglednica 1) v koordinatnem sistemu D96/TM smo uporabili kombinacijo GNSS in klasične terestrične izmere. Slednja je vključevala izvedbo tahimetričnih meritev in geometričnega nivelmana. Pred izmero smo postavili zahtevo glede določitve koordinat točk z nadštevilnimi meritvami, zato smo v okolici posamezne cerkve vzpostavili geodetsko mikromrežo. Vsakič smo izhajali iz istih zahtev, in sicer:

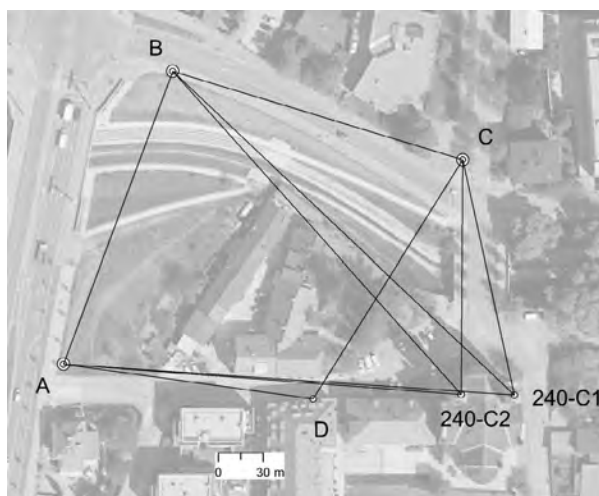
- lokacijo vsaj treh točk moramo izbrati tako, da bo mogoče izvesti kakovostno izmero GNSS,
- zagotoviti moramo vidnost med točkami,
- točka na strehi zvonika mora biti vidna z vsaj treh točk mreže,
- oddaljenost točk od cerkvenega zvonika mora biti vsaj 50 metrov, da se izognemo prestrnim vizuram, in
- geometrija geodetske mreže naj bo primerna, kar pomeni, da moramo zagotoviti čim enakomernejše oddaljenosti in čim več merskih povezav med točkami.



Slika 1: Geodetska mreža za izmero cerkvenega zvonika – levo: Rožnik, desno: Dobrova.



Slika 2: Geodetska mreža za izmero cerkvenega zvonika – levo: Podsmreka, desno: Vič.



Slika 3: Geodetska mreža za izmero cerkvenega zvonika v Trnovem.

Glede na konfiguracijo terena in ovire smo skušali v okolici vsake cerkve vzpostaviti za klasično izmero optimalno geometrijo geodetske mreže (slike od 1 do 3). Geodetska mreža na Rožniku je zaradi velike razgibanosti terena in zaraščenosti precej slabe oblike. Odločili smo se, da je tu zaradi zaraščenosti z gozdom nujno vzpostaviti štiri točke za izvedbo meritev GNSS (v nadaljevanju: točke GNSS), od katerih je bila le točka E locirana na jasi z dobrimi pogoji za sprejem signala. Na žalost lokacija točke E ni omogočala izvedbe nadštevilnih klasičnih merskih povezav (dolžine, smeri) do preostalih točk, razen do točke D. Na podobno težavo smo naleteli pri mreži na Viču (slika 2), le da so tam sprejem signala ali vzpostavitev vizur ovirale gosto pozidane stavbe.

Točke v obravnavanih mikromrežah smo trajno stabilizirali s kovinskimi čepi, kar omogoča ponovljivost izmere z isto geometrijo mreže. Trajna stabilizacija nam je poleg tega omogočila signalizacijo točk s prisilnim centriranjem z uporabo stativov in preciznih reflektorjev.

2.2 Izmera GNSS

V posamezni mikromreži v okolici cerkva smo na izbranih točkah izvedli statično izmero GNSS v trajanju od 120 do 180 minut. Pri tem smo uporabili:

- tri instrumente Leica Viva GS15 (natančnost pri statični izmeri: Hz: 3 mm, 1 ppm; V: 3,5 mm, 0,4 ppm (Leica Viva GS15 Datasheet, 2018; levo na sliki 4);
- instrument Javad Triumph LS10 z zunanjo anteno s kovinskimi obroči Antena RingAnt-G3T (angl. choke ring; natančnost pri statični izmeri: Hz: 3 mm, 1 ppm; V: 3,5 mm, 0,4 ppm (Javad Triumph-LS Datasheet, 2018); desno na sliki 4);
- ter drugo mersko opremo (žepni merski trak, optično grezilo Leica GZR 103).



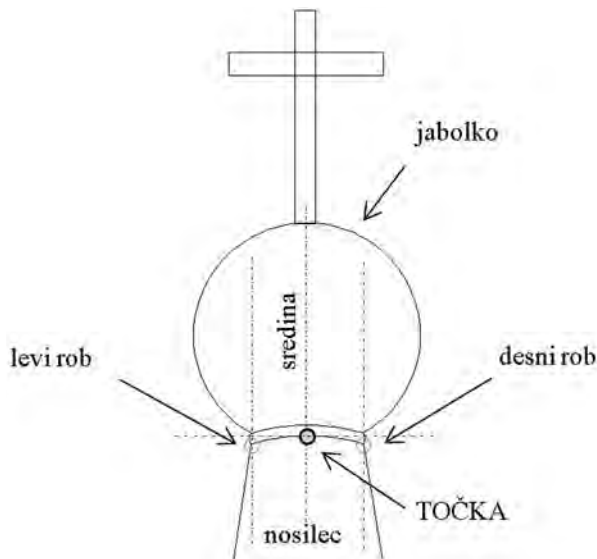
Slika 4: Statična metoda izmere GNSS na delovišču Dobrova z instrumentoma Leica Viva GS15 (levo) in Javad Triumph LS10 z zunanjo anteno (desno).

Med meritvijo smo nastavili interval registracije 5 s in minimalni višinski kot 10° . Izvedli smo eno serijo opazovanj ter jo v nadaljnji obdelavi razdelili na dve oziroma tri enako dolge serije, pri čemer smo v vsaki obdelali linearno neodvisne povezave med točkami. Ker smo se v nadaljnji obdelavi navezovali na izhodiščne točke omrežja SIGNAL (SIGNAL, 2018), smo med meritvijo sprejemali le signale navigacijskih sistemov GPS in GLONASS.

2.3 Klasična terestrična izmera

Pri klasični terestrični izmeri so bile stojišča instrumenta točke geodetske mikromreže, brez cerkvenega zvonika. Zaradi majhnih dimenzij mreže smo sledili priporočilom glede realizacije vseh mogočih merskih povezav do preostalih točk v mreži. Izmero horizontalnih smeri smo po girusni metodi izvedli v petih girusih, hkrati z merjenjem zenitnih razdalj in poševnih dolžin. Pri izmeri smo uporabili preizkušen elektronski tahimeter Leica MS50 ($\sigma_{ISO-THEO} = 1''$, $\sigma_{ISO-EDM} = 1 \text{ mm} + 1,5 \text{ ppm}$), ki omogoča samodejno viziranje, ter dodaten merski pribor: digitalni barometer Paroscientific, precizni aspiracijski psihrometer in žepni merski trak.

Glede na to, da je bil namen določiti koordinate cerkvenega zvonika, smo posebno pozornost namenili viziranju na točko na vrhu zvonika. Zaradi zagotovitve nadštevilnosti smo sledili zahtevi, da mora biti točka zvonika določena z zunanjimi meritvami kotov in dolžin z vsaj treh stojišč. Polarna metoda izmere z enega stojišča v konceptu določevanja s čim večjo natančnostjo tokrat ni bila primerna, saj so bile dolžine stojišč od zvonika relativno kratke in je bilo ocenjevanje sredinske točke na vrhu nosilca pod jabolkom relativno težka naloga. Najboljša metoda viziranja je bila izmera levega in desnega vidnega roba nosilca pod jabolkom, pri čemer smo merili samo horizontalne smeri, in izmera ocenjene sredinske točke z vsemi tremi merskimi količinami (horizontalna smer, zenitna razdalja in poševna dolžina, slika 5). Slednja je bila točka, do katere smo računali višinsko razliko, ker smo imeli na voljo merjeno zenitno razdaljo in poševno dolžino. Poševno dolžino smo merili v načinu brez reflektorja.



Slika 5: Viziranje na točko na zvoniku (pogled od spodaj).

Rezultat girusne metode so izračunane sredine reduciranih smeri na vizirane točke na posameznem stojišču ter vrednosti sredin za merjene zenitne razdalje in poševne dolžine. Na vsakem stojišču smo izmerili tudi meteorološke parametre (p – zračni tlak, t_s – suha in t_m – mokra temperatura), ki smo jih kasneje uporabili za redukcijo poševno merjenih dolžin. Prehod iz poševno merjenih v horizontalne dolžine med točkami mikromreže smo izvedli na podlagi zenitnih razdalj; dolžine smo reducirali za meteorološke, geometrične in projekcijske popravke na ničelni nivo v prečni Mercatorjevi projekcijski ravnini z upoštevanjem ustrezne modulacije (Kogoj, 2002).

Pri določitvi višinskega datuma smo ravnali drugače kot pri horizontalni situaciji. Z GNSS lahko z ustrežno kakovostjo določimo le elipsoidne višine, ki imajo geometričen pomen, medtem ko je bil cilj določiti višine cerkvenih zvonikov v uradnem državnem višinskem koordinatnem sistemu (tj. normalne višine). To pomeni, da posredno določene normalne višine ob uporabi aktualnega državnega modela geoida AMG2000 (Pribičević, 2000) za dano nalogo niso bile dovolj. Odločili smo se, da bomo pri določitvi višinskega datuma izhajali iz reperjev državne višinske geodetske mreže v neposredni bližini (preglednica 2).

Preglednica 2: Izhodiščni reperji za višinsko navezavo mrež (vir: GURS)

Reper	Red	H [m]
17/7 (Vič)		294,5148
18/5 (Trnovo)		294,5729
11/26 (Rožnik)	mestni nivelman	394,4744
R2 (Dobrova)		312,9150
13/2 (Podsmreka)		322,0067

Prenos višine z reperja na vsaj eno točko geodetske mikromreže smo izvedli z metodo preciznega geometričnega nivelmana z niveliranjem v nivelmanskem vlaklu v obe smeri (tja in nazaj). Pri tem smo uporabili precizni nivelir Leica DNA03 ($\sigma_{ISO-LEV} = 0,3 \text{ mm / km}$ dvojnega nivelmana) in precizne invar nivelmanske late Leica GPCL2.

3 IZRAČUN DEFINITIVNIH KOORDINAT TOČK

Izračun koordinat točk je za vsako mrežo potekal v dveh osnovnih korakih, ločeno za GNSS in klasično terestrično izmero. Najprej smo z obdelavo opazovanj GNSS določili položaje točk v globalnem koordinatnem sistemu in nadalje izravnali ravninsko triangulacijsko-trilateracijsko mrežo.

3.1 Obdelava podatkov izmere GNSS

Opazovanja posamezne terenske izmere smo obdelali ločeno z navezavo različne postaje omrežja SIGNAL (v Ljubljani (GSR1), Idriji (IDRI) in Radovljici (RADO)) ter z uporabo virtualnega referenčnega stojišča VRS v neposredni bližini mikromreže.

V obdelavo smo vključili končne precizne efemeride IGV (za GPS in GLONASS) službe IGS (angl. *International GNSS service*) (IGS, 2018) ter kalibracijske protokole anten službe NGS (angl. *National Geodetic Survey*) (NGS, 2018). Z različnimi načini upoštevanja vpliva troposfere na opazovanja (modeli Hopfield, VMF z GPT2 ali ocena vpliva troposfere tekom obdelave) smo se po ugotavljanju kakovosti zapiranja figur v mreži GNSS odločili za model, s katerim smo dobili najboljše rezultate.

Vsako izmero smo obdelali na več načinov, in sicer ko:

- so se vsi vektorji navezovali na isto referenčno točko omrežja SIGNAL, in sicer GSR1 oziroma VRS (govorimo o tako imenovani radialni izmeri),
- smo opazovanja celotne serije razdelili v dve ali tri serije enakega trajanja in v vsaki obdelali poligon z linearno neodvisnimi vektorji ter
- smo v obdelavi uporabili različne modele troposferske refrakcije.

Prvi način se je navezoval na konfiguracijo mreže brez nadštevilnih baznih vektorjev, zato tu ni bilo mogoče narediti nekaterih računskih kontrol (zapiranje figur v posameznih zaključenih poligonih) niti izravnave. V načinu, ko smo obdelovali linearno neodvisne vektorje v posamezni seriji, smo določili nadštevilne povezave med točkami, to je mrežo baznih vektorjev GNSS. Pred izravnavo smo ugotavljali pogreške pri zapiranju figur v mreži. Med rezultati obdelav, ko so bile nastavitve povsem enake, le uporabljeni model troposferske refrakcije je bil drugačen, smo dobili različne rezultate zapiranja figur v mreži. Na podlagi najmanjših razlik v zapiranju različnih figur v mreži smo se odločili, kateri model troposferske refrakcije bomo uporabili v končni določitvi koordinat točk posamezne mreže. V vseh obdelavah opa-

zovanj so bili vektorji uspešno obdelani in fazne neznanke določene kot cela števila (angl. *phase fixed*); pri daljši povezavi je bilo najbolje vpliv troposferske refrakcije ocenjevati, pri krajših je bil večinoma najučinkovitejši model VMF z GPT2 (angl. *Vienna Mapping Function z Global Pressure Temperature model 2*). Mrežo vektorjev smo naprej izravnavali po metodi najmanjših kvadratov; v postopku izravnav smo s testom Tau (Popova metoda) ugotavljali grobo pogrešene vektorje v mreži (če smo vektor iz mreže izločili, smo obdelali drugo povezavo).

V preglednici 3 podajamo koordinate GNSS-točk v slovenski realizaciji koordinatnega sistema ETRS89, pri čemer smo v nadaljnjem postopku določitve koordinat cerkvenih zvonikov uporabili le horizontalne koordinate. Z GNSS-višinomerstvom določeno višino podajamo zato, da lahko potrdimo odločitev, zakaj je višinski datum treba določiti drugače (podrobnejši opis v razdelku 3.3).

Preglednica 3: Koordinate GNSS-točk v koordinatnem sistem D96/TM, pri čemer je višina H določena z GNSS-višinomerstvom ob uporabi modela geoida AMG2000.

Točka	e [m]	σ_e [mm]	n [m]	σ_n [mm]	h [m]	σ_h [mm]	H [m]
Rožnik							
A	459.528,3370	0,9	101.880,9340	1,1	434,847	2,7	388,417
B	459.577,2040	1,3	101.830,5580	1,4	440,133	4,1	393,698
C	459.565,8580	0,6	101.751,8590	0,8	425,506	1,8	379,072
E	459.485,6420	0,5	101.662,9880	0,6	425,962	1,5	379,527
Trnovo							
A	461.331,3200	0,5	100.486,2600	0,8	293,178	1,8	339,588
B	461.367,3800	0,5	100.581,8520	0,8	293,625	1,8	340,035
C	461.462,2390	0,8	100.552,5740	1,2	292,493	2,4	338,903
Vič							
A	459.788,5160	1,3	100.326,9520	1,8	340,961	3,9	294,542
B	459.574,5180	1,5	100.205,8020	2,0	340,957	4,3	294,539
C	459.509,5120	1,2	100.370,7850	1,6	340,668	3,8	294,247
Dobrova							
A	454.369,5065	0,3	101.345,4354	0,3	369,329	0,7	322,825
B	454.359,4120	1,2	101.498,3217	0,3	380,866	0,4	334,361
C	454.415,4015	0,5	101.321,7116	0,6	360,825	1,4	314,322
D	454.459,0689	0,4	101.376,6478	0,5	359,985	0,0012	313,483
Podsmreka							
A	455.829,4711	2,0	100.133,4245	2,6	366,212	6,3	319,746
C	455.791,0793	2,4	100.058,5582	3,0	370,288	6,0	323,823
D	455.859,9611	2,5	99.998,3927	3,3	366,214	7,4	319,750

3.2 Izravnava ravninske triangulacijsko-trilateracijske mikromreže

Sredine girusov reduciranih smeri in reducirane horizontalne dolžine med točkami mikromreže ter sredine horizontalnih smeri levega in desnega roba vrha nosilca pod jabolkom točke cerkvenega zvonika so bile vhodni podatek za izravnavo po MNK za določitev horizontalnih koordinat. Sredine girusov

merjenih zenitnih razdalj in poševnih dolžin pa so bile vhodni podatek za izračun višinskih razlik med točkami mreže, ki smo jih uporabili v izravnavi višinske mreže. Pri izravnavi horizontalne mreže dolžine do točke zvonika nismo uporabili, saj se meritev dolžine nanaša na obod nosilca in ni merjena neposredno do točke.

Glede na uporabljen precizen merski instrumentarij in dodaten merski pribor ter glede na korektno izvedeno terensko izmero v optimalnih vremenskih razmerah je pričakovati kakovostne rezultate. To najlažje preverimo, če celotno mrežo izravnamo kot prosto mrežo (Kuang, 1996; Marjetič in Stopar, 2007), to je brez danih točk mreže. Popravki meritev ter ocena natančnosti meritev in koordinat točk po izravnavi kažejo na visoko kakovost meritev. Ker smo imeli cilj, da natančne terestrične meritve vplivajo tudi na ustrezno kakovost končnih koordinat točk mreže v ustrezno definiranim geodetskem datumu, smo se odločili izravnavo meritev izvesti po ustreznem premisleku in postopku. Ker smo izhajali iz predhodno določene mreže GNSS (za določitev koordinat v D96/TM), smo pričakovali neskladnosti geometrije mreže GNSS z geometrijo, ki jo določajo terestrične meritve. Najprej smo se vprašali, ali lahko koordinate točk GNSS predstavljajo dane koordinate v izravnavi terestrične mreže. Če pogledamo rezultate izravnave petih mrež, vpetih na GNSS-koordinate točk, vidimo, da so natančnosti v vpeti mreži glede na rezultate izravnave prostih mrež slabše (preglednica 4). Kljub temu bi bila lahko natančnost določitve koordinat cerkvenih zvonikov primerna za naloge določitve položajev točk detajla s predvideno natančnostjo nekaj centimetrov. Bolj kot poslabšanje natančnosti pa pri rezultatih izravnave vpete mreže moti precejšnja razlika v koordinatah točk glede na koordinate iz proste mreže, ki pa so zaradi značilnosti obeh izravnav pričakovane. Razlike med definitivnimi koordinatami proste in vpete mreže znašajo do nekaj centimetrov (preglednica 4).

Preglednica 4: Rezultati izračuna koordinat v prosti in vpeti mreži

Mreža (dane točke)	Točka	e [m]	n [m]	σ_e [mm]	σ_n [mm]	e [m]	n [m]	σ_e [mm]	σ_n [mm]
		Prosta mreža				Vpeta mreža			
Rožnik (A, B, C, E)	D	459.524,9861	101.706,4015	0,2	0,3	459.524,9806	101.706,4049	1,3	1,5
	204-C0	459.566,2268	101.827,2825	0,3	0,7	459.566,2178	101.827,2910	1,7	3,9
Trnovo (A, B, C)	D	461.413,0072	100.474,6489	0,8	0,6	461.413,0339	100.474,6538	2,5	1,7
	240-C1	461.478,8643	100.475,7027	1,3	1,4	461.478,8818	100.475,7215	3,4	4,9
	240-C2	461.461,4590	100.475,9693	0,9	1,2	461.461,4788	100.475,9845	2,9	4,2
Vič (A, B, C)	D	459.631,6631	100.431,1052	1,0	1,1	459.631,7076	100.431,1927	2,4	2,3
	E	459.702,8502	100.287,6061	0,9	0,8	459.702,8709	100.287,6820	1,8	1,4
	124-C0	459.612,9947	100.354,5806	1,1	1,5	459.613,0273	100.354,6705	2,2	2,9
Dobrova (A, B, C, D)	E	454.410,4831	101.354,1738	0,3	0,3	454.410,4852	101.354,1720	0,9	0,9
	F	454.448,6721	101.428,6475	0,3	0,4	454.448,6690	101.428,6430	1,7	2,9
	292-C0	454.406,2286	101.392,2562	0,6	0,7	454.406,2257	101.392,2531	3,6	4,5
Podsmreka (A, C, D)	B	455.766,2909	100.097,5639	0,1	0,1	455.766,2783	100.097,5642	1,0	1,7
	893-C0	455.831,3941	100.044,0623	0,2	0,3	455.831,3871	100.044,0588	2,5	3,7

Razlike v koordinatah pri izravnavi proste in vpete mreže so posledica dejstva, da je geodetski datum pri izravnavi proste mreže vezan na približne koordinate točk, ki jih uporabimo v izravnavi, in se tako nanaša na (Marjetič in Stopar, 2007):

- položaj težišča mreže, ki po izravnavi ohranja svoj položaj, torej se mreža v splošnem ne premakne,
- povprečno orientacijo točk v mreži, torej se v povprečju mreža ne suka, in
- merilo dolžin, ki se v povprečju ne spremeni.

Pri vpeti mreži geodetski datum definirajo dane točke v mreži. V našem primeru so to točke, ki so bile določene z izmero GNSS in so po pravilu na obodu obravnavanih mikromrež (slike od 1 do 3). Pri izravnavi po MNK v vpeti mreži koordinate danih točk ostanejo nespremenjene, se pa vse neskladnosti med danimi količinami in meritvami v mreži prenesejo na neznane koordinate točk, torej tudi na točko cerkvenega zvonika. Neskladja med GNSS-koordinatami in terestričnimi meritvami v mreži so očitna, kar dokazujejo tudi natančnosti v preglednici 5. Po vpetju mreže na GNSS-točke globalnega testa modela po izravnavi ne moremo več sprejeti (Grigillo in Stopar, 2003). To pomeni, da so predpostavljene a-priori vrednosti (2 mm za dolžine in 2" za merjene kote – velja za vse mreže) za izbrani model preoptimistične. Hkrati se močno poslabša natančnost meritev kotov in dolžin.

Preglednica 5: Razlika v natančnosti meritev v prosti in vpeti mreži

Mreža	Prosta mreža		Vpeta mreža	
	globalni test	σ_{smcr} ["]; σ_{dol} [mm]	globalni test	σ_{smcr} ["]; σ_{dol} [mm]
Rožnik	0,565	1,1; 1,1	2,940	5,9; 5,9
Trnovo	1,200	2,4; 2,4	3,200	6,4; 6,4
Vič	1,340	2,7; 2,7	2,108	4,2; 4,2
Dobrova	0,675	1,4; 1,4	3,648	7,3; 7,3
Podsmreka	0,187	0,4; 0,4	2,412	4,8; 4,8

V opisanem primeru je optimalna rešitev problema uporaba računskega postopka S-transformacije, ki služi kot orodje za umestitev rezultatov izravnave proste mreže v izbrani geodetski datum točk GNSS-mreže. Pri S-transformaciji se poleg minimizacije vsote kvadratov popravkov meritev minimizira tudi norma vektorja koordinatnih neznank, ki definirajo datum (Baarda, 1981; Marjetič in Stopar, 2007):

$$\Delta^T \Delta = \min., \tag{1}$$

zato v tem primeru tudi datumske količine dobijo popravke. Poenostavljeno lahko rečemo, da nekako 'izravnamo' tudi koordinate GNSS-točk, ki predstavljajo dane količine v izravnavi geodetske mreže. Prehod rešitve mreže iz geodetskega datuma i v rešitev z datumom j opišemo z enačbo S-transformacije:

$$\Delta_i = \mathbf{S}_{j \rightarrow i} \cdot \Delta_j, \tag{2}$$

kjer so:

Δ_i – rešitev za vektor neznank v geodetskem datumu i ,

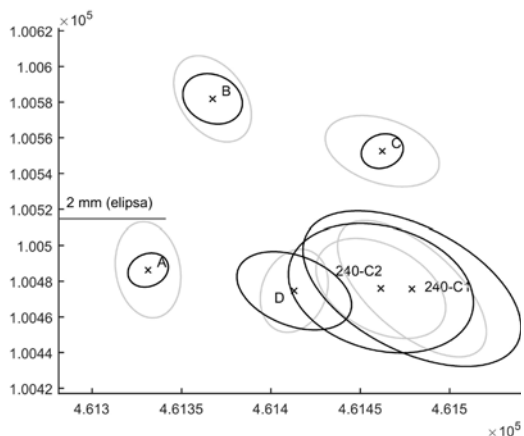
Δ_j – rešitev za vektor neznank v geodetskem datumu j ,

$\mathbf{S}_{j \rightarrow i} = \mathbf{I} - \mathbf{H}(\mathbf{H}^T \mathbf{E}_i \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{E}_i$ – matrika S-transformacije dimenzije $2m \times 2m$ (m – število točk v mreži), kjer je \mathbf{I} – enotska matrika, \mathbf{H} – datumska matrika notranjih vezi, \mathbf{E}_i – matrika z izvendagonalnimi členi 0 in vrednostjo 1 na tistih mestih glavne diagonale, ki pripadajo posamezni koordinatni komponenti z dano količino za definiranje geodetskega datuma (Marjetič in Stopar, 2007). V danem primeru so to točke GNSS.

V matriki **E** je vrednost 1 v vseh mestih koordinatnih komponent točk, ki so bile določene z metodo GNSS. S tem damo vsem 'danim' koordinatam enak vpliv pri definiranju geodetskega datuma, ne glede na to, s kolikšno natančnostjo so bile določene. Rezultate S-transformacije izravnava prostih mrež v numerični in grafični obliki z izrisom standardnih elips pogreškov podajamo v preglednicah od 6 do 10.

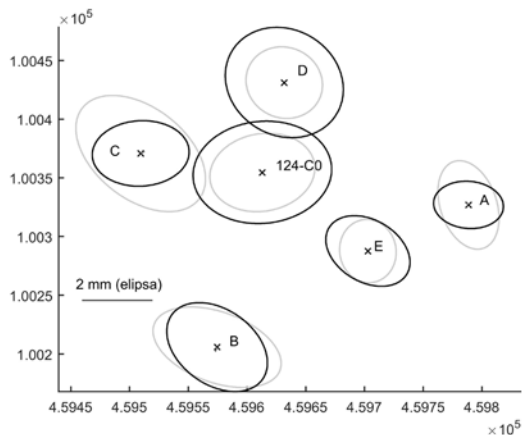
Preglednica 6: Rezultati S-transformacije za geodetsko mrežo Trnovo (desno grafična predstavitev standardnih elips pogreškov pred S-transformacijo (siva) in po njej (črna))

Točka	e [m]	n [m]	σ_e [mm]	σ_n [mm]
Prosta mreža				
A	461.331,2900	100.486,2703	0,9	0,6
B	461.367,3713	100.581,8598	0,8	0,7
C	461.462,2308	100.552,5684	0,7	1,0
D	461.413,0072	100.474,6489	0,8	0,6
240-C1	461.478,8643	100.475,7027	1,3	1,4
240-C2	461.461,4590	100.475,9693	0,9	1,2
S-transformacija na točke A, B, C				
A	461.331,3182	100.486,2605	0,3	0,4
B	461.367,3814	100.581,8496	0,6	0,5
C	461.462,2394	100.552,5758	0,4	0,3
D	461.413,0319	100.474,6534	1,1	0,7
240-C1	461.478,8845	100.475,7180	1,4	2,0
240-C2	461.461,4803	100.475,9817	1,2	1,7



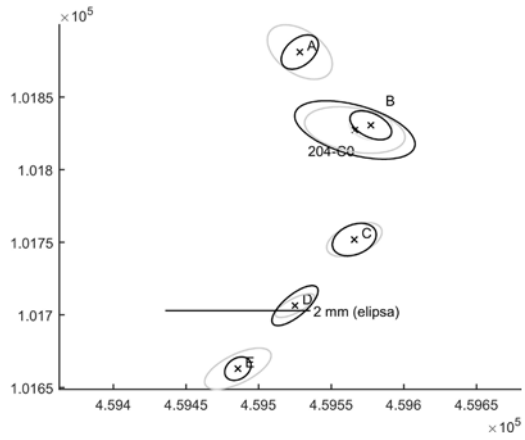
Preglednica 7: Rezultati S-transformacije za geodetsko mrežo Vič (desno grafična predstavitev standardnih elips pogreškov pred S-transformacijo (siva) in po njej (črna))

Točka	e [m]	n [m]	σ_e [mm]	σ_n [mm]
Prosta mreža				
A	459.788,4896	100.326,8932	1,3	0,9
B	459.574,5097	100.205,6994	1,1	1,8
C	459.509,4797	100.370,6790	1,6	1,8
D	459.631,6631	100.431,1052	1,0	1,1
E	459.702,8502	100.287,6061	0,9	0,8
124-C0	459.612,9947	100.354,5806	1,1	1,5
S-transformacija na točke A, B, C, D				
A	459.788,5144	100.326,9541	1,0	0,7
B	459.574,5164	100.205,7981	1,3	1,4
C	459.509,5152	100.370,7868	0,9	1,4
D	459.631,7074	100.431,1916	1,6	1,7
E	459.702,8693	100.287,6820	1,2	1,0
124-C0	459.613,0262	100.354,6710	1,5	2,0



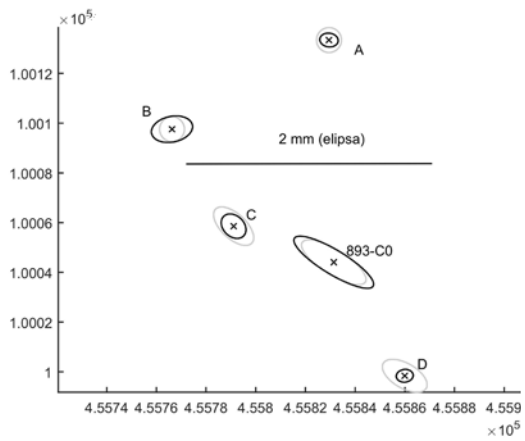
Preglednica 8: Rezultati S-transformacije za geodetsko mrežo Rožnik (desno grafična predstavitev standardnih elips pogreškov pred S-transformacijo (siva) in po njej (črna))

Točka	e [m]	n [m]	σ_e [mm]	σ_n [mm]
Prosta mreža				
A	459.528,3351	101.880,9376	0,4	0,4
B	459.577,2119	101.830,5524	0,2	0,3
C	459.565,8650	101.751,8525	0,2	0,3
D	459.524,9861	101.706,4015	0,2	0,3
E	459.485,6470	101.662,9882	0,3	0,4
204-C0	459.566,2268	101.827,2825	0,3	0,7
S-transformacija na točke A, B, C, E				
A	459.528,3313	101.880,9382	0,3	0,2
B	459.577,2071	101.830,5535	0,2	0,3
C	459.565,8599	101.751,8549	0,2	0,3
D	459.524,9814	101.706,4048	0,3	0,3
E	459.485,6427	101.662,9924	0,2	0,2
204-C0	459.566,2221	101.827,2837	0,4	0,8



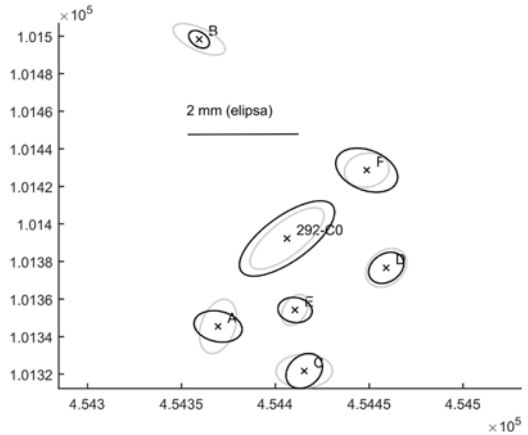
Preglednica 9: Rezultati S-transformacije za geodetsko mrežo Podsmreka (desno grafična predstavitev standardnih elips pogreškov pred S-transformacijo (siva) in po njej (črna))

Točka	e [m]	n [m]	σ_e [mm]	σ_n [mm]
Prosta mreža				
A	455.829,4780	100.133,4203	0,1	0,1
B	455.766,2909	100.097,5639	0,1	0,1
C	455.791,0898	100.058,5610	0,1	0,1
D	455.859,9690	99.998,3943	0,1	0,1
893-C0	455.831,3941	100.044,0623	0,2	0,3
S-transformacija na točke A, B, C				
A	455.829,4698	100.133,4233	0,1	0,1
B	455.766,2799	100.097,5655	0,1	0,2
C	455.791,0798	100.058,5608	0,1	0,1
D	455.859,9619	99.998,3913	0,1	0,1
893-C0	455.831,3858	100.044,0614	0,2	0,3



Preglednica 10: Rezultati S-transformacije za geodetsko mrežo Dobrova (desno grafična predstavitev standardnih elips pogreškov pred S-transformacijo (siva) in po njej (črna))

Točka	e [m]	n [m]	σ_r [mm]	σ_n [mm]
Prosta mreža				
A	454.369,5089	101.345,4359	0,5	0,3
B	454.359,4180	101.498,3249	0,3	0,4
C	454.415,4000	101.321,7106	0,3	0,5
D	454.459,0724	101.376,6567	0,3	0,4
E	454.410,4831	101.354,1738	0,3	0,3
F	454.448,6721	101.428,6475	0,3	0,4
292-C0	454.406,2286	101.392,2562	0,6	0,7
S-transformacija na točke A, B, C, D				
A	454.369,5070	101.345,4329	0,4	0,3
B	454.359,4144	101.498,3207	0,2	0,2
C	454.415,3980	101.321,7083	0,3	0,3
D	454.459,0695	101.376,6545	0,3	0,3
E	454.410,4808	101.354,1712	0,3	0,2
F	454.448,6686	101.428,6448	0,4	0,5
292-C0	454.406,2259	101.392,2533	0,7	0,8



3.3 Izračun višin

Višinsko situacijo smo izračunali ločeno tako, da smo celotno mrežo navezali na uradni državni višinski geodetski datum. Pri tem smo uporabili metodo geometričnega nivelmana, s katerim smo prenesli višino z najbližjega repolja obstoječe nivelmanske mreže na vsaj eno točko geodetske mikromreže, ki smo jo vzpostavili za določitev koordinat cerkvenega zvonika. V geodetski mikromreži smo nato na podlagi merjenih zenitnih razdalj in poševnih dolžin izračunali enostranske višinske razlike z metodo trigonometričnega višinomerstva po enačbi (na primer med točkama a in b):

$$\Delta H_a^b = S_r \cos(z_{a,r}^b) + \frac{S_r^2}{2R} (1 - k) \sin^2(z_{a,r}^b) + i - l, \quad (3)$$

kjer so:

S_r – poševno merjena dolžina, z upoštevanjem meteoroloških popravkov in popravka zaradi ukrivljenosti merskega žarka (Kogoj, 2002),

$z_{a,r}^b$ – merjena zenitna razdalja med točkama a in b , ki se nanaša na tetivo S_r ,

R – polmer Zemlje (= 6378 km),

$k = 0,13$ – koeficient refrakcije,

i, l – višina instrumenta in reflektorja.

Zaradi predoločenosti smo mrežo izravnali po MNK in kot rezultat pridobili izravnane višine točk in pripadajoče natančnosti (preglednica 11).

Preglednica 11: Izravnane višine cerkvenih zvonikov.

Točka (cerkveni zvonik)	Oznaka točke	H [m] 'staro'	H [m] 'novo'	σ_n [mm]
Trnovo – vzhod	240-C1	/	339,4586	2,2
Trnovo – zahod	240-C2	/	339,4167	2,1
Vič	124-C0	340,52	339,8135	2,9
Rožnik	204-C0	425,80	425,8600	2,2
Podsmreka	893-C0	347,13	347,1574	0,9
Dobrova	292-C0	356,02	356,0352	1,4

4 DOLOČITEV RAZLIK ZA KOORDINATE TOČK

Glavno vodilo prispevka je bil opis postopka določitve položajev (koordinat v horizontalni ravnini in višin) ekscentričnih točk starih geodetskih mrež. Koordinate so nam lahko tudi izhodišče za oceno kakovosti transformiranih koordinat točk. V vsedravnem modelu trikotniške transformacije lahko ocenimo razlike za transformirane in referenčne koordinate točk v ravnini projekcije (prehod iz D48/GK v D96/TM), medtem ko bi lahko pri oceni kakovosti prostorske transformacije dodatno obravnavali tudi višine. V prispevku smo se omejili le na oceno kakovosti transformacije s trikotniško transformacijo.

Preglednica 12: S trikotniško transformacijo določene koordinate točk v D96/TM in razlike do referenčnih (določenih s kombinacijo klasične terestrične in izmere GNSS)

Točka	Oznaka točke	e [m]	n [m]	Δe [m]	Δn [m]
Trnovo – vzhod	240-C1	461.478,940	100.475,681	0,076	-0,021
Trnovo – zahod	240-C2	461.461,470	100.475,961	0,011	-0,008
Vič	124-C0	459.613,032	100.354,687	0,006	0,016
Rožnik	204-C0	459.566,239	101.827,275	0,012	-0,008
Podsmreka	893-C0	455.831,420	100.044,110	0,034	0,049
Dobrova	292-C0	454.406,202	101.392,287	-0,024	0,034

Na podlagi rezultatov iz preglednice 12 lahko ugotovimo, da je kakovost modela trikotniške transformacije na danem območju boljša od pogojno še sprejemljive kakovosti (določene z 10 centimetri) in v definicijskem realno dosegljive kakovosti transformacijskega modela, ki je opredeljena s 5 centimetri.

V postopku ocene kakovosti modela trikotniške transformacije na podlagi nabora ekscentričnih točk starih trigonometričnih mrež velja izpostaviti tudi nekatere pomanjkljivosti postopka, in sicer:

- v nekaterih primerih je iz topografij težko razbrati način določitve položajev cerkvenih zvonikov glede na njihovo obliko (način določitve centra geometrijskega telesa, ki opisuje obliko nosilca pod jabolkom),
- upoštevati moramo tudi možnost, da so bili tudi cerkveni zvoniki prenovljeni, zato lahko nastane neskladje med situacijo v starem in novem koordinatnem sistemu, ki ni posledica transformacije,
- če ne poznamo celotnega postopka določitve položajev cerkvenih zvonikov v starem koordinatnem sistemu, bi lahko pod vprašaj postavili tudi kakovost njihove določitve glede na druge točke trigonometričnih mrež (na primer poligonske točke).

Ob tem velja izpostaviti, da kakovost določitve položajev cerkvenih zvonikov s kombinirano GNSS in terestrično izmero ni prostorsko pogojena, kot je to pri transformaciji. To pomeni, da bi lahko z enakim

postopkom izmere vsepovsod pridobili koordinate točk v okviru predvidene natančnosti metod izmere. Nasprotno pa tega ne moremo trditi za vsedrjavni model trikotniške transformacije, pri katerem je kakovost končnih rezultatov odvisna od posameznega območja. Z verifikacijo modela smo nakazali na območja z večjimi razlikami, obstajajo pa tudi neverificirana območja, kjer je pričakovati precej večje (tudi nekajdecimetske) razlike med referenčnimi in transformiranimi koordinatami (Berk in sod., 2017).

5 SKLEP

V prispevku smo opisali in praktično preverili postopek določitve koordinat ekscentričnih stojišč trigonometričnih mrež starega koordinatnega sistema v koordinatnem sistemu D96/TM. Na praktičnih primerih smo pokazali združitev rezultatov dveh geodetskih mrež različne kakovosti, to je GNSS in natančnejše terestrične mreže, s postopkom S-transformacije. Tako smo zagotovili umestitev geodetske mreže v aktualni državni horizontalni koordinatni sistem ob ohranitvi dobrih relativnih odnosov med vsemi točkami, ki smo jih pridobili z izravnavo proste terestrične mreže. Opisali smo tudi določitev višin cerkvenih zvonikov, ki jih pri oceni kakovosti trikotniške transformacije ne potrebujemo, uporabili pa bi jih lahko v izračunu ali analizi transformacijskih parametrov prostorske transformacije. Te zaradi preobsežnosti prispevka nismo podrobneje obravnavali niti primerjali z rezultati vsedrjavne trikotniške transformacije, ampak za zdaj nerešeno vprašanje puščamo kot izhodišče za nadaljnje raziskave. V prihodnje bi bilo dobro z enakim postopkom določiti tudi koordinate cerkvenim zvonikom na območjih, ki so jih med verifikacijo trikotniške transformacije identificirali kot problematična, oziroma tam, kjer trikotniške transformacije še niso verificirali. Poleg opredelitve razlik transformiranih in s terensko izmero pridobljenih koordinat točk v novem koordinatnem sistemu posebej za cerkvene zvonike in druge točke starih geodetskih mrež bi lahko tudi sklepali o nesoglasjih (napakah) v starem koordinatnem sistemu, ki so izhajala iz različnih merskih postopkov za določitev koordinat detajlnih točk.

Opisani postopek ima poleg kakovostne določitve položajev ekscentričnih stojišč stare mreže v novem sistemu tudi slabosti, pri čemer bi lahko izpostavili zamuden postopek določitve koordinat. Vseeno pa postopek omogoča vzpostavitev kakovostne povezave (ali ocene kakovosti transformacije) med starim in novim koordinatnim sistemom na območjih, kjer točk starih trigonometričnih mrež ni več na voljo. Zanimivo bi bilo tudi določiti relativne odnose med več zvoniki iste cerkve, da bi morda lahko tudi opredelili kakovost rezultatov terestričnih meritev v preteklosti.

Zahvala

Prispevek je nastal v okviru raziskovalnega programa Geoinformacijska infrastruktura in trajnostni prostorski razvoj Slovenije (P2-0227) Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije – ARRS.

Literatura in viri:

- Baarda, W. (1981). S-transformations and criterion matrices. Rijkscommissie voor Geodesie, Delft, 168 str.
- Berk, S., Duhovnik, M. (2007). Transformacija podatkov Geodetske uprave Republike Slovenije v novi državni koordinatni sistem Geodetski vestnik, 51 (4), 803–826.
- Berk, S., Komadina, Ž. (2013). Local to ETRS89 datum transformation for Slovenia: triangle-based transformation using virtual tie points. Survey Review, 45 (328), 25–34. DOI: <https://doi.org/10.1179/1752270611Y.0000000020>
- Berk, S., Čeh, M., Fabiani, N., Fajdiga, D., Komadina, Ž., Lisec, A., Oven, K., Pavlovčič Prešeren, P., Stopar, B. (2015). Verifikacija vsedrjavnega modela transformacije med D48/GK in D96/TM. Geodetski vestnik, 59 (1), 159–167.
- Berk, S., Triglav, J., Komadina, Ž., Oven, K., Lisec, A., Čeh, M., Stopar B. (2017). Vsedrjavni model transformacije podatkov zemljiškega katastra iz D48/GK v

- D96/TM. Predavanje v okviru 45. Geodetskega dneva, Izmerjena dežela: 200 let katastra na Slovenskem. http://dgg.si/wp-content/uploads/2017/06/2-04_GD2017_Sandi_Berk_in_sod-Transformacije-D48GK-v-D96TM.pdf, pridobljeno 7. 8. 2018.
- Grigillo, D., Stopar, B. (2003). Metode odkrivanja grobih pogreškov v geodetskih opazovanjih. *Geodetski vestnik*, 47 (4), 387–403.
- GURS (2018). Portal prostor. <http://www.e-prostor.gov.si/>, podatki pridobljeni 12. 6. 2018.
- International GNSS Service, spletna stran podatkov – IGS (2018). Spletni vir podatkov: <ftp://igs.ensg.ign.fr/pub/igs/products/>, podatki pridobljeni 26. 4. 2017 in 15. 4. 2018.
- Javad Triumph-LS Datasheet. <https://www.javad.com/jgnss/products/receivers/triumph-ls.html>, pridobljeno 7. 8. 2018.
- Kogoj, D. (2002). Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljmeri. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Kuang, S. (1996). *Geodetic Network Analysis and Optimal Design: Concepts and Applications*. Ann Arbor Press, Inc.
- Leica Viva GS15 Datasheet. http://geotx.com/pdf/Leica_Viva_GS15.pdf, pridobljeno 7. 8. 2018.
- Marjetič, A., Stopar, B. (2007). Geodetski datum in S-transformacija. *Geodetski vestnik*, 51 (3), 549–564.
- National Geodetic Survey – NGS (2018). Spletni vir podatkov: <https://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>, pridobljeno 26. 4. 2017 in 15. 4. 2018.
- Pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov zemljiškega katastra. Uradni list RS, št. 8/2007, 26/2007.
- Pribečvič, B. (2000). Uporaba geološko-geofizičnih in geodetskih baz podatkov za računanje ploskve geoida Republike Slovenije. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 179 str.
- SIGNAL (2018). Spletni vir podatkov: <http://www.gu-signal.si/>, pridobljeno 26. 4. 2017 in 15. 4. 2018.
- Stopar, B., Kuhar, M. (2001). Moderni geodetski koordinatni sistemi in astrogeodetska mreža Slovenije. *Geodetski vestnik*, 45 (1-2), 11–26.
- ZDGRS (2014). Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu. Uradni list



Marjetič A., Pavlovčič Prešeren P. (2018). Določitev položajev cerkvenih zvonikov v koordinatnem sistemu D96/TM, 62 (4), 587–603.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.587-603>

Doc. dr. Aleš Marjetič, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: ales.marjetic@fgg.uni-lj.si

Doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: polona.pavlovic-preseren@fgg.uni-lj.si

ANALIZA USPEŠNOSTI METODE PPP OB UPORABI STORITVE IGS V REALNEM ČASU

PERFORMANCE ANALYSIS OF PPP POSITIONING METHOD BY USING IGS REAL-TIME SERVICE

Tatjana Kuzmić, Vladimir Bulatović

UDK: 528.22

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01

Prispelo: 26. 4. 2018

Sprejeto: 19. 11. 2018

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.604-618>

SCIENTIFIC ARTICLE

Received: 26. 4. 2018

Accepted: 19. 11. 2018

IZVLEČEK

Obstaja več metod za določanje položaja z uporabo globalnih navigacijskih satelitskih sistemov GNSS (angl. Global Navigation Satellite System). Metode so klasificirane glede na dosegljivo točnost položaja, trajanje opazovanj za zanesljivo rešitev ter način določitve položaja – število sprejemnikov, vrsto uporabljenih opazovanj, izbrani GNSS-sistem ipd. Ena izmed pomembnejših za določitev položaja v GNSS je metoda PPP (angl. Precise Point Positioning), in sicer predvsem zaradi enostavnosti in stroškovne učinkovitosti. V članku predstavljamo metodo PPP, njene prednosti in omejitve ter napake, ki se lahko pojavijo pri določanju položaja z njo. Predstavljeni so rezultati analize empiričnega določanja položaja z metodo PPP, to so natančnost, čas konvergence, izpad podatkov, ponovljivost določitve položaja ter dosežena točnost na temelju treh serij opazovanj, vsake v trajanju po štiri ure. Pridobljene koordinate smo primerjali z referenčnimi koordinatami, ki smo jih določili s spletno storitvijo AUSPOS. Ugotovili smo, da je odstopanje med horizontalnimi koordinatami, določenimi s PPP-metodo, in referenčnimi vrednostmi, od 1 do 7 centimetrov, medtem ko so odstopanja pri višinah od 7 do 20 centimetrov.

ABSTRACT

There are many positioning methods based on the usage of GNSS (Global Navigation Satellite System). They are classified according to the accuracy they can achieve, the time needed to obtain fixed solutions and the concept of positioning – number of used receivers, type of measurement, type of GNSS system, etc. One of the most important ways to do this is PPP (Precise Point Positioning) method, primarily because of its simplicity and cost-effectiveness. The paper describes PPP positioning method, its advantages and limitations, as well as the errors that can occur. It also provides an analysis of the performance of PPP method – precision, convergence time, loss of data reception, repeatability of positioning results and accuracy based on three measurement series in duration of 4 hours each, conducted on different days. By comparing the obtained coordinates with reference ones determined by AUSPOS web service, it can be concluded that the difference between these two sets of coordinates varies from 1 cm to 7 cm, while the accuracy of measured height is lower and the difference varies from 7 cm to 20 cm.

KLJUČNE BESEDE

PPP, GPS, GNSS, točnost, IGS

KEY WORDS

PPP, GPS, GNSS, accuracy, IGS

1 INTRODUCTION

Precise Point Positioning (PPP) method is the process of determining geodetic coordinates of a point based on the observations of the GNSS receiver, in order to achieve the highest attainable accuracy (Sterle and Stopar, 2014). It has been demonstrated as a very powerful tool in geodetic and geodynamic applications. Its applications are common in areas such as crustal deformation monitoring, real-time meteorology, determination of low Earth orbiting satellites, precise positioning of mobile objects, etc. (Ge et al., 2008). PPP method is also applied in the area of navigation, e.g. in aerial navigation (Krasuski, Wierzbicki and Jafernik, 2018), marine navigation (Marreiros, 2012), car navigation (Yu and Gao, 2017), land navigation (Martín et al., 2012), etc. The impact of this surveying method on the positioning community is significant. Not only does it bring flexibility to field operations, but it also reduces labor and equipment costs and simplifies the operational logistics by eliminating the need for base station. However, PPP method requires an initialization period of at least a few tens of minutes for the carrier-phase ambiguities to converge to constant values and for the solution to reach its optimal precision (Seepersad and Bisnath, 2017). The usual minimum initialization period is 15-25 minutes.

Current carrier phase-based GNSS kinematic positioning systems are primarily based on double differencing data processing approach which is able to provide centimeter to decimeter-level positional accuracy in real time. The procedure of creating differences requires a simultaneous observation of GNSS satellite at the base station (reference location with precisely determined coordinates) and rover user stations. This makes the data acquisition process rather complicated and it reduces the possibility of using this method in numerous other applications. The need for the base station also increases labor and equipment costs and requires a greater effort of experts (Gao and Chen, 2004).

The availability of precise orbits of GPS satellites and clock parameters have enabled the development of PPP surveying method (Figure 1). This way of positioning is based on the processing of non-differential code and phase observations from a single receiver. Thus, it eliminates the constraints related to the differential processing of GNSS data, because the base station is not required. Therefore, PPP method offers an alternative to differential GNSS which is logistically simpler and of similar accuracy. Although PPP method does not require any base station, it should be emphasized that it requires accurate information about coordinates and clocks of GNSS satellites for its operation. They can be generated according to the network of permanent stations or downloaded from the IGS site (International GNSS Service) (Gao and Chen, 2004).

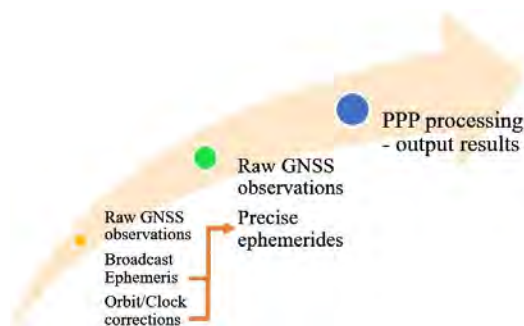


Figure 1: The concept of PPP positioning method.

PPP positioning method has been tested and analyzed in many geodesic surveying such as presented below. In the study presented by (Alcay and Turgut. 2017). 3 IGS stations were used in order to evaluate the performance of PPP method. The results, obtained by using BKG Ntrip Client (BNC) software version 2.12, were examined in terms of both accuracy and precision. The results obtained after 20 minutes exhibited sub-decimeter level accuracy. In terms of standard deviation, which indicates the precision of the differences between coordinates determined by PPP method and true coordinates, the results showed relatively high values for all components (North, East, Up). The reason for high standard deviation values is directly related to the first 5 minutes of the obtained results, when the error was above centimeter level.

For the purpose of analyzing the usability and accuracy of web-based online processing services performed by (Alkan, Ozulu and Ilci. 2016), a data set of 24h which was statically collected from the station point was sent to various web-based online GNSS Data Processing Services. Both the services that implement PPP method and those based on relative method were tested. Additionally, in order to assess the attainable accuracy as a function of occupation time, a data set of 24-hour-data file was divided into several shorter sessions as 1, 2, 4, 6 and 12 hour sub-sessions. The obtained results indicated that it is possible to determine the positions with cm to dm level accuracy by using PPP technique, especially when using the data set having longer occupation time (2h or more). Web-based online services that utilize relative method provide more reliable and accurate results. The results showed that 2h occupation time is sufficient for cm level accuracy for horizontal component and dm (or less) level accuracy for height component, when considering PPP method (Alkan, Ozulu and Ilci. 2016).

The accuracy of PPP method and the convergence period of positioning results for agricultural and geodetic purposes were tested in (Abou-galala et al., 2017). The experiment was realized on the basis of multi-day observations with 75 IGS stations. The accuracy of the static PPP method in northern, eastern, and vertical components were 4, 5 and 9 mm, respectively. They concluded that static PPP needs 60 min to reach five centimeter horizontal accuracy at the 95% confidence level and 24h to achieve one-centimeter horizontal accuracy at the 95% confidence level.

2 MATHEMATICAL MODEL OF PPP METHOD

Typically, PPP method implies the use of dual-frequency receiver whereby the code and phase measurements are linearly combined in order to eliminate first-order errors due to ionospheric correction (VTEC parameter) and to evaluate the phase ambiguity by measurement model. Tropospheric correction is also evaluated according to the measurement (Bisnath and Gao. 2007). By using dual-frequency receivers, it is possible to eliminate the influence of ionospheric delay of the first order through a linear combination of L1 and L2 observations. The higher-order ionospheric delay results from the interaction of the ionosphere and the magnetic field of the Earth. It depends on the slant total electron content (STEC), magnetic field parameters at the ionospheric pierce point (IPP) and the angle between the magnetic field and the direction of signal propagation (Liu et al., 2016). The mathematical model of standard linear combination of dual-frequency receiver is given by (Gao and Chen. 2004; Liu et al., 2016):

$$P_{IF} = \frac{f_1^2 P_1 - f_2^2 P_2}{f_1^2 - f_2^2} = \rho + c(dtr - dts) + \frac{q}{f_1 f_2 (f_1 + f_2)} + d_{rel} + d_{trop} + d_{mIF} + \varepsilon(P_{IF}) \quad (1)$$

$$\phi_{IF} = \frac{f_1^2 \phi_1 - f_2^2 \phi_2}{f_1^2 - f_2^2} = \rho + c \cdot (dtr - dts) - \frac{q}{2f_1 f_2 (f_1 + f_2)} + d_{rel} + d_{trop} + \frac{cf_1 N_1 - cf_2 N_2}{f_1^2 - f_2^2} + \delta_{wind-up} + \delta_{mIF} + \varepsilon(\phi_{IF}) \quad (2)$$

where P_{IF} stands for the first-order ionosphere-free combination of pseudorange measurements. ϕ_{IF} is the first-order ionosphere-free combination of carrier phase measurements. P_i represents measured code observation (m). ϕ_i is measured phase observation (m). ρ stands for accurate geometric distance (m). c is speed of light (m/s). dtr represents receiver clock bias (s). dts is satellite clock bias (s). d_{rel} stands for relativistic correction (m). d_{trop} is tropospheric delay (m). f_i is frequency of signal (Hz). N_i is phase ambiguity. $\delta_{wind-up}$ represents phase wind-up term (m). d_{mIF} is the effect of multipath of measured code observation (m). δ_{mIF} is the effect of multipath of measured phase observation (m). $\varepsilon(P_{IF})$ represents measurement noise in code observations (m). $\varepsilon(\phi_{IF})$ represents measurement noise in phase observations (m) and q is second-order ionospheric effect.

The errors of the satellite orbit and clock in equations (1) and (2) are modeled using precise IGS data on orbits (e.g. format SP3/EPH) and clocks (e.g. format CLK). The remaining correction of the receiver clock bias and the troposphere delay in equations (1) and (2) can be estimated by PPP method. In the event of significant multipath effect. it is necessary to use a choke-ring antenna.

The estimation of tropospheric gradients is beneficial for both GPS positioning and tropospheric delay estimation (Gao and Chen. 2004). The gradient model improves the station position repeatability and precision in most cases. by using precise point positioning technique. It has been shown that estimating tropospheric gradients with high temporal resolution can achieve better positioning performance than the traditional strategy in which tropospheric gradients are estimated on a daily basis. In addition. with increasing elevation cutoff angles. the improvement in positioning repeatability decreases (Zhou et al. 2017). The following equation can be used to model the tropospheric impact (Gao and Chen. 2004):

$$d_{trop} = m_h(e)D_{bz} + m_w(e)D_{wz} + m_g(e)[G_N \cos(\alpha) + G_E \sin(\alpha)] \quad (3)$$

where d_{trop} is tropospheric delay. D_{bz} and D_{wz} are zenith hydrostatic and wet delays. G_N and G_E stand for horizontal gradient in the north and east direction. $m_h(e)$ represents hydrostatic mapping function. $m_w(e)$ is wet mapping function. $m_g(e)$ stands for gradient mapping function and α and e are angles of azimuth and elevation at which the signal is received.

3 PERFORMANCE OF PPP METHOD AND ITS APPLICATIONS

In PPP method. there is a very small difference between the accuracy and the precision. Regarding the accuracy of the position in the north. east and up component at the 1σ level. PPP method can provide the accuracy of several centimeters in the static mode and decimeter accuracy in the kinematic mode. Both levels of accuracy can be achieved in post-processing or in real time (Bisnath and Gao. 2007).

The convergence period. i.e. the length of time required from a cold start to a centimeter-level positional solution. is about 20 minutes. The convergence period is determined by the measurement strength of the observables. geometry of problem. redundancy available for estimation problem. high correlation between estimated parameters and solution of ambiguity term. Initial solutions rely almost exclusively on pseudorange measurements. which incorporate the noise coming from signal (Bisnath and Gao. 2007). Satellite visibility problem is a critical issue that should be taken into consideration when implement-

ing PPP method, since it has a significant effect on positioning accuracy. It is desirable to ensure that there are no limitations of the signals transmitted from satellite to receiver because it would lead to re-initialization process and accuracy degradation (tens of minutes of positioning with a resolution greater than decimeter). The addition of other GNSS systems offers more visible satellites to users, which in turn enhances the satellite geometry and improves the overall positioning solution. This in turn makes the PPP solution more feasible, especially in urban areas (Afifi and El-Rabbany, 2016).

As for the application of PPP method, it can be used in both real time and post-processing mode. One of the first applications of PPP method was for the post-processing of static geodetic data for rapid processing of GNSS tracking station data or crustal deformation monitoring. Another scientific application is the determination of precise LEO (Low Earth Orbit) satellite orbits close to the Earth. PPP method has primarily found its commercial use in precise agriculture, sensor positioning, navy applications, aerial mapping, etc. (Bisnath and Gao, 2007). Therefore, wherever precise positioning and navigation is required, whereby the locations are isolated or the areas are broad, and the infrastructure of the reference stations is not available, or it is very expensive for it to be temporarily installed, PPP method is recommended.

4 WEB-BASED ONLINE DATA PROCESSING SERVICES

Several institutions, research centres or organizations have developed web-based online GNSS processing services and they have started to become a viable alternative to the conventional data processing method. The only requirement for using these services, which are generally free of charge with limitless usage, is a computer having an internet connection and web browser. These services are designed to be as simple as possible for the user and with minimal input. Users of such systems have to upload or send collected RINEX data to the system by using the web site of these services, e-mail or ftp sites and select a few options such as static/kinematic mode, datum, antenna, etc. When the data is received to the service, processing starts and the results (processing report with the coordinates and other necessary information for analysing the results) are sent to the user in a short amount of time. Some of these services process not only the GPS but also the data of other systems, particularly those of GLONASS.

Table 1: Post-processing web-based online services using relative and PPP technique solutions (Ocalan, 2016).

Solution	Service short name	Organization/Company	Data type	Post-processing mode	Software	Coordinates (Datum)
Relative	AUSPOS	Geoscience Australia	GPS	static	Bernese	ITRF2008
	OPUS	USA National Geodetic Survey	GPS	static/rapid static	PAGES	ITRF2008
	CSRS-PPP	Natural Resources Canada	GNSS	static/kinematic	NRCanPPP	ITRF2008
	GAPS	University of New Brunswick	GPS	static/kinematic	GAPS	ITRF2008
PPP	APPS	NASA Jet Propulsion Laboratory	GPS	static/kinematic	Gipsy	ITRF2008
	magic-GNSS	GMV Innovating Solutions	GNSS	static/kinematic	magic PPP	ITRF2008
	Trimble RTX	Trimble Navigation Limited	GNSS	Static	Trimble	ITRF2008

Web based services use relative (OPUS and AUSPOS) and precise point positioning solution approaches (CSRS-PPP, APPS, GAPS and magicGNSS). PPP-based services use the GNSS data collected only from a single receiver, precise satellite ephemerides and clock data by taking into account corrections like carrier phase wind-up, satellite antenna phase offset, solid and ocean tides. The services based on the relative

solution use the fixed station points which relate to IGS and/or CORS Networks as reference points and calculate the coordinates of the points with the relative method. The use of these systems saves time and labour by eliminating the need for a reference station and time for gaining knowledge, training and usage of GNSS processing software (Alkan, Ozulu and Ilci 2016). Both PPP services and services based on relative method are listed in Table 1 with their basic characteristics.

OPUS uses RINEX data including dual-frequency observations for processing. OPUS processors make the solutions either static (2 hours < for data < 48 hours) or rapid static (15 minutes < for data < 2 hours) according to users observation file durations. Except for OPUS, which is limited to Central and North America, all of the online services provide GPS processing results for observations made anywhere in the world. AUSPOS is a free online GPS data processing service which determines the coordinates with a relative method by using nearby International GNSS Service and local Continuously Operating Reference Station (CORS) network points as reference stations (AUSPOS – Online GPS Processing Service, 2017). After submitting RINEX data to the service, system processor uses Bernese software for computations. The coordinates of points are provided in Geocentric Datum of Australia 1994 (GDA94) and ITRF2008 and these results are sent back to the user via email. Seven different RINEX data files with antenna types and heights may be submitted to the system simultaneously. However, some restrictions may appear depending on the length of GPS data. CSRS-PPP uses precise GPS orbit and clock products provided by IGS and Natural Resources Canada (NRCAN), and estimates single station positions in static and kinematic modes. CSRS estimations are computed from carrier phase or code pseudorange observations of both single and dual-frequency receivers. Both GAPS and APPS services can process GPS data in both static and kinematic modes. GAPS does not require any membership for use, while APPS service requires membership. However, while GAPS uses IGS rapid and final clock and orbit products in processing, APPS uses final, rapid, ultra rapid and precise GPS orbit and clock products of JPL. The users may also use Site Displacement Effects (Solid Earth Tides and Ocean Tidal Loading) in processing if they prefer. MagicGNSS is a free software developed by Spanish GMV firm that processes dual-frequency observation files, which are collected in static and kinematic modes, by using rapid and final GPS orbits and clock products of IGS. There is also a selection opportunity for users to process GPS-only, GLONASS-only, GPS+GLONASS RINEX data (Ocalan, Erdogan and Tunalioğlu, 2013). Trimble RTX works anywhere in the world and is based on a proprietary Trimble 100+ worldwide CORS network. Accuracy is 2 cm with 1-hour of observation data; 1 cm with 24-hours. Files longer than 24-hours are not accepted. RTX uses GPS, GLONASS and QZSS satellites. RTX supports a limited number of receivers (Trimble) and a relatively small subset of IGS modeled antennas.

5 EXPERIMENTAL SETUP AND RESULTS

5.1 Experimental setup

In this study, the positioning performance of PPP method was examined. Data from Paracin station, which belongs to the Gentoo permanent network, were collected in three series on different days, in duration of 4 hours each. The station is equipped with dual-frequency receiver, which records GPS and GLONASS satellites. The data set containing PPP coordinates for Paracin station were obtained using BKG Ntrip Client (BNC) software (BKG GNSS Data Center, 2017). Coordinate results were derived at intervals

of 1 second. In order to compare the results of PPP positioning method. RINEX data obtained from Paracin station were submitted to AUSPOS service. In this computation, an IGS Rapid Orbit product was used, as well as GPS-only data since this service can not process data from other constellations, such as Glonass. The coordinates provided by this service were adopted as reference.

After the access parameters for permanent station Paracin had been created, data streams were downloaded using NTRIP Broadcaster, i.e. IP address, host, username, password, and type of mounting within BNC software were defined.

An account was created on IGS website in order to access broadcast ephemerides and corrections. The broadcast ephemeris for GPS and GLONASS satellites were downloaded from the caster mgex.igs-ip.net in real time in format RTCM_3. These data were produced using BKG's BNC software. The data stream was derived from a major part of receivers in real-time IGS global network. A complete set of messages was repeated every 5 seconds.

Clock corrections and the positions of the satellites were downloaded from the caster products.igs-ip.net as a combination of GPS and GLONASS corrections through Kalman filter which requires a convergence time of several minutes in order to reach full accuracy. In this approach, satellite clocks estimated by different analysis centers are used as pseudo observations within the adjustment process. Each observation is modeled as a linear function of three estimated parameters: offset specific for analysis centers, offset of specific satellite common to all analysis centers and actual correction of satellite's clock which represents the result of combination. These three parameter types differ by their statistical properties. Satellite clock offsets are assumed to be static parameters, while the offsets of the analysis center and satellites are stochastic parameters with white noise. Recursive algorithm is used to detect the orbit outliers by computing the greatest difference between the mean satellite position and the specific position determined by the analysis center. If this value is greater than the threshold, the corrections of the affiliated analysis center are ignored for this affected epoch (The International GNSS Service, 2017).

Collected data from the permanent station, ephemerides and clock data, and satellite positions were processed in BNC software. Graphic displays were created in RTK Plot program as a library of RTKLIB software package (RTKLIB: An Open Source Program Package for GNSS Positioning, 2017).

5.2 Experimental results

AUSPOS Online GPS Processing Service was used in order to determine reference coordinates of the station in Paracin. These coordinates are provided in ITRF08 framework and are given in Table 2, together with their positional uncertainty at the 95% confidence level. These coordinates were determined with uncertainty of several millimeters, while the uncertainty of obtained height is around 2 cm, which justifies their use as reference ones.

Table 2: Reference coordinates of Paracin station determined by AUSPOS processing service; positioning errors of coordinates

<i>Position of receiver at reference station in Paracin</i>		
φ	λ	h
43.752265092 °	21.435698794 °	188.448 m
<i>Positioning errors (95% conf. level)</i>		
0.005 m	0.006 m	0.018 m

By analyzing the .log file at BNC exit in all three series of measurements. it was noticed that the error was several meters at the start of measurement. During the first 20 minutes of positioning. the error gradually decreased and amounted to a few centimeters. This was due to an unknown fractional part of the satellite ambiguity. and. hence. the carrier phase ambiguities were firstly estimated as floating. This entailed initialisation time required for ambiguity-fixed solution to be successful and for position to reach centimeter level accuracy. Because of this. the data collected during the first 20 minutes in each of three measurement series were eliminated from further analysis.

Table 3 summarizes determined coordinates of the receiver at the station in Paracin for all three series of measurements. obtained by using PPP method and BNC software. as well as minimum. maximum and median value of determined coordinates. Table 4 gives average. minimum. maximum and median error value for all three position components (φ . λ . h) separately and for each measurement series.

Table 3: Average. minimum. maximum and median value of position components (φ . λ . h) determined by PPP method in BNC software; series 1. 2 and 3

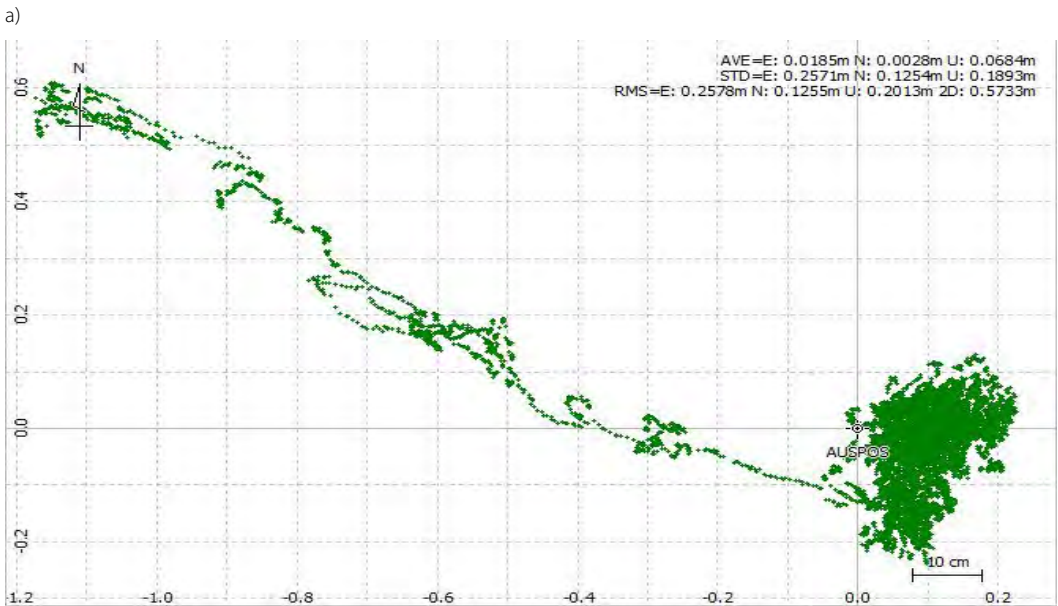
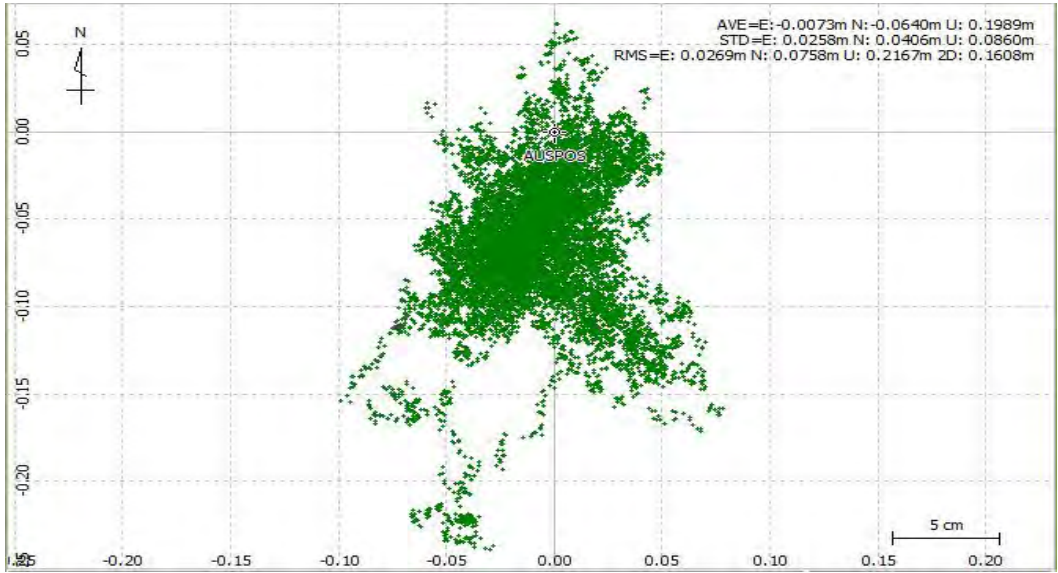
Series		Coordinate			
		Average value	Minimum value	Maximum value	Median value
1.	φ	43.75226452 °	43.75226294 °	43.75226565 °	43.75226454 °
	λ	21.43569870 °	21.43569757 °	21.43569976 °	21.43569870 °
	h	188.647 m	188.434 m	189.020 m	188.645 m
2.	φ	43.75226512 °	43.75226294 °	43.75227058 °	43.75226507 °
	λ	21.43569902 °	21.43568422 °	21.43570160 °	21.43569987 °
	h	188.516 m	187.673 m	188.962 m	188.511 m
3.	φ	43.75226447 °	43.75226209 °	43.75226638 °	43.75226490 °
	λ	21.43569871 °	21.43569235 °	21.43569997 °	21.43569898 °
	h	188.573 m	187.797 m	188.999 m	188.568 m

Table 4: Average. minimum. maximum and median error value of position components (φ . λ . h) determined by PPP method in BNC software; series 1. 2 and 3

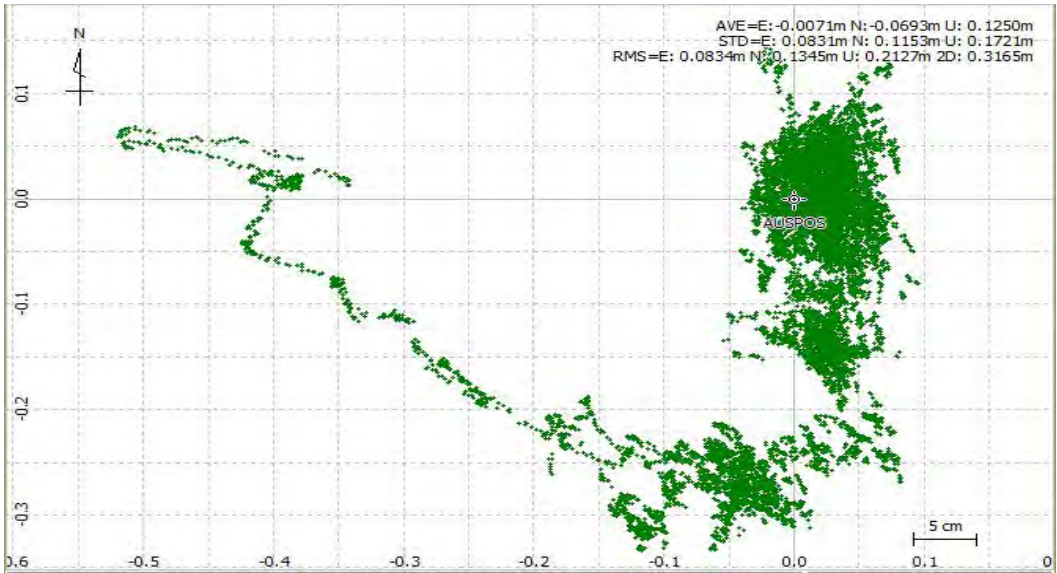
Series		Error value			
		Average error value (m)	Minimum error value (m)	Maximum error value (m)	Median error value (m)
1.	φ	0.030	0.022	0.075	0.025
	λ	0.017	0.015	0.028	0.017
	h	0.026	0.020	0.042	0.026
2.	φ	0.038	0.026	0.074	0.032
	λ	0.028	0.017	0.125	0.021
	h	0.031	0.021	0.050	0.029
3.	φ	0.033	0.025	0.082	0.029
	λ	0.023	0.018	0.063	0.020
	h	0.032	0.021	0.061	0.031

Graph 1. presents the positions of Paracin station determined by PPP method at 1 second interval in BNC software (green dots) relative to the reference position determined by AUSPOS web service. for

all three measurement series separately. On the graph, horizontal and vertical axes represent the differences between reference north and east position component derived based on the reference coordinates determined by AUSPOS service and north and east position component obtained based on the coordinates provided by PPP method in BNC software at 1 second interval, respectively. On the graph, value AVE represents the average difference between the reference coordinates and coordinates obtained by PPP method, for north, east and up component separately. Value STD and RMS (Root Mean Square) represent average standard deviation and RMS error.



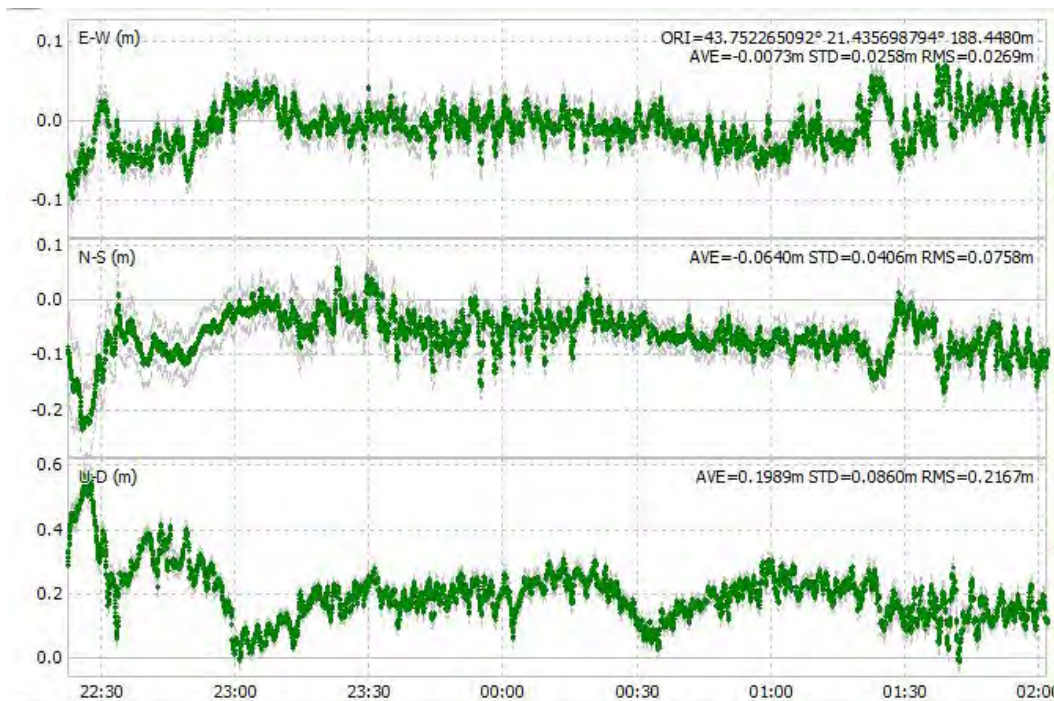
b)



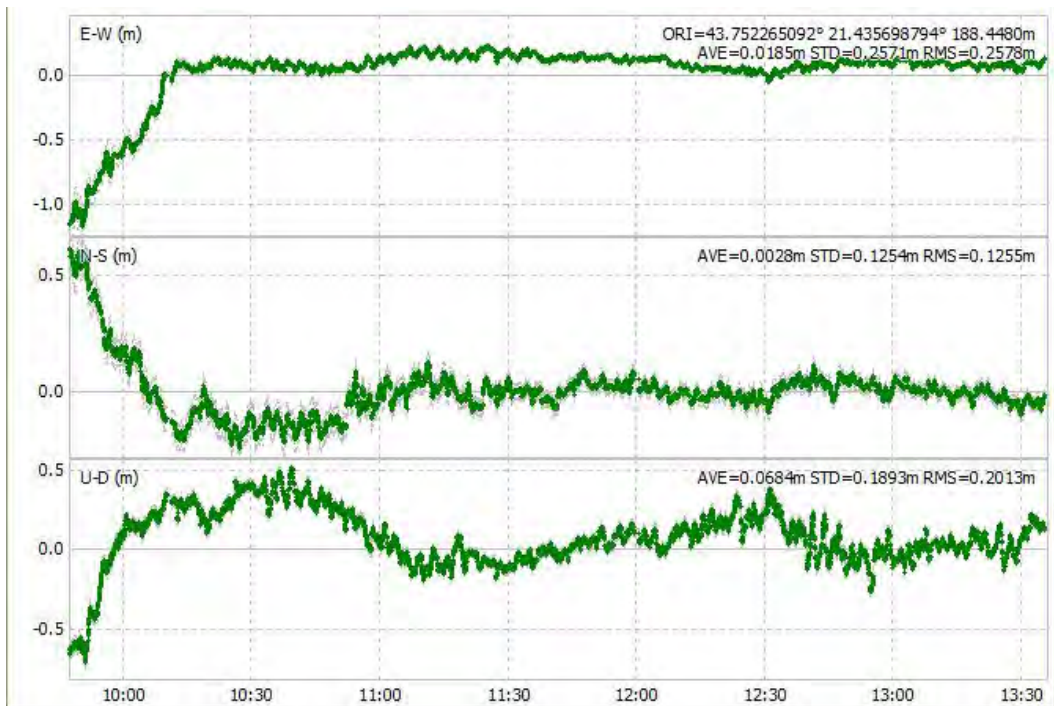
c) Graph 1. Determined positions of Paracin station by PPP method in BNC software relative to reference position determined by AUSPOS service; series 1 (a), 2 (b) and 3 (c).

From these graphs, it can be seen that the positions of the receiver determined by PPP method are near the reference value, while the values of average errors that occur in all three series of measurements are within several centimeters. Most of the positions determined by PPP method are equally concentrated around the reference value, especially in the first measurement series. The graphs clearly show that a part of obtained positions is further apart from the reference position in the case of the second and third series. Based on the data given in Table 4, it can be seen that in all three measurement series, the positions determined by PPP method have similar average error values when compared according to specific position elements. As for latitude, the average error value is around 3 cm, whereas this value is around 2 cm when it comes to longitude. Height is determined with an average error around 3 cm. Minimum, maximum and median values for three measurement series, when compared within specific position elements, are similar and differ for ± 1 cm. Maximum occurred value of longitude error (12 cm) is obtained in the second series and it differs from longitude errors in the first and third series for 10 cm and 6 cm, respectively. This error value is related to the beginning of observation.

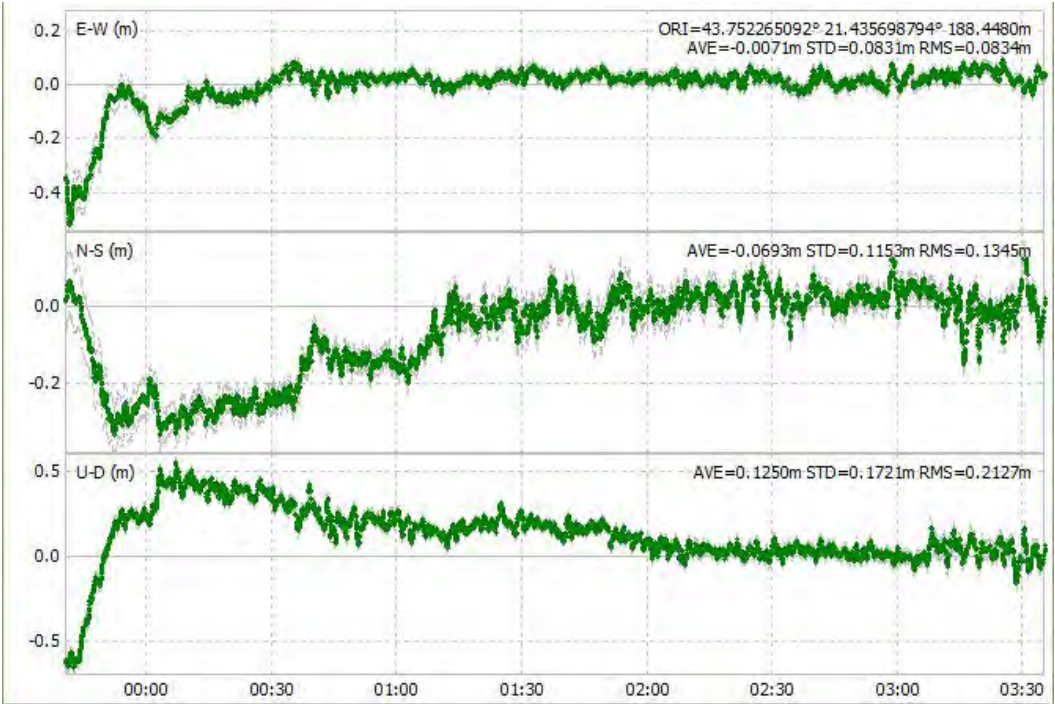
In Graph 2, the deviations of the position elements determined by PPP method are shown in relation to the reference value, determined by AUSPOS service for all three measurement series. The green points in the plot below represent the solution value plus and minus standard deviation, represented by gray lines. On the graph, the horizontal axis represents the time of recorded solution and the vertical axis represents deviation of position, separately shown for all three position components (East-West, North-South, Up-Down). Moreover, value AVE represents the average difference between the reference coordinates and the coordinates obtained by PPP method, for North, East and Up component separately. Values STD and RMS (Root Mean Square) represent average standard deviation and RMS error.



a)



b)



c) Graph 2. Deviation of position elements; series 1 (a), 2 (b) and 3 (c).

Table 5 shows receiver clock errors and Table 6 shows apriori, correction and error value of tropospheric delay for all three measurement series.

Table 5: Receiver clock errors; series 1, 2 and 3.

	<i>Value of receiver clock bias (m)</i>	<i>Error of receiver clock bias (m)</i>	<i>Value of receiver clock bias (μs)</i>	<i>Error of receiver clock bias (μs)</i>
Series 1	2.383	0.050	0.0079	0.00017
Series 2	0.275	0.056	0.0009	0.00019
Series 3	1.997	0.054	0.0067	0.00018

Table 6: Apriori value, correction and error of tropospheric delay; series 1, 2 and 3

	<i>Apriori value of tropospheric delay (m)</i>	<i>Correction value of tropospheric delay (m)</i>	<i>Error of tropospheric delay (m)</i>
Series 1	2.342	0.072	0.001
Series 2	2.342	0.165	0.003
Series 3	2.342	0.095	0.002

Based on the data presented in Table 5, it can be observed that the value of receiver clock bias was estimated with almost the same level of accuracy in all three series. The value of clock bias was greatest in the first series, while the smallest value of clock bias was calculated in the second series. When considering modelling tropospheric delay (Table 6), the biggest error and correction for apriori value of tropospheric

delay was calculated in the second series. The accuracy of estimating tropospheric delay does not differ much between three series, but the greatest accuracy was achieved in the first series. This is related to the accuracy of obtained positions, which was greatest in the first measurement series, as shown in Table 4.

5.3 Discussion of obtained results

Table 7 shows the mean deviation value of determined coordinates in relation to the reference value, as well as standard deviation and RMS error for all three series. It can be concluded that the coordinates determined by PPP method differ from reference ones from 1 cm to 7 cm, while the height differs from 7 cm to 20 cm. Based on the average values of standard deviation in the first measurement series, it is confirmed that it does not come to great scattering of results, while the average values of standard deviation in the second and third measurement series are higher. The latter corresponds to scattering of part of positions as can be seen on Graph 1 b and c. The differences of average standard deviation values, when comparing the second and third series with the first one, vary from 7 cm to 23 cm. The difference of 23 cm occurs in the second measurement series in east component, which is in relation with the greatest error and deviation observed also in this case. RMS (Root Mean Square) values also confirm this conclusion.

Table 7: Positioning statistics, series 1, 2 and 3

	Series 1			Series 2			Series 3		
	North	East	Height	North	East	Height	North	East	Height
Mean deviation (m)	0.064	0.007	0.199	0.003	0.019	0.068	0.069	0.007	0.125
St. deviation (m)	0.041	0.026	0.086	0.125	0.257	0.189	0.115	0.083	0.172
RMS (m)	0.076	0.027	0.217	0.126	0.258	0.201	0.135	0.083	0.213

By analyzing the data obtained at BNC exit, it can be noted that there are no major interruptions in obtaining a fixed solution. The total number of noticeable GPS satellites in all series of measurements ranges from 9 to 10. Although the settings in the software were set to the usage of GPS and Glonass satellites, observations to Glonass constellation did not enter the calculation of position. The used version of BNC software was not up-to-date (2.11.2), but this software is constantly being upgraded, so the inclusion of other GNSS systems can be part of further research in newer versions of BNC. This version also reported bugs regarding Saastamoinen tropospheric correction for very high elevation receivers and GLONASS code biases (BKG GNSS Data Center, 2017). The data displayed in the paper were gathered in three series on different days, with the observation period of 4h. Because of low accuracy obtained at the beginning of data collecting, first 20 minutes of observation were eliminated from further analysis in all series. Based on the graphics of determined positions of the points in three series of measurements and presented data, it can be concluded that the period of 20 minutes at the beginning of data collecting was enough to determine the position of Paracin station with centimeter accuracy.

When comparing the obtained results with similar experiments presented in Introduction, it is confirmed that 20 minute convergence time is sufficient to achieve sub-decimeter level of accuracy. A similar level of accuracy has been obtained in the research provided by (Alkan, Ozulu and Ilci, 2016). (Alcay and Turgut, 2017) have achieved a lower level of accuracy, but that was due to shorter observation time and because they did not exclude low accuracy observations from the beginning of measurement from the analysis. (Abou-galala et al., 2017) have obtained better accuracy results, but the observation time in

this experiment was much longer – around 24h.

6 CONCLUSION

Due to the increased number of providers of clock and orbit corrections for real-time data processing and post-processing, PPP method has become widely applied. Recognizing some of the advantages, such as work time and cost effectiveness, many users have implemented this method instead of traditional relative positioning. The great advantage of this method is that it does not require the use of more than one receiver, which makes it considerably more economical and easier to operate. The PPP method currently has certain shortcomings, and one of the biggest is the time needed for reaching a fixed solution.

In this paper, the accuracy and performance of PPP method were analyzed based on three measurement series that lasted 4 hours each and were conducted on three different days. The obtained coordinates were compared to the reference coordinates determined by AUSPOS service. Based on the experiments, it can be concluded that it takes approximately 20 minutes for accuracy of the coordinates to fall from decimeter to centimeter level. However, by introducing other GNSS systems, there is a possibility that convergence time will be further reduced, which could be part of further research. The results of the experiment showed that PPP method can achieve the accuracy of point coordinates of several centimeters after 4 hours of collecting data. When considering the accuracy of obtained height in all three measurement series, its value was slightly lower than that of the obtained point coordinates. Average coordinate deviation in relation to reference coordinates ranged from 1 cm to 7 cm, while the height differed from 7 cm to 20 cm. Values of RMS error and standard deviation were slightly higher in the second and third measurement series, which is related to larger scattering of part of the obtained results in these two series. This can be also observed on Graph 1. Based on the three repetitions of the experiment during different days, it can be concluded that PPP method gives a fairly balanced result in terms of position with centimeter level accuracy, while in case of height, the obtained results differ from reference height at decimeter level.

Literature and references:

- Abou-galala, M., Rabah, M., Kaloop, M., Zidan, Z. M. (2017). Assessment of the accuracy and convergence period of Precise Point Positioning. *Alexandria Engineering Journal*. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2017.04.019>
- Affi, A., El-Rabbany, A. (2016). Precise Point Positioning Using Triple GNSS Constellations in Various Modes. *Sensors (Switzerland)*, 16 (6). DOI: <https://doi.org/10.3390/s16060779>
- Alcay, S., Turgut, M. (2017). Performance Evaluation of Real-Time Precise Point Positioning Method. *World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium*, 95 (1–5). DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/95/3/032023>
- Alkan, R. M., Ozulu, I. M., Ilci, V. (2016). Web - based GNSS Data Processing Services as an Alternative to Conventional Processing Technique. *FIG Working Week 2016 Recovery from Disaster Christchurch, New Zealand*.
- AUSPOS – Online GPS Processing Service. <http://www.ga.gov.au/scientific-topics/positioning-navigation/geodesy/auspos>, accessed 23. 7. 2017.
- Bisnath, S., Gao, Y. (2007). Current state of precise point positioning and future prospects and limitations. *Proceedings of IUGG 24th General Assembly*, 615–623. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-85426-5_71
- BKG GNSS Data Center. <https://igs.bkg.bund.de/index/index>, accessed 5. 6. 2017.
- Gao, Y., Chen, K. (2004). Performance Analysis of Precise Point Positioning Using Real-Time Orbit and Clock Products. *Journal of Global Positioning Systems*, 3 (1&2), 95–100. DOI: <https://doi.org/10.5081/jgps.3.1.95>
- Ge, M., Gendt, G., Rothacher, M., Shi, C., Liu, J. (2008). Resolution of GPS carrier-phase ambiguities in Precise Point Positioning (PPP) with daily observations. *Journal of Geodesy*, 82 (7), 389–399. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-007-0187-4>
- Krasuski, K., Wierzbicki, D., Jafarnik, H. (2018). Utilization PPP method in aircraft positioning in post-processing mode. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 90 (1), 202–209. DOI: <https://doi.org/10.1108/AEAT-05-2016-0078>
- Liu, Z., Yangyang, L., Jinyun, G., Fei, L. (2016). Influence of Higher-Order Ionospheric Delay Correction on GPS Precise Orbit Determination and Precise Positioning.

- Geodesy and Geodynamics. 7 (5). 369–376. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geog.2016.06.005>
- Marreiros, J. P. R. (2012). Kinematic GNSS Precise Point Positioning Application to marine platforms. PhD thesis. Porto: University of Porto. Faculty of Sciences. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/66684/2/24150.pdf>. accessed 20. 9. 2018.
- Martín, A., Anquela, A., Berné, J., Sanmartin, M. (2012). Kinematic GNSS-PPP results from various software packages and raw data configurations. Scientific Research and Essays. 7 (3). 419–431. DOI: <https://doi.org/10.5897/SRE11.1885>
- Ocalan, T. (2016). Accuracy assessment of GPS precise point Positioning (PPP) technique using different web-based online services in a forest environment. Sumarski List. 140 (7–8). 357–368.
- Ocalan, T., Erdogan, B., Tunalioglu, N. (2013). Analysis of Web-Based Online Services for GPS Relative and Precise Point Positioning Techniques. Faculty of Civil Engineering Department of Geomatic Engineering Davutpasa Campus TR-34220 Esenler-Istanbul-Turkey. 191–207. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-21702013000200003>
- RTKLIB: An Open Source Program Package for GNSS Positioning. <http://www.rtklib.com/>. accessed 1. 6. 2017.
- Seepersad, G., Bisnath, S. (2017). An assessment of the interoperability of PPP-AR network products. The Journal of Global Positioning Systems. 15 (4). DOI: <https://doi.org/10.1186/s41445-017-0009-9>
- Sterle, O., Stopar, B. (2014). PPP method for static GNSS survey. Geodetski Vestnik. 58 (3). 466–481. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.03.466-481>
- The International GNSS Service (IGS). <http://www.igs.org/rts/products>. accessed 18. 7. 2017.
- Yu, X., Gao, J. (2017). Kinematic Precise Point Positioning Using Multi-Constellation Global Navigation Satellite System (GNSS) Observations. ISPRS International Journal of Geo-Information. 6 (6). DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi6010006>
- Zhou, F., Li, X., Li, W., Chen, W., Dong, D., Wickert, J., Schuh, H. (2017). The Impact of Estimating High-Resolution Tropospheric Gradients on Multi-GNSS Precise Positioning. Sensors (Switzerland). 17 (4). DOI: <https://doi.org/10.3390/s17040756>



Kuzmić T., Bulatović V. (2018). Performance analysis of PPP positioning method by using IGS real-time service. Geodetski vestnik, 62 (4), 604-618. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.604-618>

Tatjana Kuzmić, master geod. Eng.
 University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
 Square of Dositej Obradović 6, SRB-21000 Novi Sad, Serbia
 e-mail: tatjana.kuzmic@uns.ac.rs

assoc. prof. Vladimir Bulatović, Ph.D.
 University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
 Square of Dositej Obradović 6, SRB-21000 Novi Sad, Serbia
 e-mail: vbulat2003@yahoo.com

VPLIV UMETNE OSVETLITVE INVARSKIH NIVELMANSKIH LAT NA IZMERO Z DIGITALNIMI NIVELIRJI

THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL ILLUMINATION OF INVAR LEVELLING RODS ON THE MEASUREMENTS WITH DIGITAL LEVELS

Štefan Rákay, Slavomír Labant, Karol Bartoš, Katarína Pukanská

UDK: 428.422:528.54
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.03
Prispelo: 12. 6. 2018
Sprejeto: 30. 11. 2018

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.619-629>
REVIEW ARTICLE
Received: 12. 6. 2018
Accepted: 30. 11. 2018

IZVLEČEK

Odčitek na kodirani nivelmanski lati je določen z obdelavo slike črtne kode nivelmanske late, ki jo zazna CCD-senzor, vgrajen v digitalnem nivelirju. Kakovost določitve odčitka na nivelmanski lati je odvisna tudi od osvetlitve kodirane razdelbe na nivelmanski lati. V slabih razmerah uporabljamo umetno osvetlitev nivelmanske late. V članku je obravnavan sistematični pogrešek kot funkcija kota, pod katerim je črna koda nivelmanske late umetno osvetljena. Predlagan je postopek izmere in analiziran vpliv navedenega sistematičnega pogreška na rezultat izmere. Rezultati preizkusa so pokazali, da osvetlitev črtne kode nivelmanske late ni ustrezna, če je kot osvetlitve večji od 45° . Na podlagi testiranja se je izkazalo, da znaša pri kotu osvetlitve 55° napaka približno $0,02\text{ mm}$, kar je dvakrat toliko kot ločljivost, ki jo navaja proizvajalec digitalnega nivelirja.

KLJUČNE BESEDE

precizni nivelman, digitalni nivelir, kodirana invar nivelmanska lata, sistematični pogreški niveliranja

ABSTRACT

Since the digital levels operate on the principle of image processing of the bar code of levelling rod, recorded by a CCD sensor, the proper lighting (i.e. illumination of the bar code) is important to achieve accurate results. The prevention of inappropriate lighting conditions is important for the correct recording of the image of bar code section. This paper examines the systematic error as a function of the angle of incidence at which a bar code is illuminated by artificial lighting in low light conditions. Further, the procedure of measurements and the analysis of results for the identification of such errors is proposed. The results of experimental measurements highlight the inappropriateness of bar code illumination at an angle of incidence of more than about 45° . From the practical measurements, it was found that the angle of incidence 55° corresponds to an error of about 0.02 mm , which is twice as much as the resolution of the height measurement determined by the manufacturer.

KEY WORDS

precise levelling, digital level, bar code rod, precise levelling rods, systematic errors in levelling

1 INTRODUCTION

Nowadays, digital level instruments are used for various applications because of their accurate, rapid and automated process of measurement. Random and systematic errors are present in precise levelling as in any measurement. The knowledge of causes of these errors and methods of their elimination or reduction enable to choose a measurement methodology that provides the desired accuracy. The reading of digital level instrument operates on the principle of recording an image of the part of bar code visible in the field of view of the instrument using a CCD sensor. In most cases, subsequent comparison with an identical part of the whole scale of bar code rod stored in the memory of instrument is then carried out. The manufacturers that produce digital levelling instruments developed their own code and processing methods (Ingensand, 1999; Schneider and Dixon, 2002; Radcliffe, 1999; Grattan et al., 2003). The issue of the influence of the rod illumination when measuring by digital level instruments is quite broad. We can encounter it in the comparison of levelling rods (Woshitz, 2003), or wherever the lighting conditions are worse. The accuracy of the measurement depends on the accuracy of the recording of the bar code by CCD sensor and is therefore affected by the quality of the image. The rod illumination is an important factor. Problems in the recording of the bar code occur in different lighting conditions. In this regard, some results of tests focused on the examination of illumination intensity (Ježko, J., 2014; Atroschenkov et al., 2016), the extent of coverage of the bar code at the place of code scanning by the instrument (Seto, et al., 1999), the method of illumination (Gassner and Ruland, 2006), or other effects (very intensive, inhomogeneous light intensity, or low-frequency illumination, spectrum of the light) (Schneider and Dixon, 2002; Leica Geosystems, 2006; Schmid, 1995; Ingensand, 1999), has already been realised and published. Insufficient illumination of levelling rods under worse lighting conditions can be solved by using self-luminous levelling rods. Testing, accuracy, an overview of available types, or design solutions, are given in (Brunner and Woshitz, 2004; Fuhrland, 2006). In cases where self-luminous levelling rods are not available, and the rod must be illuminated by another light source, errors that are related to the way of illumination of the bar code by artificial lighting source may be reflected in the results.

2 THEORETICAL ASPECTS

2.1 Production method of bar code - bar code structure

The errors in reading from the illumination of bar code at large angles of incidence, are effected with the physical structure of bar code. In the manufacturing process at first, the invar tape is covered with a black layer, to which a yellow layer is applied. Subsequently, the yellow upper layer is partly removed forming the bar code of rod using high energy laser (Fischer and Fischer, 1999). Due to this process, code elements of yellow colour have a certain thickness, thus protruding above code elements of black colour around 50 micrometres (Szczutko and Frukacz, 2011). In an oblique illumination of the bar code from above or below, the instrument registers a distortion of the section of bar code due to the shadow effect on individual code elements.

2.2 Physical analysis of the effect

The theoretical analysis of the invar barcode illumination from physical point of view is illustrated in Figure 1, which represents the ideal in real, the yellow element is not an absolutely square stone, and planes A and B are not perfectly smooth.

The element of solid angle $d\Omega_A$, at which the element dA of the surface A can be seen from the point S at the distance r (Figure 1), can be calculated as:

$$\Omega = \frac{dA \cdot \cos}{r^2}, [\text{sr} = \text{m}^2 / \text{m}^2], \tag{1}$$

where δ_A is the angle formed between the axis of the element of solid angle $d\Omega_A$ (i.e. the beam r_A) and the normal line n_{dA} of the element dA .

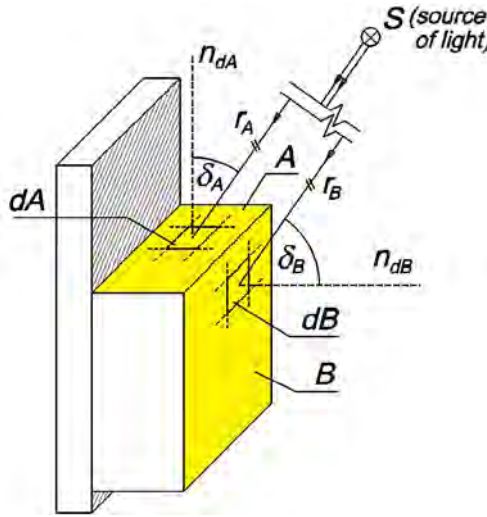


Figure 1: A scheme for the calculation of a solid angle $d\Omega_A$ at which the surface dA can be seen from the point S .

For $\delta_A = 0^\circ$, a maximum of the luminous energy is incident on the surface A . The size of the solid angle Ω_A (and thus the amount of luminous energy incident on the surface A) decreases with an increasing angle δ_A . On the contrary, at the front surface (surface B – Figure 1), the size of the solid angle Ω_B (and thus the proportion of incident and subsequently reflected luminous energy to the CCD sensor) increases with an increase in the angle δ_B . The quantity of luminous flux $d\Phi_A$ incident on the surface A depends on the size of the element of solid angle $d\Omega_A$. The ratio of $d\Phi_A$ and $d\Omega_A$ may be expressed as luminous intensity I_A (Hentschel, 1987):

$$I_A = \frac{d\Phi_A}{d\Omega_A}, [\text{cd} = \text{lm}/\text{sr}]. \tag{2}$$

When illuminating the levelling rod, the changes in the amount of incident and reflected light between the front and side surfaces occur. Considering the same size of the surface elements $dA = dB$, approximately the same distance $r_A = r_B$ from the light source S , and the same type of light source $d\Phi_A = d\Phi_B$ by fitting the equation (1) into (2), the ratio of luminance can be defined as:

$$\frac{I_A}{I_B} = \frac{\cos \delta_A}{\cos \delta_B}, [-]. \tag{3}$$

The graphical dependence of this ratio on the angle of illumination δ_A (where $\delta_A + \delta_B = 90^\circ$) is shown in the following Figure 2. The intensity of reflected light from surface elements dA and dB for the illumination at an angle $\delta_A = \delta_B = 45^\circ$ is the same, i.e. the ratio $I_A / I_B = 1$. By lowering the angle of illumination

δ_A , the intensity I_A starts to exceed the intensity I_B , their ratio increases sharply and the dependency curve gets an exponential character (Figure 2).

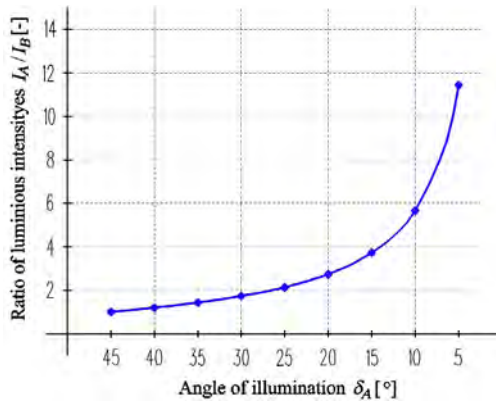


Figure 2: The ratio of luminance I_A/I_B of surface elements dA and dB depending on the angle of illumination d_A .

From Figure 2, the increasing ratio of reflected light intensity by surfaces A and B towards the CCD sensor of a levelling instrument with an increasing angle of incidence of light is evident. The significant difference in the illumination of areas A and B is evident in the detailed display and comparison of the same sections of the bar code of the levelling rod, which is shown in Figure 3.

2.3 Influence of illumination error

The measured values will indicate that there is a distortion of the bar code area recorded by the instrument when the rod is illuminated from below (Figure 3 c) so that it appears as if the rod was shifted down. A reverse effect occurs when the rod is illuminated from above (Figure 3 a). Thus, the instrument records the illuminated area of the bar code as if the rod was shifted slightly upwards in comparison with reality.

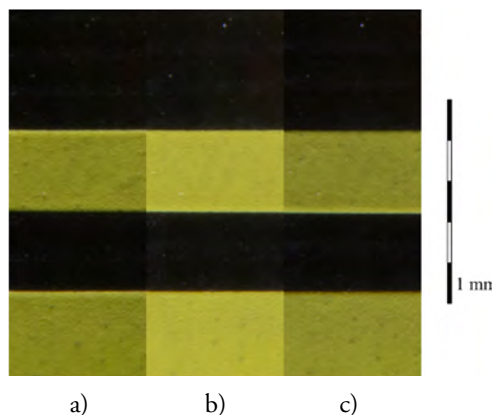


Figure 3: The colour shift of the interface between the yellow and black segments of a bar code rod caused by the illumination a) from above, b) from the centre, c) from below.

The main reason for this effect is likely to be the light incident on the side surfaces of yellow layer of the bar code, which subsequently caused (Figure 3) extension of the yellow part border towards the light

source, by its thickness of the applied yellow colour (50 micrometers). All pictures were recorded at the same resolution. Therefore, when all three pictures were opened in photo-editing software, they could be easily opened one over the others (as different layers) and subsequently cropped to the desired area.

The three side-by-side images of the illuminated bar code rod shown in Figure 3 were captured by a DSLR camera using 200 mm focal length from a distance of 3 m from the rod. Complete darkness was maintained during the taking of the photos, using only the spotlight lamps as light sources, which were turned on and off remotely. The degree of this colour shift can be related to the amount of light incident on these surfaces and the amount of reflected luminous energy towards the CCD sensor of the instrument.

2.4 Systematic influence of illumination errors on height difference

In general, for the height difference determined by the geometrical levelling from the midpoint, it is valid:

$$\Delta b = b - f. \tag{4}$$

Since the errors in the reading caused by an oblique illumination of the bar code are very small, and therefore difficult to identify, the methodology of the measurements in a one instrument set-up (Δb , i.e. a foresight and a backsight) with the bar code illumination by reverse - opposing lighting was chosen, leading to a bias of the measured height differences by the double error caused by the illumination according to Figure 4. The measurement procedure was designed to simulate the measurement of a levelling line measured from the initial survey point in both directions „forward and backward“. On the base of series reading b and f we can evaluate the precision of mean of b and f , compute the difference ε and statistically evaluate the precision of this difference.

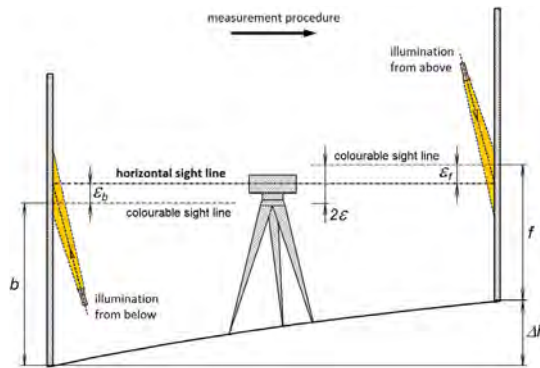


Figure 4: The schematic representation of the readings including errors e , depending on the direction of illumination.

From Figure 4 follows:

$$\Delta b = b + \varepsilon_b - (f - \varepsilon_f), \tag{5}$$

where:

- Δb – levelling height difference weighted by errors of illumination,
- b – bar code reading for the backsight,
- ε_b – error of the reading for the backsight line caused by the illumination from below,

f – bar code reading for the foresight; in case of proper illumination (angle of incidence = 0°) $f = b$,
 ε_f – error of the reading for the foresight line caused by the illumination from above.

If the angle at which the bar code rod is illuminated from above and below is approximately equal, we assume:

$$\varepsilon_b \cong -\varepsilon_f = \varepsilon. \tag{6}$$

Moreover, the resulting relation for the measured height difference can be defined as:

$$\Delta b = b - f + 2\varepsilon. \tag{7}$$

These issues arise when bar code of levelling rods are illuminated by spotlights with a narrow beam of light. In practice, this may occur when dealing with large overall height differences, for example, the verification of the stability of water storage dams, when levelling lines are directed through revision tunnels of dams (Figure 5). Repeated measurements and the sum of individual levelling height differences lead to the propagation of errors of illumination, when these errors, even though negligible, but gradually decrease of the accuracy of determining the height difference. The illumination error 2ε is systematic error and the influence 2ε on overall of height difference Δb_{AB} is:

$$\delta_{\Delta b_{AB}} = n \cdot 2\varepsilon, \tag{8}$$

where: n is number of instrument stations.

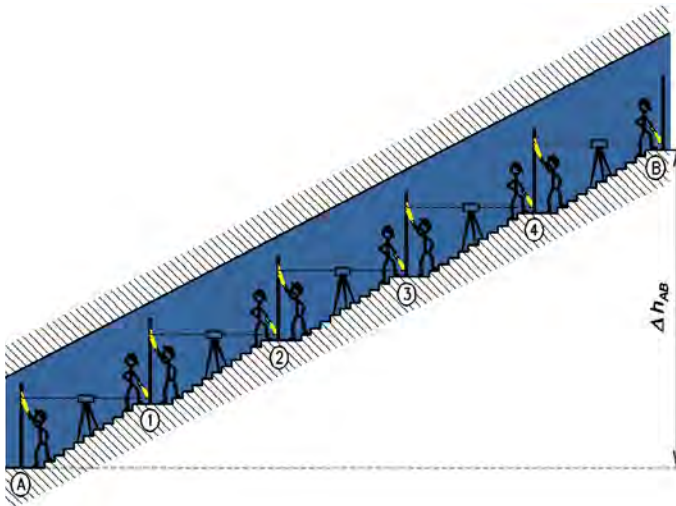


Figure 5: The method of illumination of bar code rods in geometrical levelling from the midpoint between the rods in low light conditions

3 EXPERIMENTAL MEASUREMENTS

Two types of electronic levelling instruments were used to realise the experimental measurements: Leica DNA03 ($\sigma_{ISO-LEV} = 0.3\text{mm/km}$ (Leica Geosystems, 2006)) and Topcon DL-101C ($\sigma_{ISO-LEV} = 0.4\text{mm/km}$ (Topcon Corporation, 1994)). Resolution of height measurement (last digit) is 0.01 mm for both instru-

ments. The digital level instruments were placed in a dark room at a distance of 3 m from the bar code rod. Readings on the bar code rod were executed at a stable temperature, with no flow or turbulence of air layers. The distance instrument – rod of 3 m was chosen in the first series of measurement considering the lowest reading capacity of the used instruments. In the second series of measurements, the distance instrument - rod was lengthened. During the measurement, our attention was focused mainly on the greatest possible elimination of external influences and possible sources of errors, so that only the error caused by illumination is reflected in the results. The line of sight of the instrument was set symmetrically between the two light sources. Two types of GU10 (halogen 50W / 760 lm with $\lambda = 585nm$ (warm white light) and LED 4W / 260 lm with $\lambda = 445nm$ (cold white light)) were used as a light source to represent different types of standard hand-held lamps. The bar code was illuminated alternately, i.e. once from above and once from below after each reading of the code by the instrument (Figure 6), while the bar code and the instrument did not change their position during the measurement.



Figure 6: Illumination of the bar code; left - from above, right - from below.

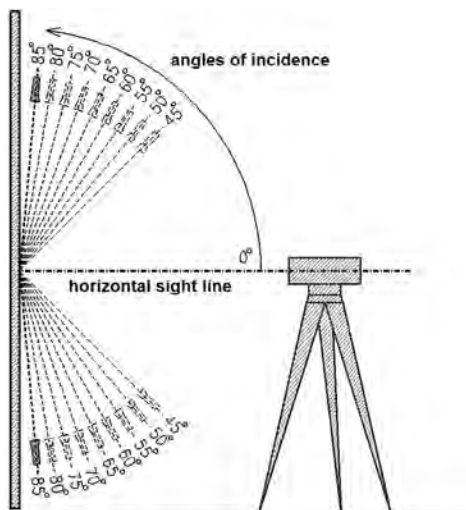


Figure 7: The position of lamps illuminating the bar code.

The measurements were divided into 9 series, where the angle of light beam, at which the scale of bar code was illuminated, was changed for each set of measurement. The angle of incidence was changed in interval from 45 ° to 85 ° from the horizontal sight line (Figure 7). The illumination angle of incidence was set up using a protractor for all measurements. The measurement of one set took about 10 minutes, while 20 values, i.e. 10 reading in the same illumination (e.g. from above) to specify the cumulative illumination errors, were recorded. From practical measurements at the 0 ° angle of incidence, the error was $\varepsilon_b = -\varepsilon_f = \varepsilon = 0$. At the angle of incidence from 5 ° to 40 ° was the value $2\varepsilon \leq 0.010 \text{ mm}$ and applies the equations: $\varepsilon_b \cong -\varepsilon_f = \varepsilon$ and $2\varepsilon = 0$. Significant errors were observed from the angle of incidence of 45 °.

3.1 Results of experimental measurements

Two types of levelling instruments and two types of illumination at nine possible angles of incidence of illumination between 45 ° and 85 ° were used. Each series of measurement started according to Figure 4, i.e. by reading at the levelling rod illuminated from below. For each combination, 20 readings of the bar code were obtained, resulting in 10 differences used for the calculation of average, mean, and standard deviation of error of illumination, according to:

$$\text{The average error of illumination: } \overline{2\varepsilon} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 2\varepsilon_i, \tag{9}$$

$$\text{The mean deviation of the error of illumination: } d_{2\varepsilon} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |2\varepsilon_i - \overline{2\varepsilon}|, \tag{10}$$

$$\text{The standard deviation of the error of illumination: } \sigma_{2\varepsilon} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (2\varepsilon_i - \overline{2\varepsilon})^2}. \tag{11}$$

Results in Table 1 are given only for the distance of 3 m.

Table 1: The error of illumination (Leica DNA 03 and Topcon DL-101C instruments) using halogen and LED light at different angles of incidence.

Angle of incidence	Illumination error 2ε from distance 3 m [mm]											
	Leica DNA03 (halogen)			Leica DNA03 (LED)			Topcon DL-101C (halogen)			Topcon DL-101C (LED)		
	Average	Deviation		Average	Deviation		Average	Deviation		Average	Deviation	
	mean	standard	mean	standard	mean	standard	mean	standard	mean	standard	mean	standard
45 °	0.012	0.003	0.004	0.014	0.005	0.005	0.012	0.003	0.004	0.013	0.004	0.005
50 °	0.014	0.005	0.005	0.016	0.005	0.005	0.013	0.004	0.005	0.018	0.003	0.004
55 °	0.018	0.003	0.004	0.018	0.005	0.006	0.016	0.006	0.007	0.020	0.000	0.000
60 °	0.020	0.000	0.000	0.020	0.002	0.005	0.020	0.000	0.000	0.024	0.005	0.005
65 °	0.026	0.005	0.005	0.033	0.004	0.005	0.041	0.002	0.003	0.028	0.003	0.004
70 °	0.041	0.002	0.003	0.050	0.002	0.005	0.049	0.002	0.003	0.036	0.005	0.005
75 °	0.050	0.000	0.000	0.059	0.002	0.003	0.068	0.003	0.004	0.050	0.000	0.000
80 °	0.080	0.000	0.000	0.082	0.005	0.006	0.087	0.004	0.005	0.069	0.002	0.003
85 °	0.123	0.004	0.005	0.149	0.005	0.007	0.163	0.004	0.005	0.109	0.004	0.006

Averages of illumination error depending on the angle of incidence and their graphical representations are shown in Figure 8.

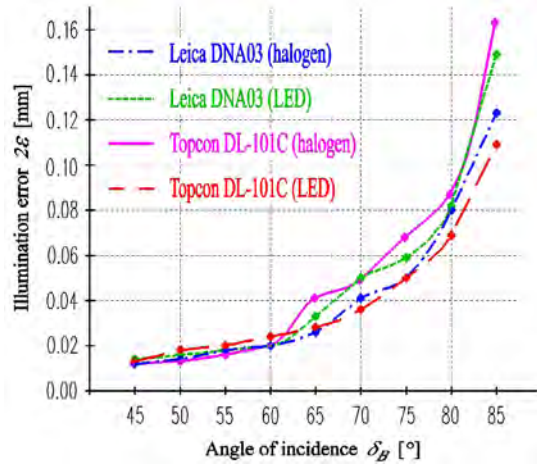


Figure 8: Graphical presentation of dependencies between the height difference measured by digital level instrument DNA03 (Leica), DL-101C (Topcon) and the angle of incidence of the invar bar code rod GPCL2 (Leica), 3m bar code rod of the DL series (Topcon).

For the next series of experimental measurements, Leica DNA03 with two types of illumination at the same angle of illumination of 85°, and from various distances, were used. Each series of measurement started according to Figure 4, i.e. by reading at the levelling rod illuminated from below. For each combination, 20 readings of the bar code were obtained, resulting in 10 differences used for the calculation of average, mean, and standard deviation of error of illumination, according to equations (9), (10) and (11). The maximum distance from which the measurements could be made was 13 m when using a halogen and LED light with the Leica DNA 03 instrument. When using Topcon DL-101C instrument, it was possible to realise the measurement up to the distance of 17 m. Results from the second series of measurements are given in Table 2.

Table 2: The error of illumination (Leica DNA 03 and Topcon DL-101C instruments) using halogen and LED light at the same angles of incidence from different distances.

Distance of bar code rod	Illumination error 2ε (angle of incidence 85 °) from different distances [mm]											
	Leica DNA03 (halogen)			Leica DNA03 (LED)			Topcon DL-101C (halogén)			Topcon DL-101C (LED)		
	Average	Deviation		Average	Deviation		Average	Deviation		Average	Deviation	
		mean	standard		mean	standard		mean	standard		mean	standard
5 m	0.100	0.005	0.005	0.102	0.004	0.007	0.146	0.005	0.005	0.105	0.004	0.007
7 m	0.102	0.003	0.004	0.108	0.011	0.015	0.148	0.002	0.005	0.126	0.005	0.005
9 m	0.096	0.008	0.010	0.104	0.004	0.005	0.155	0.006	0.007	0.126	0.010	0.013
11 m	0.107	0.007	0.010	0.106	0.010	0.012	0.156	0.006	0.007	0.123	0.012	0.017
13 m	0.116	0.011	0.013	0.120	0.014	0.016	0.171	0.010	0.014	0.144	0.010	0.013
15 m	-	-	-	-	-	-	0.174	0.010	0.013	0.147	0.011	0.015
17 m	-	-	-	-	-	-	0.178	0.011	0.014	0.155	0.012	0.014

3.2 Discussion

When comparing the errors of two instruments regarding to two types of lamps and angle of incidence (Figure 8), the largest variation of the values 2ε can be observed at an angle of incidence of 85 °, where

the measured values vary between 0.11 mm to 0.16 mm. A gradual decrease of the values 2ε occurs with a decrease in the angle of incidence. The results show minimum variations (maximum difference 2ε from Table 1 and Figure 8 at the same angle of incident is: $\Delta 2\varepsilon_b = 2\varepsilon_{\max} - 2\varepsilon_{\min} = 0.005\text{mm}$) and negligible differences between individual measurements for values of $\leq 60^\circ$ of the angle of incidence. The evaluation of the results in Figure 4 indicates an apparent increase of the variation of the measured values with increasing angle of incidence. Based on the Table 1 and Figure 8, it can be concluded that curves represent a type of exponential dependence, when a change in the angle of incidence (in the right part of Figure 8) causes significant changes in illumination error 2ε .

From the next series of experimental measurements, it was investigated that with increasing distance, the average error of illumination slightly increases to max. value 0.18 mm, but only to a certain distance (Table 2). By further increasing the reading distance, the instrument could no longer record the reading under the same illumination.

4 CONCLUSION

A demonstration of the influence of the bar code artificial illumination (in low light conditions) on the results of levelling measurements was the main intention of the method of illumination and measurement methodology presented in this paper. In precise levelling in low light conditions the manufacturer of bar code invar rods (NEDO) offers several types of self-luminous levelling rods with a bar code or rods illumination facilities for measurements in these conditions (www.nedo.com).

Our results indicate that the largest errors in reading occur when the bar code rod is illuminated at a very acute angle. Although the errors are relatively small, but not negligible for a single rod reading, its influence can become significant on long levelling runs. Decreasing the angle of illumination reduces the errors. The illumination errors can be negligible for angles of incidence with value 55° and smaller. The detected errors are less than 0.02 mm. By increasing the length of sight line, the error 2ε slightly increases, but only to a certain distance (Table 2). This is due to the fact that by further increasing the length of sight line, it is not possible to record the reading on the illuminated bar code staff by the instrument. For that reason, it is important to pay attention to the method of illumination in precise levelling measurements using digital level instruments in low light conditions. The surveyor should ensure a homogeneous and perpendicular illumination of the recorded part of the bar code in the measurement process to limit the influence of the systematic errors in the illumination that are clearly shown in Table 1 and Figure 8.

Acknowledgements: *The study is the result of Grant Project of Ministry of Education of the Slovak Republic VEGA No. 1/0844/18: "Experimental research on the limiting factors of application of non-contact surveying systems for the documentation of specific surfaces for the creation of their digital models".*

Literature and references:

- Atroschenkov, A., Belyaev, N., Kosyakov, E., Mikhailenko, E., Rodionova, M. (2016). The effect of light on the work of the electronic levels. In M. Al Ali (Ed.), P. Platko (Ed.), *Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies II* (pp. 717–722). London: Taylor & Francis Group.
- Brunner, F.K., Woschitz, H. (2004). Die selbstleuchtende Nivellierlatte. *Allgemeine Vermessungsnachrichten*, 111 (3), 104–109. <https://gispoint.de/artikelarchiv/avn/2004/avn-ausgabe-32004/2087-die-selbstleuchtende-nivellierlatte.html>, accessed 28. 8. 2018.
- Fischer, T., Fischer, W. (1999). Manufacturing of High Precision Leveling Rods. In M. Lilje (Ed.), *Geodesy Surveying in the Future. The Importance of Heights* (pp. 223–228). Gavle: FIG.
- Fuhrland, M. (2006). Die leuchtende Nivellierlatte - Präzision ohne Invarband.

- Zeitschrift für Vermessungswesen, 131 (2), 104–108.
- Gassner, G. L., Ruland, R. E. (2006). Investigations of Leveling Equipment for High Precision Measurements. In American Congress on Surveying and Mapping. <http://www.slac.stanford.edu/cgi-wrap/getdoc/slac-pub-12326.pdf>, accessed 28. 8. 2018.
- Grattan, K. T. V., Skeivalas, J., Giniotis, V. (2003). Development of 2D optical measurements. In D. Ilić (Ed.), Metrology in the 3rd millennium: XVII IMEKO World Congress (pp. 1831–1833). Dubrovnik: International Measurement Confederation.
- Hentschel, H. J. (1987). Licht und Beleuchtung. Theorie und Praxis der Lichttechnik. 3. bearbeitete und erweiterte Auflage (pp. 21–30). Heidelberg: Huethig.
- Ingensand, H. (1999). The evolution of digital leveling techniques – limitations and new solutions. In M. Lijje (Ed.), Geodesy Surveying in the Future. The Importance of Heights (pp. 59–68). Gavle: FIG.
- Ježko, J. (2014). Calibration of surveying Instruments and tools means to the quality – increase of deformation measurements. Journal of Sustainable Mining, 13 (4), 17–22. DOI: <https://doi.org/10.7424/jsm140404>
- Leica Geosystems AG (2006). Leica DNA03/DNA10 User manual. Heerbrugg: Leica Geosystems.
- Radcliffe, D. (1999). How digital levels work. Professional Surveyor Magazine, 19 (5), 24–28.
- Seto, T., Chiba, M., Nagao, T., Muraki, M. (1999). Results of test and experiments with SDL30 digital level. In M. Lijje (Ed.), Geodesy Surveying in the Future. The Importance of Heights (pp. 69–78). Gavle: FIG.
- Schmid, C. (1995). Automatisierte Nivellierlattenkalibrierung für Strich- und Codeteilungen. Diploma Thesis. Zürich: ETH Zürich, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie. <http://www.igp.ethz.ch/research/graeue-reihe/241-280.html>, accessed 28. 8. 2018.
- Schneider, F., Dixon, D. (2002). The new Leica digital levels DNA03 and DNA10. In: FIG XXII International Congress: ACMS-ASPRS conference and technology exhibition 2002. Washington: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
- Szczutko, T., Frukacz, M. (2011). Invar rod calibration on vertical comparator executed in the geodesy metrology laboratory of the AGH University of science and technology in Krakow – Poland with use of computer-aided image analysis. Reports on Geodesy, 90 (1), 469–476.
- Topcon Corporation (1994). Instruction manual. Electronic digital level DL-101C, DL-102C. Tokyo: Topcon Corporation.
- Woshitz, H. (2003). System calibration of digital levels: Calibration facility, procedures and results. Aachen: Shaker Verlag.



Rákay Š., Labant S., Bartoš K., Pukanská K. (2018). The influence of artificial illumination of invar levelling rods on the measurements with digital levels Geodetski vestnik, 62 (4), 619–629. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.619-629>

Štefan Rákay, Ph.D.

Technical University of Košice, Institute of Geodesy, Cartography
and Geographic Information Systems
Park Komenského 19, 040 01 Košice, Slovak Republic
e-mail: stefan.rakay@tuke.sk

Assoc. Prof. Slavomír Labant, Ph.D.

Technical University of Košice, Institute of Geodesy, Cartography
and Geographic Information Systems
Park Komenského 19, 040 01 Košice, Slovak Republic
e-mail: slavomir.labant@tuke.sk

Karol Bartoš, Ph.D.

Technical University of Košice, Institute of Geodesy, Cartography
and Geographic Information Systems
Park Komenského 19, 040 01 Košice, Slovak Republic
e-mail: karol.bartos@tuke.sk

Assoc. Prof. Katarína Pukanská, Ph.D.

Technical University of Košice, Institute of Geodesy, Cartography
and Geographic Information Systems
Park Komenského 19, 040 01 Košice, Slovak Republic
e-mail: katarina.pukanska@tuke.sk
and
Kielce University of Technology
Faculty of Environmental, Geomatic and Energy Engineering
Department of Geotechnologies, Geomatics and
Waste management
al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, Poland
e-mail: kpukanska@tukielce.pl

SISTEM UPRAVLJANJA KMETIJSKIH PARCEL NA POLJSKEM TER ŠTUDIJA PRIMERA DRŽAV ČLANIC EVROPSKE UNIJE

LAND PARCEL MANAGEMENT SYSTEM IN POLAND AND A CASE STUDY OF EU MEMBER STATES

Agnieszka Trystuła, Jadwiga Konieczna

UDK: 528.44:63(438)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.04
Prispelo: 12. 6. 2018
Sprejeto: 1. 12. 2018

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.630-640>
PROFESSIONAL ARTICLE
Received: 12. 6. 2018
Accepted: 1. 12. 2018

IZVLEČEK

Sistem LPIS (angl. land parcel identification system) podpira sistem plačil na površino v državah EU v okviru skupne kmetijske politike. To je koristno orodje, ki omogoča pravilno delovanje mehanizma strukturne podpore kmetijstvu. Glavni cilj članka je analiza in ocena sistema upravljanja kmetijskih parcel na Poljskem v okviru rešitev, ki se uporabljajo v EU za namene skupne kmetijske politike. Predmet analize so bile uvedene rešitve na področju sistema LPIS, izhajajoče iz evropskih pravnih in tehničnih specifikacij, še zlasti tistih, ki se nanašajo na sprejeti tip referenčne parcele (kmetijska parcela, katastrska parcela, kmetijski blok, fizični blok, topografski blok). Na podlagi podatkov, med drugim zbranih s posebnim vprašalnikom, so bile opravljene raziskave, povezane s sprejetimi modeli referenčnih parcel v državah in regijah EU, vključno s Poljsko, za obdobje 2006–2016. Raziskovalni vzorec so bili sistemi LPIS, ki so se uporabljali v EU v obravnavanem obdobju. V članku je predstavljeno, kako so se s časom spreminjali uvedeni modeli referenčnih parcel in kaj so bili najpogostejši vzroki za te spremembe. Poljska je ena redkih držav članic EU, kjer je podlaga LPIS vse od leta 2006 uradni register nepremičnin. Sklepi raziskave so podlaga za pripravo sprememb na tem področju na Poljskem.

KLJUČNE BESEDE

LPIS, zemljiški informacijski sistem, skupna kmetijska politika, EU, referenčne parcele

ABSTRACT

The LPIS (Land Parcel Identification System) supports area-based payment schemes in EU countries under the Common Agricultural Policy and is a useful tool enabling the proper functioning of the structural agricultural support mechanism. This study analyses the agricultural parcel management system in Poland in the context of solutions applied in the EU within the Common Agricultural Policy. The research concerns solutions applied in the field of the LPIS system, arising from European legal and technical specifications, particularly those referring to the adopted type of a reference parcel (agricultural parcel, cadastral parcel, farmers' block, physical block, topographic block). Based on the data originating from LPIS questionnaire interviews, a study was conducted related to the adopted models of reference parcels in the EU countries and regions, including in Poland in the years 2006–2016. The research sample comprised LPIS systems functioning in the EU in the analytical period. In the paper, it is demonstrated how the implemented models of reference parcels had been changing over time and the most frequent reasons of the changes were indicated. Poland is one of few EU Member States in which the Land and Property Register has been the basis for the LPIS since 2006. The conclusions of the research provide a basis for planning of a change in LPIS in Poland.

KEY WORDS

LPIS, land information system, Common agricultural policy, EU, reference parcel

1 INTRODUCTION

Introduced in 1962, the Common Agricultural Policy (CAP) is a partnership between agriculture and society, between Europe and its farmers. It is a policy common to all European Union (EU) Member States, managed and financed at the European level using the EU's annual budget. The CAP is the oldest EU policy. Its principal objectives have evolved over the years (European Commission, 2014). Currently, the CAP is focused on supporting farmers' incomes in the form of direct payments arising from its policy associated with multi-directional and sustainable development of rural areas (Zadravec and Žalik, 2009). To this end, EU countries establish and maintain an Integrated Administration and Control System (IACS) which includes the Land Parcel Identification System (LPIS) (Montaghi et al., 2013, Zygmunt et al., 2014). The main functions of the LPIS are localisation, identification and quantification of agricultural land via very detailed geospatial data. In order to receive EU support, farmers have to adhere to environmentally-friendly land management requirements, commonly known as cross-compliance (CC) principles. Furthermore, farmers can carry out additional actions to reduce agricultural pressure on the environment or to improve the countryside biodiversity. These are known as agri-environmental measures (AEM) and incur additional monetary support. Management of information on environmentally-compliant land use and agri-environmental measures is the second most important function of IACS/LPIS (Sagris et al. 2013). To date, LPISs in MSs greatly differ in concepts and models of representations and spatial identifications of an agricultural land use unit (Sangris et al. 2008; European Court of Auditors, 2016). Currently, there are LPISs in EU, which reference databases are based on 5 models of reference land plots (parcels), such as an agricultural parcel, a cadastral parcel, a farmers' block, a physical block and a topographic block (JRC D5 – Mars CAPland, 2017). The issue with these different IACS/LPISs is that there are no standardised structures; rather, each represents a unique design in each MS, both in the case of LAS-based (Land Administration System) or in the case of special systems as described by Inan et al. (2010). Land Administration Systems are a basic tool for the administration of natural resources, physical and economic planning, environmental monitoring and protection and crisis management (Lemmen, 2012). Since May 1, 2004, i.e. since Poland's accession to EU, Polish agriculture and rural areas have been under the Common Agricultural Policy schemes. An area aid scheme has been introduced to include all farmers. The Rural Development Plan and Sectoral Operational Programme have been implemented to support the restructuring and modernisation of the food sector. Aiming to get financial support in agriculture from EU funds, a country needs to ensure appropriate organisational and technical conditions, primarily the establishment of a proper Payment Agency as well as the development and maintenance of an Integrated Administration and Control System (IACS), i.e. an administration and information system enabling efficient distribution and control of financial aid for farmers. The Payment Agency responsible for the management of agricultural grants in Poland is the Agency for Restructuring and Modernisation of Agriculture (ARMA), which is involved in the implementation of instruments co-financed from the EU budget (those concerning direct payments) and is responsible for their proper disbursement. It is also an institution, which maintains the Integrated Administration and Control System, including the LPIS.

The main aim of the research was to analyse and assess the system of management of cadastral parcels and reference areas in Poland in the context of solutions applied in the EU for the purpose of CAP. The research concerned the solutions applied in the field of the LPIS, arising from European legal and

technical specifications, particularly those referring to the adopted type of a reference parcel (agricultural parcel, cadastral parcel, farmers' block, physical block, topographic block).

2 MATERIALS AND METHODS

The achievement of the intended goals was based on an analysis of strategic, programme and study documents, which enabled preparing of conclusions about the system for management of the reference layers of the LPIS in Poland in the context of the solutions applied in other EU countries. The main motivation was to provide a basis for changes of LPIS in Poland. Based on the data originating from questionnaire interviews concerning the assessment of the quality of LPIS and on data provided by European bodies responsible for maintaining reference land parcel identification systems, a study was conducted related to the adopted models of reference parcels in the EU countries and regions, including in Poland. The research sample included databases for reference parcels of LPISs declared by the Payment Agencies in 2006, 2008, 2010 and 2016 (Table 1). The lack of data concerning the selected model of a reference parcel within the CAP results from the fact that the EU Member States or regions failed to participate in European research into the LPIS.

Table 1: Reference databases in EU countries and regions.

EU Member State	2006	2008	2010	2016
Austria	-	CP	CP	PB
Belgium – Flanders	AP	AP	AP	AP
Belgium – Wallone	AP	PB	PB	PB
Bulgaria	-	PB	PB	PB
Croatia	-	-	-	FB
Cyprus	CP	CP	CP	CP
Czech Republic	FB	FB	FB	FB
Deutschland – Baden	CP	PB	PB	-
Deutschland – Bavaria	FB	FB	FB	FB
Deutschland – Berlin	-	-	-	PB
Deutschland – Brandenburg	-	-	-	PB
Deutschland – Bremen	-	-	-	PB
Deutschland – Hamburg	-	-	-	PB
Deutschland – Hessen	-	AP	AP	AP
Deutschland – Lower Saxony	-	-	-	PB
Deutschland – North Rhine - Westphalia	-	PB	PB	PB
Deutschland – Rhineland – Palatinate	-	CP	CP	CP
Deutschland – Saarland	-	AP	AP	AP
Deutschland – Rhineland – Saxony - Anhalt	-	PB	PB	PB
Deutschland – Schleswig - Holstein	-	-	-	PB
Deutschland – Thuringia	-	PB	PB	PB
Denmark	PB	PB	PB	PB

EU Member State	2006	2008	2010	2016
Estonia	PB	PB/FB	FB	FB
Spain	CP	CP	CP	CP
Finland	FB	-	FB	FB
France	FB	FB	FB	FB
Greece	PB	-	PB	PB
Hungary	PB	PB	PB	PB
Ireland	AP	FB	TB	TB
Italy	CP	CP	CP	CP
Latvia	-	PB/FB/CP	PB	PB
Lithuania	PB	PB	PB	PB
Luxemburg	AP	AP	AP	PB
Malta	-	FB/AP	AP	AP
Netherlands	PB	PB	PB	PB
Poland	CP	CP	CP	CP
Portugal	AP	FB	FB	FB
Romania	-	PB	PB	PB
Sweden	PB	FB	FB	FB
Slovenia	FB/GERK	FB/ GERK	FB/GERK	FB
Slovakia	PB	PB	PB	PB
United Kingdom – England	AP	-	TB	TB
United Kingdom – Scotland	AP	-	TB	TB
United Kingdom – Wales	AP	-	TB	TB
United Kingdom – Northern Ireland	AP	-	TB	TB

Source: own elaboration based on the 2006 and 2008 LPIS Questionnaire, European Court of Auditors and JRC.

Legend:

AP – Agricultural parcel

CP – Cadastral parcel

FB – Farmer's block (in Slovenia, Farmer's block used to be divided by land use – GERK; in 2014, the »real« FB was introduced).
named GERK)

PB – Physical block

TB – Topographical block

3 RESULTS OF THE RESEARCH

The LPIS is an IT system based on aerial or satellite imagery recording all agricultural parcels in the Member States. It is a key control mechanism under the CAP designed to verify eligibility for area based subsidies, which amounted to approximately 45.5 billion euro in 2015. The Court's Statement of Assurance (SoA) estimated the level of error for the European Agricultural Guarantee Fund (EAGF) at 2.9 % (2.2 % without cross compliance errors) in 2014. Close to half of the errors were area related. The system also plays an increasing role in checking the compliance with various environmental obligations (European Court of Auditors, 2016). In order to ensure proper servicing and granting funds, Poland, as a full EU member, was required to establish the Integrated Administration and Control System, including the maintenance of the LPIS, which aim is to enable:

- unambiguous identification of beneficiaries (register of producers),
- unambiguous identification of a land parcel within the space, and its current area (register of agricultural farms),
- verification as regards the eligibility for a particular aid scheme (registration of claims for payments).

In order to develop the LPIS database, it was necessary to create a vector map of the entire country, containing boundaries of cadastral parcels, outlines of agricultural areas, soil type boundaries and a vector layer of the so-called managed lands and to develop a digital orthophotos of the country to enable the identification of the arable lands. These projects were in line with the requirements arising from Regulation (EU) No 1306/2013 under which the LPIS shall be established based on cadastral maps, land register documentation, or other cartographic sources. The techniques used are based on a computerised system of geographical information including aerial or satellite orthophotos, using a uniform standard ensuring accuracy at least equal to the accuracy of cartographic mapping at a scale of 1 : 10,000 and since 2016 at a scale of 1 : 5,000, considering the contour and state of the parcel (Regulation EU 1306, 2013).

In Poland, the legislator indicated in regulations that a source of data for the establishment of a national system for registration of producers, registration of agricultural farms and registration of payment claims is the Land and Property Register (July, 2011). The Register is defined as an information system ensuring the collection, updating and sharing, in a manner uniform for a country, of information on land, buildings and premises, their owners, and on other entities holding or managing these lands, buildings or premises (Geodetic and Cartographic Law, 1989). The adoption of the Land and Property Register as the basis for the establishment of the LPIS resulted from the following facts:

- the Land and Property Register is a system covering the entire territory of the Republic of Poland, maintained in a uniform manner, constantly updated and supervised by state administration bodies,
- the data extracted from the system is official,
- it contains reference data on parcels, buildings and premises, of which quality and method of acquiring is determined by geodetic and cartographic law,
- it is comprised of a descriptive part and cartographic part (cadastral map) representing the boundaries and numbers of cadastral parcels and the boundaries and attributes of agricultural land,
- the registration data are legal in nature,
- it contains the owner's personal data.

The basis for the operation of the LPIS is the reference parcel database. According to the guidelines, a reference parcel includes a spatial unit of land, which is the surface of an agricultural area, i.e. an area occupied by arable land, permanent grassland, and permanent pasture or permanent crops. Each Member State marks out a reference parcel in a manner, which guarantees its measurability, stability over time and the possibility for unique and unambiguous location of each agricultural parcel declared annually. The basis for the establishment of the LPIS in Poland was the system of Land and Property Register, where a cadastral parcel, which is assigned in the system with its unique number, boundaries, determined area, and the marking, land area and boundaries of agricultural land, was adopted as a reference parcel. However, it should be noted that the total area of a cadastral parcel indicated in the Land and Property Register is not an area eligible for the calculation of payments. At the end of 2015, a total of 34,696,000 reference parcels were registered in Poland, including 10,407,689 reference parcels (SAP) and 9,935,315

agricultural parcels eligible for payments. A cadastral parcel is a reference, within which boundaries it is necessary to determine the area of agricultural land eligible for direct payments. It should be noted, however, that the definition of agricultural areas eligible for payments, arising from the provision of Regulation (EU) No 1307/2013, based on which the maximum eligible area is determined, differs from the Polish definition of agricultural areas specified in Regulation of the Minister of Regional Development and Construction on the Land and Property Register, based on which the area of agricultural land is determined in the land and property register system – Table 2.

Table 2: Agricultural areas/land use according to EU and Polish regulations.

Agricultural land classification according to Regulation (EU) No 1307/2013	Agricultural land classification according to Regulation on the Land and Property Register
	- arable land
	- orchards
- arable land	- permanent meadows
- permanent grassland	- permanent pasture
- permanent pasture	- developed agricultural land
- permanent crops	- wooded land and bushland on agricultural land
	- pond bottoms
	- land under ditches

Source: own study based on law.

In accordance with the above-mentioned Regulation, which is also indicated in Table 2, agricultural areas also include developed agricultural land, pond bottoms and ditches. Therefore, the areas of agricultural land specified in the Land and Property Register cannot be directly adopted as reference areas for direct payments within CAP.

During the first year of the operation of the LPIS system in Poland, the reference database was primarily the descriptive part of the Land and Property Register. A claim for payment submitted by a farmer contained numbers and the area of cadastral parcels, the area used for agricultural purposes within the boundaries of a cadastral parcel and the attributes and areas of agricultural parcels situated in cadastral parcels. The role of the LPIS was to verify the information provided in the claim against the data concerning the numbers of cadastral parcels and the area of agricultural land within a parcel, which are eligible for payments and contained in the Land and Property Register. Since 2005, apart from descriptive data originating from the Land and Property Register, the identification of agricultural parcels has been additionally carried out based on graphical data, i.e. maps and orthophotos. This refers to a vector cadastral map, which indicates boundaries and numbers of cadastral parcels as well as boundaries and attributes of land use. On the other hand, by the interpretation of orthophotos it is possible to recognise the land cover, and to distinguish forested areas, settlements, roads, waters, ditches, woodlots and shrubs, i.e. land non-eligible for payment. The possibility for graphical visualisation of the area, on which agricultural parcels declared by a farmer are situated, in connection with particular cadastral parcels, makes it possible to note and explain all discrepancies, which affect the amount of payments. Such situations can be encountered in the event of changes in the boundaries of land in use, which have occurred in the field and have not been entered into the Land and Property Register documentation.

The basis for the proper disbursement of Community funds is an efficiently operating system for land parcel identification, which should contain accurate, reliable and up-to-date data concerning agricultural land, and the eligible area of agricultural land should correspond to the actual area. Therefore, a very important aspect of the proper system operation is served by the timeliness of data contained in the Land and Property Register as regards cadastral parcels (reference parcels) and land in use, and, in particular, those areas which, under the LPIS, are excluded from payments. In practice, it appeared that the data acquired from the Land and Property Register were often out-of-date due to the changes continuously occurring in the spatial arrangements of land resulting from the performed divisions, consolidations, property sale and purchase transactions, or investment processes. For example, a completed process of land consolidation results in a change in the value of land eligible for payment for all parcels within the district. Therefore, it was decided that the best and generally available source for the performance of measurements of the area, and the interpretation as regards land development and use, is a digital orthophoto, which is a basic data source for the performance of measurements and a complex assessment of the eligible area within the reference parcel. The use of an orthophoto to determine the maximum possible area eligible for payment also arises directly from the Community regulations. On the other hand, data from the Land and Property Register will only be used in the field of identification and spatial location of an agricultural parcel (a unique identifier of a cadastral parcel) and the total area of the cadastral parcel.

LPIS operates using GIS technology (Sagris et al., 2008; Grandgirard and Zielinski, 2008; Inan et al., 2010; Sagris et al., 2013). An advantage of the GIS is the possibility to verify whether the parcel declared for payment actually exists and is located in the areas eligible for payments, or whether the area of an agricultural parcel located within a particular cadastral parcel exceeds the area eligible for payments. Such an approach enables the identification of the causes of the discrepancies found and the solution of problems related to the verification of the data provided by the beneficiary against the data contained in the system.

In 2016, 44 declared national and regional LPISs operated in 28 Member States. They were based either on one type of a reference parcel (93% of LPISs) or on more than one type of a reference area, which particularly concerns the countries such as Germany or Belgium (7% of LPISs). Reference parcels are agricultural areas, which are identified based on a unique number. European LPIS databases contain over 135 million reference parcels divided into five models, which include an agricultural parcel, a cadastral parcel, a farmers' block, a physical block and a topographical block. The selection of a reference parcel model in individual countries is determined by numerous factors, including historical background and the natural, cultural, social and economic determinants as well as the adopted legal and technological solutions as regards the operation of IACS. The adopted local agricultural practices are also of significance when selecting a parcel model (Figure 1).

Most LPISs are based on models of parcels, which reference area is determined on the basis of either crop boundaries or invariable field elements, e.g. roads or hedges. The LPISs based on the cadastre have specific problems due to the different philosophy of the cadastral parcel (based on ownership) compared to the other LPIS reference parcels (based on land use) (Kay and Milenov, 2006).

In the analysed period of 2006–2016, the dominant type of a reference parcel in the EU Member States and regions was the physical block (Figure 2), regarded as easy-to-update compared to, for example, a cadastral parcel. This is due to the fact that the reference area of the physical block is based on boundary lines represented in the field by land development structures with no account taken of the legal status, restrictions or obligations.


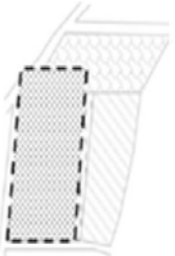
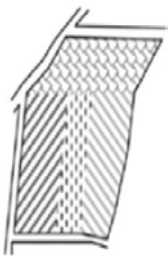
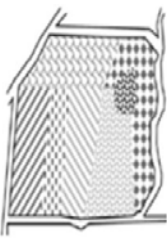
	Agricultural parcel (AP)	Cadastral parcel (CP)	Farmer's Block (FB)	Physical block (PB)/ topographical block (TB)
				
main features	- single crop group - single farmer	- one or more crop groups - one or more farmers - based on ownership	- one or more crop groups - single farmer - no natural boundaries	- one or more crop groups - one or more farmers - area bordered by certain features (ditches, walls, hedges, etc.)
main data source	farmer's application	cadastre, land registers	farmer's application	administrative classification

Figure 1: Characteristics of reference parcel models. Source: own elaboration based on European Court of Auditors and European Commission (JRC) 2016.

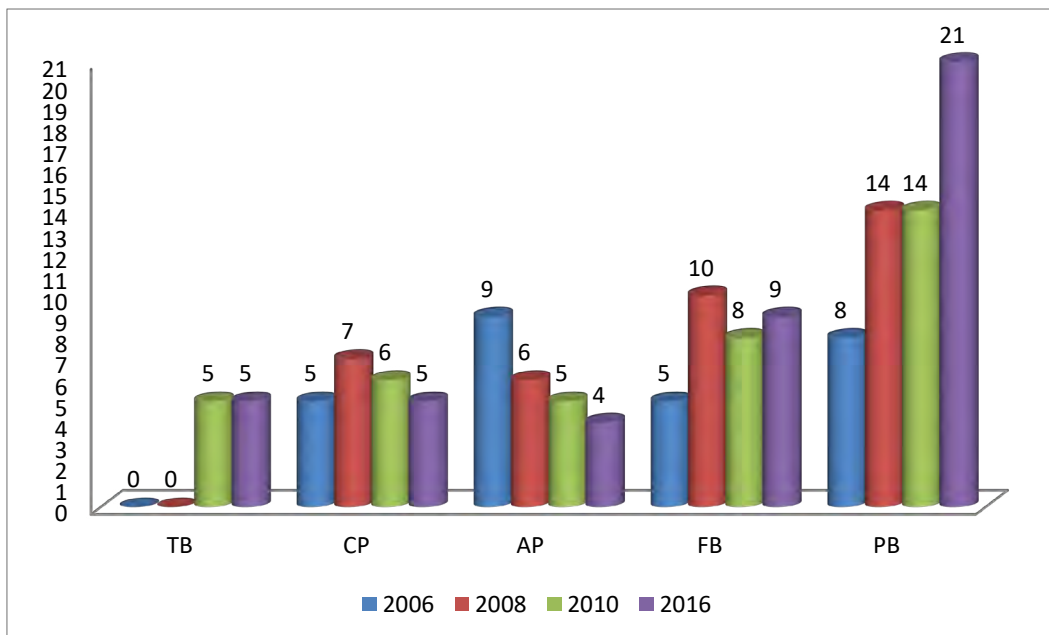


Figure 2: The number of particular reference parcels selected by EU Member States and regions in the year 2006–2016 (Source: own elaboration).

Figure 3 presents the average percentage of particular models of reference parcels declared by the Member States and regions in the years 2006–2016.

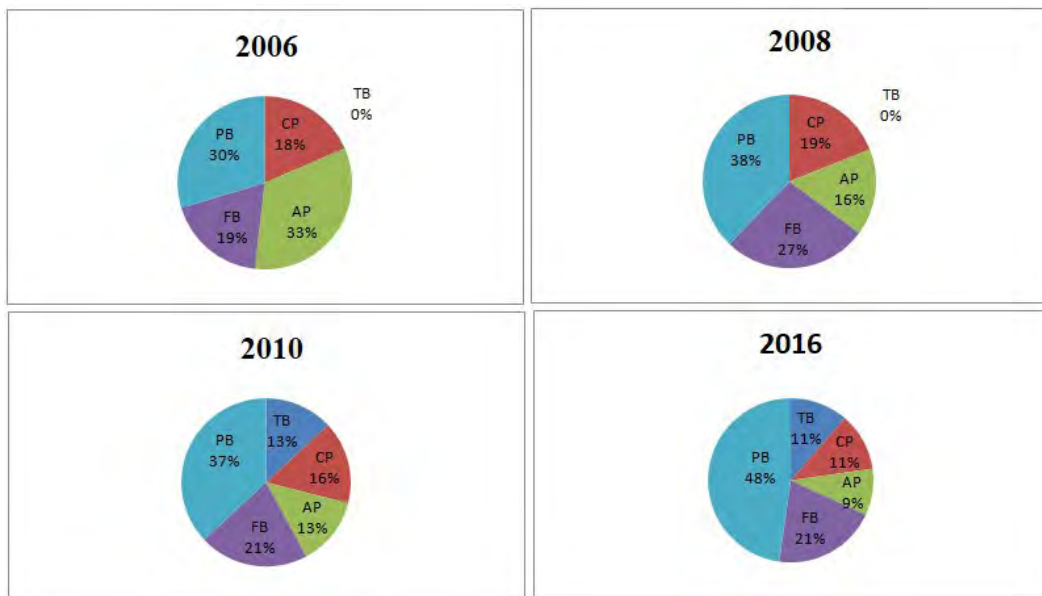


Figure 3: The number of particular reference parcels selected by EU Member States and regions in the year 2006–2016. Source: own elaboration

In 2006, 22 Member States declared 27 LPISs based on four models of reference parcels. Due to regional divisions in Belgium, Germany or Great Britain, at least one type of reference parcel is used in these countries. The dominant models of a reference parcel in the study period were an agricultural parcel and a physical block. In 2008, 24 Member States recognised the physical block and the farmers’ block as the most suitable type of a reference parcel in the 32 declared LPISs. Mixed-type systems of reference parcels can be found in six Member States, these are Belgium, Germany, Estonia, Latvia and Malta. In Slovenia, the LPIS system used to be based on a farmer’s block divided by land use (GERK). In 2008, changes were noted in the types of reference parcels declared in 2006. Countries and regions, including Belgium – Wallonia, Germany – Baden, Estonia, Ireland, Portugal and Sweden, decided to change the type of a reference parcel and introduced the most frequently used farmers’ block (57% of EU Member States and regions) and the physical block (29% of EU Member States and regions) under the LPISs (Figure 4). The most frequently changed type of a reference parcel was the agricultural parcel and the physical block.

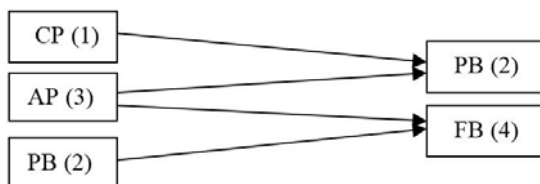


Figure 4: Changes in the types of reference parcels in LPIS systems in 2008. Source: own elaboration.

In 2010, bodies coordinating direct payments for the Member States indicated the physical block and the farmers’ block as the dominant type of a reference parcel in 38 declared LPISs based on 5 parcel models.

It must be added, however, that interest in the physical block has been systematically increasing since 2006 and the farmers' block enjoys a permanent, approx. 20% popularity index in relation to the other types of a reference parcel. In the study period, countries such as Estonia, Ireland, Latvia and Malta, decided to further change the type of reference parcel. The most frequently changed type of a reference parcel was the farmers' block (Figure 5).

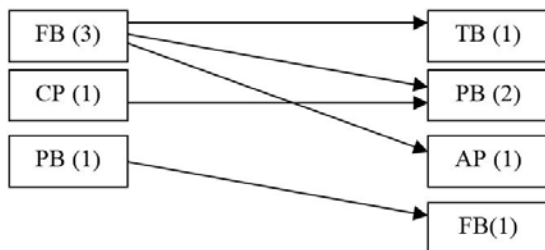


Figure 5: Changes in types of reference parcels in LPIS systems in 2010. Source: own elaboration.

In the period 2010–2016, Austria, Luxembourg and Slovenia declared a change regarding the type of reference parcel within LPIS. Austrian LPIS had previously been based on the cadastre, and Luxembourg used to have agricultural parcel. Both countries decided to switch to the physical block model. The reference database of the LPIS in Slovenia had been based on the farmer's block divided by land use (GERK) since 2005. Some changes were introduced in October 2014, when Slovenia decided to change the existing reference parcel type into to a farmer's block. The other EU Member States and regions have not changed their decisions regarding the previously declared model of a reference parcel within LPISs.

4 CONCLUSIONS

Since 2006, the most commonly used reference parcel within LPISs in the EU Member States has been the physical block. In 2016, almost 50% of European LPISs operated on databases based on the physical block. It is the most generalised reference object to be used, but it is rather stable in time and simple to update. MS also used farmers' blocks as reference parcels. Their choice might be more appropriate, from the point of view of facilitating the administrative cross-check, but it is more complex and time-consuming regarding the LPIS update as found by Kay and Milenov (2006).

In the countries such as Poland, Cyprus, Germany (state of Rhineland-Palatinate), Spain, Italy and Malta, LPIS databases have invariably been based on the Land and Property Register (a cadastral parcel) since 2006. This concept account for 11% of the total number of all LPIS databases in Europe. None of the EU Member States or regions, which changed the declared model of a reference parcel in the study period, selected a cadastral parcel model as a new type of a LPIS reference layer. The current predominance of LPISs based on the physical block is a premise for a transition from the current reference models operating in the EU, including in Poland, to the dominant models. Future studies should primarily focus on the analysis of the statistical data that would illustrate:

- the number of new reference parcels following the change of the model,
- the difference between the numbers of reference parcels prior to, and following, the change of the model,

- the number of agricultural producers affected by a particular change, including the producers, whose number of reference parcels would change.

Furthermore, research should also focus on the analysis of the impact, when changing the reference parcel models, on the form of claims for funding in a particular Member State. The potential re-definition of the reference layers of the LPISs should consider also the number of changes required in the national legislation and as regards the number of organisational and technical measures (inter alia the effect of the change on geospatial data, including their update) and procedures implemented by bodies responsible for the development and maintenance of the reference layers of the LPISs. The results of the proposed research are important when making decisions related to the reasonableness of a LPIS change in a country, including in Poland.

Literature and references:

- Act of 17 May 1989 Geodetic and Cartographic Law (in Polish).
- European Commission (2014). Europeans, agriculture and the Common Agricultural Policy (CAP).
- European Court of Auditors (2016). The LPIS: a useful tool to determine the eligibility of agricultural land – but its management could be further improved. Special Report.
- Grandgirard, D., Zielinski, R. (2008). LPIS. Anomalies' Sampling and Spatial Pattern. Towards convergence of ecological methodologies and GIS technologies. Ispra, Italy: European Commission JRC.
- Inan, H. I., Sagris, V., Devos, W., Milenov, P., Oosterom, P., Zevenbergen, J. (2010). Data model for the collaboration between land administration systems and agricultural land parcel identification systems. *Journal of Environmental Management*, 91 (12), 2440–2454. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.06.030>
- JRC DS – Mars CAPland. (2017). Provisional MTS results: some thoughts of the qualities of a reference parcel in the GSAA world. IACS workshop, May 29–31, 2017, Ghent, Belgium.
- Kay, S., Milenov, P. (2006). Status of the implementation of LPIS in the EU Member States. In: *Geographical Information in Support of the CAP. Proceedings of the 12th MARS PAC Annual Conference*, Toulouse, November 27–29, 2006.
- Lemmen, Ch. (2012). A Domain Model for Land Administration. Doctoral Dissertation. ITC, Delft, The Netherlands: NCG, KNAW, 244 p.
- Montaghi, A., Larsen, R., Greve, M. H. (2013). Accuracy assessment measures for image segmentation goodness of the LPIS in Denmark. *Remote Sensing Letters*, 4 (10), 946–955. DOI: <https://doi.org/10.1080/2150704x.2013.817709>
- Regulation (EU) No 1306/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013 on the financing, management and monitoring of the common agricultural policy and repealing Council Regulations (EEC) No 352/78, (EC) No 165/94, (EC) No 2799/98, (EC) No 814/2000, (EC) No 1290/2005 and (EC) No 485/2008.
- Regulation (EU) No 1307/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013 establishing rules for direct payments to farmers under support schemes within the framework of the common agricultural policy and repealing Council Regulation (EC) No 637/2008 and Council Regulation (EC) No 73/2009.
- Regulation of 29 March 2001 on the Land and Property Register, in Polish.
- Sagris, V., Devos, W., Milenov, P., Kay, S. (2008). New Evidence of Land Management in the Frame of CAP: Needs for Standardization. FIG Working Week 2008, June 14–19, 2008, Stockholm, Sweden.
- Sagris, V., Wojda, P., Milenov, P., Devos, W. (2013). The harmonised data model for assessing Land Parcel Identification Systems compliance with requirements of direct aid and agri-environmental schemes of the CAP. *Journal of Environmental Management*, 118, 40–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.12.019>
- Zdravec, M., Žalik, B. (2009). A geometric and topological system for supporting agricultural subsidies in Slovenia. *Computers and Electronics in Agriculture*, 69 (1), 92–99. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2009.07.010>
- Zygmunt, M., Siejka, M., Ślusarski, M., Siejka, Z., Piech, I., Bacior, S. (2014). Database inconsistency errors correction, on example of LPIS databases in Poland. *Survey Review*, 47 (343), 256–264. DOI: <https://doi.org/10.1179/1752270614y.0000000134>



Trystuła A., Konieczna J. (2018). Land Parcel Management System in Poland and a case study of EU member states. *Geodetski vestnik*, 62 (4), 630–640. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.630-640>

Agnieszka Trystuła, Ph.D.

University of Warmia and Mazury
Faculty of Geodesy, Geospatial and Civil Engineering
Prawochenskigo Str. 15, 10-720 Olsztyn, Poland
e-mail: agnieszka.trystula@uwm.edu.pl

Jadwiga Konieczna, Ph.D.

University of Warmia and Mazury
Faculty of Geodesy, Geospatial and Civil Engineering
Prawochenskigo Str. 15, 10-720 Olsztyn, Poland
e-mail: jadwiga.konieczna@uwm.edu.pl

PRISTOP GIS ZA IZDELAVO IN PREDSTAVITEV NAČRTA UREDITVE INFRASTRUKTURE KOMASACIJSKEGA OBMOČJA NA ČEŠKEM

GIS APPROACH TO PUBLISHING COMMON FACILITIES PLANS OF LAND CONSOLIDATION IN THE CZECH REPUBLIC

Arnošt Müller

UDK: 347.238.2:528.44:63(437.3)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.03
Prispelo: 29. 11. 2017
Sprejeto: 3. 12. 2018

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.64-656>
REVIEW ARTICLE
Received: 29. 11. 2017
Accepted: 3. 12. 2018

IZVLEČEK

V članku je predstavljen postopek komasacije, s poudarkom na uporabi geografskih informacijskih sistemov (GIS), na Češkem. V primerjavi z zahodnoevropskimi državami so sodobne komasacije v državah Srednje Evrope novost, kar pomeni, da ni stalnega razvoja oziroma preteklih izkušenj, na katerih bi gradili. To pa prinaša tudi priložnosti za uvajanje sodobnih pristopov, kot je vključitev GIS-rešitev v sam postopek komasacije. Načrtovanje komasacij na Češkem je praviloma izvedeno s programsko opremo CAD, v prispevku pa je predstavljena možnost uporabe GIS pri komasacijah, pri čemer je posebej izpostavljen pomen standardizacije podatkov. Standardizacija omogoča samodejno obdelavo podatkov in tudi njihovo veliko enostavnejšo predstavitev. V ta namen je predlagan objektno usmerjen podatkovni model za komasacijski načrt, ki vključuje načrt infrastrukturne ureditve (angl. common facility plan). Predlagani podatkovni model omogoča shranjevanje takšnega načrta v središčni podatkovni zbirki GIS. Podatkovni model, skupaj s standardizacijo, je predlog arhitekture novega GIS (geoportala) ureditvenih načrtov komasacijskih območij.

KLJUČNE BESEDE

geografski informacijski sistem, GIS, komasacije, komasacijski načrt, standardizacija, geoportala, prostorski podatki

ABSTRACT

This paper introduces the process of land consolidation and current use of geographic information systems (GIS) in the Czech Republic. Contemporary land consolidation in the Central European region, unlike Western Europe, has been implemented relatively recently, hence there is no contingency or previous experience to build upon. This brings about an opportunity for a modern design of GIS-based land consolidation. Although the design of land consolidation projects in the Czech Republic is mainly conducted in CAD software, this paper focuses on the utilisation of GIS and stresses the importance of standardisation of land consolidation data. Standardisation allows automatic processing of data as well as effortless publishing. The author proposes a new object-oriented data model of the landscape plan (Common Facilities Plan), which allows for the storing of such plans in a central spatial database and adding attribute information to each object, thus providing analysis of the data in a GIS. The data model alongside data standardisation lays the groundwork for the architectural proposal of a new GIS (geoportals) of Common Facilities Plans.

KEY WORDS

geographic information system, GIS, land consolidation, common facilities plan, standardisation, geoportals, geospatial data

1 INTRODUCTION

The simple definition of land consolidation is quite narrow: “Land consolidation provide the tools for reallocation of parcels in order to remove the effects of fragmentation” (FAO, 2013). However, land consolidation has been associated with broader social and economic aspects, mainly to support the productivity of farmers. At present, land consolidation includes a wide range of rural development objectives, ranging from agricultural improvement to landscape development and protection, which can be summarized under the term “spatial planning” or “integrated rural development” (Molen and Lemmen, 2005). Land consolidation consist of two main components: land reallocation and spatial planning (Thomas, 2006). Land reallocation involves the rearrangement of the land tenure structure in terms of parcels (size, shape and location) and rights of landowners. Spatial planning involves the design and realisation of the necessary infrastructure, such as: roads, irrigation systems, drainage systems, environmental management measures, soil conservation measures, etc. altogether known as “common facilities”.

Land consolidation in Western Europe has a long history dating more than 100 years ago, while the tradition in Central and Eastern Europe is relatively new: the “first wave” began after 1989 with the privatisation of collective farms. The second wave consisting of integrated rural development is in fact happening now (Hartvigsten, 2015). In his study for the Food and Agriculture Organization of United Nations, Hartvigsten (2015) categorizes the Central and Eastern European countries according to their experiences with land consolidation. In the advanced group are countries with ongoing land consolidation programmes, such as Slovenia, Czech Republic, Poland, Slovakia, Lithuania and Eastern Germany.

An important progress in land consolidation field in the most Western European countries are land banks. They have developed the institute of land bank during the last two decades. Land banking allows the state to buy parcels for future development of public measures or use in the land consolidation process. More about this process is to be found in the document “The design of land consolidation pilot projects in Central and Eastern Europe” (FAO, 2013).

This article describes the state of the art land consolidation in the Czech Republic. Since the process of land consolidation in the Central European region is relatively new, it brings about new opportunities for managing land consolidation data. Although the design of land consolidation in the Czech Republic is mainly conducted in CAD software, the paper focuses on the utilisation of geographic information systems (GIS) in this process and stresses the importance of standardisation of land consolidation data. The purpose of this article is therefore to introduce the methodology and design of a new approach to this process using GIS in order to publish the land consolidation outcomes to the public in an interactive manner – using a geoportal.

1.1 Land Consolidation in the Czech Republic

Land consolidation in the Czech Republic is administered by the State Land Office (SLO), an executive agency under the Ministry of Agriculture, according to the Act No. 139/2002 Coll. on Land Consolidation and Land Offices. SLO controls a network of 13 regional and 64 district Land Offices. Land consolidation in the Czech Republic is perceived as a multidimensional instrument for landscape planning. It has been primarily used for plot reallocation, however it currently fulfils additional important roles such

as improving transportation infrastructure, water management and nature protection. Environmental conditions have been given increased priority over the last 10 years. Land consolidation allows for changes in land use patterns especially in areas endangered by soil erosion, frequent floods and droughts.

There are simple and comprehensive (in Czech “complex”) land consolidation processes in the Czech Republic. Comprehensive land consolidation is versatile, it always includes the Common Facilities Plan and occupies larger areas. On the other hand, simple land consolidation focuses on particular issues, like reallocation or ecological measures. The spatial extent of simple land consolidation is site specific (local) and the Common Facilities Plan is not compulsory. Both simple and complex land consolidations are managed by the SLO. There is no voluntary approach to land consolidation so far in the Czech Republic unlike in other western European countries, such as in Netherlands.

The extent of land consolidation traces cadastral units (excluding built-up areas) or watershed units (see hydrological studies in section 2.2). Every year, SLO initiates approximately 200 land consolidation processes. The overview map in Figure 1 shows all finished comprehensive processes in the Czech Republic between 1990 and 2017. Almost 30 % of all cadastral units have been consolidated so far.

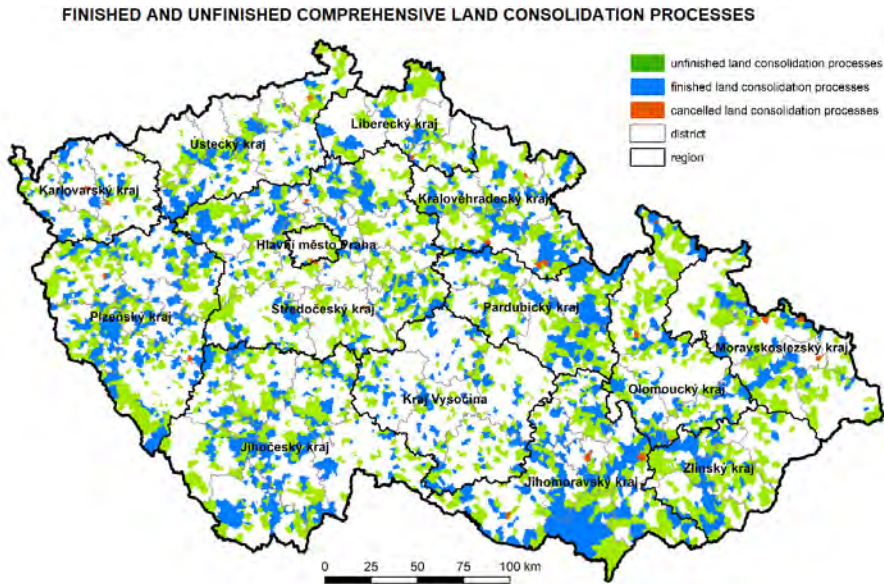


Figure 1: Overview of Comprehensive Land Consolidation Processes Between 1990–2017 (Source: SLO).

According to Act No. 503/2012 Coll. about the State Land Office, SLO is the Office obligated to hold a certain amount of land area as a so called “reserve”. This land can also be used for land consolidation purposes. SLO also manages requests on land from other public authorities (ministries) for strategic developments (e.g. infrastructure). This reserve can be considered as the institute of land bank.

The land consolidation process consists of four phases, see Figure 2. The first three phases (Initial-Design) last, on average, 4-5 years. Realisation of common facilities depends on financial resources and other local circumstances. During the design phase, a series of plans and maps is created, among them the detailed consolidation plan of common facilities (Common Facilities Plan) and a new digital cadastral map.

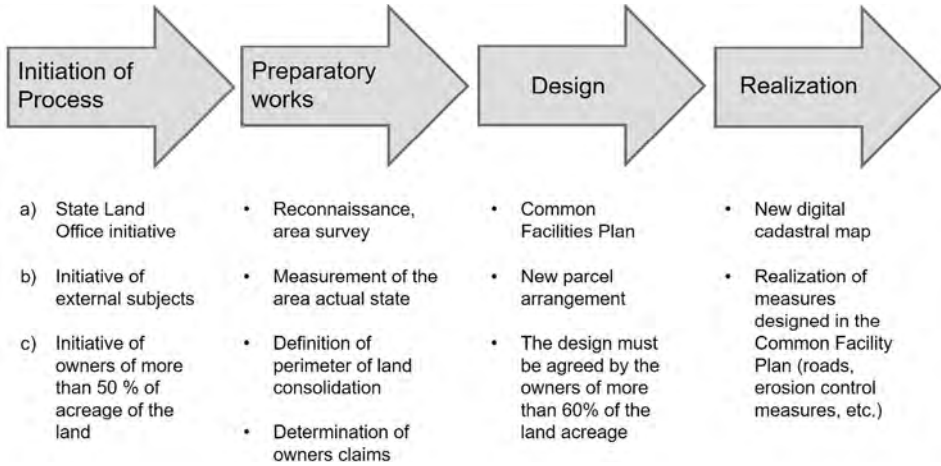


Figure 2: Phases of the Land Consolidation Process in the Czech Republic

1.2 Common Facilities Plan

The Common Facilities Plan (CFP) can be considered as a landscape plan, but in the Czech Republic this plan excludes built-up areas (which are the domain of urban planning) and usually excludes forests because another authority manages them. Common Facilities are, according to the Methodology for Executing Land Consolidation (SLO, 2017), divided into four groups: measures for land accessibility (field roads), soil erosion control measures (technical, agronomical, and organisational), water management measures and environmental measures (e.g. bio-corridors and bio-centres, which can be summarized under the term “green infrastructure”). CFP is one of the main outcomes of the design phase of land consolidation. An example of a section of such plan is displayed in Figure 3. Land consolidation process in the Czech Republic involves not only design, but also construction of those measures (depending on financial sources).

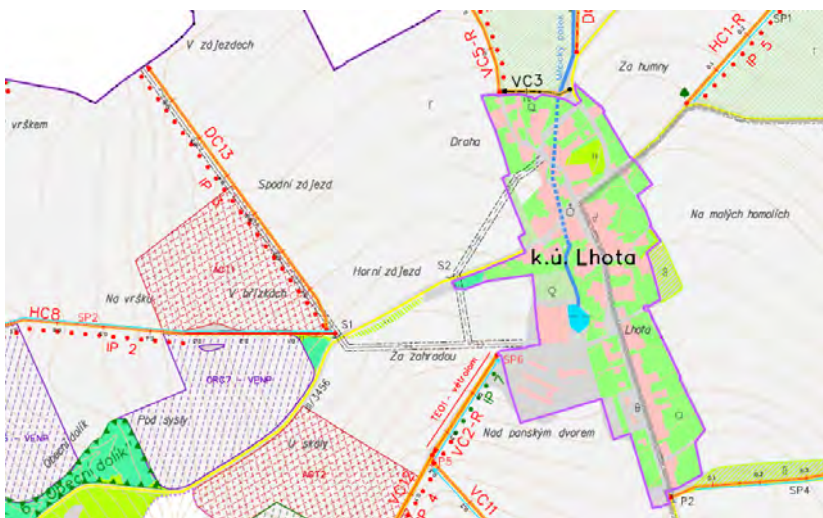


Figure 3: Section of CFP according the Technical Standard (Source: SLO, 2016).

Until now, CFP have been only published by the involved municipalities in analogue format and stored in archives of district Land Offices in various formats. Since the plan contains measures of public interest with high impact on the environment, it would be beneficial to publish those plans to the broad public.

1.3 New Digital Cadastral Map

The other important outcome of land consolidation at the end of the design phase is a new digital cadastral map (land re-allotment plan), which must be agreed on by at least 60% of the acreage of involved owners. It comes into force by recording in the Cadastre of Real Estates.

2 CURRENT GIS APPROACHES TO LAND CONSOLIDATION

Unfortunately, there are not many articles on the topic of GIS and land consolidation in scientific literature. This is due to the type of software used in land consolidation, which historically used to be CAD, and the practices of the software designers and users. Molen and Lemmen (2005) point out the need for GIS tools in the land consolidation process. Such tools would improve the quality of projects (Molen and Lemmen, 2005).

In 2013, Springer published Demetriou's Ph.D. thesis called „The Development of an Integrated Planning and Decision Support System (IPDSS) for Land Consolidation“, which lists computation and decision supporting methods for land consolidation and proposes automated workflows and tools for GIS (Demetriou, 2014). Demetriou's thesis sets the groundwork for the use of GIS during the design and evaluation of plot re-allotment of land consolidation.

In the Czech Republic, GIS on the other hand is used for partial analysis during the initial, preparatory, and design phases. Plot re-allotment is currently still conducted solely in CAD. Current applications of GIS are further described in the following sections 2.1–2.4.

In Slovakia, Leitmanová proposed data infrastructure for the implementation of information system of land consolidation (Leitmanová et al., 2013). She categorized all datasets associated with land consolidation and published them in a case study in a form of a web map. However, she does not deal with the necessary data model of the actual land consolidation data (re-allotment plan nor the Common Facilities Plan).

2.1 Master Plan of Landscape Water Management

The Czech Republic is facing challenges such as climate change, as illustrated in Figure 4. Climate change causes droughts and flash floods which leads to increased soil erosion, thus negatively impacting soil.

The State Land Office responds to these challenges through land consolidation and with „Master Plan of Landscape Water Management“, which identifies the most vulnerable locations and seeks new technical, economical, and legislative solutions. The first outcome of this project is displayed in Figure 5. A multiple criteria analysis identified the most vulnerable cadastral units threatened by drought and flash floods. This analysis shows that 50 % of agricultural land faces threats above the average. The State Land Office can aim land consolidation measures primarily to these areas. More information about this project and particular criteria used are to be found in the FIG article of the month (Pavlik et al., 2017).

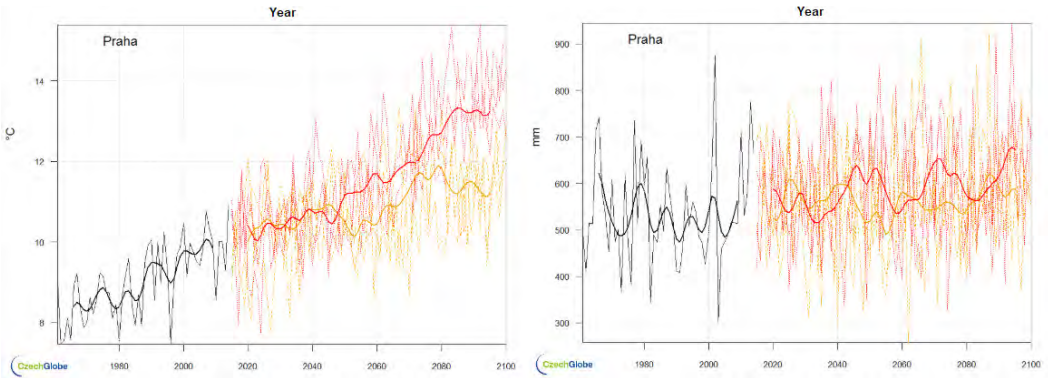


Figure 4: Time Series and Prediction of Mean Air Temperature (left) and mean precipitation (right) (Source: CzechGlobe, klimatickazmena.cz).

DROUGHT AND FLOODS VULNERABILITY OF THE CZECH REPUBLIC

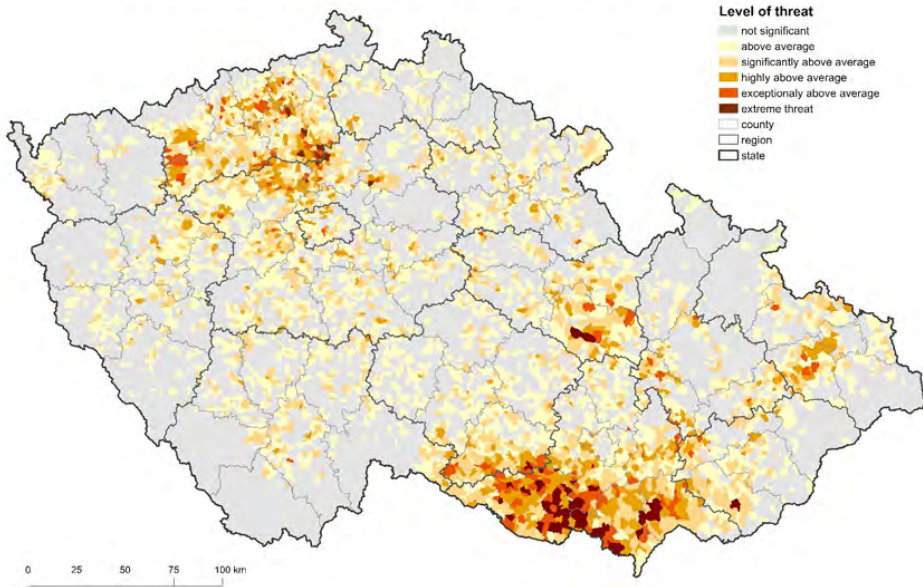


Figure 5: Multiple Criteria Analysis in GIS Showing the Most Threatened Areas by Drought and Flash Floods (Source: SLO, CzechGlobe).

2.2 Hydrological Studies

The State Land Office conducts hydrological studies in morphologically complex areas typically during the initial phase of the land consolidation process. These studies identify soil erosion and water runoff conditions (watershed), which help to define a meaningful perimeter of the area of land consolidation and propose necessary water management and soil erosion control measures. Most of these studies are conducted in GIS, one example of such study is shown in Figure 6.

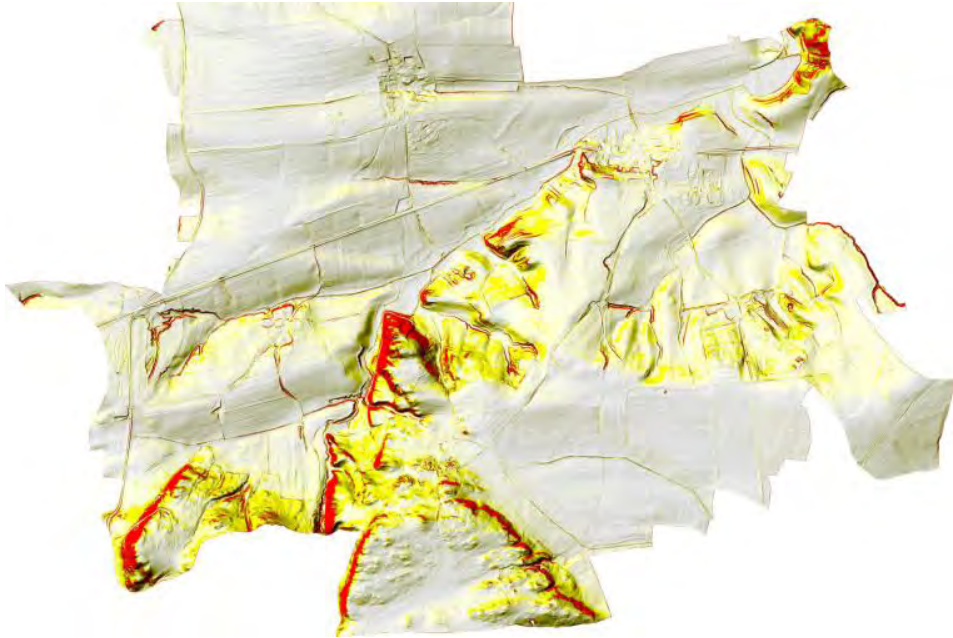


Figure 6: Example of Hydrological Study of Water Runoff Conditions Based on Digital Elevation Model (Source: <http://www.gservis.cz/reference-geologie>).

2.3 Soil Erosion Analysis

Soil erosion analysis is calculated twice in GIS using the Universal Soil Loss Equation (Wischmeier and Smith, 1978) during land consolidation: prior to and after the design of common facilities. The design of common facilities includes various soil erosion control measures; an example of potential soil loss on agricultural blocks is displayed in Figure 7. The Research Institute for Soil and Water Conservation published two methodologies in 2014 that focus on the use of GIS in calculating simulation models and the design of technical soil control measures (Kadlec, 2014). The Institute also publishes a series of maps (e.g. potential water erosion, potential wind erosion, monitoring of actual erosion events etc.) in the geoportal <http://mapy.vumop.cz/>; see example in Figure 8.

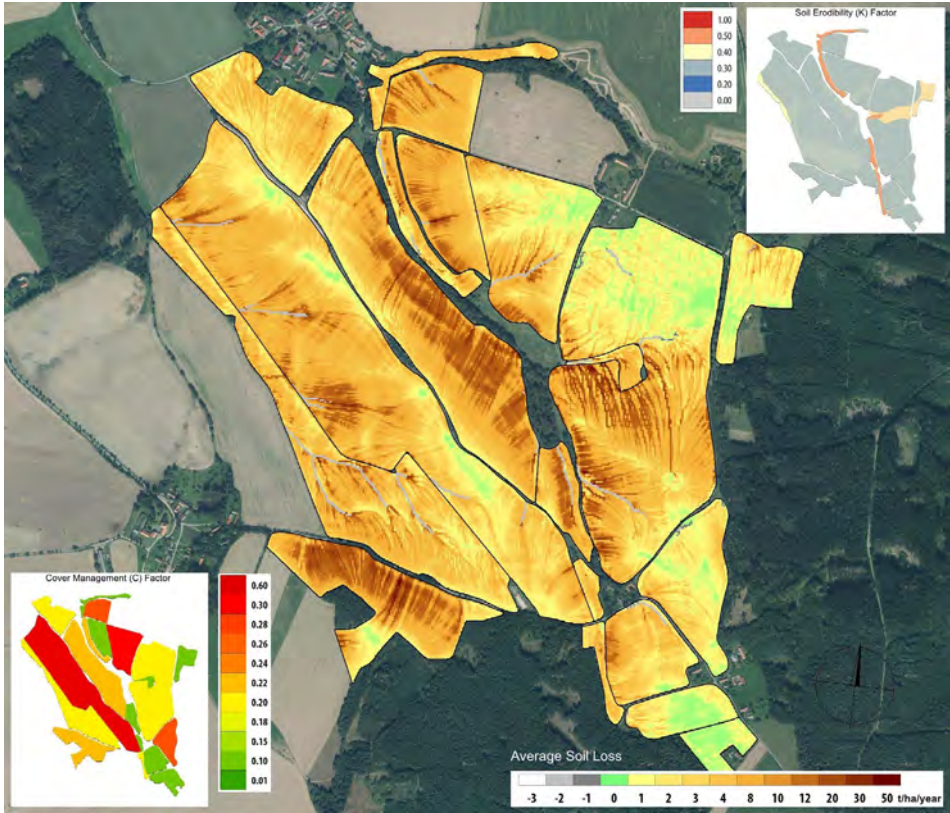


Figure 7: Example of Soil Erosion Analysis (Average Soil Loss) Calculated in Software Atlas DMT (Source: atlasldt.cz).

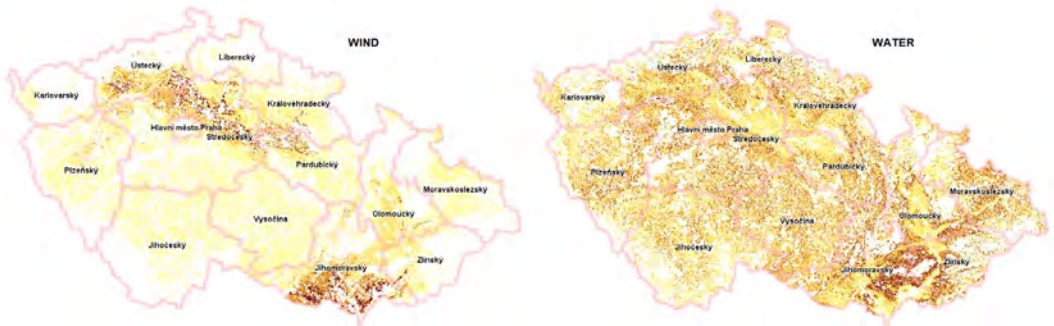


Figure 8: Left: Potential Areas Threatened by Wind Erosion, right: Long Term Average Soil Loss (USLE Equation) (Source: mapy.vumop.cz).

2.4 Drought Monitoring System

The State Land Office funds a unique system for drought monitoring called “Intersucho”. Drought monitoring is the key tool for supporting agricultural production, business and political decisions. The development of the system has been based on the latest knowledge in the fields like agro-meteorology

and bioclimatology. The goal of the system is to help farmers, horticulture industries, and foresters as well as municipalities and water management companies. The system is based on a network of ground stations and satellite images with the support of local correspondents. Drought monitoring results are provided every week for the Czech and Slovak Republic, and on a smaller scale, for Central Europe. The system provides predictions for one month ahead as well. Figure 9 displays thematic maps of drought intensity (weekly average deviation from the average condition in 1961-2010) based on the thickness of soil layer.

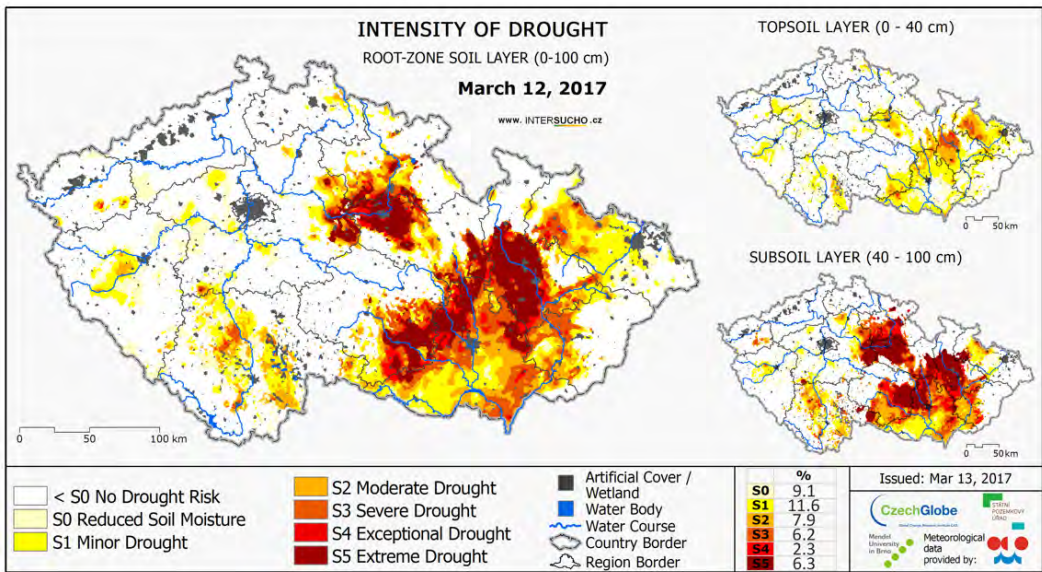


Figure 9: Example of Outcomes of the Intersucho Monitoring System (Source: intersucho.cz).

3 SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE OF LAND CONSOLIDATION DATA

While the application of GIS for terrain assessment (in particular soil erosion) during the initial phase of the land consolidation process is already common, broader use of GIS in land management is currently an important challenge for the State Land Office. The state of the art land consolidation data processing in the Czech Republic, its current needs and future aims regarding management of spatial data have been evaluated. The main motivation of the SLO is to publish land consolidation data – Common Facilities Plans on the Internet using a geoportal.

3.1 Standardisation of Land Consolidation Data

3.1.1 Standardisation of the Re-allotment Plan

In 2001, the Information System of the Cadastre of Real Estate was introduced by the State Administration of Land Surveying and Cadastre and digital cadastral maps were standardized and provided in exchange TXT format. While this TXT format representing the cadastral map contains geometry and attribute information regarding final ownership structure of the re-allotment plan, detailed attribute

information of the re-allotment process (such as claims and gains of each owner involved in the process) is stored in a separate XML file, which has been developed and put into practice by the SLO since 2012. The new exchange format is an open standard and includes various data integrity and logical checks described in the XSD schema.

The XML file is used together with the cadastral TXT file to exchange data between SLO and its contractors throughout the first three phases of the land consolidation process. At present, land consolidation data is created in CAD software by the contractor, handed over to the Office in the new XML exchange format and validated there in CAD software, as displayed in Figure 10. Since the final re-allotment plan is later on displayed in the form of a new digital cadastral map in the geoportal of the cadastre (State Administration of Land Surveying and Cadastre), there is no need to further standardize, nor publish this data by the SLO.

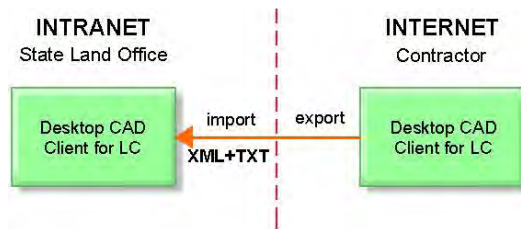


Figure 10: Land Consolidation Data Exchange and Processing at Present Using CAD Desktop Clients.

3.1.2 Standardisation of the Common Facilities Plan

From 1990 until 2010, Common Facilities Plans had been handed over from contractors to the SLO in various forms and formats such as paper maps, PDF, and CAD drawings as shown in Figure 11. In 2010, the Technical Standard of the Documentation of Common Facilities Plan was published, which unified the content and visualisation of the plan (SLO, 2016). This standardisation allowed for the semiautomatic processing of plans created in CAD into a spatial database as shown in fig. 11. From 2016 until 2018, the State Land Office ran a project on consolidating historical data into a single database, as illustrated in Figure 11. This process included scanning, georeferencing, vectorisation, adding attribute information, and data validation.

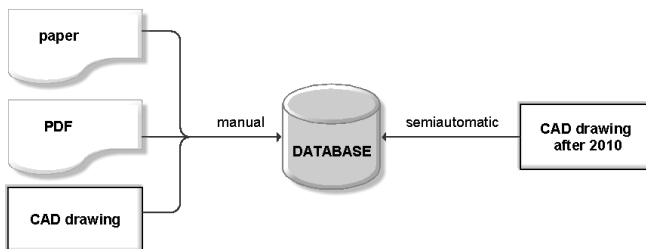


Figure 11: Consolidation of Historical CFP into a Single Spatial Database.

Since 2012, Common Facility Plans have been stored within the new data exchange format based on XML. The format bridges the gap between drafting software (CAD) and geographic information

systems (GIS). More information about standardisation of land consolidation data can be found in Müller (2015).

In 2016, the Common Facilities Plan (CFP) was enriched by compulsory technical attributes, which need to be filled out by contractors. These attributes are stored within individual objects of CFP in the XML format. This new data model is object-oriented and thus the data becomes a solid groundwork for a future GIS, which is described in section 3.3. Data standardisation using the complex XML format allows for fully automatic importing and processing of CFP into a single spatial database (illustrated in Figure 12).

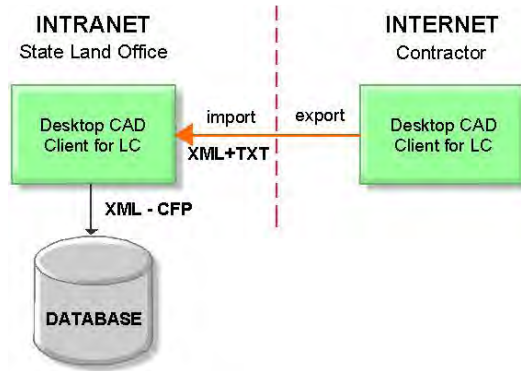


Figure 12: Importing Current CFP into a Single Spatial Database Using the XML format.

3.2 Proposal of the New Data Model of Common Facilities Plan

The first step in designing GIS should be modelling of (spatial) data, because data is the groundwork of every information system. Conceptual schema represents a unified view of substantial object classes. Object classes are divided based on their type of geometry, common attributes and relationships (associations). Conceptual schema describes what the information system is about and how it should be implemented. The proposed conceptual schema of the Common Facilities Plan in Figure 13 has been drawn in the UML notation.

As displayed in Figure 13, the Common Facilities Plan (CFP) consists of the Perimeter of LC class, the actual CFP class (designed measures) and the Realisations class (representing as built measures). The Perimeter of Land Consolidation class is related to the (boundary of) Cadastral Unit class – a cadastral unit may contain none or more perimeters of LC, while the perimeter of LC lies within at least one or more cadastral units. Attributes of individual object classes are described in table 1. The Realisations object class contains separate geometries (because, in reality, often only some part of the designed object is built; the geometry may therefore differ) and new attributes. Each object of the Realisation class (child) must have a relationship with the designed object within the CFP class (parent). Technical attributes of CFP class are filled by contractors in CAD software and transferred to SLO by the XML exchange format, while Realisation attributes are later on filled by the Office employees in a web GIS application, who may also create or modify the geometries of the Realisation features.

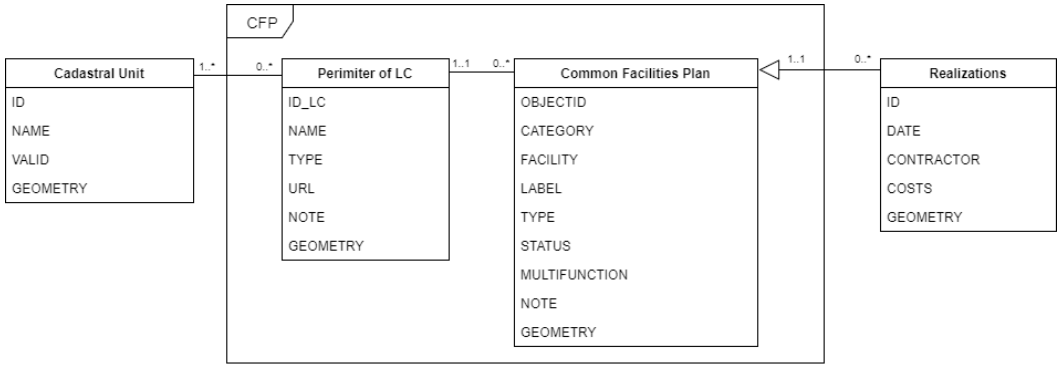


Figure 13: Conceptual Schema of the Common Facilities Plan

Table 1: Attributes of the Conceptual Schema

Attribute	Meaning
ID	Identification number (usually primary key)
NAME	Name of the object (cadastral unit / land consolidation)
VALID	Validity of the cadastral unit (valid/not valid – historical)
GEOMETRY	Geometry type (point, line, multi-line, polygon, multi-polygon)
TYPE	Type of LC (simple/comprehensive) / Type of CFP (often a code-list domain)
URL	URL link to the text documentation (technical report)
NOTE	Description regarding the individual object, its state, condition, location, etc.
CATEGORY	Category of CFP (Accessibility/Soil Erosion Control Measures/Water Management/ Environmental)
FACILITY	Facility type based on category (e.g. field road/wind barrier/erosion ditch/water reservoir, etc.)
LABEL	Label of the individual common facility object, related to technical report
STATUS	Status of the individual common facility object (existing/designed)
MULTIFUNCTION	Each object may fulfil multiple functions (code-list related to categories)
DATE	Date of realisation
CONTRACTOR	Name of the contractor
COSTS	Total costs incurred in the realisation

The conceptual schema is followed by a logical schema, which represents the actual implementation in a specific database system. It describes in more detail each attribute type, primary and foreign keys, geometry types and other data integrity constraints. However, the logical schema of the Common Facilities Plan is beyond the scope of this article.

3.3 Design Proposal of GIS of Land Consolidation

3.3.1 Methodology

The methodology of a new GIS system is based on the following steps (illustrated in Figure 14): current state analysis, identification of user requirements, synthesis, and the actual design.

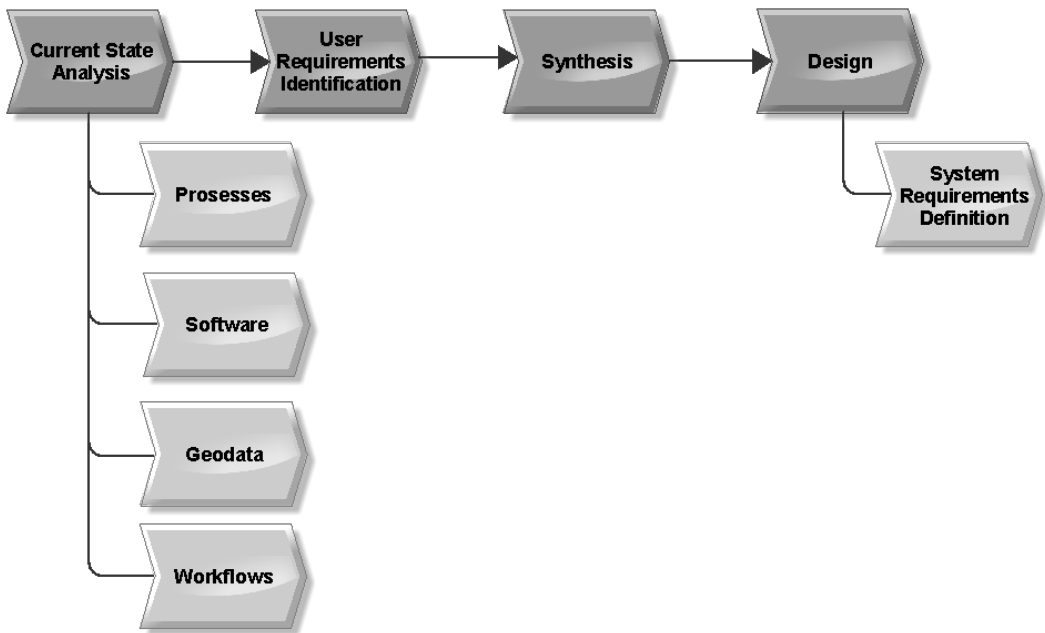


Figure 14: Methodology: Analysis and Design Workflow.

The current state analysis helps in understanding the business scope and needs, pain points, business processes affected, the stakeholders involved in these processes etc. The main purpose of the analysis is to present the “as is” state: the existing business processes, user workflows, software and geospatial data used in these workflows and processes. The sources for this analysis include legislation, external and internal directives of the organisation, technical documents, user manuals, and interviews with key users.

Interviews with key users help identify their needs and proposals on enhancements, i.e. requirements on the future system. Identified requirements were given priorities based on an on-line questionnaire, which was sent to all potential users within the Office (about 600 employees). The key part prior to the actual system design is synthesis. During this mental process, all inputs are put together based on common nature or common use: geodata, users, workflows, current and future software integration, and requirements. System design (future state) builds upon the synthesis and defines all system requirements, starting with basic architecture requirements up to the requirements on functionality.

3.3.2 Design

Thanks to the new data exchange format (XML) described in section 3.1, the CFP designed by contractors can be automatically imported into central spatial database including technical attributes (into the new data model described in section 3.2). This process is schematically shown in Figure 15 by orange arrows. Data stored within the database can be edited by both desktop (directly) and web GIS clients (indirectly using map server and services).

The system is designed following the Service Oriented Architecture (SOA) principle (client–server–database), representing three layers (presentation layer in green – application layer in blue or red – and

database layer in grey), as shown in Figure 15. The core of the system consists of a map server, web server and desktop client (admin). The map server publishes services, which are accessed by clients (desktop GIS editor, web client and external clients) through the web server. Map services can be consumed by various internal as well as external clients, based on security settings. In order to ensure data interoperability and software independency the system must support standardized map services according to the Open Geospatial Consortium (OGC) such as WMS, WMTS, WFS etc. shown by green lines in Figure 15.

The public part of the system (accessed on the Internet) depicted on the right side of Figure 15 – geoportals consists of a public web client (and in the future, a mobile client) and an interface for publishing geodata in the form of open data and open map services. These services can be consumed “back” within the contractors’ desktop CAD clients. Designers of land consolidation as well as architects of urban plans will thus have easy access to land consolidation data and will be able to connect their designs to adjacent areas with finished land consolidation. This proposal of systems architecture only accounts for viewing of spatial data by the public. User involvement (of participants, farmers, stakeholders and planners) during the design phase remains a future vision.

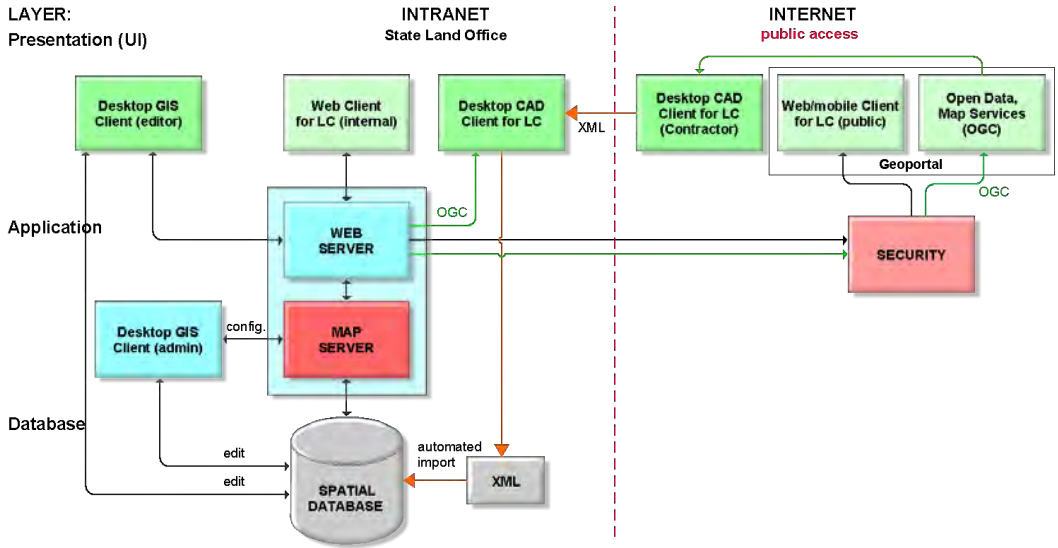


Figure 15: Architectural Proposal of GIS of Land Consolidation.

5 CONCLUSION

The paper introduced the state of the art land consolidation process in the Czech Republic and work on the design of a new geographic information system of land consolidation data. The design starts with the necessary data standardisation and consolidation of historical data (Common Facilities Plans), followed by the proposal of new object-oriented data model of CFP and design of a new system, which will allow effective processing and effortless sharing of data.

While historical CFP data have already been consolidated (between 2016–2018) and validated by the State Land Office (2018), the proposed GIS system is scheduled to be implemented between the

years 2019–2020. The system will provide central evidence of land consolidation data, thus enabling a comparison of Common Facilities Plans, analysis, and execution of spatial queries. Additionally, it will provide easy access to data for land owners, landscape planning experts, as well as the general public. The intention is to publish CFP data as open data besides the interactive web client provided within the geoportal. Publishing CFP data could bring higher transparency of investments in realisations of public measures (common facilities) as well as higher demand on land consolidation by land owners.

5.1 Future Vision

The future vision includes providing enhanced geospatial technologies to the participants of the land consolidation process, so participants could express their opinions or wishes regarding land consolidation design (re-allotment or CFP) using a web GIS client (geoportal). If one leaves out the internal desktop CAD client in Figure 15 and processes the XML land consolidation data solely on the server side, the XML could be uploaded by the contractor to the application server, validated automatically by a geoprocessing service and then inspected by the relevant employee of the State Land Office within a web client. However, this step would require sufficient bandwidth of the intranet network connection, sufficient performance of the map server, and programming all validation procedures of land consolidation data on the server side.

The proposed system will not only serve the aims of the land consolidation process, but will also support the management of state-owned agricultural land administered by the State Land Office (the reserve, which can be considered as a form of a land bank). This way all geodata will be easily accessible from one place and within one client, and ready to support decisions regarding selling, leasehold, exchange of state land, or providing state land for national strategic intentions and developments including the realisation of common facilities of land consolidation.

Literature and references:

- Demetriou, D. (2014). *The Development of an Integrated Planning and Decision Support System (IPDSS) for Land Consolidation*. Springer Verlag. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-02347-2>
- FAO (2003). *The design of land consolidation pilot projects in Central and Eastern Europe*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/docrep/006/Y4954E/y4954e00.htm>
- Hartvigsen, M. B. (2015). *Experiences with Land Consolidation and Land banking in Central and Eastern Europe after 1989*. Land Tenure Working Paper Series, no. 26. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 1–128. [http://vbn.aau.dk/en/publications/experiences-with-land-consolidation-and-land-banking-in-central-and-eastern-europe-after-1989\(60ad5cb3-eb18-4b45-8007-f01a63a23e07\).html](http://vbn.aau.dk/en/publications/experiences-with-land-consolidation-and-land-banking-in-central-and-eastern-europe-after-1989(60ad5cb3-eb18-4b45-8007-f01a63a23e07).html)
- Kadlec, V. (2014). *Navrhování technických protierozních opatření (= Design of Technical Soil Control Measures)*. Methodology. Prague: Research Institute for Soil and Water Conservation (VUMOP).
- Leitmanová, M., Muchová, Z., Středanská, A. (2013). *Concept of Information System for Land Consolidation Projects*. *Acta horticulturae et regioteecturae*, 16 (2), 40–43. DOI: <https://doi.org/10.2478/ahr-2013-0010>
- Metodický návod k provádění pozemkových úprav (= Methodology for Executing Land Consolidation). State Land Office (2017). http://www.spucr.cz/frontend/webroot/uploads/files/2016/02/technicky_standard_psz_20161721.pdf
- Molen, P., Lemmen, Ch. (2005). *Modern Land Consolidation, Multipurpose Approach for Sustainable Development*. GIM international. <https://www.gim-international.com/content/article/modern-land-consolidation>
- Müller, A. (2015). *Standardization of Land Consolidation Data in the Czech Republic*. In 15th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2015. Sofia: STEF92 Technology Ltd. (pp. 823–828). ISSN 1314–2704. ISBN 978–619–7105–34–6. <http://www.sgem.org/sgemlib/spip.php?article5694>
- Pavlík, F., Müller, A., Maradová, S., Gebhart, M. (2017). *Adaptation Measures for Climate Change in the Process of Land Consolidation*. International Federation of Surveyors (FIG): Article of the Month – January 2017. http://www.fig.net/resources/monthly_articles/2017/pavlik_et_al_january_2017.asp
- Technický standard dokumentace plánu společných zařízení v pozemkových úpravách (= Technical Standard of the Documentation of Common Facilities Plan in Land Consolidation). State Land Office (2016). <http://www.spucr.cz/uzemkovy-pravny-predpisy-a-metodiky/metodicky-navod-k-provadeni>

pozemkovych-uprav-a-technicky-standard-planu-spolecnych-zarizeni

Thomas, J. (2006). What's on regarding land consolidation in Europe? In Proceedings of the XXIII FIG Congress, Shaping the Change. Munich, Germany. http://www.fig.net/pub/fig2006/papers/ts80/ts80_03_thomas_0311.pdf

Wischmeier, W. H., Smith, D. D. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook No. 537. Washington, DC.:USDA/ Science and Education Administration, US. Govt. Printing Office.



Müller A. (2018). GIS approach to publishing common facilities plans of land consolidation in the Czech Republic. *Geodetski vestnik*, 62 (4), 641-656.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.64-656>

Ing. Arnost Muller

*Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering
Thakurova 7/2077, 166 29 Prague 6, Czech Republic
State Land Office of the Czech Republic
Husinecka 1024/11a, 130 00 Prague 3, Czech Republic
e-mail: a.muller@spucr.cz*

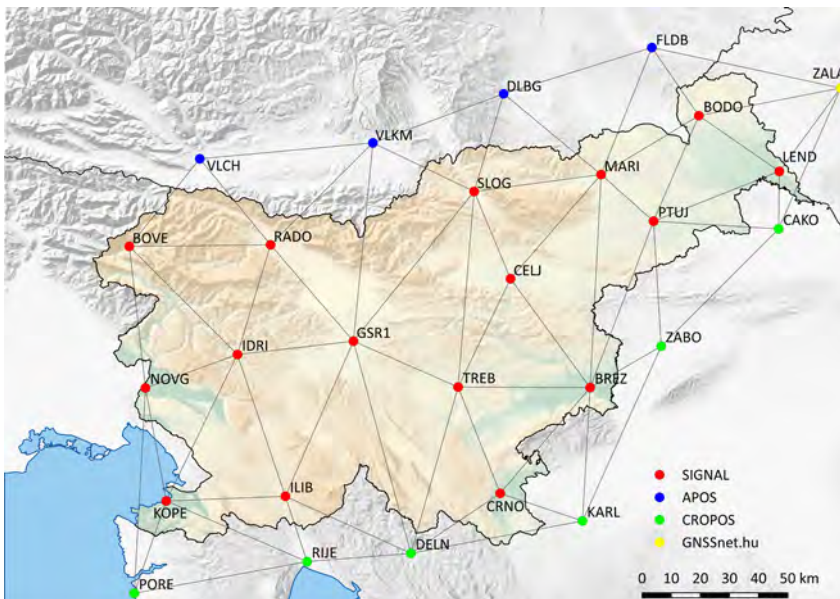
IZBOLJŠANJE DELOVANJA OMREŽJA SIGNAL OD LETA 2007

PERFORMANCE IMPROVEMENT OF THE SIGNAL NETWORK FROM 2007

Klemen Ritlop, Niko Fabiani, Katja Oven, Mihaela Triglav Čekada

1 UVOD

Z razmahom globalnih navigacijskih satelitskih sistemov (GNSS) se je končalo obdobje »klasičnih« geodetskih koordinatnih sistemov, ki so bili realizirani z astrogeodetskimi mrežami. Nadomestili so jih sodobni koordinatni sistemi, realizirani z omrežji stalno delujočih postaj GNSS (Stopar in Kuhar, 2001; Sterle in sod., 2009). V Sloveniji smo z vzpostavitvijo sodobnega koordinatnega sistema, ki temelji na tehnologiji GNSS, pričeli s prvimi EUREF GPS-izmerami v letih 1994–1996, leta 2000 pa se je začela izgradnja državnega omrežja stalno delujočih postaj GNSS, imenovanega SIGNAL, ki je postalo operativno 1. 1. 2007 (Radovan, 2007a in 2007b). Danes sestavlja jedro omrežja SIGNAL 16 stalno delujočih postaj. Za zagotovitev pokritosti celotnega ozemlja Slovenije je vanj dodatno vključenih še 11 tujih postaj (šest postaj hrvaškega omrežja CROPOS, štiri postaje avstrijskega omrežja APOS in ena postaja madžarskega omrežja GNSSnet.hu). Polno konfiguracijo omrežja tako sestavlja 27 stalno delujočih postaj GNSS (slika 1).



Slika 1: Polna konfiguracija omrežja SIGNAL od 1. 10. 2018.

Omrežje SIGNAL zagotavlja kakovostno realizacijo horizontalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema, ki je na voljo množičnim uporabnikom, obenem pa je, zaradi množične uporabe tehnologije GNSS v geodeziji, tudi najpogostejši način navezave na državni referenčni koordinatni sistem. Navezava v realnem času je omogočena s posredovanjem opazovanj GNSS posameznih referenčnih postaj oziroma uporabo mrežnih produktov VRS (angl. *virtual reference station*) in MAC (angl. *master-auxiliary concept*). Za naknadno obdelavo so na voljo opazovanja v obliki datotek RINEX, ki so shranjene v arhivu omrežja SIGNAL in jih lahko uporabniki naročijo prek portala RINEX (Režek, Perko in Fabiani, 2016).

Na podlagi navedenega lahko rečemo, da je omrežje SIGNAL eden izmed stebrov državne prostorske infrastrukture, zaradi česar mora biti njegovo delovanje kar se da nemoteno – zagotavljati mora opazovanja, storitve in produkte najvišje kakovosti. V službi za GNSS na Geodetskem inštitutu Slovenije se trudimo, da bi zagotovili čim bolj kakovostno in nemoteno delovanje omrežja, vendar to ni vedno mogoče. Zaradi različnih težav in (zunanjih) dejavnikov je v praksi nemogoče zagotoviti popolnoma nemoteno delovanje in nemoten dostop do njegovih storitev. Zato od začetka delovanja omrežja SIGNAL skrbno vodimo evidenco vseh težav v njegovem delovanju. V nadaljevanju članka je podan pregled evidentiranih težav v omrežju od 1. 1. 2007 (tj. od začetka operativnega delovanja omrežja) do 31. 12. 2017 in njihov vpliv na delovanje omrežja SIGNAL.

2 KONFIGURACIJA OMREŽJA SIGNAL

V primerjavi s sosednjimi omrežji stalno delujočih postaj GNSS (APOS 36, CROPOS 33 in GNSSnet.hu, 35 stalno delujočih postaj) lahko omrežje SIGNAL označimo za majhno, saj temelji na 16 stalno delujočih postajah. Kljub majhnosti pa gre za zapleten sistem strojne in programske opreme, sestavljen iz številnih komponent. Posamezna postaja omrežja SIGNAL je sestavljena iz (slika 2):

- sprejemnika GNSS in antene GNSS;
- telekomunikacijske opreme (modema in usmerjevalnika), ki zagotavlja povezavo sprejemnika s centrom službe za GNSS na Geodetskem inštitutu Slovenije;
- napajalne opreme (napajalnika in baterije sprejemnika GNSS ter brezprekinitvenega napajanja (UPS)).



Slika 2: Primer opreme na stalno delujoči postaji: 1 – sprejemnik GNSS, 2 – modem, 3 – usmerjevalnik, 4 – baterija sprejemnika, 5 – napajalnik sprejemnika, 6 – sistem UPS, 7 – antena GNSS.

Vse postaje so prek navideznega zasebnega omrežja (VPN, angl. *virtual private network*) povezane s strežniki omrežja SIGNAL v centru službe za GNSS. Na strežnikih je nameščena celovita programska rešitev *Trimble Pivot Platform*. Moduli in aplikacije programske opreme *Trimble Pivot Platform* omogočajo nadzor in upravljanje omrežja ter pripravo in posredovanje produktov uporabnikom za določitev položaja v realnem času ter naknadno obdelavo in arhiviranje opazovanj GNSS. Strežniško konfiguracijo omrežja SIGNAL sestavlja šest strežnikov:

- **produkcijski strežnik:** vse stalno delujoče postaje omrežja SIGNAL so v omrežju VPN povezane s produkcijskim strežnikom, na katerem deluje večina aplikacij in modulov programske opreme *Trimble Pivot Platform*. Produkcijski strežnik je zadolžen za sprejemanje podatkov stalno delujočih postaj in njihovo arhiviranje, izdelavo mrežnih produktov VRS in MAC za uporabo omrežja v realnem času, pripravo podatkov za naknadno obdelavo ter nadzor kakovosti delovanja samega omrežja;
- **distribucijski strežnik:** glavna naloga distribucijskega strežnika je posredovanje produktov omrežja SIGNAL končnim uporabnikom. Z modulom *Trimble NTRIP Caster App* je končnim uporabnikom omogočen dostop do produktov za določitev položaja v realnem času (opazovanja stalno delujočih postaj in mrežni produkti). Dodatno je na distribucijski strežnik nameščen modul *Trimble pivot Web*, ki med drugim administratorjem omrežja omogoča upravljanje uporabnikov sistema, končnim uporabnikom pa dostop do spletnega portala RINEX, prek katerega naročajo in prenašajo produkte za naknadno obdelavo opazovanj;
- **redundantni produkcijski strežnik:** dvojniki glavnega produkcijskega strežnika. Ob morebitni okvari glavnega produkcijskega strežnika ga nadomesti redundantni produkcijski strežnik;
- **redundantni distribucijski strežnik:** dvojniki glavnega distribucijskega strežnika. Ob morebitni okvari glavnega distribucijskega strežnika ga nadomesti redundantni produkcijski strežnik;
- **strežnik CSD:** strežnik CSD zagotavlja uporabnikom dostop do omrežja SIGNAL prek klicnega dostopa;
- **shramba podatkov:** mrežna podatkovna shramba (NAS, angl. *network-attached storage*), v katero se shranjujejo vsa opazovanja GNSS omrežja SIGNAL.

3 PREGLED EVIDENTIRANIH TEŽAV

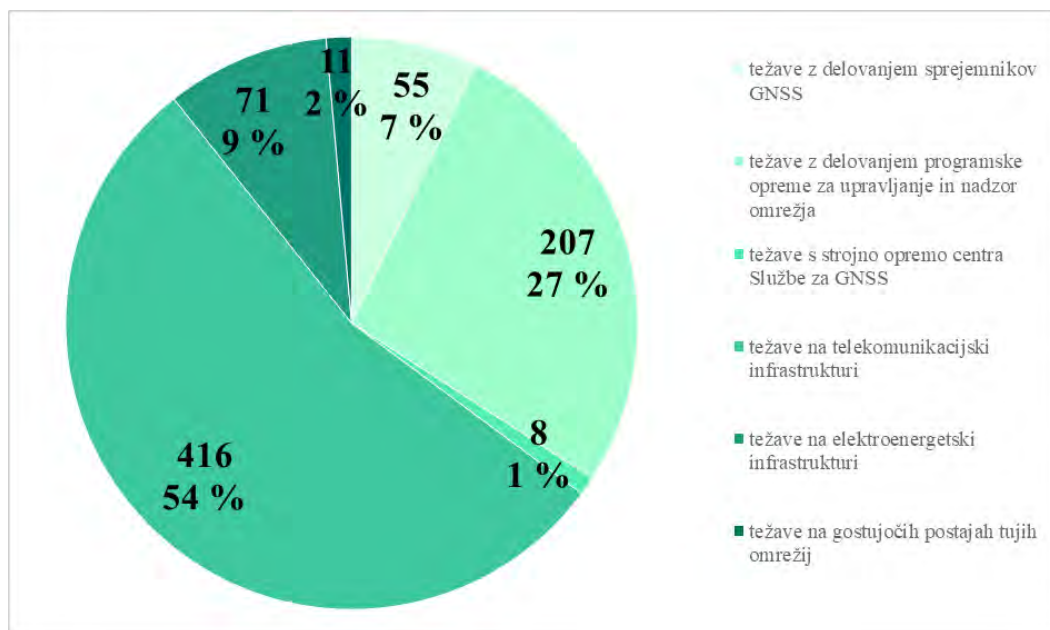
V analizo evidentiranih težav v delovanju omrežja SIGNAL smo zajeli 11 let delovanja omrežja, in sicer obdobje od 1. 1. 2007 do 31. 12. 2017. V celotnem obravnavanem obdobju smo zabeležili 768 težav, ki smo jih razdelili v šest večjih skupin:

- a) težave z delovanjem sprejemnikov GNSS,
- b) težave z delovanjem programske opreme za upravljanje in nadzor omrežja,
- c) težave s strojno opremo centra službe za GNSS,
- d) težave s telekomunikacijsko infrastrukturo (težave z mrežno opremo posamezne postaje in centra službe za GNSS ter napake oziroma dela na samem telekomunikacijskem omrežju),
- e) težave z elektroenergetsko infrastrukturo (težave z napajalno opremo naprav stalno delujočih postaj in napake oziroma dela na samem elektroenergetskem omrežju),
- f) težave na gostujočih postajah tujih omrežij.

Preglednica 1: Število evidentiranih težav v delovanju omrežja SIGNAL po posameznih skupinah in posameznih letih

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Skupaj
Skupina (a)	8	1	8	3	1	15	0	12	3	0	4	55
Skupina (b)	20	56	22	7	16	10	13	21	14	24	4	207
Skupina (c)	0	0	1	0	2	3	1	0	1	0	0	8
Skupina (d)	66	68	68	85	58	24	18	13	7	7	2	416
Skupina (e)	10	12	6	5	4	6	6	6	3	6	7	71
Skupina (f)	0	3	4	0	1	1	0	0	1	0	1	11
Skupaj	104	140	109	100	82	59	38	52	29	37	18	768

V preglednici 1 je podano število težav po posameznih skupinah in posameznih letih obravnave. Število težav v omrežju SIGNAL se je skozi čas praviloma zmanjševalo. Od leta 2008, ko je bilo evidentiranih največ težav, in sicer kar 140, se je do leta 2017 postopoma zmanjšalo na vsega 18 evidentiranih težav. Grafična predstavitev deležev evidentiranih težav po posameznih skupinah za celotno analizirano obdobje je prikazana na sliki 3. V nadaljevanju poglavja bomo podrobneje predstavili težave iz posameznih skupin in njihov vpliv na delovanje omrežja SIGNAL.



Slika 3: Deleži evidentiranih težav v omrežju SIGNAL po posameznih skupinah za celotno obdobje analize.

3.1 Težave z delovanjem sprejemnikov GNSS

Težave z delovanjem sprejemnikov GNSS so lahko povezane z nepravilnim delovanjem sprejemnikove strojnoprogramske opreme (angl. *firmware*) ali nepravilnim delovanjem oziroma okvaro posamezne komponente sprejemnikove strojne opreme. Na nepravilno delovanje sprejemnika nas običajno opozori programska oprema za nadzor in upravljanje omrežja, ki takšen sprejemnik tudi izloči iz obdelave za pripravo mrežnih produktov. Število težav, povezanih z nepravilnim delovanjem sprejemnikov po posameznih letih, je prikazano na sliki 4.

a) Naključne napake v delovanju sprejemnika

Občasno se lahko pojavi naključna napaka v delovanju sprejemnikove strojnoprogramske opreme, ki se kaže v obliki različnih nepravilnosti v delovanju sprejemnika (na primer sprejemnik se preneha odzivati, ne sprejema signalov satelitov, pojavijo se številni izpadi signala ...). Napako odpravi ponovni zagon sprejemnika.

b) Nepravilno delovanje strojnoprogramske opreme sprejemnika

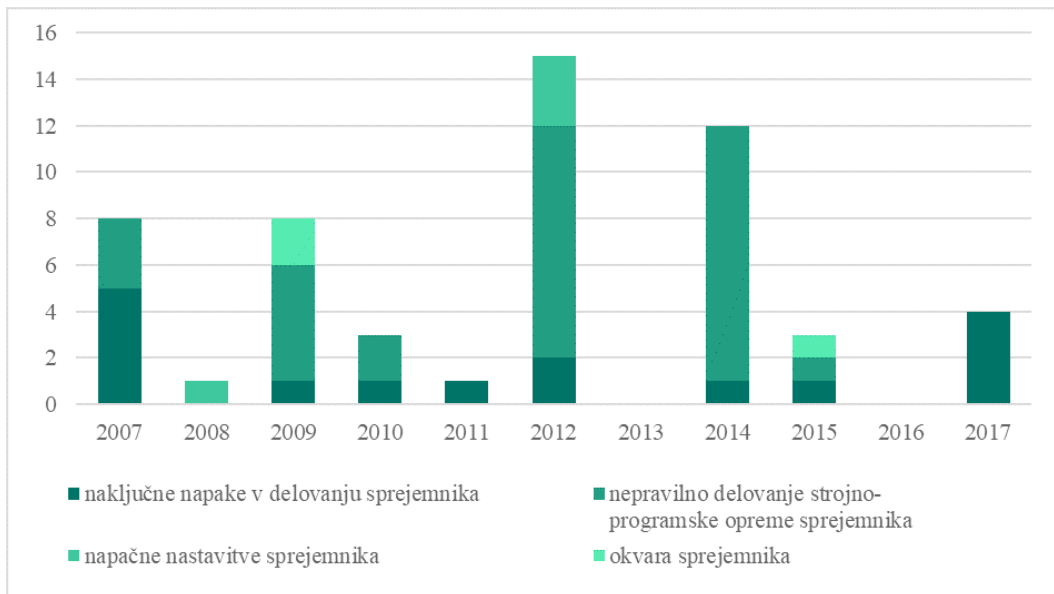
Nepravilno delovanje strojnoprogramske opreme sprejemnika je lahko posledica hrošča ali nezdržljivosti starejših različic strojnoprogramske opreme z novimi tehnologijami GNSS. V teh primerih je delovanje sprejemnika stalno nepravilno, težavo pa je mogoče odpraviti le z nadgradnjo strojnoprogramske opreme ali izklopom posamezne funkcionalnosti sprejemnika. Primeri težav, s katerimi smo se v preteklosti srečali v službi za GNSS, so: težave pri sprejemanju signala GPS L2C, težave pri sprejemanju signala satelitov sistema GLONASS, težave pri sprejemanju signala GPS L5. Težava se je vsakič pojavila, ker je bila na sprejemnikih nameščena stara različica strojnoprogramske opreme.

c) Napačne nastavitve sprejemnika

V teh primerih ne gre za dejansko napako na sprejemniku, temveč za človeško napako pri vnosu nastavitvev v sprejemnik. Enkrat je bil napačno nastavljen višinski kot za sprejem signalov satelitov, trikrat pa je bil izklopljen samodejni izbris opazovanj na sprejemniku, zaradi česar se je zapolnila njegova spominska kartica.

d) Okvara sprejemnika

Sprejemnik zaradi okvare ne deluje oziroma ne deluje pravilno. Treba ga je poslati na servis oziroma ga zamenjati.



Slika 4: Število evidentiranih težav z delovanjem sprejemnikov GNSS omrežja SIGNAL po posameznih podskupinah in obravnavanih letih.

3.2 Težave z delovanjem programske opreme za upravljanje in nadzor omrežja

Težave v delovanju programske opreme so najpogosteje neposredno povezane z delovanjem programskega paketa *Trimble Pivot Platform*, včasih pa imajo izvor v operacijskem sistemu strežnika. Število težav, povezanih z nepravilnim delovanjem sprejemnikov po posameznih letih, je prikazano na sliki 5.

a) Napake v delovanju programske opreme za upravljanje in nadzor omrežja

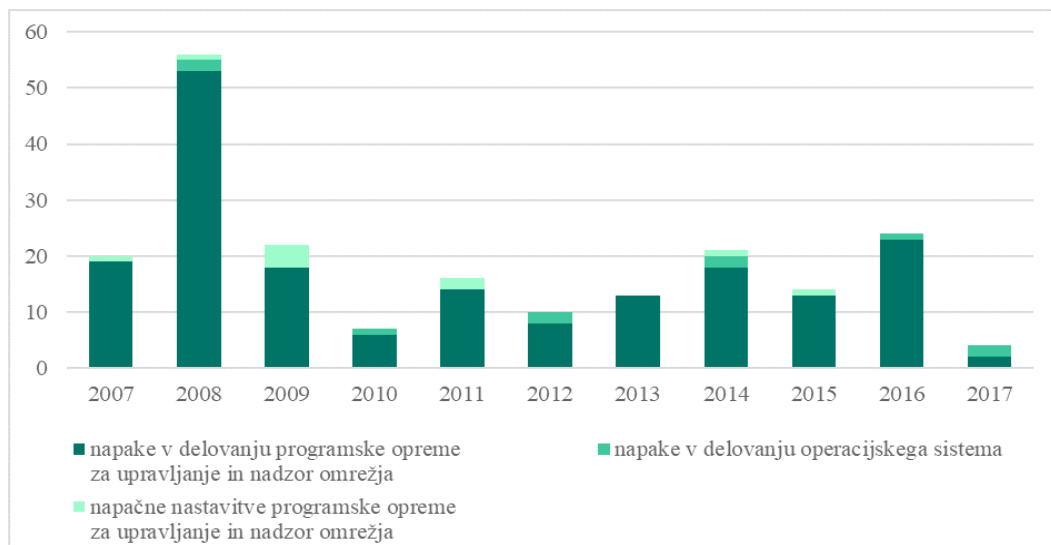
Običajno je posledica teh težav nedelovanje vsaj enega segmenta omrežja SIGNAL (nedostopnost mrežnih produktov, nedostopnost portala RINEX za pridobitev opazovanj za naknadno obdelavo). Najpogosteje evidentirane težave so bile: neodzivnost programa za nadzor in upravljanje omrežja (rešitev: ponovni zagon programa ali strežnika), prenos opazovanj s portala RINEX ni bil mogoč (rešitev: ponovni zagon ustreznega modula v *Trimble Pivot Platform*), podatki posamezne postaje omrežja se kljub vzpostavljeni internetni povezavi ne prenašajo v center službe za GNSS (rešitev: ponovni zagon ustreznega modula v *Trimble Pivot Platform*) ... Opisane rešitve niso rešitve v pravem pomenu besede, temveč le začasne rešitve za nepravilno delovanje programske opreme. Praviloma je težave mogoče odpraviti le s posodobitvami programske opreme, pri čemer je odvisno, kako visoko na proizvajalčevi prednostni lestvici je odprava posamezne težave.

b) Napake v delovanju operacijskega sistema

Tovrstni primeri niso neposredno povezani z delovanjem programske opreme za upravljanje in nadzor omrežja, temveč s težavami v delovanju operacijskega sistema strežnikov, zaradi katerih preneha delovati tudi programska oprema za upravljanje in nadzor omrežja. Posledično celotno omrežje SIGNAL ne deluje oziroma je nedosegljivo za uporabnike. Kot rešitev je bil do sedaj vedno dovolj vnovični zagon strežnika.

c) Napačne nastavitve programske opreme za upravljanje in nadzor omrežja

V to skupino spadajo primeri, ki so posledica človeške napake. Težave v delovanju omrežja SIGNAL so bile posledica napačnih nastavitvev programske opreme za upravljanje in nadzor omrežja.

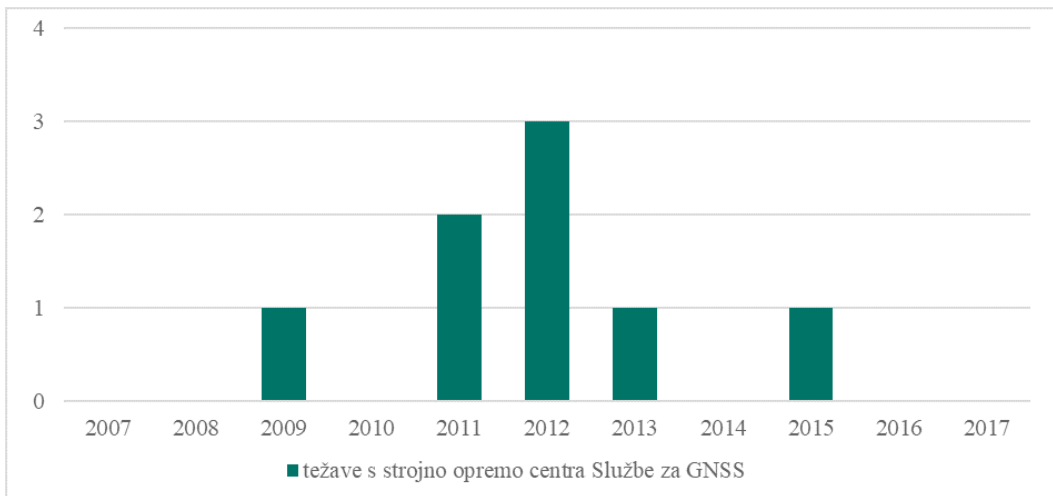


Slika 5: Število evidentiranih težav z delovanjem programske opreme za upravljanje in nadzor omrežja SIGNAL po posameznih podskupinah in obravnavanih letih.

3.3 Težave s strojno opremo centra službe za GNSS

V to skupino spadajo okvare strežnikov omrežja SIGNAL oziroma njihovih komponent. V večini evidentiranih primerov se je pokvaril kateri izmed trdih diskov strežnikov oziroma kateri izmed trdih diskov shrambe podatkov. Zaradi uporabe polja RAID je bilo delovanje omrežja SIGNAL večinoma nemoteno. Dvakrat je bil okvarjen strežnik omrežja SIGNAL (enkrat produkcijski in enkrat distribucijski). V teh primerih omrežje ni delovalo oziroma je bilo delovanje moteno do vzpostavitve sistema na nadomestnem strežniku.

Od leta 2017 ima omrežje SIGNAL tudi redundantna strežnika, tako da ob morebitni okvari produkcijskega ali distribucijskega strežnika delovanje omrežja ni moteno, saj funkcijo okvarjenega strežnika prevzame pripadajoči redundantni strežnik. Število težav, povezanih s strojno opremo centra službe za GNSS po posameznih letih, je prikazano na sliki 6.



Slika 6: Število evidentiranih težav, povezanih z delovanjem strojne opreme centra službe za GNSS po posameznih podskupinah in obravnavanih letih.

3.4 Težave na telekomunikacijski infrastrukturi

Posledica težav na telekomunikacijski infrastrukturi je nedosegljivost posamezne postaje omrežja SIGNAL oziroma v najslabšem primeru nedosegljivost celotnega omrežja SIGNAL. Težave so lahko posledica nepravilnega delovanja mrežne opreme oziroma njene okvare ali napak oziroma del na telekomunikacijskem omrežju. Število težav na telekomunikacijski infrastrukturi po posameznih letih je prikazano na sliki 7.

a) Nepravilno delovanje mrežne opreme

V preteklosti so bile glavni razlog za motnje v delovanju omrežja težave z nestabilnim delovanjem mrežne opreme posameznih postaj omrežja SIGNAL. Stalno delujoče postaje so naključno izgubljale internetno povezavo s centrom službe za GNSS. Težave so bile odpravljene s ponovnim zagonom mrežne opreme, tj. modema in usmerjevalnika. Te težave so bile prisotne do vključno leta 2011, nato pa je njihovo število močno upadlo. Od leta 2015, ko je VPN vzpostavljen kot storitev Telekoma Slovenije, pa so tako rekoč izginile.

b) Težave na telekomunikacijskem omrežju

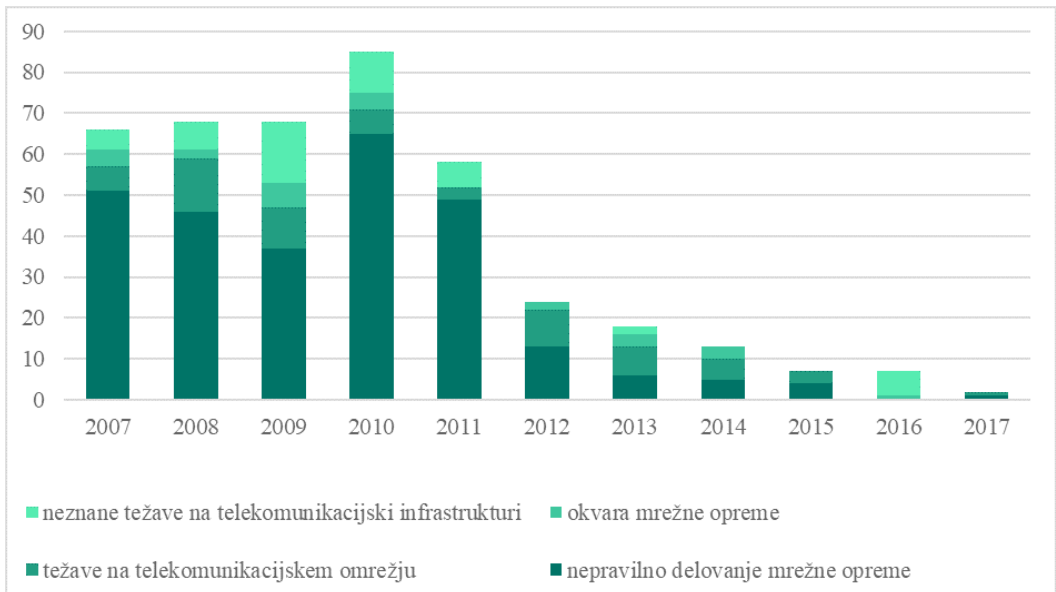
Težave na telekomunikacijskem omrežju so posledica napak (npr. pretrganega telekomunikacijskega kabla) ali vzdrževalnih del na telekomunikacijskem omrežju. Odvisno od kraja napake oziroma vzdrževalnih del je lahko prekinjena internetna povezava med eno oziroma več postajami in centrom službe za GNSS ali pa je nedosegljivo celotno omrežje SIGNAL.

c) Okvara mrežne opreme

Občasno se okvari modem ali usmerjevalnik posamezne stalno delujoče postaje. Ta do zamenjave okvarjene komponente nima internetne povezave s centrom službe za GNSS.

d) Neznane težave na telekomunikacijski infrastrukturi

V to skupino smo uvrstili vse težave, ki so povzročile prekinitev internetne povezave med posamezno postajo in centrom službe za GNSS. Vzrok posamezne težave ni bil znan (ali je šlo za težavo z mrežno opremo, težavo na telekomunikacijskem omrežju ...), včasih je izginila brez posredovanja oziroma so jo odpravili tehniki ponudnika telekomunikacijskih storitev, vzroka zanjo pa niso sporočili.



Slika 7: Število evidentiranih težav na telekomunikacijski infrastrukturi po posameznih podskupinah in obravnavanih letih.

3.5 Težave na elektroenergetski infrastrukturi

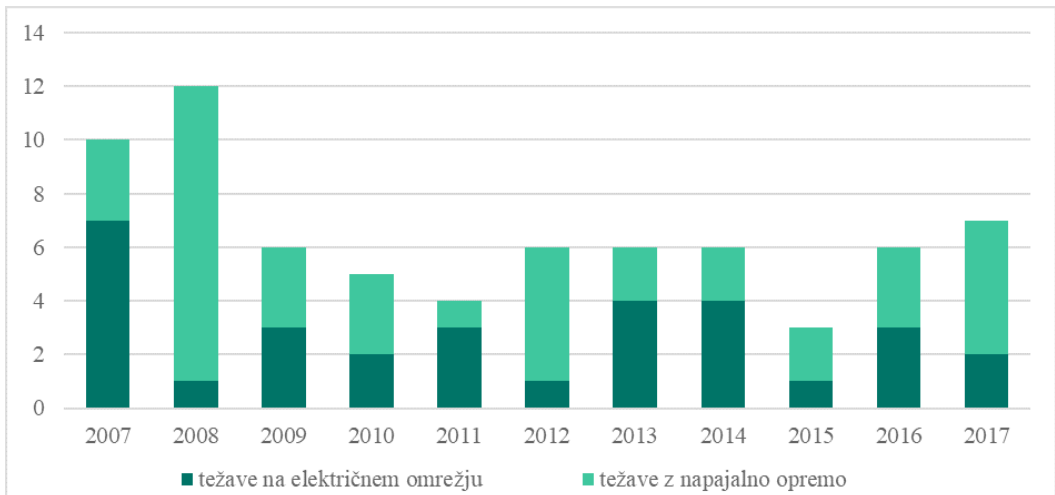
Podobno kot pri težavah na telekomunikacijski infrastrukturi je posledica težav na elektroenergetski infrastrukturi nedosegljivost posamezne postaje omrežja SIGNAL oziroma v najslabšem primeru nedosegljivost celotnega omrežja SIGNAL. Težave so lahko posledica okvare na napajalni opremi posamezne stalno delujoče postaje ali napak oziroma del na elektroenergetskem omrežju. Število težav na elektroenergetski infrastrukturi po posameznih letih je prikazano na sliki 8.

a) Težave na električnem omrežju

Težave na električnem omrežju zajemajo izpade električne energije, ki so posledica vzdrževalnih del ali napake na električnem omrežju. Kratkotrajne izpade (do nekaj ur) električne energije na posamezni postaji pokrije sistem UPS, tako da delovanje postaje ni moteno. Ob daljših izpadih, ki presegajo avtonomijo sistema UPS, preneha delovati mrežna oprema in se prekine povezava med postajo in centrom službe za GNSS. Sprejemnik še vedno deluje, saj ima pomožno baterijsko napajanje. Ob morebitnem izpadu električne energije na Geodetskem inštitutu Slovenije pa celotno omrežje SIGNAL deluje do izpraznitve sistema UPS Geodetskega inštituta Slovenije.

b) Težave z napajalno opremo

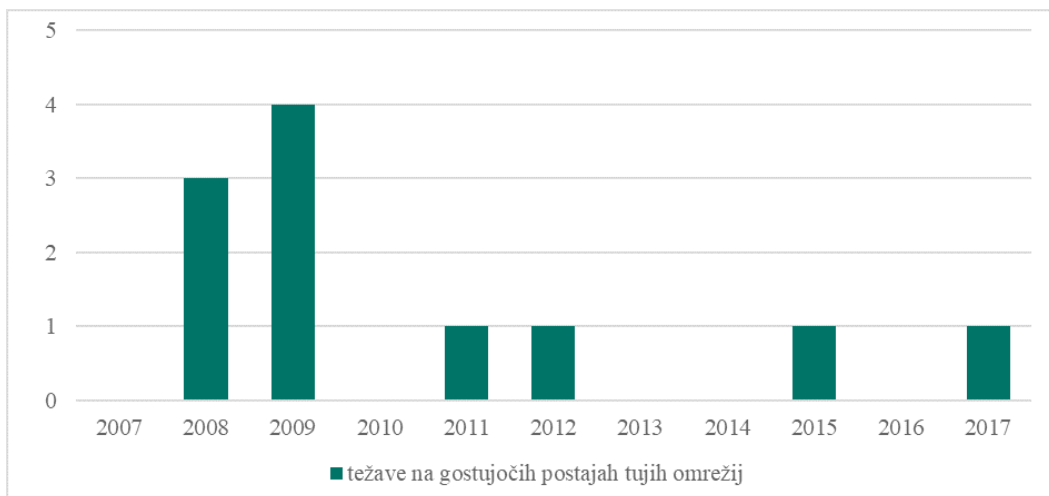
Gre za težave, povezane z napajalno opremo posamezne stalno delujoče postaje (napajalnik sprejemnika, baterija sprejemnika, sistem UPS). Čeprav se v zadnjih letih baterije sprejemnikov in sistemi UPS obravnavajo kot potrošni material z življenjsko dobo pet let in jih redno menjujejo, se še vedno zgodi, da nepredvideno odpove baterija oziroma sistema UPS. V takšnem primeru je delovanje postaje praviloma nemoteno, seveda pod pogojem, da ni napak na elektroenergetskem omrežju. Če odpove napajalnik sprejemnika, kar se zgodi zelo redko, sprejemnik preklopi na baterijsko napajanje, postaja pa deluje, dokler se ne izprazni baterija.



Slika 8: Število evidentiranih težav na elektroenergetski infrastrukturi omrežja SIGNAL po posameznih podskupinah in obravnavanih letih.

3.6 Težave na gostujočih postajah tujih omrežij

Obmejne postaje tujih omrežij (trenutno jih je 11) so v omrežje SIGNAL vključene pasivno – center službe za GNSS od njih prejema le podatkovni tok z opazovanji GNSS, nad njihovim delovanjem pa nima nadzora. V vseh evidentiranih primerih je šlo za nedosegljivost posamezne gostujoče postaje tujega omrežja ali nedosegljivost tujega omrežja v celoti. Najpogostejši razlog za nedosegljivost gostujočih postaj tujih omrežij so težave na telekomunikacijski infrastrukturi. Število težav na gostujočih postajah tujih omrežij po posameznih letih je prikazano na sliki 9. Glede na število gostujočih postaj je skupno število težav na teh postajah zelo majhno.



Slika 9: Število evidentiranih težav v omrežju SIGNAL na gostujočih postajah tujih omrežij APOS, CROPOS in GNSSnet.hu po obravnavanih letih.

4 RAZPRAVA IN SKLEP

V začetku leta 2019 bo omrežje SIGNAL praznovalo dvanajsto obletnico delovanja. V teh dvanajstih letih sta tako omrežje SIGNAL kot služba za GNSS prehodila lepo razvojno pot, kar kaže tudi vsakoletno zmanjševanje težav v delovanju omrežja. Skupno število težav v posameznem letu se je znižalo s 140 leta 2008 na vsega 18 v letu 2017. Napredek na vseh področjih je res velik. Seveda ne moremo reči, da ja bila v preteklosti oprema (strojna in programska) omrežja SIGNAL slaba, le tehnološki razvoj v teh dvanajstih letih je bil tako nagel, da sta oprema iz prvih let delovanja in današnje stanje dva popolnoma različna svetova. Tako na primer prva programska rešitev, ki se je uporabljala za upravljanje in nadzor omrežja SIGNAL, sploh ni tekla kot servis, temveč kot navadna aplikacija, njeno delovanje pa je bilo opazno manj stabilno, delovanje mrežne opreme stalno delujočih postaj v prvih nekaj letih ni bilo popolnoma zanesljivo, starejši sprejemniki so imeli težave z novejšimi tehnologijami GNSS ...

Kljub občutnemu zmanjšanju števila težav pa delovanje omrežja SIGNAL seveda ni popolno. Zaposleni v službi za GNSS se skupaj z lastnikom omrežja, Geodetsko upravo Republike Slovenije, neprestano trudimo, da bi še izboljšali njegovo kakovost in zanesljivost. Ob nastajanju tega prispevka je tako ravno v teku posodobitev strežniške infrastrukture ter programske opreme za upravljanje in nadzor omrežja *Trimble Pivot Platform*. V prvih mesecih leta 2019 bodo tri sprejemnike *Trimble NetR5*, ki so med najstarejšimi v omrežju, zamenjali najnovejši sprejemniki *Trimble Alloy*. Za konec pa še najpomembnejše – od 1. 4. 2018 se izvaja projekt *CRP V2-1729: Povečanje zanesljivosti javnih omrežij GNSS SIGNAL in 0. red*, vodita ga partnerja Geodetski inštitut Slovenije in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Cilj projekta je razviti metodologijo, s katero bomo v prihodnosti še dodatno izboljšali zanesljivost in kakovost delovanja omrežja SIGNAL in 0. red.

Zahvala

Raziskava je bila opravljena v okviru projekta V2-1729 Ciljnega raziskovalnega programa, ki ga sofinancirata Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in Geodetska uprava Republike Slovenije iz državnega proračuna.

Literatura in viri:

- Radovan, D. (2007a). Razvoj omrežja SIGNAL in tržna vrednost določanja položaja. *Geodetski vestnik*, 51 (4), 793–802.
- Radovan, D. (2007b). Slovensko omrežje referenčnih postaj GPS za natančno določanje položaja. V K. Kozmus (ur.), M. Kuhar (ur.), *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2006*. Zbornik predavanj, str. 21–28. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Režek, J., Perko, K., Fabiani, N. (2016). Nove storitve omrežja stalnih GNSS-postaj SIGNAL. *Geodetski vestnik*, 60 (1), 114–120.
- Sterle, O., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Stopar, B. (2009). Definicija, realizacija in vzdrževanje modernih koordinatnih sistemov. *Geodetski vestnik*, 53 (4), 679–694.
- Stopar, B., Kuhar, M. (2001). Moderni geodetski koordinatni sistemi in astrogeodetska mreža Slovenije. *Geodetski vestnik*, 45 (1–2), 11–26.

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

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

Mag. Katja Oven, univ. dipl. inž. geod.
Geodetski inštitut Slovenije
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: katja.oven@gis.si

Doc. dr. Mihaela Triglav Čekada
Geodetski inštitut Slovenije
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: mihaela.triglav@gis.si

in
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

NEDAVNE POSODOBITVE ZBIRKE GEODETSKIH PARAMETROV EPSG IN PREGLED PODATKOV, POMEMBNIH ZA SLOVENIJO

RECENT UPDATES TO THE EPSG GEODETIC PARAMETER DATASET AND AN OVERVIEW OF DATA RELEVANT FOR SLOVENIA

Sandi Berk, Danijel Boldin, Bojan Šavrič

1 UVOD

Pred kratkim smo pisali o slovenskih referenčnih koordinatnih sistemih (v nadaljevanju: RKS), ki so vključeni v zbirko geodetskih parametrov EPSG. Predstavljene so bile nekatere pretekle spremembe in dopolnitve zbirke, ki se nanašajo na georeferenciranje na območju Slovenije, in razlogi zanje. Obravnavane so bile tudi nekatere možnosti izboljšav in dopolnitev zbirke (Berk in Boldin, 2017). Nekaj tovrstnih predlogov smo julija letos naslovili tudi na IOGP (International Association of Oil & Gas Producers), ki je skrbnica zbirke EPSG. Predlogi so bili upoštevani in v prispevku podajamo kratek opis nedavnih posodobitev zbirke, s poudarkom na spremembah, ki se nanašajo na Slovenijo, ter širši pregled EPSG -kod, pomembnih za območje Slovenije.

2 SPREMEMBE V ZBIRKI EPSG, RAZLIČICA 9.5

Zbirka geodetskih parametrov EPSG se redno posodablja; spremembe in dopolnitve so precej pogoste. Za ponazoritev navajamo tiste, ki so bile vključene v različico 9.5 (objavljena 29. 8. 2018) in prinašajo (IOGP, 2018):

- nove podatke za Slovenijo, pa tudi za Ameriške Deviške otoke, Gvam, Portoriko, Saudovo Arabijo, Severne Marianske otoke, Srbijo in Združene države Amerike,
- bistvene spremembe pri podatkih za Slovenijo, pa tudi za druge države nekdanje Jugoslavije (Bosno in Hercegovino, Črno goro, Hrvaško, Makedonijo ter Srbijo) in Kanado,
- manjše spremembe pri podatkih za Alžirijo, Gvam in Kitajsko ter
- nekatera dodatna pojasnila enačb za metode pretvorb in transformacij med koordinatami (angl. *coordinate operation methods*).

Kot zanimivost omenimo še spremembi v zadnji podrazličici 9.5.4 zbirke (objavljena 6. 10. 2018), in sicer:

- vključitev kode za ekvivalentno Zemljino kartografsko projekcijo in
- bistvene spremembe podatkov za Evropo (ETRF2014).

Tako o novi ekvivalentni Zemljini kartografski projekciji kot tudi o novem evropskem terestričnem referenčnem sestavu smo namreč že pisali tudi v pričujoči rubriki naše revije (Šavrič, Patterson in Jenny, 2018; Medved in Berk, 2017).

Novosti, ki se v novi različici zbirke EPSG nanašajo neposredno na območje Slovenije, so:

- nova koda EPSG 1215 za novi državni vertikalni datum in
- nova koda EPSG 8690 za novi državni vertikalni RKS,
- nova koda EPSG 8689 za optimalno vsedrjavno datumsko transformacijo med D48 in D96 (glej Berk in Boldin, 2017) – izboljšana različica glede na transformacijo s kodo EPSG 3916, ki je sicer še vedno na voljo,
- nova koda EPSG 8688 za optimalno vsedrjavno datumsko transformacijo med D48 in WGS84 – izboljšana različica glede na transformacijo s kodo EPSG 3917, ki je sicer še vedno na voljo; nova transformacija je identična tisti s kodo EPSG 8689, saj predpostavlja, da sta datuma D96 in WGS84 glede na točnost transformacije identična, ter
- nova koda EPSG 8687 za ravninski RKS, ki se uporablja v Slovenski vojski (D96/UTM – glej Berk in Boldin, 2017).

Bistvena sprememba v zbirki EPSG pa se nanaša na stari ravninski RKS, ki se je v Sloveniji uporabljal pred osamosvojitvijo – tako imenovane Baumgartnerjeve oziroma stare Gauß-Krügerjeve koordinate v 5. coni, torej še z vodilnima peticama pri koordinatah (D48/BGK – glej Berk in Boldin, 2017). Ta RKS je imel prej kodo EPSG 3907, ki jo zdaj nadomešča koda EPSG 8677. Tudi ustrezni RKS za stare Gauß-Krügerjeve koordinate v 6. coni (nekoč v uporabi za skrajni vzhodni del Prekmurja) ima namesto kode EPSG 3908 zdaj novo kodo EPSG 8678. Obe kodi sta bili spremenjeni zaradi napačno vnesenega vrstnega reda koordinatnih osi.

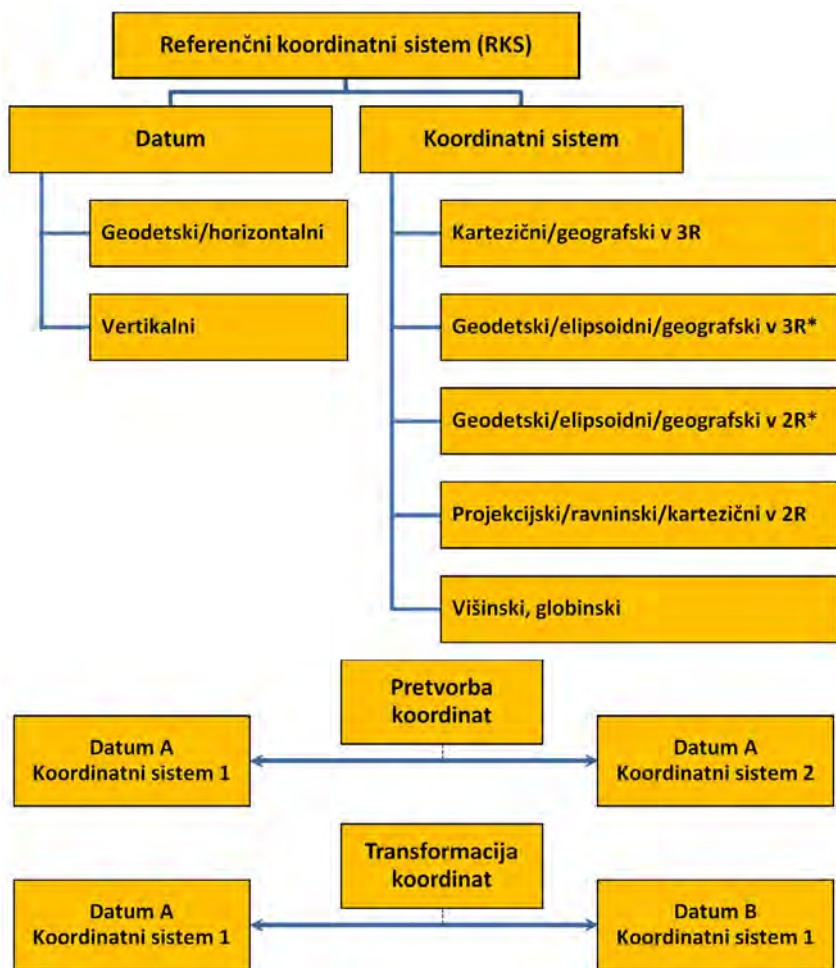
Spremembi v zbirki sta še pri kodah EPSG 5779 za slovenski višinski sistem 2000 in EPSG 5177 za ustrezni vertikalni datum, in sicer pri imenih/oznakah: SVS2000 namesto NVN99; slednje je zdaj navedeno kot alternativno ime.

3 PREGLED ZA SLOVENIJO POMEMBNIH EPSG-KOD

Zbirka geodetskih parametrov EPSG danes obsega prek 17.200 EPSG-kod s pripadajočimi opisi. V nadaljevanju podajamo kratek pregled EPSG-kod, ki so pomembne za Slovenijo. Kode vseh danes uporabljenih RKS-jev in priporočenih transformacij med njimi so natisnjene krepko in podčrtane. Navedene so tudi nekatere kode, ki so pomembne za izmenjavo prostorskih podatkov z evropskimi državami – skladno z direktivo INSPIRE (INSPIRE Guidelines, 2014) – oziroma globalno – na primer skladno s pravili Mednarodne organizacije za civilno letalstvo (ICAO) in Mednarodne hidrografske organizacije (IHO). Nanašajo se na definicije:

- datumov (geodetskih in vertikalnih),
- koordinatnih sistemov (krivočrtnih in kartezičnih, eno-, dvo- in trirazsežnih),
- pretvorb koordinat (med koordinatnimi sistemi),
- referenčnih koordinatnih sistemov (RKS-jev) in
- transformacij koordinat (datumskih transformacij med RKS-ji).

Slika 1 prikazuje razmerja med različnimi osnovnimi gradniki zbirke EPSG.



Slika 1: Razmerja med osnovnimi gradniki v zbirki EPSG.

* Čeprav pojme geodetske, elipsoidne in geografske koordinate večkrat uporabljamo kot sopomenke, pa so samo geodetske koordinate (φ , λ , h) povsem nedvoumna oznaka, na Zemlji-elipsoidu namreč razlikujemo med geodetsko širino (φ), reducirano širino (β), geocentrično širino (θ) ... Pojem elipsoidne koordinate uporabljamo tudi za koordinate v trojno ortogonalnem sistemu (β , λ , u), ki je zaradi matematičnih lastnosti posebej primeren za analize težnostnega polja Zemlje (glej Sjöberg, 2008; Featherstone in Claessens, 2008). Pojem geografske koordinate, ki je bolj uveljavljen predvsem med uporabniki GIS-orodij in storitev, pa se lahko nanaša tudi na poenostavitev, torej na Zemljo-kroglo.

Zbirka EPSG danes vključuje naslednje datume, ki so pomembni za območje Slovenije:

- EPSG 1031 ... D48 – jugoslovanski geodetski datum 1948 (temelji na avstro-ogrskem geodetskem datumu 1901 z izhodiščno točko Hermannskogel pri Dunaju, a je vezan na ponovni izračun mreže iz leta 1948; Besslov elipsoid 1841; začetni poldnevnik prvotno skozi Ferro, nato skozi Greenwich),
- EPSG 6765 ... D96 – slovenski geodetski datum 1996 (slovenska realizacija geodetskega datuma ETRS89 z ogrođjem realizacije ITRF96/ETRF96; elipsoid GRS 1980; začetni poldnevnik skozi

- Greenwich),
- EPSG 6258 ... ETRS89 – geodetski datum ETRS89 (vezan na stabilni del Evrazije in sovpadajoč z ITRS v začetku leta 1989; brez razlikovanja vključuje realizacije ETRF89, ETRF90 ... ETRF2014, ki imajo sicer tudi lastne kode, kot je EPSG 1184, spodaj; elipsoid GRS 1980; začetni poldnevnik skozi Greenwich),
 - EPSG 1184 ... ETRF96 – realizacija geodetskega datuma ETRS89 v času vzpostavitve D96 v Sloveniji (temelji na ITRF96; elipsoid GRS 1980; začetni poldnevnik skozi Greenwich),
 - EPSG 6654 ... ITRF96 – realizacija geodetskega datuma ITRS v času vzpostavitve D96 v Sloveniji (vezan na izbrane geodetske točke po vsej Zemlji; elipsoid GRS 1980; začetni poldnevnik skozi Greenwich),
 - EPSG 6326 ... WGS84 – geodetski datum WGS84 (vezan na izbrane geodetske točke po vsej Zemlji; brez razlikovanja vključuje realizacije G730, G873 ... G1762, ki imajo sicer tudi lastne EPSG-kode; elipsoid WGS 1984; začetni poldnevnik skozi Greenwich),
 - EPSG 1050 ... TS – avstro-ogrski vertikalni datum 1875 (vertikalni datum Trst 1875; normalne ortometrične višine),
 - EPSG 5177 ... SVS2000 – slovenski vertikalni datum 2000, tj. datum slovenskega višinskega sistema iz leta 2000 (temelji na vertikalnem datumu Trst 1875, a je vezan na ponovni izračun nivelmanske mreže in normalni reper pri Rušah; normalne ortometrične višine),
 - EPSG 1215 ... SVS2010 – slovenski vertikalni datum 2010, tj. datum slovenskega višinskega sistema iz leta 2010 (vertikalni datum Koper 2010; normalne višine),
 - EPSG 5129 ... EVRF2000 – evropski vertikalni datum 2000, realizacija vertikalnega datuma EVRS (vezan na mareograf Amsterdam – NAP, normalne višine),
 - EPSG 5215 ... EVRF2007 – evropski vertikalni datum 2007, zadnja realizacija vertikalnega datuma EVRS (temelji na EVRF2000, a je vezan na 13 datumskih točk iz ponovnega izračuna mreže UELN, izbranih v stabilnem delu Evrope; normalne višine) in
 - EPSG 1086 ... MLLWS – generični vertikalni datum – srednja nižja nizka voda živih morskih men (ne opredeljuje konkretnega globinskega datuma, ampak brez razlikovanja vključuje globinske datume tega tipa).

Zbirka vključuje naslednje relevantne **koordinatne sisteme**:

- EPSG 6500 ... XYZ – desno orientirani trirazsežni kartezični koordinatni sistem z izhodiščem v središču Zemlje, X-osjo proti presečišču ekvatorja in začetnega poldnevnik, Y-osjo pravokotno nanjo (v ravnini ekvatorja) in Z-osjo proti severnemu polu, sovpadajočo ali vzporedno osi vrtenja Zemlje,
- EPSG 6423 ... $\varphi\lambda h$ – trirazsežni geodetski/elipsoidni koordinatni sistem na površju Zemlje, ki jo aproksimira rotacijski elipsoid, z geodetsko širino (φ , Lat, angl. geodetic latitude), merjeno od ekvatorja proti severu, geodetsko dolžino (λ , Lon, angl. geodetic longitude), merjeno od začetnega poldnevnik proti vzhodu, in elipsoidno višino (h ; angl. ellipsoidal height), merjeno navzgor v smeri normale,
- EPSG 6422 ... $\varphi\lambda$ – dvorazsežni geodetski/elipsoidni koordinatni sistem na površju Zemlje, ki jo aproksimira rotacijski elipsoid, z geodetsko širino (φ , Lat, angl. geodetic latitude), merjeno od ekvatorja proti severu, in geodetsko dolžino (λ , Lon, angl. geodetic longitude), merjeno od začetnega poldnevnik proti vzhodu,

- EPSG 4498 ... GK, BGK ... dvorazsežni kartezični koordinatni sistem z osema, usmerjenima proti vzhodu (Y) in proti severu (X),
- EPSG 4532 ... LAEA ... dvorazsežni kartezični koordinatni sistem z osema, usmerjenima proti severu (Y) in proti vzhodu (X) – glede na zgornji koordinatni sistem (EPSG 4498) je spremenjena vloga koordinat, ki sta sicer enako označeni,
- EPSG 4400 ... TM, UTM, UTM33N, WM, EE ... dvorazsežni kartezični koordinatni sistem z osema, usmerjenima proti vzhodu (E, angl. easting) in proti severu (N, angl. northing),
- EPSG 4500 ... LCC ... dvorazsežni kartezični koordinatni sistem z osema, usmerjenima proti severu (N, angl. northing) in proti vzhodu (E, angl. easting) – glede na zgornji koordinatni sistem (EPSG 4400) je spremenjen vrstni red koordinat, ki imata sicer enaki oznaki in vlogi,
- EPSG 6499 ... H – višinski sistem, ki temelji na težnosti Zemlje, z višino (H, angl. height), merjeno navzgor v smeri navpičnice, in
- EPSG 6498 ... D – globinski sistem z globino (D, angl. depth), merjeno navzdol.

Zbirka vključuje naslednje relevantne **pretvorbe koordinat**:

- EPSG 15592 ... XYZ \rightarrow $\varphi\lambda h$ – pretvorba med trirazsežnimi kartezičnimi in trirazsežnimi geodetskimi/elipsoidnimi koordinatami na rotacijskem elipsoidu,
- EPSG 15593 ... $\varphi\lambda h \rightarrow \varphi\lambda$ – pretvorba med trirazsežnimi in dvorazsežnimi geodetskimi/elipsoidnimi koordinatami na rotacijskem elipsoidu (pretvorba med 3R in 2R geografskimi koordinatami),
- EPSG 18275 ... $\varphi\lambda \rightarrow$ BGK – prečna Mercatorjeva projekcija (oziroma Gauß-Krügerjeva projekcija, 5. balkanska cona, Baumgartnerjev zapis koordinat), ki je bila v rabi pred osamosvojitvijo Slovenije in še nekaj let po njej (izhodiščni vzporednik 0° ; izhodiščni poldnevnik 15° ; linijsko merilo na izhodiščnem poldnevniku 0,9999; navidezni pomik proti vzhodu 5.500.000 m; navidezni pomik proti severu 0 m),
- EPSG 19845 ... $\varphi\lambda \rightarrow$ GK/TM – prečna Mercatorjeva projekcija (oziroma Gauß-Krügerjeva projekcija), ki se je pričela uporabljati nekaj let po osamosvojitvi Slovenije (izhodiščni vzporednik 0° ; izhodiščni poldnevnik 15° ; linijsko merilo na izhodiščnem poldnevniku 0,9999; navidezni pomik proti vzhodu 500.000 m; navidezni pomik proti severu $-5.000.000$ m),
- EPSG 16033 ... $\varphi\lambda \rightarrow$ UTM/UTM33N – prečna Mercatorjeva projekcija (TM-projekcija, UTM-cona 33N; izhodiščni vzporednik 0° ; izhodiščni poldnevnik 15° ; linijsko merilo na izhodiščnem poldnevniku 0,9996; navidezni pomik proti vzhodu 500.000 m; navidezni pomik proti severu 0 m),
- EPSG 19985 ... $\varphi\lambda \rightarrow$ LCC – Lambertova konformna konusna projekcija (LCC-projekcija; izhodiščni vzporednik 52° ; izhodiščni poldnevnik 10° ; prvi standardni vzporednik 35° ; drugi standardni vzporednik 65° ; navidezni pomik proti vzhodu 4.000.000 m; navidezni pomik proti severu 2.800.000 m),
- EPSG 19986 ... $\varphi\lambda \rightarrow$ LAEA – Lambertova ekvivalentna azimutalna projekcija (LAEA-projekcija; izhodiščni vzporednik 52° ; izhodiščni poldnevnik 10° ; navidezni pomik proti vzhodu 4.321.000 m; navidezni pomik proti severu 3.210.000 m),
- EPSG 19883 ... $\varphi\lambda \rightarrow$ WM – svetovna Mercatorjeva projekcija (WM-projekcija; izhodiščni vzporednik 0° ; izhodiščni poldnevnik 0° ; linijsko merilo v izhodišču 1,0000; navidezni pomik proti vzhodu 0 m; navidezni pomik proti severu 0 m) in
- EPSG 8854 ... $\varphi\lambda \rightarrow$ EE – ekvivalentna Zemljina projekcija (EE-projekcija; izhodiščni poldnevnik

0°; navidezni pomik proti vzhodu 0 m; navidezni pomik proti severu 0 m).

Zbirka vključuje naslednje za Slovenijo relevantne **RKS-je**:

- **EPSG 4882 ... D96/XYZ** (EPSG 6765 + EPSG 6500) – slovenski geodetski datum 1996, sistem trirazsežnih kartezičnih koordinat,
- EPSG 4936 ... ETRS89/XYZ (EPSG 6258 + EPSG 6500) – geodetski datum ETRS89, sistem trirazsežnih kartezičnih koordinat (skladno z direktivo INSPIRE se v Evropi uporablja kot sistem za izmenjavo prostorskih podatkov),
- EPSG 7926 ... ETRF96/XYZ (EPSG 1184 + EPSG 6500) – realizacija geodetskega datuma ETRS89 v času vzpostavitve D96 v Sloveniji, sistem trirazsežnih kartezičnih koordinat,
- EPSG 4917 ... ITRF96/XYZ (EPSG 6654 + EPSG 6500) – realizacija geodetskega datuma ITRS v času vzpostavitve D96 v Sloveniji, sistem trirazsežnih kartezičnih koordinat,
- EPSG 4978 ... WGS84/XYZ (EPSG 6326 + EPSG 6500) – geodetski datum WGS84, sistem trirazsežnih kartezičnih koordinat,
- **EPSG 4883 ... D96/φλh** (EPSG 4882 + EPSG 6423 + EPSG 15592) – slovenski geodetski datum 1996, sistem trirazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat,
- EPSG 4937 ... ETRS89/φλh (EPSG 4936 + EPSG 6423 + EPSG 15592) – geodetski datum ETRS89, sistem trirazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat (skladno z direktivo INSPIRE se v Evropi uporablja kot sistem za izmenjavo prostorskih podatkov),
- EPSG 4979 ... WGS84/φλh (EPSG 4978 + EPSG 6423 + EPSG 15592) – geodetski datum WGS84, sistem trirazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat (skladno s standardi ICAO se uporablja za zbirke podatkov za letalsko navigacijo),
- **EPSG 3906 ... D48/φλ** (EPSG 1031 + EPSG 6422) – jugoslovanski geodetski datum 1948, sistem dvorazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat,
- **EPSG 4765 ... D96/φλ** (EPSG 4883 + EPSG 6422 + EPSG 15593) – slovenski geodetski datum 1996, sistem dvorazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat,
- EPSG 4258 ... ETRS89/φλ (EPSG 4937 + EPSG 6422 + EPSG 15593) – geodetski datum ETRS89, sistem dvorazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat (skladno z direktivo INSPIRE se v Evropi uporablja kot sistem za izmenjavo prostorskih podatkov),
- EPSG 4326 ... WGS84/φλ (EPSG 4979 + EPSG 6422 + EPSG 15593) – geodetski datum WGS84, sistem dvorazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat (skladno s standardi IHO se uporablja za zbirke podatkov ENC; skladno s svojimi standardi jo NATO uporablja za vojaško geodetsko izmero),
- EPSG 8677 ... D48/BGK (EPSG 3906 + EPSG 4498 + EPSG 18275) – jugoslovanski geodetski datum 1948, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – Gauß-Krügerjeva projekcija, 5. balkanska cona, Baumgartnerjev zapis koordinat,
- **EPSG 3912 ... D48/GK** (EPSG 3906 + EPSG 4498 + EPSG 19845) – jugoslovanski geodetski datum 1948, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – Gauß-Krügerjeva projekcija,
- **EPSG 3794 ... D96/TM** (EPSG 4765 + EPSG 4400 + EPSG 19845) – slovenski geodetski datum 1996, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – prečna Mercatorjeva projekcija,
- **EPSG 8687 ... D96/UTM** (EPSG 4765 + EPSG 4400 + EPSG 16033) – slovenski geodetski datum 1996, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – prečna Mercatorjeva projekcija, UTM-cona 33N, MGRS-cona 33T (skladno z Natovimi standardi se uporablja v Slovenski vojski),

- EPSG 25833 ... ETRS89/UTM33N (EPSG 4258 + EPSG 4400 + EPSG 16033) – geodetski datum ETRS89, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – prečna Mercatorjeva projekcija, UTM-cona 33N (skladno z direktivo INSPIRE se v delu Evrope, tudi za območje Slovenije, uporablja za karte meril, večjih od 1 : 500.000),
- EPSG 32633 ... WGS84/UTM33N (EPSG 4326 + EPSG 4400 + EPSG 16033) – geodetski datum WGS84, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – prečna Mercatorjeva projekcija, UTM-cona 33N, MGRS-cona 33T (skladno s svojimi standardi jo NATO uporablja v delu Evrope, tudi za območje Slovenije),
- EPSG 3034 ... ETRS89/LCC (EPSG 4258 + EPSG 4500 + EPSG 19985) – geodetski datum ETRS89, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – Lambertova konformna konusna projekcija (skladno z Direktivo INSPIRE se v Evropi uporablja za karte meril, manjših od 1 : 500.000),
- EPSG 3035 ... ETRS89/LAEA (EPSG 4258 + EPSG 4532 + EPSG 19986) – geodetski datum ETRS89, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – Lambertova ekvivalentna azimutalna projekcija (skladno z direktivo INSPIRE se v Evropi uporablja za prostorsko-statistične analize in poročanje),
- EPSG 3395 ... WGS84/WM (EPSG 4326 + EPSG 4400 + EPSG 19883) – geodetski datum WGS84, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – svetovna Mercatorjeva projekcija (skladno s standardi IHO se – razen na polarnih morjih – uporablja za pomorsko kartografijo in navigacijo, posebej za karte meril, manjših od 1 : 50.000),
- EPSG 8857 ... WGS84/EE (EPSG 4326 + EPSG 4400 + EPSG 8854) – geodetski datum WGS84, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – ekvivalentna Zemljina projekcija (uporablja se za svetovne zemljevide),
- EPSG 5195 ... TS/H (EPSG 1050 + EPSG 6499) – avstro-ogrski vertikalni datum 1875 (Trst 1875), sistem normalnih ortometričnih višin,
- **EPSG 5779 ... SVS2000/H** (EPSG 5177 + EPSG 6499) – slovenski vertikalni datum 2000, sistem normalnih ortometričnih višin,
- **EPSG 8690 ... SVS2010/H** (EPSG 1215 + EPSG 6499) – slovenski vertikalni datum 2010 (Koper 2010), sistem normalnih višin,
- EPSG 5730 ... EVRF2000/H (EPSG 5129 + EPSG 6499) – evropski vertikalni datum 2000, sistem normalnih višin (skladno z direktivo INSPIRE se v Evropi uporablja kot sistem za izmenjavo prostorskih podatkov),
- EPSG 5621 ... EVRF2007/H (EPSG 5215 + EPSG 6499) – evropski vertikalni datum 2007, sistem normalnih višin,
- EPSG 5864 ... MLLWS/D (EPSG 1086 + EPSG 6498) – srednja nižja nizka voda živih morskih men, sistem globlin (skladno s standardi IHO se uporablja tudi za slovenske elektronske navigacijske karte, glej Kete, Karničnik in Radovan, 2003),
- EPSG 7409 ... ETRS89/ $\phi\lambda$ +EVRF2000/H (EPSG 4258 + EPSG 5730) – geodetski datum ETRS89, sistem dvorazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat, kombiniran z evropskim vertikalnim datumom 2000, sistemom normalnih višin (skladno z direktivo INSPIRE se v Evropi uporablja kot sistem za izmenjavo prostorskih podatkov), in
- EPSG 7423 ... ETRS89/ $\phi\lambda$ +EVRF2007/H (EPSG 4258 + EPSG 5621) – geodetski datum ETRS89, sistem dvorazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat, kombiniran z evropskim vertikalnim datumom

2007, sistemom normalnih višin.

Zbirka EPSG vključuje še naslednje relevantne datumske **transformacije koordinat**:

- **EPSG 8689 ... D48/φλ → D96/φλ** – vsedržavna datumska transformacija med starim in novim slovenskim geodetskim datumom (pomik po X-osi 476,080 m, pomik po Y-osi 125,947 m, pomik po Z-osi 417,810 m, zasuk okoli X-osi $-4,610862''$, zasuk okoli Y-osi $-2,388137''$, zasuk okoli Z-osi $11,942335''$, sprememba merila 9,896638 ppm, metoda *Coordinate Frame rotation*; točnost transformacije je 1 m; za parametre po metodi *Position Vector transformation* glej Berk in Boldin, (2017),
- **EPSG 3918, 3919 in 3921 ... D48/φλ → D96/φλ** – regionalne datumske transformacije med starim in novim slovenskim geodetskim datumom (tri prostorske podobnostne transformacije z upoštevanjem višin točk; metoda *Coordinate Frame rotation*; točnost transformacije je okoli 0,5 m, pri čemer je Slovenija razdeljena na tri transformacijska območja),
- **EPSG 3922–3928 ... D48/φλ → D96/φλ** – regionalne datumske transformacije med starim in novim slovenskim geodetskim datumom (sedem prostorskih podobnostnih transformacij z upoštevanjem višin točk; metoda *Coordinate Frame rotation*; točnost transformacije je okoli 0,3 m, pri čemer je Slovenija razdeljena na sedem transformacijskih območij),
- **EPSG 3929–3941 in 3951–3961 ... D48/GK → D96/TM** – regionalne datumske transformacije med starim in novim slovenskim RKS-jem (24 ravninskih podobnostnih transformacij, metoda *Similarity transformation*; točnost transformacije je okoli 0,2 m, pri čemer je Slovenija razdeljena na 24 transformacijskih območij),
- **EPSG 8688 ... D48/φλ → WGS84/φλ** – vsedržavna datumska transformacija med starim slovenskim geodetskim datumom in geodetskim datumom WGS84 (parametri enaki kot pri transformaciji s kodo EPSG 8689; glede na deklarirano metrsko točnost transformacije predpostavlja, da sta D96 in geodetski datum WGS84 identična),
- **EPSG 1149 ... ETRS89/φλ → WGS84/φλ** – datumska transformacija med geodetskima datumoma ETRS89 in WGS84 (pomik po X-osi 0 m, pomik po Y-osi 0 m, pomik po Z-osi 0 m, metoda *Geocentric translations*; glede na deklarirano metrsko točnost transformacije predpostavlja, da sta geodetska datuma ETRS89 in WGS84 identična),
- **EPSG 15977 ... D96/φλ → ETRS89/φλ** – vsedržavna datumska transformacija med novim slovenskim geodetskim datumom in geodetskim datumom ETRS89 (pomik po X-osi 0 m, pomik po Y-osi 0 m, pomik po Z-osi 0 m, metoda *Geocentric translations*; D96 je slovenska realizacija geodetskega datuma ETRS89, tj. zgostitev EUREF na območju Slovenije, šteje se, da gre za identični datum),
- **EPSG 15976 ... D96/φλ → WGS84/φλ** – vsedržavna datumska transformacija med novim slovenskim geodetskim datumom in geodetskim datumom WGS84 (pomik po X-osi 0 m, pomik po Y-osi 0 m, pomik po Z-osi 0 m, metoda *Geocentric translations*; glede na deklarirano metrsko točnost transformacije predpostavlja, da sta D96 in geodetski datum WGS84 identična) in
- **EPSG 7938 ... ITRF96/XYZ → ETRF96/XYZ** – datumska transformacija med realizacijama ITRS in ETRS89 v času vzpostavitve D96 v Sloveniji (pomik po X-osi 4,1 cm, pomik po Y-osi 4,1 cm, pomik po Z-osi $-4,9$ cm ... 14-parametrična časovno odvisna transformacija; metoda *Time-Dependent Position Vector transformation*).

Vse navedene pretvorbe in transformacije koordinat so povratne (reverzibilne). Zadnja transformacija (EPSG 7938) v obratni smeri je boljša alternativa za transformacijo med D96 in WGS84, za katero je

bila privzeta kar identičnost obeh geodetskih datumov (glej predzadnjo transformacijo s kodo EPSG 15976). Realna točnost takšne transformacije (EPSG 7938) med D96 in WGS84 pa je okoli 0,1 metra, in sicer zaradi premikov tektonskih plošč na območju Slovenije (glede na stabilno Evrazijo) v več kot dveh desetletjih ter razlik med posameznimi realizacijami ITRS ter med realizacijami ITRS in WGS84. Potreba po takšni transformaciji se kaže na primer v letalstvu (satelitsko podprto vodeno pristajanje letal). Glede na zahtevano točnost okoli 0,5 metra (ICAO Manual, 2002, preglednici 2-1 in 2-2 ter poglavje 3.1) so namreč položajne razlike med realizacijami ETRS89 in ITRS (oziroma WGS84) od leta 1989, ko sta sistema sovpadala, do danes že presegle dopustno raven; razlike se povečujejo za približno 3 centimetre na leto.

Sestavni deli definicij vseh RKS-jev in transformacij med njimi so tudi območja njihove uporabe s posebnimi EPSG-kodami, ki pa jih tu ne navajamo. Navedene regionalne transformacije so lahko zanimive za spletne storitve in GIS-okolja na regionalni in občinski ravni. Podrobnejše opise kod in razdelitev Slovenije na regije pa lahko najdete na spletnih straneh Geodetske uprave Republike Slovenije (GURS, 2018). Podrobni opisi za vse EPSG-kode so dostopni na spletnih straneh IOGP (EPSG Registry, 2018).

Še pojasnila nekaterih uporabljenih angleških krajšav:

- GK ... Gauss-Krüger = Transverse Mercator (projection)
- GRS ... Geodetic Reference System
- EE ... Equal Earth (projection)
- ENC ... Electronic Navigation Chart
- EPSG ... European Petroleum Survey Group
- ETRF ... European Terrestrial Reference Frame
- ETRS ... European Terrestrial Reference System
- EUREF ... European Reference Frame
- EVRF ... European Vertical Reference Frame
- EVRS .. European Vertical Reference System
- GIS ... Geographic(al) Information System
- ICAO ... International Civil Aviation Organization
- IHO ... International Hydrographic Organization
- INSPIRE ... Infrastructure for Spatial Information in Europe
- ITRF ... International Terrestrial Reference Frame
- ITRS ... International Terrestrial Reference System
- LAEA ... Lambert Azimuthal Equal Area (projection)
- LCC ... Lambert Conic Conformal (projection)
- MGRS ... Military Grid Reference System
- MLLWS ... Mean Lower Low Water Spring (tides)
- NATO ... North Atlantic Treaty Organization
- NVN ... National Vertical Network
- SVS ... Slovenian Vertical System
- TM ... Transverse Mercator = Gauss-Krüger (projection)
- UELN ... United European Levelling Network

- UTM ... Universal Transverse Mercator (coordinate system)
- WGS ... World Geodetic System
- WM ... World Mercator (projection)

Še nekaj opomb k terminologiji. Zbirka EPSG sledi standardu ISO 19111 (Spatial Rereferencing by Coordinates), ki pozna referenčni koordinatni sistem – RKS (angl. *coordinate reference system – CRS*), koordinatni sistem – KS (angl. *coordinate system – CS*) in datum – D (angl. *datum*). Prehod med RKS-jema z različnima datumoma imenujemo transformacija koordinat (angl. *coordinate transformation*), glej sliko 1. V mednarodni geodetski skupnosti (IAG, EUREF, IERS idr.) pa je za RKS še vedno v rabi pojem referenčni sestav (angl. *reference frame – RF*, npr. ITRF), za KS pa referenčni sistem (angl. *reference system – RS*, npr. ITRS); pravimo, da referenčni sestav realizira referenčni sistem. Za prehod med referenčnima sestavoma je v rabi tudi pojem datumska transformacija (angl. *datum transformation*).

4 NALOGE ZA PRIHODNOST IN SKLEP

Med prihodnje nadgradnje zbirke EPSG spadajo vzpostavitev in vključitev datumskih transformacij med starim in novim višinskim referenčnim sistemom Slovenije ter med slednjim in zadnjo realizacijo EVRS, vzpostavitev in vključitev državnega globinskega datuma (angl. *chart datum*) in globinskega referenčnega sistema ter pretvorbe oziroma transformacije med višinskim in globinskim referenčnim sistemom. Smiselna bi bila določitev EPSG-kod za nekatere sestavljene RKS-je (angl. *compound coordinate reference system*), na primer za D48/GK+SVS2000/H in D96/TM+SVS2010/H. Mogoče bi veljalo poskusiti tudi z vključitvijo modela trikotniške transformacije (kot novo metodo transformacije, tj. *coordinate operation method*) in nato še slovenskega vsedravnega modela trikotniške transformacije, različica 4.0, s točnostjo transformacije, boljšo od 0,1 metra za pretežni del državnega ozemlja. Za takšno transformacijo sta trenutno na voljo brezplačna spletna aplikacija SiTrik (Kozmus Trajkovski in Stopar, 2017) za on-line transformacijo koordinat in brezplačni program 3tra (Berk, 2017a in 2017b) za transformacijo prostorskih podatkov v nekaterih bolj razširjenih podatkovnih formatih (shp, dxf, csv, txt, xyz, jpg, tif ...). Novo dodana optimalna vsedravnna 7-parametrična prostorska podobnostna transformacija (EPSG 8689) je namreč namenjena predvsem za hkratno prikazovanje prostorskih podatkovnih slojev na zaslону (v spletnih storitvah WFS, WMS ...), posebej v času prehoda na novi RKS, ko georeferenciranje v različnih zbirkah še temelji na različnih geodetskih datumih (D48 oziroma D96), ni pa primerna za dejansko transformacijo koordinat v podatkovnih zbirkah. Še posebej to velja za katastrske podatke.

Literatura in viri:

- Berk, S. (2017a). 3tra – brezplačni program za transformacijo prostorskih podatkov v novi referenčni koordinatni sistem Slovenije. *Geodetski vestnik*, 61 (4), 659–665.
- Berk, S. (2017b). 3tra: Trikotniška transformacija za Slovenijo. Uporabniški priročnik. Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije. http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/Transformacija_v_novi_koor_sistem/3tra.zip, pridobljeno 24. 10. 2018.
- Berk, S., Boldin, D. (2017). Slovenski referenčni koordinatni sistemi v okolju GIS. *Geodetski vestnik*, 61 (1), 91–101.
- EPSG Registry (2018). EPSG Geodetic Parameter Registry, različica 9.5.4. International Association of Oil & Gas Producers, <http://www.epsg-registry.org>, pridobljeno 24. 10. 2018.
- Featherstone, W. E., Claessens, S. J. (2008). Closed-Form Transformation between Geodetic and Ellipsoidal Coordinates. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 52 (1), 1–18. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11200-008-0002-6>.
- GURS (2018). Portal Prostor, EPSG kode za Slovenijo. Geodetska uprava Republike Slovenije. <http://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/drzavni-koordinatni-sistem/epsg-kode-za-slovenijo/>, pridobljeno 12. 11. 2018.
- ICAO Manual (2002). World Geodetic System – 1984 (WGS-84) Manual. International Civil Aviation Organization. <https://gis.icao.int/egamp/webpdf/REF08-Doc9674.pdf>, pridobljeno 24. 10. 2018.

- INSPIRE Guidelines (2014). INSPIRE Data Specification on Coordinate Reference Systems – Technical Guidelines. INSPIRE Thematic Working Group Coordinate Reference Systems & Geographical Grid Systems. https://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_RS_v3.2.pdf, pridobljeno 24. 10. 2018.
- IOPG (2018). EPSG Dataset / What is new. International Association of Oil & Gas Producers. <http://www.epsg.org/EPGDataset/WhatisNew.aspx>, pridobljeno 24. 10. 2018.
- Kete, P., Karničnik, I., Radovan, D. (2003). Elektronska navigacijska karta (ENC) Koprskega zaliva. Geodetski vestnik, 47 (3), 231–239.
- Kozmus Trajkovski, K., Stopar, B. (2017). SiTrik – Trikotniška transformacija, v4. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. <http://sitranet.si/sitrik.html>, pridobljeno 24. 10. 2018.
- Medved, K., Berk, S. (2017). Proti novi realizaciji ETRS89. Geodetski vestnik, 61 (2), 293–295.
- Sjöberg, L. E. (2008). A Strict Transformation from Cartesian to Geodetic Coordinates. Survey Review, 40 (308), 156–163. DOI: <https://doi.org/10.1179/003962608X290942>.
- Šavrič, B., Patterson, T., Jenny, B. (2018). Ekvivalentna Zemljina kartografska projekcija. Geodetski vestnik, 62 (3), 487–490.

Sandi Berk, univ. dipl. inž. geod.
 Geodetska uprava Republike Slovenije
 Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
 e-naslov: sandi.berk@gov.si

Dr. Bojan Šavrič, univ. dipl. inž. geod.
 Esri, Inc., 380 New York Street
 Redlands, CA 92373 Kalifornija, ZDA
 e-naslov: bsavric@esri.com

Mag. Danijel Boldin, inž. geod., univ. dipl. org. inf.
 Geodetska uprava Republike Slovenije,
 Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
 e-naslov: danijel.boldin@gov.si

PODATKI EVIDENC GEODETSKE UPRAVE Z NOVIMI KOORDINATAMI

THE SURVEYING AND MAPPING AUTHORITY DATASETS WITH NEW COORDINATES

Marijana Vugrin, Tomaž Petek

1 NOVI HORIZONTALNI KOORDINATNI SISTEM IN ZAKONSKA DOLOČILA

Z Zakonom o državnem geodetskem referenčnem sistemu (ZDGRS, 2014) je bil opredeljen državni geodetski referenčni sistem ter naloge in pristojnosti za njegovo vzpostavitev, vodenje in vzdrževanje. Parametri horizontalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema (slika 1) so bili določeni z uredbo (Uredba, 2014). Tako smo že leta 2014 imeli zakonsko opredeljen novi horizontalni koordinatni sistem, poimenovan D96/TM. Ime je sestavljeno iz oznake geodetskega datuma (1996) in kartografske projekcije (TM označuje prečno Mercatorjevo projekcijo).



Slika 1: Parametri novega horizontalnega koordinatnega sistema D96/TM.

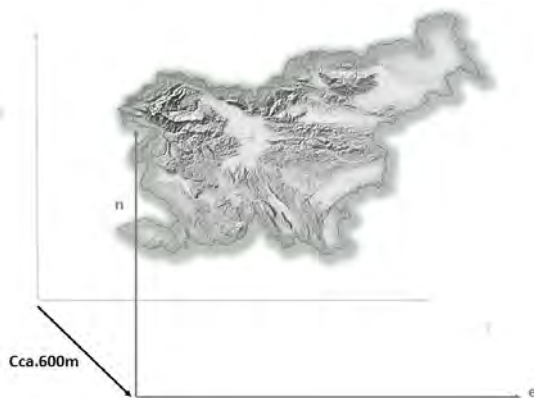
V zakonu je bila opredeljena tudi obveznost transformacije podatkov iz uradnih evidenc, ki jih vodi Geodetska uprava RS, in podatkov drugih zbirk prostorskih podatkov. Za posamezne zbirke naj bi se začel postopek transformacije že tri mesece po uveljavitvi zakona, za nepremičninske evidence pa je bil določen skrajni datum, in sicer 23. november 2017. Upravljalci drugih zbirk prostorskih podatkov naj bi zagotovili izdajo podatkov s koordinatami v novem koordinatnem sistemu do konca leta 2018.

Transformacija podatkovnih zbirk, katerih skrbnik je geodetska uprava, se je zaradi zapletenosti postopka nekoliko zamaknila, tako bodo vsi podatki zbirk geodetske uprave imeli koordinate v novem koordinatnem sistemu konec letošnjega leta, za druge zbirke prostorskih podatkov pa je kot končni mejnik določeno leto 2021.

2 TRANSFORMACIJA V NOVI KOORDINATNI SISTEM

Za prehod na nov horizontalni koordinatni sistem je morala geodetska uprava izvesti naslednje aktivnosti:

- določila je lastnosti (parametre) novega koordinatnega sistema,
- določila je koordinate izbranim temeljnim geodetskim točkam v novem koordinatnem sistemu (geodetski datum),
- vzpostavila je model transformacije med starim in novim koordinatnim sistemom (slika 2),
- preverila je model transformacije na testnih območjih po vsej državi,
- pripravila je načrt za izvedbo transformacij zbirk podatkov, ki jih vodi,
- pripravila je aplikacije za transformacijo podatkov drugih prostorskih evidenc in
- pričela transformacijo podatkov evidenc, ki jih vodi.



Slika 2: Ozemlje naše države ter izhodišče starega in novega koordinatnega sistema.

Kot transformacijski model za transformacijo za večino podatkov, ki jih vodi geodetska uprava, je slednja določila vsedrjavni model trikotniške transformacije, v katerem je upoštevana tudi popačenost starega sistema D48/GK (odstopanja zaradi nepravilnosti starega sistema so do 1 m).

Značilnosti te transformacije so (Berk, 2017):

- temelji na pravilni trikotniški mreži in virtualnih veznih točkah,
- izvaja se v obe smeri (iz starega v novi koordinatni sistem in nasprotno), pri čemer je zagotovljena povratnost (reverzibilnost) transformacije,
- deformacije dolžin so manjše od 6 cm/km,
- deformacije površin so manjše od 0,9 m²/ha in
- točnost transformacije je višja od 10 centimetrov za pretežni del ozemlja države.

Transformacija po vsedrjavnem modelu trikotniške transformacije se izvaja zaporedoma (transformira se točka za točko) in vključuje:

- iskanje območja transformacije (trikotnika), v katerem je točka, ki jo želimo transformirati, in
- transformacijo točke z ravninsko afino transformacijo s parametri za dani trikotnik.

Do poletja 2018 so bile transformirane koordinate v zbirkah topografskih podatkov, državnega ortofota, registra zemljepisnih imen, digitalnega modela površja in digitalnega modela višin. Transformacija centralne baze geodetskih točk in evidences državne meje ni potrebna, saj so koordinate že določene v novem

koordinatnem sistemu. Do konca leta bo geodetska uprava izvedla še transformacijo podatkov zemljiškega katastra, katastra stavb, registra nepremičnin, registra prostorskih enot, zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture in zbirke vrednotenja nepremičnin. Transformacija zemljiškega katastra in katastra stavb se izvaja v okviru projekta *Transformacija v novi koordinatni sistem*, uvrščenega med projekte, ki se izvajajo v okviru programa eProstor.

Oznaka koordinat v starem koordinatnem sistemu je y in x , v novem pa e in n . Po transformaciji se bodo poleg oznake spremenile numerične vrednosti koordinat. Vrednosti koordinate iste točke v novem koordinatnem sistemu se razlikujejo od koordinat v starem koordinatnem sistemu za približno 370 metrov v smeri V–Z in 485 metrov v smeri S–J. Če si ogleđamo koordinate piranske Punte v starem koordinatnem sistemu, imajo vrednosti 388.128,15 (y) in 43.892,58 (x), v novem koordinatnem sistemu pa 387.755,26 (e) in 44.379,41 (n). Če bi koordinate novega koordinatnega sistema obravnavali kot koordinate v starem koordinatnem sistemu, bi se namesto na piranski Puntzi znašli v morju – približno 600 metrov od obale. Če bi koordinate starega koordinatnega sistema obravnavali kot koordinate novega koordinatnega sistema, pa bi se namesto na piranski Puntzi znašli v bližini Pomorskega muzeja Sergej Mašera v središču Pirana (slika 3).



Slika 3: PrIMERJAVa numerične vrednosti koordinat novega in starega koordinatnega sistema za piransko Puntzo (Brošura, 2018).

Geodetska uprava v okviru transformacije v novi koordinatni sistem vsem upravljavcem in uporabnikom prostorskih podatkov zagotavlja brezplačno uporabo programske opreme za transformacijo prostorskih podatkov iz starega v novi državni koordinatni sistem in nasprotno na podlagi vsedravnega modela trikotniške transformacije. Na voljo sta dva programa, ki sta dostopna na spletnih straneh geodetske uprave (Portal Prostor, 2018):

- SiTrik – spletni program za »online« transformacijo koordinat posamezne točke ali skupine točk in
- 3TRA – program za transformacijo najbolj razširjenih vektorskih in rastrskih formatov prostorskih podatkov.

Geodetska uprava je pripravila tudi transformacijske parametre Helmertove podobnostne 7-parametrične transformacije z upoštevanjem višin točk ali brez njihovega upoštevanja in parametre Helmertove podobnostne 4-parametrične transformacije, ki se uporablja, ko zadostuje metrska ali nekajdecimetrska točnost

transformacije. Te transformacije so izvedljive z GIS-orodji (npr. Berk in Boldin, 2017). Parametri se razlikujejo glede na velikost območja, kjer se bo izvajala transformacija, in sicer so na voljo parametri za ozemlje celotne države ter za tri, sedem in štiriindvajset regij. Parametri so objavljeni na spletnih straneh geodetske uprave (Portal Prostor, 2018).

3 KAKO PO TRANSFORMACIJI

Po izvedenih transformacijah bo geodetska uprava vodila in vzdrževala podatke v produkcijskih okoljih v novem koordinatnem sistemu. Podatki v distribucijskem okolju pa bodo še vedno (predvidoma do leta 2021) na voljo v starem koordinatnem sistemu. Geodetska podjetja ali upravljavci zbirk podatkov, ki morajo podatke posredovati geodetski upravi, pa bodo po izvedeni transformaciji oddajali podatke, ki bodo imeli določen položaj samo še v novem koordinatnem sistemu.

Tako so bili že objavljeni novi izmenjevalni formati za zemljiški kataster, kataster stavb in zbirni kataster GJI ter datumi, od kdaj naprej »samo še v prostoru z novim koordinatnim sistemom«. Pri zbirnem katastru GJI je ta datum 3. 12. 2018, pri zemljiškem katastru in katastru stavb pa 19. 12. 2018.

Literatura in viri:

- Berk, S., Boldin, D. (2017). Slovenski referenčni koordinatni sistemi v okolju GIS. Geodetski vestnik, 61 (1), 91–101.
- Berk, S. (2017). 3tra – brezplačni program za transformacijo prostorskih podatkov v novi referenčni koordinatni sistem Slovenije. Geodetski vestnik, 61 (4), 659–665.
- Brošura (2018). Transformacija v novi koordinatni sistem – naš svet, v eno mrežo vpet. Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava RS. 2018.
- Portal Prostor (2018). Državni koordinatni sistem. <http://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/drzavni-koordinatni-sistem/>, pridobljeno 24. 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. 57/2014.
- ZDGRS (2014). Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu. Uradni list RS, št. 25/2014.

Mag. Marijana Vugrin

Digi data, d. o. o.
Delavska cesta 24, SI-4208 Šenčur
e-naslov: marijana@digidata.si

Tomaž Petek

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

AVTOMATIZACIJA REGISTRACIJE STAVB »NA KVADRAT« ... AUTOMATIZATION OF BUILDING REGISTRATION "SQUARED" ...

Joc Triglav

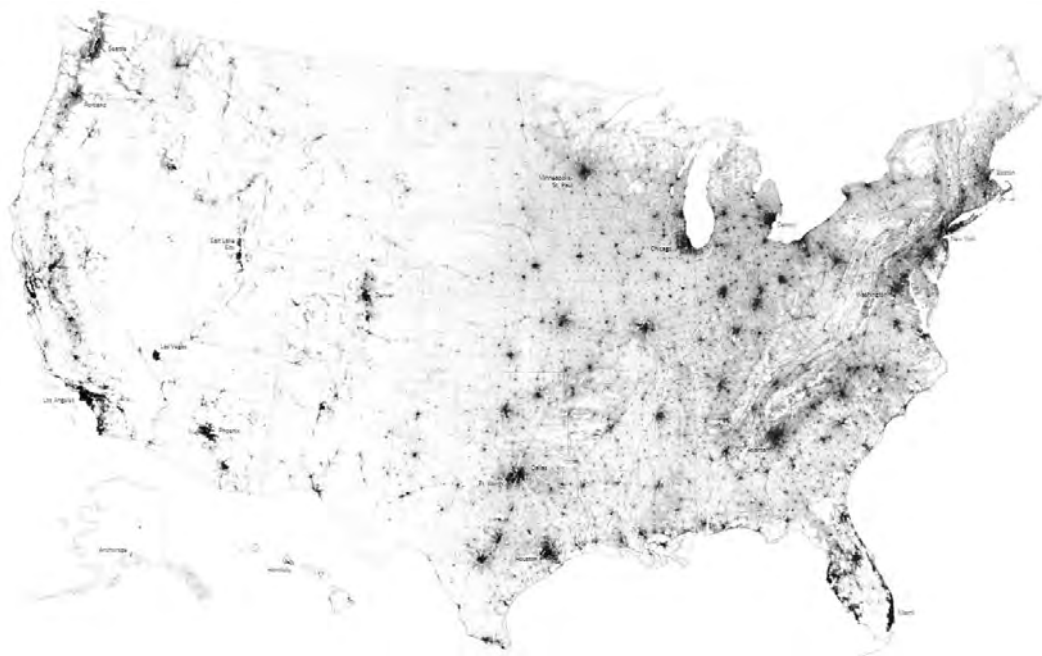
1 UVOD

Dne 28. junija letos so iz Microsofta sporočili, da so v njihovem podjetju Bing Maps na podlagi obsežnih vlaganj v tehnike globokega učenja (angl. *deep learning* – DL), računalniškega vida (angl. *computer vision* – CV) in umetne inteligence (angl. *artificial intelligence* – AI) vzpostavili okolje za avtomatizirano podporo različnim iskalnim, izbirnim in razločevalnim postopkom. Njihovi strokovnjaki za računalniški vid med drugim uporabljajo te tehnike in orodja za povečanje pokritosti digitalnih kart z obrisi tlorisov stavb za odprtokodno spletno kartografsko aplikacijo OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org/>). Tako so konec junija letos v skupnosti OpenStreetMap izdali obrise tlorisov v formatu GeoJSON za kar 125.192.184 stavb (ja, prav ste prebrali: 125 milijonov!) v vseh zveznih državah ZDA (z le minimalno pokritostjo Aljaske). Za primerjavo: OpenStreetMap je imel pred tem v svoji bazi za ZDA »le« dobrih 30 milijonov stavb.

2 ORODJARNA COGNITIVE TOOLKIT

Pri izdelavi obrisov tlorisov stavb so se oprli na odprtokodno poenoteno spoznavno orodjarno Cognitive Toolkit, prej znano pod imenom CNTK Unified Toolkit (<https://github.com/Microsoft/CNTK> in <https://www.microsoft.com/en-us/cognitive-toolkit/>). Za zaznavanje in razvrščanje obrisov tlorisov so uporabili globoke nevronske mreže (angl. *deep neural networks* – DNN) in ResNet34 (<https://github.com/Microsoft/CNTK/blob/master/PretrainedModels/Image.md#resnet>), prednaučeni slikovni model (angl. *CNTK pre-trained image models*) z metodologijo RefineNet (<https://arxiv.org/pdf/1611.06612.pdf>).

Če strnemo zgornje informacije, bi lahko rekli takole: računalniški inženirji pri Bing Maps so v prvem koraku z ogromnim številom ponavljanj in primerjav naučili nevronske mrežo analizirati in pomensko razločevati vsebino posnetkov daljinskega zaznavanja ter jih v drugem koraku z zbirko pravil naučili še matematike in geometrije za izrisovanje obrisov tlorisov stavb po vsej državi. Rezultat obdelave so torej poligoni stavb za celotne ZDA, kot jih vidimo na spodnji sliki (slika 1).



Slika 1: Globalni prikaz zajetih 125 milijonov obrisov tlorisov stavb v ZDA (vir za zajem slike: <https://github.com/Microsoft/USBuildingFootprints/>).

3 POMENSKO RAZLOČEVANJE STAVB

Učni nabor vzorčnih slik, ki so ga uporabili za prednaučeni slikovni model, vsebuje približno pet milijonov poimenovanih slikovnih vzorcev z urbanih območij in različnih drugih območij, kot so hribovja, ledeniki, gozdovi, puščave, plaže, obale itd. Slike so velikosti 256×256 pikselov z ločljivostjo 1 čevlj/1 piksel. Kot smo že omenili, so v prvem koraku izvedli pomensko razločevanje, pri katerem so s tehniko primerjalnih napovedi odbrali in označili skupine pikselov, ki predstavljajo tlorise stavb (slika 2).

Prva faza – pomensko razločevanje



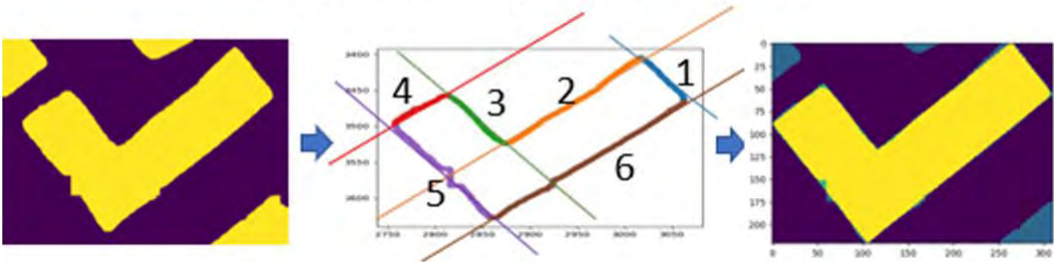
Slika 2: Prva stopnja – pomensko razločevanje slikovnih vsebin z globokimi nevronskimi mrežami (DNN) in prednaučenim slikovnim modelom ResNet34 (vir slike: <https://github.com/Microsoft/USBuildingFootprints/>).

4 POLIGONIZACIJA STAVB

Nato so iz »napovedanih« stavb izločili smeti in sumljive rezultate (angl. *false positives*) ter uporabili algoritem za poligonizacijo, s katerim so določili robove tlorisov stavb in lomne kote stavbnih likov, da so v skladu z vgrajenimi pravili izrisali pravilne obrise tlorisov stavb. Metoda poligonizacije (slika 3) ima vgrajenih nekaj prednastavljenih pravil in omejitev, na primer:

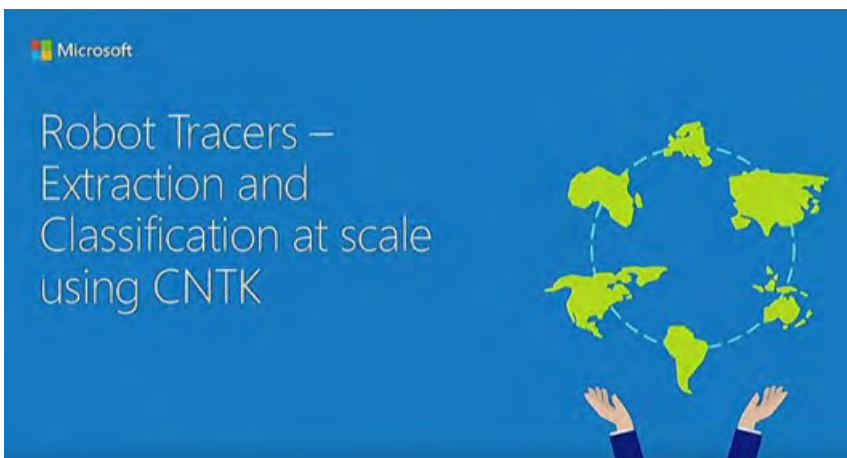
- stranice stavb morajo biti dolge vsaj 3 metre;
- najverjetnejši koti v vogalih stavb so 90 stopinj;
- zaporedni koti stavb ne smejo biti preostri, na primer manjši od 30 stopinj;
- stavbi se določi zasok glede na azimut prevladujočih stranic, druge stranice stavbe s prevladujočo stranico praviloma tvorijo kote $\pm n\pi/2$.

Druga faza - poligonizacija



Slika 3: Druga stopnja – poligonizacija, s katero se določi praviloma pravokotni obris tlorisov stavb (vir slike: <https://github.com/Microsoft/USBuildingFootprints>).

Opisani postopek je bil podrobneje predstavljen na letni konferenci odprtokodnih rešitev International State of the Map konec julija letos v Milanu v Italiji (video <https://www.youtube.com/watch?v=q602O9VGy3A>, od 2.32 do 2.57, avtor Nikola Trifunović, nitrif@microsoft.com).



Slika 4: Predstavitve samodejnega izrisovanja in razvrščanja obrisov tlorisov stavb iz slik daljnega zaznavanja z digitalnim sledenjem in uporabo spoznavnih orodij tehnologije CNTK je bila ena od tem, predstavljenih na letni konferenci odprtokodnih rešitev International State of the Map julija letos v Milanu v Italiji (vir slike: <https://2018.stateofthemap.org/>).

Stavbe opisanega samodejnega zajema si lahko prosto ogledujemo na spletnem portalu ArcGIS (slika 5) podjetja ESRI, na spletni strani z naslovom Microsoft Building Footprints – Tiles.



Slika 5: Zajete stavbe za ZDA so prosto dostopne v spletnem vpogledu orodja ArcGIS – na sliki je prikazano območje Beverly Hills v Los Angelesu v Kaliforniji (vir slike: <https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?layers=f40326b0de-a54330ae39584012807126>).

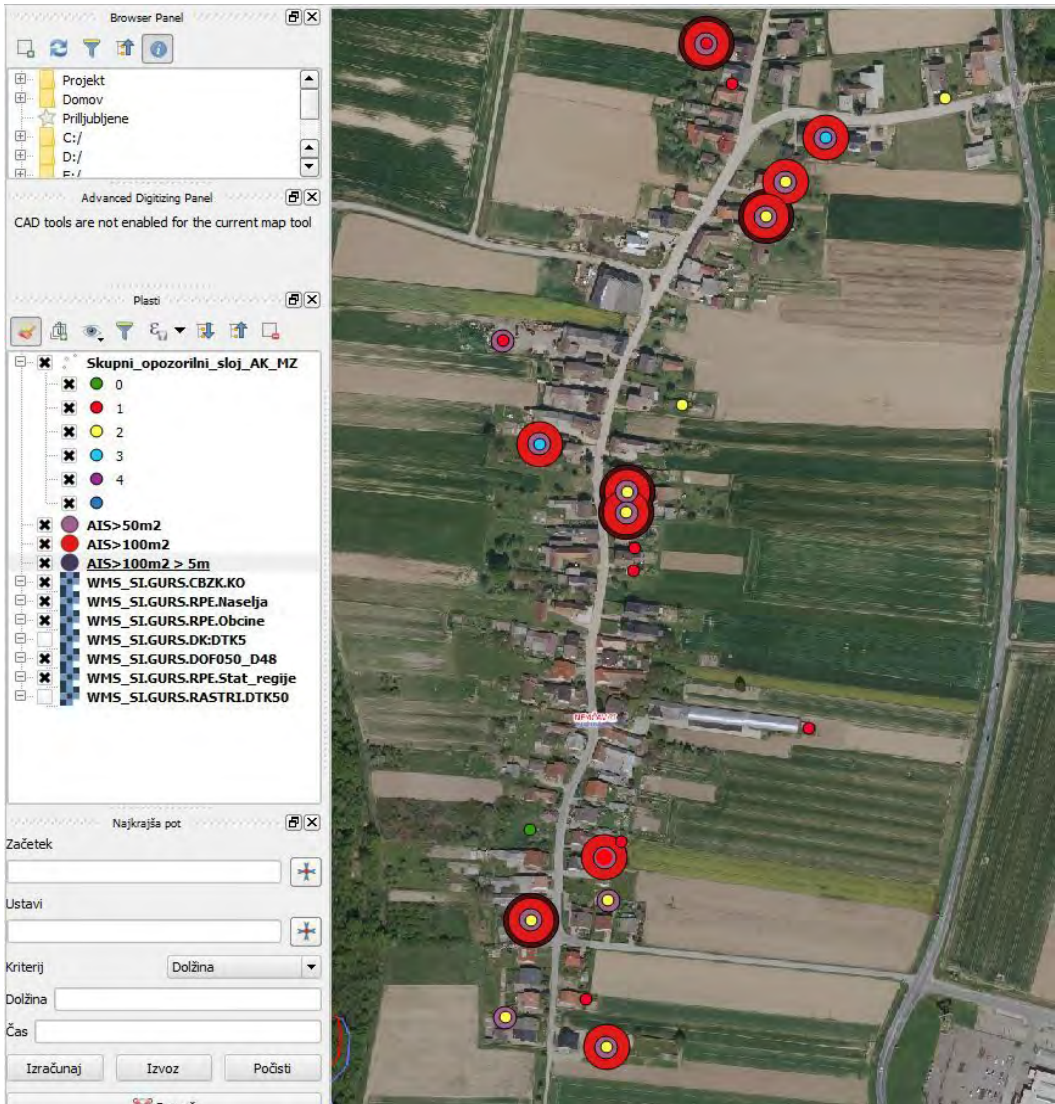
5 PRESKOK V SLOVENIJO

Kot je razvidno iz uvodnih odstavkov tega članka, so opisane aplikacije in rešitve odprtokodne in brezplačno dostopne na portalu Github, na povezavi <https://github.com/Microsoft/CNTK>, in pri Microsoftu, na povezavi <https://www.microsoft.com/en-us/cognitive-toolkit/>. Pri Microsoftu in Bing Maps so se torej učili in naučili, kako samodejno iz satelitskih slik »naloviti«
obrise tlorisov stavb ter to znanje in tehnologijo brezplačno dali vsem na razpolago, vključno z vsemi podatki. Mi v Sloveniji to znanje in tehnologijo lahko vsaj poskusimo uporabiti pri projektu ciklične samodejne identifikacije stavb (AIS), ki še niso v geodetskih evidencah, in rezultate javno objaviti v posebnem sloju na spletnih portalih geodetske uprave, kot sta Preg in Javni vpogled v podatke o nepremičninah. Znanja za to je na naši geodetski fakulteti in Geodetskem inštitutu dovolj, zagnanih strokovnjakov za take naloge pa tudi.

Nekaj razlogov, ki govorijo v prid temu:

1. Imamo državni ortofoto odlične in kontrolirane enotne kakovosti, s slikovnimi elementi – pikslji ločljivosti 0,25 m. Opisana tehnologija je optimizirana na ločljivost 1 čevelj / 1 piksel, to je 0,30 m na piksel. Naši ortofoti so časovno kontrolirano izdelani. Nabor satelitskih posnetkov Bing Maps pa je različne prostorske ločljivosti in iz različnih časovnih obdobj. Z uporabo opisane tehnologije bodo rezultati praviloma boljši ali vsaj enaki opisanim.
2. Po izkušnjah strokovnjakov Bing Maps so rezultati zajema obrisov tlorisov stavb dovolj kakovostni za široko praktično uporabo v različne namene. Če komu od naših uporabnikov ali lastnikom po-

- sameznih stavb dobljeni obris tlorisa ne bo všeč, mu bomo mirno lahko rekli, da »se podarjenemu konju ne gleda v zobe«, in ga napotili, naj svojo zakonsko obveznost evidentiranja izpolni tako, da si stavbo na lastne stroške evidentira na običajen posamični način s terenskimi geodetskimi meritvami.
3. V Sloveniji imamo geodeti kakovostne višinske podatke stavb na podlagi lidarskih snemanj, vsaj za stavbe, ki so že stale leta 2015. Kombinacija lidarskih podatkov o višini stavbe in obrisa tlorisa stavbe nas v teh primerih lahko avtomatizirano pripelje do enostavnih 3D-primitivnih oblik stavb. Potem si bomo pri delu lahko pomagali še s čisto drugačnimi prikazi, kot jih lahko uporabljamo zdaj (slika 6).



Slika 6: Primer prikaza podatkov obstoječe samodejne identifikacije neevidentiranih stavb AIS2017 po kategorijah: 1 – nove stavbe, 2 – spremenjene stavbe, 3 – porušene stavbe in 4 – stavbe samo s centroidom. Dodatno so s povečanimi krogi označene stavbe, večje od 50 m², večje od 100 m² in višje od 5 m (vir podatkov: GURS).

4. Delo na področju evidentiranja doslej neevidentiranih stavb v začetni položajni in vsebinski kakovosti, ki bi povsem zadoščala za namene množičnega vrednotenja nepremičnin, bi lahko zastavili popolnoma avtomatizirano in temu prilagodili določila novega Zakona o katastru nepremičnin. Na primer:
- za vsako stavbo AIS z atributom SPREM = 1, 2 se v okviru AIS izdelata samodejni obod tlorisa = obrisa stavbe za začasno informativno evidentiranje obrisa tlorisa stavbe v KS/REN;
 - za vsako novo stavbo (atribut SPREM = 1) se že v postopku AIS samodejno določijo identifikatorji številke stavb za vpis v minimalni zajem KS;
 - za stavbe AIS z atributom SPREM = 1 – nova stavba in SPREM = 2 – spremenjena stavba se samodejno določi faktor višine FV (npr. $FV = INT(H / 3)$, FV pomeni število etaž) in nato na podlagi podatka o površini tlorisa stavbe PT in faktorja višine stavbe FV samodejno določi tudi okvirna površina dejanske rabe za minimalni vpis v REN po formuli $FV \times PT \times 0,9$ – na primer, če sta višina stavbe 7,2 m in tlorisna površina 100 m²: $FV = 7,2 / 3 = 2$ (zaokroženo), $PT = 100 \text{ m}^2 \rightarrow$ površina dejanske rabe je $100 \text{ m}^2 \times 2 \times 0,9 = 180 \text{ m}^2$; ta površina se samodejno vpiše v minimalni zajem KS; če ni podatka o višini stavbe, se za FV privzame vrednost 1;
 - k vsaki stavbi (za attribute SPREM = 1, 2, 3, 4) se v tabelo samodejno zapiše tudi pripadajoča parcela in k. o. iz katastra (v prihodnje pa tudi šifra poligona stavbnega zemljišča iz ESZ – evidence stavbnih zemljišč);
 - podatki AIS se samodejno razdelijo na kategoriji A in B, tj. A – tlorisno velike in B – tlorisno majhne stavbe (mejo med kategorijama A in B izkusveno določi GURS, na primer mejna vrednost med kategorijama je površina tlorisa 50 m²);
 - v postopku AIS se samodejno prednatisnejo obrazci REN za vse stavbe z atributom SPREM=1, 2 (za obe kategoriji A – tlorisno velike in B – tlorisno majhne stavbe) → obrazci se samodejno centralno razpošljejo v dopolnitev lastnikom stavbam pripadajočih parcel;
 - v postopku AIS se samodejno natisnejo pozivi k evidentiranju za vse stavbe z atributom SPREM = 1, 2 (v prvi fazi za kategorijo A – tlorisno velike stavbe in v drugi fazi za kategorijo B – tlorisno majhne stavbe) → pozivi se samodejno centralno razpošljejo lastnikom parcel, časovni razpored in intervali razpošiljanja se določijo glede na količine stavb na območjih posameznih OGU/GP in zmogljivosti posameznih OGU/GP.
5. Na območnih geodetskih upravah kritično primanjkuje ljudi, zahtevnih del in vsebinsko zapletenih nalog je vse več, kar maksimalno avtomatizacijo zgoraj opisanih množičnih opravil več kot upravičuje.

6 ZA KONEC

Za konec pa za presenečenje še ponazoritev »sožitja« geolociranih posnetkov Google StreetView s podatki grafike mej zemljiškega katastra na primeru iz vasi Bratonci v Prekmurju. Grafika katastra je prenesena v Google StreetView z zapisom grafike v .kml-format in potem uvozom .kml-datoteke katastra v Google-Earth. Ujemanje obeh grafičnih vsebin je tako presenetljivo dobro, da geodetsko dušo spravi v dobro voljo. Seveda pa se kombinacija ne »posreči« vedno tako dobro.



Slika 7: Združeni prikaz Google StreetView in grafike zemljiškega katastra. Katastrske meje so na sliki vidne kot tanke bele črte na tleh ob ograjah (vir slike: posnetek StreetView in podatki katastra GURS).

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

KONEC MALE LEDENE DOBE V OČEH TRIGLAVSKIH PRVOPRISTOPNIKOV IN GEODEZIJE

THE END OF THE LITTLE ICE AGE IN THE EYES OF THE TRIGLAV'S FIRST MOUNTAINEERS AND GEODESY

Mihaela Triglav Čekada

1 UVOD

Iztočnica za pričujoči članek je razmišljanje Joca Triglava (2018) o planinski geodetski poti iz prve letošnje številke Geodetskega vestnika. V njej opiše tudi prigodo stotnika Antonia van Bosia, ki je v letu 1822 dal za izmero vrha Triglava na njem postaviti leseno triangulacijsko piramido ter med izvedbo samih meritev doživel tudi prvo smrtno žrtev na Triglavu. Ker pa je letošnje leto tudi 240-letnica prvega dokumentiranega pristopa na Triglav, bomo v članku pogledali na naše gore in ledenike skozi oči prvopristopnikov. Van Bosiova skupina je bila po Miri Marko Debelakovi - Deržaj (1947–1949) štirinajsta dokumentirana skupina, ki je stopila na vrh Triglava po letu 1778, ko so nanj prvi zlezli štirje srčni možje iz Bohinja: Luka Korošec, Matevž Kos, Štefan Rožič in Lovrenc Willomitzer. Nesrečni član Bosiove skupine Anton Korošec, ki ga je ubila strela, pa je bil tudi sorodstveno povezan s prvopristopnikom Luko Korošcem – bil je njegov sin.

Zakaj se je takrat izvajala geodetska izmera, kaj so takratni raziskovalci gora iskali v gorah, kakšni so bili takrat ledeniki, ki so jih morali velikokrat prečiti, in kje najdemo vse te meritve danes, bomo pojasnili v pričujočem prispevku.

2 KDO JE MERIL GORE IN ZAKAJ?

Za natančen prepis prigod stotnika Antonia van Bosia, nekatere najzanimivejše dele je omenil že Joca Triglav (2018), je v letu 1823 poskrbel vitez Jožef Anton Jacomini (-Holzapfel-Waasen) in celotnega najdemo v Kugyjevi knjigi *Pet stoletij Triglava* (1979). Kugy (1979, str. 60) omenja, da je bil opis van Bosiove prigode, ki jo je sestavil vitez Jacomini, zelo dramatičen in je že ob prvi objavi požel obilo ponatisov, vključujoč čitanke za mladino. Tako je prav Kugy že v mladih letih naletel na to zgodbo v svoji čitanki v Trstu.

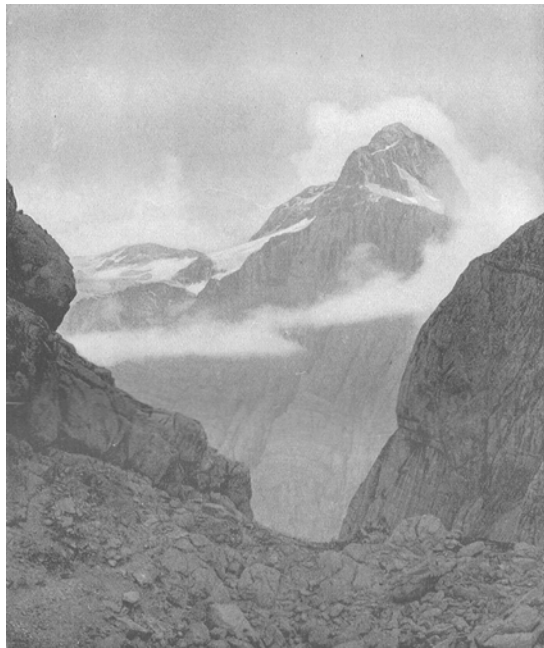
V knjigi *Pet stoletij Triglava* podaja Kugy tudi opis, kam je spadala van Bosiova izmera (Kugy, 1979, str. 61):

»Katastrske meritve na Kranjskem so se določale leta 1822. Pri trianguliranju so bili zaposleni le častniki. Pozneje pa se je njihovo sodelovanje omejilo na to, da so sestavljali samo trigonometrično mrežo vrhov prvega reda. Vrhove druge in tretje vrste so merili trigonometri iz katastrskih uradov. Trigonometrične meritve v okolici Triglava so zaupali stotniku van Bosiu.«

Lesena triangulacijska piramida, ki so jo postavili van Bosievi pomočniki v letu 1822, pa je bila zelo trdno zgrajena. Saj je vsaj deloma zdržala do avgusta 1831, ko je na vrhu obstajalo še nekaj lesenih tramov, iz katerih so vlekli žeblje za spomin, navaja von Hermannsthal v svojem opisu pristopa na Triglav (Kugy, 1979, str. 148). Dele tramov razdrte Bosieve piramide omenjajo še obiskovalci Triglava iz let 1832, 1933, 1951 ter zadnje ostanke še celo v 1861 (Debelakova - Deržaj, 1947–1949).

Glede na podano letnico izmere, 1822, lahko sklepamo, da se je van Bosieva izmera uvršala med katastrsko izmero, ki jo na spletnem portalu historičnih kart Mapire (Mapire.eu) najdemo pod imenom Katastrska izmera Habsburškega imperija iz 19. stoletja (angl. *Habsburg Empire – Cadastral maps (XIX. century)*). Nekaj let kasneje, med letoma 1829 in 1835, se je Kranjska še enkrat merila in kartirala v okviru druge vojaške izmere Ilirije, ki jo na portalu Mapire najdete pod imenom *Illyria (1829–1835) – Second military survey of the Habsburg Empire*. Na tej karti je tudi Triglavski ledenik (slika 6). Na drugi vojaški izmeri so na severni strani Kanina še Kaninski ledeniki (slika 7), le da so ti takrat spadali v provinco Lombardija, Benetke, Parma in Modelna, ki so jo izmerili in kartirali že med letoma 1818 in 1829 (Timár et al., 2006). Triglavski in Kaninski ledeniki so prikazani še na kartah tretje vojaške izmere, ki so bile izdelane med letoma 1869 in 1887. Na portalu Mapire tretjo vojaško izmero najdete pod imenom *Habsburg Empire (1869–1887) – Third Military Survey* v dveh različicah merila 1 : 25.000 in 1 : 75.000. Ker je bil Kanin od leta 1866 na meji Avstro-Ogrske, so njegovi ledeniki izrisani samo na kartah merila 1 : 75.000, ne pa tudi na podrobnejših merila 1 : 25.000, kot je Triglavski ledenik.

Še pred drugo in tretjo vojaško izmero, med letoma 1763 in 1787, so območje Habsburške monarhije kartirali v okviru prve vojaške izmere, na portalu Mapire jo najdemo na kartah, imenovanih *Europe in the XVIII. Century*. Na kartah prve vojaške izmere ni ledenikov, zato je ne bomo posebej omenjali.



Slika 1: Triglavski ledenik pred letom 1925 iz originalne Kugyjeve knjige (avtor: Emil Klauer - Klagenfurt, vir: Kugy, 1925).

Vse navedene karte so na spletnem portalu zgodovinskih kart Mapire pretvorjene v koordinatni sistem WGS84 s položajno natančnostjo od 150 do 200 metrov (Timár et al., 2006). Spletni portal omogoča neposredno primerjavo z današnjim stanjem prek podlog OpenStreetMap in satelitskih posnetkov HERE. Sam portal Mapire je po letu 2005 doživel razcvet in ni več omejen na območje Avstro-Ogrske kot ob nastanku, ampak na njem najdemo tudi stare karte drugih evropskih držav in mest. Kot zanimivost omenimo še, da so pred kratkim za Budimpešto dodali še ortorektificirane arhivske aerofotografije iz leta 1944 (Biszak et al., 2017).

Pa se vrnimo k tretji vojaški izmeri Kanina, ki jo s Triglavom povezujeta dve zanimivosti: prva je, da so tudi pod Kaninom zelo majhni ledeniki, podobni triglavskemu, druga pa je bolj žalostne narave, saj je tudi na Kaninu strela ubila nekoga, ki je bil povezan z geodetsko izmero. Kot pravi Kugy (1979, str. 62):

»Dvainšestdeset let pozneje je grozljiva prigoda stotnika Bosia dobila svoje žalostno dopolnilo na nekem drugem vrhu Julijcev. 7. avgusta 1884 je strela ubila inženirja vojno-geografskega inštituta Francesca Domeniconija na vrhu Kanina.«

Kasneje so temu zemljemercu postavili na enem izmed vrhov Kanina spominsko ploščo. Kugy se iz svojih pristopov na Kanin spominja (Kugy, 1968, str. 167):

»V možica na Malem Kaninu so mu zgradili spominsko ploščo, a tudi tega je raztreščila strela. Črepinje plošče so ležale na vrhu kot nekoč truplo zemljemerca.«

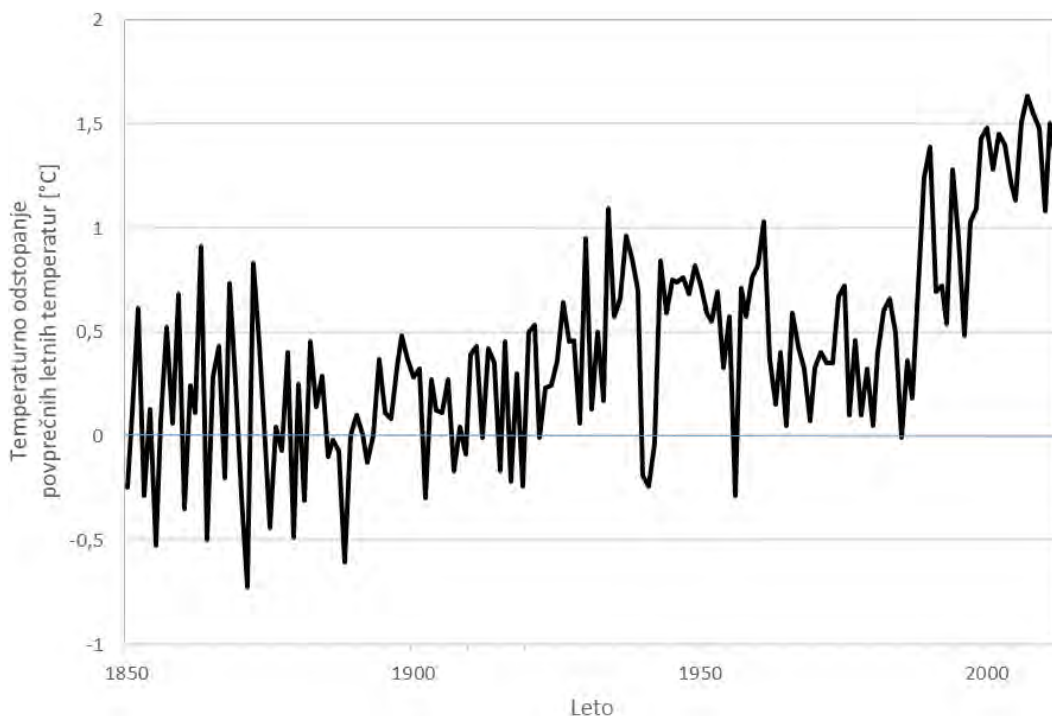


Slika 2: Panorama Kaninske skupine – ledeniki od Prestreljeniškega v sredini do Vršiškega, Vzhodnega in Zahodnega Kaninskega ledenika tik ob desnem robu fotografije pred letom 1925 iz Kugyjeve originalne knjige (avtor: neznani, vir: Kugy, 1925).

2 MALA LEDENA DOBA IN KATASTRSKA IZMERA

Ker v sestavku govorimo tudi o ledenikih, se dotaknimo še razloga, zakaj se je sploh izvajala katastrska izmera Avstrijskega cesarstva, zaradi katere je van Bosio meril Triglav. V letu 1816, znanem tudi kot »letu brez poletja«, so v Avstrijskem cesarstvu pričeli vzpostavljati pravičnejši zemljiški kataster, torej Franciscejski kataster, ki je temeljil na dejanski izmeri parcel (Lisec in Ferlan, 2017). Desetletje med letoma 1810 in 1820 je znano kot zadnji sunek male ledene dobe, ko so se povprečne temperature znižale in so evropski ledeniki zadnjič precej napredovali (Triglav Čekada, 2015). Tudi Pavel Kunaver že leta 1949 omenja, da so ledeniki zadnjič napredovali v letih 1814, 1836 in 1913 (Kunaver, 1949).

Iz temperaturnih odstopanj, prikazanih glede na predindustrijsko povprečje, na sliki 3 vidimo povišanje temperatur za obdobje 1850–2012. Leta 1850 so bile povprečne evropske temperature skoraj za 1,5 °C nižje kot danes.



Slika 3: Odstopanja povprečnih evropskih letnih temperatur od predindustrijskega stanja v obdobju 1850–2012 (vir: Evropska okoljska agencija – EEA, podatkovni niz HadCRUT4, <http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut4/>).

Nižje temperature, pozne zmrzali in deževna poletja so Evropo in Avstrijsko cesarstvo ob zadnjem sunku male ledene dobe težila s hudo lakoto. Ta je bila eden izmed povodov, da so na habsburškem dvoru začeli razmišljati o pravičnejšem obdavčenju in torej vzpostavljanju Franciscejskega katastra. Huda lakota, zaradi katere so ljudje umirali tudi pri nas, je izpričana tudi v slovenskem ustnem izročilu s Solčavskega (Triglav Čekada, 2015). Joža Vršnik, bolj znan kot popisovalec ljudskega izročila Robanov Joža (2011, str. 94), piše v knjigi *Preproste zgodbe s solčavskih planin* o hudi lakoti na Solčavskem in Koroškem:

»V času okrog leta 1810 je bilo več let tako hladnih, da žito ni moglo dozoreti. Ljudje so hudo stradali in še danes žive ljudem v spominu tista ,trda leta'. Takrat je žita zmanjkalo za hrano in za seme, živino so poklali in pojedli, komaj je obdržal kmet še kako žival za pleme, zato je tudi mleka manjkalo.«

Celotna zgodba je poobjavljena v članku v Geografskem obzorniku (Triglav Čekada, 2015).

Kakšne so bile temperature malo kasneje, pa posredno zvemo tudi iz nekaterih opisov prvopristopnikov na Triglav. Tako najdemo v Kugyjevi knjigi *Pet stoletij Triglava* opis pristopa Franca von Hermannsthala na Triglav 5. avgusta 1831, kjer pove tudi, kako mrzlo je bilo takrat ob 11. uri dopoldne na vrhu Triglava (Kugy, 1979, str. 147):

»Na vrhu je dež ponehal, zato pa nas je hudo mrazilo. Lase, brado in obleko je prevlekla ledena skorja.«

Takšnega mraza, da bi nam pomrznili lasje in obleka, sredi poletja, torej v začetku avgusta, na Triglavu ne moremo več pričakovati. Podobne opise danes najdemo samo še v pripovedih o osvajanju himalajskih vrhov.

Drugi opis z omembo tipičnih vremenskih razmer za konec junija v 19. stoletju najdemo še pri Eliotu Howardu, ki je zlezal na Triglav leta 1869. Na koncu prigode najdemo stavek, v katerem Howard opisuje svoj deževni prihod v Podkoren še pred pristopom na Triglav (Kugy, 1979, str. 194):

»... je bilo pri prejšnjem ogledu vse zakrito v oblakih. Zato smo morali tedaj dva dni ostati v Podkorenu in šele potem ko je zgoraj začelo močno snežiti, je dež ponehal. Na to pa mora biti popotnik konec junija vedno pripravljen.«

Danes je sneženje v hribih konec junija že prava redkost. Prav tako ne moremo več naleteti na debelo snežno odejo začetek septembra na vrhu Triglavu, kakor je bila tista »dva metra debela« odeja, ki je pričakala mladega Juliusa Kugyja, ko je prvič stal na vrhu Triglava 5. septembra 1875 (Kugy, 1979, str. 233).

Pri povzemanju opisov prvopristopnikov ne moremo mimo Mire Marko Debelakove - Deržaj in njene *Kronike Triglava*, ki jo je napisala z namenom, da bi podrobneje kot Kugy opisala prve pristope na Triglav. Žal ji dela ni uspelo izdati v knjižni obliki še za življenja, posthumno je izhajalo v več delih v Planinskem vestniku (Strojin, 1980). Ker pa se delo bere kot vezana celota, ga bomo tu obravnavali kot enovit vir, saj si ga danes zaradi odličnega arhiva Planinskih vestnikov (<http://www.pvkazalo.si/>) zelo enostavno sestavimo.

Tudi v delu Debelakove - Deržaj (1947–1949) najdemo nekaj omemb zasneženega vrha Triglava. Prvega avgusta 1820 je bil na vrhu Malega Triglava kaplan Simon Pfeifer, njegova spremljevalca pa sta zlezla še na vrh Velikega Triglava, »kjer sta našla klaftro visok sneg«, torej približno dva metra snega (Debelakova - Deržaj, 1947–1949). 18. julija 1833 je na Triglavu stal Mihael Tušek, katerega vodniki so komentirali, da je na vrhu »izredno veliko snega« – toliko kot ga tudi stari vodniki še niso videli (Debelakova - Deržaj, 1947–1949). Tudi 3. avgusta 1880, ko so slavnostno krstili kočo Marije Terezije (op. a. približna lega enaka današnji Planiki), se je zbrana družba povzpela samo do Malega Triglava in se »zavoljo slabega vremena in obilice snega« niso povzpeli naprej na Veliki Triglav (Debelakova - Deržaj, 1947–1949).

S slike 3 vidimo, da so bile tudi v prvi polovici 20. stoletja temperature podobne kot ob koncu 19. stoletja.

Opažanja Pavla Kunaverja (1949) prikažejo podobno sliko kot Howard in Kugy:

»Ali je leto 1948 prineslo preobrat, začetek nove periode naraščanja? (op. a. Triglavskega ledenika) ... Do srede julija so bile gore po vsakem dežju do višine 1500 m zasnežene. Po vsakem dežju tekom sedemnajstih dni, ki sem jih prebil pod Triglavom v avgustu, je zapadel sneg do višine okoli 2000 m.«

Kunaver je imel prav, saj so okrog leta 1950 pričeli ledeniki po Evropi rasti oziroma vsaj stagnirati, takšno stanje se je obdržalo do začetka 1980. let (Triglav Čekada, 2018). Najzanimivejše opažanje iz zgornjega citata pa je opis zelo pogostega sneženja v gorah, ki se je dogajalo, ko so bile povprečne temperature še za povprečno eno stopinjo nižje od današnjih. Danes nas konec junija, julija, avgusta ali začetek septembra na Triglavu le na vsakih nekaj let lahko presenetijo majhne količine snega.

4 KAKO ZASNEŽEN JE BIL TRIGLAV OB KONCU MALE LEDENE DOBE

Zaradi konca male ledene dobe je bilo v času prvih pristopov na Triglav snežišč v okolici Triglava na severni in južni strani zelo veliko. Vsem opisom prvih pristopov na Triglav, zbranim v Kugyjevi knjigi *Pet stoletij Triglava* (1979), je skupno, da opisujejo večinoma zelo nestanovitno vreme. Prvopristopniki so se zanašali na svoje vodiče in njihovo lokalne poznavanje vremena, ki pa je bilo pol tako zanesljivo kot današnje meteorološke napovedi, čeprav za poletno vreme v gorah še vedno velja, da je zelo nepredvidljivo. Kljub drugačnim časom so tudi takrat že vedeli, da se po snegu ali ledu hodi v derezah ali vsaj v okovanih čevljih. Tako Franc von Hermannsthal opisuje svoj pristop na Triglav 5. avgusta 1831 iz smeri današnje Planike (Kugy, 1979, str. 141 in 145):

»Po dveh urah počasne, naporne hoje navzgor smo dospeli do velikih snežišč, ki jih na severu omejujejo bližnje navpične stene Malega in Velikega Triglava in se zdijo neprehodne. Tu smo navezali dereze, le baron Zois (op. a. Anton Zois, sin barona Karla Zoisa) je brez derez obdržal samo svoje dobro podkovane čevlje.«

ter nadaljuje z opisom Triglavskega ledenika, ki ga vidiš na poti, ponekod »samo nekaj palcev široki«, med Malim in Velikim Triglavom:

»Včasih zamika človeka, da bi pogledal v grozne globine, na prastara snežišča, na motno svetlikajoči se ledenik v severnem vznožju sten ... Rez se namreč nenadoma vzdigne v ozki, skoraj navpični, približno dva sežnja visoki steni. Toda izoblikovana ni naravnost navzgor, temveč visi nad severnim prepadom, iz katerega modrikasto odseva led z ledenika.«

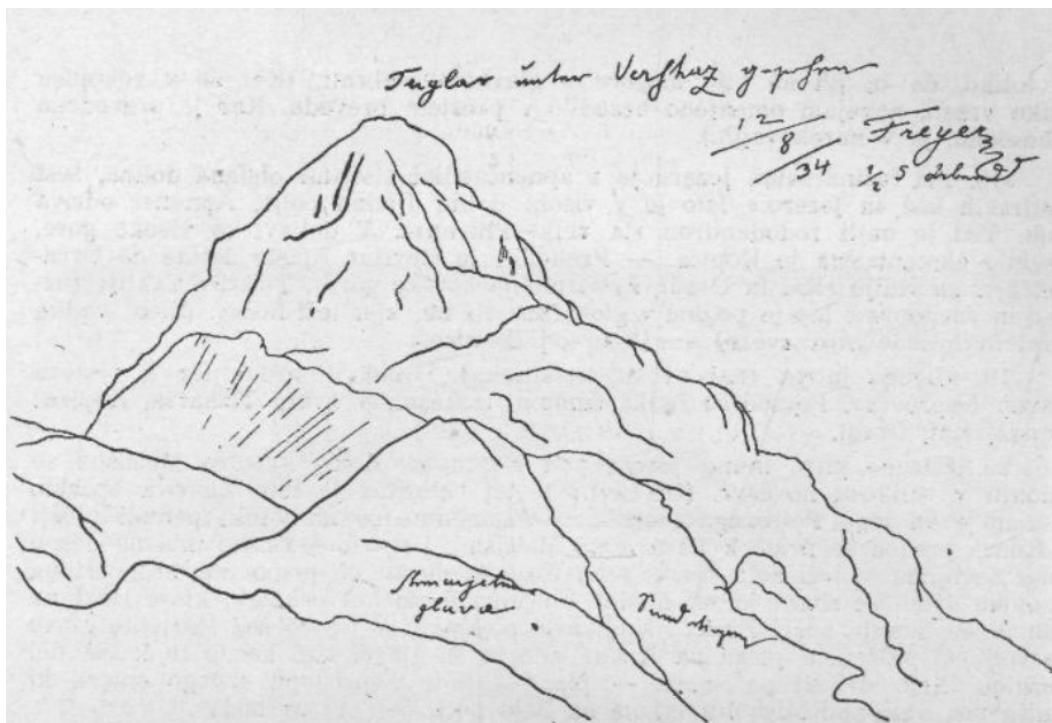
Tudi mladi Julius Kugy, ki je 5. septembra 1875 prvič stal na vrhu Triglava, ki je bil takrat »dva metra na debelo« sveže zasnežen, podobno opisuje razgled iz poti med Triglavoma (Kugy, 1979, str. 233):

»Na desni se pogreza strahotni 3000 čevljev globoki prepad, tam se zelenkasto svetlika ledenik, preprežen z dolgimi in globokimi razpokami. Na levi je skoraj navpičen, okoli 2000 čevljev globok skok na belo snežišče, ki v neznanski globini oklepa pečine.«

Kot vidimo zgoraj, je večina prvopristopnikov ločila med ledenikom na severni in snežišči na južni strani Triglava. Nekateri pa so le dvomili, da je ledenik kaj drugega kot le snežišče. Tako Otto Welter, ki je na goro stopil le nekaj let pred mladim Kugyjem, 26. avgusta 1872, popisuje bolj skromno količino snega v okolici kočice (op. a. na Triglav so pristopali iz današnje jugovzhodne strani oziroma današnje smeri iz Planike), »le tu in tam je viselo na njih (op. stenah) kako snežišče«, in opiše govorice, da Triglavskega ledenika nekateri sploh nimajo za ledenik (Kugy, 1979, str. 204 in 207):

»Levo in desno so se nad štiristo metrov visoke stene strmoglavljale v globino. Na levo k snežišču blizu naše kočice, na desno pa precej globlje, v pečevje, izoblikovanem kot lijak, na majhen viseč ledenik, edini v Julijskih Alpah. Večkrat sem slišal, da sploh ne obstaja, pač zato, ker ni še nihče stopil nanj in do sedaj tudi še ni mogel stopiti. Vendar se nama je dozdevalo, da se v razpokah razločno svetlika led.«

Pred njim je že Henrik Freyer, kustos ljubljanskega muzeja in dolgoletni obiskovalec triglavskega pogorja, dvomil, da gre za ledenik, ko ga je 10. 8. 1837 namreč videl prvič, »se mu je zdel premajhen« in »ga ni prišteval k ledenikom«. Mnenje je spremenil 28. julija 1841, ko je spremljal saškega kralja Friedricha Avgusta II. v Vrata in mu je ta ob pogledu na Triglavsko severno steno in ledenik dejal, »da je severna ledena vesina ledenik«. V Freyerjevi zapuščini je tudi skica (slika 4) pogleda na Triglav s Šmarjetno glavo v ospredju, kjer lahko lepo prepoznamo snežišča na jugozahodni strani Triglava (Debelakova - Deržaj, 1947–1949).



Slika 4: Na Frayerjevi risbi Triglava izpod Vršaca z dne 12. 8. 1834 je črtkano označeno snežišče na jugozahodu Triglava (avtor: Henrik Freyer, vir: Debelakova - Deržaj, 1947–1949).

Debelakova - Deržaj (1947–1949) podaja v opisu geološkega raziskovanja Triglava, ki ga je v poletju 1855 izvajal Karel Peters, prve mere ledenika: »250 sežnjev dolg in prav toliko širok«, kar bi znašalo, pretvorjeno v hektarje, približno 23 hektarjev. Podal je še sorazmerno majhno oceno njegove debeline 4 sežnje, kar bi znašalo le nekaj manj kot 8 metrov.

Drugo omembo površine ledenika najdemo pri opisu druge geodetske izmere z dne 18. avgusta 1867 oziroma poleg opisa postavitve nove kamnite geodetske piramide z macesnovim drogom v sredi, ki naj bi jo izvajal geometer Eduard Demmer v spremstvu devetih pomočnikov. Poleg nove višine vrha Triglava je podal še velikost ledenika: »približno en joh velik ledenik« (Debelakova - Deržaj, 1947–1949). Po Slovarju slovenskega knjižnega jezika naj bi to znašalo približno 0,6 hektarja. Glede na majhno površino lahko sklepamo, da je Demmer verjetno govoril o samem razkitem delu ledenika in ne celotnem ledeniku.

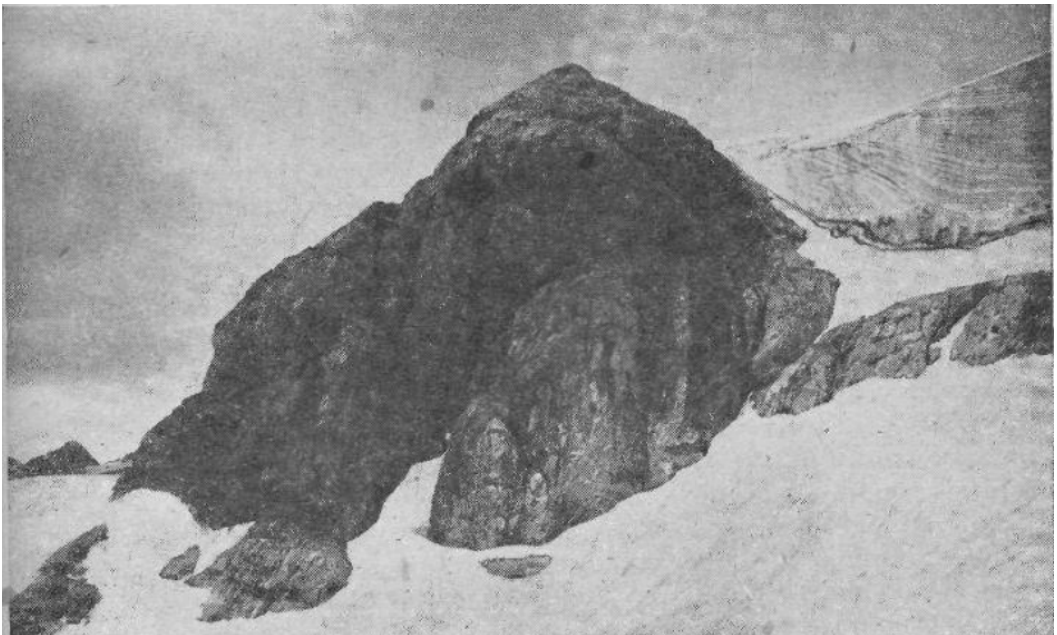
Ker pri Kugyju (1968, 1978) ali Debelakovi - Deržaj (1948–1949) ne najdemo drugih opisov debeline ledenika iz časa prvopristopnikov, si bomo za lažjo predstavo pomagali z opisom Pavla Kunaverja, ki jo navede v opisu svojega prvega plezanja čez severno triglavsko steno, ki ga je izvedel poleti 1911 (Kunaver, 1980, str. 246):

»Čez notranjo steno je padal visok, ozek slap in se že nad padcem razbijal na kapljice. Mala črna stena je bila res 'črna' vlage. Triglavski ledenik je takrat še segal mimo Glave, ob kateri je sedaj prost vhod v triglavsko ledeno brezno.«

Še podrobneje pa opiše Pavel Kunaver Triglavski ledenik in njegovo debelino v Planinskem vestniku kmalu po vojni (1949):

»Z obžalovanjem smo posebno v poslednjih suhih letih, pa tudi že pred zadnjo vojno (op. a. druga svetovna vojna), opazovali, kako ginejo snežišča, ki so se nekoč malone nepretrgoma v čisti belini razprostirala od Staničeve kočice do Kredarice in do pod Triglava. /.../ Baje so najstarejši pred par leti umrli naši sodobniki iz Mojstrane in Dovjega doživeli, da je ledenik Triglava segal do male črne stene poleg Slovenskega stebra in so zaradi pritiska od zgoraj dotekajočega snega in ledu padali kosi ledu, torej pravi ledeni plazovi, od časa do časa v črno kotanjo.«

Od leta 1905, ko je prvič prišel na Triglav, pa do leta 1949, ko je napisal članek za Planinski vestnik, pravi Pavel Kunaver, da se je Triglavski ledenik stanjšal za deset do petnajst metrov. Najbolj povedna glede debeline ledenika pa je fotografija Jožeta Kunaverja iz leta 1924 (slika 5), na kateri lepo vidimo debele plasti ledeniškega ledu še visoko pod vrhom Glave. V podpisu k sliki v Planinskem vestniku Kunaver (1949) piše: »Doslej sta se skoraj 2/3 vidne debeline stajali.« Isto fotografijo najdemo še enkrat (Kunaver, 1980), a je najverjetneje napačno datirana (Kunaver, 2018).



Slika 5: Debel ledeniški jezik Triglavskega ledenika nad Glavo iz leta 1924 (avtor: Jože Kunaver, vir: Pavel Kunaver, 1949).

5 KAKO OBSEŽNI SO BILI LEDENIKI V ČASU PRVOPRISTOPNIKOV

Ker smo pa le geodeti, si pogledajmo še mere nekaterih takratnih ledenikov. Uporabili bomo karte, kakršne so med drugim izrisovale prej navedene nesrečne skupine geometrov na Triglavu in Kaninu, ki so beležile smrtne žrtve zaradi udarov strele. Danes te karte, ki jih najdemo na spletnem portalu Mapire, lahko uporabimo tudi za oceno, kako veliki so bili ledeniki takrat. Pogledali bomo male ledenike iz Julijskih Alp, to so ledeniki pod Triglavom, Kaninom, Montažem ter Skuto v Kamniško-Savinjskih Alpah, ka-

terih zgodovino izmer v 20. stoletju smo v Geodetskem vestniku že podrobno opisali (Triglav Čekada et al., 2014).

Na kartah druge in tretje vojaške izmere lahko določimo velikost Triglavskega ledenika ter Zahodnega in Vzhodnega Kaninskega ledenika in pa Vrliškega ledenika. V Kaninski skupini manjka ledenik pod Prestreljenikom. Prav tako na nobeni izmed kart ne najdemo Ledenika pod Skuto. Ta je seveda obstajal, vendar so ga generacije domačinov še globoko v dvajseto stoletje štele le za eno izmed več nestalnih snežišč, ki so stala v širokem pasu na severni strani grebena od Kočne na zahodu do Savinjskega sedla na vzhodu (Meze, 1955), in zato merilcem niso povedali zanj. Kljub temu pa je za ledenik pod Skuto vedel že Pavel Kunaver (1911, str. 129):

»Nekak prav zadnji ostanek ledenika je v ogromni severni kadunji med Skuto in Rinko, kamor le redkokdaj posije sonce, a kamor prihaja skoraj ves sneg v obliki plazov z omenjenih vrhov.«

Podobno kot manjka Ledenik pod Skuto pri nas, manjkajo na obeh kartah tudi italijanski majhni ledeniki pod Montažem, ki jih še danes merijo italijanski kolegi (Triglav Čekada et al., 2014). Tudi te že omenja Kugy ob svojem obisku Montaža 24. avgusta 1902 (1968, str. 200 in 201):

»Strmi sneženi trikot je bil trdno zamrznjen. Ima vrsto značilnosti majhnega ledenika in često, zlasti pozno poleti, sem ga videl v takem stanju, da sem mislil: to bi bil pravi tretji ledenik v Julijskih Alpah, če bi mu bile dane boljše možnosti za razvoj.«

Kugy (1968, str. 168 in 176) pri svojem opisu pristopa na Kanin, ki ga je prvič opravil leta 1884, omeni še Kaninske ledenike (slika 2):

»Najlepša je videti vsa skupina z Viša ali grebenov Krnskega dola. Kajti odondod se slemena in rogļji obrobnegega zidu zvrste tako, da se v dolgem nizu bolj in bolj vzpenjajo, dokler ne najdejo svojega viška v ostro zaključenem grebenskem trikotu Velikega Kanina. Pod tem gospodujočim sklepom in krono se ob vznožju severnih ostenij raztezajo prostrana snežišča in ledeniki, v strmih žlebovih ližejo njihovi jeziki proti škrbinam in skerbe za nenavadno mirno in mogočno učinkujočo barvno sliko ,belega v belem'.«



Slika 6: Triglavski ledenik na kartah 2. vojaške izmere v merilu 1 : 28.800, levo, in 3. vojaške izmere v merilu 1 : 25.000, desno (vir: Mape in Avstrijski državni arhiv).



Slika 7: Kaninski ledeniki na kartah 2. vojaške izmere v merilu 1 : 28.800, levo, in 3. vojaške izmere v merilu 1 : 75.000, desno (vir: Mapire in Avstrijski državni arhiv). Izseka sta v istem merilu kot na sliki 6.

S spletnim orodjem Mapire za izmero površin smo določili površine kartiranih ledenikov pod Triglavom in Kaninom (preglednica 1). Triglavski ledenik je na kartah 2. in 3. vojaške izmere prikazan v primerljivih merilih 1 : 28.800 in 1 : 25.000 (slika 6), medtem ko so Kaninski ledeniki na karti 3. izmere prikazani samo v merilu 1 : 75.000 (slika 7, desno), saj so bili med 3. izmero že onstran meje Avstro-Ogrske. Triglavski ledenik in Zahodni Kaninski ledenik sta bila med 2. izmero primerljive velikosti. Danes je sicer v prednosti Zahodni Kaninski ledenik, vendar moramo imeti v mislih, da je najmanjša površina 5,9 hektarja, ki je bila izmerjena iz podatkov cikličnega aerofotografiranja Slovenije iz leta 2000, sestavljena iz dveh večjih delov velikosti 2,7 hektarja in 2,5 hektarja ter pet manjših delov s po 0,3 hektarja (Triglav Čekada et al., 2014). Pri Triglavskem ledeniku v zadnjih dveh desetletjih merimo le osrednji največji ostanek, z manjšimi okoliškimi ostanki in občasni snežišči pa se ne ukvarjamo. V letu 1999 je Triglavski ledenik meril še 1,1 hektarja in če bi takrat k njemu prišteli še že dolgo ločena snežišča, bi hitro prišli do površine, večje od 2 hektarjev. Tudi Ledenik pod Skuto je v preglednici 1 podan z najmanjšo površino, ki so jo izmerili v letu 2003; kasnejša leta je nerazkrit ledenik vsekoli pokrival 1,4 hektarja ali več.

Preglednica 1: Ledeniki v Sloveniji in njeni neposredni okolici na kartah vojaške izmere. Površine so izmerjene z orodjem za izmero površin v spletnem portalu zgodovinskih kart Mapire. Podatki najmanjših površin iz zadnjega desetletja so zbrani iz *Triglav Čekada (2018), **Pavšek (2017) in ***Triglav Čekada et al. (2014).

Ledenik	Karte 2. vojaške izmere (1829–1835, 1818–1829) Merilo 1 : 28.800	Karte 3. vojaške izmere (1869–1887) Dve merili	Najmanjša velikost zadnjih dveh desetletij
Triglavski ledenik	31 ha (1829–1835)	39 ha (1 : 25.000)	0,6 ha*
Snežišče nad Triglavskim ledenikom	2 ha (1829–1835)	2 ha (1 : 25.000)	občasno snežišče
Ledenik pod Skuto	ni prikazan	ni prikazan	0,7 ha**
Zahodni Kaninski ledenik	34 ha (1818–1829)	21 ha (1 : 75.000)	5,9 ha***
Vzhodni Kaninski ledenik	15 ha (1818–1829)	17 ha (1 : 75.000)	4,4 ha***
Vrški ledenik	2 ha (1818–1829)	2 ha (1 : 75.000)	občasno snežišče

2. in 3. izmera nam kažeta obseg ledenikov pod Triglavom in Kaninom, ki mogoče niti niso bili tako zelo veliki, kot si predstavljamo, da naj bi bili ob koncu male ledene dobe. Bili pa so vsekakor večji, kot jih omenjajo prvopristopniki. Iz tega lahko sklepamo, da je površina 23 hektarjev, ki jo je podal Peters za leto 1855, preračunano v današnje mere, le površina osrednjega razkritega dela ledenika. Enako velja za leto 1867, ko je geometer Demmer podal površino 0,6 hektarja, če jo prevedeno v današnje enote.

Prav tako so na kartah 2. in 3. vojaške izmere verjetno označili le tiste osrednje dele ledenikov, ki so bili občasno razkriti in so pokazali vso svojo ledeno naravo v obliki ledu ali ledeniških razpok, okoliških snežišč, ki so ledenike prekrivala, pa verjetno niso prikazovali. Tako si lahko razložimo tudi, zakaj je Vršiški ledenik tako majhen (2 hektarja), saj bi moral biti takrat primerljiv s sosednjima Kaninskima ledenikoma. Manjka še Prestreljeniški ledenik (čisto levo na sliki 2), ki je bil takrat prav tako podobne velikosti kot Vzhodni ali Zahodni Kaninski ledenik, vendar je bil med meritvami najverjetneje zasut z gruščem ali pa popolnoma zasnežen in ga zato niso obravnavali kot ledenik.

6 SKLEP

Pri pregledu prvopristopnikov skozi geodetske oči smo se ustavili le pri geometrih, ki so merili vrhove Triglava in Kanina, pri čemer so bili žal udeleženi v prvih dokumentiranih gorskih nesrečah. Nismo pa obravnavali vseh, ki so se trudili izmeriti nadmorsko višino Triglava, saj bi bil temu lahko namenjen poseben članek. Podrobno jih je od 200. obletnici prvega pristopa na Triglav opisal že Matjaž Deržaj (1980), sin Mire Marko Debelakove - Deržaj.

Osnovni namen članka je bil dosežen, saj smo skozi oči prvopristopnikov pogledali, kako hladno je bilo na Triglavu ob koncu male ledene dobe oziroma v celotnem 19. stoletju, ter poiskali redke omembe velikosti Triglavskega ledenika. Kot smo ugotovili, sprememba v povprečni temperaturi za 1,5 °C pomeni, da je sneg konec male ledene dobe velikokrat ležal na vrhu Triglava vse poletje, česar danes ne doživimo več. Kot smo videli v sestavku, je začetek avgusta 1831 Hermannsthal na vrhu Triglava opisoval himalajske razmere: »Lase, brado in obleko je prevlekla ledena skorja.« Vrh Triglava so obdajala obsežna snežišča na jugu in ledenik na severu, danes pa pod vrhom vztraja le še majhen ostanek Triglavskega ledenika.

Na podlagi spletnega portala historičnih kart Mapire smo določili površino Triglavskega ledenika in Kaninskih ledenikov z začetka in konca 19. stoletja ter jo primerjali s pisnimi poročili, ki smo jih našli v delih Juliusa Kugyja in Mire Marko Debelakove - Deržaj. Z zapisi Pavla Kunaverja pa smo se dotaknili še zmanjševanja debeline ledenika od prve polovice 20. stoletja, ko so bile temperature še primerljive s koncem 19. stoletja. Pavel Kunaver je na podlagi fotografije, posnete leta 1924 in objavljene v letu 1949, prvi opisno podal relativno zmanjševanje debeline Triglavskega ledenika. Fotografijo lahko v prihodnosti z interaktivno metodo orientacije uporabimo za izmero zmanjševanja debeline ledenika. Podobno kot to nalogo pa si pustimo za prihodnost še podroben popis drugih zapisov Pavla Kunaverja o Triglavskem ledeniku, torej podrobno obravnavo njegovega zmanjševanja za prvo polovico 20. stoletja.

Zahvala

Zahvalila bi se Juriju Kunaverju za datiranje slike 5 ter odpiranje novih možnosti za iskanje literature, povezane s Pavlom Kunaverjem in Triglavskim ledenikom.

Literatura in viri:

- Biszak, E., Biszak, S., Timár, G., Nagy, D., Molnár, G. (2017). Historical topographic and cadastral maps of Europe in spotlight – Evolution of the MAPIRE map portal. V E. Livieratos (ur.), *Digital Approaches to Cartographic Heritage. Proceedings 12th ICA Conference*, str. 204–208. Benetke, 26.–28. april, 2017. http://www.arcenum.hu/media/uploads/mapire/pub/biszak_2017_dach.pdf, pridobljeno 6. 11. 2018
- Debelakova - Deržaj, M. M. (1947–1949). *Kronika Triglava. Planinski vestnik*, 47 (6–7–8), 165–171; 47 (9–10), 219–221; 47 (11–12), 269–277; 48 (3–4), 104–112; 48 (5–6), 164–170; 48 (7–8), 230–245; 48 (9–10), 299–304; 48 (11–12), 336–345; 49 (2), 45–55; 49 (3), 80–85; 49 (4), 114–118; 49 (5–6–7), 152–159; 49 (8–9), 197–209; 49 (10–12), 225–242.
- Deržaj, M. (1980). *Zgodovina meritev višine Triglava. V T. Strojín (ur.), Triglav, gora naših gora*, str. 141–163. Maribor: Založba Obzorja
- Kugy, J. (1925). *Aus dem Leben eines Bergfeigers*. München: Bergberlag Rudolf Rother
- Kugy, J. (1968). *Iz življenja gornika*. Maribor: Založba Obzorja
- Kugy, J. (1979). *Pet stoletij Triglava*. Maribor: Založba Obzorja
- Kunaver, P. (1921). *Na planine!* Ljubljana: Učiteljska tiskarna
- Kunaver, P. (1949). *Izpremembe okoli Triglava. Planinski vestnik*, 49 (3), 65–75
- Kunaver, P. (1980). *Moj Triglav . . . V T. Strojín (ur.), Triglav, gora naših gora*. Maribor: Založba Obzorja
- Kunaver, J. (2018). *Osebna komunikacija*
- Lisec, A., Ferlan, M. (2017). 200 let od začetka parcelno orientiranega katastra na Slovenskem. *Geodetski vestnik*, 61 (1), 76–90
- Mapire (2018). *Spletni portal zgodovinskih kart*, <http://mapire.eu/en/>, Österreichisches Staatsarchiv in Arcanum Adatbázis Kiadó, pridobljeno 8. 11. 2018
- Meze, D. (1955). *Ledenik na Triglavu in Skuti. Geografski zbornik*, 3, 10–114
- Pavšek, M. (2017). *Ledenik pod Skuto. DEDI*, <http://www.dedi.si/dediscina/60-ledenik-pod-skuto>, pridobljeno 12. 11. 2018
- Strojín, T. (1980). *Spremnna beseda. V T. Strojín (ur.), Triglav, gora naših gora*, str. 385–393. Maribor: Založba Obzorja
- Timár, G., Molnár, G., Székely, B., Biszak, S., Varga, J., Jankó, A. (2006). *Digitized maps of the Habsburg Empire – The map sheets of the second military survey and their georeferenced version*. Budimpešta: Arcanum Adatbázis Kiadó, 59 str.
- Triglav, J. (2018). 5. julij 1822 – prva geodetska ekipa na vrhu Triglava. *Geodetski vestnik*, 62 (1), 120–126
- Triglav Čekada, M., Zorn, M., Colucci, R. R. (2014). *Površina Kaninskih in Triglavskega ledenika od leta 1893, določena na podlagi arhivskih posnetkov ter aerolaserških podatkov. Geodetski vestnik*, 58 (2), 274–313. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.02.274-313>
- Triglav Čekada, M. (2015). 200 letnica izbruha vulkana Tambora – zadnji sunek male ledene dobe: posledice izpričane tudi v slovenskem ljudskem izročilu s Solčavskega. *Geografski obzornik*, 62 (4), 20–24
- Triglav Čekada, M. (2018). *Ledeniki na kartah vojaške izmere avstro-ogrske monarhije. V M. Kuhar (ur.), Raziskave s področja geodezije in geofizike 2017. Zbornik del*, 23. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, str. 153–165. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
- Joža Vršnik (2011). *Preproste zgodbe s solčavskih planin*. Ponatis. Celje: Celjska Mohorjeva družba, 189 str
- Evropska okoljska agencija – European Environmental Agency (2018). *Global average air temperature anomalies (1850 to 2012) in degrees Celsius (°C) relative to a pre-industrial baseline period*. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/global-annual-average-temperature-deviations-1850-2007-relative-to-the-1850-1899-average-in-oc-the-lines-refer-to-10-year-moving-average-the-bars-to-the-annual-land-and-ocean-global-average-3>, pridobljeno 9. 11. 2018

Doc. dr. Mihaela Triglav Čekada

*Geodetski inštitut Slovenije in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: mihaela.triglav@gis.si*

DREVESA DRŽAVNE NATIONAL LAND GEODETSKE SLUŽBE STOJIMO SURVEYING SERVICE TREES ... STANDING ...

Joc Triglav

Tole je zgodba, ki sega približno »od pleničk do penziona«, glavno vlogo v njej imajo drevesa, vmes pa se nepričakovano pojavi državna geodetska služba. Napisal sem vam jo, ker mi je postalo jasno, da imam kot »sivi panter« komaj še toliko pameti, kolikor je lahko spraviš na konico igle ali, da bo ugotovitev bližja nadaljevanju zgodbe, na zadnjo iglico vrha smreke. To sem spoznal pri igri z najmlajšima članoma naše družine, predvsem pa tudi, koliko se lahko naučim od njiju ter mladih in najmlajših nasploh.

Ob naših druženjih se veliko igramo z lego kockami, sestavljamo in gradimo kot naviti, vmes pa seveda moramo kakšno mojstrovino razdreti, da pridobimo potreben gradbeni material. Vsakič sestavimo kaj novega, neutrudno in vedno znova smo na delu. In tako si je nekega dne naš mali vnuk zamislil, da bomo po vseh zgrajenih avtomobilih, letalih, tovornjakih, bagrih, mostovih, hišah, železnicah in drugih mojstrovinah posadili en tak lep gozd z vsemi drevesi, ki jih imamo na zalogi, da bomo lahko dihali svež in zdrav zrak. Njegova mlajša sestra je odločno prikimala ideji ter jasno in kratko rekla: »Ja!« Ob tako soglasni odločitvi mladega rodu sem lahko samo prikimal še sam, še posebej ob misli na žledolom in vetrolome po Sloveniji v zadnjem času, in lotili smo se dela.

Med nami ni kakšnih velikih debat, kdo bo kaj delal in kakšne naloge bo izvajal. Idejni vodja, glavni projektant gradenj in krajinski arhitekt ter izvajalec del s polnimi pooblastili je s polno glavo idej in s svojimi drobnimi gibčnimi prsti vedno vnuk. Sam sem s svojimi debelimi in nerodnimi prsti običajno določen za pogodbenega podizvajalca, tako imenovanega »fizičarja«, skladiščnika, pospravljalca in prinašalca kock (slika 1). Vnukinja pa je s svojo bistro glavico in še predrobnimi prsti za konkretno delo samodejno določena za nadzorni in inšpekcijski organ, po potrebi pa je tudi neposredni izvajalec rušitvenih del, ki jih z velikim veseljem samoiniciativno izvaja tudi brez prejetega naročila.

Z vnukom sva pod budnim očesom vnukinje torej pobrskala med kockami ter poiskala razna drevesa in grme. Potrebna je bila seveda tudi ploskovna podlaga kot teren za pogozditev. Vnuk je takoj začel saditi drevesa na svojo podlago, jaz pa sem začel pogozdovanje na drugi podlagi, da bi pogozditev prej končali in tako prej zadihali svež gozdni zrak. Njemu je šlo delo krasno od rok, samo »p'k, p'k« se je slišalo v presledkih in drevesa so drugo za drugim že trdno stala pokonci na podlagi.



Slika 1: Del zaloge lego dreves za to zgodbo (vir slike: www.budidobro.com/lego-ekoloske-figurice).

Meni pa pogozdovanje ni uspevalo. Postavil sem smrečico na svojo podlago, a ni nikakor hotela stati pokonci. Skrajno natančno in pozorno sem to počel, a mi ni in ni šlo. Poiskal sem si kratke palčke, ki jih sicer uporabljamo za osi podvozij naših najrazličnejših krasnih lego vozil, da bi drevo s tal podprl s treh strani in bi lahko obstalo pokonci. Po kar nekaj muke mi je uspelo posaditi prvo smrečico in bil sem tako ponosen kot tista dva mojstra v češki risanki *A je to*. Pa moje veselje ni trajalo več kot nekaj sekund, kajti vnukinja je kritično pogledala mojo smrečico in rekla: »M'm.« Z nogo se je le rahlo dotaknila podloge in moja smrečica se je v hipu zvrnila na tla. Začuden sem jo pogledal in hotel ugovarjati, a njen jasni pogled ni dopuščal nobenega dvoma, da je moje pogozdovanje zanič kot le kaj. Globoko sem razmišljal, kaj počnem narobe, gledal smrečico in podporne palčke, a ni mojim podizvajalskim sivim celicam prišlo na misel nič pametnejšega.



Slika 2: S podporo palčk posajeno lego drevo čudne oblike (vir slike: www.lego.com).

Medtem je naš glavni izvajalec že skoraj v celoti pogozdil svojo podlago in vmes pogledal, kako gre kaj podizvajalcu. Ko me je videl, kaj počnem s šele prvo smrečico (slika 2) in s podstavljanjem palčk okoli nje, mi je blago rekel: »Ja, dedi, ti si pa res hecen! Kako pa to sadiš? Tako ti pa res ne bo šlo. Glej, ti bom jaz pokazal. A vidiš, to je vrh drevesa, tole okroglo spodaj so pa korenine. Drevo moraš posaditi v zemljo s koreninami, ne z vrhom v zemljo in s koreninami v zraku. Kje si pa to videl? Tako ti drevo ne bo nikoli stalo pokonci, raslo pa sploh ne. Glej mene, kako jaz delam, cel gozd sem že skoraj posadil. Tako delaj kot jaz, da bomo lahko hitro dihali svež zrak.« Naša mala nadzornica in inšpektorica pa je bratcu le pritrdila: »Ja!«

Ob spoznanju, da naše rosno mlade moči obvladajo zadeve precej bolje od mene, sem torej poslušal nasvet glavnega izvajalca in ga začel posnemati. In res je potem tudi meni pogozdovanje dobro steklo in kar hitro smo imeli ves gozd posajen. Ponosno smo si ogledali rezultate svojega dela (slika 3).

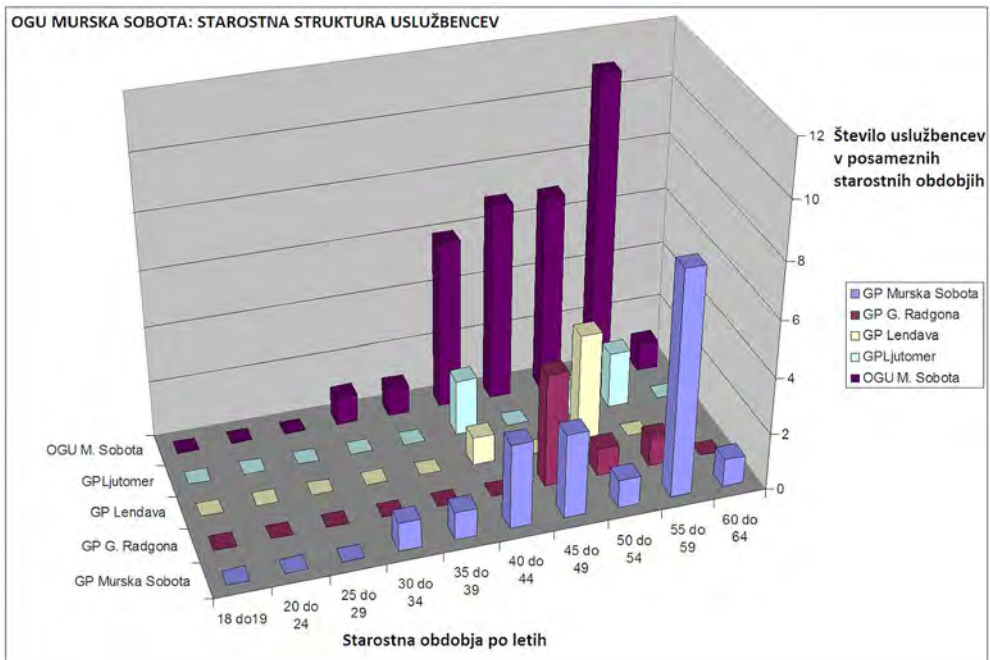


Slika 3: Pogozditev, kot se šika, za svež in zdrav zrak, za čista pljuča in lažje dihanje, več energije ... (vir slike: <https://veiling.catawiki.nl>)

Glavni izvajalec me je pohvalil za dobro opravljeno delo, jaz pa njega še bolj. Naša mala nadzornica in inšpektorica pa nama je le modro in zadovoljno pritrdila: »Ja!« Po kakšni minuti uživanja je zrak ob na novo posajenem gozdu postal tako svež, da smo po vsem delu vsi postali lačni in žejni. Ko smo se okrepčali z babičinimi dobrotami, smo postali tudi utrujeni od težkega dela. Glavnega izvajalca in inšpektorico je po umivanju zobkov in nekaj risankah kar hitro premagal spanec, meni podizvajalcu pa kljub utrujenosti ni uspelo zaspati. Ni mi namreč dala miru misel, zakaj sem se tako narobe lotil pogozdovanja. In to jaz, ki sem v svojih mladih letih celo desetletje vsako leto med poletnim

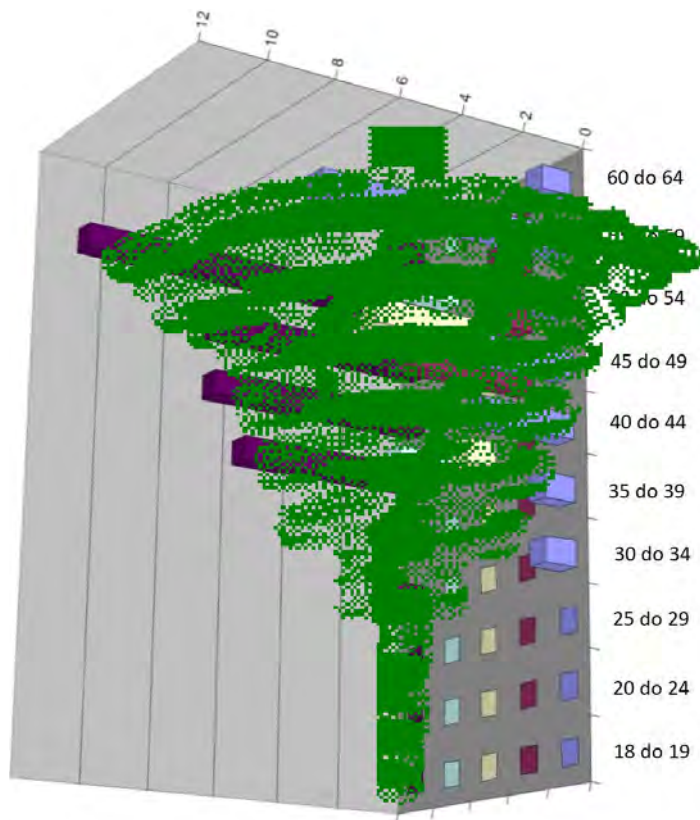
počitniškim delom pri koroških gozdarjih po dolgem in počez »preletal« vse koroške hribe, posadil in oskrboval na stotine sadik in počel še celo vrsto drugih gozdnih opravil. Kaj je to za ena reč, da tega nisem več znal?!

Potem pa se mi je tik pred spancem le posvetilo, kaj je krivo: misel na starostno strukturo zaposlenih na Območni geodetski upravi v Murski Soboti, ki mi že dolga leta stalno kljuva nekje zadaj v malih možganih, deformira moja razmišljanja in jih obrača na glavo (slika 4). Kar vidim vas, ko se sprašujete, kako neki je to dvoje povezano. Pogozdovanje in starostna struktura? Na prvi pogled se zdi, da nimam težav samo z na glavo obrnjenim pogozdovanjem, ampak mi verjetno manjka še kakšen drug »kolesček«, a ne? Mogoče res, sam ne vem. Vi pa boste odločitev glede tega lahko sprejeli med prebiranjem teh vrstic do konca.



Slika 4: Starostna struktura uslužbencev OGU Murska Sobota, predstavljena na Geodetskem dnevu v Sežani leta 2015.

Slika 4 iz zbornika Geodetskega dneva leta 2015 v Sežani (http://issuu.com/mfoski/docs/geodetski_dan_2015) je zelo zgovorna in je v mojem prispevku in predavanju (Triglav, 2015) del zaključnega poglavja z naslovom Abrahamov kavelj. Če sliko postavimo pokonci, se nam lahko že malo svita, kako sta v konkretnem primeru povezana na glavo obrnjeno pogozdovanje in starostna struktura zaposlenih. Ko združimo sliko 2 in sliko 4 v skupno sliko (slika 5), pa vizualna nazornost rezultata ne pušča nobenega dvoma. Tako kot ne more rasti in uspevati napačno posajeno drevo, ne more rasti in uspevati niti kolektiv z na glavo obrnjeno starostno strukturo! Nekaj časa z obilo »čaranja« in improviziranega sprotnega prerazporejanja del v kolektivu to mogoče celo še gre, ampak zakoni narave so prejkoslej močnejši in že ob najmanjši sapici se lahko celotna struktura kolektiva prevrne, škoda pa je nepopravljiva.



Slika 5: Na glavo obrnjeno in delno okleščeno drevo se vizualno lepo ujema z grafiko starostne strukture OGU MS s prejšnje slike.

V podkrepitev vizualne podobe slike 5 citiram zapis iz zgoraj omenjenega poglavja z naslovom Abrahamov kavelj (cit.):

»Na sliki 4 je za ponazoritev predstavljen primer starostne strukture uslužbencev Območne geodetske uprave (OGU) Murska Sobota, razporejene v stolpce diagrama po petletnih obdobjih starosti. V začetku pomladi 2015 je povprečna starost vseh uslužbencev že dosegla okroglih 50 let! V levi polovici diagrama je skoraj popolna praznina, desna polovica diagrama pa je najbolj zapolnjena pri najstarejših uslužbencih. Iz dvajsetletne praznine v levi polovici diagrama je torej razvidno popolno pomanjkanje mladega in mlajšega kadra, kar je predvsem posledica dolgoletne državne politike nenadomeščanja upokojenih državnih uslužbencev in krčenja števila zaposlenih na geodetski upravi. Povprečna višina delovne dobe uslužbencev je tako že tik pod 30 let. Slika je verjetno precej podobna tudi po drugih območnih geodetskih upravah.

»Sahara« v levi polovici diagrama in »Manhattan« v desni polovici diagrama sta dovolj zgovorna in jasna, da ne potrebujeta dodatnih pojasnil in ne dopuščata nobenega dvoma v to, da je nujno takojšnje ukrepanje pristojnega ministrstva za redno zaposlitev večjega števila mlajših geodetov in geodetek na Območni geodetski upravi Murska Sobota in na drugih območnih geodetskih upravah.

Brez obsežne pomladitve in v razmerah stalne preobremenjenosti ter obsežne izpostavljenosti službe in uslužbencev v odmevnih državnih projektih geodetska služba zelo kmalu svojih obsežnih nalog, pomembnih za državo in celotno družbo, enostavno ne bo več zmogla. Uravnoteženost medsebojnega učinkovanja stalnega prenosa znanja in izkušenj s starejše na mlajšo generacijo po eni strani ter mladostne energije, elana in tehnološke usposobljenosti mladih po drugi strani so ključni za uspeh vsake organizacije. Še posebej pa to velja za geodetsko službo z neprekinjeno večstoletno tradicijo ter bogato znanstveno in strokovno zgodovino. Zato mora v danih kritičnih razmerah temeljita pomladitev geodetske službe postati ena od temeljnih strateških zahtev za njen kakovosten in učinkovit bodoči razvoj!«

Tem dejstvom ni kaj dosti dodati, sami jih dobro poznamo iz prve roke in se jih zavedamo, le ponavljati jih moramo čim pogosteje vsem pristojnim zunaj državne geodetske službe in zahtevati njihovo takojšnje ukrepanje. Če bomo le čakali, da se bo drevo prevrnilo na tla, bo namreč prepozno. Kar pomislite, kako dolgo traja, da se ukorenini in zraste krepko drevo. Vsak kolektiv, državna geodetska služba pa še posebej, je še bistveno bolj zapleten in občutljiv organizem!

Ker tole verjetno prebirate v prazničnem času, za konec te nenavadne lego zgodbe ter kanček optimizma in veselja ob prihodu novega leta pogledjmo še zanimivo drevo na drugem koncu sveta. V Aucklandu na Novi Zelandiji so se potrudili in iz lego kock sestavili veličastno božično drevo. Drevo je mlado, stoji trdno na tleh, z glavo pokonci in z vrhom visoko, pri ljudeh je zaradi trdno uravnotežene strukture in košatih vej deležno velikega spoštovanja in občudovanja, ob njem pa se širita dobra volja in veselje.

Nekaj podobnih lastnosti si zaželimo tudi za drevesa naše državne geodetske službe. Te in številne druge dobre lastnosti potrebujemo bolj, kot si sploh lahko mislimo, še bolj pa jih bomo potrebovali v že bližnji prihodnosti!

Srečno 2019!



Slika 6: Lego božično drevo v Aucklandu na Novi Zelandiji (vir slike: www.beneconnoi.com/lego-christmas-tree.html).

Vir:

Triglav, J. (2015). Kavej 22, geodeti in geoprostorski podatki. V A. Lisec (ur.), B. Stopar (ur.), S. Berk (ur.) in M. Kosmatin Fras (ur.), Geodetska (r)evolucija, 43. Geodetski dan, Sežana, 9.–10. april 2015. Zbornik posveta, str. 87–99. Zveza geodetov

Slovenije, Ljubljana, in Primorsko geodetsko društvo, Nova Gorica. http://issuu.com/mfoski/docs/geodetski_dan_2015.

*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*



V letu 2018 je Katedra za prostorsko planiranje (KPP) zaznamovala kar dve pomembni obletnici. Minilo je 60 let, odkar je prof. Saša Sedlar na takratni Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo ustanovil Katedro za komunalno tehniko (predhodnico KPP), in 45 let od ustanovitve interdisciplinarnega podiplomskega študija prostorskega in urbanističnega planiranja – IPŠPUP.

V ta namen smo 9. novembra 2018 organizirali okroglo mizo **Prostorski načrtovalci 21. stoletja in njihova vloga pri urejanju in načrtovanju slovenskega prostora**, ki jo je pospremil izid znanstvene monografije z istim naslovom.

Ponosni smo, da se je na okrogli mizi zbralo 136 domačih in tujih udeležencev. Prišli so predstavniki šestih resornih ministrstev in drugih državnih institucij, predstavniki slovenskih občin, upravnih enot in regionalnih razvojnih agencij, predstavniki nevladnih organizacij in društev, akademske in raziskovalne sfere ter gospodarskih družb, med katerimi je bilo tudi veliko diplomantov IPŠPUP. Veseli nas, da je dogodek pritegnil tudi lepo število študentov različnih študijskih programov.

Posebej smo počaščeni, da so se s prispevki v monografiji in prisotnostjo na okrogli mizi na povabilo odzvali tudi predstavniki fakultet iz Zagreba, Osijeka, Banjaluke in Beograda ter predstavnik Primorsko-goranske županije iz Hrvaške.

Dogodek je bil razdeljen na dva dela. V prvem smo se posvetili Katedri za prostorsko planiranje in študiju



Slika 1: Nagovor predstojnice KPP dr. Mojce Foški.



Slika 2: Udeleženci posveta.

prostorskega načrtovanja od njihovih začetkov pa vse do danes ter pogledali tudi v v prihodnost. Kot je bilo navedeno že uvodoma, začetki Katedre za prostorsko planiranje (KPP) segajo v leto 1958, ko je bila na FAGG ustanovljena Katedra za komunalno tehniko. Prvi predstojnik katedre, prof. dr. Saša Sedlar, se je uvrščal v generacijo funkcionalistično usmerjenih arhitektov – urbanistov. Oddelek za arhitekturo takrat (in tudi kasneje) ni imel posluha za planerski urbanizem, zato je ta nujna pedagoška dejavnost našla svoj prostor na tako imenovanem Geodetsko-komunalnem oddelku FAGG, ustanovljenem leta 1956.

Pedagoško področje urbanizma se je sčasoma vse bolj profiliralo in tako je leta 1964 ustanovljena Katedra za urbanistično planiranje. Z leti se je pokazala nujnost po razširitvi pedagoškega in raziskovalnega dela tudi na podeželje, občine in regionalni prostor. Zato se je leta 1978 katedra preimenovala v bolj prepoznavno Katedro za prostorsko planiranje, ki deluje pod tem imenom kot pedagoško-raziskovalna enota še danes.

IPŠPUP se je z bolonjsko prenovo študijskih programov preoblikoval v drugostopenjski magistrski študijski program prostorsko načrtovanje. Študij je bil prvič akreditiran v letu 2008 in prvič razpisan v študijskem letu 2011/2012 s predvidenim izvajanjem vsako drugo leto. IPŠPUP pa je v skladu z zakonskimi določili dokončno ugasnil 30. 9. 2016. Tako KPP kot študij prostorskega načrtovanja stalno delujeta v okviru Oddelka za geodezijo, danes na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani.

Seveda pa je naša želja predvsem, da bi bili naši magistranti pri svojem delu uspešni in bi se z znanjem, pridobljenim med študijem, razvijali v priznane strokovnjake in dobre sogovornike pri prostorskih dilemah. Tukaj smo zaradi njih in naša odgovornost je, da naredimo vse za njihovo čim boljše podlago za strokovni razvoj.

Okrogla miza v drugem delu se je pričela s petimi uvodnimi predstavami, v katerih so govorniki podali svoj pogled na vlogo prostorskega načrtovanja in prostorskih načrtovalcev v 21. stoletju. Predstavitve so bile raznolike in polne izzivov za razpravo, ki je sledila. Smer zaključkov je v uvodnem pozdravu podal že



Slika 3: Gosti z Beograda, Banja Luke in Osjeka.

prof. Krunoslav Šmit, dekan Fakultete za arhitekturo Univerze v Zagrebu, ko je izpostavil predvsem teme, kot so prenormiranje in prevelika formalizacija postopkov urbanističnega in prostorskega načrtovanja, ki so pogosto v nasprotju z zdravorazumskim pogledom na problematiko; pomanjkanje želje po oblikovanju in uresničevanju dolgoročne vizije za razvoj in afirmacijo metod načrtovanja, pogosto zaradi prevelikega vpliva privilegiranih družbenih skupin; reaktivno načrtovanje ob dogajanju, ki se v prostoru razvija brez nadzora; izzivi, ki odpirajo participativno in sektorsko načrtovanje, s stalno potrebo po izboljšanju metod integriranega pristopa k načrtovanju; zmanjševanje števila prebivalstva z manj otroki, več starejšimi ter izseljevanja in preseljevanja, kar se dramatično zrcali predvsem v vaseh in manjših mestih; načrtovanje ubranih aglomeracij kot središč razvoja; ponovna aktivacija degradiranih območij ter uveljavitev ponovne rabe tudi na področju prostorskega planiranja in urbanizma; iskanje odgovorov na vse očitnejše izzive podnebnih sprememb in ne nazadnje iskanje odgovorov na vprašanja, kot so: Kaj je javni prostor, kaj je javni interes?; Kaj je pravi ukrep oziroma katere so ustvarjene dodane vrednosti na posameznem območju?; Kako ohranjati in uveljavljati kulturno in naravno dediščino, še posebej zaradi velikih pritiskov turizma?

Tudi drugi govorniki in razpravljavci na okrogli mizi so poudarili, da se je treba odmakniti od zgolj formalnih in procesnih okvirov prostorskega načrtovanja ter da se je spet treba začeti poglobljeno ukvarjati z vsebino in težavami, ki v slovenskem prostoru ostajajo že dlje nerešene. Kot je rekel v svojem nastopu dr. Aleš Mlakar, imamo prostorski načrtovalci v 21. stoletju »voljo, znanje in smo v stanju tudi sprejemati odločitve«. Nastop je sklenil z mislijo: »Politiki se menjajo ..., a mi bomo ostali prostorski načrtovalci tudi v 21. stoletju.«

Več si o dogodku z video posnetki, fotogalerijo, predstavitvami govorcev in v celoti objavljeno monografijo *Prostorski načrtovalci 21. stoletja* lahko ogledate na povezavi: <https://www.fgg.uni-lj.si/prostorski-nacrtovalci-21-stoletja/>.

Doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek, za UL FGG in KPP
e-naslov: alma.zavodnik-lamovsek@fgg.uni-lj.si

EN PROSTOR ZA VSE – EPROSTOR

Erna Flogie Dolinar

V prostorih Hiše EU je potekala 2. konferenca programa projektov eProstor (eProstor), ki sta jo organizirala ministrstvo za okolje in prostor (MOP) ter Geodetska uprava RS Širši strokovni javnosti je predstavila doseganje dosežke enega največjih projektov na področju prostorskega načrtovanja graditve in upravljanja nepremičnin.. Cilj programa je namreč zagotoviti večjo preglednost in učinkovitost pri urejanju prostora, graditvi objektov in upravljanju nepremičnin pod skupnim naslovom En prostor za vse.



Slika 1 : Udeleženci 2. konference programa projektov eProstor.

Aleš Prijon, državni sekretar na ministrstvu za okolje in prostor ter vodja programskega sveta eProstora, je v nagovoru poudaril, da »na ministrstvu želimo z eProstorom pospešiti in izboljšati procese na področjih urejanja prostora, graditve objektov in upravljanja nepremičnin, procese in podatke pa tudi medsebojno povezati. Omogočili bomo brezpapirno elektronsko poslovanje, odpravili administrativne ovire in zagotovili enostavno dostopne, kakovostne uradne podatke o nepremičninah, prostoru in graditvi. Pred enim letom je bila na poti k temu cilju sprejeta nova prostorska in gradbena zakonodaja, in tudi dva predpisa s področja evidentiranja in vrednotenja nepremičnin, trenutno pa je v strokovni obravnavi sistemski zakon o katastru nepremičnin.«



Slika 2: Aleš Prijon, državni sekretar na ministrstvu za okolje in prostor in vodja programskega sveta eProstora.

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. Kot je poudaril, »je eProstor eden ključnih elementov eUprave, ki ga prenašamo v državni računalniški oblak. Brez ustreznih prostorskih podatkov si ni mogoče predstavljati uspešnega sodelovanja z občani. Ob koncu se je zahvalil vsem sodelavcem geodetske uprave in obeh ministrstev, ki sodelujejo v projektu, za vložen trud in opravljeno delo.

Anton Kupic, generalni direktor Geodetske uprave RS, je uvodoma poudaril, 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, ki bo vseboval 23 milijonov dokumentov. 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. Uveden bo elektronski način poslovanja pri pripravi, sprejemanju, uveljavljanju ter uporabi državnih, regionalnih in občinskih prostorskih aktov ter pri procesih graditve in vzpostavitve sistema za vodenje podatkov o stavbnih zemljiščih.



Slika 3: Leon Behin, državni sekretar na ministrstvu za javno upravo.



Slika 4: Anton Kupic, generalni direktor Geodetske uprave Republike Slovenije.



Slika 5: Barbara Radovan, generalna direktorica direktorata za prostor, graditev in stanovanja na ministrstvu za okolje in prostor.

Eden od ciljev konference je krepitev prepoznavnosti MOP in geodetske uprave ter naklonjenosti do dosežkov projekta, kar je predstavila mag. Erna Flogie Dolinar namestnica generalnega direktorja geodetske uprave in vodja programa projektov eProstor. Izpostavila je ključne rezultate projekta, ki so bili doseženi v tem letu, ter pozvala vse deležnike k dejavni sodelovanju pri implementaciji rezultatov.



Slika 6: Mag. Erna Flogie Dolinar, namestnica generalnega direktorja na Geodetski upravi Republike Slovenije in vodja programske skupine eProstora.

V nadaljevanju je bil predstavljen okvir oziroma standard za podatke in storitve v eProstoru, ki jih določa direktiva INSPIRE. Za potrebe implementacije so bili vzpostavljeni začetni koordinacijski mehanizmi, pripravljena dokumentacija in strokovno gradivo, izvedene so bile delavnice in izobraževanja, izdelane z INSPIRE skladne omrežne storitve in v sodelovanju z Arsom na evropski zemljevid INSPIRE že umeščene prve podatkovne zbirke. Predstavniki ministrstva za okolje in prostor so izpostavili koncept vzpostavitve sodobnega prostorskega informacijskega sistema z elektronskim poslovanjem na področju prostorskega načrtovanja (ePlan) in graditve (eGraditev). Predstavljene so bile tudi dejavnosti v zvezi z množičnim zajemom podatkov o dejanski rabi poseljenih zemljišč in prvi koraki k vzpostavitvi evidence stavbnih zemljišč.

V sklepnem delu konference so predstavniki geodetske uprave seznanili prisotne z rezultati digitalnega arhiva zemljiškega katastra in katastra stavb, ki bo omogočil, da se ohrani izvorno gradivo, izdelajo storitve za različne vrste uporabnikov ter da se olajša in pospeši dostop, pregledovanje in uporaba teh podatkov. Na področju lokacijske izboljšave grafičnega dela zemljiškega katastra je bila predstavljena metodologija izboljšave, rezultati na območju Prekmurja in Dolenjske, poleg tega je bilo jasno navedeno, katerih primerov lokacijska izboljšava ne bo rešila. Letos je bil dokončan tudi prvi del programiranja nove informacijske rešitve katastra nepremičnin. Za odpravo administrativnih ovir, pospešitev procesov ter posodobitev sistema pa je v pripravi nov zakon o katastru nepremičnin, ki je na stopnji usklajevanja pripomb iz strokovne obravnave in bo v začetku prihodnjega leta posredovan v javno obravnavo. Na koncu so bili izpostavljeni dogovori in usmeritve glede informacijske infrastrukture in načina sodelovanja z ministrstvom za javno upravo ter konceptom distribucije.



Slika 7: Predstavniki ministrstva za okolje in prostor, ministrstva za javno upravo ter geodetske uprave.

Ob robu konference je bila izvedena tiskovna konferenca, na kateri so državni sekretar Aleš Prijon, generalni direktor geodetske uprave Anton Kupic in generalna direktorica direktorata za prostor, graditev in stanovanja na MOP Barbara Radovan odgovarjali na vprašanja novinarjev.



Slika : Tiskovna konferenca eProstora.

Mag. Erna Flogje Dolinar
 Geodetska uprava RS
 Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
 e-naslov: erna-flogje-dolinar@gov.si

SVETOVNI KONGRES ORGANIZACIJE ZDRUŽENIH NARODOV O UČINKOVITEM UPRAVLJANJU PROSTORSKIH INFORMACIJI (UNWGIC)

Tomaž Petek

V mestu Deqing v kitajski provinci Zhejiang je bil od 19. do 21. novembra 2018 organiziran svetovni kongres Organizacije združenih narodov o učinkovitem upravljanju prostorskih informaciji (UNWGIC), ob katerem so potekali številni spremljevalni dogodki in sestanki. Kongres je organiziral statistični oddelek Organizacije združenih narodov (UNSD) v sodelovanju z ministrstvom za naravne vire Ljudske republike Kitajske in vlade province Zhejiang.



Slika 1: Nov objekt kongresnega središča v Deqingju.

Naslovna tema kongresa je bila *Geoprostorska pot v boljši svet* (angl. *Geospatial Way to a Better World*), saj je vse zainteresirane strani na najvišji ravni povezal v prizadevanjih, da zagotovijo učinkovito uporabo prostorskih informacij v korist družbenega, gospodarskega in okoljskega razvoja ter spremljanja izvajanja ciljev trajnostnega razvoja iz Agende 2030.

Na kongresu UNWGIC so bili poleg otvoritvenega plenarnega dela organizirani še ministrski dialog ter štiri vsebinska plenarna zasedanja, namenjena naslednjim področjem doseganja trajnostnega razvoja: digitalnemu gospodarstvu; izgradnji pametnih mest in vasi ter razvoju mednarodnega sodelovanja.

Poleg plenarnega zasedanja je potekalo še sedem vzporednih tematskih sekcij, na katerih so udeleženci razpravljali o merjenju in spremljanju ciljev trajnostnega razvoja, digitalnem gospodarstvu in velikih bazah podatkov; pametni, odporni in trajnostni družbi; rasti globalne geoprostorske sposobnosti in zmogljivosti; geoprostorskih inovacijah, znanosti in tehnologiji; digitalni svileni cesti in mednarodnem partnerstvu ter uporabi prostorskih podatkov pri zagotavljanju trajnostnega razvoja. Vse predstavitve so dosegljive na spletni strani kongresa (www.unwgic2018.org/)

Na kongresu je bilo registriranih 1400 udeležencev iz 110 držav, udeležilo se ga je tudi 13 ministrov iz vsega sveta, med njimi slovenski minister za okolje in prostor Jure Leben. Nekateri ministri so sodelovali na plenarnih zasedanjih in mnogih drugih dogodkih, večina pa se je udeležila ministrskega dialoga, ki je bil na sporedu v ponedeljek, 19. novembra, in v okviru katerega so obravnavali družbene, gospodarske in okoljske prednosti zanesljivega, pravočasnega in kakovostnega zagotavljanja prostorskih informacij ter njihovo vlogo pri ustvarjanju trajnostnega in boljšega sveta za vse.



Slika 2: Minister Jure Lebna med ministrskim dialogom.

Minister za okolje in prostor g. Jure Leben je na kongresu sodeloval v ministrskem dialogu in v razpravi zastopal stališča Slovenije. Kot je izpostavil, je treba na svetovni ravni okrepite prizadevanja, da bodo imele vse države možnost za prispevek k živahnemu nacionalnemu prostorskemu informacijskemu ekosistemu in ter njegov razvoj, pri čemer je treba omogočiti souporabo in medopravilnost pri uporabi prostorskih podatkov.

Minister Leben je sodeloval tudi na enem od štirih plenarnih delov zasedanj z naslovom *Izgradnja pametnih mest in vasi*. V nastopu na kongresu je izpostavil dolgoletne dobre prakse na področju učinkovitega upravljanja prostorskih podatkov v Sloveniji ter dejal, da se Slovenija na tem novem in inovativnem

področju povezuje s sorodno mislečimi državami EU in drugimi razvitimi državami. Tako že vrsto let prepoznava pomen prostorskih informacij za podporo tehnološkemu razvoju ter obravnava razvoj in krepitev prostorskih informacijskih sistemov in zmogljivosti za upravljanje informacij ter pomen mednarodnega usklajevanja in sodelovanja na tem področju. Poudaril je tudi zavedanje, da kakovostne in prosto dostopne prostorske informacije zagotavljajo trajnostni razvoj, skupno prihodnost in boljši svet, v katerem se vsi lahko prištevamo v vključujočo globalno družbo. Zaradi navedenega se ministrstvo za okolje in prostor že od sprejetja evropske direktive INSPIRE dejavno vključuje v njeno izvajanje in s tem izpolnjevanje njenih vodilnih načel, ki so v celoti skladna tudi z načeli UN-GGIM.



Slika 3: Minister Jure Leben med nastopom na plenarnem delu kongresa.

Geodetska uprava RS se skupaj z Agencijo RS za okolje in Direkcijo RS za vode uvršča med največje upravljavce prostorskih in okoljskih podatkov v državi. Geodetska uprava opravlja tudi naloge nacionalne točke za stike v okviru izvajanja direktive INSPIRE in zato izvaja tudi naloge usklajevanja vseh upravljavcev prostorskih podatkov v Republiki Sloveniji.

Kot spremljevalni dogodki so bila organizirana svetovna in regionalna srečanja, delavnice in učni dogodki, izvedeno je bilo tudi redno letno plenarno zasedanje regionalnega odbora Združenih narodov o globalnem upravljanju geoprostorskih informacij za Azijo in Pacifik (UN-GGIM-AP) ter letno srečanje razširjenega odbora UN-GGIM.

Ob koncu zasedanja je bila sprejeta tudi Moganshanska deklaracija, v kateri so udeleženci kongresa zapisali, da so prostorski podatki ključnega pomena za spremljanje doseganja ciljev trajnostnega razvoja ter da je treba učinkovito premostiti geoprostorski digitalni razkorak za uresničitev 'digitalne transformacije'.

Udeleženci kongresa so z deklaracijo tudi pozvali vse države članice OZN, posamezne institucije, akademski sektor, industrijo in posameznike, naj prostorske informacije vključijo v nacionalne razvojne agende. V deklaraciji je zapisan tudi poziv k vzpostavitvi mednarodnih centrov odličnosti na geoprostorskem znanju za spodbujanje globalnega prostorskega razvoja in zagotavljanje zmogljivosti, razvijanje skupnih znanj in inovacijskih vozlišč za izkoriščanje sodobnih metod in tehnologij za uporabo prostorskih podatkov.



Slika 4: Slovenska delegacija na kongresu UNWGIC.

Predstavniki Geodetske uprave Republike Slovenije g. Tomaž Petek je ob koncu kongresa sodeloval na sestankih razširjenega upravnega odbora UN-GGIM in mednarodnega svetovalnega odbora kongresa, kamor je bil imenovan kot predsedujoči evropskega regionalnega izvršilnega odbora skupine strokovnjakov za upravljanje geografskih informacij v Evropi (UN-GGIM: Evropa).

Tomaž Petek

Geodetska uprava RS

Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana

e-naslov: tomaz.petek@gov.si

NOVA DOKTORICA ZNANOSTI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

Krištof Oštir

ANDREJA ŠVAB LENARČIČ, DOKTORICA ZNANOSTI

Dne 14. septembra 2018 je v okviru doktorskega študija grajeno okolje, smer geodezija, na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (FGG UL) doktorsko nalogo uspešno zagovarjala Andreja Švab Lenarčič, univ. dipl. inž. geod. Disertacijo je pripravila pod mentorstvom prof. dr. Krištofa Oštirja s FGG UL.

Avtorica: Andreja Švab Lenarčič
Naslov: Ocenjevanje geometrične podobnosti oblakov točk aerolaserskega skeniranja: doktorska disertacija (angl. Assessment of Geometric Similarity of Airborne Laser Scanning Point Clouds)
Mentor: prof. dr. Krištof Oštir
URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=103725&lang=slv>

Dostopnost časovnih vrst visoko prostorsko in časovno ločljivih satelitskih posnetkov je omogočila razvoj metod veččasovne klasifikacije pokrovnosti, s katerimi naj bi se – zaradi časovne informacije – izboljšala kakovost klasifikacije. V disertaciji sta obravnavani dve veččasovni klasifikaciji: kvazi veččasovna klasifikacija in klasifikacija na podlagi časovnih vrst. Pri prvi posnetke časovne vrste uporabimo kot attribute enočasovne klasifikacije, pri drugi pa primerjamo razvoj določenih spektralnih karakteristik v času. Klasifikacije petih osnovnih razredov pokrovnosti (gozd, travnik, njiva, voda, urbano) in šestih osnovnih poljščin (koruza, pšenica, ječmen, buča, oljna ogrščica, tritikala) so bile izvedene z različnimi vhodnimi podobami, atributi, osnovnimi enotami ter posnetki različnih senzorjev. Velik poudarek je na preučitvi postopkov segmentacije, saj izkušenj o uporabnosti segmentov kot osnovnih enot veččasovne klasifikacije v svetovnem merilu skoraj ni. Poleg same učinkovitosti navedenih metod je podrobno analiziranih več možnih vplivov na rezultat klasifikacije. Namen je izboljšati za zdaj zelo skromne usmeritve za pridobitev visoke natančnosti pri kratkem času procesiranja. Dobljeni rezultati kažejo, da je – poleg spektralnih vrednosti – najpomembnejši atribut pri klasifikaciji čas zajema satelitskega posnetka. Kvazi veččasovna klasifikacija povprečno omogoča pridobitev mnogo višje skupne natančnosti kakor enočasovna klasifikacija (+8 % osnovni razredi, +16 % poljščine), s čimer se s povprečno skupno natančnostjo 90 % (osnovni razredi) in 88 % (poljščine) dotika uporabne operativne vrednosti. Rezultati klasifikacije na podlagi časovnih vrst so slabši od rezultatov kvazi veččasovne klasifikacije (–1 % osnovni razredi, –25 % poljščine), pri čemer je čas izvajanja izredno dolg, kar metodo uvršča med

trenutno nesprejemljivo za praktično uporabo. Pomembna ugotovitev naloge je, da za veččasovno klasifikacijo segmenti niso najustreznejše osnovne enote. Ne glede na postopek pridobitve namreč prinašajo slabšo natančnost klasifikacije od referenčnih poligonov (–5 % osnovni razredi, –18 % poljščine) in pikslov (–5 % osnovni razredi, –16 % poljščine).

Prof. dr. Krištof Oštir, predstojnik doktorskega študija Grajeno okolje
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: kristof.ostir@fgg.uni-lj.si

SEZNAM DIPLOM NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

OD 1. 8. 2018 DO 31. 10. 2018

Teja Japelj

Jesen nam poleg izobilja zrelih plodov v svojih žarečih barvah in pisanih podobah prinaša tudi izobilje hrane za dušo. Sončni, topli jesenski dnevi nas prijazno vabijo v naravo, ki nam v tem jesenskem obdobju postreže z veličastnimi prizori barvite pokrajine. Dan je takoj lepši, ko se sprehodiš čez barviti gozd, in res je, kar pravijo: vsak letni čas ima svoj čarobni sij, pa tudi če gre za jesen.

Poleg zanimive in pisane narave je bilo barvito tudi na študijskem področju, saj ni bilo malo takšnih, ki so v zadnjih mesecih doštudirali na naši fakulteti: 20 študentov je končalo študij na univerzitetnem študijskem programu prve stopnje geodezija in geoinformatika, 2 na visokošolskem strokovnem študijskem programu tehnično upravljanje nepremičnin, barvito pa je bilo tudi na drugi stopnji. Na magistrskem študijskem programu druge stopnje geodezija in geoinformatika je opravilo vse obveznosti 12 študentov, 5 pa na magistrskem študijskem programu druge stopnje prostorsko načrtovanje.

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA

Ana Čampa Možnosti parcelnega preurejanja zemljišč v okviru katastrskih postopkov

Mentorica: izr. prof. dr. Anka Lisec

Somentor: asist. dr. Marjan Čeh

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103845>

V magistrskem delu smo preučevali katastrske postopke urejanja in preurejanja zemljišč po veljavni zakonodaji v Republiki Sloveniji. V začetnem delu naloge predstavljamo teoretično ozadje na področju preurejanja zemljišč s kratkim zgodovinskim pregledom nastanka zemljiškega katastra in njegovega vzdrževanja v Sloveniji, ki je pomembno za razumevanje raznovrstne kakovosti katastrskih podatkov. Nadaljujemo s pregledom dosedanjih raziskav na področju katastrskega urejanja in preurejanja zemljišč ter podrobnejšo predstavitev zakonodajnega okvira nove izmere, nastavitve katastra in komasacije, ki so postopki množičnega katastrskega urejanja in preurejanja zemljiških parcel po veljavni slovenski zakonodaji. Kot zanimivost smo v nadaljevanju opisali tudi hrvaške izkušnje s postopkom izvajanja nove izmere. Sledi podrobna analiza postopkov katastrskega urejanja in preurejanja zemljiških parcel v Sloveniji. Pomemben rezultat magistrskega dela je primerjava zakonskih meril za uvedbo in izvajanje posamičnih in množičnih katastrskih postopkov v Sloveniji. Za boljše razumevanje obravnavanih postopkov in kritično oceno sedanjih zakonskih določil smo izvedli študijo praktičnih primerov nove izmere in nastavitve katastra v Sloveniji. Na podlagi rezultatov analize zakonskih določil in primerov iz prakse smo v zaključku naloge oblikovali in predlagali izboljšave zakonodajne ureditve na področju katastrskih postopkov. Pri tem je poudarek na dveh množičnih katastrskih postopkih urejanja in preurejanja zemljišč, in sicer na novi izmeri in nastavitvi katastra. S tem smo želeli opozoriti na njun neizkoriščen potencial in v

prihodnje pričakovan pomemben prispevek k izboljšanju kakovosti podatkov zemljiškega katastra ter učinkovitosti katastrskega preurejanja zemljišč.

Gozard Furlanič Prostorske analize za preučevanje nepremičninskega trga

Mentorica: izr. prof. dr. Anka Lisec

Somentorja: viš. pred. dr. Miran Ferlan, asist. Jernej Tekavec

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103831>

V magistrskemu delu smo z analitičnimi orodji geografskih informacijskih sistemov (GIS) izvedli prostorske-časovne analize nepremičninskega trga na izbranem območju. Namen naloge je predvsem pokazati pomen in analizirati možnosti uporabe geolokacijskih podatkov o nepremičninah ter drugih prostorskih podatkov za analizo nepremičninskega trga. Pri tem smo pregledali in obravnavali primernost v Sloveniji dostopnih uradnih podatkovnih zbirk o nepremičninah in nepremičninskem trgu za predlagane analize. V empiričnem delu smo na študijskem območju s prostorskimi analizami dokazovali povezanost lokacije nepremičnin in njihove transakcijske vrednosti. Osredotočili smo se na stanovanjski nepremičninski trg v obalnih občinah Ankaran, Izola, Koper in Piran. Analizirali smo vplive izbranih prostorskih dejavnikov oziroma značilnosti na transakcijsko vrednost nepremičnin, kot je oddaljenost nepremičnine od središča mesta. Za namene prostorskih analiz smo uporabili odprto programsko rešitev QGIS. Za primer oddaljenosti od obalne linije ter dostopnosti do središč občine smo na študijskem območju ugotovili, da lokacija značilno vpliva tako na dejavnost trga nepremičnin kot na samo transakcijsko vrednost.

Leon Kogelnik Različni vidiki izračuna vpliva troposfere na opazovanja GNSS

Mentorica: doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103307>

Tema magistrske naloge združuje področji geodezije in meteorologije, ki na različne načine omogočata določitev vpliva troposfere na opazovanja GNSS. Troposfera povzroči ukrivljanje signala in zato podaljšanje poti njegovega razširjanja glede na razširjanje v vakuumu. Zakasnitev prispetja signala zaradi vpliva troposfere lahko izračunamo neposredno iz meteoroloških podatkov, ki jih dobimo iz radiosondaže. Obstaja tudi posredni način določitve vpliva iz obdelave opazovanj GNSS. Oba pristopa obravnavanja modeliranja posledic vpliva imata prednosti in slabosti. Glavni cilj naloge je bil primerjati rezultate obeh in jih optimalno združeno uporabiti v nadaljnjih ocenah vpliva. V ta namen smo za leto 2017 pridobili celoletne podatke vertikalne sondaže kot tudi modeliranje podaljšanja poti razširjanja signala zaradi delovanja troposfere v omrežju stalnih postaj GNSS SIGNAL. Pokazali smo, da razlike med različno pridobljenimi rezultati obravnavanja vpliva troposfere na opazovanja GNSS za satelite v zenitu le redko presegajo 5 centimetrov. Radiosondažne podatke smo uporabili za izračun letnih sprememb suhe in mokre komponente vpliva troposferske refrakcije ter za izbrana enotedenska obdobja v različnih letnih časih analizirali vrednosti posameznih komponent vpliva. Z rezultati obdelave opazovanj GNSS v omrežju SIGNAL smo prikazali dnevne spremembe delovanja troposfere na opazovanja GNSS, vendar tokrat le za združeno obravnavanje suhe in mokre komponente. Nazadnje smo pokazali, da velika višinska razlika med krajiščema baznega vektorja vodi do situacije, da vpliva s faznimi razlikami in ob uporabi modelov ne moremo v celoti odstraniti. Zato je v teh primerih, enako kot pri tehniki absolutne določitve položaja s faznimi opazovanji PPP, vpliv troposfere bolje ocenjevati kot neznanko v obdelavi opazovanj.

Marjeta Korošec Gravimetrične meritve ob različnih vodostajih Cerknškega jezera

Mentor: doc. dr. Miran Kuhar

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=105130>

V magistrskem delu predstavljamo rezultate petih relativnih gravimetričnih izmer, ki smo jih izvedli med marcem 2016 in septembrom 2017 ob različnih vodostajih Cerknškega jezera. Opisujemo rezultate in ugotovitve vpliva višine vodostaja jezera na spremembo absolutnega težnega pospeška ter posledično tudi vpliv spremembe težnega pospeška na normalne višine točk, na katerih smo izvedli relativno gravimetrično izmero. Vpliv višine vodostaja povežemo z volumnov vode v posamezni gravimetrični izmeri. Pri terenskem delu smo uporabili RTK-metodo (ang. real time kinematic) izmere GNSS (ang. global navigation satellite system), ki smo jo uporabili za določitev približnega položaja točk ob jezeru in kasneje za njihovo zakoličbo. Prvi del magistrske naloge se nanaša na teoretični opis gravimetrične izmere in RTK-metode izmere GNSS, sledi opis praktičnega dela. Tu izpostavimo težave, ki nastanejo zaradi nenavadnega obnašanja gravimetra med gravimetrično izmero. Cilj magistrskega dela je ovrednotenje vpliva količine vode na spremembo absolutnega težnega pospeška med posameznimi izmerami. V zaključnem delu podajamo predloge za nadgradnjo naloge v prihodnosti.

Andreja Medved Opazovanje suše s satelitskimi posnetki – uporabnost indeksov stanja vegetacije in standardiziranega padavinskega indeksa

Mentor: prof. dr. Krištof Oštir

Somentor: doc. dr. Žiga Kokalj

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103599>

Namen magistrske naloge je bil preučiti uporabnost indeksa stanja vegetacije in standardiziranega padavinskega indeksa za opazovanje suše s satelitskimi posnetki. Uporabnost indeksov smo preverjali na območju meteoroloških postaj Lendava, Ljubljana Bežigrad, Novo mesto in Postojna, in sicer na podlagi izbranih točk, za katere imamo podatke o dejanski rabi tal (listnati gozd, mešana raba, polja, travniki, vinogradi, iglasti gozd in nasadi). Za izbrane točke smo pridobili podatke o časovnih serijah produkta MODIS MOD13Q1 in izračunali indeks stanja vegetacije. Izračunane vrednosti standardiziranega padavinskega indeksa (SPI1, SPI2, SPI3, SPI4, SPI6, SPI9, SPI12) smo primerjali z indeksom stanja vegetacije. Primerjavo smo naredili z namenom, da bi ugotovili, kako sta indeksa med seboj koreliranega, oziroma pridobili podatek, po kolikšnem času se vegetacija odzove na primanjkljaj padavin. Na podlagi rezultatov smo komentirali uporabnost indeksov in podali bistvene ugotovitve.

David Merlin Določevanje prostornin zemeljskih mas z uporabo inštrumenta Leica Nova MS50

Mentor: doc. dr. Božo Koler

Somentor: asist. dr. Tilen Urbančič

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=102772>

V magistrskem delu smo analizirali določevanje prostornin zemeljskih mas z različnimi načini zajema prostorskih podatkov. Podatke smo zajeli s terestričnim laserskim skeniranjem ter s klasično detajlno izmero. Meritve smo opravili z inštrumentom Leica Nova MS50. Metodi zajema sta bili ponovljeni na štirih različnih

študijskih območjih. Instrument Leica Nova MS50 omogoča tudi samodejni izračun prostornin, katerega metode izračuna so neznane. V analizi smo na podlagi obdelave podatkov z različnimi tipi interpolacij in različno velikostjo oziroma ločljivostjo celične mreže točk ugotovili, s katero metodo se temu rezultatu najbolj približamo. Na podlagi rezultatov opravljenih analiz smo ovrednotili količinsko odstopanje različnih metod zajema in metod obdelave. Ovrednotili smo tudi časovno odstopanje različnih metod zajema, ki so potrebni za izračun prostornin. Z rezultatom smo predstavili ozadje samodejnega izračuna količin z instrumentom Leica Nova MS50 in primernost uporabe na terenu ter alternativo, če funkcija samodejnega izračuna ni na voljo.

Teja Mikelj Izmera vodil freze na zaletišču Letalnice bratov Gorišek

Mentor: doc. dr. Božo Koler

Somentorja: asist. dr. Tilen Urbančič

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=102786>

Na Letalnici bratov Gorišek se za izdelavo zaletne smučine uporablja freza. Njen položaj se regulira z bočnimi vodiloma, po katerih se premika. Detajlne točke za določitev geometrije vodil so določene na mestih, kjer so pritrjeni vijaki. Dosedanja kontrola položaja vodil, ki vključuje izmero vrha vodila, se izvaja s klasično polarno izmero. V magistrskem delu smo kot alternativno in inovativno možnost predstavili uporabo nastavka s tremi prizmami Leica GMP 101. Konstrukcija nastavka omogoča enolično določitev središča vodila. Določili smo funkcijski in stohastični model izravnave koordinat karakteristične točke nastavka po metodi najmanjših kvadratov ter testirali njegovo splošno uporabo. Primerjali smo razlike med obema metodama ter ocenili skladnost posamezne metode s projektiranimi vrednostmi. Ugotovili smo, da v splošnem obe metodi podajata podobne vrednosti razlik od projektirane krivulje. Metoda izmere z nastavkom je primerna za določanje položaja detajlnih točk vodil freze.

Natalija Novak Primerjava višin, določenih z mobilnim kartirnim sistemom in iz lidarskih podatkov

Mentor: prof. dr. Bojan Stopar

Somentorja: asist. dr. Oskar Sterle, asist. dr. Tilen Urbančič

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103334>

V magistrskem delu smo analizirali skladnost višin, določenih z mobilnim kartirnim sistemom, z višinami, pridobljenimi iz lidarskih podatkov. Uporabili smo podatke GNSS/INS meritev mobilnega kartirnega sistema podjetja DFG CONSULTING, d.o.o., ter podatke aerolaserskega skeniranja (ALS) Slovenije. Višine, določene na podlagi podatkov aerolaserskega skeniranja, smo določili na podlagi digitalnega modela reliefa (DMR), za dva izbrana odseka pa na podlagi oblaka točk reliefa (OTR). Višine, določene z GNSS/INS-meritvami, smo pridobili iz podatkov meritev mobilnega kartirnega sistema na več kot 1000 kilometrih državnih cest različnih značilnosti. Razlike višin smo razvrstili v razrede, jih analizirali in ovrednotili po več kriterijih. Ugotovili smo, da absolutne razlike višin, pridobljene z meritvami mobilnega kartirnega sistema, v več kot 86 odstotkih primerov odstopajo od digitalnega modela reliefa (DMR) manj kot 0,25 metra.

Žiga Roškar Analiza prostorninskih in ravninskih tarč za združevanje aero in terestričnih oblakov točk

Mentorica: doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Somentorja: asist. dr. Oskar Sterle, asist. dr. Tilen Urbančič

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103847>

V magistrski nalogi smo ocenjevali kakovost registracije terestričnih laserskih in aerofotogrametričnih oblakov točk, pridobljenih iz bližnjelikovnih aerosopnetkov. Analizirali smo uporabnost različnih prostorninskih in ravninskih umetnih tarč kot veznih točk za določitev transformacijskih parametrov registracije. Posebej nas je zanimala uporabnost nove tarče za registracijo terestričnih in aerofotogrametričnih podatkovnih nizov, ki smo jo izdelali in predstavili v tem delu. Za potrebe analize smo izvedli zajem aerosopnetkov z letalnikom na različnih višinah letov za izdelavo aerofotogrametričnih oblakov točk in skeniranje s terestričnim laserskim skenerjem. Referenčne meritve umetnih tarč z metodo skeniranja in polarne izmere smo izvedli s tahimetrom. Kot mero kakovosti registracije z uporabo posameznega tipa umetnih tarč smo uporabili koren srednjega kvadratnega pogreška na kontrolnih točkah. Na podlagi analize rezultatov smo opredelili prednosti in omejitve analiziranih tarč in predlagali novo tarčo kot najprimernejšo za registracijo oblakov točk v aplikacijah, pri katerih želimo združiti aerofotogrametrične in terestrične oblake točk.

Klemen Stropnik Uporaba programa FME za sistematično spremljanje vegetacije s satelitskimi posnetki

Mentor: prof. dr. Krištof Oštir

Somentor: asist. Jernej Tekavec

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103634>

V magistrskem delu smo z uporabo programov FME Desktop in FME Server razvili samodejen postopek za sistematično spremljanje stanja vegetacije s satelitskimi posnetki. V namizni aplikaciji FME Workbench smo sestavili procesni model, s katerim za poljubno območje pridobimo najnovejši satelitski posnetek, ki ustreza določenim kriterijem kakovosti. Na satelitskem posnetku nato izračunamo vegetacijski indeks NDVI ter ga obrežemo na velikost predhodno določenega območja. Izdelan model smo prenesli na FME Server, kjer smo nastavili urnik, na podlagi katerega se bo model na strežniku samodejno izvajal. V primeru sprememb se nove datoteke z rezultati zapišejo v izbrano mapo na strežniku. Mapa je z uporabo programa Backup and Sync povezana s spletno shrambo Google Drive, kar uporabniku omogoča dostop do rezultatov tudi z oddaljene naprave. Takšen samodejni proces uporabniku prihrani veliko časa in omogoča sistematično spremljanje rezultatov, saj ni treba vsakič znova spreminjati nastavitvev in zaganjati programa.

Meta Uršič Uporaba podatkov daljinskega zaznavanja za opazovanje onesnaženosti zraka

Mentor: prof. dr. Krištof Oštir

Somentorica: Urša Kanjir

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=102783>

Onesnaženje zraka je ena glavnih težav, s katerimi se danes spopada svet. Stopnja onesnaženosti zraka se vse večkrat opisuje s tako imenovanimi trdnimi delci PM10 oziroma PM2.5. Koncentracije trdnih delcev se sicer stalno spremljajo v meritvenih postajah na Zemlji po vsem svetu, vendar so lokacije meritev skoncentrirane v razvitih državah in večjih mestih. Alternativa merjenju atmosferskih parametrov z Zemlje so satelitske meritve. Eden izmed mnogih satelitov, ki lahko kontinuirano opazujejo atmosfero okrog celotne Zemlje, je Terra s senzorjem MODIS. Med drugim zbira podatke o optični gostoti aerosolov (AOD). V nalogi je preučena možnost uporabe AOD za opazovanje onesnaženosti zraka z delci PM10. Obravnavano je območje Slovenije in del severozahodne Italije. V nalogi je podrobneje predstavljena regresijska analiza med količinama

AOD in koncentracijo PM10, merjeno na Zemlji. Naloga ovrednoti smiselnost uporabe enostavne linearne odvisnosti med tema količinama za oceno onesnaženosti zraka. Rezultati uporabljene kalibracije kažejo na šibko povezanost AOD in koncentracijo delcev PM10, merjeno na tleh. Izkaže se, da je uporaba enostavne linearne odvisnosti med AOD in koncentracijo PM10 na Zemlji za oceno onesnaženosti zraka smiselna za poletne mesece, ko je podatkov dovolj, ne pa tudi pozimi. Satelitski podatki so zato lahko odlična podlaga za določanje onesnaženosti zraka, pri čemer je, posebej za zimske mesece, obvezno upoštevati tudi druge dejavnike, ki vplivajo na koncentracijo delcev PM10 v zraku.

Ana Vendramin Vpliv natančnosti koordinat oslonilnih točk na fotogrametrične izdelke

Mentorica: doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

Somentor: asist. dr. Dejan Grigillo

<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=103317>

Magistrsko delo Vpliv natančnosti koordinat oslonilnih točk na fotogrametrične izdelke zajema določitev koordinat fotogrametričnim oslonilnim in kontrolnim točkam z različnimi metodami izmere GNSS. Terenska izmera je obsegala večurno statično izmero GNSS, več ponovitev RTK-metode izmere ter prelet območja z daljinsko vodenim zrakoplovom. Opazovanja večurne statične izmere smo obdelali na več načinov, in sicer tako, da smo spreminjali minimalni višinski kot sprejema signala GNSS in modele troposferske refrakcije, uporabili različne efemeride, se navezali na različne stalne postaje GNSS ter uporabili opazovanja različnih dolžin. Položaje točk, pridobljene z obdelavo večurne statične izmere, smo primerjali s položaji, določenimi z RTK-metodo izmere. Položaje točk, pridobljene z relativno obdelavo statične izmere GNSS, smo primerjali s položaji, ki smo jih določili z absolutno metodo določitve položaja PPP z različnimi spletnimi aplikacijami. Vhodni podatek za fotogrametrično obdelavo, v kateri so bili izdelani fotogrametrični oblaki točk, DMR-ji ter ortofoti, so bile fotografije študijskega območja, posnete z daljinsko vodenim zrakoplovom, ter koordinate oslonilnih točk, določene z metodami izmere GNSS različne kakovosti. Fotogrametrične izdelke smo izdelali v programu 3Dsurvey, analizirali smo jih tako, da smo ocenili njihovo točnost na dva načina. Za oceno absolutne točnosti izdelkov smo uporabili oslonilne točke dolge statične izmere GNSS kot kontrolne točke, za relativno oceno točnosti pa smo izvedli primerjavo z referenčnimi izdelki.

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE PROSTORSKO NAČRTOVANJE

Katarina Čirič Analiza in določitev izhodišč za organizacijo vrtičkarske dejavnosti v Mestni občini Kranj

Mentorica: doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek

Somentorica: viš. pred. dr. Maja Simonetti

<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=103840>

Vrtičkarstvo je priložnostna in samooskrbna dejavnost, ki se izvaja na najetih ali drugače pridobljenih zemljiščih. Izvorno je vrtičkarstvo povezano z eksistencialnimi potrebami prebivalcev. Danes pa vrtičkarstvo zadovoljuje družbene, okoljske, socialne in druge potrebe urbanega prebivalstva in je pomembna prvina načrtovanja prostorskega razvoja naselij. Glavni namen naloge je analizirati stanje vrtičkarske dejavnosti v Mestni občini Kranj, kako se načrtuje razvoj dejavnosti in kakšna dopolnilna pravila urejanja določajo občinski predpisi. Na podlagi pregleda literature, podatkov, primerov dobre prakse in informacij, ki smo jih pridobili na mestni

upravi in na terenu, ter analize dejanskega stanja v prostoru so opredeljene organizacijske rešitve in smernice za razvoj vrtičkarstva na območju občine. Magistrsko delo uvodoma predstavlja pomen in značilnosti vrtičkov, vidike razvoja, povezave s samooskrbo in preživljanjem prostega časa, ter ugotavlja, da so vrtički v Mestni občini Kranj pogosto umeščeni v prostor na pobudo prebivalcev, samoiniciativno in neformalno, tudi v nasprotju z določili prostorskih aktov in da sta njihovo urejanje in razvoj prepuščena prebivalcem, zato lahko v prostoru delujejo moteče in nesprejemljivo. Podobne značilnosti vrtičkarstva naloga razkriva tudi na območju Mestne občine Kranj. Za organizacijo in urejanje prostora je odgovorna občina in zato je ob primernih spodbudah in promociji vrtičkarstva lahko prav ta tista, ki lahko vrtičkarstvo na svojem območju ohranja, ga primerno ureja in načrtuje v sklopu svojih pristojnosti.

Ajda Kafol Stojanović Ocena kapacitete vodovodnega sistema kot strokovna podlaga v procesu prostorskega načrtovanja

Mentorica: izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač

Somentor: asist. dr. Daniel Kozelj

<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=103594>

Magistrska naloga predstavlja izdelavo ocene kapacitete vodovodnega sistema, ki je uporabna v prostorskem načrtovanju kot strokovna podlaga za izdelavo prostorskih aktov. Ocena je izdelana za območja nepozidanih stavbnih zemljišč v Mestni občini Kranj, kjer je predviden razvoj posameznih dejavnosti. Tovrstne ocene se trenutno v fazi priprave prostorskih aktov ne izdelujejo, so pa pomembna podlaga za načrtovanje poselitvenih območij, razmeščanje dejavnosti v prostoru, časovno defniranost in oceno stroškov izvedbe načrtovanih ureditev. Za nepozidana stavbna zemljišča, kjer je gradnja možna in dopustna, je glede na večletne podatke o porabi pitne vode iz primerljivih območij ocenjena predvidena povprečna poraba pitne vode. Primerljivost je definirana glede na podrobno namensko rabo prostora, urbanistične kazalce in dejavnost. Območja s podatkom o predvideni porabi pitne vode so vključena v hidravlični model vodovodnega sistema Kranj in preverjene so tlačne ter pretočne razmere v vodovodnem sistemu. Na podlagi interpretacije rezultatov hidravlične preveritve in dodatnih izračunov potrebne dolžine sekundarnega vodovodnega omrežja so opredeljene potrebne investicije v vodovodni sistem ob realizaciji načrtovanih ureditev na območjih nepozidanih stavbnih zemljišč ter ocenjeni njihovi okvirni stroški. Rezultati oblikovane metodologije so se izkazali kot uporabni za presojo ustreznosti obstoječih kapacitet vodovodnega sistema ter načrtovanje novih, kar je manjkajoča podlaga pri pripravi prostorskih aktov.

Jasna Munda Priprava prostorskih podatkov, primernih za simulacijo širjenja požarov na prostem

Mentor: prof. dr. Goran Turk

Somentor: doc. dr. Samo Drobne

<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=103843>

Učinkovitost požarnih intervencij temelji na poznavanju hitrosti in smeri širjenja požara. Za izračun uporabimo ustrezne podatke. Pregledali smo, katere vhodne podatke uporabljajo že obstoječi požarni modeli, in preverili kateri podatki so na voljo, kdo jih zbira in ali so dovolj kakovostni. Za simulacijo požara bi uporabili podatke o lokaciji in času vžiga, digitalni model višin, podatke o trenutnih meteoroloških vrednostih in vremensko napoved, podatke o dejanski rabi ter podatke o gorivih na območju gozda. Vhodne podatke je treba ustrezno pripraviti. Pripravo podatkov smo predstavili za območje v OE Sežana, ki spada med požarno zelo ogrožene.

Žan Pavlin Vrednotenje funkcionalnih regij s pristopom mehke logike

Mentor: doc. dr. Samo Drobne

Somentor: izr. prof. dr. Mitja Lakner

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=102776>

V magistrskem delu smo vrednotili funkcionalne regije s pristopom mehke logike (Feng, 2009), s podatki o delovni mobilnosti med občinami za območje Slovenije. Vrednotili smo funkcionalne regije, modelirane po metodi TTWA (Borovnik, 2018) in Intramax (Drobne, 2016), na lokalni in regionalni ravni. Z vrednotenjem teh podatkov smo dobili 24 nizov rezultatov, ki smo jih po vrednosti predstavili na ravni občin, povprečja pa na ravni funkcionalnih regij in ravni Slovenije. Rezultati so pokazali, da metoda TTWA v splošnem modelira funkcionalne regije z višjimi stopnjami pripadnosti občin kot metoda Intramax, kar velja za obe analizirani leti kot tudi za raven obravnave funkcionalnih regij. V splošnem velja tudi, da se z nižanjem ravni funkcionalnih regij zmanjšuje pripadnost občin k tem regijam.

Eva Primožič Metode za določevanje urbanega toplotnega otoka

Mentorica: doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek

Somentorja: doc. dr. Mojca Nastran, doc. dr. Žiga Kokalj

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=105135>

V magistrski nalogi je obravnavana določitev urbanih toplotnih otokov na primeru majhnih slovenskih mest ter določitev vpliva zelenih površin na urbane toplotne otoke. S pregledom občinskih prostorskih načrtov izbranih mest smo preverili, koliko občine varujejo zelene površine in kaj nameravajo storiti za zmanjšanje pojavov in učinkov urbanih toplotnih otokov. V praktičnem delu magistrske naloge smo uporabili satelitske podatke z različnimi prostorskimi ločljivostmi (MODIS in Landsat 8). Rezultati naloge so pokazali, da so za določevanje urbanih toplotnih otokov v majhnih mestih primernejši natančnejši satelitski podatki, v našem primeru podatki satelita Landsat 8. Dokazali smo, da je tudi v majhnih mestih v Sloveniji prisoten pojav urbanega toplotnega otoka in da zelene površine vplivajo na magnitudo oziroma velikost urbanega toplotnega otoka. Občine bi lahko rezultate uporabile pri načrtovanju ozelenjevanja mest in usmerjanju poselitve, s ciljem zmanjševanja pojava urbanega toplotnega otoka. Tema v občinskih prostorskih načrtih in zelenih strategijah mest še ni posebej obravnavana, medtem ko je varovanje zelenih površin sicer vključeno, a praksa kaže, da kontrole na terenu ni.

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA

Patricija Barbo Uporaba interaktivne metode fotogrametrične orientacije posnetkov na primeru Ledenika pod Skuto

Mentorica: doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Somentorica: doc. dr. Mihaela Triglav Čekada

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103341>

Maruša Cestnik Kako zelena so slovenska mesta

Mentor: prof. dr. Krištof Oštir

Somentorica: viš. pred. dr. Mojca Foški
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103345>

Aljana Cvetko Primerjava vsebine in oblike občinskih prostorskih aktov v zakonodaji sprejeti po osamosvojitvi Slovenije

Mentorica: doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek
 Somentorica: viš. pred. dr. Mojca Foški
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103715>

Lidija Dugon Testiranje sistema avtomatskega prepoznavanja tarč (APT) na reflektivnih nalepkah

Mentorica: doc. dr. Simona Savšek
 Somentor: asist. Gašper Štebe
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103209>

Pia Gornik Klasifikacija pokrovnosti z uporabo več časovnih satelitskih posnetkov Sentinel-2

Mentor: prof. dr. Krištof Oštir
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103211>

Polona Gortnar Geodetska dela pri rekonstrukciji ceste

Mentor: doc. dr. Božo Koler
 Somentor: asist. dr. Tilen Urbančič
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103009>

Veronika Grabovec Kontrola višinskih pomikov cerkve sv. Benedikta v Kančevcih

Mentor: doc. dr. Božo Koler
 Somentor: asist. dr. Tilen Urbančič
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103014>

Anže Gracar Vpliv pomičnega zaklopa na geometrično distorzijo fotografije

Mentorica: doc. dr. Mojca Kosmatin Fras
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103348>

Žan Gregorc Izmera mreže Plaz jalovišča Boršt rudnika Žirovski vrh

Mentor: izr. prof. dr. Dušan Kogoj
 Somentor: doc. dr. Aleš Marjetič
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103722>

Tine Hren Kontrola geometrije tirnic žerjavne proge na pregradi HE Zlatoličje

Mentor: doc. dr. Božo Koler

Somentor: doc. dr. Aleš Marjetič
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103212>

Neža Ema Komel Pridobivanje podatkov o objektih soške fronte iz podatkov aerolaserskega skeniranja

Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič
 Somentor: doc. dr. Žiga Kokalj
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103615>

Blaž Kuhar Opazovanje razvoje mest s časovno vrsto satelitskih posnetkov

Mentor: prof. dr. Kristof Oštir
 Somentorica: viš. pred. dr. Mojca Foški
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103331>

Lara Letnar Sanacija geodetske mreže pregrade Drtijiščica na Gradiškem jezeru

Mentor: izr. prof. dr. Dušan Kogoj
 Somentor: asist. dr. Klemen Kregar
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103719>

Žiga Maroh Analiza kakovosti določitve položaja z uporabo enofrekvenčnih opazovanj GNSS

Mentor: prof. dr. Bojan Stopar
 Somentor: asist. dr. Oskar Sterle
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103350>

Alja Planinc Primerjava postopkov priprave prostorskih aktov v zakonodaji sprejeti po osamosvojitvi Slovenije

Mentorica: doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek
 Somentorica: viš. pred. dr. Mojca Foški
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=104782>

Matjaž Pukšič Izdelava spletne turistične karte občine Trnovska vas

Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič
 Somentor: asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103323>

Tomaž Rodica Upravljanje večstanovanjskih stavb v slovenskih obalnih občinah

Mentorica: izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103605>

Anja Šinkovec Ocena vpliva megle na kakovost relativne določitve položaja z GNSS

Mentorica: doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103210>

Lucijan Troha Analiza uporabnosti inercialnih navigacijskih sistemov v geodeziji

Mentor: prof. dr. Bojan Stopar
Somentorja: asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski, asist. Gašper Štebe
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103709>

Polona Zorinić Določitev nadmorske višine navezovalne točke v Strunjanu

Mentor: doc. dr. Božo Koler
Somentor: doc. dr. Miran Kuhar
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103618>

VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE TEHNIČNO UPRAVLJANJE NEPREMIČNIN

Sabina Bastelj Strokovne podlage za urejanje zemljiške politike v Mestni občini Celje

Mentorica: izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=105139>

Darja Otrin Primerjalna analiza prodaj nepremičnin v lokalnih skupnostih ob Mestni občini Ljubljana

Mentorica: izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač
Somentor: asist. dr. Peter Lamovec
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103019>

GEO & IT NOVICE

Aleš Lazar, Klemen Kregar

Odziv programa Open Data na tajfun Yutu



Tajfun Yutu je z vetrom hitrosti do 285 km/h zravnal z zemljo naselja na Tinianu in Saipanu v severnih Marijanskih otokih v Tihem oceanu. Nevihta je pregnala z domov na stotine prebivalcev, poškodovala zgradbe in drugo infrastrukturo ter povzročila izpade električnih in vodovodnih omrežij. Na manjšem otoku Tinianu, ki ga je nevihta zadela neposredno, je porušena večina hiš. Različne organizacije se že ukvarjajo z oceno škode.

Ob takšnih dogodkih je k zagotavljanju podpore za humanitarno pomoč zavezan tudi DigitalGlobe. To lahko počne s posredovanjem uporabnih informacij, ki so v pomoč humanitarcem. DigitalGlobe bo v okviru programa Open Data javno objavil vse podatke, ki jih zajema na območju nesreče, in s tem po najboljših močeh pomagal reševalcem.

Vse slikovje, distribuirano skozi program Open Data, spada pod tako imenovano licenco Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0. Ta dovoljuje neprofitno uporabo podatkov, zato jih lahko organizacije, ki prve pomagajo na terenu, takoj vključijo v procese pri načrtovanju svojih dejanj. Seveda lahko podatke iz programa Open Data dobijo tudi komercialne organizacije, le da morajo slednje zanje plačati.

Vir: DigitalGlobe, november 2018 – <http://blog.digitalglobe.com>

Pokrovnost tal za celotno Slovenijo iz satelitskih posnetkov



Določanje pokrovnosti tal iz satelitskih posnetkov je zanimiva in (še) vedno (bolj) aktualna tema. Za reševanje tega vprašanja se vse bolj uporabljajo metode strojnega učenja. Poleg velike količine podatkov, ki jih je treba obdelati, uporabnik naleti tudi na težavo, da orodja za uporabo takšnih metod niso dostopna v najbolj razširjenih geografskih informacijskih sistemih (GIS). Si predstavljate, da bi lahko pokrovnost tal za vso Slovenijo iz satelitskih posnetkov z metodami strojnega učenja določili že na lastnem računalniku?

To je mogoče z novo odprtokodno Pythonovo knjižnico **eo-learn**, ki jo je razvilo podjetje Sinergise. eo-learn uporabniku med drugim omogoča, da z enim samim orodjem: pridobi satelitske posnetke, jih shrani na način, ki omogoča učinkovito obdelavo (EOPatch), v procesno verigo (EOWorkflow) poveže posamezne korake obdelave (EOTask), izvede procesiranje ter izvozi rezultate v standardne GIS-formate (npr. GeoTIFF).

Primer procesne verige, izvedene z eo-learn, ki z metodami strojnega učenja iz satelitskih posnetkov Sentinel-2 določi razrede pokrovnosti tal za posamezno območje v Sloveniji, je dostopen na GitHub-u (<https://goo.gl/9iid86>).

Proces lahko izvede vsakdo z osnovnim znanjem jezika Python. Uporabnik lahko proces obdelave prilagodi svojim potrebam, implementira svoj korak v procesu ali celo zgradi popolnoma novega. eo-learn je dostopen na GitHub-u: <https://github.com/sentinel-hub/eo-learn>, več o metodologiji, uporabljeni za določanje pokrovnosti, pa je razloženo v blogu z naslovom *Land Cover Classification with eo-learn: Part I* na naslovu <https://goo.gl/nJ935Z>.

Vir: eo-learn, november 2018 – <https://github.com/sentinel-hub/eo-learn>

Leica FlexLine s funkcijo AutoHeight

Na letošnjem Intergeu je podjetje Leica Geosystems predstavilo novo družino ročnih tahimetrov **Leica FlexLine TS03, TS07 in TS10**. Tahimetri temeljijo na preizkušeni tehnologiji švicarskega proizvajalca, na novo so razvili ohišje in tesnila, kar skupaj z visokokakovostno izdelavo zagotavlja izjemno odpornost proti vodi in prahu IP66. Zato nove ročne tahimetre Leica FlexLine odlikuje najdaljša trajnost delovanja in najnižji skupni stroški lastništva.

Za povečanje produktivnosti na terenu skrbi zmogljiva strojna odrema (omogoča hitre meritve), intuitiven in preprost grafični vmesnik, obsežen nabor uporabniških programov, možnost mobilne povezave instrumenta z internetom za izmenjavo podatkov ter funkcija **AutoHeight**, ki omogoča samodejno merjenje, branje in nastavitve višine instrumenta. Funkcija AutoHeight je revolucionaren način določanja višine tahimetra in prvi tak primer na svetu. Z njo prihranimo čas in trud za ročne izmere višine instrumenta, izognemo se človeškim napakam pri branju in vnosu podatkov v instrument, ne potrebujemo dodatnega pribora za merjenje višin ter pridobimo zanesljiv podatek o višini z natančnostjo enega milimetra.

Vir: Leica Geosystems, oktober 2018 – <https://leica-geosystems.com>



Dji z dronom mavic 2 enterprise cilja na manjša podjetja

Vodilni proizvajalec dronov DJI predstavlja novo različico letalnika Mavic, s katerim nagovarja manjša podjetja in vladne agencije. Mavic 2 ima vrsto dodatkov, ki se pritrldijo na izjemno zmogljivo in kompaktno ogrodje letalnika ter omogočajo pregledovanje terena in iskanje ponesrečencev. V paketu so vključene 2400-lumenska svetilka, stroboskop in zvočnik z močjo 100 decibelov. Baterije, ki del energije lahko namenijo lastnemu ogrevanju, omogočajo letanje tudi pri $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Izboljšane so varnostne funkcije in zmogljivost naprave. Izvedba Enterprise ima 24 GB notranjega pomnilnika, zaščita z geslom pa preverja istovetnost uporabnika ob vsaki aktivaciji drona, povezavi z daljincem ali dostopu do notranje shrambe podatkov. Nova funkcija za geolociranje in označevanje časa kodira čas in kraj zajema vsake fotografije, dron pa lahko deluje v lokalnem podatkovnem načinu, ki preprečuje mobilni napravi pošiljanje ali prejemanje podatkov z interneta.

Naštete izboljšave so specifične za izvedbo Enterprise, ki sicer ohranja vse osnovne lastnosti Mavic 2 Zoom in Pro: 31 min čas poleta, snemanje 4K-posnetkov do 100 Mbps in 2x optični zoom, kompaktno pospravljanje drona in najnovejše načine izogibanja oviram ter avtonomnega leta.

Kaže, da je ta zanimiva izvedba namenjena predvsem manjšim podjetjem in reševalcem.

Vir: Spatial Source, november 2018 – <https://www.spatialsource.com.au>



Googlovi Zemljevidi z novim pogledom

Google je pred nedavnim svojim zemljevidom dodal prav posebno funkcijo. Če zemljevid dovolj pomanjšamo, se spremeni v pogled 3D. Zakaj so se sploh odločili za takšno potezo?



Ukrivljenost zemlje lahko povzroča težave, saj z zdajšnjimi 2D-zemljevidi namreč vidimo njeno popačeno obliko, sploh če jih gledamo na ravni celotne zemlje. Ker je zemljevid v pogledu celotne zemlje zelo popačen, lahko navadni uporabnik hitro opazi, da je Grenlandija skoraj tako velika kot Afrika, čeprav je v resnici manjša od Indije. O popačenosti se lahko hitro prepričamo z zanimivim

spletnim orodjem TheTrueSize, ki je na voljo na povezavi <https://thetruesize.com/>. S tem brezplačnim orodjem lahko interaktivno primerjamo velikost poljubnih držav, izrisanih v Mercatorjevi projekciji.

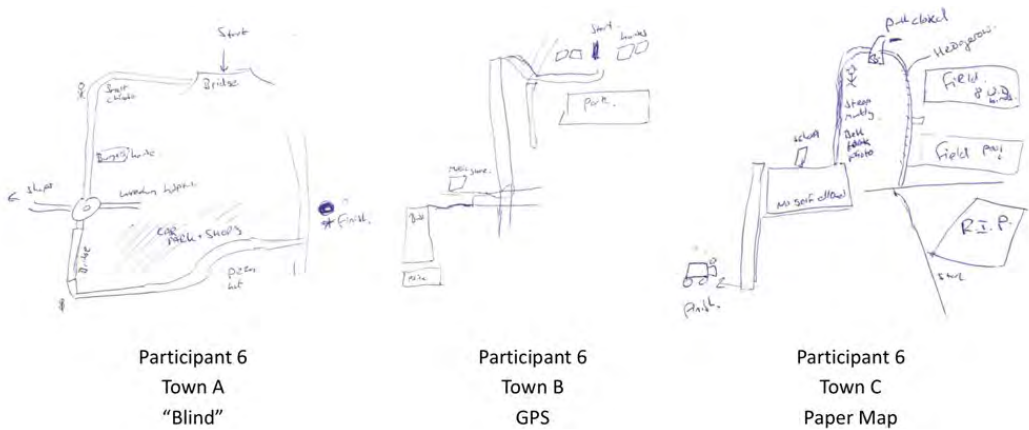
Vir: Računalniške novice, november 2018 – <https://www.racunalniske-novice.com>

Kako vsakdanja raba gnss-tehnologije vpliva na naše dožemanje prostora

Ljudje vse več uporabljamo navigacijo na žepnih elektronskih napravah. Raziskovalci se sprašujejo, ali se zaradi tega spreminja tudi naše razumevanje in zaznavanje prostora. Mladi pogosto uporabljajo navigacijo tudi v okoljih, ki jih sicer dobro poznajo, saj jim algoritem izračuna verjetno najhitrejšo pot. Mobilna navigacija, ki tako postaja vse bolj vsakdanja, pa vpliva na naše zaznavanje in dožemanje prostora. Naprava nam vedno ponudi najhitrejšo pot. Če bi se odločali sami, bi morda izbrali manj hrupno, mirnejšo pot ali pot z lepšim razgledom, na kateri bi se tudi sprostili.

Študije o delovanju možganov ob uporabi sistemov navigacije in izboljšane realnosti kažejo, da se zaradi teh tehnologij v možganih dogajajo spremembe, ki bi lahko vplivale na dobro počutje in zaznavanje posameznikov. Spremembe se kažejo v zniževanju funkcionalnega sklapljanja med hipokampusom in drugimi predeli možganov.

Pokazale so tudi, kako uporaba papirnate karte ali dejavnega sodelovanja pri izbiri poti blagodejno vpliva na uporabnikovo zdravstveno in duševno stanje. Na spodnji sliki so skice treh anketirancev, ki so pot opravili: A – brez karte ali navigacije, B – z GNSS-navigacijo in C – s papirnato karto. Razlika v količini narisanih podrobnosti je očitna.



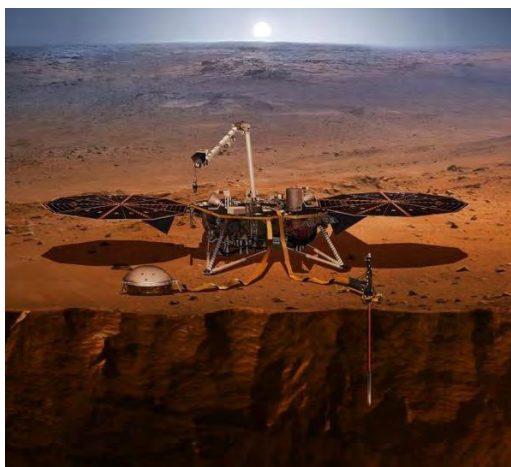
Kaže se, da nas uporaba GNSS-navigacije v vsakodnevem življenju oddaljuje od resničnega sveta in izkušenj, ki bi jih v njem doživeli. Hkrati tako zamujamo priložnosti za zanimiva doživetja ter tudi škodujemo svojemu zdravju in dobremu počutju. Izkušnje z našim okoljem nas bogatijo.

Vir: GIS LOUNGE november 2018 – <https://www.gislounge.com>

Morda niste vedeli:

Dne 26. novembra 2018 je na Marsu pristala Nasina sonda InSight. Njen poglavitni namen je seizmologija, torej merjenje potresov. To sicer ni prvi seizmograf na Marsu, saj sta se z njim v 70. letih ponašali dve sondi Viking, a ker sta bila instrumenta pritrjena na vrh naprave, sta bolj kot tresenje Marsa merila gibanje ohišja.

InSightov pristanek na Marsu je prvi po šestih letih, ko je svojo avanturo začel Curiosity. S tem je zabeležen petnajsti uspešen podvig na Rdeči planet od približno 45 odprav.



Znanstveniki pričakujejo, da bo InSight v dveh letih zaznal kakšnih petdeset potresov. Še najbolj jih zanimajo tisti, ki prečkajo cel planet, kroglo. Potres na nasprotni strani Marsa potuje skozi notranjost in se pri tem nekoliko spremeni glede na vmesne plasti in njihovo kamninsko sestavo. Do zdaj je znano, da je Mars v notranjosti hladnejši od Zemlje in bolj puščoben. Jedro Marsa naj bi prenehalo opravljati vlogo dinama ravno takrat, ko se je na Zemlji porajalo življenje. Medtem ko se Zemljino površje zaradi tektonike stalno deformira in spreminja, naj bi se Marsovo tako rekoč zamrznilo pred tremi milijardami let.

Za odgovor, kako se Marsovo jedro, plašč in skorja razlikujejo od sestava Zemlje, bosta poskušala prisrketi dva ključna instrumenta. Prvi je visokoobčutljivi seizmograf SEIS, ki so ga izdelali v francoskem inštitutu CNES. Drugi pa je termalna sonda, izdelana v nemškem inštitutu DLR. Ta se bo s tolčenjem prebila pet metrov globoko in na različnih globinah merila pretok toplote, kar bo pripomoglo k oceni, kako se toplota jedra odvaja navzven. Instrument bo na vsakega 1,5 centimetra globine oddal nekaj toplote in nato meril, kako hitro se ta porazgubi. Zanimiv bo stranski učinek hkratnega delovanja obeh instrumentov. Medtem ko bo kladivo udarjalo in prodiralo, bo povzročalo valove tresljajev po tleh. Seizmograf bo tako videl, kakšna je sestava tal od 50 do 100 metrov globoko.

Združeni podatki o tresljajih, notranji toploti in vrtenju planeta bodo pokazali, kakšna je notranja struktura: velikost in značilnosti jedra, viskoznost plašča in debelina skorje. Na podlagi tega je mogoče deloma zavrteti čas nazaj in dobiti omejen nabor scenarijev, ki pripeljejo do takšnega rezultata. Nekaj več bo znanega tudi o razmerah na površju Marsa v prvih nekaj sto milijonih let. Zdajšnji modeli kažejo, da je bil Mars takrat verjetno za življenje prijazen in deloma prekrit z oceani.

(MMC RTV Slovenija, november 2018).

Aleš Lazar, univ. dipl. inž. geod.
Geoservis, d.o.o.
Litijska cesta 45, SI-1000 Ljubljana
e-pošta: lazarales@gmail.com

dr. Klemen Kregar, univ. dipl. inž. geod.
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: Klemen.Kregar@fgg.uni-lj.si

MARJAN JENKO – DEVETDESETLETNIK

Anton Prosen



Marjan Jenko je bil rojen 23. 9. 1928 staršema učiteljema v Podmelcu na Tolminskem. Do leta 1945 se je šolal v Italiji. Po končani gimnaziji v Postojni se je leta 1947 vpisal na geodetski oddelek takratne Tehniške visoke šole, kjer je diplomiral decembra 1952. V februarju 1953 se je zaposlil na Geodetskem zavodu LRS in bil kmalu vpoklican na služenje enajstmesečnega vojaškega roka. Po vojaški obveznosti se je vrnil v staro delovno okolje. Leta 1959 je bil izvoljen za asistenta pri predmetih geodezija I, II in III ter višja geodezija na geodetskem oddelku takratne Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, se istega leta tudi redno zaposlil v tej ustanovi in ostal v njej do leta 1969.

V letu 1961 se je devet mesecev strokovno izpopolnjeval na KTH (Kraljevi tehniški visoki šoli) v Stockholmu na Švedskem, finskem geodetskem inštitutu v Helsinkih in Inštitutu za uporabno geodezijo v Frankfurtu (ZR Nemčija).

Leta 1969 se je spet zaposlil na Geodetskem zavodu SRS, vendar je leta 1973 začel spet sodelovati z oddelkom za geodezijo, tokrat kot učitelj s skrajšanim delovnim časom, in je to delo opravljal do leta 1994-95. Med tem je leta 1983 pridobil pedagoški naziv docent. Bil je nosilec predmeta temeljne mreže na visokem študiju, takrat je posodobil predavanja in vaje ter bil mentor pri dveh diplomah. Poleg pedagoškega dela se je vključil v raziskovalno delo in bil nosilec pri dveh večletnih in eni enoletni raziskovalni nalogi ter pri večjem številu raziskav kot sodelavec inštituta Geodetskega zavoda SRS. Rezultati raziskav so objavljeni v obširnih elaboratih z naslovoma: *Temeljne triangulacijske mreže SRS* in *Geodetske mreže*.

Leta 1981 je po naročilu Odbora za promoviranje občine Litija (ki ga je vodil Peter Svetik) izračunal položaj geometričnega središča Slovenije. Še vedno je član Društva za razvoj in varovanje GEOSS-a.

Kot priznani geodetski strokovnjak, poznan tudi v tujini, je imel vrsto predavanj na kongresih in slovenskih Geodetskih dnevih. Na Tehniški univerzi na Dunaju je imel leta 1988 s F. Černetom predavanje o razvoju triangulacije in nivelmana v Jugoslaviji. Večkrat je tudi predaval v okviru društev geodetov.

Marjan Jenko ni bil le pedagog in raziskovalec, bil je predvsem vodilni geodetski strokovnjak v praksi. Podatki kažejo, da je opravil približno dvajset večjih del: od izmere velikega števila triangulacijskih stranic v mrežah 1., 2. in 3. reda, sanacij delov obstoječe trigonometrične mreže višjih in nižjih redov, opazovanj geodinamičnih mrež in mikrotriangulacij do izdelave softverskih paketov za programske kalkulatorje, nekdanje male računalnike (pred uvedbo PC-jev) in precizni risalnik Coradomat. Pomembnejši deli sta tudi vodstvo računske faze geodetskih del za libijski projekt Coastal Belt Water v dolžini več kot 1200 kilometrov ter strokovno mentorstvo in sodelovanje pri geodetskih delih za karavanski predor.

Poleg skrbi za razvoj stroke v svojem delovnem okolju in na univerzi je bil stalno tudi pomemben član stanovskih organizacij, ki so skrbele za razvoj in modernizacijo geodetske stroke. Tako je imel različne funkcije v Zvezi geodetov Slovenije ter Zvezi geodetskih in inženirjev in geometrov Jugoslavije; leta 1988 je postal častni član tega združenja. Leta 2010 je prejel nagrado Inženirske zbornice Slovenije za življenjsko delo na področju geodezije.

Konec leta 1990 se je Marjan Jenko upokojil, vendar ne strokovno. Nekajkrat je še opravil zahtevne terenske meritve, občasno je objavljajl strokovne in poljudno-strokovne članke v Geodetskem vestniku in drugih revijah, kar kaže, da je imel geodetsko stroko resnično rad. Rezultati njegovega dela v aktivni dobi kažejo, da si je vseskozi prizadeval za razvoj in modernizacijo ter evropeizacijo geodetske stroke. Ta svoja znanja iz strokovno bogate prakse je znal zelo preprosto, pa vendar znanstveno prenašati na mlajši rod, tako na fakulteti kot na svoje sodelavce. Za vse to smo mu zelo hvaležni, predvsem pa za to, da nam je privzgojil čut za spoštovanje geodezije kot pomembne tehnične stroke, ki mora vseskozi skrbeti za lasten razvoj in ob tem slediti potrebam drugih strok, ki naše podatke nujno potrebujejo za delovanje in razvoj.

Dragi Marjan Jenko, hvala vam v imenu vseh, ki smo imeli priložnost biti vaši študentje ali sodelavci. Ob visokem življenjskem jubileju vam želimo še naprej veliko zdravja in delovnega elana. Vnaprej se veselimo prijetnih srečevanj na izletih in druženjih na Krimu. Srečno in na mnogo leta!

SPOMINI NA MARJANA JENKA OB NJEGOVI DEVETDESETLETNICI

Milan Naprudnik

Z Marjanom sva se spoznala pred 70 leti v obdobju študija, kot osebnost pa sem ga imel priložnost doživljati v obdobju 1947–1952 v nacionaliziranih študentskih domovih nekdanje Kraljevine Jugoslavije: domu na Poljanski cesti – nekdanjem cerkvenem semenišču, domu za Bežigradom – nekdanjem Baragovem semenišču, domu v Zvonarski ulici na Prulah pa nekdanjem Domu kneginje Zorke, v katerem so bivale dijakinje družin, zvestih pripadnic kralja Karađorđevića. Po vojni je bil dom preimenovan po partizanskem borcu v Dom Ive Lole Ribarja. V pritličju je v dveh sobah bivalo 12 študentk, v nadstropju pa v dveh sobah 12 študentov. Družili smo se v menzi ob »dietnih« obrokih (le ena rezina kruha za kosilo, meso pa enkrat v tednu) ter ob igranju odbojke na pesku in prek napete vrvi med ograjo in domom. Po večerji pa je Marjan večkrat pogostil sostanovalce v naši sobi z dobrotami – lešniki, dateljni, rozinami, česar takrat ni bilo na voljo v trgovinah, Marjan pa jih je prinašal občasno z obiska pri starših, ti so živeli na Tolminskem in so sladkarije »tihotapili« iz Italije.

Družili smo se tudi ob študentskem »udarniškem« delu pri gradnji študentskega naselja pod Rožnikom v letu 1949 in na smučarskem tečaju na Kremžarjevem vrhu v letu 1952.

Po končanem študiju slovo: Marjan je odšel na takratni Geodetski zavod SR Slovenije, jaz pa v Celje na Geodetski zavod Celje. Naneslo je, da sva se leta 1958 srečala v Zgornji Savinjski dolini. Marjan z »džipom« GZ SRS na triangulacijo, jaz pa z avtobusom iz Celja do Solčave z nalogo pridobitve podatkov o kmetijah nad 700 metri, ki so bile po končani vojni začasno izvzete iz nacionalizacije. Voznik Marjanovega »džipa« me je odpeljal do prve gorske kmetije v Robanovem kotu in mi skrajšal predvideno triurno hojo.

Marjanove zaposlitve od leta 1952 do leta 1995 so opisane. Po odhodu v pokoj se je še naprej udeleževal izletov, pohodov in strokovnih srečanj v izvedbi Ljubljanskega geodetskega društva – LGD.

V spominu nam ostaja njegova pripravljenost na sodelovanje v obdobju zaposlitve, zapuščino geodetski stroki pa izkazujejo besede, izražene na delovnem sestanku Geodetskega zavoda SRS pred 50 leti: »Če bi ga z zlatom pokrili, še ne bi bil poplačan.«

Marjan, naj najino prijateljstvo traja čim dalj!

Milan Naprudnik

DRUGO DRŽAVNO SREČANJE GEODETSKIH PAROV

Ida Brumec, Miran Brumec

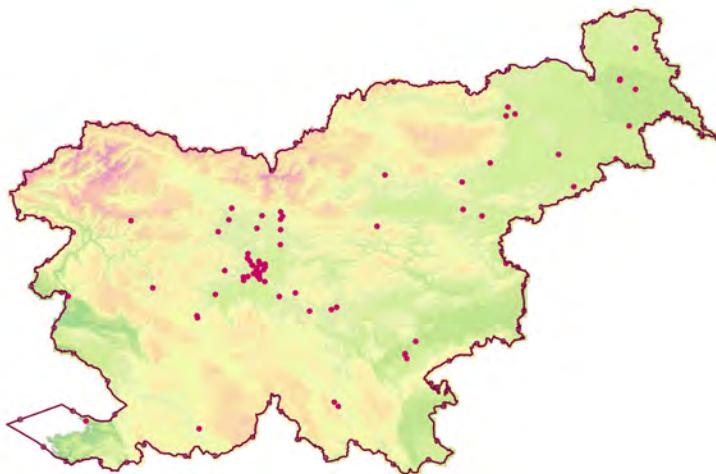
Kako se je rodila zamisel

Geodetski pari smo se srečevali na Geodetskih dnevih. Pred leti, ko so kotizacije poskočile, so se tam začele zbirati zgolj (slabše) polovice, praviloma moški deli parov. In ker moški običajno ob točilnem pultu po obvezni geodeziji načnejo dve temi (vojska, ženske), je hitro padel predlog o srečanju.

Začasna definicija geodetskega para je: imata geodetsko izobrazbo, živita skupaj ter si prizadevata, da bi imela naša stroka delo in ugled.

Vsak začetek je težak

Zbiranje podatkov o parih je bilo dolgotrajno. Vsak teden nastajajo novi pari, nekateri se prepolovijo, nekateri ugasnejo. Informaciji o novem paru sledi običajno tlesk po čelu in vzklík: saj res! Trenutno je na seznamu 91 parov, 18 jih je še brez centroida. Grafični prikaz je na Sliki 1.



Slika 1: Grafični prikaz razporeditve geodetskih parov.

Upoštevali smo naslednje geodetske izobrazbe: geodetski risar, geodetski operater, geodetski tehnik, inženir geodezije, univerzitetni diplomirani inženir geodezije, univerzitetni diplomirani geodetsko-komunalni inženir, diplomirani inženir geodezije (VS), diplomirani inženir geodezije (UN), magister inženir geodezije in geoinformatike, magister prostorskega načrtovanja, magister geofizike, magister znanosti, doktor znanosti. Seznam dopolnjujemo.

1. državno srečanje geodetskih parov je bilo 9. 6. 2017 na Polževem. Odlično sta ga organizirala Lija in Miloš (GEOblog, ID1524). Udeležilo se ga je 30 parov. Dogovorili smo se, da bo srečanje postalo tradicionalno.

2. državno srečanje geodetskih parov

Zbrali smo se 8. 6. 2018 pri Jamarskem domu na Gorjuši (GEOblog, ID1763). Oglledali smo si Železno jamo in speleološko zbirko. Med družabnim srečanjem smo s terase doma spremljali nastope lipincev, ki jih je pripravil Pedagoško raziskovalni center za konjerejo Krumperk.

Lija in Miloš sta 18 parom (Slika 2) razdelila spominske medalje. Dogovorili smo se, da bosta 3. srečanje v letu 2019 organizirala Mojca in Marko. Obljubila sta, da bosta izbrala dan brez dežja in gneče na cestah. Se že veselimo!



Slika 2: Geodetski pari na 2. srečanju.

Prijetno s koristnim

Srečanja so primarno namenjena sproščenemu in veselemu druženju, čeprav se v geodetski dejavnosti ne cedita med in mleko. Iz pogovorov pretežno zelo mladih parov vejeta optimizem in hkrati skrb. S spoznavanjem želimo stkatiti mrežo, ki bo omogočala iskanje novih priložnosti, spodbujala izmenjavo izkušenj in poskrbela za odgovore ob morebitnih težavah.

Seznam parov dopolnjujemo. Če bi bili radi povabljeni na naslednje srečanje, naredite prvi korak.

Zapisala:

Ida Brumec Miran Brumec

e-naslov: ida@brumec.org e-naslov: miran.brumec@lgb.si

NOVO VODSTVO DŠGS

Tine Hren

V imenu nove ekipe bi se rad zahvalil dosedanjemu vodstvu, še posebej predsedniku Alenu Šraju in generalnemu sekretarju Klemnu Lovenjaku, za uspešno vodenje Društva študentov geodezije Slovenije v zadnjih dveh letih. V tem času je društvo uspešno organiziralo kar nekaj dogodkov, med katerimi gre še posebej izpostaviti srečanje študentov geodezije Regional Geodetic Student Meeting – RGSM v oktobru 2017.

Tudi novo vodstvo ima v prihodnjih dveh letih namen nadaljevati organizacijo tradicionalnih in novih dogodkov, družabnih in strokovnih. S tem želimo okrepiti povezanost študentov geodezije ter prispevati k promociji obštudijskih dejavnosti ter tudi same Fakultete za gradbeništvo in geodezijo.

Novo vodstvo Društva študentov geodezije Slovenije:

predsednik in zastopnik:	Tine Hren
generalna sekretarka:	Anja Rakonjac
blagajničarka:	Neža Ema Komel
preostale članice IO DŠGS:	Petra Podržaj
	Lara Letnar
	Anja Šinkovec
nadzorni odbor:	Maruša Cestnik
	Patricija Barbo
	Anže Gracar



Tine Hren, za DŠGS
e-naslov: hren.tine@gmail.com

DUŠAN MRAVLJE - IN MEMORIAM



1928-2018

Minilo je komaj pol leta, odkar smo se v letošnji drugi številki Geodetskega vestnika poklonili 90. obletnici našega sodelavca in stanovskega kolega, gospoda Dušana Mravljeta, univ. dipl. inž. geodezije, sedaj pa sporočamo žalostno vest, da ga ni več med nami.

Dušan Mravlje je bil rojen 8. aprila 1928 v Ljubljani. Na Inštitutu za geodezijo in fotogrametrijo FAGG, sedanjem Geodetskem inštitutu Slovenije, je bil zaposlen od 1. oktobra 1955 pa do upokojitve 30. septembra 1995 na mestu vodje oddelka za fotogrametrijo. Vmes je med letoma 1971 in 1995 dopolnilno služboval na geodetskem oddelku UL FGG kot asistent za fotogrametrijo. Preminil je 18. novembra 2018.

Za vse, kar je inženir Dušan Mravlje prispeval k razvoju inštituta in geodetske stroke, se mu zahvaljujemo in ga ohranjamo v spoštljivem spominu.

*Dr. Dalibor Radovan,
Geodetski inštitut Slovenije*

MARJAN SMREKAR - IN MEMORIAM



Odšel je gospod Marjan Smrekar, univ. dipl. inž. geodezije, ena od ključnih oseb začetnega obdobja delovanja Inštituta za geodezijo in fotogrametrijo FAGG (danes Geodetski inštitut Slovenije). Na inštitut je prišel 1. 11. 1954, manj kot leto po njegovi ustanovitvi, in bil tako četrti zaposleni. Usoda je hotela, da je preminil natanko 64 let kasneje, ob dnevu spomina na mrtve. Dopolnil je visoko starost 92 let. Kot aktivist OF se je prebil skozi vojno, bil zaradi delovanja zaprt, kot zelo zaveden Slovenec pa je imel nekaj težav tudi po vojni. Kot geodet je preživel veliko geodetsko krizo v šestdesetih letih in tudi selitev inštituta iz hišice na Aškerčevi cesti v zdaj že porušene lesene paviljone na Brdo, ter končno na Jamovo cesto 2, kjer smo še danes.

Rodil se je v obrtniški družini v Ljubljani. Mama je bila v današnjem žargonu poslovno sposobna modistka. Oče je bil knjigovez in zaljubljenec ne samo v knjige, temveč tudi v branje, njegov stric pa je bil slikar in karikaturist Hinko Smrekar. Vse kaže, da je že mladega Marjana primarna družina dobro zaznamovala. Čeprav je bil geodet, je bil na inštitutu vodja oddelka za reprografijo in tisk. V predigitalnem obdobju smo namreč imeli v hiši predvsem zaradi kartografske produkcije tudi celotno reprografsko linijo, od opreme za fotografiranje velikih formatov, kopiranje, montažo pa do lastnih tiskarskih strojev.

Pred odhodom v pokoj je bil pomočnik direktorja, krajši čas pa tudi vršilec dolžnosti direktorja. Njegova soba je imela vedno obiske gospodov, ki jih nisem poznal. Včasih sem opazil, da zjutraj bere časopis in »nič ne dela«. Danes, ko z zdravo distanco pogledam nazaj, lahko le ugotovim, da je bil verjetno eden prvih geodetov, ki je mreženje, druženje s strankami in splošno razgledanost vzel resno ter vse to znal

tudi izrabiti v dobro inštituta, saj je, po pripovedovanju nekdanjih sodelavcev, znal tudi »zrihtati denar v sušnih obdobjih«.

Kot eden zadnjih, ki smo z njim še delali na inštitutu, se ga spominjam kot hudomušno nasmejanega gospoda, ki je s svojim humorjem ustvarjal sproščeno vzdušje. Vsak dan se je sprehodil po inštitutu in se pri tem z marsikom pošalil. Vedel je tudi, kje ima Schifferjeva Irena skrite bonbone, in jih je včasih mimogrede sunil iz predala. Enkrat mu je zato nastavila s poprom napolnjene dražeje. Ob vsesplošnem muzanju kartografskega oddelka se je z rahlim godrnjanjem dobrovoljno prijaznil s šalo na njegov račun.

Midva sva se kljub veliki razliki v letih dobro razumela, saj sem vrstnik njegovega starejšega sina Tomaža, s katerim se dobro pozna še iz časa študija in imava celo podobne hobije. 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 logaritmčna računala, 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, in da je že leta poprej ta ista računala na praksi pri Marjanu risal tudi Tomaž Banovec, ki se je kmalu zatem zaposlil na inštitutu. In upam, da ne razkrivam vojaške tajne, če zapišem, da smo na IGF za takratno jugoslovansko armado izdelovali tovrstno »grafično orožje«. Pri tem dolgoletnem in, kakor sem slišal, tudi dobičkonosnem poslu je imel Marjan gotovo precej zaslug s svojim človeškim pristopom do beograjskih naročnikov v »sivo-maslinastih« uniformah.

Diplomiral je leta 1954 na FAGG (zdaj UL FGG) z delom Precizna poligonometrija z domačimi jeklenimi žicami. Čeprav se je z leti vse manj ukvarjal s samo izvedbo geodetskih del, mu je bil geodetski poklic vedno v veselje, poslanstvo in strast. Z geodetskimi sodelavci in prijatelji se je družil tudi po upokojitvi. V njegovem vikendu v Retečah so se redno srečevali in, kot pravi stanovski kolega Tomaž Banovec, reševali stroko, državo in svet. Njegova družba so bili poleg tega še pokojni Zlatko Lavrenčič, Miro Črnivec, Marjan Stres, Miran Peterca in Peter Svetik, pa še kdo, za katerega ne vem. Z nekaterimi je sodeloval tudi pri izdelavi in tisku sodobnih kartografskih podlag v merilih 1 : 200.000 in 1 : 750.000 ter več tematskih kartah za Dolgoročni prostorski plan SRS, kar je bilo mogoče tudi zato, ker je bil inštitut ena od vodilnih kartografskih inštitucij nekdanje Jugoslavije.

Za vse, kar je inženir Marjan Smrekar prispeval k razvoju inštituta in geodetske stroke, se mu zahvaljujemo in ga ohranjamo v spoštljivem spominu.

DR. BORISU KUJARJU, ETNOLOGU – V SPOMIN

Jože Miklič

Osebno sva se z Borisom srečala nekje sredi leta 1994, ko sem takratnemu predsedniku krajevne skupnosti Grosuplje Branetu Francu Žitniku kot ljubiteljski iskalec krajevne identitete predlagal, da za izdajo turistično-kulturnega vodnika po na novo začrtani občini Grosuplje zaradi vsebinske in teritorialne obširnosti k sodelovanju, poleg prof. Jakoba Müllerja in raziskovalca »nastajajočega« krajskega parka Radensko polje Staneta Peterlina, obvezno povabi tudi že vsem nam iz medijev ter strokovne in publicistične literature znanega dr. Borisa Kuharja.

Sam sem se posvetil jugovzhodnemu območju občine, Boris pa Škocjanskim hribom in Šentjurski dolini. Delo na 208 straneh je izšlo v začetku leta 1995 v obliki knjižice z naslovom Lepote in zanimivosti Grosupljega in okolice. Fotografije je prispeval Janez Klemenčič, oblikovala jo je takratna urednica občinskega časopisa in tudi akademska slikarka Sandi Zalarjeva, uredil pa prof. Müller. Predstavili smo jo ob praznovanju kulturnega praznika v takratnem družbenem domu v Grosupljem.



Predstavitve zbornika *Kraji in ljudje v Trubarjevi fari* v Mestni knjižnici Grosuplje ob 500-letnici rojstva Primoža Trubarja, od leve del avtorjev: prof. Jakob Müller, Janez Gruden (organizator postavitve spomenika Primožu Trubarju na Rašici), Jože Miklič, Drago Samec (bibliotekar), dr. Boris Kuhar in Jože Marolt (urednik) ter Škocjanski kvartet.

Pozneje sva se z Borisom še večkrat srečevala na različnih prireditvah in čez nekaj let tudi, ko sem o njih poročal kot novinar in urednik občinskega časopisa. Borisa sem »od daleč« poznal že kot mlad deček, saj

je prav v krajih, kjer je bila rojena moja mama Štefka, kot mlad etnolog zbiral gradivo o »odmirajočem starem svetu« in na tej podlagi napravil doktorat ter izdal knjižico, ki je bila pravzaprav »etnološki molitvenik« za širše območje Škocjanskih hribov in vasi med njimi, z mogočnim Turjaškim gradom vred.

Z Borisom sva se spet dejavno srečala leta 2008, ob 500-letnici Trubarjevega rojstva, ko je Kulturno društvo Škocjan pri Turjaku pripravljalo zbornik Kraji in ljudje v Trubarjevi fari. Trubar je bil namreč krščen v škocjanski cerkvi, kjer pa sem bil jaz s stricem Jožefom kot botrom tudi pri birmi leta 1962, birmoval je hudo bolni škof Anton Vovk. Pri zborniku nas je sodelovalo 12 avtorjev, mene so poprosili še za oblikovanje in računalniški prelom.

Boris je ustvaril pravo zakladnico o šegah v Škocjanskih hribih, saj se jim je posvečal od rojstva do smrti. Kako pomenljivo! Vse ima svoj začetek – in svoj konec! α (alfa)– Ω (omega).

Čeprav me njegova smrt in konec žalostita, sem vesel, da sem spoznal nekaj iz njegovega bogatega in obširnega dela, še bolj pa srečen, da sem lahko z njim tudi delal.

Boris! Počivaj v miru! Slovenskemu narodu si dal veliko. Verjetno precej več, kot se zaveda? Da o drugih področjih dela, ki si jih opravil, niti ne razpredamo!

Teh nekaj stavkov sem zapisal tebi z veliko hvaležnostjo, spoštovani Boris!

KOLENDAR STROKOVNIH SIMPOZIJEV

V OBDOBJU JANUAR–MAREC 2019

Aleš Lazar

V SLOVENIJI

- 25.–26. januar 2019 **11. Informativa**
Ljubljana, Slovenija
Spletna stran: <http://www.informativa.si>
-
- 12.–14. februar 2019 **ICT4Industry**
Ljubljana, Slovenija
Spletna stran: <http://www.icm.si/>
-
- 14.–15. marec 2019 **47. Geodetski dan in 8. evropski dan geodetov in geoinformatikov**
Novo mesto, Slovenija
Spletna stran: <http://www.dgd.si/>

V TUJINI

- 25.–31. januar 2019 **Geo Week**
Denver, ZDA
Spletna stran: <https://www.lidarmap.org/geoweek/>
-
- 29.–30. januar 2019 **Esri Federal GIS Conference**
Washington, ZDA
Spletna stran: <https://www.esri.com/>
-
- 6.–8. februar 2019 **11th EARSeL Imaging Spectroscopy Workshop**
Brno, Češka
Spletna stran: <http://is.earsel.org/workshop/11-IS-Brno2019/>
-
- 6.–8. februar 2019 **ISPRS International Workshop - 3D ARCH**
Bergamo, Italija
Spletna stran: <http://www.3d-arch.org/>

-
- 10.–13. februar 2019 **International Geoinformatics Conference 2019**
 Riad, Saudova Arabija
 Spletna stran: <http://saudigs.org/en/>
-
- 18.–20. februar 2019 **ISPRS Workshop on Earth Observations for Agricultural Monitoring**
 New Delhi, Indija
 Spletna stran: <http://ncfc.gov.in/isprs/>
-
26. februar 2019 **IP SYSCON 2019**
 Hannover, Nemčija
 Spletna stran: <https://www.ipsyscon2019.de/>
-
27. februar–1. marec 2019 **Airborne User Group Meeting 2019**
 Lizbona, Portugalska
 Spletna stran: <https://hxgncontent.com/about/events>
-
- 12.–14. marec 2019 **ISPRS Workshop on Multidisciplinary Remote Sensing for Environmental Monitoring**
 Kjoto, Japonska
 Spletna stran: http://www.jsprs-w.org/ISPRS_WS/b
-
- 14.–16. marec 2019 **EUROGEO 2019**
 Pariz, Francija
 Spletna stran: www.eurogeography.eu/conference-2019/

Sporočila s podatki o nacionalnih in mednarodnih kongresih, simpozijih in srečanjih s področja geodezije, upravljanja zemljišč in na splošno geoinformatike v Sloveniji ali tujini pošiljajte na e-naslov: lazarales@gmail.com.

Aleš Lazar, univ. dipl. inž. geod.

Geoservis, d.o.o.

Litijska cesta 45, SI-1000 Ljubljana

e-naslov: lazarales@gmail.com



Zveza geodetov Slovenije in Dolenjsko geodetsko društvo
vabita na

47. GEODETSKI DAN

ki bo v četrtek, 14. marca, in petek, 15. marca 2019,
v Kulturnem centru Janeza Trdine, Novo mesto

SLAVNOSTNA AKADEMIJA,

posvečena 8. evropskemu dnevju geodetov in geoinformatikov,
bo v četrtek, 14. marca 2019, ob 18. uri.

STROKOVNI POSVET

bo v petek, 15. marca 2019, z začetkom ob 9. uri.

Tradicionalno dvodnevno srečanje bo ponudilo pester program, kar napovedujeta že četrtkovo popoldansko odprtje razstavnega prostora in slavnostna akademija. Petkov strokovni posvet bo prinesel zanimiva predavanja priznanih tujih in domačih strokovnjakov, s katerimi se bomo dotaknili aktualnih tem v naši stroki.

Geodetski dan s slovesno akademijo je tudi vaša priložnost, da se predstavite, bodisi kot razstavljalci, sponzorji ali donatorji, ter tako podprete naša prizadevanja, da bi bilo srečanje kakovostno in uspešno.

Vabilo sprejmite kot najavo Geodetskega dneva ter si že danes rezervirajte 14. in 15. marec 2019 za udeležbo na našem tradicionalnem srečanju.

Natančnejše informacije o vsebini in prireditvi bodo sproti objavljene na spletnih straneh <http://www.dgd.si/> in www.zveza-geodetov.si.

Vljudno vabljeni!

Predsednik
Zveze geodetov Slovenije
mag. Blaž Mozetič

Predsednik
programskage odbora
dr. Marjan Čeh

Predsednik
organizacijskega odbora
Boštjan Pucelj



RIKO®

Globalni inženiring
za srečo ljudi

 **hidroinženiring d.o.o.**

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


GEO SERVIS



■ Authorized **Leica Geosystems** Distributor

1993 - 2018



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

Vesele praznike
in srečno novo leto 2019

Merry Christmas
and a Happy New Year 2019



65 let

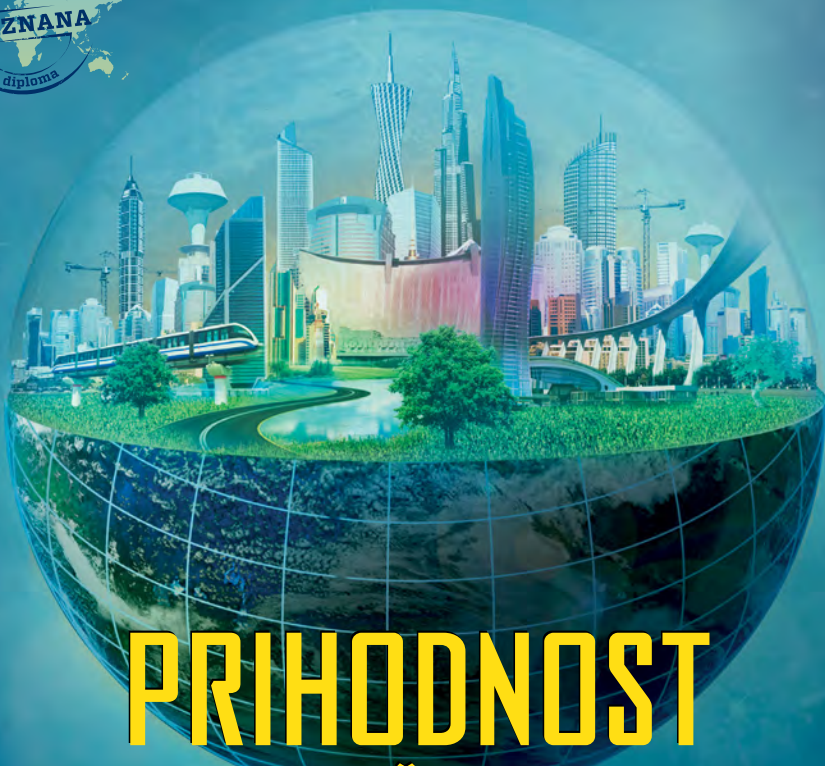


GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE

Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

tel.: 01 200 29 00, e-pošta: info@gis.si

medmrežje: www.gis.si



PRIHODNOST JE TREBA ŠE ZGRADITI

GRADBENIŠTVO, OKOLJSKO GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJA
SKOZI CELOTNO ZGODOVINO ČLOVEŠTVA PREMIKAJO MEJE ZNANEGA.
PRIHODNOST PRINAŠA TRAJNOSTNE IZZIVE NA ZEMLJI IN NOVE V VESOLJU.

BOŠ ZRAVEN, KO SE BO GRADILA PRIHODNOST?

Vpiši se na Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo
Univerze v Ljubljani z mednarodno priznano diplomom.

**Fakulteta redno izvaja bolonjske študijske
programe I., II. in III. stopnje!**

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za gradbeništvo in geodezijo*





*Želimo vam vesele praznike
in uspešno novo leto.*

*Srečno 2019!
Zveza geodetov Slovenije*