

Glasilo Zveze geodetov Slovenije
Journal of the Association of Surveyors of Slovenia

GEODETSKI

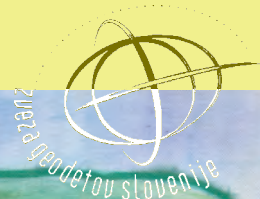
2018

VESTNIK

ISSN 0351-0271

Letn. 62 | št. 1

Vol. 62 | No. 1



ICC 2017
WASHINGTON
JULY 02-07, 2017

GEODETSKI VESTNIK

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



Letnik 62, št. 1, str. 1–160, Ljubljana, marec 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. 1, pp. 1–160, Ljubljana, Slovenia, March 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): 0,234

IF SNIP (2016): 0,422



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 (SSCI) 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 Cetl (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 Roič (Univerza v Zagrebu, Fakulteta za geodezijo, Zagreb, Hrvaška)

dr. Balázs Székely (Univerza Eötvös 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 Mjøe** (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 Pódór, 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.** (Hamburg University, Lingen, Germany)

IZDAJATELJ

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

IZDAJATELJSKI SVET

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

TEHNIČNO UREJANJE IN OBLIKOVANJE

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

LEKTORIRANJE

Manica Baša

UREJANJE SPLETNIH STRANI

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

TISK

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>	POGLED NAPREJ ... FORWARD-LOOKING ...	9 10
<i>Blaž Mozetič</i>	GEODET INŽENIR SURVEYOR ENGINEER	11 12

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

<i>Polona Pavlovčič Prešeren, Tanja Petrin, Božo Koler, Tilen Urbančič, Miran Kuhar</i>	RAZLIČNI POSTOPKI ZA IZRAČUN ODKLONOV NAVPIČNICE: PRIMER OBMOČJA POD KRVAVCEM DIFFERENT ASPECTS OF THE COMPUTATION OF VERTICAL DEFLECTION: CASE STUDY IN THE AREA OF KRVAVEC	13
<i>Janez Pirnat, Milan Kobal</i>	VIDNOST GOZDOV V OKOLICI ŽIČKE KARTUZIJE KOT MERILO NJIHOVE DEDIŠČINSKE IN ESTETSKE VLOGE VISIBILITY OF FORESTS IN THE VICINITY OF THE ŽIČE CHARTERHOUSE AS A CRITERION OF THEIR HERITAGE AND AESTHETIC FUNCTION	28
<i>Marjetka Subadolc</i>	UPORABA PROSTORSKIH PODATKOV ZA UPRAVLJANJE FITOFARMACEVTSKIH SREDSTEV NA RAVNI POVODJA SPATIAL DATA APPLICATION FOR PESTICIDE MANAGEMENT AT THE CATCHMENT SCALE	39
<i>Nikola Janković, Miro Govedarica, Gerhard Navratil, Paolo Fogliaroni</i>	MODEL DOMENE KMETIJSKEGA INFORMACIJSKEGA SISTEMA, UTEMELJENEGA NA STANDARDIH DOMAIN MODEL OF AN AGRICULTURAL INFORMATION SYSTEM BASED ON STANDARDS	51
<i>Marko Radanović, Tomislav Bašić</i>	OCENA TOČNOSTI IN PRIMERJAVA METOD INTERPOLACIJ MODELOV GEOIDA	68

ACCURACY ASSESSMENT AND COMPARISON OF INTERPOLATION METHODS ON GEOID MODELS

Oleg R. Odalović, Sanja M. Grekulović, Miroslav Starčević, Dobrica Nikolić, Miljana S. Todorović Drakul, Danilo Joksimović 79

RAČUNANJE TERENSKEGA POPRAVKA NA PODLAGI DIGITALNEGA MODELA
GOSTOTE TOPOGRAFSKIH MAS

TERRAIN CORRECTION COMPUTATIONS USING DIGITAL DENSITY MODEL OF TOPOGRAPHIC
MASSES

STROKOVNE RAZPRAVE | PROFESSIONAL DISCUSSIONS

Matej Kovačič 998

NOVA POKLICNA ZAKONODAJA
NEW LEGISLATIVE REGULATION OF THE PROFESSION

Tomaž Petek, Aleš Seliškar 104

SPREMEMBE IN DOPOLNITVE V NEPREMIČNINSKI ZAKONODAJI
AMENDMENTS AND MODIFICATIONS IN REAL PROPERTY LEGISLATION

Jeronim Moharić, Jozo Katić, Antonio Šustić, Damir Šantek (prevod: Miran Brumec) 113

IZBOLJŠANJE KATASTRSKIH NAČRTOV GRAFIČNE IZMERE (HOMOGENIZACIJA)
IMPROVEMENT OF CADASTRAL MAPS OF GRAPHIC SURVEY (HOMOGENISATION)

Joc Triglav 120

5. JULIJ 1822 – PRVA GEODETSKA EKIPA NA VRHU TRIGLAVA
5TH JULY 1822 – THE FIRST SURVEYING TEAM ON TOP OF MT. TRIGLAV

NOVICE | NEWS

Krištof Oštir | NOVA DOKTORJA ZNANOSTI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG 127

Teja Japelj | SEZNAM DIPLOM NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG 129
OD 1. 11. 2017 DO 31. 1. 2018

Aleš Lazar, Klemen Kregar | GEO & IT NOVICE 131

DRUŠTVENE DEJAVNOSTI | ACTIVITIES OF THE PROFESSIONAL SOCIETY

Jožica Marinko | SIMBOLIČNA POSTAVITEV GEODETSKE TOČKE V LJUBLJANI 136

OB 200-LETNICI ZAČETKA KATASTRA

<i>Andrej Mesner, Matjaž Grilc</i> OKROGLA MIZA O ZAGOTAVLJANJU TRAJNOSTNEGA VAROVANJA ZEMLJIŠKIH PRAVIC V SVETU, CLGE – EVROPSKO ZDRUŽENJE INŽENIRJEV GEODEZIJE, PARIZ, 29. 1. 2018	139
<i>Lija Šušteršič</i> IZLET STAREJŠIH ČLANOV LGD PO DOLENJSKEM IN POSAVJU V SPOMIN IN ZAHVALO JOŽE AVBELJ (1933–2018)	141 144
IN MEMORIAM FRANCI ZOBEC (1930–2018)	146

NAPOVED DOGODKOV | ANNOUNCEMENTS OF EVENTS

<i>Aleš Lazar</i> KOLEDAR STROKOVNIH SIMPOZIJEV V OBDOBJU APRIL–JUNIJ 2018	148
SEZNAM RECENZENTOV ZNANSTVENIH IN STROKOVNIH ČLANKOV, OBRAVNAVANIH V UREDNIŠTVU GEODETSKEGA VESTNIKA V LETU 2017 LIST OF PEER REVIEWERS OF SCIENTIFIC AND EXPERT ARTICLES CONSIDERED BY THE EDITORIAL BOARD OF GEODETSKI VESTNIK IN 2017	151
<i>Dušan Kogoj</i> STARKE & KAMMERER, WIEN (1900) ŠT. 10111	154

Slike na naslovnici:

V okviru mednarodne kartografske konference, ki jo organizira Mednarodno kartografsko združenje (ICA), poteka vsaki dve leti tekmovanje likovnih izdelkov otrok s kartografsko tematiko. V letu 2017 je konferenca potekala v Washingtonu, ZDA, kjer je takrat petletna Taja Koša iz Vrtca Lendava prejela drugo nagrado v kategoriji otrok starih do 5 let. Taja je izdelala risbo pod vodstvom mentorice Romane Lebar.

POGLED NAPREJ ... FORWARD-LOOKING ...

Anka Lisec

glavna in odgovorna urednica Geodetskega vestnika | chief editor

V preteklem letniku smo se večkrat spomnili 200. obletnice začetka sodobnega zemljiškega katastra na naših tleh, katerega korenine si delimo z državami na ozemlju nekdanje Habsburške monarhije. Mnogo dogodkov se je zvrstilo v ta namen – tako v Sloveniji kot v širši regiji. S katastrsko izmero zemljišč ter s še nekoliko starejšo vojaško-topografsko izmero je že pred dvema stoletjema začela geodetska stroka postajati prepoznavna ne le v znanosti in na visoki državni ravni, ampak tudi med preprostimi državljani.

Primerjava dve stoletji starih pristopov in instrumentarijev za zajem in prikaz prostorskih podatkov z današnjimi tehnološkimi rešitvami dokazuje, da so vedno bili posamezniki in skupine, ki so gledali naprej in verjeli v napredek. Mnogo je pionirjev, ki so z željo po napredku ter s svojim znanjem in navdušenjem prispevali k razvoju stroke: naravne satelite so zamenjali umetni, enostavne teodolite in merske trakove so nadomestili elektronski tahimetri in sistemi za množičen zajem prostorskih podatkov, zahtevno računanje danes opravljajo zmogljivi računalniki, papirne zemljevide smo spremenili v digitalno obliko in postali so del zapletenih geografskih informacijskih sistemov ... Napredek v naši stroki ni opazen le v novih pristopih in tehnologijah za zajem, obdelavo in prikaz prostorskih podatkov oziroma informacij, ampak tudi v novih izdelkih in storitvah, ki nas spremljajo skoraj na vsakem koraku. In kako naprej?

Optimistično. Mednarodne študije kažejo, da je naša stroka s prostorsko podatkovno infrastrukturo in geoinformatiko ena izmed najhitreje razvijajočih se znanstvenih in gospodarskih področij na svetovni ravni. Upam, da se vas je ta optimizem že dotaknil, v nasprotnem primeru pa želim, da se vas čim prej!

Tudi v uredniškem odboru Geodetskega vestnika smo optimistični. Za nami je štiriletno obdobje urednikovanja. Ob tej priložnosti bi se rada zahvalila vsem, ki ste bodisi kot člani uredniškega odbora, recenzenti in avtorji, kot bralci in kritiki, bodisi s podporo pri izdajanju revije prispevali k njeni kakovosti in prepoznavnosti. Vsak kamenček je pomemben del mozaika, ki smo ga gradili skupaj, zato resnično iskrena hvala!

Veselim se našega nadaljnega sodelovanja, hkrati pa vabim v naše vrste vse, ki še niste sodelovali z nami, pa imate željo in zamisli, da skupaj utiramo pot naprej. Ne prezrite, da smo posodobili navodila za pripravo in oddajo prispevkov – vse spremembe so objavljene na spletni strani revije. Tisti z budnim očesom ste poleg tega verjetno opazili, da je nekaj sprememb v uredniškem odboru: povabilu k sodelovanju so se odzvali odlični domači in tuji raziskovalci s področij, ki jih vsebinsko pokriva Geodetski vestnik. Prepričana sem, da bomo tudi s kakovostno revijo prispevali k razvoju stroke in uporabi sodobnih rešitev v dobrobit družbe.

Pomladanska številka Geodetskega vestnika, ki je pred nami, ponuja pester nabor člankov iz stroke in znanosti. Verjamem, da se bo za vsakogar našla kakšna zanimiva vsebina. Želim vam prijetno branje!

Dear Readers of Geodetski vestnik!

In the last year's volume, we recalled several times the 200th anniversary of the beginnings of modern land cadastre in our territories. We share its common roots with countries and provinces ruled by the historical Habsburg Monarchy. Numerous events were organised to observe the occasion – in Slovenia and the entire region. Two centuries ago, cadastral surveying of land and its predecessor, military topographic surveying, increased the visibility of geodesy not only in science and on a high state level, but also among ordinary citizens.

When one compares approaches and instruments for spatial data capture and representation from two centuries ago with today's technological solutions, it becomes evident that there had always existed individuals and groups that were forward-looking and believed in progress. Numerous were the pioneers whose desire for progress, combined with their knowledge and enthusiasm, contributed to the development of the profession: natural satellites were replaced by artificial ones; elementary theodolites and metric bands were replaced by electronic tachometers and systems for mass spatial data capturing; complex calculations are done by powerful computers; paper maps were digitalised and included in sophisticated geographic information systems ... Advancements in our field are not only reflected in new approaches and technologies for capturing, managing, and representing spatial data or information, but also in new products and services that are all around us. And how to continue?

With optimism. International studies show that our profession with its spatial data infrastructure and geoinformatics is one of the fastest growing scientific and economic fields in the world. I sincerely hope that the breeze of this optimism has already touched you, if not, I hope you feel it very soon!

Optimism remains present in the editorial board of Geodetski vestnik. We have just finished a four-year cycle of editorial work. I'd like to take this opportunity to thank everybody who contributed to the quality and visibility of the journal, be it as a member of the editorial board, a reviewer and an author; as a reader and a critic or with support for its publication. Each little stone is an essential piece of the mosaic that we have constructed together, which is why I'd like to give you a sincere and heartfelt thank you!

I am looking forward to our future cooperation, and at the same time inviting all individuals who have fresh ideas and would like to work with us to join us and pave the way forward together. I'd also like to call your attention to our fresh instructions for the preparation and submission of your articles – all the changes are published on our website. The ones with a keen eye have probably also noticed some changes in the editorial board: excellent researchers in fields covered in Geodeski vestnik have accepted our invitation for cooperation. It is my firm belief that the quality of the journal will also contribute to the development of our profession and use of state-of-the-art solutions for the benefit of society.

This issue of Geodetski vestnik provides a varied selection of articles from the profession and science. I trust that everybody will be able to find an interesting topic for themselves. I wish you pleasant reading!

GEODET INŽENIR SURVEYOR ENGINEER

Blaž Mozetič

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

Geodetski dan je vsakoletna priložnost, da se geodetska stroka malo ustavi, zajame sapo, se ozre na prehojeno pot in zazre v prihodnost. Pogled nazaj je pomemben zato, da se izpostavi, kaj dobrega in uspešnega smo postorili ter da si brez slabe vesti priznamo, da kje tudi nismo bili uspešni in da bi morebiti morali kaj spremeniti v naslednjem poskusu. Vsekakor je zelo pomembno, da se pohvalimo z dobrim in da pohvalimo dobre, ker to krepi samozavest geodetske stroke, krepi zavedanje, da znamo in zmoremo. Priznati neuspeh ni slabost ali šibkost, ampak dokaz moči stroke, da je sposobna ustaviti voz, če gre v napačno smer. To pomeni, da smo sposobni samokritičnosti in samoocnitve, ne da bi zaradi tega trpel naš geodetski ponos. Pogled nazaj je pogled po prehojeni poti.

Pogled naprej pomeni, da je treba dvigniti glavo in pogled usmeriti k cilju, do katerega želimo priti. Vsakodnevne obveznosti in hitenje ga obračajo proti tlom in le malo naprej, predvsem pa dopuščajo premalo svobode strokovni misli in ostrini domišljije, ki je gonilo inženirskega razvoja. Po kateri poti bomo šli in kakšna bo, je še neznanka. Pravzaprav je popolnoma vseeno, kajti vse poti so prave, če vodijo do cilja.

Kompleksnost poklica geodeta inženirja ni več samo v tehničnih znanjih in izzivih, ampak tudi v razumevanju njegove odgovornosti, lahko bi zapisali spoštljivosti, do ljudi, ki vsak dan uporabljajo njegove storitve in izdelke. Torej: geodet inženir je celostna osebnost, ki sodobno tehnologijo razume kot orodje oziroma pripomoček in ne zgolj funkcijo 'on, start, off' za udejanjanje njenih v geodetsko-inženirski duši večkrat preigranih rešitev za odpravo težav, ki »bremenijo« človeka, vendar z zavedanjem svoje moralne in strokovne odgovornosti.

Smeli načrti, snovanje vizij in velika pričakovanja imajo podlago v bogatih izkušnjah in dosedanjih dosežkih geodetske stroke. Vse naštetu smo poskušali ujeti tudi v prispevke, ki so jih avtorji predstavili na strokovnem posvetu v okviru 46. Geodetskega dneva. Geodetski dan je ponudil veliko izhodišč za poglobljen razmislek o strokovnih izzivih, rešitvah in dilemah, kot tudi viziji razvoja geodetske tehnike na eni strani in stroke na drugi, zato upamo, da je bilo naše druženje geodetu inženirju priročen opomnik, kakšne uspehe je dosegel, kakšni so izzivi in ne nazadnje, kam bi rad napredoval.

Geodet inženir ni zgolj geodet v inženirju ali inženir v geodetu, ampak je pokončen človek, ki odlično opravlja poslanstvo obeh hkrati.

Srečno!

Each year, the Slovenian Land Surveying Day is an opportunity for the profession to stop, take a breath, look back on the road it has followed, and a look forward to its prospects. Looking back is necessary to underline everything that was good and successful, and to have the courage to admit that some attempts were not successful and that one could try to change a thing or two in their future endeavours. It is by all means essential to proudly recount everything that was good and give due recognition to good individuals. This increases the self-confidence of the land surveying profession and the awareness that we have knowledge and abilities. It is not a sign of weakness to admit deficiencies; on the contrary, it only proves that the profession has enough power for correction after it embarked on a wrong course of action. This means that we are capable of self-criticism and self-appraisal, while not harming our land surveying pride. To look back is to see the road we have travelled.

To look forward is to raise one's head and focus one's gaze on the desired goals. Everyday obligations and rush force one to drop the gaze and only see a few steps in front of them, not leaving enough room for a professional thought and a keen imagination; both of which are catalysts of advancement in engineering. It remains unknown, which road we will take and what it will be like. In truth, it is not actually necessary because all the roads are right if they lead towards a goal.

The complexity of the occupation of a surveyor engineer lies not only in technical skills and knowledge but also in understanding the responsibilities – one could say respect – towards the individuals that use their products and services on a daily basis. In short, a surveyor engineer is a comprehensive personality that perceives modern technology as a tool or a means, and not merely as a mechanical solution that enables them to produce solutions – so often played out in their surveying-engineering souls – that 'burden' them, all the while remaining conscious of their moral and professional responsibility.

Grandiose plans, developing visions, and great expectations stem from a wealth of experience and achievements in land surveying. We have attempted to capture all of the abovementioned aspects in the presentations that were given during panel discussions on the 46th Slovenian Land Surveying Day. We are confident that the event will provide numerous opportunities for a careful reflection on professional challenges, solutions and dilemmas; as well as for a vision on the development of surveying techniques on one side and the profession itself on the other. We hope that the gathering has been a useful reminder to surveyor engineers on their achievements, the challenges in front of them, and, last but not least, the road they want to take.

We have to bear in mind that a surveyor engineer is not only a surveyor inside and engineer or an engineer inside a surveyor, but an upright individual that pursues both vocations with excellence.

With best wishes!

RAZLIČNI POSTOPKI ZA IZRAČUN ODKLONOV NAVPIČNICE: PRIMER OBMOČJA POD KRVAVCEM

DIFFERENT ASPECTS OF THE COMPUTATION OF VERTICAL DEFLECTION: CASE STUDY IN THE AREA OF KRVAVEC

Polona Pavlovčič Prešeren, Tanja Petrin, Božo Koler, Tilen Urbančič, Miran Kuhar

UDK: 528.241(497.4Krvavec)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 27. 10. 2017
Sprejeto: 9. 1. 2018

DOI: 10.15292//geodetski-vestnik.2018.01.13-27
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 27. 10. 2017
Accepted: 9. 1. 2018

IZVLEČEK

Pri izračunu koordinat iz terestričnih opazovanj moramo le-ta reducirati tudi za vpliv težnostnega polja Zemlje. To je še posebej pomembno na območjih, kjer geoid in rotacijski elipsoid nista vzporedna. Za redukcijo moramo poznati vrednosti odklonov navpičnic, ki jih neposredno pridobimo iz razlike astronomskih in geodetskih koordinat. Če imamo na voljo modele geoida, jih lahko določimo posredno z izračunom. V prispevku opisujemo načine za izračun odklonov navpičnic na strmih pobočju pod Krvavcem. Odklone smo izračunali iz globalnega geopotencialnega modela EGM2008 in aktualnega modela SLOAGM2000 ter testnega modela geoida Slovenije SLOAGM2010. Potem smo na danem območju iz kombinacije elipsoidnih in normalno-ortometričnih višin na desetih točkah vzpostavili ravnino lokalnega geoida. Največje razlike med odkloni navpičnic smo dobili pri uporabi modela EGM2008. Na podlagi razlik smo opredelili, kateri način je še dovolj dober za pridobitev podatkov za redukcijo terestričnih geodetskih opazovanj. Iz rezultatov lahko ugotovimo, da je najbolje modelirati lokalni potek geoida iz danih elipsoidnih in fizikalnih višin. Če to ni izvedljivo, odklone modeliramo iz lokalnih modelov geoida, kot je SLOAGM2010. Globalnih modelov geoida zaradi slabše ločljivosti ne moremo uporabiti za modeliranje odklonov navpičnic.

KLJUČNE BESEDE

težnostno polje Zemlje, geoid, rotacijski elipsoid, odklon navpičnice, redukcija za vpliv težnostnega polja Zemlje

ABSTRACT

In coordinate calculation from terrestrial measurements, the reduction due to the Earth's gravity field should be one of the main topics of consideration. The problem is of extreme importance especially in steep areas, where geoid surface is not parallel to the rotational ellipsoid. In this, the knowledge of the deflection of the vertical is significant. There are two ways for its acquisition: from the comparison of astronomic versus geodetic coordinates, or from the indirect way of calculation by using global, regional, or local geoid models. This paper reviews the deflection of the vertical and its use at the steep area under Krvavec. The computation followed from three models, EGM2008 and two Slovene models: the current SLOAGM2000 and the test model SLOAGM2010. In addition, the local geoid model was established from the ellipsoidal and the normal-orthometric heights. Significant differences in vertical deflection components originated from the EGM2008. We can confirm the expectation that in steep areas it is necessary to consider the geoid inclination. The best way to do this is the local geoid surface determination from the ellipsoidal in physical heights. In other cases, local geoid models are still appropriate. Contrary, we should avoid using global models because of their lower resolution.

KEY WORDS

Earth's gravity field, geoid, rotational ellipsoid, deflection of the vertical, terrestrial measurement reduction, Earth gravity field

1 UVOD

Terestrična opazovanja izvajamo v težnostnem polju Zemlje. Stik z njim vzpostavimo takoj, ko horizon-tiramo instrument. Opazovanja izvajamo relativno na ekvipotencialno ploskev in težiščnico. Pri tem je treba vedeti, da težiščnica in normala nista vedno vzporedni z rotacijskim elipsoidom. Razlike so posebno izrazite na topografsko razgibanih območjih z neenakomerno gostoto zemeljskih mas. Če želimo določiti koordinate točk z enako kakovostjo kot tam, kjer ploskev geoida poteka enakomerno in vzporedno z rotacijskim elipsoidom, moramo terestrična opazovanja reducirati za vpliv Zemljinega težnostnega polja (Featherstone, 1997; Featherstone in Rüeger, 2000). Pri določanju položaja s tehnologijo GNSS se težavi izognemo, ker je po definiciji položaj določen v geometričnem prostoru, ki ni obremenjen s težnostnim vplivom. Težava je izrazitejša, ko želimo združevati GNSS in terestrična opazovanja.

V dobi, ko so položaj določali relativno na lokalne rotacijske elipsoide, kot na primer pri elipsoidu Bessel, se s težavo niso srečevali. Lokalne elipsoide so določili tako, da so se najbolje prilagajali geoidu na nekem območju. Tako so izpolnili tudi zahtevo po vzporednosti navpičnice z geoidom in normale z rotacijskim elipsoidom. Težavo glede različne velikosti, orientacije in umestitve lokalnega glede na globalni elipsoid rešujemo s transformacijami (Stopar in Kuhar, 2002). Zavedati se moramo, da prehod iz enega geometrično definirane prostora v drugega ne odpravlja težav, ki so vezane na nevzporednost geoida glede na rotacijski elipsoid. Geodetska terestrična opazovanja, ki so vezana na Zemljin težnostni prostor, se s spremembo datuma ne spremenijo (Heiskanen in Moritz, 1996). Zato je v dobi uporabe globalnih elipsoidov postopek redukcije terestričnih opazovanj za vpliv težnostnega polja ključen pri izračunu koordinat točk. Vezan je na dobro določene parametre nagnjenosti geoida glede na rotacijski elipsoid, torej odklonov navpičnic, ki se na posameznih območjih zelo razlikujejo. Postopka marsikdaj ne uporabimo, morda zaradi slabega poznavanja problematike oziroma zaradi pomanjkljivih podatkov o odklonih navpičnic, ki jih potrebujemo za redukcijo opazovanj.

V prispevku opisujemo različne pristope k posrednemu izračunu odklonov navpičnic ob uporabi globalnega modela geoida EGM2008 (angl. *Earth Gravitational Model 2008*) ter aktualnega modela geoida Slovenije SLOAGM2000 in testnega modela SLOAGM2010. Dodatno smo na območju iz razlik elipsoidnih in normalnih-ortometričnih višin na desetih točkah določili lokalni model geoida in ga predstavili z ravnino (Petrin, 2017). Razlike v izračunanih komponentah odklonov navpičnice so velike, predvsem pri uporabi globalnega modela geoida EGM2008. Uporabniki vidimo prednost izračuna novega modela geoida v možnosti izboljšave kakovosti izvedbe GNSS-višinomertva. Vendar velja izpostaviti tudi uporabnost modela geoida pri modeliranju nagnjenosti geoida glede na rotacijski elipsoid za nadaljnjo redukcijo terestričnih geodetskih opazovanj.

V praksi uporabljamo odklone navpičnice pri (Featherstone in Rüeger, 2000; Petrin, 2017):

- transformaciji koordinat iz astronomskega v geodetski koordinatni sistem in nasprotno,
- pretvorbi med astronomskim ali žiroskopsko določenim in geodetskim azimutom,
- redukciji merjenih horizontalnih smeri in dolžin na referenčno ploskev elipsoida,
- redukciji merjenih zenitnih razdalj na elipsoid,
- redukciji merjenih poševnih dolžin na elipsoid z uporabo zenitnih razdalj in
- izračunu višinskih razlik iz zenitnih razdalj in poševnih dolžin.

V drugem poglavju opisujemo teoretične podlage za izračun odklonov navpičnice. V tretjem poglavju opišemo izbrano delovišče, pri čemer grafično predstavimo topografijo terena in poizkušamo najti njeno

povezavo s spremembami v nagnjenosti geoida glede na rotacijski elipsoid. V četrtem poglavju teoretično opišemo posredne metode za izračun odklonov navpičnice. V petem poglavju podamo rezultate izračunov komponent odklonov navpičnice s predhodno predstavljenimi posrednimi metodami. Poudarimo, kako neupoštevanje vpliva težnostnega polja prispeva k slabši določitvi končnih koordinat. V sklepu poudarimo pomembnejše ugotovitve. Izpostavimo dodatno praktično vrednost izračuna novega modela geoida Slovenije, ki ni le v kakovostnejši uporabi GNSS-višinomerstva in izboljšanju lidarskega digitalnega modela višin DMV, ampak tudi v izboljšavi kombinirane uporabe terestričnih in GNSS-opazovanj.

2 TEORETIČNA IZHODIŠČA: ODKLON NAVPIČNICE

Prostorski kot nagnjenosti geoida glede na rotacijski elipsoid predstavimo s komponentama v smeri meridiana ξ in prvega vertikala η . Komponenti dobimo neposredno, če v dani točki poznamo tako astronomske (Φ, Λ) kot geodetske (φ, λ) koordinate (Vaniček, 2001):

$$\xi = \Phi - \varphi$$

$$\eta = (\Lambda - \lambda) \cdot \cos(\varphi) \quad (1)$$

Tako določimo odklon navpičnice z astronomsko-geodetsko metodo, ki je zahtevna in zamudna. Temelji na določitvi astronomskih koordinat stojišča ter astronomskega azimuta iz opazovanih smeri do zvezd (na primer do Sonca ali Severnice) (Kilar, 1978). Nasprotno danes geografske koordinate enostavno določimo z metodami izmere GNSS. Način določitve astronomskih koordinat temelji na kakovostno stabilizirani točki, zato je astronomsko-geodetska metoda določitve odklonov navpičnic omejena na kopno (Kuhar in sod., 2010).

Odklon navpičnice Θ je prostorski kot med smerjo vektorja gravitacije \mathbf{g} (težiščnica) in smerjo normale na rotacijski elipsoid v obravnavani točki (slika 1). Odklone navpičnic lahko računamo neposredno v točki na površju Zemlje s postopkom, ki ga je predstavil Helmert oziroma Molodensky. Če odklone navpičnic izračunamo na geoidu, govorimo o postopku, ki ga je predstavil Pizetti.



Slika 1: Odklon navpičnice Θ in geoidna višina.

Matematično obliko Zemlje najlažje opišemo z dvoosnim rotacijskim elipsoidom, ki predstavlja referenčno ploskev za določanje položajev točk. Globalni rotacijski elipsoidi so določeni tako, da vsebujejo tudi fizikalne parametre. Njihovo težnostno polje imenujemo normalno težnostno polje z normalno težnostjo, ki je enolično definirano in služi za določitev anomalij dejanskega težnostnega polja Zemlje W (Heiskanen in Moritz, 1996). Anomalija potenciala ali moteči potencial v izbrani točki $T(x, y, z)$ imenujemo razlika med dejanskim težnostnim potencialom W in normalnim težnostnim potencialom U . Med potenciali velja funkcijska zveza:

$$W(x, y, z) = U(x, y, z) + T(x, y, z) \quad (2)$$

Medtem ko normalni težnostni potencial $U(x, y, z)$ lahko enostavno izračunamo v katerikoli točki na Zemlji, lahko moteče težnostno polje T izračunamo le v točkah, kjer smo izvedli gravimetrična opazovanja. V teh točkah lahko izračunamo nagnjenost geoida glede na rotacijski elipsoid, torej odklon navpičnice. Če imamo določene tudi elipsoidne h in fizikalne višine H , ki jih splošno imenujemo kar nadmorske višine, lahko z geoidno višino N opišemo tudi odklik ploskve geoida od rotacijskega elipsoida.

Z Brunsovo enačbo opišemo povezavo geoidne višine N z motečim potencialom T kot:

$$N = \frac{T}{\gamma} \quad (3)$$

Pri tem z γ označimo normalno težnost izbranega rotacijskega elipsoida. Če imamo na voljo kakovostne podatke za izračun motečega potenciala, lahko geoidne višine izračunamo z nekajmilimetrsko natančnostjo.

Z geoidnimi višinami N lahko opišemo zvezo med odklonom navpičnice in geoidno višino v smeri meridiana ξ , to je v smeri sever-jug, in v smeri prvega vertikala η , to je v smeri vzhod-zahod (Torge in Müller, 2012):

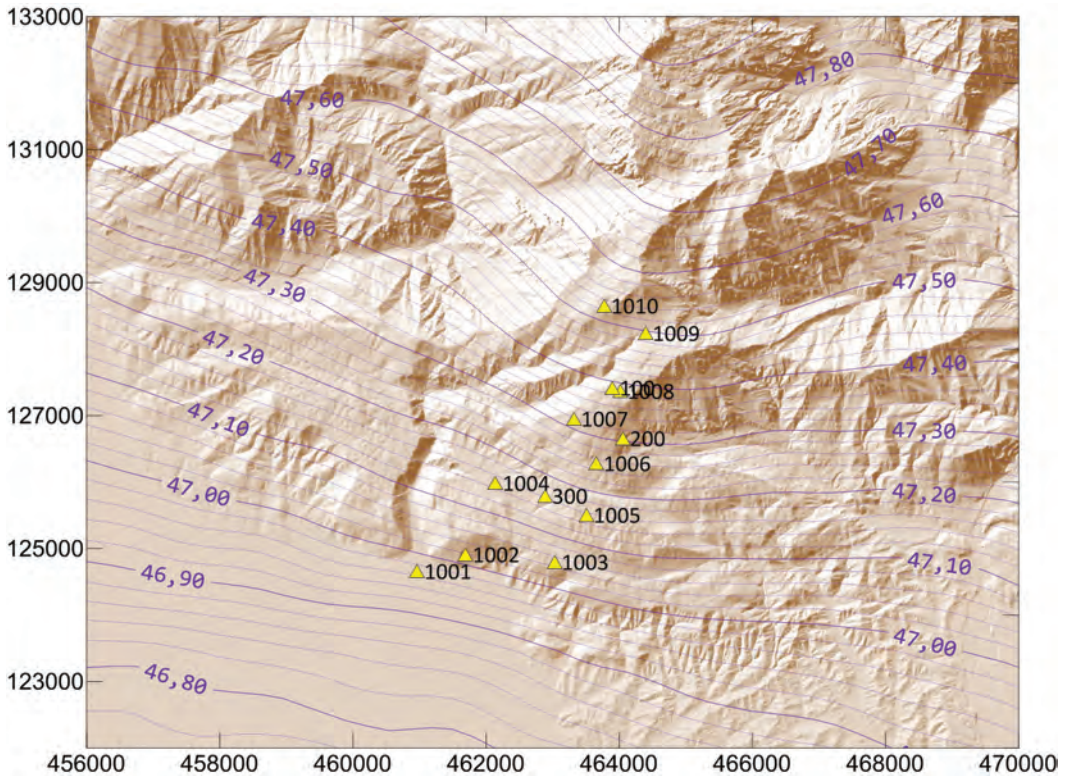
$$\xi = -\frac{1}{M} \frac{\partial N}{\partial \phi}, \quad \eta = -\frac{1}{N \cos \phi} \frac{\partial N}{\partial \lambda}, \quad (4)$$

pri čemer je $M = \frac{a \cdot (1 - e^2)}{\sqrt{(1 - e^2 \cdot \sin^2(\phi))^3}}$ polmer ukrivljenosti meridiana in $N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2(\phi)}}$ polmer

ukrivljenosti prvega vertikala. Naj omenimo, da sta v literaturi oznaki za geoidno višino in polmer ukrivljenosti prvega vertikala enaki, čeprav gre za popolnoma različni količini. Oznaki a in b opisujeta veliko in malo polos rotacijskega elipsoida, katerega prvo ekscentriciteto izračunamo kot $e = \sqrt{(a^2 - b^2) / a^2}$.

3 OPIS DELOVIŠČA

Za boljši vpogled v obravnavanje vpliva Zemljinega težnostnega polja na terestrična opazovanja smo problem podrobneje obravnavali na območju, kjer z ravnine Ljubljanske kotline preidemo pod gmoto zemeljskih mas Kamniško-Savinjskih Alp. Gre za južno pobočje pod Krvavcem, kjer so bile točke stabilizirane na cesti, ki pelje od Cerkelj na Gorenjskem mimo Ambroža pod Krvavcem do Krvavca.



Slika 2: Prikaz topografije terena na južnem pobočju pod Krvavcem.

Situacijo za obravnavano južno območje pod Krvavcem, od prve točke (št. 1001) v Cerkljah na Gorenjskem do najvišje točke na betonski ograji pri kapeli Marije Snežne na Krvavcu (št. 1010), prikazujemo na sliki 2. Položaj točke je določen v državnem koordinatnem sistemu D96/TM. Izolinije so izračunane iz lokalnega modela geoida SLOAGM2010 in predstavljajo potek ploskve geoida na danem območju. S slike 2 je razvidno topografsko razgibano območje, kjer geoidne višine naraščajo v smeri od juga proti severu. Razlika v geoidnih višinah med najnižjo točko 1001 in najvišjo 1010 znaša več kot 0,5 metra. Na danem območju smo z večurno statično izmero GNSS določili geografske koordinate desetim točkam (1001 do 1010), s kombinacijo nivelmana in trigonometričnega višinomernstva pa normalne-ortometrične višine točk (Grabljevec, 2017). Načina določitve koordinat in višin zaradi preobsežnosti prispevka tu ne opisujemo. Velja omeniti, da so točke horizontalno oddaljene od 746 metrov do največ 4957 metrov. Točka 1001 je najnižja točka poligona in ima nadmorsko višino 424,44 metra, točka 1010 z višino 1692,59 metra pa je najvišja. Najmanjša višinska razlika znaša okoli 36 metrov med točkama 1003 in 1004 ter največja 1268 metrov med točkama 1001 in 1010.

Iz topografije terena lahko vidimo, da je geoid nagnjen proti jugozahodu. Položaj in okolica točke 1009 nakazujejo na nekoliko drugačno razgibanost terena zaradi preloma, kar je razvidno tudi s slike 2.

4 METODE ZA DOLOČITEV ODKLONOV NAVPIČNICE

V drugem poglavju smo opisali astronomsko-geodetsko metodo za določitev odklonov navpičnice. Tu opisujemo posredne metode izračunov, pri katerih komponenti v smeri sever–jug (ξ) in vzhod–zahod (η) izračunamo iz modelov geoida. Odklone navpičnice lahko določimo:

- z gravimetrično metodo,
- iz celične mreže različnih modelov geoida,
- z razvojem potenciala v vrsto sfernih funkcij in
- s kombinacijo elipsoidnih in nadmorskih višin ter nadaljnjim izračunom lokalne ploskve geoida.

4.1 Gravimetrična metoda

Glede na to, da pri gravimetrični metodi najrealneje ocenimo nagnjenost geoida glede na rotacijski elipsoid, lahko rečemo, da je to tudi najboljša posredna metoda za izračun odklonov navpičnic. Temelji na opazovanjih težnostnega pospeška in določitve razlike težnostnega potenciala. Njena pomanjkljivost je, da temelji na diskretnih gravimetričnih meritvah na točkah, ki so velikokrat neenakomerno razporejene. Moteči potencial na geoidu (enačba 2) predstavimo s Stokesovo funkcijo $S(\Psi)$, ki deluje kot utež anomalijam težnosti (Torge in Müller, 2012):

$$T(\vartheta, \lambda) = \frac{R}{4\pi} \iint_{\sigma} S(\Psi) \Delta g d\sigma \quad (5)$$

Stokesova funkcija je odvisna od sferne oddaljenosti Ψ med točko izračuna in ploskovnim elementom $d\sigma$ z anomalijo težnosti Δg . Vrednost Stokesove funkcije se zmanjšuje s sferno oddaljenostjo Ψ do prve ničle ($\Psi = 39^\circ$) in narašča do naslednje ničle ($\Psi = 117^\circ$). Okolica obravnavane točke zahteva posebno pozornost pri $\Psi = 0^\circ$, ko gre funkcija v neskončnost.

Komponente odklona navpičnice pri gravimetrični metodi dobimo z diferenciranjem motečega potenciala T v smereh sever–jug in vzhod–zahod. Izračuni z enačbo Vening–Meinesz (Torge in Müller, 2012):

$$\left\{ \begin{array}{l} \xi \\ \eta \end{array} \right\}_0 = \frac{1}{4\pi\gamma} \iint_{\sigma} \frac{dS(\Psi)}{d\Psi} \Delta g \left\{ \begin{array}{l} \cos \alpha \\ \sin \alpha \end{array} \right\} d\sigma \quad (6)$$

so neskončni pri $\Psi = 0^\circ$. V enačbi z α označimo azimut med točko izračuna in središčem ploskovnega elementa $d\sigma$. Z enačbo (6) geoidne višine in odklone navpičnice izračunamo z integralom anomalij gravitacije na ploskvi geoida. Pomembno je, da izpolnimo zahtevo kakovostno določene Stokesove funkcije.

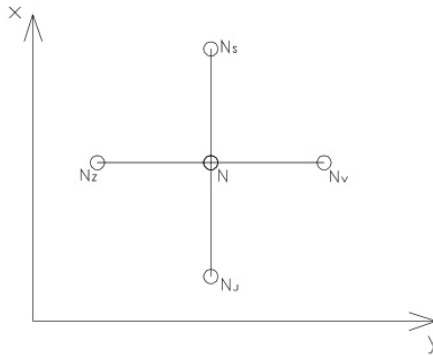
4.2 Metoda določitve odklonov navpičnice iz modelov geoida

Lokalne ali nacionalne modele geoida velikokrat predstavimo v obliki pravilne mreže celic (grida), kjer v ogliščih poznamo geografski koordinati (φ in λ) in geoidno višino N . Če želimo pridobiti geoidno višino zunaj točk mreže, jo izračunamo z interpolacijo. Zaradi predpostavke, da se potek geoida ne spreminja tako hitro kot topografija terena, in dejstva, da velikost celic mreže znaša približno $1'$, izberemo enostavnejše metode interpolacije, kot sta bilinearna interpolacija ali zleпки (angl. *spline*).

Vir podatkov za izračun geoidnih višin so v danem primeru modeli geoida. Ti so lahko predstavljeni kot celična mreža oziroma tudi s sfernimi koeficienti. Trenutno najboljši globalni model geoida je EGM2008,

ki so ga predstavili z razvojem koeficientov sfernih funkcij do stopnje in reda $n = m = 2159$. Na območju Slovenije je trenutno najboljši lokalni testni model geoida SLOAGM2010, ki uporabnikom splošno ni na voljo. Za potrebe dane naloge smo s programoma *AllTrans EGM08 Calculator* (Duenck-Kerst, 2010) in *ECEF* (Hydrometronics LLC, 2011) izračunali geoidne višine in iz teh odklone navpičnice. Pri izračunu geoidnih višin smo uporabili posebej prirejen globalni model geoida EGM2008 z velikostjo celic $1' \times 1'$. Geoidne višine smo izračunali s štirimi metodami interpolacij, to je z metodo najbližjega sosedu, triangulacijo in bilinearno ter bikvadratno interpolacijo. Program *ECEF* ima vgrajena globalna geopotencialna modela geoida EGM96 in EGM2008. Odklon navpičnice izračuna kot gradient z odvajanjem polinoma, ki se prilega sosednjim celicam mreže v smereh sever–jug in vzhod–zahod.

V danem prispevku smo geoidne višine iz modela geoida SLOAGM2000 izračunali z bilinearno in bikubično interpolacijo ter metodo najbližjega sosedu in zlepki. Pri testni različici modela geoida SLOAGM2010 smo uporabili le bilinearno interpolacijo in zlepke, saj se rezultati ostalih metod niso bistveno razlikovali. Iz lokalnih modelov geoida SLOAGM2000 in SLOAGM2010 smo izračunali le geoidne višine točk. Komponente odklonov navpičnic smo potem izračunali s postopkom, ki so ga predstavili ob izračunu odklonov navpičnic iz modela SLOAGM2000 (Kuhar in sod., 2010).



Slika 3: Določitev štirih točk, ki so enako oddaljene od središčne točke.

Postopek temelji na določitvi ravnine geoida v točkah s predhodno izračunanimi geoidnimi višinami. Za obravnavano točko računsko določimo štiri točke v bližnji okolici, ki so oddaljene po 10, 20 ali 30 metrov v smereh sever, jug, vzhod in zahod, kot prikazuje slika 3. Iz modelov izračunane geoidne višine točk uporabimo za nadaljnji izračun komponent odklonov navpičnice v smereh sever–jug oziroma vzhod–zahod (Jakopič, 2008).

4.3 Izračun komponent odklona navpičnice z razvojem potenciala v vrsto po sfernih funkcijah

Metoda je primerna za določitev geoidnih višin in odklonov navpičnic za celotno površje Zemlje. Tu globalni geopotencialni model določijo iz opazovanj satelitov v nižjih orbitah. Model predstavijo s sfernimi funkcijami (Heiskanen in Moritz, 1996). Enačbo (4) zapišemo nekoliko drugače, in sicer z upoštevanjem motečega potenciala T (Torge in Müller, 2012):

$$\xi = -\frac{1}{\gamma(M+h)} \frac{\partial T}{\partial \varphi}, \quad \eta = -\frac{1}{\gamma(N+h)} \frac{\partial T}{\cos \varphi \partial \lambda} \tag{7}$$

Potem uporabimo predpostavko, da je ploskev geoida preračunana glede na kroglo, kjer je moteči potencial T predstavljen s koeficienti razvoja v vrsto kot (Torge in Müller, 2012):

$$T_l = \frac{GM}{a} \sum_{m=0}^l (\Delta C_{lm} \cos m\lambda + \Delta S_{lm} \sin m\lambda) P_{lm}(\cos \vartheta) \quad (8)$$

Z GM označimo produkt gravitacijske konstante G in mase Zemlje M , a opisuje veliko polos geocentričnega rotacijskega elipsoida. Koeficienta ΔC_{lm} in ΔS_{lm} sta razliki harmoničnih koeficientov razvoja dejanskega in normalnega težnostnega polja, P_{lm} je prirejena Legendrova funkcija 1. vrste, l je stopnja ter m red razvoja po sfernih funkcijah. Tako so predstavljeni vsi globalni geopotencialni modeli geoida. Pri tem naj izpostavimo povezavo med geoidnimi višinami in motečim potencialom (Brunsova enačba). Nazadnje komponenti izračunamo kot:

$$\xi = -\frac{1}{\gamma r} \frac{\partial T}{\partial \varphi}, \quad \eta = -\frac{1}{\gamma r \cos \varphi} \frac{\partial T}{\partial \lambda}, \quad (9)$$

Povezava motečega potenciala T in drugih parametrov gravitacijskega polja omogoča razvoj v vrsto sfernih funkcij za izračun višinskih anomalij, geoidnih višin in anomalij težnosti. Z enačbo (8) in na podlagi vseh razpoložljivih podatkov altimetrije in satelitske gradiometrije lahko določimo globalni geopotencialni model visoke ločljivosti. Odklon navpičnice definiramo z razvojem po sfernih funkcijah kot (Torge in Müller, 2012):

$$\xi(r, \vartheta, \lambda) = \frac{GM}{r^2 \gamma} \sum_{l=2}^{\infty} \left(\frac{a}{r}\right)^l \sum_{m=0}^l (\Delta \bar{C}_{lm} \cos m\lambda + \Delta \bar{S}_{lm} \sin m\lambda) \frac{d\bar{P}_{lm}(\cos \vartheta)}{d\vartheta} \quad (10)$$

$$\eta(r, \vartheta, \lambda) = \frac{GM}{r^2 \gamma \sin \vartheta} \sum_{l=2}^{\infty} \left(\frac{a}{r}\right)^l \sum_{m=0}^l (-m\Delta \bar{C}_{lm} \sin m\lambda + m\Delta \bar{S}_{lm} \cos m\lambda) \bar{P}_{lm}(\cos \vartheta) \quad (11)$$

4.4 Metoda določitve iz kombinacije elipsoidnih in nadmorskih višin

Za pridobitev boljših informacij o lokalnem poteku geoida lahko uporabimo kombinacijo določitve elipsoidnih in nadmorskih višin v izbranih točkah. Velja izpostaviti tudi slabost metode, saj je omejena le na lokalno območje. Z izmero GNSS pridobimo elipsoidne višine, s klasičnimi postopki določitve višin (nivelman ali trigonometrično višinerstvo) pa fizikalne višine (Tse in Baki, 2006). Podobno smo ravnali v Sloveniji, ko smo s kombinacijo GNSS in nivelmana zbirali podatke za preračun modelov geoida SLOAGM2000, testnega SLOAGM2010 in kmalu predstavljenega novega modela geoida Slovenije SLOAGM2010.

Naklon geoida v poljubni smeri izračunamo kot (Heiskanen in Moritz, 1996):

$$\varepsilon = -\frac{dN}{ds} \quad (12)$$

Komponenti odklona navpičnice vzdolž meridiana oziroma prvega vertikalala, ξ in η , določimo na podlagi kateregakoli geodetskega azimuta α (Tse in Baki, 2006):

$$\varepsilon = \xi \cos \alpha + \eta \sin \alpha. \quad (13)$$

Z združitvijo enačb (10) in (11) dobimo zvezo:

$$-\frac{dN}{ds} = \xi \cos \alpha + \eta \sin \alpha \tag{14}$$

in namesto diferencialov zapišemo diskretna ekvivalenta:

$$-\frac{\Delta N}{\Delta s} \approx \xi \cos \alpha + \eta \sin \alpha \tag{15}$$

Geoidno višino izračunamo z razliko elipsoidne in nadmorske višine:

$$N = h - H \tag{16}$$

Ko enačbo (14) uporabimo za točki *A* in *B* in ju združimo, dobimo razliko geoidnih višin med točkama ΔN_{AB} , izraženo z elipsoidnima in nadmorskima višinama. To vključimo v enačbo (15), da dobimo:

$$-\frac{\Delta h_{AB} - \Delta H_{AB}}{\Delta s_{AB}} \approx \xi \cos \alpha_{AB} + \eta \sin \alpha_{AB} \tag{17}$$

Količine leve strani enačbe (15) dobimo s terensko izmero, elipsoidne višine *h* z metodami GNSS in fizikalne višine *H* s trigonometričnim višinomerstvom ali še bolje z nivelmanom. S povezavami med točkami ocenimo komponente odklona navpičnice. Geodetske koordinate točk, določene z GNSS, uporabimo za izračun geodetskih azimutov med točkami, na primer s Clarkovimi enačbami (Kilar, 1978). Če imamo na voljo nadštevilne povezave med točkami, komponente odklonov navpičnice ocenimo z izravnavo po metodi najmanjših kvadratov.

5 PRAKTIČNI PRIMERI IZRAČUNOV ODKLONOV NAVPIČNIC

V danem poglavju predstavljamo rezultate izračunov odklonov navpičnic, ki smo jih določili iz:

- kombinacije elipsoidnih in nadmorskih višin (enačba 15),
- grida geoidnih višin in
- globalnega geopotencialnega modela EGM2008.

Zaradi obsežnosti pridobivanja podatkov v danem prispevku ne opisujemo terenske izmere in obdelave opazovanj, ampak le primerjamo različne posredne izračune odklonov navpičnice.

5.1 Odkloni navpičnic, določeni iz kombinacije elipsoidnih in nadmorskih višin

Pri metodi smo uporabili rezultate trigonometričnega višinomerstva, geometričnega nivelmana in statične izmere GNSS. Odklone navpičnic smo izračunali z enačbo (12), pri čemer smo uporabili razlike geoidnih višin in horizontalne razdalje med točkami. Uporabljene podatke in dobljene vrednosti odklona navpičnice za posamezno smer podajamo v preglednici 1.

Če privzamemo različni izhodiščni točki, 1001 oziroma 1006, se absolutne vrednostni komponent razlikujejo za približno 7". Glede na to, da je točka 1006 višje od točke 1001, so do točke 1006 komponente odklonov navpičnic in razlike geoidnih višin različno predznačene. V preglednici 1 so vrednosti izračunane iz enačbe (10), zato ne dobimo neposredno komponent odklonov navpičnice v smeri sever–jug in vzhod–zahod. Za izračun teh uporabimo enačbo (13). Glede na to, da imamo v dani situaciji nadštevilne podatke, komponenti odklonov navpičnic v smereh sever–jug in vzhod–zahod ocenimo z izravnavo po

metodi najmanjših kvadratov. Rezultate podajamo v preglednici 2.

Preglednica 1: Odkloni navpičnic z najnižje točke 1001 proti preostalim točkam oziroma z osrednje točke 1006 proti preostalim točkam in razlike geoidnih višin glede na azimut.

Začetna točka	Končna točka	Odklon ["]	Razdalja [m]	ΔN [m]	Začetna točka	Končna točka	Odklon ["]	Razdalja [m]	ΔN [m]
1001	1002	-20,21	768,492	0,075	1006	1001	19,88	3.143,376	-0,303
1001	1003	-9,09	2.068,511	0,091	1006	1002	19,59	2.396,275	-0,228
1001	1004	-23,31	1.771,665	0,200	1006	1003	27,11	1.610,961	-0,212
1001	1005	-16,48	2.680,119	0,214	1006	1004	13,70	1.546,451	-0,103
1001	1006	-19,88	3.143,376	0,303	1006	1005	23,22	788,961	-0,089
1001	1007	-23,48	3.287,158	0,374	1006	1007	-19,54	752,486	0,071
1001	1008	-21,96	4.079,817	0,434	1006	1008	-23,67	1.145,026	0,131
1001	1009	-18,94	4.957,435	0,455	1006	1009	-15,02	2.091,768	0,152
1001	1010	-27,38	4.882,331	0,648	1006	1100	-29,98	2.374,623	0,345

Preglednica 2: Geoidne višine in komponente odklonov navpičnic v točki, izračunanih z izravnavo po metodi najmanjših kvadratov.

Točka	N [m]	ξ ["]	η ["]
1001	46,919	-22,34	-10,87
1002	46,994	-22,48	-9,00
1003	47,010	-28,41	-0,11
1004	47,119	-23,01	-8,80
1005	47,133	-25,10	-2,24
1006	47,222	-21,70	-7,76
1007	47,293	-24,8'	-3,80
1008	47,353	-21,39	-4,11
1009	47,374	17,54	-1' 4,01
1010	47,567	-38,43	31,75

Iz preglednice 2 lahko vidimo, da so komponente navpičnice v smeri vzhod–zahod bolj raznolike, kar kaže na topografsko razgiban teren (slika 1). Izjema sta najvišji točki 1009 in 1010, ki imata tudi drugače predznačeni vrednosti. Točke od 1001 do 1008 kažejo na nagnjenost geoida v smeri juga in rahel nagib v smeri zahoda. Pri točki 1009 je geoid nagnjen proti severu in še bolj proti zahodu, saj je vrednost komponente η za približno 1' večja kot pri predhodnih točkah. Če na sliki 1 podrobneje pogledamo položaj točke 1009, opisano situacijo lahko povežemo tudi s topografijo terena. Očitno gre v okolici točke 1009 za spremembo smeri poteka ploskve geoida zaradi preloma. Pri točki 1010 je geoid nagnjen proti jugu in vzhodu. Glede na precej raznolike rezultate izračunov komponent odklonov navpičnice v točkah poligona lahko rečemo, da s to metodo najbolje opišemo lokalni potek geoida in je zato izbira mikrolokacij točk glede na topografijo terena za modeliranje odklonov navpičnice zelo pomembna.

5.2 Odkloni navpičnic iz mreže geoidnih višin

Iz mreže geoidnih višin iz modelov SLOAGM2000 in testne različice SLOAGM2010 smo najprej za vsako točko poligona izračunali geoidne višine. To smo naredili z bilinearno in bikubično interpolacijo, metodo najbližjega sosa in zleпки. Za model SLOAGM2010 smo uporabili le bilinearno interpolacijo in zleпки. Zaradi obsežnosti rezultatov jih v prispevku podrobneje ne predstavljamo, so pa predstavljeni v Petrin, 2017.

Prvi korak v modeliranju odklonov navpičnic je izračun geoidnih višin in drugi izračun komponent odklonov navpičnice. Tu uporabimo aproksimacijo ploskve geoida z ravnino:

$$N = A e' + B n' + C, \quad e'_i = e_i - e_0, \quad n'_i = n_i - n_0 \tag{18}$$

Koeficienta *A* in *B* predstavljata nagnjenost geoida v smereh vzhod–zahod oziroma sever–jug, koeficient *C* pa odmik ploskve geoida od rotacijskega elipsoida v težišču (e_0, n_0). Koordinate točk se nanašajo na koordinatni sistem D96/TM. Ravnino lahko izračunamo na več načinov. Na primer tako, da vsaki točki določimo štiri sosednje točke, ki so od osrednje točke oddaljene za vrednost *d* (*d* = 10, 20 ali 30 metrov) proti severu, jugu, vzhodu in zahodu. Točkam z interpolacijo iz modela izračunamo geoidne višine z bilinearno interpolacijo. V danem primeru smo za to uporabili modela SLOAGM2000 in SLOAGM2010. V enačbi (18) je podana funkcijska povezava geoidnih višin točk s koordinatnimi razlikami, kjer nastopajo še trije neznani koeficienti *A*, *B* in *C*. Te ocenimo iz geoidnih višin in koordinatnih razlik s postopkom izravnave po metodi najmanjših kvadratov. Rezultate konkretnega izračuna podajamo v preglednici 3.

Preglednica 3: Odkloni navpičnice, izračunani z aproksimacijo geoida z ravnino za posamezno točko ob uporabi modelov geoida SLOAGM2000 in SLOAGM2010.

Točka		SLOAGM2000			SLOAGM2010		
		Odmiki od središčne točke			Odmiki od središčne točke		
		10 m	20 m	30 m	10 m	20 m	30 m
1001	ξ ["]	-16,50	-16,50	-16,50	-20,63	-20,63	-20,63
	η ["]	-6,19	-5,16	-5,50	0,00	-5,16	-3,44
	<i>N</i> [m]	47,043	47,043	47,043	46,971	46,971	46,971
1002	ξ ["]	-17,53	-17,53	-17,88	-30,94	-25,78	-24,06
	η ["]	-6,19	-6,70	-6,88	-10,31	-5,16	-3,44
	<i>N</i> [m]	47,084	47,084	47,084	47,018	47,018	47,018
1003	ξ ["]	-19,60	-20,11	-20,28	-30,94	-25,78	-24,06
	η ["]	-7,22	-6,70	1' 10,47	-10,31	-5,16	1' 32,82
	<i>N</i> [m]	47,116	47,116	47,122	47,050	47,050	47,057
1004	ξ ["]	-19,60	-19,08	-19,60	-20,63	-20,63	-24,06
	η ["]	-7,22	-7,73	-7,91	-10,31	-10,31	-10,31
	<i>N</i> [m]	47,198	47,198	47,198	47,151	47,151	47,151
1005	ξ ["]	-20,63	-19,60	-19,94	-30,94	-25,78	-24,06
	η ["]	-3,09	-3,09	-3,09	-10,31	-5,16	-3,44
	<i>N</i> [m]	47,200	47,200	47,200	47,153	47,153	47,153

Točka		SLOAGM2000			SLOAGM2010		
		Odmiki od središčne točke			Odmiki od središčne točke		
		10 m	20 m	30 m	10 m	20 m	30 m
1006	ξ ["]	-19,60	-20,11	-19,94	-20,63	-25,78	-27,50
	η ["]	-3,09	-3,61	-3,78	0,00	-5,16	-3,44
	N [m]	47,278	47,278	47,277	47,247	47,247	47,247
1007	ξ ["]	-19,60	-19,60	-19,60	-30,94	-25,78	-24,06
	η ["]	-8,25	-7,73	-7,91	-10,31	-15,47	-10,31
	N [m]	47,335	47,335	47,335	47,321	47,321	47,321
1008	ξ ["]	-17,53	-18,05	-18,22	-30,94	-25,78	-24,06
	η ["]	-4,13	-4,64	-4,47	-10,31	-5,16	-3,44
	N [m]	47,388	47,388	47,388	47,390	47,390	47,390
1009	ξ ["]	-18,56	-18,56	-18,56	-20,63	-20,63	-24,06
	η ["]	-6,19	-5,67	-5,50	0,00	0,00	0,00
	N [m]	47,474	47,474	47,474	47,501	47,501	47,501
1010	ξ ["]	-17,53	-17,53	-17,53	-20,63	-20,63	-20,63
	η ["]	-7,22	-6,70	-6,53	0,00	-10,31	-6,88
	N [m]	47,492	47,492	47,492	47,523	47,523	47,523

Pri modelu SLOAGM2000 so si komponente v smeri sever–jug zelo podobne, medtem ko so večje razlike vidne pri komponenti η . Največja razlika v vrednosti komponente η je pri točki 1003, kjer znaša več kot 1'. Sprememba geoidne višine glede na uporabljene točke pri aproksimaciji z ravnino je največ 6 milimetrov pri točki 1003. Podobno kot pri rezultatih starejšega gravimetričnega modela so tudi pri modelu SLOAGM2010 pri komponenti ξ manjše razlike. Opazimo, da so vrednosti komponente ξ na točkah 1002, 1003, 1005, 1007 in 1008 enake. Večje razlike so pri komponenti v smeri vzhod–zahod (η).

Opisani pristop za določitev komponent odklona navpičnice je z vidika predhodne priprave podatkov za izravnavo do končne določitve komponent odklonov ξ in η zelo zamuden. Poleg tega ne vemo vnaprej, s katerim nizom podatkov bomo dobili najrealnejše vrednosti odklonov. Zato smo v dani situaciji aproksimirali enotno ravnino skozi deset obravnavanih točk. Pri tem smo lahko uporabili geoidne višine, določene s kombinacijo elipsoidnih in nadmorskih višin. Ravnino lokalnega geoida smo umestili v točko 1006, ki je bila na sredini poligona z znanimi višinami točk. Tako izračunane odklone navpičnice podajamo v preglednici 4.

Preglednica 4: Geoidne višine in odkloni navpičnic, pridobljeni z metodo aproksimacije ploskve geoida z ravnino skozi točke od 1001 do 1010.

	Vir podatkov		
	Terenska izmera	SLOAMG2000	SLOAMG2010
ξ ["]	-25,82	-18,90	-24,14
η ["]	-4,18	-6,30	-6,60
N [m]	47,203	47,275	47,247

Iz preglednice 4 je razvidno, da se v smeri sever–jug bolje ujemata izračuna lokalne ploskve geoida, ki

smo ju določili, ko smo v aproksimacijo ravnine privzeli geoidne višine iz terenske izmere oziroma interpolirane iz modela geoida SLOAGM2010. V smeri vzhod–zahod se bolje ujemata ravnini, določeni iz podatkov terenske izmere oziroma iz modela SLOAGM2010.

5.3 Odkloni navpičnic iz globalnih modelov geoida EGM96 in EGM2008

V preglednici 5 podajamo rezultate izračunov odklonov navpičnice z razvojem po sfernih funkcijah ob uporabi globalnega modela geoida EGM2008. Opazimo, da naklon geoida, izračunan iz modela EGM96, proti jugu narašča do točke 1008. Pri razvoju po sfernih funkcijah ob uporabi modela EGM2008 naklon proti jugu narašča do točke 1004 pri rezultatih iz razvoja, nato se zmanjšuje. Pri komponenti η je opazno spreminjanje naklona v smeri vzhod–zahod. Na sliki 1 lahko to nihanje povežemo z večjimi spremembami terena v okolici točk.

Preglednica 5: Primerjava geoidnih višin in komponent odklona navpičnice iz globalnih modelov geoida EGM96 in EGM2008.

Točka	Iz programa <i>ECEF</i> (EGM96)			Razvoj po sfernih funkcijah (EGM2008)		
	N [m]	ξ [“]	η [“]	N [m]	ξ [“]	η [“]
1001	47,513	–12,70	–2,70	47,531	–15,21	–3,74
1002	47,540	–13,05	–2,85	47,554	–15,63	–3,89
1003	47,553	–13,37	–2,85	47,556	–15,93	–3,83
1004	47,620	–13,52	–3,14	47,63	–16,20	–4,24
1005	47,609	–13,68	–3,01	47,582	–16,03	–3,86
1006	47,665	–13,79	–3,10	47,615	–16,01	–3,88
1007	47,707	–13,81	–3,21	47,606	–15,67	–3,86
1008	47,747	–13,81	–3,14	47,621	–15,51	–3,66
1009	47,814	–13,59	–3,03	47,689	–15,25	–3,52
1010	47,832	–13,50	–3,14	47,63	–14,78	–3,51

6 RAZPRAVA O REZULTATIH IN PREDLOG NADALJNIH DEL

Za najboljši približek dejanskim vrednostim odklonov navpičnice smo privzeli komponente, pridobljene s kombinacijo elipsoidnih in nadmorskih višin (rezultati v preglednicah 1 in 2), ki smo jih pridobili s terensko izmero. Potem smo komponente odklonov izračunali na štiri različne načine. Drugi in tretji niz izhajata iz testnega modela geoida SLOAGM2010, vendar smo v drugem nizu določili komponente odklona z ravnino, ki se najbolje prilega vsem točkam obravnavanega poligona. Komponente odklona v tretjem nizu smo določili z aproksimacijo geoida okoli posamezne točke poligona in skozi štiri sosednje nove točke, oddaljene po 10, 20 in 30 metrov od središčne točke. Četrty niz komponent odklona predstavljajo vrednosti, določene iz globalnega modela geoida EGM2008, ki smo jih izračunali z razvojem po sfernih funkcijah.

Največje razlike glede na referenčne vrednosti smo dobili pri izračunu geoidnih višin in odklonov navpičnice iz modela EGM2008. Vsakokrat smo dobili izrazito drugačne vrednosti pri točki 1009. To lahko utemeljimo z lokacijo točke glede na potek terena v njeni okolici. Različni rezultati izračunov nakazujejo, da lahko s kombinacijo elipsoidnih in nadmorskih višin bolje opišemo potek geoida v okolici posamezne točke, medtem ko lokalni in globalni modeli geoida zaradi slabše ločljivosti potek toliko posplošijo, da

se detajli izgubijo. Primerjava odklonov navpičnic, izračunanih iz modela SLOAGM2010, z referenčnim nizom pokaže, da so razlike precej manjše kot pri globalnem geopotencialnem modelu EGM2008.

Če komentiramo predpostavko, da je mogoče posredno pridobiti odklone navpičnic, ki jih najbolj dobimo z astronomsko-geodetsko metodo določitve odklonov navpičnic, lahko rečemo, da je to mogoče, če imamo na voljo ustrezne kakovostne podatke za izračun komponent odklonov navpičnic. Pri modelih geoidov moramo imeti na voljo model ustrezne ločljivosti oziroma kakovostne podatke o elipsoidnih in nadmorskih višinah v diskretnih točkah obravnavanega območja, če modeliramo ploskev geoida na lokalnem območju. V danem primeru smo najboljše določili komponente odklonov navpičnice s kombinacijo elipsoidnih in nadmorskih višin. Globalni modeli geoida so slabših ločljivosti, zato jih pri izračunih ni dobro uporabljati. Veliko bolje je uporabiti lokalne modele geoida, kot je SLOAGM2010, testna različica geoida Slovenije iz leta 2010.

7 SKLEP

V danem prispevku smo opisali različne načine za izračun komponent odklonov navpičnic in razlike v izračunih. Kakovostno določeni odkloni navpičnic so pomemben vhodni podatek za redukcijo terestričnih geodetskih opazovanj za vpliv težnostnega polja Zemlje. V prispevku se zaradi omejitve obsega nismo osredotočili na opis pridobitve rezultatov geografskih koordinat z izmero GNSS ter fizikalnih višin z izvedbo nivelmana in trigonometričnega višinomerstva. Prav tako nismo podrobneje pokazali, kako pomanjkljivo upoštevanje odklonov navpičnic pri redukciji terestričnih opazovanj vpliva na izračunane kooordinate točk. Razlog je podoben kot pri obdelavi opazovanj. Zato bomo tudi tematiko pomanjkljivega upoštevanja vpliva Zemljinega težnostnega polja na terestrična opazovanja na konkretnem primeru poligona na vznožju Krvavca podrobneje predstavili drugič.

Literatura in viri:

- Bric, V., Berk, S., Oven, K., Triglav Čekada, M. (2015). Aerofotografiranje in aerolaserško skeniranje Slovenije. Ljubljana, 20. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2015/6%20SZGG_2015_Bric_Berk_Oven_Triglav.pdf, pridobljeno 22. 8. 2016.
- Duenck-Kerst, H. G. (2010). AllTrans EGM2008 calculator. <http://www.brothersoft.com/alltrans-egm2008-calculator-download-216023.html>, pridobljeno 15. 3. 2017.
- Featherstone, W. E. (1997). The Importance of Including the Geoid in Terrestrial Survey Data Reduction to the Geocentric Datum of Australia. *The Australian Surveyor*, 42 (3), 45–50. DOI: <https://doi.org/10.1080/00050342.1997.10558665>
- Featherstone, W. E., Rüeger, J. M. (2000). The Importance of Using Deviations of the Vertical for the Reduction of Survey Data to a Geocentric Datum. *The Australian Surveyor*, 45 (2), 46–61. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00050326.2002.10441952>
- Grabljevec, M. (2017). Vzpostavitev geodetske višinske mreže in analiza geoidnih višin na območju Krvavca. Magistrska naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpis/Gradiva.php?id=97607>, pridobljeno 20. 9. 2017.
- Hydrometronics LLC (2011). User's Manual Earth-Centered Earth-Fixed in WGS84 by Hydrometronics LLC. <http://www.hydrometronics.com/downloads/ECEF%20for%20Blue%20Marble%20with%20Notes.pdf>, pridobljeno 15. 3. 2017.
- Heiskanen, W. A., Moritz, H. (1996). *Physical Geodesy*. Second edition. Graz: Technische Universität Graz.
- Jakopič, M. (2008). Določitev odklonov navpičnic iz geoidnih višin. Diplomsko naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. <http://drugg.fgg.uni-lj.si/id/eprint/880>, pridobljeno 15. 9. 2017.
- Kilar, B. (1978). Približna določitev astronomskih koordinat in azimuta. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo.
- Kuhar, M., Okorn, M., Stopar, B. (2010). Določitev odklonov navpičnic iz geoidnih višin = Determination of deflection of the vertical from geoid heights. *Geodetski vestnik*, 54 (4), 595–605. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2010.04.595-605>
- Petrin, T. (2017). Analiza odklonov navpičnic na območju testnega poligona Krvavec. Magistrska naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpis/Gradiva.php?id=91360>, pridobljeno 20. 9. 2017.
- Pribičević, B. (2000). Uporaba geološko-geofizičnih in geodetskih baz podatkov za računanje ploskve geoida Republike Sloveniji. Doktorska disertacija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Stopar, B., Kuhar, M. (2002). Postopki transformacije med globalnimi in državnimi koordinatnim sistemom Slovenije. Zbornik predavanj. Ljubljana: Ljubljansko geodetsko društvo in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 103–110.

Torge, W., Müller, J. (2012). Geodesy. Fourth edition. Berlin, Boston Walter de Gruyter. DOI: <https://doi.org/10.1515/9783110250008>

Tse, C. M., Baki, I. (2006). Deflection of the Vertical Components from GPS and Precise Leveling Measurements in Hong Kong. *Journal of Surveying Engineering*, 97–100. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9453\(2006\)132:3\(97\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9453(2006)132:3(97))

Vaniček, P. (2001). An Online Tutorial in Geodesy. University of New Brunswick, Academic Press.



Pavlovčič Prešeren P., Petrin T., Koler B., Urbančič T., Kuhar M. (2018). Različni postopki za izračun odklonov navpičnice: primer območja pod Krvavcem. *Geodetski vestnik*, 62 (1), 13–27. DOI: [10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.13-27](https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.13-27)

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.pavlovcic@fgg.uni-lj.si

Tanja Petrin, mag. inž. geod. geoinf.
e-naslov: tanja.petrin@gmail.com

Asist. dr. Tilen Urbančič, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: tilen.urbancic@fgg.uni-lj.si

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

Doc. dr. Miran Kuhar, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: miran.kuhar@fgg.uni-lj.si

VIDNOST GOZDOV V OKOLICI ŽIČKE KARTUZIJE KOT MERILO NJIHOVE DEDIŠČINSKE IN ESTETSKE VLOGE

VISIBILITY OF FORESTS IN THE VICINITY OF THE ŽIČE CHARTERHOUSE AS A CRITERION OF THEIR HERITAGE AND AESTHETIC FUNCTION

Janez Pirnat, Milan Kobal

UDK: 528.9:63:719(497.4:Žička kartuzija)
 Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
 Prispelo: 16. 6. 2017
 Sprejeto: 27. 1. 2018

DOI: 10.15292//geodetski-vestnik.2018.01.28-38
 SCIENTIFIC ARTICLE
 Received: 16. 6. 2017
 Accepted: 27. 1. 2018

IZVLEČEK

Žička kartuzija je eden najpomembnejših primerov kulturne dediščine v Sloveniji. Gozdna krajina v njeni okolici pomeni njeno nepogrešljivo danost in identiteto, saj je bila 'divjina' eden od ključnih dejavnikov za izbiro prostora, kamor so v 12. stoletju kartuzijo postavili. Danes so gozdovi v okolici Žičke kartuzije vrstno spremenjeni, na sicer je na bukovih rastiščih v okolici kartuzije močno zastopana smreka. Za opredelitev gozdov, katerih sonaravna zgradba je ključnega pomena za zagotavljanje nepogrešljivega vzorca tako imenovane prvinske krajinske zgradbe, smo uporabili analizo vidnosti, ki je sicer osnovno orodje sodobnih geografskih informacijskih sistemov. Kot osnovni vhodni prostorski sloj smo uporabili digitalni model površja (DMP), izdelan iz podatkov laserskega skeniranja Slovenije (podatki GKOT), z velikostjo slikovne celice 1×1 m. Izračunali smo tudi vidnost vodnikov daljnovoda nad kartuzijo, ki je moteč element, saj zmanjšuje zaznavo prvinskosti prostora. Sprehajalne poti in ceste na severozahodnem delu kartuzije, iz katerih smo računali vidnost gozdov in daljnovoda, smo predstavili s serijo točk ($n = 1081$ stojšč). Za posamezne gozdne sestoje smo izračunali deleže njihove vidnosti. Tudi vodnike daljnovoda smo predstavili kot serijo točk ($n = 1153$), upoštevali smo njihove poves. Določili smo odseke daljnovoda, ki so vidni z območja poti in bi jih bilo smiselno vkopati. Najvidnejši sestoji v okolici kartuzije imajo poudarjeno dediščinsko in estetsko vlogo, v tistih z najvišjim deležem smreke bi morali v prihodnje prednostno povečati delež listavcev.

KLJUČNE BESEDE

Žička kartuzija, kulturna krajina, nepogrešljivi vzorec, model vidnosti, Lidar

ABSTRACT

The Žiče Charterhouse is one of the most important cultural heritage monuments in Slovenia. The forest landscape in its vicinity represents part of its indispensable natural resource and identity, as "wilderness" was one of the key factors when selecting the charterhouse's location in the 12th century. For the purpose of defining the forests with a close-to-nature structure that are of key importance in preserving the indispensable pattern of the so-called pristine landscape structure, visibility analysis, a basic tool in modern geographic information systems, was utilized. As the basic spatial layer, a digital elevation model (DEM) based on the data provided by airborne laser scanning of Slovenia (georeferenced and classified point cloud data) with the cell size of 1×1 m was used. The visibility of a power line above the charterhouse, representing an obtrusive element as it diminishes the perception of a pristine environment, was calculated. The visibility of both the forests and the power line was calculated from the paths NW of the charterhouse, which were presented as a series of points ($n = 1081$ stands). The visibility shares of individual forest stands were also calculated. The power line was also presented with a series of points ($n = 1153$), including cable deflection. In this way, the power line sections visible from the paths that would benefit from undergrounding installation were determined. The most visible stands in the charterhouse's vicinity have an emphasized function of heritage and aesthetics. Among them, increasing the share of deciduous trees in the stands with the highest share of spruce should take priority in the future.

KEY WORDS

Žiče Charterhouse, cultural landscape, indispensable pattern, visibility model, Lidar

1 UVOD

Gozdarstvo in gospodarjenje z gozdovi sta po svoji temeljni usmeritvi zavezana načeloma sonaravnosti in mnogonamenskosti, kar pomeni, da skušamo pri upravljanju gozdov upoštevati potrebe drugih uporabnikov gozdnega prostora. Mednje štejemo tudi strokovne službe, ki se ukvarjajo s kulturno dediščino. Zavest, da je pri vsakodnevnem gospodarjenju z gozdom treba upoštevati kulturno dediščino v gozdnem prostoru, je prisotna v Evropi in svetu (Forestry and Our Cultural Heritage, 2005; Jansen et al., 2012; Forest management: cultural heritage, 2017). Vse države, ki so ratificirale evropsko konvencijo o krajini, torej tudi Slovenija, ki je leta 2003 sprejela Zakon o ratifikaciji Evropske konvencije o krajini (Uradni list RS, št. 19/2003), morajo upoštevati in vzdrževati tiste kulturne značilnosti posamezne krajine, zaradi katere ima slednja izjemno visok kulturni pomen.

Pri nas prinaša temeljne vsebine s področja kulturne dediščine Zakon o varstvu kulturne dediščine (ZVKD-1, Uradni list RS, št. 16/2008), po katerem je kulturna krajina nepremična dediščina, ki je odprt prostor z naravnimi in ustvarjenimi sestavinami, katerega strukturo, razvoj in uporabo pretežno določajo človekovi posegi in dejavnost. Na pomen značilnih krajinskih vzorcev so opozorili številni krajinski ekologi (O'Neill et al., 1988; Riitters et al., 1995; Turner, 1990; Bell, 2012; Forman, 1995; McGarigal, 2017). Forman (1995) je uvedel pojem nepogrešljiv vzorec (angl. *indispensable pattern*) v krajini. Čeprav gre v njegovi interpretaciji predvsem za kombinacije naravnih danosti, ki naj zagotavljajo visoko stopnjo ohranjanja biotske pestrosti, pa je mogoče njegovo izvajanje prenesti tudi na posamezne primere dediščinske krajine. Prav umestitev Žičke kartuzije (Zadnikar, 1972; Peskar in Golež, 2010) v gozdno krajino je takšen primer, saj je naravna zgradba gozda nepogrešljiva za celostno ohranjanje zgodovinske kulturne krajine okrog kartuzije in s tem za avtentičnost prostora, ki ga želijo vzdrževati strokovne službe za varstvo kulturne dediščine.

Po Peterlinu (1988) najdemo v gozdnem prostoru tri skupine dediščine: izvorno, vseljeno in zasedeno. Izvirno skupino predstavljajo naravne vrednote, drugi dve pa sestavljajo tako naravne vrednote kot kulturna dediščina. Sakralni spomeniki, kamor spada Žička kartuzija, se uvrščajo v skupino vseljene kulture dediščine. Njena posebnost je, da je gozdna krajina nepogrešljiva danost in identiteta prostora okrog kartuzije, saj je bila 'divjina', danes bi rekli ohranjena gozdna krajina, eden od ključnih dejavnikov za izbiro prostora, kamor so ustanovitelji želeli umestiti kartuzijo. Prav zaradi tega pomenita kartuzija in gozdnata krajina v njeni okolici nepogrešljiv vzorec kulturne krajine, kot ga poimenuje Forman (1995).

Pri prostorski omejitvi (gozdnega) prostora, ki predstavlja identiteto okolja kartuzije, se tako zdi logična uporaba geografskih informacijskih sistemov (GIS) in analize vidnosti, ki je od samih začetkov pomemben del uporabniških rešitev geoinformacijskih sistemov (Davidson et al., 1993; Zakšek, 2006). Kljub temu so analize vidnosti v Sloveniji še vedno redke (na primer Krevs, 1994; Stančič in Veljanovski, 1998; Oštir et al., 2000; Zavadlav in Oštir, 2004; Mišič in Vizovišek Motaln, 2006; Alič, 2016; Buser, 2016), sicer pa se najpogosteje uporabljajo pri vrednotenju vidnih lastnosti krajine in umeščanju različnih objektov vanjo (na primer Mišič, 2010; Grassi et al., 2014). Pogosto so analize vidnosti uporabljene tudi za druge namene, na primer v arheologiji (Kantner in Hobgood, 2016), varstvu pred požari (Bao et al., 2015), pri načrtovanju omrežja mobilne telefonije (na primer Oštir et al., 2004; Sangeetha, 2014) itd.

Na podlagi podatkov o lokaciji Žičke kartuzije (natančneje cest in poti ob kartuziji) ter podatkov digitalnega modela površja, ki je bil izdelan iz podatkov laserskega skeniranja Slovenije, želimo z analizo vidnosti

določiti tiste gozdove v njeni okolici, katerih sonaravna zgradba je ključnega pomena za zagotavljanje nepogrešljivega vzorca tako imenovane prvinske zgradbe v okolici kartuzije. Pri tem z vidika prostorskih analiz vidnost opredeljujemo kot operacijo daljnega sosedstva, ki omogoča določitev območij, vidnih z izbrane točke na terenu. Dodatno smo analizirali vidnost daljnovoda (daljnovodnih stebrov in vodnikov) nad kartuzijo, ker želimo določiti del njegove trase, ki je z območja kartuzije najbolj viden, saj gre za vizualno moteč element, ki močno zmanjšuje zaznavo prvinskosti prostora. Pri usmeritvah za ohranjanje vidnih pozitivnih prvin prostora Jakl in Marušič (1998) navajata, da se mora daljnovod smiselno izogibati naseljem in krajem pogostejšega opazovanja; izpostavljenim točkam, kjer je večje število opazovalcev, pomembnim kulturnim objektom (na primer kartuziji) ter območjem s krajinskimi posebnostmi (na primer vrhovom, rekam, jezerom).

2 METODE DELA

2.1 Teoretična izhodišča analize vidnosti

Površje lahko matematično predstavimo kot sliko grafa zvezne funkcije dveh spremenljivk (Kaučič in Žalik, 2001; De Floriani in Magillo, 2003), vendar je takšna predstavitev lastnosti površja zaradi kompleksnosti manj uporabna (Kaučič in Žalik, 2001). V okolju geoinformacijskih sistemov je pogosteje v uporabi predstavitev lastnosti površja s končnim številom podatkov, bodisi s konturno mrežo oziroma plastnicami bodisi z mrežo neenakih trikotnikov, ali pa z mrežnim višinskim modelom oziroma rastrskim digitalnim modelom višin (Kaučič in Žalik, 2001; De Floriani in Magillo, 2003).

Pri ugotavljanju vidnosti računamo vidnost površja ali objektov, lociranih na površju (Kaučič in Žalik, 2001), samo površje pa pomeni osnovni vhodni podatek. Tako za dve točki na površju P_1 in P_2 , ki sta določeni s koordinatami

$$P_1 = (x_p, y_p, z_p) \text{ in } P_2 = (x_p, y_p, z_p), \quad (1)$$

pravimo, da sta vidni, ko vsaka točka Q

$$Q = (x, y, z) = P_1 + t(P_2 - P_1), \quad (2)$$

ko je $0 < t < 1$, leži nad pripadajočo točko terena P_q , t. j. $z > z_q$. Torej sta dve točki medsebojno vidni, ko daljica $P_1 P_2$, ki ju povezuje, leži nad terenom ($z > z_q$) in se ga dotakne le v svojih krajiščih (Lee, 1991; Kaučič in Žalik, 2001).

Podlaga za analizo vidnosti je torej analiza vidnosti za posamezen žarek pogleda (medsebojna vidnost točke P_1 in P_2), ki ga praviloma razširimo v problem vidnosti površja, tega pa predstavimo z množico točk (Lee, 1991). Ko z modelom vizualizacije ugotavljamo, kaj z neke točke vidimo, govorimo o aktivni vidnosti (z lokacije vidimo neko območje oziroma objekte), ko pa ugotavljamo, od kod je določena lokacija vidna, govorimo o pasivni vidnosti (od kod sta neko območje oziroma objekt vidna) (Zakšek, 2006). Razširitev analize vidnosti predstavlja uporaba teorije grafov, kjer točke, med katerimi računamo vidnost, predstavljajo vozlišča grafa $V(G)$, žarki pogledov pa povezave $E(G)$ med njimi. Te skupaj sestavljajo graf $G(V, E)$. Če vozlišča grafa med seboj niso vidna, potem imajo povezave med vozlišči grafa (žarki pogledov) vrednost 0, tj. $E(G) = 0$, oziroma vrednost 1, če so vozlišča grafa med seboj vidna, tj. $E(G) = 1$ (O'Sullivan in Turner, 2001).

2.2 Vidnost v prostoru

Pri zaznavi vidnosti objektov v naravi imajo pomembno vlogo velikost, oblika, barva, transparentnost opazovanega objekta, tj. njegove fizične lastnosti (Jakl in Marušič, 1998; Zakšek, 2006; Mišič, 2010), razdalja opazovanja oziroma oddaljenost objekta in opazovalca (Mišič, 2010) ter kontrast objekta in ozadja (Mišič, 2010). Pomemben dejavnik je tudi zastiranje oziroma vidnostna prepreka. Prav tako na vidnost zelo močno vplivajo atmosferske razmere (Zakšek, 2006), kot so megla, padavine, oblačnost, sapa, svetloba, smer osvetlitve. Omeniti velja še psihološko-sociološki vidik zaznavanja opazovane objekta kot procesa sprejemanja, organizacije in interpretacije informacij (Jakl in Marušič, 1998; Mišič, 2010). Ta je v Sloveniji zaradi razgibanega reliefa najbolj omejujoč dejavnik vidnosti (Zakšek, 2006). Podobno velja za gozdnatost, ki je leta 2012 v Sloveniji znašala $61,1 \pm 0,7$ % (Hladnik in Žižek Kulovec, 2012). Pri daljših razdaljah na vidnost vplivata ukrivljenost Zemlje in refrakcija, ki pa druga drugo izničujeta, tako da je njun skupni vpliv načeloma manjši od natančnosti vhodnih podatkov (Zakšek, 2006).

V programskem okolju *ArcGIS*, ki smo ga uporabili v raziskavi, se v osnovi upošteva osem parametrov, s katerimi določamo vidnost (višina opazovalca, višina opazovane točke, minimalni notranji iskalni radij, minimalni zunanji iskalni radij, azimut začetka analize vidnosti, azimut konca analize vidnosti, zgornji horizontalni kot ter spodnji horizontalni kot). V novejših različicah že lahko definiramo tudi parametre, ki se nanašajo na 3D-analizo (na primer oddaljenost v 3D-prostoru).

Nezanemarljiv omejitveni dejavnik analize vidnosti v prostoru je čas izračunavanja (Mišič, 2010), zato pogosto določimo iskalni radij, s katerim določimo maksimalno oddaljenost dveh točk, za kateri računamo vidnost. Pri tem je treba upoštevati vizualni vpliv motečih objektov, ko se še zaznavajo. Razdalja se določi na podlagi vidnega kota v odvisnosti od velikosti objekta in opazovalne razdalje.

2.3 Uporabljeni podatkovni sloji

Osnovni podatkovni sloj, ki smo ga uporabili, je digitalni model površja (DMP) z velikostjo slikovne celice 1×1 m, ki smo ga v programskem okolju *ArcGIS 10.4* izdelali iz podatkov lidarskega skeniranja površja Slovenije (Bric et al., 2015). Podatke smo pridobili na spletnih straneh ministrstva za okolje in prostor RS. Lasersko skeniranje študijskega območja je bilo izvedeno od marca do oktobra 2014 z doseženo horizontalno natančnostjo točke $\pm 0,02$ metra in po višini $\pm 0,025$ metra. DMP smo kot interpolacijo površja izdelali na podlagi georeferenciranega in klasificiranega oblaka točk (GKOT-točke), tako da smo izbrali najvišjo točko v pravilni mreži 1×1 m.

Tudi sloj cest, ki potekajo mimo kartuzije, odsek poti, ki poteka po njenem severozahodnem delu (slika 1a), ter sloj daljnovođa smo na podlagi senčenega digitalnega modela površja izdelali v rprogramskem okolju *ArcGIS 10.4*, in sicer z zaslonsko digitalizacijo. Izdelali smo linijski vektorski sloj navedenih poti oziroma daljnovođa, nato smo vektorski sloj poti spremenili v rastrski zapis, tega pa v nadaljevanju v točkovni sloj. Pri poti točke ($n = 1081$) predstavljajo stojišča obiskovalcev, pri daljnovođu pa točke ($n = 1153$) predstavljajo horizontalno projekcijo daljnovođa oziroma vodnikov na tla.

Podatke o sestavi gozdov smo pridobili od Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS), kjer so s poligoni predstavljeni različni sestoji, v atributni tabeli sestojev pa je tudi podatek o drevesni sestavi, v našem primeru nas je zlasti zanimal delež iglavcev v skupni lesni zalogi (vir: spletni portal Pregledovalnik gozdnogospo-

darskih in gozdnogojitvenih načrtov, Zavod za gozdove Slovenije).

Za vse sloje smo kot osnovni referenčni sistem uporabili državni referenčni koordinatni sistem D48/GK.

2.4 Izračun vidnosti sestojev

Pri analizi vidnosti sestojev smo za vsako stojišče, ki leži na navedenem delu ceste in odseku poti, določili območje, ki je z njega vidno. Tako govorimo o aktivni vidnosti sestojev. V programskem okolju *ArcMap 10.4*, kjer je sicer na voljo več orodij za analiziranje vidnosti (*Observer points*, *Viewshed*, *Viewshed2* in *Visibility*), smo zaradi že predhodno določene višine opazovalca (parameter $OFFSETA = 1,70\text{ m}$) ter predhodno določenega radija iskanja (parameter $RADIUS2 = 500\text{ m}$) uporabili kar osnovno orodje *Viewshed*, ki računa vidnost po eksaktni metodi. Ta metoda je najnatančnejša, a tudi najzamudnejša (Kaučič in Žalik, 2001). Kot podlago za izračun vidnosti sestojev smo uporabili že navedeni DMP z velikostjo slikovne celice $1 \times 1\text{ m}$. Rezultate smo prikazali s karto vidnosti, na kateri so prikazana območja, ki niso vidna z nobene opazovane točke (vidnost = 0), ter območja, ki so vidno izpostavljena (vidnost > 0). Na koncu smo za posamezne sestoje izračunali delež vidno izpostavljene površine (vidnost > 0) v posameznem sestoju (slika 1b).

2.5 Izračun vidnosti daljnovoda

Pri analizi vidnosti daljnovoda smo za točke, ki predstavljajo daljnovod, izračunali območja, od koder so vidne, ter posledično določili območja, od koder je viden sam daljnovod (slika 2a). V tem primeru govorimo o pasivni vidnosti daljnovoda. Pri tem smo upoštevali povos vodnikov med posameznimi daljnovodnimi stebri, in sicer tako, da smo za vsako točko izračunali njeno višino nad DMP (parameter $OFFSETA$).

Parameter $OFFSETA$ smo za vsako točko izračunali tako, da smo od nadmorske višine vodnikov odšteli vrednosti višin digitalnega modela reliefa (DMR). DMR smo izdelali kot interpolacijo reliefa na podlagi točk OTR (georeferenciran oblak točk reliefa, kjer so shranjene samo točke, ki so bile klasificirane kot tla), in je zapisana v pravilno mrežo $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ (Bric et al., 2015). Podatek o nadmorski višini vodnikov smo izračunali tako, da smo v programskem okolju *ArcGIS 10.4* z orodjem za vizualizacijo profilov oblaka točk (*LAS Dataset*) prikazali GKOT na območju daljnovoda ter odčitali višino vodnikov na stebrih ter povos na sredini razpetine med njima. Med te tri točke smo v statističnem programu *R* kot približek verižnice prilagodili polinom II. stopnje $p_2(x) = a_2x^2 + a_1x^1 + a_0$, kjer x predstavlja oddaljenost od stebrov.

Tudi tu smo kot podlago za izračun vidnosti sestojev uporabili DMP. Višino opazovalca smo določili na 170 centimetrov (parameter $OFFSETB$). S tem smo torej določili območje, od koder je daljnovod viden, hkrati smo izračunali, koliko točk daljnovoda je vidnih s posamezne točke ceste oziroma poti. Pri tem gre za izračun intenzitete aktivne vidnosti daljnovoda s ceste in poti (slika 2b). Uporabili smo kar osnovno orodje *Viewshed*.

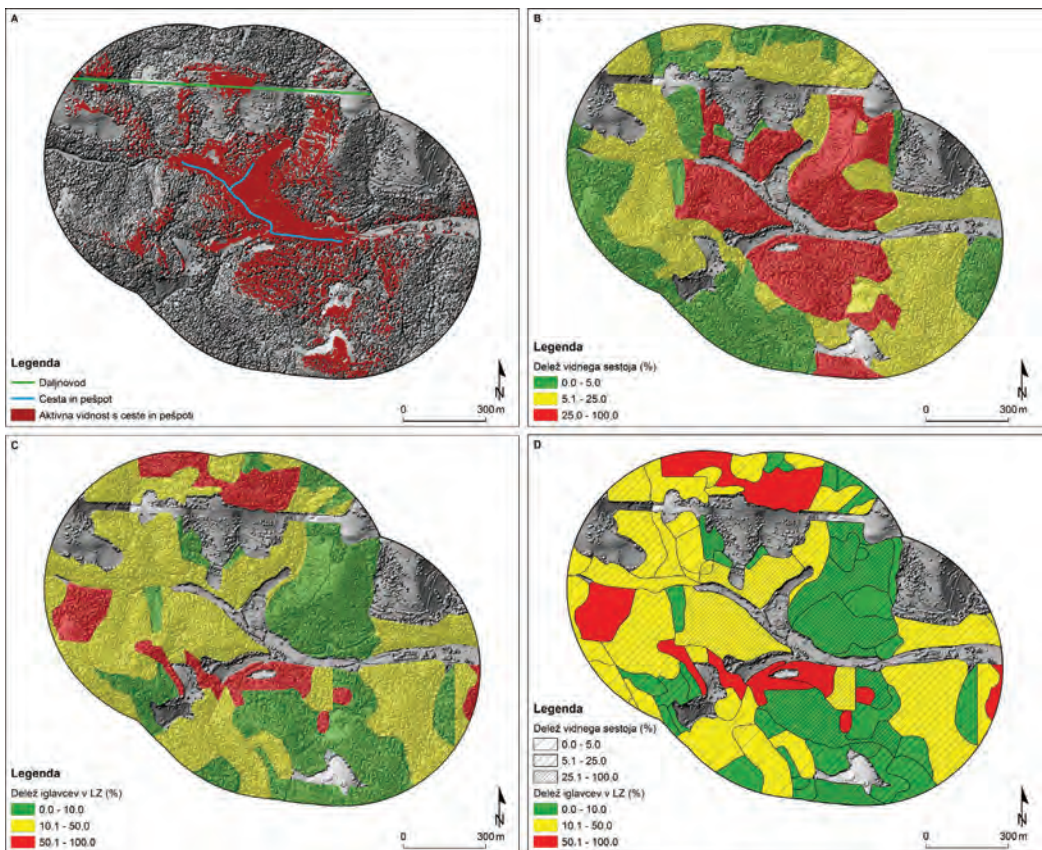
Ker na podlagi te analize vidnosti ni mogoče sklepati, kateri del daljnovoda je najbolj viden s stojišč na cesti in pešpoti, smo ponovno izračunali vidnost daljnovoda, vendar zgolj za stojišča na območju poti, ki so hkrati vidna z daljnovoda. Tako smo za vsako točko vzdolž trase daljnovoda določili, s katerih stojišč je neka točka vzdolž trase daljnovoda vidna. Pri tem govorimo o intenziteti pasivne vidnosti daljnovoda

(slika 2b). Model za izračun intenzitete pasivne vidnosti daljnovoda smo v okolju *ArcGIS 10.4* zgradili z uporabo orodja *ModelBuilder*.

3 REZULTATI

Na sliki 1 so rezultati analize vidnosti prikazani s tematskimi zemljevidi, ki imajo naslednje vsebine:

- A – Izračunana aktivna vidnost okolice Žičke kartuzije s ceste in pešpoti. Kot višino opazovalca smo določili 1,7 metra.
- B – Delež vidne površine sestojev s ceste.
- C – Delež iglavcev v lesni zalogi po podatkih Zavoda za gozdove Slovenije.
- D – Delež iglavcev v lesni zalogi po podatkih Zavoda za gozdove Slovenije ter delež vidne površine sestojev s ceste in pešpoti. Podloga je senčen digitalni model površja.



Slika 1: Rezultati analize vidnosti.

Iz preglednice 1 je razvidno, da se na območju analize pojavlja 2/3 sestojev, v katerih delež iglavcev v lesni zalogi presega 10 %. Od tega je 12,7 % sestojev takih, kjer iglavci prevladujejo (delež v lesni zalogi višji od 50 %) in za katere lahko trdimo, da glede na stanje izpred 19. stoletja vplivajo na spremenjeno podobo v dediščinski kulturni krajini. Sestoji, ki so najbolj vidni v okolici kartuzije, imajo poudarjeno dediščinsko in estetsko vlogo; teh sestojev je 29,9 % (delež vidne površine sestoja nad 25 %). Skupaj

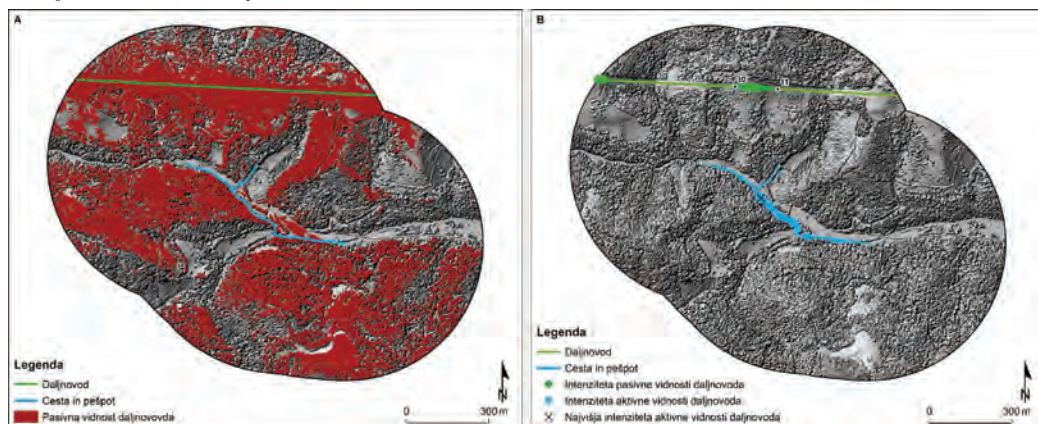
41,4 % teh sestojev je takšnih, kjer je iglavcev v lesni zalogi več kot 10 %, od tega pa 9,9 % takšnih, kjer iglavci prevladujejo. Te sestoje bi morali v prihodnje prednostno preusmeriti v povečan delež listavcev, saj so ti sestavljali gozdove v nekdanji kulturni krajini, ki je bila hkrati naravnejša, gozdovi v njej pa stabilnejši.

Preglednica 1: Površina sestojev glede na delež vidnosti in glede na delež iglavcev v lesni zalogi.

Delež iglavcev v lesni zalogi	Delež vidnosti sestoja s ceste in sprehajalne poti ob kartuziji							
	pod 5 %		od 5 do 25 %		nad 25 %		skupaj	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Pod 10 %	7,1	6,0	11,8	9,9	20,8	17,5	39,6	33,4
Od 10 do 50 %	22,0	18,5	30,8	26,0	11,2	9,4	64,0	53,9
Nad 50 %	3,9	3,3	7,6	6,4	3,5	3,0	15,0	12,7
Skupaj	32,9	27,8	50,2	42,3	35,5	29,9	118,6	100,0

Na sliki 2 so rezultati analize vidnosti daljnovoda v okolici Žičke kartuzije prikazani s tematskima zemljevidoma, ki imata naslednje vsebine:

- A – Izračunana pasivna vidnost daljnovoda v okolici Žičke kartuzije.
- B – Izračunana intenziteta aktivne vidnosti daljnovoda s ceste ter izračunana intenziteta pasivne vidnosti daljnovoda. Večja velikost simbola predstavlja a) odseke večje vidnosti daljnovoda oziroma b) odseke ceste, s katere je viden daljši odsek daljnovoda. Kot višino opazovalca smo določili 1,7 metra. Začetek odseka daljnovoda, ki je viden z 90 do 120 metrov ceste in poti, označuje točka t_0 , konec pa točka t_1 .

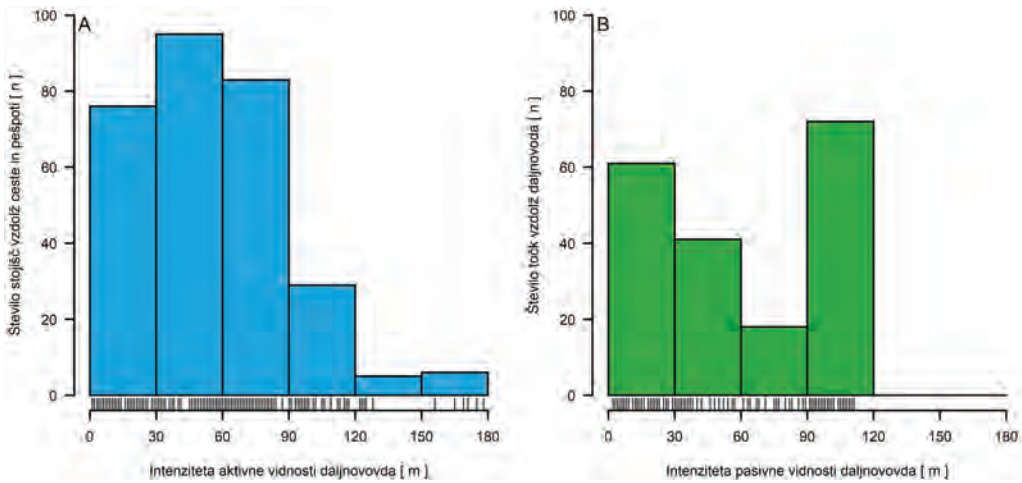


Slika 2: Rezultati analize vidnosti daljnovoda.

S slike 3a je razvidno, da na celotni dolžini ceste in pešpoti prevladujejo stojišča, s katerih je vidno od 30 do 60 metrov vodnika daljnovoda. Največ, 178 metrov, vodnika daljnovoda je vidnega z lokacije na cesti ob zahodnem delu kartuzije (slika 2b).

Celotna trasa daljnovoda na obravnavanem območju je dolga 1095 metrov. Vodniki daljnovoda so vidni na petih različnih mestih, v skupni dolžini 184 metrov. Vidne torej ni 83,1 % dolžine vodnikov daljnovoda. Prevladuje odsek daljnovoda, ki je viden iz 90 do 120 metrov ceste in poti – najbolj vidno

izpostavljeni del daljnovoda, ki je viden s 111 metrov ceste in pešpoti, je dolg 144 metrov (slika 3b).



Slika 3: Frekvenčna porazdelitev stojišč na cesti in pešpoti glede na aktivno vidnost daljnovoda (A) in frekvenčna porazdelitev števila točk na daljnovodu glede na pasivno vidnost daljnovoda (B).

4 RAZPRAVA

Odgovor na raziskovalno vprašanje – določanje obsega gozda, ki ga na podlagi vidnosti lahko opredelimo kot smiselno zaokrožen del krajine okrog kartuzije in ustvarja tako imenovano prvinsko razpoloženje, je pokazal, da je z analizo vidnosti v okolju geoinformacijskih sistemov mogoče objektivno opredeliti gozdove s poudarjeno dediščinsko in estetsko vlogo.

Običajno ključen vhodni prostorski sloj za analizo vidnosti je kakovosten digitalni model reliefa (Lee, 1991; De Floriani in Magillo, 2003), od katerega je odvisna verodostojnost rezultata analize vidnosti z neke točke. Pogojena je tudi z (ne)upoštevanjem ovir na terenu (zaraščenost, grajeni objekti itd.), kar poudarjajo tudi Drobne, Podobnikar in Marini (1997). Ovire lahko prepoznamo iz podatkov GKOT na celotnem območju Slovenije in izdelamo digitalni model površja. Glede na dejstvo, da se gozdovi v času spreminjajo, tako znotraj leta (olistanost) kot med leti, spremembe pa so lahko tudi hipne (različne ujme, napadi škodljivcev itd.), bi bilo smiselno izločiti tudi potencialno vidne gozdove, torej gozdove, ki zaradi trenutne zgradbe niso vidni. Pri tem bi morali v analizi vidnosti upoštevati zgolj natančen digitalni model reliefa (Triglav Čekada et al., 2010; Podobnikar in Vrečko, 2012).

V teh sestojih bi morali v skladu z usmeritvijo za funkcije prve stopnje poudarjenosti dediščinske funkcije gozda v prihodnje pospeševati delež listavcev in zmanjševati delež iglavcev ter tako upoštevati estetsko in dediščinsko vlogo pri ohranjanju ali celo spreminjanju njihove zgradbe v smeri povečane sonaravnosti v skladu s sodobno doktrino mnogonamenskega gospodarjenja z gozdovi. Prednostno naj bi to veljalo za sestoje, kjer je delež smreke sedaj nad 50 % (preglednica 1). Hkrati pa prav v teh gozdovih v prihodnje ne bi smeli dopustiti nobenih krčitev, saj predstavljajo skupaj s kartuzijo tisto obliko nepogrešljivega vzorca v krajini, ki je po Formanovem (1995) mnenju temeljna podlaga prihodnjih kulturnih krajin. V našem primeru smo temu pojmu lahko dodali nov pomen. Žičke kartuzije si v okolju zunaj gozdnate krajine

sploh ne moremo predstavljati in le skupaj z gozdom ohranja svoj avtentični pomen in sporočilnost. Manjši delež smreke, kot dolgoročni gozdnogospodarski cilj, je v skladu z usmeritvijo k sonaravnosti in avtentičnosti prostora. Tu se oba cilja ne bijeta, temveč se lepo medsebojno dopolnjujeta.

Tudi pri samem prepoznavanju drevesne zgradbe gozdov bi lahko namesto podatkov sestojne karte uporabili naprednejše in novejšje metode prepoznavanja drevesnih vrst, ki bodisi izhajajo iz lidarskih podatkov (na primer Triglav Čekada et al., 2017) ali iz različnih multi- in hiperspektralnih posnetkov (na primer Immitzer et al., 2016). Predvsem bi s tem pridobili kakovostnejše podatke o prostorskem položaju iglavcev, ki je danes podan na ravni sestojev. Tako bi pridobili jasne podatke o prihodnji drevesni sestavi, ki bo v prihodnje omogočila kontrolo ocene sonaravnosti sestojne zgradbe.

Poleg omejitev trenutne in prihodnje potencialne rabe tal ter zgradbe krajine na območju daljnovoda sama trasa daljnovoda (vodniki, podporni stebri in preseka) negativno vpliva na vidno podobo krajine (Majkič, 2011). Pri postavitvi daljnovoda v prostor se torej poslabšajo vidne pozitivne prvine avtentične dediščinske krajinske podobe. Kako opazen je sicer daljnovod, je odvisno od njegovih dimenzij in prostorskih razmer (Jakl in Marušič, 1998). Vpliv je precej pogojen z intenziteto opazovanja, slednja pa je odvisna od fizičnih ovir v prostoru (geomorfologije površja in višine vegetacijskega pokrova), položaja in števila opazovalcev (Jakl in Marušič, 1998). Potek trase daljnovoda naj bi vzdolžno sledil obstoječim geomorfološkim linijam v prostoru (doline, grebeni) in obstoječi infrastrukturi (telekomunikacije, druge daljnovodne linije). V dolinah naj trasa poteka po njihovem robu. Na območju gozdne in gozdnate krajine naj daljnovod sledi gozdnemu robu, poseke pa naj imajo razgiban gozdni rob. Na grebenschkih območjih, kjer to omogočajo geološke razmere, bi bil ugodnejši potek trase pod grebeni. Trasa daljnovoda naj bi prečkala greben tam, kjer teren omogoča postavitev stebra nekoliko nižje od vrha grebena (Jakl in Marušič, 1998).

Analiza vidnosti daljnovoda kot motečega dejavnika pri zaznavanju avtentične dediščinske krajinske podobe je pokazala, da bi bilo treba vkopati 184 metrov daljnovoda, prednostno vsaj 144 metrov. Podzemni kablovodi imajo manj negativnih vplivov na okolje od nadzemnih vodov, najočitnejša je prav vizualna razlika. Pri kablovodih izpadov zaradi vremenskih razmer ni, občutljivejši pa so za mehanske poškodbe (na primer poškodbe z delovnimi stroji), kjer okvar ni mogoče odpraviti tako hitro kot pri nadzemnih vodih. Potek podzemnih vodov na območjih kmetijskih površin ne ovira njihove uporabe, predviden je globlji vkop (Jamšek et al., 2011; Buser, 2016).

Čeprav je mogoče vidnost daljnovoda prikriti tudi z dodatno zasaditvijo drevja ob cesti pri kartuziji, se nam taka rešitev ne zdi smiselna in posrečena, saj spreminja avtentičnost neposredne okolice kartuzije. Zato zagovarjamo vkop električnega voda na navedenem odseku. Zavedamo se, da to pomeni dodaten strošek, a le tako bi bilo mogoče v resnici kar najbolj vzpostaviti avtentičnost prostora Žičke kartuzije kot vrhunskega objekta kulturne dediščine pri nas (Golob, 2006). Predlagamo tudi, da analiza vidnosti oziroma presoja poslabšanja vidnih pozitivnih prvin krajine postane stalna praksa ob novem umeščanju (točkovnih in linijskih) objektov v prostor, zlasti na območju izjemne kulturne krajine, tako pri izdelavi presoje vplivov na okolje kot pri gozdnogospodarskem načrtovanju.

Literatura in viri:

Alič, L. (2016). Primerjalna analiza podatkov franciscejskega in aktualnega katastra v k. o. Črešnjice. Diplomski naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. <http://drugg.fgg.uni-lj.si/5941/>, pridobljeno 19. 11. 2017.

Bao, S., Xiao, N., Lai, Z., Zhang, H., Kim, C. (2015). Optimizing Watchtower Locations for Forest Fire Monitoring Using Location Models, *Fire Safety Journal*, 71, 100–109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2014.11.016>

Bell, S. (2012). *Landscape, Pattern Perception and Process*. 2nd edition. London: Routledge.

Bric, V., Berk, S., Oven, K., Triglav Čekada, M. (2015). Aerofotografiranje in aerolasersko skeniranje Slovenije. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije.

Buser, N. (2016). Daljnovidne preseke v gozdnem prostoru. Magistrsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/gozdarstvo/mdb_buser_natasa.pdf, pridobljeno 22. 10. 2017.

Davidson, D. A., Watson, A. I., Selman, P. H. (1993). An evaluation of GIS as an aid to the planning of proposed developments in rural areas. V: P. M. Mather (ur.), *Geographical Information Handling: Research and Applications* (str. 251–259). London: Wiley.

De Florian, L., Magillo, P. (2003). Algorithms for visibility computation on terrains: a survey, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30, 709–728. DOI: <https://doi.org/10.1068/b12979>

Drobne, S., Podobnikar, T., Marini, S. (1997). Prostorske analize v geografskih informacijskih sistemih. *Geodetski vestnik*, 41 (4), 291–301.

Forest management: cultural heritage. (2017). <https://www.ontario.ca/document/forest-management-cultural-heritage>, pridobljeno 22. 10. 2017.

Forestry and Our Cultural Heritage. (2005). *Proceedings of the Seminar, Sunne, Švedska*.

Forman, R. T. T. (1995). *Land Mosaics – The Ecology of Landscape and Regions*. Cambridge: Cambridge University Press.

Golob, N. (2006). Srednjeveški rokopi iz Žičke kartuzije. *Knjižnica Narodne galerije. Predstavitve*, 19–21.

Grassi, S., Friedli, R., Grangier, M., Raubal, M. (2014). A GIS-Based Process for Calculating Visibility Impacy from Bulidings During Transmission Line Routing. *Connecting a Digital Europe Location and Place Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, 383–402. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-03611-3_22

Hladnik, D., Žižek Kulovec, L. (2012). Ocenjevanje gozdnosti v zasnovi gozдне inventure na Slovenskem. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 97, 31–42.

Immitzer, M., Vuolo, F., Atzberger, C. (2016). First Experience with Sentinel-2 Data for Crop and Tree Species Classifications in Central Europe. *Remote Sensing*, 8 (12), 166. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs8030166>

Jakl, F., Marušič, J. (1998). Načrtovanje in krajinsko oblikovanje koridorjev daljnovidov in cevnih vodov: priročnik. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Urad Republike Slovenije za prostorsko planiranje.

Jamšek, S., Marinišek, M., Kregar, A., Bokal, D. (2011). Problematika umeščanja daljnovidov v prostor – primer Irske in Slovenije. V: 10. konferenca slovenskih elektroenergetikov – CIGRE: zbornik prispevkov. Ljubljana.

Jansen, P., Van Benthem, M., de Groot, C., Boosten, M. (2012). *Cultural Heritage in Sustainable Forest Management. The Dutch Perspective*. Stichting Probos, The Netherlands, 88 str.

Kantner, J., Hobgood, R. (2016). A GIS-based viewshed analysis of Chacoan tower kivas in the US Southwest: were they for seeing or to be seen? *Antiquity*, 90 (353), 1302–1317. <https://doi.org/10.15184/aqy.2016.144>

Kaučič, B., Žalik, B. (2001). Izbira primerne metode računanja vidnosti na digitalnem modelu reliefa. *Geodetski vestnik*, 45 (3), 334–340.

Kreus, M. (1994). Pogled s Slavnika na Koprsko primorje. *Annales. Series historia naturalis*, 4 (4), 7–14.

Lee, J. (1991). Analyses of visibility sites on topographic surfaces. *International Journal of Geographical Information Systems*, 5 (4), 413–429. <https://doi.org/10.1080/02693799108927866>

Majkič, M. (2011). Umeščanje daljnovidov v prostor. Magistrsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

McGarigal, K. (2017). *Landscape Pattern Analysis*. http://www.umass.edu/landeco/teaching/landscape_ecology/schedule/chapter8_pattern.pdf, pridobljeno 20. 4. 2017.

Mišič, T., Vizovišek Motaln, M. (2006). Analiza vidnosti kot strokovna podlaga pri izdelavi študije ranljivosti na primeru variant daljnovidna črpalne hidroelektrarne Kozjak. V: Mišičev vodarski dan 2006, Aktualni projekti s področja upravljanja z vodami in urejanje voda: zbornik prispevkov (str. 81–87). Maribor.

Mišič, T. (2010). Analiza vidnosti širšega območja ČHE Kozjak ter vizualizacija izbrane vedute – dopolnitev študije za optimizirano traso DV ČHE Kozjak–RTP Maribor. Študija. Maribor: Vodnogospodarski biro Maribor d. o. o.

O’Neill, R. V., Krummel, J. R., Gardner, R. H., Sugihara, G., Jackson, B., DeAngelis, D. L., Milne, B. T., Turner, M. G., Zygmunt, B., Christensen, S. W., Dale, V. H., Graham, R. L. (1988). Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 3, 153–162. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00162741>

O’Sullivan, D., Turner, A. (2001). Visibility graphs and landscape visibility analysis. *International Journal of Geographical Information Systems*, 15 (3), 221–237. DOI: <https://doi.org/10.1080/13658810151072859>

Oštir, K., Stancič, Z., Podobnikar, T., Vehovar, Z. (2000). Pridobivanje in uporaba prostorskih podatkov visoke ločljivosti pri načrtovanju omrežja mobilne telefonije. V: D. Hladnik, M. Kreus, D. Perko, T. Podobnikar, Z. Stancič (ur.), *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1999–2000* (str. 143–152). Ljubljana.

Peskar, R., Golež, M. (2010). Žička kartuzija. DEDI – digitalna enciklopedija naravne in kulturne dediščine na Slovenskem, <http://www.dedi.si/dediscina/254-zicka-kartuzija>, pridobljeno 17. 11. 2016.

Peterlin, S. (1988). Naravna in kulturna dediščina v gozdu. V: B. Anko (ur.), *Varstvo naravne dediščine v gozdu in gozdarstvu* (str. 18–24). Ljubljana: Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo.

Podobnikar, T., Vrečko, A. (2012). Digital elevation model from the best results of different filtering of a LiDAR point cloud. *Transactions in GIS*, 16 (5), 603–617. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2012.01335>

- Riitters, K. H., O'Neil, R. V., Hunsaker, C. T., Wickham, J. D., Yankee, D. H., Timmins, S. P., Jones, K. B., Jackson, B. L. (1995). A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. *Landscape Ecology*, 10 (1), 23–39. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00158551>
- Sangeetha, M. (2014). Estimating cellphone signal intensity and identifying radiation hotspot area for Tirunelveli taluk using RS and GIS. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3 (2), 412–418. DOI: <https://doi.org/10.15623/IJRET.2014.0302073>
- Stancič, Z., Veljanovski, T. (1998). Arheološki napovedovalni modeli in GIS. V: M. Krevs (ur.), *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1997–1998* (str. 175–193). Ljubljana.
- Triglav Čekada, M., Crosilla, F., Kosmatin Fras, M. (2010). Theoretical lidar point density for topographic mapping in the largest scales. *Geodetski vestnik*, 54 (3), 403–416. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2010.03.403-416>
- Triglav Čekada, M., Lavrič, M., Kosmatin Fras, M. (2017). Ločevanje iglavcev in listavcev na podlagi neobdelane intenzitete laserskih točk. *Geodetski vestnik*, 61 (1), 23–34. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2017.01.23-34>
- Turner, M. G. (1990). Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology*, 4 (1), 21–30. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02573948>
- Zadnikar, M. (1972). *Srednjeveška arhitektura kartuzijanov in slovenske kartuzije*. Ljubljana: SAZU in DZS.
- Zakon o ratifikaciji Evropske konvencije o krajini. Uradni list RS, št. 19/2003.
- Zakon o varstvu kulturne dediščine. ZVKD-1. Uradni list RS, št. 16/2008.
- Zakšek, K. (2006). Analiza vidnosti s prostorskim kotom odprtega neba. *Geografski vestnik*, 78 (2), 97–109.
- Zavadlav, N., Oštir, K. (2004). Percepcija slovenske planinske transverzale. *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2003–2004* (str. 285–294). Ljubljana.



Pirnat J., Kopal M. (2018). Vidnost gozdov v okolici Žičke kartuzije kot merilo njihove dediščinske in estetske vloge. *Geodetski vestnik*, 62 (1), 28–38. DOI: [10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.28-38](https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.28-38)

Izr. prof. dr. Janez Pirnat, univ. dipl. inž. gozd.

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo
in obnovljive gozdne vire
Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: janez.pirnat@bf.uni-lj.si

Doc. dr. Milan Kopal, univ. dipl. inž. gozd.

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in
obnovljive gozdne vire
Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: milan.kopal@bf.uni-lj.si

UPORABA PROSTORSKIH PODATKOV ZA UPRAVLJANJE FITOFARMACEVTSKIH SREDSTEV NA RAVNI POVODJA

SPATIAL DATA APPLICATION FOR PESTICIDE MANAGEMENT AT THE CATCHMENT SCALE

Marjetka Suhadolc

UDK: 504.4:631.4:632.95
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 24. 11. 2017
Sprejeto: 25. 2. 2018

DOI:10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.39-50
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 24. 11. 2017
Accepted: 25. 2. 2018

IZVLEČEK

Uporaba fitofarmacevtskih sredstev (FFS) in njihovi potencialno negativni učinki na okolje so dandanes zelo odmevni. Vseeno pa si ne moremo predstavljati zadostne pridelave kmetijskih rastlin povsem brez njih, zato je treba več pozornosti nameniti obvladovanju njihove rabe z upoštevanjem prostorskih okoljskih podatkov. V prispevku smo prikazali uporabo orodja FOOT-CRS (Footprint-Catchment Scale), ki je bilo razvito v evropskem projektu z naslovom *Functional tools for pesticide risk assessment and management na modelni lokaciji na Apaškem polju*. Rezultati nazorno kažejo, da lahko potencialne negativne vplive izbranih FFS predvidimo vnaprej, na podlagi česar lahko izbor in uporabo FFS pravočasno ustrezno prilagodimo okoljskim in prostorskim specifikam posameznega vodozbirnega območja, porečja oziroma povodja. Ocene tveganja izpiranja FFS so močno odvisne od kakovostnih prostorskih vhodnih podatkov. Pedološka karta v merilu 1 : 25.000 ne zajame variabilnosti talnih lastnosti dovolj natančno, zato je nujno dopolnjevanje pedoloških podatkov v večjem merilu, s končnim ciljem poznavanja talnih lastnosti na ravni parcele.

KLJUČNE BESEDE

onesnažila, izpiranje, tla, podnebje, vodni viri, karte ranljivosti, Apaško polje

ABSTRACT

The use of pesticides and their potentially negative effects on the environment are currently widely debated. However, it is difficult to imagine sufficient food production completely without their use; therefore, more attention has to be given to managing their use by considering site-specific spatial environmental data. In this study, the use of the FOOT-CRS (Footprint-Catchment Scale) tool, which was developed in the European project: *“Functional tools for pesticide risk assessment and management”*, is presented on a model location in the Apače Valley, Slovenia.

The results clearly showed that the potential negative impacts of selected pesticides can be foreseen in advance; therefore, the pesticide usage can be adjusted accordingly to environmental and spatial characteristics of a given catchment. Pesticide leaching risk assessment on the catchment scale strongly depends on input spatial data quality. A soil map in the scale of 1:25,000 does not sufficiently cover the variability of soil properties; therefore, pedological data should be supplemented on a larger scale, with the final aim of knowing basic soil properties on the field level.

KEY WORDS

pollutants, leaching, soil, climate, water resources, vulnerability maps, Apače Valley

1 UVOD

Tla močno vplivajo na hidrološke procese in prenose onesnažil, vključno s fitofarmaceutskimi sredstvi (FFS). Fizikalne lastnosti tal določajo zadrževanje in prenos vode skozi talni profil, v kombinaciji s kemijskimi in biološkimi parametri tal zagotavljajo tudi adsorpcijo in razgradnjo FFS. Vpliv lastnosti tal na usodo in prenos FFS v vodne vire je v splošnem dobro znan, vendar je navadno podrobno preučevan v majhnem merilu (od vzorca nekaj gramov tal do večjih kolonskih in lizimetrovskih poskusov). Vpliv lastnosti tal na prenos FFS v vodne vire je lahko viden tudi v integriranem odzivu celotnega povodja oziroma prispevnega območja. Čeprav so ti učinki prepoznani, ostajajo v prostoru (kmetija/porečje/povodje/regija) večinoma neovrednoteni zaradi kompleksnosti ter spremenljivosti talnega in hidro-geološkega sistema, pa tudi pomanjkanja podatkov za parametriziranje modelov, zaradi česar se ne upoštevajo pri načrtovanju kmetijskih praks in upravljanju zemljišč.

Uporaba FFS v kmetijstvu zagotovo vključuje tudi okoljska tveganja, kot je onesnaženje površinskih in podzemnih voda. Spremljanja (s tujko tudi monitoringi) kakovosti površinskih in podzemnih voda dejansko kažejo na prisotnost FFS, včasih so največje dovoljene vsebnosti za posamezne pesticide v pitni vodi ($0,1 \mu\text{g L}^{-1}$) tudi presežene (WFD, 2006). Ker so zadrževalni časi onesnažil v podzemnih vodah praviloma dolgi, so posledice onesnaženja dolgotrajne. Potencialno onesnaženje podzemnih voda je toliko bolj zaskrbljujoče, ker so le te glavni vir pitne vode v svetu in pri nas. Prav zaradi preseženih vsebnosti v podzemnih vodah je bila v EU prepovedana uporaba atrazina. Rezultati spremljanja kakovosti podzemnih voda v EU kažejo tudi na prisotnost nekaterih aktivnih snovi FFS, ki po osnovnih lastnostih ne bi smele biti okoljsko problematične, na primer herbicidov izoproturona in glifosata, kar kaže na omejenost registracijskih postopkov in potrebo po upravljanju FFS na ravni povodij (WFD, 2000/2006; SUD, 2009). Ocena tveganja FFS v registracijskih postopkih je namreč enodimenzionalna, njen rezultat je točkovna ocena okoljske koncentracije (PEC – *predicted environmental concentration*) na dnu talnega profila, z njim pa ni mogoče vrednotiti rabe FFS in odziva na ravni sklenjenih vodozbirnih prostorskih območij. Poleg tega je v registracijskih postopkih v uporabi devet okoljskih scenarijev (angl. *the worst case*) (Focus, 2000; EEC, 1991), dejanska variabilnost kmetijsko-okoljskih situacij pa je mnogo večja, na ravni EU je bilo na primer prepoznanih 7691 unikatnih kombinacij (poligonov na karti 1: 1.000.000) podnebja (16 pasov), tal (322 talnih tipov) in kmetijskih praks (razredov rabe kmetijskih zemljišč), pomembnih z vidika prenosov FFS v vodne vire (Centofanti et al., 2008). Ob upoštevanju različne zastopanosti talnih tipov in kulturnih rastlin v poligonih se število unikatnih kombinacij poveča na 25.044. Pomembno je poudariti, da usoda FFS v okolju ni odvisna le od lastnosti aktivne snovi in kmetijske prakse, temveč jo bistveno določajo tudi naravne danosti prostora (podnebje, tla, hidro-geološke značilnosti).

Namen prispevka je ugotoviti razpoložljivost in kakovost prostorskih podatkov v Republiki Sloveniji (RS) za namene modeliranja usode FFS v okolju ter na modelni lokaciji Apaškega polja z uporabo prostorsko opredeljenih podatkov in metodologije FOOTPRINT (Dubus et al., 2009) oceniti količino prenosa izbranih FFS v podzemne vode in izdelati kartografske prikaze ranljivosti tal. Predvidevali smo, da je potencial izpiranja FFS različen glede na tip tal, vrsto FFS in uporabljen količino pripravka.

2 METODE DELA

2.1 Vhodni podatki za izdelavo specifičnih scenarijev

Večino rastrskih in vektorskih prostorskih podatkov smo pridobili iz nacionalnih virov v okviru državne prostorske podatkovne infrastrukture (preglednica 1). To so predvsem podatki Geodetske uprave RS in Agen-

cije RS za okolje (ARSO), ki smo jih uporabili neposredno v analitičnem delu in pri predstavitvi rezultatov v obliki tematskih kart. Za izdelavo kmetijsko-okoljskih situacij smo na nacionalni ravni za pokrovnost tal uporabili klasifikacijo Corine Land Cover in v okviru kmetijske rabe upoštevali deleže posameznih kultur po podatkih Statističnega urada RS ter za talne lastnosti uporabili PK v merilu 1 : 25.000. Za namen študije smo za modelno lokacijo na Apaškem polju izdelali pedološko karto večjega merila 1 : 5000 ter na agenciji ARSO pridobili dolgoletne dnevne podnebne podatke najbližje meteorološke postaje Murska Sobota (1984–2009).

Preglednica 1: Vhodni podatki, uporabljeni za izdelavo kmetijsko-okoljskih situacij ter pri izdelavi ocen izpiranja FFS.

Vir	Vrsta podatkovnega sloja	Prostorska ločljivost	Merilo	Uporabljene kategorije
Geodetska uprava RS	Topografska karta	25 m	1 : 25.000	delo na terenu (PK 5.000)
Geodetska uprava RS	Ortofoto DOF050	0,5 m		raba tal, relief
Agencija RS za okolje	Pokrovnost tal v RS, 2006 (Corine Land Cover)	5 m	1 : 5000	raba tal
Agencija RS za okolje	Vodna telesa podzemne vode	–	1 : 250.000	območje vodnih teles
Agencija RS za okolje	Vodna telesa površinske vode: linije, območje, prispevno območje	–	1 : 25.000	mreža površinskih voda in poligoni prispevnega območja
Agencija RS za okolje	Dolgoletni meteorološki podatki 1984–2009	Murska Sobota	–	T_{min} , T_{max} , T_{povp} , evapotranspiracija, padavine
Footprint, EU-FP7	Meteorološki podatki (16 pasov)	50 km	1 : 1.000.000	T_{min} , T_{max} , T_{povp} , evapotranspiracija, padavine
Agencija RS za okolje	Pedološka karta RS	25 m	1 : 25.000	PKE, PSE in zastopanost PSE v PKE
Center za pedologijo in varstvo okolja UL-BF	Pedološka karta Apaškega polja	5 m	1 : 5000	PKE, PSE in zastopanost PSE v PKE
Statistični urad RS	Kmetijska gospodarstva po rabi vseh in kmetijskih zemljišč v uporabi v letu 2010	podatki po občinah	–	raba tal (ha) in kulture (% obdelovalnih zemljišč)

2.1.1 Pedološki podatki

Zaradi heterogenosti območja Apaškega polja po pedoloških lastnostih, podnebno je območje enovito, smo posebno pozornost namenili razlikam v talnih lastnostih. Na podlagi pedološke karte RS (1 : 25.000) in obstoječih štirih pedoloških profilov s pripadajočimi analitskimi podatki na območju Apaškega polja smo smiselno izvedli dodatna sondiranja terena, dodatne izkope ter analize tal, ki jih zahteva modeliranje FFS. Preverili smo meje pedokartografskih enot (PKE) in izdelali pedološko karto v merilu 1 : 5000. Z orodjem za izbor tal smo glavne talne tipe razvrstili v skupine (FST – *Footprintovi talni tipi*) glede na njihov potencial prenosa v podzemne in površinske vode (Hollis et al., 2008; Dubus et al., 2009). Glavne komponente razvrščanja po metodologiji FOOTPRINT so hidro-geološke (Schneider et al., 2007), teksturne in sorptivne (razporeditev organske snovi in gline v profilu) značilnosti tal (Centofanti et al., 2008). Skupina Footprint je na podlagi podatkovne baze EU o tleh (SGDBE – *Soil geographic database of Europe*) oblikovala diagram enostavnih vprašanj, ki vodijo k odgovoru, ali imajo tla potencial za hiter prenos vode s površja zemljišč v mrežo površinskih voda z različnimi hitrimi ali srednje hitrimi odzivnimi

mehanizmi na padavine. Če ga nimajo, FFS ostajajo v tleh, kjer je od potenciala sorpcije odvisno, ali je FFS vezan na talne delce ali ostaja v talni raztopini, kjer je podvržen izpiranju skozi talni profil ter hkrati dosegljiv procesom razgradnje. Podatki, ki so potrebni za razvrščanje po tem sistemu: matična podlaga s hidrološko skupino, tekstura, razporeditveni vzorec organske snovi v talnem profilu ter morebitni znaki oglejevanja. Za vsakim tipom FST so podatki reprezentativnega profila, ki so namenjeni modeliranju (Centofanti et al., 2008). Zahteve po vhodnih podatkih o tleh so sicer pri samostojnem modeliranju s programom MACRO bistveno večje (Larsbo in Jarvis, 2003).

2.1.2 Izbrane aktivne snovi FFS

Za namen tega prispevka smo se osredotočili na herbicide v koruzi, saj so se že pojavljali v podzemni vodi tega območja. Ocene izpiranja smo izdelali za izbrana triazinska herbicidna pripravka Primextra gold 720 SC (atrazin, S-metolaklor) in Primextra 500 tekoči (atrazin, metolaklor), ki sta se uporabljala v preteklosti, ter pripravek Lumax (terbutilazin, S-metolaklor, mesotrion), ki večinoma nadomešča atrazin po njegovi prepovedi. Pri modeliranju smo simulirali največji dovoljeni odmerek izbranih pripravkov (4 L/ha) v koruzi za zrnje, in sicer enkratni nanos letno (1. maja) za dvajset zaporednih let. Odmerki aktivnih snovi v pripravkih so tako znašali: 1,28 oziroma 0,8 kg atrazina/ha ter 0,5 kg terbutilazina/ha. Na spletni strani Univerze v Hertfordshiru (PPDB, 2011) smo pridobili ustrezne informacije, vezane na usodo FFS v okolju: koeficient sorpcije na organsko snov tal (Koc) in razpolovno dobo (DT50) preučevanih aktivnih snovi. Za predstavljene simulacije v tej študiji smo predvideli 40-odstotno zastopanost koruze na obdelovalnih površinah.

2.2 Računalniško orodje FOOT-CRS

Računalniško orodje FOOT-CRS je bilo razvito v okviru projekta EU FOOTPRINT (angl. *Functional tools for pesticide risk assessment and management*, FP6, SSPI-CT-2005-022704). Za ocenjevanje izpiranja FFS v podtalnico FOOT-CRS uporablja model MACRO 5.2 (Larsbo in Jarvis, 2003; Jarvis, 2007). Pomembna inovativnost pristopa FOOTPRINT je upoštevanje širokega spektra kmetijsko-okoljskih scenarijev v prostoru in izračunavanje oziroma modeliranje napovedi rezultatov (Dubus et al., 2009). FOOT-CRS tako združuje funkcionalnosti geografskih informacijskih sistemov (GIS) iz izbranimi prostorsko opredeljenimi podatki oziroma informacijami, ki so pomembne za usodo FFS v prostoru ter modele za ocenjevanje (napovedovanje) izpiranja in površinskega odtoka FFS. Prostorske pedološke podatke smo skupaj s povprečnimi ocenami izpiranja herbicidov po posameznih pedokartografskih enotah uporabili za izdelavo kart ranljivosti tal za izbrane aktivne snovi z računalniškim orodjem ArcGIS 9.2.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

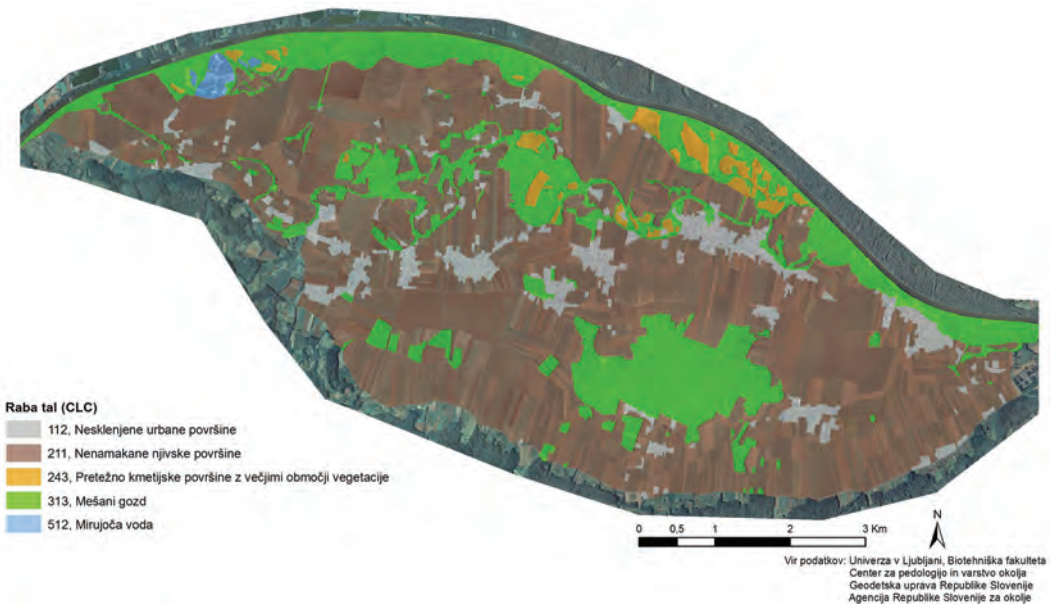
3.1 Območje obdelave

Apaško polje je ena od slovenskih pomurskih dolin, na severu je omejeno z današnjim reguliranim koritom Mure, ki predstavlja hidrodinamsko mejo, na jugu pa se dotika obrobja Slovenskih goric, kjer poteka tudi razvodnica. Apaško polje je tako vodonosni sistem z enotnim aluvialnim vodonosnikom v vrhnjih plasteh, ki se napaja z infiltracijo padavin na tem območju in manj z infiltracijo Mure v zgornjem delu polja, ob čemer se podzemna voda giba od Apaškega polja v smeri Murske kotline. Apaško polje je zato idealna modelna lokacija za preučevanje izpiranja onesnažil. Ranljivost telesa podzemne vode je izredno velika zaradi zelo

dobre prepustnosti nenasičenega in nasičenega dela vodonosnika, odsotnosti pomembnih krovnih plasti, nizke infiltracije (155–280 mm/leto), tankosti nenasičene cone (4–6 m) in omočene debeline vodonosnika (od 1 do 2 metrov, največ do nekaj metrov) (Prestor, Geološki zavod, osebna komunikacija). Celotno vodno telo Apaškega polja, ki obsega približno 35 km², je uvrščeno v vodovarstveno območje (Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Apaškega polja, Uradni list RS, št. 59/2007).

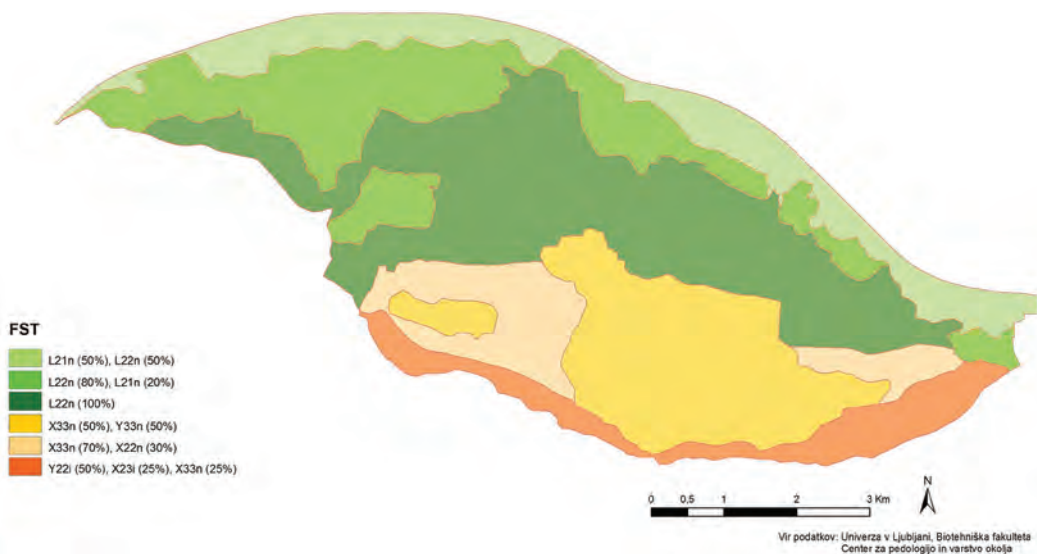
3.1.1 Raba tal, vrste tal in poti prenosa FFS

Na območju Apaškega polja, ki se razteza na 54,73 km², prevladujejo kmetijska zemljišča (3653 ha) (slika 1). Največji delež predstavljajo žita (80 %) – pšenica, koruza in ječmen, sledijo oljna repica (14 %) ter krompir in sladkorna pesa (5 %) (KGZS – Zavod Murska Sobota, osebna komunikacija).



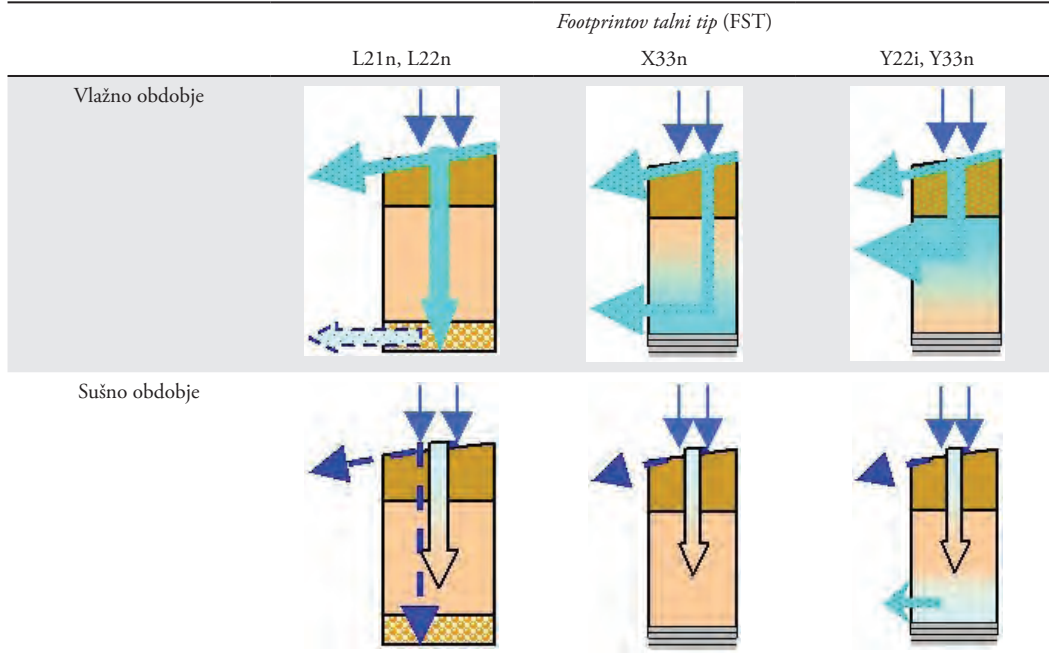
Slika 1: Študijsko območje za izdelavo ocene tveganja rabe FFS na Apaškem polju z orodjem FOOT-CRS (primer scenarija: raba tal (Corine Land Cover, 2006) za enovito podnebni pas in enovito kulturo na vseh obdelovalnih površinah).

Tla na polju so zelo primerna za kmetijsko pridelavo. Najrodovitnejša so obrečna tla (65 %), sledita psevdoglej (7,5 %) in hipoglej (27,5 %). Talne profile smo razvrstili tudi glede na njihove lastnosti, pomembne za razgradnjo, adsorpcijo ter prenos FFS v površinske in podzemne vodne, in izdelali pedološko karto po Footprintovi klasifikaciji (slika 2). Na pospešeno razgradnjo FFS v tleh sicer lahko vplivamo z dobro kmetijsko prakso in skrbjo za zadostno vsebnost organske snovi v tleh. Poti prenosa FFS v tleh in naprej v vodne vire pa odločilno opredeljujejo vodno-zadrževalne in hidrološke lastnosti. Na preučevanih obrečnih tleh Apaškega polja je glavna pot prenosa FFS z gibanjem vode skozi talni profil, dolgotrajne padavine lahko povzročijo tudi izpiranje v podtalnico, medtem ko je za preučevana hipoglej in psevdoglej značilno lateralno pronicanje vode in v nasičenih razmerah tudi površinski odtok v potoke in drenažne jarke (preglednica 2).



Slika 2: Pedološka karta Apaškega polja v merilu 1 : 5.000, prirejena po Footprintovi klasifikaciji tal.

Preglednica 2: Glavne poti prenosa vode v izbranih talnih profilih, reprezentativnih za posamezne tipe tal na Apaškem polju: obrečna tla (L21n, L22n), hipoglej (X33n) in psevdoglej (Y22i, Y33n), po Footprintovi klasifikaciji (Dubus et al., 2009)



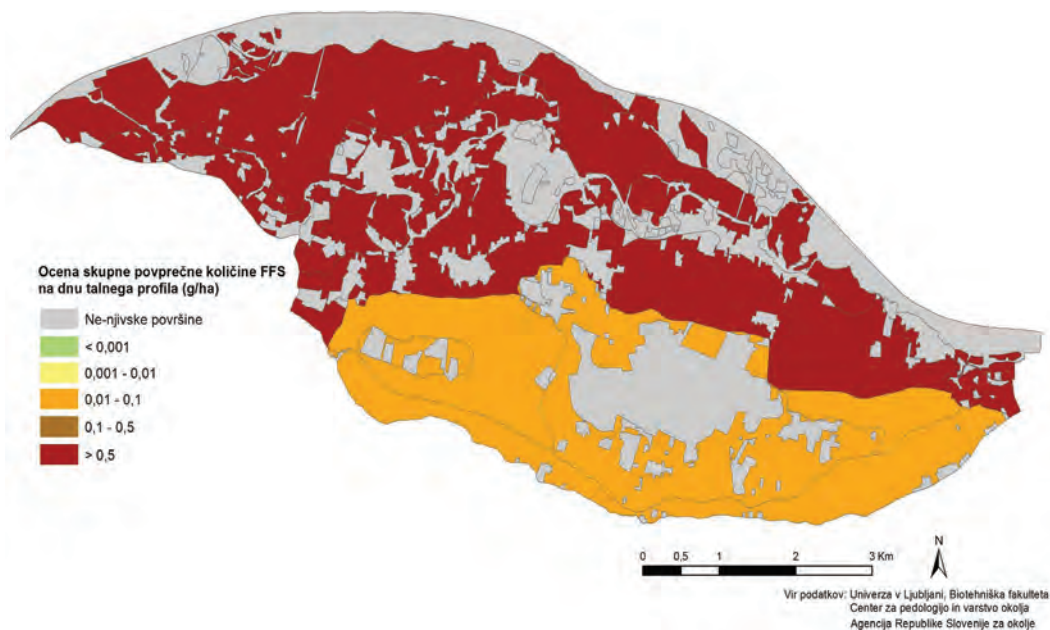
3.2 Ocena tveganja izpiranja izbranih FFS na območju Apaškega polja

Ocene oziroma napovedi povprečne skupne izprane količine FFS letno na dnu talnih profilov se med

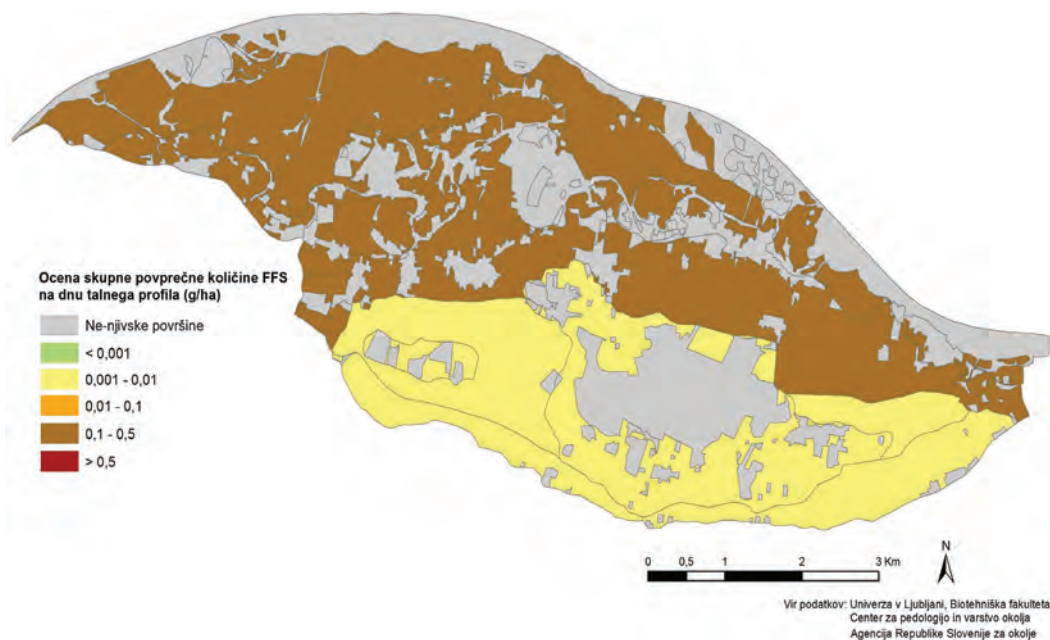
talnimi tipi (in posledično pedokartografskimi enotami (PKE) oziroma poligoni) Apaškega polja zelo razlikujejo (slike 3, 4, 5). Če medsebojno primerjamo PKE, je bilo največje tveganje prenosa FFS v podzemno vodo ugotovljeno na PKE z največjim deležem teksturno lahkih, plitvih obrečnih tal (L21n), sledijo srednje globoka do globoka obrečna tla (L22n). Tveganje izpiranja FFS je precej manjše na hipogleju in psevdogleju (X33n, X22n, X23i, Y22i, Y33n). Treba je opozoriti, da je v teh tleh mogoč tudi lateralni prenos in površinski odtok FFS na sosednje površine ob intenzivnih padavinah in/ali na nagnjenem terenu (> 3 %), ki ga na Apaškem polju najdemo ob vznožju Slovenskih goric, vendar ga v tej študiji nismo upoštevali v izračunih. Ta tveganja sicer lahko učinkovito zmanjšamo z omilitvenimi ukrepi, kot so travnati zaščitni pasovi in mejice.

Ocene povprečnih koncentracij FFS na dnu talnih profilov se močno razlikujejo med izbranimi FFS in njihovimi odmerki. Največje tveganje izpiranja smo ugotovili za aktivno snov atrazin, pričakovano je tveganje izpiranja večje v pripravku z večjim odmerkom (sliki 3 in 4). Ocenjen delež atrazina na dnu talnega poligona (izračun do globine talnega profila oziroma do globine enega metra) je od 0,006 do 0,06 % uporabljene količine, kar je v rangu velikosti izpiranja atrazina v lizimetriških študijah (Kruger et al., 1993; Scheunert et al., 1994). Orodje FOOT-CRS vključuje model MACRO, ki zadovoljivo upošteva kompleksnost in medsebojno prepletenost procesov v tleh, da se ocene izpranega FFS približajo realnim vrednostim v različnih povodjih (Marín-Benito, 2014), če imamo kakovostne, lokacijsko specifične vhodne podatke. Tveganje prenosa FFS v podzemne vode je značilno manjše za pripravek Lumax; med aktivnimi snovmi v Lumaxu so ocenjene koncentracije največje za terbutilazin (slika 5), za S-metolaklor in mesotrion pa je tveganje neznatno (podatki niso prikazani). Za primerjavo: z uporabo pripravka Stomp 400 z aktivno snovjo pendimetalin je tveganje izpiranja najmanjše (povprečna letna količina na dnu talnega profila je pod $3 \cdot 10^{-13}$ g/ha).

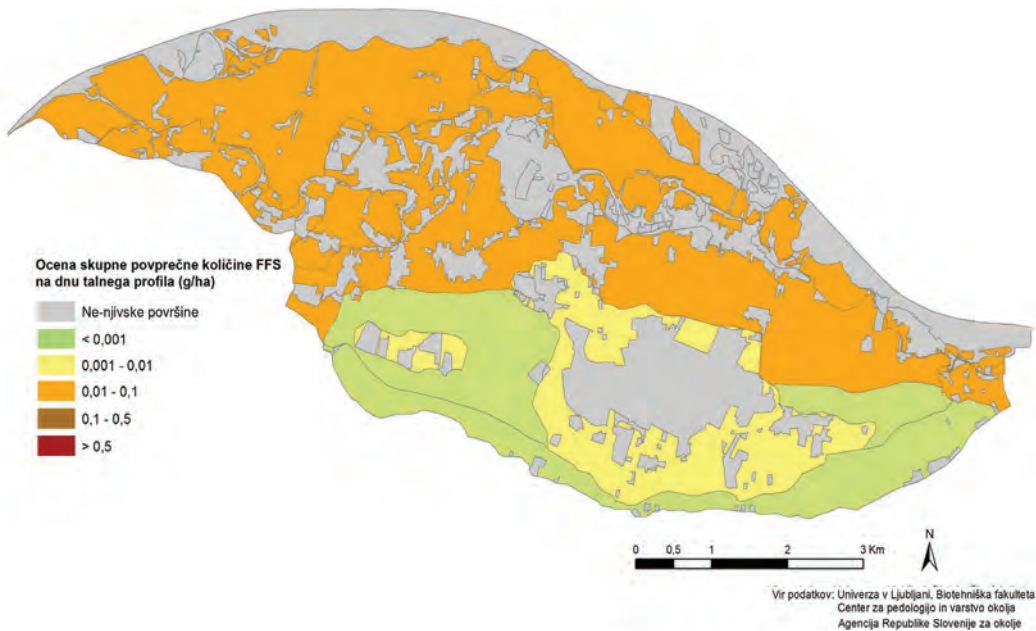
Pričakovano smo največje tveganje izpiranja ugotovili pri atrazinu (sliki 3, 4). Zaradi povečanih vsebnosti v podzemnih vodah je bil atrazin v RS povsem umaknjen iz prometa v letu 2003, vendar se njegovi ostanki še danes, dvanajst let po prenehanju uporabe, pojavljajo v vzorcih voda (Pintarič in Suhadolc, 2017). Rezultati monitoringov kakovosti podzemnih voda v RS tudi kažejo, da se vsebnosti atrazina in njegovih razgradnih produktov značilno razlikujejo med vodnimi telesi. Največje povprečne letne vsebnosti so bile izmerjene na območju Dravske kotline, sledi Murska kotlina. Prisotnost atrazina v podzemnih vodah je posledica tako neugodnih fizikalno-kemijskih lastnosti atrazina (DT50, Kd, GUS) kot tudi široke in količinsko pretirane uporabe, neprilagojene lastnostim okolja. Terbutilazin, ki nadomešča atrazin, ima precej podobne fizikalno-kemijske lastnosti (PPDB, 2017). Zaradi nekoliko večje adsorpcije na talne delce in manjše vsebnosti aktivne snovi v pripravku je ocena izpiranja manjša kot pri atrazinu (sliki 4 in 5). Ali bo terbutilazin postal pomembno onesnažilo slovenskih podzemnih voda v prihodnje, je tako odvisno predvsem od vnosov (odmerki, tretirane površine) ter občutljivosti območij, kjer se uporablja. Zagotovo pa je bila uporaba atrazina v preteklosti mnogo širša, kot je danes uporaba terbutilazina – zaradi večjega deleža koruze na obdelovalnih zemljiščih in večjih dovoljenih odmerkov atrazina v pripravkih. Poleg tega je danes v kmetijski praksi več omilitvenih ukrepov za preprečevanje točkovnega onesnaženja, ki je v preteklosti domnevno močno prispevalo k onesnaženju vodnih virov.



Slika 3: Ranljivost tal za izpiranje atrazina v pripravku Primextra 720 Gold (1,28 kg a.s./ha), ocenjena z modelom FOOT-CRS (en nanos letno, dvajset zaporednih let, uporabljen na 40 % obdelovalnih površin). Prikazana je skupna povprečna letna količina na dnu profila po poligonih (g atrazina/ha).



Slika 4: Ranljivost tal za izpiranje atrazina v pripravku Primextra (0,8 kg a.s./ha), ocenjena z modelom FOOT-CRS (en nanos letno, dvajset zaporednih let, uporabljen na 40 % obdelovalnih površin). Prikazana je skupna povprečna letna količina na dnu profila po poligonih (g atrazina/ha).



Slika 5: Ranljivost tal za izpiranje terbutilazina v pripravku Lumax (0,5 kg a.s./ha), ocenjena z modelom FOOT-CRS (en nanos letno, dvajset zaporednih let, uporabljen na 40 % obdelovalnih površin). Prikazana je skupna povprečna letna količina na dnu profila po poligonih (g terbutilazina/ha).

3.3 Upravljanje FFS v okolju z upoštevanjem okoljskih danosti

Direktiva ES o trajnostni rabi pesticidov od držav članic zahteva (SUD, 2009), da razvijejo orodja, ki temeljijo na zelo natančnem poznavanju lokalnih okoljskih razmer in izboljšav scenarijev vpliva FFS na okolje, da bi ugotovili *ranljive razmere* ali *območja tveganja* in omogočili usmerjeno uporabo FFS ter s tem zmanjšali okoljska tveganja. V okviru projekta Footprint smo z orodjem FOOT-CRS v Sloveniji samo na obdelovalnih zemljiščih za izbrano kulturo (koruzo) prepoznali 156 unikatnih kombinacij tal (PK v merilu 1 : 25.000) in podnebja (trije Footprintovi podnebni pasovi). Glede na razlike v podnebnih lastnostih, ki bistveno vplivajo na izpiranje FFS (količina padavin, temperatura, evapotranspiracija) (Nolan et al., 2008), bi morali slovenski prostor razdeliti celo v več podnebnih pasov, kar kažejo tudi preliminarna modeliranja usode FFS (rezultati niso prikazani).

Na podlagi rezultatov naše študije lahko ugotovimo, da zaradi razlik v talnih lastnostih (PKE in PSE) nastajajo velike razlike v izpiranju FFS že na majhnem območju, kot je na primer Apaško polje z enotnim podnebjem. Vpliv talnih lastnosti je bistven za vse procese v usodi FFS. V laboratorijskih poskusih je bilo na primer ugotovljeno, da je razpon v mineralizaciji (popolni razgradnji) herbicida glifosat v enem mesecu od 7 do 70 % uporabljene količine v različnih tleh Apaškega polja (Nguyen et al., 2018), kar vodi do ugotovitve, da je treba uporabo FFS prilagajati talnim lastnostim že na ravni polja (PSE) oziroma kmetije, kar omogoča orodje FOOT-FS (Dubus et al., 2009; Suhadolc in Lobnik, 2010). Za upravljanje širših vodozbirnih območij/porečij/povodij pa so bistvene ocene tveganja prenosov FFS v prostoru, saj lahko tveganja zmanjšujemo z ustrezno rabo tal in kolobarjenjem kultur, ki je lahko prilagojeno tudi uporabi FFS.

FOOT-CRS (Dubus et al., 2009) in tudi novejša orodja za upravljanje FFS v okolju VULPES (Di Guardo in Finizio, 2015); REXPO (Wittmer et al., 2016) omogočajo identifikacijo potencialno ranljivih območij za prenose FFS v vodne vire in s tem omogočajo optimiziranje uporabe FFS po vodozbirnih območjih/porečjih/povodjih. Omogočajo tudi identifikacijo in simulacijo kombinacij (FFS/tla/podnebje/kultura), ki vodijo do precejšnjih prenosov FFS v vodne vire. Poudariti je treba, da je rezultat ocena (napoved) skupne vsebnosti FFS na dnu talnega profila po poligonih, torej gre za izračunan (potencialni) vnos FFS v podzemne vode, ki je močno odvisen od kakovosti vhodnih podatkov. V Sloveniji podatki o tleh pomenijo velik primanjkljaj pri modeliranju usode FFS v okolju. Iz nacionalne baze pedoloških podatkov (Pedološka karta 1 : 25.000, 1999) lahko povzamemo, da je pedoloških profilov na obdelovalnih površinah zelo malo. S primerjavo PK Slovenije v merilu 1: 25.000 s karto, izdelano v merilu 1 : 5.000, smo na območju Apaškega polja ugotovili nujnost dopolnjevanja pedoloških podatkov v večjem merilu, ki zmanjšujejo negotovosti v ocenah tveganja. Poleg tega je za klasično modeliranje usode FFS s samostojnimi enodimenzionalnimi modeli (MACRO, PELMO, PEARL ipd.) v nacionalni bazi podatkov premalo analiz nekaterih talnih lastnosti (na primer volumske gostote tal, % skeleta, sposobnosti tal za zadrževanje vode, hidravlične prevodnosti ipd.), ki pa jih lahko nadomestimo z uporabo Footprintovega sistema razvrščanja tal na podlagi zelo enostavnih talnih parametrov, za katerimi stoji baza dobro opisanih reprezentativnih profilov (Centofanti et al., 2008).

Za dejansko oceno koncentracij FFS v podzemni vodi bi bilo treba upoštevati tudi značilnosti vodonosnika. Zato je toliko pomembnejše sistematično spremljanje FFS v vodnih virih, ki ga izvaja Agencija RS za okolje, saj omogoča preverjanje in izboljševanje kakovosti napovedi. Podatki spremljanja FFS v vodnih virih dajejo informacije o točkah, kjer se je že pojavilo onesnaženje, medtem ko FOOT-CRS podaja ocene okoljskih koncentracij (PEC – *Predicted Environmental Concentration*) za izbrano geografsko območje, torej lahko izračune uporabimo tudi za napovedi pri različnih scenarijih vnosa FFS. S primerjavo obeh vrst podatkov, torej ocenjenih okoljskih koncentracij po območjih skupaj z zanesljivimi (merjenimi) nizi koncentracij v vodah, bi odgovorni lažje odločali o morebitnih omejitvah uporabe FFS, hkrati pa bi tako lahko postopoma izboljševali napovedne modele. Vendarle pa ocenjene koncentracije na dnu talnih profilov (poligonov) kažejo le na *potencial izpiranja* in niso neposredno povezane z vsebnostmi v vodonosniku, saj ni upoštevana razgradnja FFS v nižjih plasteh nezasičene cone, prav tako ne razredčitve v odvisnosti od lastnosti vodnega telesa in podnebnih razmer (sušna/vlažna leta). Karte ranljivosti po vodozbirnih območjih/porečjih/povodjih so lahko podlaga za načrtovanje oziroma spremembo mreže spremljanja kakovosti površinskih in podtalnih voda, če obstajajo jasni dokazi o nepokritem (ranljivem) območju. Rezultati stalnega spremljanja in napovedovanja prehajanja FFS v vodne vire so lahko tudi pomembna strokovna podlaga za načrtovanje kmetijske pridelave in upravljanje zemljišč.

4 SKLEP

Rezultati naše študije dokazujejo, da heterogene lastnosti tal že na majhnem območju prinašajo razlike v prenosih FFS v vode vire. Zaradi zelo raznovrstnih in specifičnih kmetijsko-okoljskih kombinacij slovenskega prostora je nujna podrobnejša identifikacija ranljivih območij ter okolju prilagojena uporaba FFS. Za kakovost ocen tveganja prenosov FFS v vodne vire po sklenjenih povodjih so pomembni kakovostni prostorski vhodni podatki (tla, podnebje, raba tal).

Računalniška orodja za ocenjevanje usode FFS v okolju, kot je na primer FOOT-CRS, so lahko v veliko pomoč odločevalcem pri izvajanju vodne direktive (WFD, 2000; WFD, 2006) in direktive o trajnosti rabi pesticidov (SUD, 2009), saj omogočajo identifikacijo ranljivih območij ter razvrščanje aktivnih snovi, rastlinskih kultur in tal (PKE) glede na tveganje prenosa FFS v vodne vire. Posledično so rezultati študije zanimivi tudi za širše področje upravljanja zemljišč. Prostorska opredelitev podatkov oziroma informacij pri tem prinaša dodano vrednost za različne strokovne podlage pri sprejemanju odločitev o prostoru. Posebej bi izpostavili variabilnost talnih lastnosti, ki jih pedološka karta v merilu 1 : 25.000 ne zajame dovolj natančno, da bi vedno lahko zadovoljila potrebe prostorskega načrtovanja, v takih primerih je treba izvesti kartiranje večjega merila.

Zahvala

Raziskavo je finančno podprla Evropska komisija v okviru projekta FOOTPRINT (SSPI-CT-2005-022704), za strokovno podporo se zahvaljujem dr. Igorju Dubusu, dr. Stefanu Reichenbergerju in Johnu Hollisu. Testiranje orodij FOOT-CRS na Apaškem polju je rezultat nacionalnega CRP-projekta V3-0548. Za sodelovanje se zahvaljujem sodelavcem, posebno Janezu Ruprehtu, Marjanu Šinkovcu in Ireni Tič, ter partnerjem v projektu KGZS Murska Sobota, posebno dr. Stanku Kapunu, Alojzu Topolovcu, Ziti Flisar Novak in Metki Barbarič.

Literatura in viri:

- Centofanti, T., Hollis, J. M., Blenkinsop, S., Fowler, H. J., Truckell, I., Dubus, I. G., Reichenberger, S. (2008). Development of agro-environmental scenarios to support pesticide risk assessment in Europe. *The Science of the Total Environment*, 407 (1), 574–588. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.08.017>
- Di Guardo, A., Finizio, A. (2015). A client-server software for identification of groundwater vulnerability to pesticides at regional level. *Science of the Total Environment*, 530–531, 247–256. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.112>
- Dubus, I. G., Reichenberger, S., Allier, D., Azimonti, G., Bach, M., Barriuso, E., Bidoglio, G., Blenkinsop, S., Boulahya, F., Bouraoui, F., Burton, A., Centofanti, T., Cerdan, O., Coquet, Y., Feisel, B., Fialkiewicz, W., Fowler, H., Galimberti, F., Green, A., Grizzetti, B., Højberg, A., Hollis, J. M., Jarvis, N. J., Kajewski, I., Kjær, J., Krasnicki, S., Lewis, K. A., Lindahl, A., Lobnik, F., Lolos, P., Mardhel, V., Moey, J., Mojon-Lumier, F., Nolan, B. T., Rasmussen, P., Réal, B., Šinkovec, M., Stenemo, F., Suhadolc, M., Surdyk, N., Tziliavakis, J., Vaudour-Dupuis, E., Vavoulidou-Theodorou, E., Windhorst, D., Wurm, M. (2009). FOOTPRINT – Functional tools for pesticide risk assessment and management. Final report of the EU project FOOTPRINT (SSPI-CT-2005-022704), 221 str.
- EEC (1991). Council Directive of 15 July concerning the placing of plant protection products on the market (414/91/EEC). *Official Journal of European Communities*, L230, 32, 1–32.
- FOCUS (2000). FOCUS groundwater scenarios in the EU review of active substances. Report of the FOCUS Groundwater Scenarios Workgroup, EC Document Reference Sanco/321/2000, 202 str.
- Hollis, J., Jarvis, N., Reichenberger, S., Suhadolc, M., Dubus, I. (2008). Categorizing European soils according to the ability to retain or transmit diffuse source pollutants. V: W. E. H. Blum (ur.), M. H. Gerzabek (ur.), M. Vodrazka (ur.), *Eurosoil 2008, Book of Abstract*, 4. 8. 2008. Dunaj, str. 106.
- Jarvis, N. J. (2007). A review of non-equilibrium water flow and solute transport in soil macropores: principles, controlling factors and consequences for water quality. *European Journal of Soil Science*, 58 (3), 523–546. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2007.00915.x>
- Kruger, E. L., Somasundaram, L., Kanwar, R. S., Coats, J. R. (1993). Movement and degradation of C-14 atrazine in undisturbed soil columns. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12 (11), 1969–1975. DOI: [https://doi.org/10.1897/1552-8618\(1993\)12\[1969:mado\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1897/1552-8618(1993)12[1969:mado]2.0.co;2)
- Larso, M., Jarvis, N. (2003). Macro 5.0. A model of water flow and solute transport in macroporous soil. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences Emergo, 52 str.
- Marín-Benito, J. M., Pot, V., Alletto, L., Mamy, L., Bedos, C., Barriuso, E., Benoit, P. (2014). Comparison of three pesticide fate models with respect to the leaching of two herbicides under field conditions in an irrigated maize cropping system. *Science of the Total Environment*, 499, 533–545. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.143>
- Nolan, B. T., Dubus, I. G., Surdyk, N., Fowler, H. J., Burton, A., Hollis, J. M., Reichenberger, S., Jarvis, N. J. (2008). Identification of key climatic factors regulating the transport of pesticides in leaching and to tile drains. *Pest Management Science*, 64 (9), 933–944. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.1587>
- Nguyen, N. K., Dorfler, U., Weizl, G., Munch, J. C., Schroll, R., Suhadolc, M. (2018). Large variation in glyphosate mineralization in 21 different agricultural soils explained by soil properties. *Science of the total environment*, 627: 544–552. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.204>

- Pintarič, S., Suhadolc, M. (2017). Okoljski problemi pretekle uporabe atrazina. V: B. Čeh (ur.), *Novi izzivi v agronomiji 2017: zbornik simpozija*, Slovensko agronomsko društvo, 218–224.
- PPDB (2011). PPDB—Pesticides Properties Database, <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>
- Scheunert, I., et al. (1994). Mass balance and fate of 14C-terbuthylazine and pendimethalin in outdoor lysimeters. V: *Proceedings of the 5th international workshop: Environmental Behaviour of pesticides and regulatory aspects*, Brussels, April 26–29, 1994.
- Schneider, M. K., Brunner, F., Hollis, J. M., Stamm, C. (2007). Towards a hydrological classification of European soils: Preliminary test of its predictive power for the base flow index using river discharge data. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11 (4), 1501–1513. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-11-1501-2007>
- SUD (2009). The Sustainable Use of pesticides Directive. Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides. OJ L 309 24.11.2009, 71–86.
- Suhadolc, M., Lobnik, F. (2010). Računalniško orodje FOOT-FS: upoštevanje dejavnikov okolja pri uporabi fitofarmaceutskih sredstev na ravni kmetije. *Novi izzivi v poljedelstvu 2010: zbornik simpozija*, Rogaška Slatina, 2.–3. 12. 2010, str. 239–243.
- Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Apaškega polja. Uradni list RS, št. 59/2007, 32/2011, 22/2013 in 79/2015.
- WFD (2000). EU Water Framework Directive: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. OJ L 327, 22.12.2000, 1–73.
- WFD (2006). Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration. OJ L 372, 27.12.2006, 19–31.
- Wittmer, I. K., Bader, H. P., Scheidegger, R., Stamm, C. (2016). REXPO: A catchment model designed to understand and simulate the loss dynamics of plant protection products and biocides from agricultural and urban areas. *Journal of Hydrology*, 533, 486–514. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.11.046>



Suhadolc M. (2018). Uporaba prostorskih podatkov za upravljanje fitofarmaceutskih sredstev na ravni povodja. *Geodetski vestnik*, 62 (1), 39-50. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.39-50

Doc. dr. Marjetka Suhadolc, univ. dipl. inž. agr.
 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
 Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana
 e-naslov: marjetka.suhadolc@bf.uni-lj.si

MODEL DOMENE KMETIJSKEGA INFORMACIJSKEGA SISTEMA, UTEMELJENEGA NA STANDARDIH

DOMAIN MODEL OF AN AGRICULTURAL INFORMATION SYSTEM BASED ON STANDARDS

Nikola Janković, Miro Govedarica, Gerhard Navratil, Paolo Fogliaroni

UDK: 006:631:659.2:91

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02

Prispelo: 7. 7. 2017

Sprejeto: 3. 1. 2018

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.51-67

REVIEW ARTICLE

Received: 7. 7. 2017

Accepted: 3. 1. 2018

IZVLEČEK

Za boljše upravljanje podatkov v kmetijstvu so vladne službe razvile geoinformacijske sisteme. Ti sistemi, ki praviloma temeljijo na sodobnih tehnologijah in standardih, se lahko uporabljajo predvsem kot pomoč pri določevanju kmetijskih podpor, pri njihovem nadzoru ter kot podpora odločanju pri uresničevanju drugih nalog javnega sektorja. V okviru ene najstarejših politik Evropske unije, to je skupne kmetijske politike, se je razvil sistem kmetijskih subvencij, z njim pa tudi sistem, ki pomeni pomembno podporo sistemu kmetijskih subvencij. V članku predstavljamo razvoj obširnega geoinformacijskega sistema Republike Srbije ter njegovo verifikacijo s testnimi podatki. V skladu z zahtevami Evropske unije je treba v takšnem sistemu upoštevati posebne zahteve in standarde, kar je tudi pogoj pri približevanju Srbije Evropski uniji. Pri razvoju geoinformacijskega sistema za kmetijske subvencije so bile upoštevane tudi potrebe Srbije, pri čemer smo izhajali iz sedanjega okvira, rešitev pa smo prilagodili standardom in direktivam, kot so INSPIRE, ISO/LADM in LPIS. V članku se osredotočamo na rešitev, ki omogoča uporabo sistema za komunikacijo in predstavitev vsebine podatkovnih zbirk kmetom prek spletnih rešitev, kar je uporabno tudi pri verifikaciji samega sistema.

KLJUČNE BESEDE

kmetijstvo, kmetijske subvencije, standardi, spletna rešitev, geoinformacijski sistem

ABSTRACT

To better manage data in agriculture, governmental services implement geoinformation systems. These systems may be used as an aid to calculation of subsidies, serve as means of control and as support in decision making while following the latest technologies and standards. One of the oldest policies of the EU, the Common Agricultural Policy, implements a system for agricultural subsidies along with an information system to aid in enforcing it. This paper provides one design for an exhaustive geoinformation system in the Republic of Serbia and verification of the mentioned system with test data. The system must fulfil requirements and standards as one of the conditions for accessing the EU. These needs are met by extending the current Serbian framework while conforming to directives and standards such as INSPIRE, ISO/LADM and LPIS. A suggestion is shown in the paper for using this system in communicating and presenting relevant data to the farmers through a geoportals Web application which also serves as a way of verifying the system.

KEY WORDS

agriculture, subsidies in agriculture, standards, web application, geoinformation system

1 INTRODUCTION

Record keeping, analysis of the data and support in agricultural production has increased significantly with the support from standards and concise legislature. Governments and administration services implement information systems which provide an aid in agriculture in many ways. This aid, in the context of the EU, significantly comes in the form of monetary subsidies for the farmers. The EU regulations describe a common policy called the Common Agriculture Policy (CAP), which is an implementation requirement for the member states. The European Commission states that CAP is a connection between the growing urban community and a larger strategic agricultural sector. It is one of the oldest policies of the European Union (EU) and it implements an information system for agricultural subsidies and many rural development programs (European Commission, 2014a).

The Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE) and Integrated Administration and Control System (IACS) describe the spatial domain in the EU for agricultural information systems. ISOTC211¹ (Technical Committee 211 of the ISO) is an international body, which provides specific frameworks and standards for the ISO (International Standard Organization) for development of applications using geographic data. To achieve interoperability, the concepts from these standards should be used as a starting point for an information system. It is also advised to change current information systems in a way to conform to these standards. European legislation must be implemented, and regulations and laws must be adapted in Serbia, because the country is currently in the process of accessing the EU. Currently there is no information system in place that conforms to IACS (see section 2). Therefore, implementing this system, which demands thorough investigation, is of great importance.

This paper gives suggestions for a domain model for an agricultural information system, with respect to spatial data, according to standards and EU recommendations. These suggestions are delineated from EU requirements and available documentation (laws, regulations, etc.). The domain model is formed for an information system by means of conceptual modeling (ISO/TC211, 2015b) and verified by a geoportals Web application as a real world example. Some of the benefits to forming such an information system would be reducing operating costs, reduction in data redundancy, increasing transparency, enabling scalability and a foundation for easier future improvements, etc.

We present a novel generalized agricultural information schema comprising of classes that are mutually exhaustive. This schema can be used as a reference to derive concrete implementations. We also report about one such implementation that we realized and that adopts all the classes proposed by the standards. The work presented in this paper takes into consideration mostly the spatial and temporal aspects of agriculture because the scope of the entire system (administrative, spatial, temporal, legal, etc.) is very broad (see section 2). The model documentation is done using the Unified Modelling Language (UML) notation recommended by ISO 19103 – Conceptual Schema Language (ISO/TC211, 2015a).

2 STATE OF THE ART

2.1 Related work

According to standard documents (Sagris and Devos, 2009), satellite imagery and orthophotos should be used for inspection, delineation, etc. Milenov and Kay (2006) outline that all of the member

¹ <http://www.isotc211.org/>

states, except UK, use orthoimagery, typically with resolutions under 1 m. They also say that the easiest way to provide LPIS data is through Web-enabled services and that 20 member states had already built such Web systems. Shelestov et al. (2013) have implemented such a Web system in Ukraine through a geoportal of agriculture. The created open-source system consists of two levels, ministerial and agricultural enterprise. The system includes a geoportal with a Web interface and a GIS for analysis.

Ciolkowska et al. (2003) have shown the process of integration of digital aerial orthophotos, satellite images and cadastral data in subsidy applications for the Polish IACS. An advantage of a system based on cadastral parcels is that the cadastral offices regularly update their data. These data are official, and the cadastre should, in practice, provide a unique identification system (Radulovic et al., 2015). However, the cadastre in Serbia is largely out of date, especially when it comes to rural areas. It needs to be harmonized with the systems in the municipal courts (Arcotrass GmbH, 2006). Therefore, the usage of cadastral parcels is not recommended with the current state.

In Czech LPIS (2004), an in-depth documentation of the entire process of implementing the LPIS in the Czech Republic is provided. The documentation shows history of the origination, principles, data, administration and outputs of the system. The main identification unit in the Czech system is the Farmer's block. The Farmer's block is a continuous plot of land cultivated by one farmer, possibly containing more than one crop groups (see section 3). The farmers block may prove useful because this may correlate to the registry of agricultural holdings (see below), where there is a single farmer but multiple crop groups. Problems may arise when there are natural user conflicts with the land ownership and LPIS must be ready to solve such conflicts among users.

Ozcelik and Nisanci (2015) describe a complete conceptual model for the implementation of tea crops in Turkey with the use of INSPIRE, LADM, Land Cadaster, national GIS and the already implemented Agricultural Model. This is a more specialized model where there are special instances of the classes such as *TeaFarmer*, *TeaAgriculturalParcel*, *TeaFarmingLicence*, etc. Therefore, specialized classes for the system are necessary for future extensions.

European Union

The EU has adopted the Common Agriculture Policy which is aimed at helping European farmers to meet the food demands of more than 500 million Europeans. Its main objectives are to provide a stable, sustainably produced supply of safe food at affordable prices for consumers, while also ensuring a decent standard of living for 22 million farmers and agricultural workers (European Commission, 2017a). The objectives, tools, and measures for the implementation of CAP are laid down in the legal acts, adopted by the European Council and the Parliament and, by delegation, by the Commission. One of the main instruments of the CAP is the aids paid to the farmers. Member States are responsible for the implementation of CAP, which comprises of the establishment and running of an Integrated Administration and Control System (IACS). This system supports the aid application process of farmers as well as the work of authorities that control the applications and calculate aids to be paid.

Republic of Serbia

All the processes are handled by the Ministry of Agriculture and Environmental Protection (MAEP). The current legislation in Serbia defines the agricultural policy, types of subsidies, conditions, record keeping through the Registry of Agricultural Holdings, the Integrated Agricultural Information System, etc. (MAEP, 2010). For this paper, relevant information systems and the strategy for the following years will be examined.

The authority of agrarian payments implements a registry of agricultural holdings for the purposes of monitoring agricultural policies and record keeping of holdings and family holdings. The registry data consists of companies, agricultural cooperatives and other legal entities such as schools, churches and monasteries, which perform agricultural production (MAEP, 2010). Specific data about holdings includes data on farmed land, members of the holding, livestock, personal data of farmer, rights and entitlements, etc. (MAEP, 2011).

The Ministry implements the Registry of Agricultural Subsidies that stores the type and number of subsidies per user. The data of the register are public and are kept in an electronic form. These data are used for the purpose of incentivizing agriculture and rural development as well as statistical and analytical analysis in the ministry (MAEP, 2013). Transparency is an issue in Serbia^{2,3}. According to regulations the registry of subsidies mentions that the data is public and kept in an electronic form, however these data cannot be found on the internet. It is also not possible to find any technical documentation which describes how the systems work. This needs to be addressed in the future because missing technical documentation makes the current systems less interoperable and hard to manage and extend.

The Ministry of Agriculture and Environmental Protection has also defined a strategy of agriculture and rural development for the period of 2014–2024 that defines current problems, goals and activities for the rural development. The main document of the strategy defines the indicators for assessing the realization of strategic goals including (MAEP, 2014):

- “Established record system Land Parcel Identification System (LPIS) until 2018”;
- “Established record system Geographic Information System (GIS) until 2018”.

2.2 Standards

Standardization in technical systems is important because of interoperability and ease of use. There are plenty of ways to perform a task, but communication and integration are only possible if each involved stakeholder understands the process. Interoperability and standardization are important in agricultural systems because of different authorities that handle the data such as geospatial experts, agriculture experts, economists, lawyers, farmers. All of them must be able to collaborate. The most relevant standards and legislation for use in agricultural systems of the EU are:

- ISO19152 Land Administration Domain model (LADM) – Defines a formal language in UML for describing land administration (ISO/TC211, 2012);
- INSPIRE⁴ Technical Guidelines – The INSPIRE Directive aims to create a EU spatial data infra-

² http://transparentnost.org.rs/images/dokumenti_uz_vesti/Indeks_transparentnosti_lokalne_samouprave_LTI_nalazi.pdf

³ <https://www.transparency.org/country/SRB>

⁴ <http://inspire.ec.europa.eu/about-inspire/563>

structure for the purposes of EU environmental policies and policies or activities which may have an impact on the environment;

- EU regulations 1306/2013 and 1307/2013 – System for the management and control of payments to farmers (together with the Land Parcel Identification System) made by the Member States in application of the Common Agricultural Policy (European Commission, 2013a; European Commission 2013b);
- Open Geospatial Consortium (OGC)⁵ – Provides many open standards for Web services and general interoperability of spatial data.

Reference standards (ISO, INSPIRE, OGC)

ISO19100 and INSPIRE are related to IACS, because agriculture is inherently spatial. The ISO subject which deals with land administration is the ISO19152 LADM. This standard proposes a conceptual model to fulfill two goals (ISO/TC211, 2012):

1. To provide an extensible basis for the development and refinement of efficient and effective land administration systems, based on a Model Driven Architecture (MDA);
2. To enable involved parties, both within one country and between different countries, to communicate, based on the shared vocabulary (that is, ontology), implied by the model.

INSPIRE deals with spatial information needed for policies that have an environmental impact. One of the specifications from Annex 1 is the cadastral parcel. This means that cadastral parcels are considered as reference data, i. e. data that constitute the spatial frame for linking and/or pointing at other information that belong to specific thematic field such as environment, soil, land use, and many others. By definition the cadastral parcel is “An area defined by cadastral registers or equivalent” (INSPIRE, 2007). Cadastral parcels are important in agriculture because they also serve as a way of defining legal ownership and other rights for an area which may be used for agricultural production.

OGC provides useful standards for interoperability and Web services such as Web Map Service (WMS)⁶, Web Feature Service (WFS)⁷ which could prove to be necessary for administration of agricultural data over the Web.

Integrated Administration and Control System (IACS)

IACS is the most important system for the management and control of agricultural subsidies made by the Member States in application of the Common Agricultural Policy. It provides a uniform basis for payment, applications, registering agricultural area, entitlements, and controls such as the administrative and on-the-spot controls of applications. The IT system of IACS supports the national administration in carrying out their functions (European Commission, 2017b). The schema of the IACS domain model consists of seven packages as shown in Table 1. The Base types package is a modeling practice that highlights reusable elements of the system while the latter six packages reflect the requirements of legislation.

⁵ <http://www.opengeospatial.org>

⁶ <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>

⁷ <http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>

Table 1: IACS Packages (European Commission, 2014b).

<i>Package</i>	<i>Description</i>
Base types	Schema for base types and models used by multiple application schemas within the IACS model.
Aid applications and payment claims	Schema describing the aid applications and payments.
Identification System for Agricultural parcels	Schema commonly named Land Parcel Identification System – LPIS.
Integrated control system	Schema containing information on the control of the system.
System to record the identity of each beneficiary	Schema containing information on record keeping of farmers.
System for identification and registration of animals	Schema about livestock and animals which is not yet complete.
System of entitlements	Schema containing information about entitlements of each beneficiary.

“The Member States shall have this system to ensure a unique identification of the farmers, as well as of all agricultural parcels and, if needed, of livestock. It shall also cover the processing of agricultural subsidies. The fulfilment of the criteria for subsidies is assessed through administrative checks and through on-site inspections” (European Commission, 2007).

Modelling and IACS

ISO 19109:2015 defines rules for creating and documenting application schemas, including principles for the definition of features. It describes how phenomena from the reality in the universe of discourse are captured as feature instances (ISO/TC211, 2015b). ISO 19103:2015 provides rules and guidelines for the use of a conceptual schema language within the context of geographic information. The chosen conceptual schema language is the Unified Modelling Language (UML). The standardization target type of this standard is UML schemas describing geographic information (ISO/TC211, 2015a). These are the main reference schemas for creating a domain model.

As depicted in Figure 1, creating a model fitting the CAP consists of 3 main points (European Commission 2014b):

- *The Requirement model* is used for describing all legal, functional and non-functional aspects of the system. It is a hierarchical structure that helps to manage the complexity of requirements set by the legal framework of CAP to translate them in technical concepts. The requirements model is a structured catalogue of end-user requirements. These are represented as either requirement or feature elements. Functional requirements are use cases that the system must support, such as submissions, applications and calculations of aid, etc. It is organized based on IACS components, e. g. aid applications and payment claims, identification system for agricultural parcels, etc. Non-functional requirements describe properties that the system must possess, such as reliability, security, extensibility, etc.
- *The Dynamic model* describes the behaviour of the system over time. It includes support for activity diagrams, state diagrams, sequence diagrams and extensions including business process modelling. The dynamic model connects the requirement to the conceptual model to get schema that describe the workflow. Traceability models act as starting points for tracing the definition, design and imple-

mentation of a system component or a process. Use case model captures the relationships between actors and the system.

- *The Conceptual model* defines concepts of the universe of discourse (ISO/TC211, 2014). It consists of application schemas. An application schema adds logical structure (as packages) to the semantics defined in the conceptual model. The IACS domain model contains packages related to the sub-systems IACS. Each of the packages is also represented through a XML Schema Definition (XSD) file. A XSD file is a machine-readable specification on how to formally describe this application schema in an XML document.

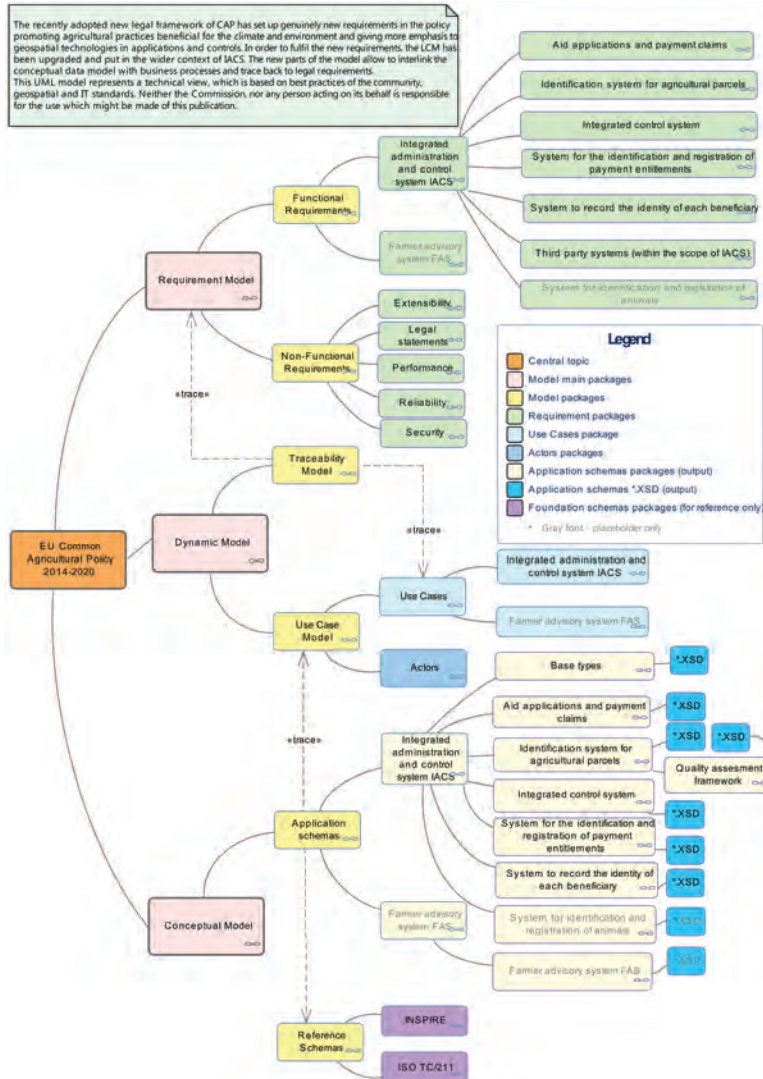


Figure 1: Modeling diagram of the CAP/IACS system (Tóth and Kučas 2016).

The reference schemas represent an abstract framework or domain-specific ontology consisting of an interlinked set of clearly defined concepts produced by an expert or body of experts in order to encourage clear communication (European Commission, 2014b).

The proposed IACS domain model offers a holistic view of the Common Agricultural Policy from business and information points of view describing the relevant static and dynamic aspects of the domain. The model addresses two high level use-cases. The first deals with operating the Integrated Administration and Control System according to the rules defined in the related EU regulations. The second is about enabling interoperability with mainstream ICT and GIS (Tóth and Kučas, 2016).

From the statements above, we can conclude that the modelling of the entire system is not an easy task. It would take an entire enterprise consisting of geospatial experts, lawyers and lawmakers, agriculture experts, developers, system engineers, etc. The modelling part for this paper is mostly focused on the LPIS and the reference schemas ISO and INSPIRE.

From the outlined points we can conclude that the already existing integrated system, along with the record keeping systems, do not satisfy the criteria of IACS, and therefore need to be upgraded.

3 DOMAIN MODEL

“Why do we model? We build models so that we can better understand the system we are developing” (Booch et al., 1998). The entities are laid out as classes, with connections as relationships. UML is used because all the standards and technical requirements already conform to this standard of notation. A model is an abstraction of some aspects of reality (ISO/TC211, 2015b).

The process consists of a domain model creation and verification. The first step in the conceptual modelling process is synchronizing with standards. The UML model was documented in Enterprise Architect. Afterwards the entire object model was converted in a Data Definition Language (DDL)⁸ with Enterprise Architect, and then converted to SQL. The extracted SQL code does not account for complex data types and geometries so therefore it had to be corrected. The next steps were creating a test data set and triggers which further implement the requirements of the system, and validate that data against the triggers. In the end, the data were published for viewing and accessing.

3.1 Domain model profile for the Republic of Serbia

For the documentation, all standards were acquired in the format for Enterprise Architect. Enterprise Architect⁹ is a multi-user, graphical tool designed to aid in building robust and maintainable systems. It is possible to do UML modelling and extend models to include the Conceptual and Geographic Markup Language (GML) schema. Because some of the models were not the same as the standard documents they were normalized. This normalization included fixing of attributes and links between classes. For example, the class **ReferenceParcel** from the main LPIS core model was missing a geometry attribute. The relationship between the **extCadParcel** and **ReferenceParcel** from the core model was changed to connect the **SubParcel** to the **RS_Parcel** from the Serbian cadastral system. Additionally, a model was created from an Extensible Markup Language (XML) file found on the website of the Treasury of

⁸ http://www.sparxsystems.com/enterprise_architect_user_guide/9.2/model_transformation/ddltransformation.html

⁹ <http://www.sparxsystems.com/products/ea/>

Serbia¹⁰, legal forms (MAEP, 2011) that farmers have to fill out when applying for the registry of an agricultural holding and regulations such as laws, rules, statutes, etc. (Figure 2.). Six classes were formed with attributes which the users should provide when applying. These classes are represented in green, and the definitions are shown in Table 2.

Table 2: Classes derived for the Serbian registry.

Class	Description
Holding	Main class that represents the holding. It has attributes about the holding such as address, work activities, date of registration. The attribute MBPG is the unique identifier of the holding.
Crop	Class that represents the crops and has attributes such as area, crop code, entitlement, etc.
PassiveReason	Class that contains reasons for passive status.
Animals	Class that contains attributes for livestock production.
UnreturnedLoan	Class that represents financial status.
Member	Class that contains data of members of the agricultural holding.

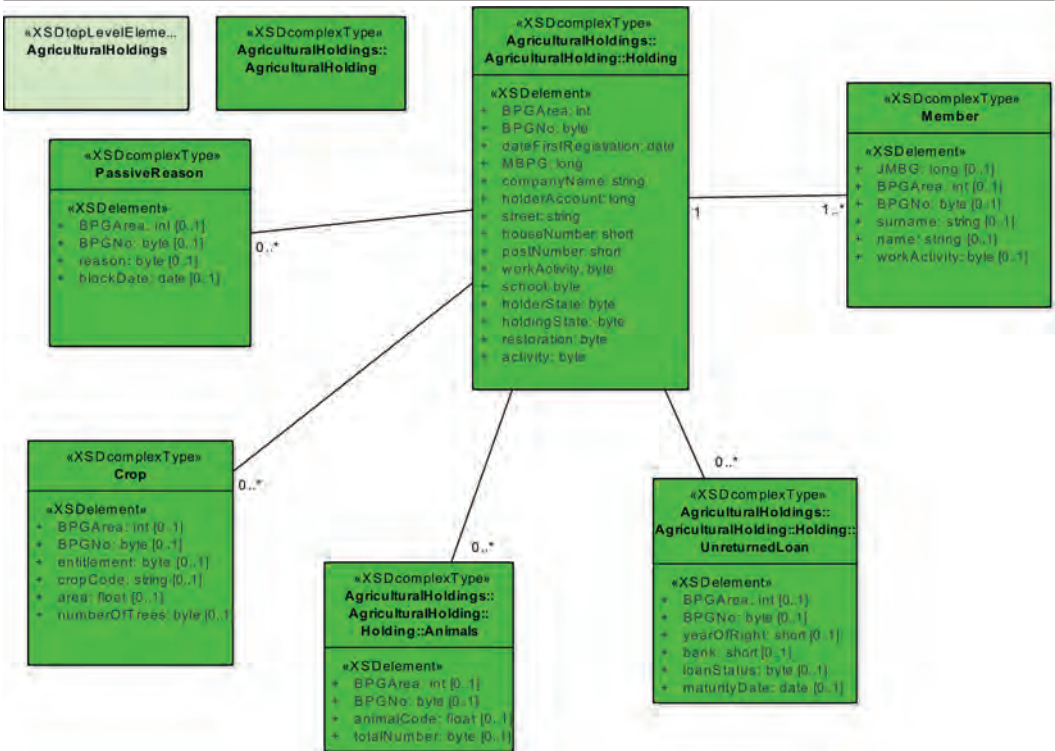


Figure 2: Model of the Serbian an agricultural holding.

The normalization according to the INSPIRE, LADM and the Serbian cadastral system is shown on Figure 3. In this case the classes **LA_SpatialUnit** and **INSPIRE::CadastralParcel** extend the class **RS_Parcel**. This extension is done because of the fact, that on the conceptual level, the class **RS_Parcel** is the same one as **CadastralParcel** from the INSPIRE, which already extends **SpatialUnit::LA_Spa-**

¹⁰ http://www.trezor.gov.rs/uploads/projects/banke/BBBddmmgg_PP_ODG_xml1467294134547.doc

tialUnit (Radulović, 2015). The attributes of **RS_Parcel** are current numbering systems within the cadastral municipalities and do not represent the National Cadastral Reference numbering. The class **RS_PartOfParcel** is a class meant to distinguish certain purposes of use within a parcel. The official law says that the parcel is the main cadastral, spatial unit representing a piece of land in a cadastral municipality (Republic Geodetic Authority, 2015). The **RS_PartOfParcel** is mainly a class that is used in the context of the administration rather than a property unit. Classes of the Serbian cadastral system are shown in darker frames.

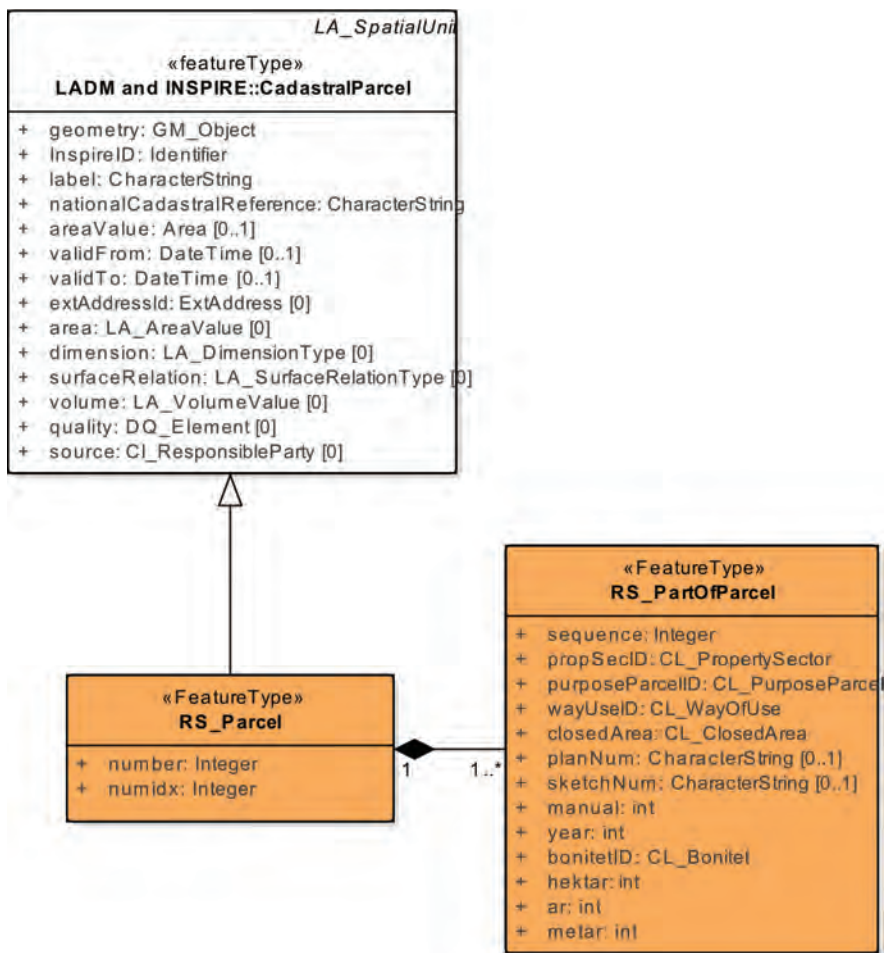


Figure 3: Extension of the cadastral parcel.

The main extension of the LPIS core model containing spatial classes is shown on Figure 4. First, a new prototype class is created for each of LPIS spatial classes (Physical Block, Agricultural Parcel, Sub Parcel, Topographic Block and Farmer Block) and represented in the blue colour with a prefix RS. The reason that each of the classes is represented is that there still hasn't been an official decision on which of the classes to use. Therefore, the system may serve as a way for experts from other fields to decide on which to use.



Figure 5: Connection between the registry of agricultural holdings classes and LPIS model classes.

Table 3: Classes for the parcels in the LPIS system (adopted from Sagris and Devos, 2009).

<i>Class</i>	<i>Definition</i>
Reference Parcel - ReferenceParcel	Basic spatial unit for the administration and geographical localization of agricultural parcels. May contain one or more declared agricultural parcels in IACS and may be cultivated by one or more farmers (or producers' association).
Sub Parcel - SubParcel	Unit of agricultural or non-agricultural land cover inside of cadastral parcel. Class has topological relation with extCadParcel, which compose from one or many CadSubParcel-s.
Agricultural Parcel – AgrParcel	Reference parcel containing only one production unit/agricultural parcel - continuous area of agricultural land on which a single crop group is cultivated by a single farmer.
Farmer Block - FarBlock	Reference parcel - continuous area of agricultural land grouping together a number of neighbouring agricultural parcels cultivated by the same farmer. In other words, production block, which contains several adjacent production units of the farmer.
Topographic Block - TopoBlock	Reference parcel known as 'Physical block', but NOT satisfying criteria of production block with following characteristic: <ul style="list-style-type: none"> – 100% subdivision of national territory to the blocks, which allows 'water', 'road', 'residence area' blocks; – delineated by most stable boundaries, – can compose of mixture of land cover classes; -agricultural land cultivated by one or more farmer(s).
Physical Block - PhyBlock	Reference parcel known as 'Physical block' - a continuous area of agricultural land (production block) grouping together several neighbouring agricultural parcels (production units) cultivated by one or more farmer(s) and delineated by most stable boundaries.

3.2 Verification

The implementation of the conceptual model was created using an open-source solution PostgreSQL¹¹ with PostGIS¹². Additionally, triggers were created for further implementation of requirements and standards. These include algorithms that check (1) if the parcels are overlapping, because overlaps are not allowed (Sagris and Devos, 2009), and prevent the user from entering the data; (2) calculate area and store it in a column immediately after digitizing; (3) check whether the **SubParcel** is contained within the parcel and (4) check if the data exists in the Crop table before digitizing a new Agricultural Parcel. The triggers were created in the Procedural Language for PostgreSQL (PL/pgSQL)¹³.

The test area chosen for verification was the rural area around the city of Ruma, Serbia. The base imagery used for digitizing was obtained from the RapidEye platform, as well as supplementary data like Google Earth and Bing Aerial Imagery. The test data was created in a GIS environment and migrated for verification of the database structure. This is only test data and does not completely represent the real data. The reason for this is the lack of spatial, agricultural open-data, pay-to-use cadastral data and lack of communication with the authority. PostgreSQL with PostGIS were used for the database, and

¹¹ <https://www.postgresql.org/>

¹² <http://postgis.net/>

¹³ <https://www.postgresql.org/docs/8.3/static/plpgsql.html>

QGIS¹⁴ was used for digitizing the test data for the test area.

The initial verification was carried out by digitizing parcels with visible boundaries, so that the triggers and constraints might be verified. After this verification was performed, the test data were published through a Geoserver¹⁵. Geoserver is an open-source server solution designed for interoperability, data discovery, dissemination of spatial data using open standards.

A local Geoportal Web application was created to simulate a real-world example for further verification. Geoportals are World Wide Web gateways that organize content and services such as directories, search tools, community information, support resources, data and applications (Maguire and Longley, 2005). It was created using html, css, javascript, php, and the OpenLayers¹⁶ javascript library for creating Web maps. The design includes user accounts, three tier architecture with a middleware for data dissemination, a database with a Database Management System (DBMS) for storage and management and end users which interface the data through a Web browser. The geoserver implements the WMS, WFS, possibilities of styling, etc. Besides the geoserver a php Web application was created to handle user accounts, registration and display of user data. The Client does not access the data directly from the database, but through the geoserver. The user interface is presented on Figure 6.

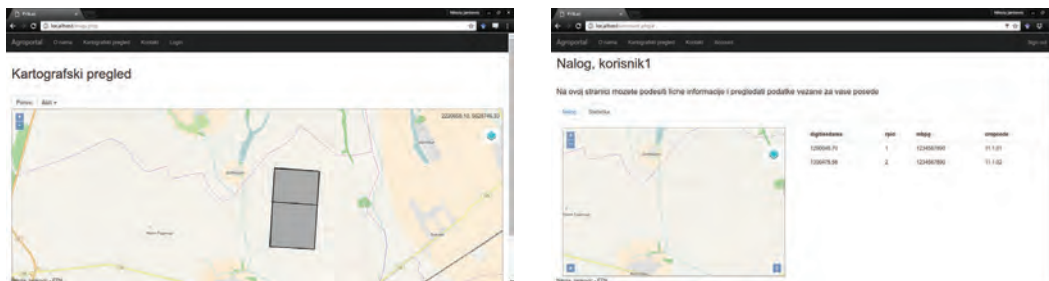


Figure 6: Cartographic overview (left) and User account page (right).

The main page shows a main cartographic preview of all the layers and the data. From here users can also download the data or log in and see more information (Figure 6a). Additionally, the user, when logged in, may preview the basic information of their land such as the area, the type of land, the crop groups. The user may also visualize their land separately from the main cartographic preview on a separate interface (Figure 6b).

The possibility of downloading layers with *GetMap* or *GetFeature* requests has been included. The *GetMap* requests that are available are as OpenLayers, or raster files. The *GetFeature* requests made available shapfile and GML. Alternatively, the users can check which of the layers and which formats are available with a *GetCapabilities* request. Examples of *GetMap* and *GetFeature* are shown on Fig 7.

¹⁴ <http://www.qgis.org/>

¹⁵ <http://geoserver.org/>

¹⁶ <https://openlayers.org/>

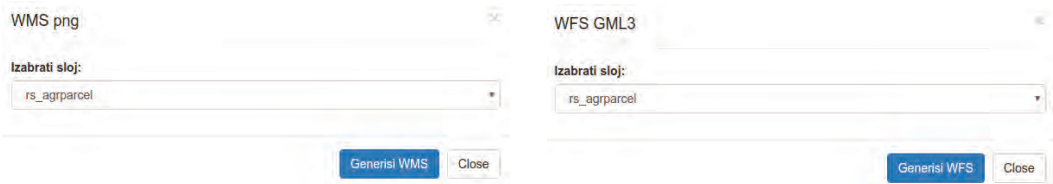


Figure 7: *GetMap* request (left) and *GetFeature* request (right).

4 CONCLUSION AND DISCUSSION

The paper outlines state of the art regulations and work done so far on the domain model as a proposal for an agricultural information system. We can conclude that the agricultural domain can be modelled using standards and specifications laid out by ISO, EU, INSPIRE. In the end, the model was verified using a geoportal Web app as a means of simulating a real-world use case. The different cases of EU countries show which kinds of systems are implemented and how the member states solved different problems. All the member states already have a system in place for EU requirements, and such a system must be implemented in the Republic of Serbia as a part of EU accession. Other reasons include setting up a framework for better management of agricultural data by which agricultural subsidies are given and for providing aid to farmers.

We can conclude that this system has certain advantages:

- Conforms to standards and fulfils some of the technical requirements;
- Increases transparency, because of the openness of the data and the system itself;
- Enables scalability, which means the system can be expanded in the future;
- Contributes to farmers for data viewing and opens possibilities for aid in the future;
- Makes some tasks easier for the administration.

We can also conclude that it is possible to create a system using open-source software. Open-source software is free of cost and the source code is provided so that it is known how it works, therefore any misuse may be spotted. However further work is required to test the performance of this kind of a solution.

The main work covers the domain model with regards to spatial information. Much remains to be done in the future, to achieve a complete system such as the inclusion of other auxiliary standards, e. g. INSPIRE – Agricultural and Aquaculture Facilities (INSPIRE, 2013). This standard has the entity and class called **Holding** that defines agricultural activities. Furthermore, a new CAP model and website¹⁷ are being built currently for the period of 2015–2020.

From this research it is not possible to conclude, which of the land use parcels would be the best for the Republic of Serbia, and more research from the agricultural experts is needed. It may be necessary to determine which of the parcels would be the best to use in this system according to state of the current registry, the status of the cadastral system and available technologies. It is also necessary to synchronize the spatial and administrative parts of the system. Extension of the geoportal Web app is also necessary for more functionality, such as user input of geometries, data security, permissions, more detailed

¹⁷ https://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/Main_Page

statistical data and analysis. Furthermore, the test data used is the best case, created in lab conditions for testing, and further research using real data and other commercial and open-source software can be done to ensure the best possible solution.

Literature and references:

- Arcotras GmbH (2006). Serbia Country Report. ARCOTRASS - Consortium, (December). http://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/external-studies/2006/applicant/serbia_en.pdf, accessed on March 31, 2017.
- Booch, G., Rumbaugh, J., Jacobson, I. (1998). *The Unified Modeling Language User Guide*, Addison Wesley Longman, Inc.
- Ciolkowska, M., Kosakowski, J., Mróz, M. (2003). The integrated use of digital aerial orthophotos, satellite images and cadastral data in aid applications control in the frame of Polish IACS, pp.339–342.
- European Commission (2014a). Agriculture “The EU’s common agricultural policy (CAP): for our food, for our countryside, for our environment.” Office of the European Union, pp.1–8.
- European Commission (2014b). EU Common Agricultural Policy Model. http://ipis.jrc.ec.europa.eu/CAP_IACS/index.htm, accessed on March 31, 2017.
- European Commission (2017). Integrated Administration and Control System (IACS). https://ec.europa.eu/agriculture/direct-support/iacs_en, accessed on March 31, 2017.
- European Commission (2007). *Managing the Agriculture Budget Wisely*. Office of the European Union. http://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/public/fact/clear/2007_en.pdf, accessed on March 31, 2017.
- European Commission (2013a). REGULATION (EU) No 1306/2013 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:347:0549:0607:EN:PDF>, accessed on November 16, 2017.
- European Commission (2013b). REGULATION (EU) No 1307/2013 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:347:0608:0670:EN:PDF>, accessed on November 16, 2017.
- INSPIRE (2007). *Data Specification on Cadastral Parcels – Technical Guidelines*, pp.1–26.
- INSPIRE (2013). *INSPIRE data specification on Agricultural and Aquaculture Facilities – Technical Guidelines*, pp.1–134.
- ISO/TC211 (2014). *ISO 19101 Geographic information -- Reference model -- Part 1: Fundamentals*. ISO International Standard Organisation.
- ISO/TC211 (2015a). *ISO 19103 Geographic information -- Conceptual schema language*. ISO International Standard Organisation.
- ISO/TC211 (2015b). *ISO 19109 Geographic information -- Rules for application schema*. ISO International Standard Organisation.
- ISO/TC211 (2012). *ISO 19152 Geographic information -- Land Administration Domain Model (LADM)*. ISO International Standard Organisation.
- MAEP (2010). Law on agriculture and rural development. Official gazette of the Republic of Serbia. [http://www.mpzsz.gov.rs/download/Zakoni/poljoprivreda1\(2\).pdf](http://www.mpzsz.gov.rs/download/Zakoni/poljoprivreda1(2).pdf), accessed on March 31, 2017.
- MAEP (2011). Rulebook of the means and conditions for the agricultural holdings in the registry of agricultural holdings with required documentation. Official gazette of the Republic of Serbia. <http://uap.gov.rs/wp-content/uploads/2011/12/Pravilnik-o-načinu-i-uslovima-upisa-i-vodjenja-registra-poljoprivrednih-gazdinstava.pdf>, accessed on March 31, 2017.
- MAEP (2013). Law on subsidies in agriculture and rural development. Official gazette of the Republic of Serbia. <http://www.mpzsz.gov.rs/download/Zakoni/3197-16.pdf>, accessed on March 31, 2017.
- MAEP (2014). Strategy of agriculture and rural development of the Republic of Serbia for the period of 2014–2024. Official gazette of the Republic of Serbia. <http://uap.gov.rs/wp-content/uploads/2016/05/STRATEGIJA-2014-2020-.pdf>, accessed on March 31, 2017.
- Maguire, D. J., Longley, P. A. (2005). The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29 (1 SPEC.ISS.), 3–14. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0198-9715\(04\)00045-6](https://doi.org/10.1016/s0198-9715(04)00045-6)
- Milenov, P., Kay, S. (2006). Status of the implementation of LPIS in the EU member states. In 12th MARS PAC Annual Conference, pp. 41–47.
- Ozcelik, A. E., Nisanci, R. (2015). Building of geo-spatial data model for tea agricultural crop-lands compliance with LPIS Core Model (LCM) based land administration domain standards. *Computers and Electronics in Agriculture*, 117, 8–21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.07.008>
- Radulovic, A., Sladić, D., Govedarica, M., Jovanović, D. (2015). Extended LPIS domain model for Serbia. *Research Journal of Agricultural Science*, 47 (2), 62–168.
- Radulović, A. (2015). *Model domena i servisa u geoinformacionom sistemu katastra nepokretnosti*. University of Novi Sad.
- Republic Geodetic Authority (2015). Law on state survey and cadastre. Official gazette of the Republic of Serbia. <http://www.rgz.gov.rs/upload/web/zakon-o-drzavnom-premeru-i-katastru-2009.zip>, accessed on October 3, 2017.
- Sagris, V., Devos, W. (2009). LPIS Core Conceptual Model (LCM). <http://ies-webarchive-ext.jrc.it/mars/mars/content/download/1676/9118/file/10272pubsy.pdf>, accessed on March 31, 2017.
- Shelestov, A. Y., Kravchenko, A., N., Skakun, S. V., Voloshin, S. V., Kussul, N. N. (2013). Geospatial Information System for Agricultural Monitoring. *Cybernetics and Systems Analysis*, 49 (1), 124–132. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10559-013-9492-5>
- Czech LPIS (2004). Czech LPIS – A solution for the 3rd millennium. http://www.ipis.eu/down/CZLPIS_case_study_EN.pdf, accessed on March 31, 2017.
- Tóth, K., Kučas, A. (2016). Spatial information in European agricultural data management. Requirements and interoperability supported by a domain model. *Land Use Policy*, 57, 64–79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.05.023>



Janković N., Govedarica M., Navratil G., Fogliaroni P. (2018). Domain model of an agricultural information system based on standards. *Geodetski vestnik*, 62 (1), 51-67. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.51-67

Dipl.-Ing. Nikola Janković

*TU Vienna, Department of Geodesy and Geoinformation
Gusshausstrasse 27-29
A-1040 Vienna, Austria
e-mail: nikola.jankovic@geo.tuwien.ac.at*

Priv. Doz. Gerhard Navratil, Ph.D.

*TU Vienna, Department of Geodesy and Geoinformation
Gusshausstrasse 27-29
A-1040 Vienna, Austria
e-mail: gerhard.navratil@geo.tuwien.ac.at*

Prof. Miro Govedarica, Ph.D.

*University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
Trg Dositeja Obradovica 6
SRB-21101 Novi Sad, Serbia
e-mail: miro@uns.ac.rs*

Dipl.-Ing. Paolo Fogliaroni, Ph.D.

*TU Vienna, Department of Geodesy and Geoinformation
Gusshausstrasse 27-29
A-1040 Vienna, Austria
e-mail: paolo@geoinfo.tuwien.ac.at*

OCENA TOČNOSTI IN PRIMERJAVA METOD INTERPOLACIJ MODELOV GEOIDA

ACCURACY ASSESSMENT AND COMPARISON OF INTERPOLATION METHODS ON GEOID MODELS

Marko Radanović, Tomislav Bašić

UDK: 517.518.85:582.2:711(497.5)
 Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
 Prispelo: 19. 9. 2017
 Sprejeto: 25. 1. 2018

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.68-78
 SCIENTIFIC ARTICLE
 Received: 19. 9. 2017
 Accepted: 25. 1. 2018

IZVLEČEK

V članku obravnavamo točnost šestih prostorskih interpolacijskih metod na mrežnih modelih geoida, in sicer metodo inverzne utežene razdalje, kriging, metodo najmanjše ukrivljenosti, naravnih sosedov, radialno bazno funkcijo ter metodo drsečega povprečja. Mrežni modeli so bili določeni na podlagi globalnih geopotencialnih modelov EGM2008, EIGEN-6C4 in GEKO. S programsko rešitvijo GoldenSoftware Surfer 13 smo v ta namen izdelali 18 modelov geoida, pri čemer smo uporabili različne kombinacije šestih interpolacijskih metod z navedenimi geopotencialnimi modeli. Pri tem smo obravnavali območje Hrvaške z deli sosednjih držav. Med celotnim procesom smo ohranili enake vrednosti interpolacijskih parametrov. Modele smo razvili tako, da smo lahko modelirano vrednost geoidne ondulacije odšteli od ondulacije neodvisnega modela v isti točki. Tako pridobljene razlike so bile uporabljene za oceno kakovosti interpoliranih modelov geoida. Na podlagi primerjalne analize kazalnikov kakovosti v obliki statističnih in grafičnih kazalnikov je mogoče ugotoviti, da so najboljši rezultati pri uporabi radialne bazne funkcije, sledi interpolacijska metoda kriging in nato metoda naravnih sosedov.

KLJUČNE BESEDE

geoid, model geoida, prostorske interpolacije, globalni geopotencialni model, interpolacije, Hrvaška

ABSTRACT

In this paper the accuracy of 6 spatial interpolation methods on geoid grid models are tested and compared: Inverse Distance Weighting, Kriging, Minimum Curvature, Natural Neighbour, Radial Basis Function and Moving Average. Grid models are derived from three global geopotential models: EGM2008, EIGEN-6C4 and GEKO. Totally 18 geoid models in forms of equiangular grid models are created in GoldenSoftware Surfer 13 for this purpose, by combining 6 methods of interpolation and 3 global models, whose size and position cover a wide area of Croatia with parts of neighbouring countries. Default interpolation parameters were kept during the process. Models were created in a way that modelled values of geoid undulations can be subtracted from undulations of independent models in equal points. Residuals calculated in this way served as a base for quality assessment. Comparative analysis of quality indicators, statistics and graphical indicators of residuals led to a conclusion that the best-fitted methods of interpolation for this specific case are Radial Basis Function, Kriging, and Natural Neighbour, in that order.

KEY WORDS

geoid, geoid model, spatial interpolation, global geopotential model, interpolation, Croatia

1 INTRODUCTION

Recently we are witnessing great progress that is being made in the quality and resolution of global geopotential models. The creation and development of high-quality global geopotential models, as mathematical functions that approximate gravity field of the Earth in 3D space, is very important in numerous aspects. Namely, these models can be considered as a reference for geodesy itself (Barthelmes, 2014). Among other things, they also serve for determination of absolute Dynamic Ocean Topography in combination with altimetry observations in ocean areas, as well as provide the possibility of calculation of orthometric heights and height differences in combination with GNSS positioning without the need for levelling (Pavlis et al., 2012). There is also a possibility that, in the future, a unique global geoid model obtained from a high-accuracy and high-resolution global geopotential model could serve as a reference surface for creation and realization of a global vertical datum (Balasubramania, 1994.; Schwarz et al., 1987; Ihde and Sanchez, 2005). But global geopotential models also carry a lot of vital information about Earth and its inner and outer composition, so they are not relevant only for geodesy but for all of the geosciences. Consequently, geodesy is faced with an important task of providing global geopotential model and all of its products, which are of highest possible quality, which have known accuracy and which are easily accessible (Barthelmes, 2013).

The gravity acceleration or just gravity acting on a unit mass that is fixed on and rotates with Earth consists of centrifugal acceleration, which arises as a result of Earth's rotation, and gravitation, which arises from the attraction between Earth and unit mass according to Newton's law of gravitation (Torge, 1989). The gravity potential of the earth W , which is connected to gravity by relation $\vec{g} = gradW$, acting on a unit mass is a sum of gravitational potential V and centrifugal potential Φ (Hofmann-Wellenhof and Moritz, 2006):

$$W = V + \Phi = G \iiint \frac{\rho}{l} dv + \frac{\omega^2}{2} p^2, \tag{1}$$

where G is the gravitational constant, ω is the angular velocity of Earth's rotation, p is normal to Earth's rotation axis, ρ is the volume density and dv is the volume element.

Modelling of the centrifugal potential is rather simple, due to the facts that angular velocity of Earth's rotation is known with a rather high accuracy (Barthelmes, 2014) and it being a simple analytic function. The main problem lies in the modelling of the gravitational potential because the density of the Earth is generally not known. If by some chance function of Earth's density were known, gravity potential at any point could be computed simply as a function of point's position. As this is obviously not the case, we are forced to approximate or model the Earth's gravity field using different gravity field observations (Torge, 2001).

There are numerous ways to mathematically describe or represent gravity potential, but the most commonly used method in practice are spherical harmonics, which can be used to represent any harmonic potential. As gravitational potential V is a harmonic function outside of the Earth's surface, it can be expressed at any point $(r; \lambda, \varphi)$ on and above Earth's surface by summing up over degree and order of a spherical harmonic expansion (Barthelmes, 2014):

$$V(r, \lambda, \varphi) = \frac{GM}{r} \sum_{l=0}^{l_{max}} \sum_{m=0}^l \left(\frac{R}{r}\right)^l P_{lm}(\sin \varphi) (C_{lm} \cos m\lambda + S_{lm} \sin m\lambda), \tag{2}$$

where (r, λ, φ) are spherical geocentric coordinates of computation point, R is a reference radius, M is a mass of the Earth, l, m are degree and order of spherical harmonic, P_{lm} are normalized Legendre's functions and C_m, S_{lm} are normalized Stokes' coefficients.

One of the upsides of using spherical harmonics to represent gravitational potential is that all other functionals of the gravity field, like the geoid, gravity disturbance, gravity anomaly or height anomaly, can be derived rather simply for all points on or above Earth's surface. The accuracy of the model is mainly affected by the accuracy of Stokes' coefficients and spatial resolution of the model, which depends on upper degree limit of summation l_{\max} (Barthelmes, 2014). Determination of the coefficients of a series expansion can be done by evaluating any observable functionals of gravitational potential V on any point on or above Earth's surface, while the resolution mainly depends on a number of observations and their distance from the centre of Earth's masses r (Torge, 2001).

Present-day global geopotential models are mainly based on observations of Earth's artificial satellites, and are usually divided into satellite-only models, which are modelled solely from satellite data, and combined models, which combine satellite data with terrestrial observation data over the continental areas and altimetry data over the ocean areas (Rapp and Pavlis, 1990; Rapp, 1998). The accuracy and resolution of global geopotential models is increasing steadily over the last 20 years (Koneshov et al., 2013), which is to a large extent connected with the launching of three satellite missions launched partially for this purpose: CHAMP, GRACE and GOCE which implemented many contemporary observation techniques used for the first time in history (Hećimović and Bašić, 2005a, 2005b, 2005c; Touboul et al., 2012).

One of the products of global geopotential models is the geoid, which is usually distributed in the form of a grid model. Representation of a continuous geoid surface from a grid model and prediction of geoid undulations in unknown areas is enabled by use of different spatial interpolation methods. Today, it is normal for a surface modelling software to include a dozen or more different spatial interpolation algorithms for a user to choose from. That is why assessment and comparison of those methods' accuracy are important for geosciences (Gumus and Sen, 2013; Grgić et al., 2015). The aim of this paper is a determination of spatial interpolation accuracy for several different commonly used methods, applied on different grid models of the geoid over a wide area of Croatia.

2 MODELLING

Three publicly available global geopotential models described by spherical harmonic expansion up to the order of 2190 were used in this paper, ordered by year of creation: EGM2008 (Pavlis et al., 2008), EIGEN-6C4 (Förste et al., 2014) and GECO (Gillardoni et al., 2016). All of those models are combined models and among the highest accuracy models available at present. Their spatial resolution is about 10 km, but in practice, there are large areas with scarce terrestrial data so this resolution should be considered true only for the areas with numerous amount of high accuracy observations (Barthelmes, 2014).

EGM2008 is complete to degree and order 2159 and contains additional spherical harmonic coefficients extending up to degree 2190 and order 2159 (Kotsakis and Katsambalos, 2010). EGM2008 is a first model of this kind to be expanded to such a high degree and order, so it confers it is also unprecedented in the level of spatial resolution. Main satellite data used is from GRACE satellite mission (Pavlis et al., 2012). EGM2008 was implemented in the creation of national geoid surface of the Republic of Croatia

called HRG2009 (Bašić, 2009; Bašić and Bjelotomić, 2014). EIGEN-6C4 is a first global geopotential model complete to degree and order of 2190. LAGEOS, GRACE and GOCE satellite missions data were used for its computation. Global geopotential model GECO was made by incorporating GOCE mission data into EGM2008 (Yilmaz et al., 2016).

Two sets of three grid models of geoid undulations derived from geopotential models EGM2008, EIGEN-6C4 and GECO were taken over from the web service (Barthelmes and Köhler, 2016). Grid models contain nodes with (λ, φ, N) coordinates with regard to the GRS80 reference ellipsoid (Moritz 1980), where N is undulation of the geoid. Grid models cover a wide area of Croatia with parts of neighbouring countries. Grid geometry for the first set of three grid models is presented in Table 1.

Table 1: Geometry of the grid for the first set of models.

Size	97 row x 145 column lines
Number of nodes	14 065
SW corner node	$\lambda = 10.0000^\circ, \varphi = 40.0000^\circ$
NE corner node	$\lambda = 22.0000^\circ, \varphi = 48.0000^\circ$
Cell dimensions	$\Delta\lambda = 0.0833^\circ (5') \approx 6.7 \text{ km}, \Delta\varphi = 0.0833^\circ (5') \approx 9.3 \text{ km}$

The geometry of the second set of three grid models is made by moving the grid by the value of $0.0417^\circ (2.5')$, which is equal to half of the size of the cell, in directions of both λ and φ . This results with nodes of the second set of grid models being in the exact middle of cells from the first set of grid models. Grid geometry of the second set is shown in Table 2. It can be noticed by comparing the Tables 1 and 2 that the number of columns and rows is lowered by 1 in the second set of grid models. This means that grids of the second set are completely contained within the grids of the first set.

Table 2: Geometry of the grid for the second set of models.

Size	96 row x 144 column lines
Number of nodes	13 824
SW corner node	$\lambda = 10.0417^\circ, \varphi = 40.0417^\circ$
NE corner node	$\lambda = 21.9583^\circ, \varphi = 47.9583^\circ$
Cell dimensions	$\Delta\lambda = 0.0833^\circ (5') \approx 6.7 \text{ km}, \Delta\varphi = 0.0833^\circ (5') \approx 9.3 \text{ km}$

This kind of arrangement allows the comparison of modelled values of geoid undulations with so-called real values. One can create new grid models with geometry equal to the second set of models (Table 2) by using different methods of spatial interpolation on the data contained in the first set of models. These grid models, created using different methods of interpolation, will have nodes that planarly correspond with nodes from the second set of models. Modeled undulations of the geoid \bar{N} can then be compared to values of N from the second set of models, which are derived directly from the geopotential models and can, in comparison to \bar{N} , be considered real or quasi-real values.

This somewhat specific kind of gridding should be highlighted. Gridding, or creation of a grid model, is by definition the creation of a regular equiangular set of data from observation data that is more or less irregularly spatially distributed (Smith and Wessel 1990). However, in this paper gridding is done on data that is also in a form of a grid. This fact shouldn't be considered as a problem but a curiosity, as modelling methods or methods of spatial interpolation aren't exclusively intended to apply on irregular

sets of data. Also, modelled values are directly compared with so-called real values, so the conclusions can be safely made based on the differences between those two.

Modelling of geoid undulations was done using *GoldenSoftware Surfer 13* and following 6 methods of spatial interpolation: *Inverse Distance Weighted (IDW)*, *Kriging*, *Minimum Curvature (MC)*, *Natural Neighbour (NN)*, *Radial Basis Function (RBF)* and *Moving Average (MA)*. Default interpolation parameters suggested by *Surfer* were kept in all cases and are presented in Table 3. 18 grid models were created in total, 6 per each of the 3 global geopotential models (EGM2008, EIGEN-6C4 and GECO). Figure 1 shows 6 of those models related to GECO, as a most up-to-date global model included in this paper.

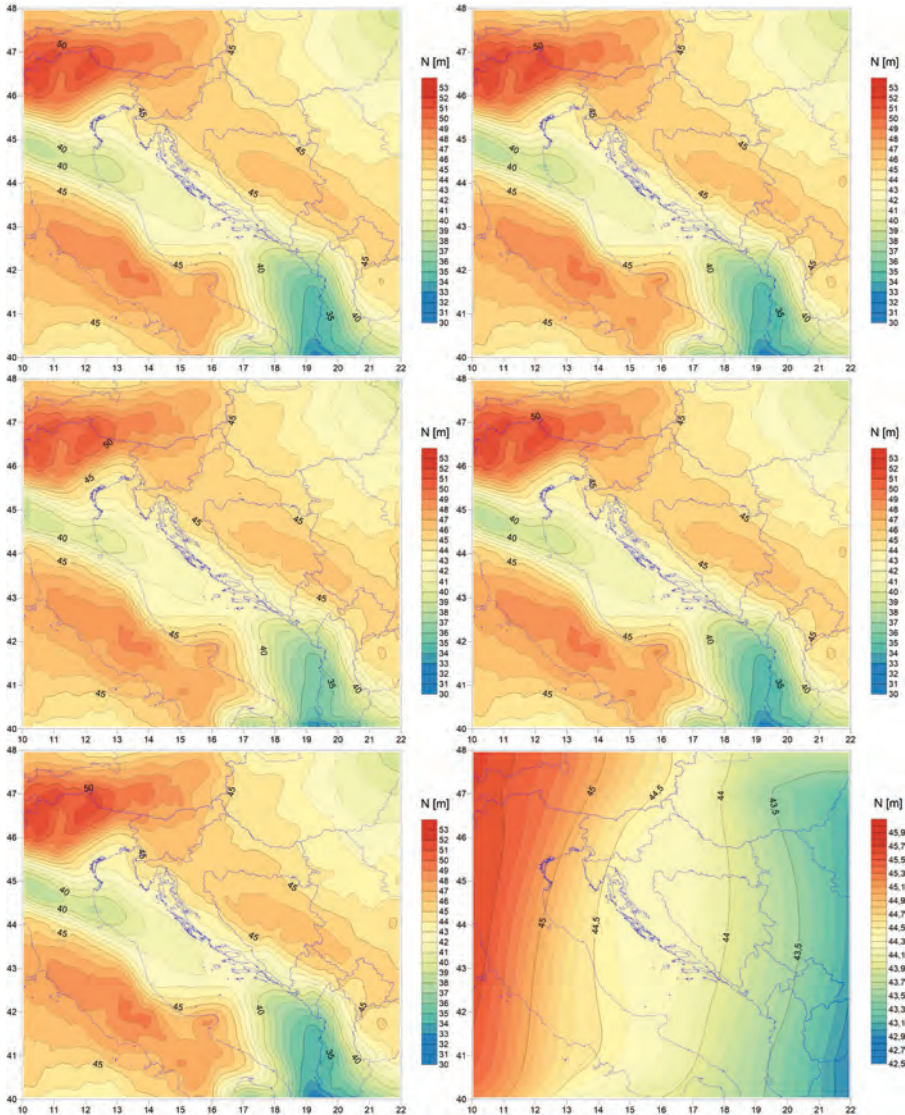


Figure 1: Models of the geoid using GECO and different methods of interpolation, from top left to bottom right: IDW, Kriging, MC, NN, RBF, MA.

Table 3: Modelling parameters

Gridding method	Parameter	Value	Gridding method	Parameter	Value
IDW	Anisotropy ratio	1	Natural Neighbour	Anisotropy ratio	1
	Anisotropy angle	0		Anisotropy angle	0
	SER	7.2		RBF	Anisotropy ratio
Kriging	Anisotropy ratio	1		Anisotropy angle	0
	Anisotropy angle	0		SER	7.2
	SER	7.2		SEA	0
Minimum Curvature	Max. Residual	0.02	Moving Average	R ²	0.0006
	Anisotropy Ratio	1		SER	7.2
				SEA	0

Simple visual evaluation of models presented in Figure 1 can lead to some assumptions. Firstly, the surface of the geoid created with the MA method of interpolation seems rather flat and completely out of place in comparison with other models. Secondly, a model created using the MC method shows sudden jumps and roughness of the geoid surface, especially along the edges of the model. The assumption can be made that MA and MC methods will have the lowest level of accuracy in the assessment.

Figures showing geoid models created using EGM2008 and EIGEN-6C4 data aren't shown here as they are very similar to GECO and differences between them can hardly be seen in this kind of resolution. Assumptions made on the GECO models also transfer to the other two.

3 QUALITY ASSESSMENT AND COMPARISON

Newly created or modeled values of geoid undulations \bar{N} and geoid undulations N derived directly from geopotential models in same points allow the calculation of their prediction errors or residuals ε in each of the nodes as

$$\varepsilon_i = N_i - \bar{N}_i \tag{5}$$

It should be highlighted that none of the undulations N was included in the modelling of \bar{N} . This enables the calculation of RMSE as a measure of quality of the created model as (Willmott and Matsuura, 2005)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n}} \tag{6}$$

where n is a total number of nodes in the grid model.

18 sets of residuals were made in total, one for each of the 18 created grid models, by subtracting the corresponding of the three source models as shown in (5). These sets of residuals also form grid models, as each of the residuals ε has a corresponding planar position of the node it is calculated from. Surfaces of 6 of those models made from GECO, one for each of the tested methods of interpolation, are shown in Figure 2.

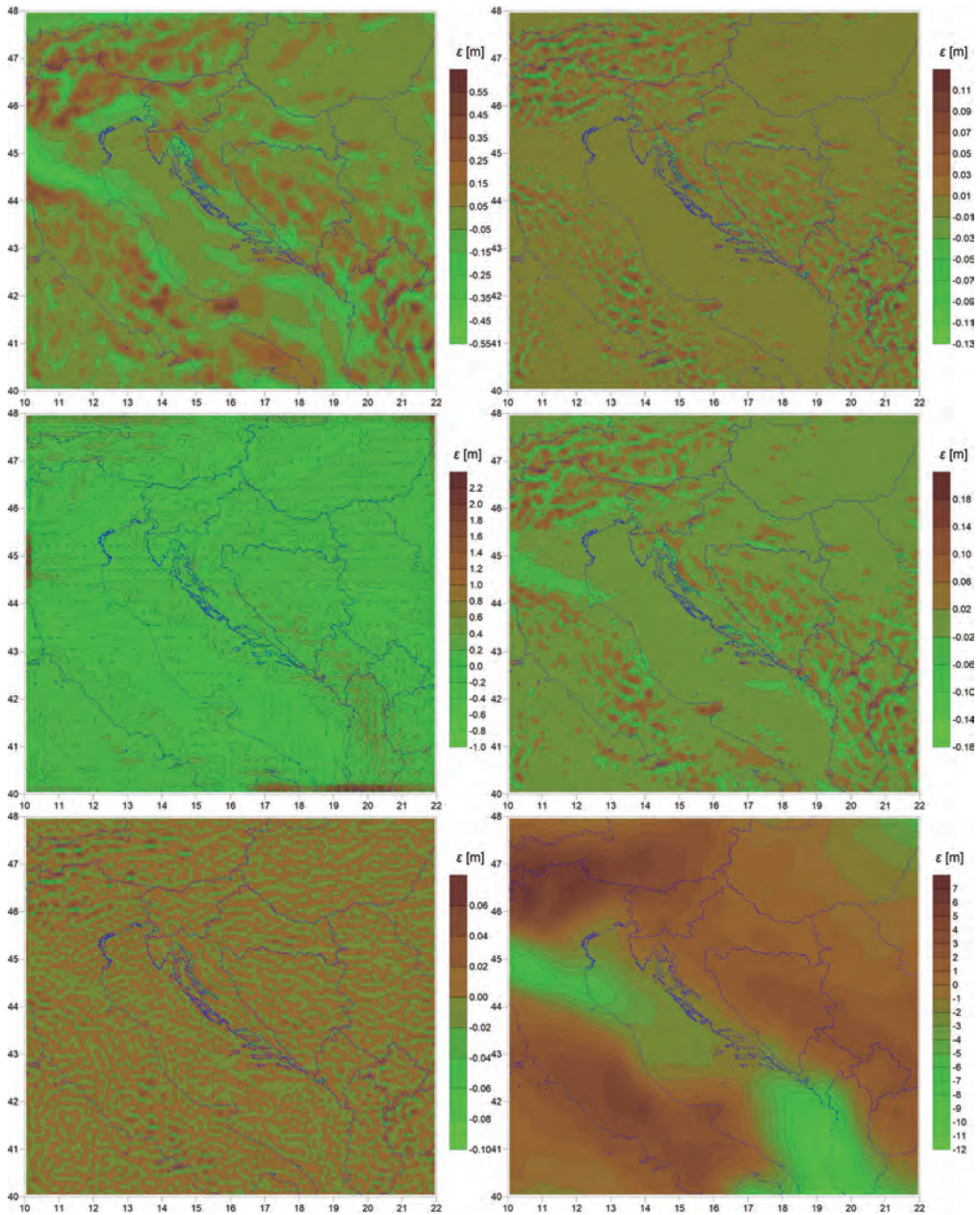


Figure 2: Contour maps showing residuals ε of different methods of interpolation using GECO, from top left to bottom right: IDW, Kriging, MC, NN, RBF, MA.

For the same reason as per Figure 1, contour maps of residuals for EGM2008 and EIGEN-6C4 aren't shown because of their barely noticeable differences from GECO residuals on Figure 2, at least in such a limited resolution. Basic statistical indicators for all 18 sets of residuals are presented in Table 4.

Table 4: Basic statistical indicators of residuals ε depending on the tested method of interpolation and used global geopotential model.

Indicator [m]	Inverse Distance Power	Kriging	Minimum Curvature	Natural Neighbour	Radial Basis Function	Moving Average	Model
ε minimum	-0.548	-0.129	-0.970	-0.173	-0.096	-11.138	EGM2008
ε maximum	0.542	0.104	2.018	0.176	0.061	6.520	
ε span	1.090	0.233	2.987	0.350	0.157	17.658	
ε mean	0.001	0.000	0.017	0.001	0.000	-0.009	
ε median	-0.004	0.000	0.009	-0.001	0.000	0.418	
RMSE	0.102	0.018	0.178	0.027	0.012	2.940	
ε minimum	-0.549	-0.129	-0.951	-0.173	-0.096	-11.199	
ε maximum	0.545	0.104	2.036	0.176	0.061	6.538	
ε span	1.093	0.233	2.988	0.349	0.157	17.737	
ε mean	0.001	0.000	0.017	0.001	0.000	-0.007	
ε median	-0.004	0.000	0.009	-0.001	0.000	0.424	
RMSE	0.102	0.018	0.179	0.027	0.012	2.950	
ε minimum	-0.547	-0.129	-0.974	-0.173	-0.096	-11.192	GECO
ε maximum	0.540	0.104	2.035	0.176	0.061	6.513	
ε span	1.087	0.233	3.009	0.349	0.157	17.705	
ε mean	0.001	0.000	0.017	0.001	0.000	-0.007	
ε median	-0.005	0.000	0.009	-0.001	0.000	0.420	
RMSE	0.102	0.018	0.179	0.027	0.012	2.949	

Figure 2 shows noticeable differences in spatial distribution of residuals for MC and MA in comparison with other methods of interpolation, which confirms previous assumptions. Inspection of information provided in Table 4 also agrees with this. All of the indicators for MA except the mean residual are on the meter level and drastically worse than those of other methods. Indicators for MC are also somewhat worse than the remaining 4 methods, RMSE and span of residuals being the highest and mean residual being furthestmost away from zero. Although these indicators for MC aren't drastically lower than for example IDW, in combination with specific spatial distribution noticeable on Figure 2 they lead to the conclusion that method of MC isn't suitable for interpolation of geoid undulations from grid models.

Another thing that can be noted by examination of Table 4 is a high level of similarity of all expressed indicators between different global geopotential models. Differences between corresponding indicators are on average only a few mm high, or to be exact, with omitting the MA and MC methods, highest difference in any indicator between models is only 6 mm. In other words, results for EGM2008, EIGEN-6C4 and GECO are to a large degree the same if observing the significant cm level. This implies a high level of similarity between the geoid models created from those different global geopotential models and enables making of conclusions that are carried over for all of the models.

To make a comparison of indicators between methods of interpolation from Table 4 easier, they are graphically represented in Figure 3 for GECO only, as ones for EGM2008 and EIGEN-6C4 are almost the same.

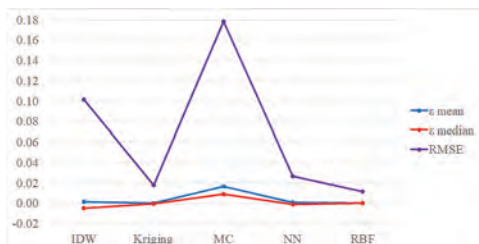


Figure 3: Comparison of RMSE, mean and median ϵ for different methods of interpolation and GECO model

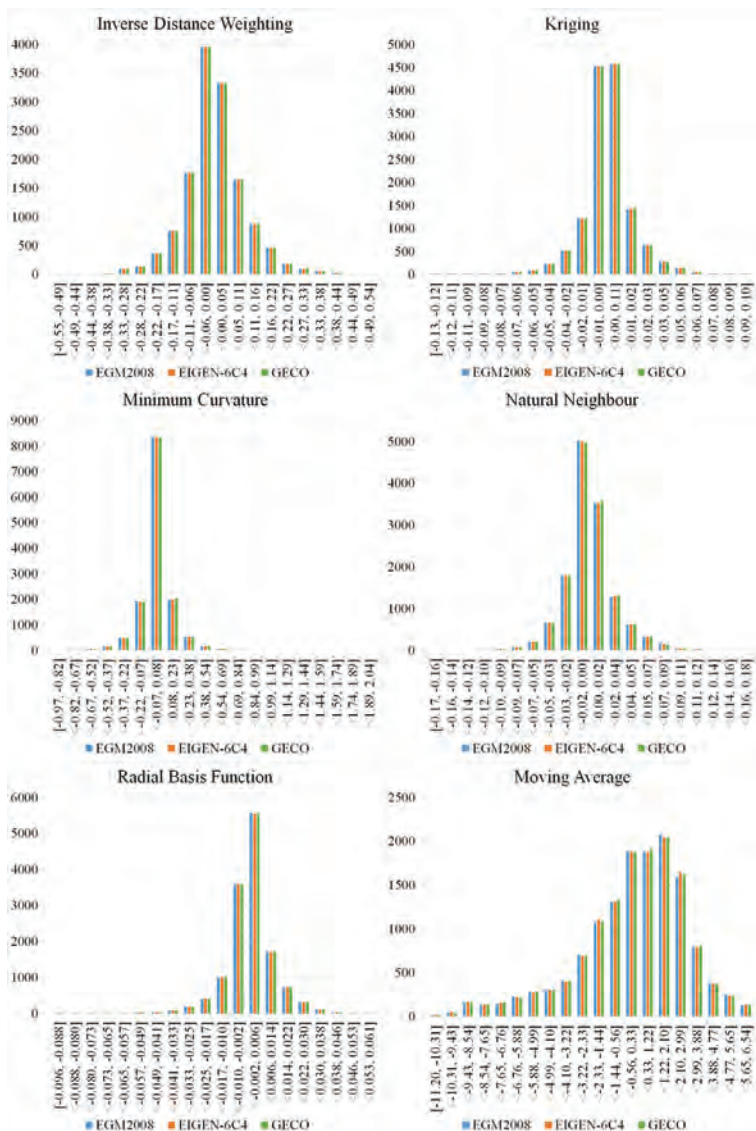


Figure 4: Histograms of residuals ϵ for all of the tested interpolation methods

Figure 3 confirms high deviation of MC method and also gives insight in noticeable deviation of IDW with RMSE of 10.2 cm and median ε of -0.5 cm. RMSE of remaining three methods are all considerably better with amounts: 1.8 cm for Kriging, 2.7 cm for NN and 1.2 cm for RBF. They also have means and medians of ε equal or almost equal to zero (0.0 or 0.1 cm). Maximum and minimum residuals with the corresponding span are also following this trend (Table 4), with RBF method having those indicators closest to zero and Kriging and NN following closely behind.

Another indicator that should be regarded while comparing interpolation quality is the distribution of different interpolation method's residuals. Histograms of all calculated residuals showing this distribution are presented in Figure 4, for all tested methods and global geopotential models. They are created with 20 equal-sized intervals or bins.

All of the distributions of residuals (Figure 4), except residuals of MA methods, are reasonably bell-shaped, symmetric and without outliers. MC method dispersion is rather narrow and is heavily gravitating to zero value, and the histogram is in addition right-skewed. Dispersions of IDW, Kriging, NN, and RBF are to some extent resembling normal distributions, with RBF being slightly skewed left.

4 SUMMARY

In this paper, the authors determined and compared the accuracy of six spatial interpolation methods in calculating geoid undulations from equiangular grid models of the geoid, derived from three different global geopotential models. For this, 18 grid models of the geoid were created, and modelled values of geoid undulations N^- from these models were subtracted from undulations N of independent (e.g. not used in creation) models in equal points. Residuals calculated in this way, their statistics and their graphical interpretation, served as a base for quality assessment and comparison of six tested methods of interpolation.

The first thing that was noted is the very high level of similarity between different global geopotential models. Statistical and graphical indicators are virtually the same within each of the different methods of interpolation and seem independent of global model in question. This indicates that EGM2008, EIGEN-6C4 and GECO are extremely similar on the observed wide area of Croatia (10° - 22° λ and 40° - 48° φ on GRS80).

Comparative analysis of interpolation methods led to the conclusion that, for the specific case of interpolation of geoid undulation from grid model, MA method is completely unsuitable. MC and IDW also turned out to have a low level of accuracy and are not suited for this purpose. Based on all of the considered criteria, it can be concluded that best methods are IDW, Kriging, and NN, in that order. For these three methods, differences in all of the considered indicators were in the range of a few mm, and all of them should give satisfactory results on cm level. It should be noted that methods were tested using default interpolation parameters, so the possibility of obtaining different results by tweaking them exist.

Literature and references:

- Balasubramania, N. (1994). Definition and realisation of a global vertical datum. Scientific Report No. 1. The Ohio State University, Department of Geodetic Science and Surveying, Columbus.
- Bašić, T. (2009). Unique transformation model and new geoid model of the Republic of Croatia. In Bosiljevac, M. (Ed.), *Izviješća o znanstveno-stručnim projektima* 2006.-2008., State Geodetic Administration, Zagreb (in Croatian).
- Bašić, T., Bjelotomić, O. (2014). HRG2009 – New High Resolution Geoid Model for Croatia. In Marti, U. (Ed.), *Gravity, Geoid and Height Systems*, International Association of Geodesy Symposia Volume 141. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-10837-7_24

- Barthelmes, F. (2014). Global Models. In Grafarend, E. (Ed.), *Encyclopedia of Geodesy* (pp. 1-9). Springer International Publishing, Zug. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-02370-0>
- Barthelmes, F. (2013). Definition of Functionals of the Geopotential and Their Calculation from Spherical Harmonic Models: theory and formulas used by the calculation service of the International Centre for Global Earth Models (ICGEM), <http://icgem.gfz-potsdam.de>. Scientific Technical Report STRO9/02. GFZ Helmholtz-Zentrum Potsdam, Potsdam. DOI: <http://doi.org/10.2312/GFZ.b103-09026>
- Barthelmes, F., Köhler, W. (2016). International Centre for Global Earth Models (ICGEM). In Drewes, H. (Ed.), Kuglitsch, F. (Ed.), Adám, J. (Ed.), Róssa, S. (Ed.), *The Geodesists Handbook 2016, Journal of Geodesy*, 90(10), pp. 907-1205. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-016-0948-z>
- Förste, Christoph, Bruinsma, Sean L., Abrikosov, Oleg, Lemoine, Jean-Michel, Marty, Jean Charles, Flechtner, Frank, Balmino, G., Barthelmes, F., Biancale, R. (2014): EIGEN-6C4 The latest combined global gravity field model including GOCE data up to degree and order 2190 of GFZ Potsdam and GRGS Toulouse. GFZ Data Services. DOI: <http://doi.org/10.5880/icgem.2015.1>
- Gilardini, M., Reguzzoni, M., Sampietro, D. (2016). GECO: a global gravity model by locally combining GOCE data and EGM2008. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 60(2), 228-247. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11200-015-1114-4>
- Grgić, M., Varga, M., Bašić, T. (2015). Empirical Research of Interpolation Methods in Distortion Modeling for the Coordinate Transformation between Local and Global Geodetic Datums. *Journal of Surveying Engineering*, 142 (2), 05015004-1-05015004-14. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000154](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000154)
- Gumus, K., Sen, A. (2013). Comparison of spatial interpolation methods and multi-layer neural networks for different point distributions on a digital elevation model. *Geodetski vestnik*, 57(3), 523-543.
- Hećimović, Ž., Bašić, T. (2005a). Satelitska misija CHALLENGING Minisatellite Payload (CHAMP). *Geodetski list*, 59 (82), 129-147, (in Croatian).
- Hećimović, Ž., Bašić, T. (2005b). Satelitska misija Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE). *Geodetski list*, 59 (82), 181-197, (in Croatian).
- Hećimović, Ž., Bašić, T. (2005c). Satelitska misija Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer (GOCE). *Geodetski list*, 59 (82), 253-265, (in Croatian).
- Hofmann-Wellenhof, B., Moritz, H. (2006). *Physical geodesy*. Springer, Vienna. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-211-33545-1>
- Ihde, J., Sanchez, L. (2005). A unified global height reference system as a basis for IGGOS. *Journal of Geodynamics*, 40(4), 400-413. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jog.2005.06.015>
- Konoshov, V. N., Nepoklonov, V. B., Semyagin, R. A., Lidovskaya, E. A. (2013). Modern global Earth's gravity field models and their errors. *Gyroscopy and Navigation*, 4(3), 147-155. DOI: <https://doi.org/10.1134/S207510871303005X>
- Kotsakis, C., Katsambalos, K. (2010). Quality analysis of global geopotential models at 1542 GPS/levelling benchmarks over the Hellenic mainland. *Survey review*, 42(318), 327-344.
- Moritz, H. (1980). Geodetic Reference System 1980. *Bulletin géodésique*, 54(3), 395-405. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF0252148>
- Pavlis, N. K., Holmes, S. A., Kenyon, S. C., Factor, J. K. (2008). An earth gravitational model to degree 2160: EGM2008. EGU General Assembly, Vienna, Austria, 13-18 April 2008.
- Pavlis, N. K., Holmes, S. A., Kenyon, S. C., Factor, J. K. (2012). The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008). *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 117 (B4). DOI: <http://dx.doi.org/10.1029/2011JB008916>
- Rapp, R. H. (1998). Past and future developments in geopotential modeling. In Forsberg, R. (Ed.), Feissel, M. (Ed.), Dietrich, R. (Ed.), *Geodesy on the Move: Gravity, Geoid, Geodynamics and Antarctica*. Springer, Berlin. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-72245-5_9
- Rapp, R. H., Pavlis, N. (1990). The Development and Analysis of Geopotential Coefficient Models to Spherical Harmonic Degree 360. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 95 (B13). DOI: <https://doi.org/10.1029/JB095iB13p21885>
- Schwarz, K. P., Sideris, M. G., Forsberg, R. (1987). Orthometric heights without levelling. *Journal of Surveying Engineering*, 113(1), 28-40. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9453\(1987\)113:1\(28\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9453(1987)113:1(28))
- Smith, W. H. F., Wessel, P. (1990). Gridding with continuous curvature splines in tension. *Geophysics*, 55(3), 293-305. DOI: <https://doi.org/10.1190/1.1442837>
- Torge, W. (1989). *Gravimetry*. Walter de Gruyter, Berlin.
- Torge, W. (2001). *Geodesy*, Third completely revised and extended edition. Walter de Gruyter, Berlin.
- Touboul, P., Foulon, B., Christophe, B., Marque, J. P. (2012). CHAMP, GRACE, GOCE Instruments and Beyond. In Kenyon, S. (Ed.), Pacino, M. C. (Ed.), Marti, U. (Ed.), *Geodesy for Planet Earth*. Springer, Berlin. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-20338-1_26
- Willmott, C. J., Matsuura, K. (2005). Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate research*, 30(1), 79-82.
- Yilmaz, M., Turgut, B., Gullu, M., Yilmaz, I. (2016). Evaluation of Recent Global Geopotential Models by GNSS/levelling Data: Internal Aegean Region. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 1(1), 15-19.



Radanović M., Bašić T. (2018). Accuracy assessment and comparison of interpolation methods on geoid models. *Geodetski vestnik*, 62 (1), 68-78
DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.68-78

Marko Radanović, Research Assistant
University of Zagreb. Faculty of Geodesy
Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Croatia
e-mail: maradanovic@geof.hr

Prof. Tomislav Bašić, Ph.D.
University of Zagreb. Faculty of Geodesy
Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Croatia
e-mail: tbasic@geof.hr

RAČUNANJE TERENSKEGA POPRAVKA NA PODLAGI DIGITALNEGA MODELA GOSTOTE TOPOGRAFSKIH MAS

TERRAIN CORRECTION COMPUTATIONS USING DIGITAL DENSITY MODEL OF TOPOGRAPHIC MASSES

*Oleg R. Odalović, Sanja M. Grekulović, Miroslav Starcević, Dobrica Nikolić,
Miljana S. Todorović Drakul, Danilo Joksimović*

UDK: 528.2:528.221(497.11)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 10. 10. 2017
Sprejeto: 25. 1. 2018

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.79-97
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 10. 10. 2017
Accepted: 25. 1. 2018

IZVLEČEK

V članku predstavljamo postopek računanja terenskega popravka za območje Srbije na temelju tako imenovanega digitalnega modela gostote DMG (angl. Digital Density Model) topografskih mas, to je mas Zemljine skorje nad ploskvijo geoida. DMG je bil določen na podlagi digitalnega modela reliefa (DMR) ločljivosti 30 x 30 metrov in osnovne geološke karte Srbije, ob tem pa smo upoštevali domneve o gostoti mas Zemljine skorje na obravnavanem območju. Predpostavljali smo, da je gostota litosferskih mas na območju Srbije med 2200 kg/m³ in 2800 kg/m³. Terenski popravek smo izračunali v 5765 točkah, ki so enakomerno razporejene po območju Srbije. V raziskavi smo tudi primerjali tako pridobljene rezultate s popravki modela terena, ko smo predpostavili, da je gostota litosfere na študijskem območju enaka in znaša 2670 kg/m³. Rezultati primerjalne analize so pokazali, da se terenski popravek razlikujejo od -1,31 mGal do 0,73 mGal, pri čemer pa je 98 % izračunanih razlik v intervalu ±0,2 mGal.

ABSTRACT

This paper presents the determination of terrain correction by the means of the Digital Density Model (DDM) of topographic masses (Earth's crust mass above the geoid) for the territory of Serbia. The DDM is determined using the Digital Terrain Model (DTM) with the resolution of 30 m, basic geological map of Serbia, and a set of hypotheses on the density of the Earth's crust masses. The assumption that the general lithosphere density over the territory of Serbia ranges between 2200 kg/m³ and 2800 kg/m³ was adopted. Terrain correction is determined at 5765 points, with relatively uniform distribution over the territory of Serbia. The calculations had also included comparing the values obtained therein to the terrain corrections obtained when accepting the hypothesis of constant lithosphere density of 2670 kg/m³. Results of comparison highlight that the differences of terrain correction values ranging from -1.31 mGal to 0.73 mGal, along with 98 % of differences falling within the range of ±0.2 mGal.

KLJUČNE BESEDE

težnost, gostota, topografske mase, terenski popravek, Srbija

KEY WORDS

gravity, density, topographic masses, terrain, terrain correction, Serbia

1 INTRODUCTION

In geodetic research, the gravitational effects of topographic masses need to be considered when resolving the Geodetic Boundary Value Problem, i.e. when determining geoid or quasigeoid. Detailed problem description and review of numerous published papers covering years of research on this topic was given in Tziavos and Sideris (2013). The gravitational effects of topographic masses are dominant at the level of short wavelength characteristics of the gravitatioÄgrenal signal spectrum, i.e. it is directly accountable for determining geoid or quasigeoid at the centimetre accuracy level. Thus far, geoid or quasigeoid had been determined in Serbia twice. Both solutions were presented in detail in Odalović (2008) and Ägren et al. (2011). Both determinations above use remove–restore procedure (Forsberg, 1993), treating the gravitational effect of topographic masses by the means of the Residual Terrain Model (RTM) (Forsberg and Tscherning, 1981), with formal and final calculation being performed by directly applying the expression for the gravitational effect of right rectangular prisms (Nagy et al., 2000), along with a set of approximate expressions as shown in Li (1993). Both geophysical and geodetic treatments of the gravitational effect of topographic masses often assume average lithosphere mass density value of 2670 kg/m^3 , due to unknown distribution of densities. Both determinations of geoid/quasi-geoid above use this particular value, assuming lithosphere masses are equal as per densities. Tziavos and Featherstone (2000) and Olugbenga (2000) in their own researches for the district of West Australia and the territory of Canada, respectively, showed that using more realistic lithosphere density distribution may significantly improve the gravitational effect of topographic masses modelling. In both researches, authors use some relatively simple density model of the upper part of lithosphere in order to include the effects of density anomalies in good modelling procedures. In many of other papers dedicated to the effect of density anomalies authors starts their treatment of density anomalies by creating of a digital model of the density distribution or Surface Density Maps (SDM), according to already existing geological maps and some additional information on the density of lithosphere. For example, one of such an SDM was shown in Tenzer et al. (2011) where their creation was performed on the basis of the geological maps and huge number of wet density values. The SDM was created in a regular grid with resolution of 1×1 arc minutes. Within this research, there was no any kind of modelling of densities between the surface of the Earth down to the geoid itself. Another example of SDM is shown in Huang et al. (2001) where 2D geological map of Canada was used for creating of SDM for the area of the Canadian Rocky Mountains. SDM was created in the form of regular grid with resolution of 30×60 arc seconds. The distribution of the densities down to the geoid was treated only lateral on the basis of the surface densities. The use of the SDM in geoid determination was also showed in Kühtreiber (1998). In this paper, author used SDM to adopt density value by using RTM reduction (Forsberg and Tscherning, 1981) with the aid of (modified) well known TC-program (Forsberg, 1984). As in the last two cases, for the densities of masses down to the geoid, surface density value was adopted.

Over the territory of Serbia, density of masses of physical Earth's surface is in the range from 2200 kg/m^3 to 2800 kg/m^3 , that significantly deviates from the average value of lithosphere mass density. In the northern parts of Serbia, covering 30% of the total territory of Serbia, mass densities are nearly homogeneous at 2200 kg/m^3 , while the mass densities at the southern part reach the value of 2800 kg/m^3 (Dimitrijević et al., 1970). This paper presents the first results of the research regarding the effect of different lithosphere densities on the value of terrain correction for the territory of Serbia, according to

the newly created DTM and DDM. We created DDM also from the existing geological maps by creating SDM, using some additional hypothesis about the upper layer of the lithosphere in order to provide more realistic density anomalies from the physical surface of the Earth down to the geoid surfaces.

2 MATHEMATICAL BACKGROUND

Terrain correction is the part of the topographic masses gravity effect that is inappropriately considered (or left out completely) under the procedure of Bouguer reduction of the gravity, i.e. while determining the value of gravity on the geoid, based on the values of measuring results on the Earth's physical surface (Heiskanen and Moritz, 1967). Bouguer reduction starts by determining the gravity effect of the Bouguer plate in a point P which is located at the physical surface of the Earth (Figure 1):

$$\delta g_B = 2\pi G\rho H^0, \tag{1}$$

where G is the universal gravitational constant, ρ is the mean mass density of the Earth's crust and H^0 and is the orthometric height of the point (Heiskanen and Moritz, 1967).

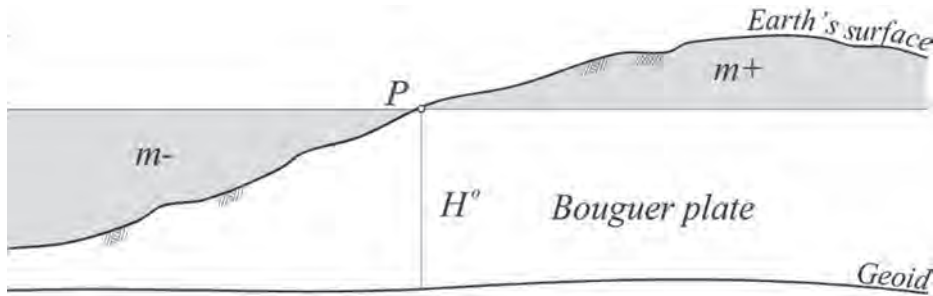


Figure 1: Representation of the Bouguer plate.

After calculating corrections for the free air,

$$\delta g_{FA} = \frac{\partial g}{\partial H^0} H^0 \tag{2}$$

and atmospheric correction (Torge, 1989)

$$\delta g_{A[m_s^{-2}]} = 8.74 - 9.9 \cdot 10^{-4} H_{[m]} + 3.56 \cdot 10^{-8} H_{[m]}^2 \tag{3}$$

the value of the gravity on the geoid can be calculated as:

$$g' = g_{mes} - \delta g_B + \delta g_A + \delta g_{FA} \tag{4}$$

where $\partial g/\partial H^0$ is vertical gravity gradient and g_{mes} is measured gravity value at the point P . It is obvious that the non-existing masses were taken into consideration (Figure 1, masses marked $m-$) while proceeding with the Bouguer's plate effect evaluation and that the gravitational mass effect positioned above Bouguer's plate was not taken into consideration (Figure 1: masses designated $m+$). The total of gravitational mass effect $m-$ and $m+$ is designated as terrain correction (Forsberg and Tscherning, 1997):

$$c = \delta g_{m-} + \delta g_{m+} \tag{5}$$

and it can be calculated using the expression:

$$c = G \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{z=H_p^o}^{z=H^o(x,y)} \rho(x,y,z) \frac{z - H_p^o}{\sqrt[3]{(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2 + (z - z_p)^2}} dx dy dz \quad (6)$$

The final value of gravity on the geoid is obtained by adding the terrain correction to the value defined by the expression (4):

$$g_B = g' + c. \quad (7)$$

The gravity anomaly value determined in this manner is used to establish Bouguer's anomalies on the geoid, as it is presented in several researches, e.g. (Hackney and Featherstone, 2003):

$$\Delta g_B = g_B - \gamma_0 \quad (8)$$

where γ_0 is the value of normal gravity at an adopted reference ellipsoid (Moritz, 1984). The equation (1) together with a representation of Bouguer plate showed in Figure 1 is just one way to represent the gravity effect of topographic mass. A lot of different approach is possible. For example, in Vaniček et al. (2001), topography mass was treated just like in this paper, as a Bouguer plate, but in addition as a Bouguer shell. The approach of the spherical Bouguer shell is also applied in the research presented in Kuhn et al. (2009) for a huge number of gravity points all over Australia. Another way for calculation of topography effects throughout Bouguer concept is to derive spherical Bouguer shell from the Earth's topography harmonic expansion as it is shown in Balmino et al. (2012). In all mentioned papers advantages and disadvantages of different approaches were presented, but we decided to use the Bouguer plate as a simpler approach which is not computationally too demanding.

The terrain correction determined by the expression (5) is also a part of the anomaly defined by equation:

$$\Delta g_H = g_{mes} - \gamma_0 + \delta g_{FA} + c + \delta g_A \quad (9)$$

which is obtained by using the Helmert reduction. Anomalies defined by (9) are the basic values for determining the gravimetric geoid under the remove–restore method. The Bouguer anomaly is not used for the purposes of geoid determination, due to the exceptionally high effects on the geoid undulations known as indirect effect (Heiskanen and Moritz, 1967). The indirect effect is, furthermore, the consequence of removing or pushing out the topographic masses, causing the change of gravity potential, i.e. the variation of the geoid undulation values (N_R) and for that reason, it needs to be additionally modelled within the remove–restore method (Forsberg and Tscherning, 1997):

$$N = N_R + E. \quad (10)$$

The indirect effect value IE may be determined from (Ägren et al., 2009):

$$IE = -\frac{2\pi G \rho}{\gamma_0} \left(H_p^{o2} + \frac{2}{3} \frac{H_p^{o3}}{R} \right), \quad (11)$$

where R is the mean Earth radius, the first term in the expression (11) pertains to the Bouguer's plate effect and the second term to the terrain correction effect (Moritz, 1980). The indirect effect has strictly local

character and is directly proportional to the height of the point where the effect is being evaluated, as well as to the density of topographic masses around the evaluation point (Sjöberg and Nahavandchi, 1999).

3 TERRAIN CORRECTION PRACTICAL EVALUATION

The integral defined by the expression (6) is commonly calculated today by the means of digital terrain model (DTM), which divides the topographic masses into right rectangular prisms (Figure 2), where the symbol for infinity in (6) is replaced by the distance of $D = 167$ km, and for the densities of Earth's crust masses the mean value of 2670 kg/m^3 is being adopted; thus the integral (6) being transformed into the following expression (Forsberg and Tscherning, 1997):

$$c = G\rho \iint_D \int_{z=H_p^o}^{z=H^o(x,y)} \frac{z - H_p^o}{\sqrt[3]{(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2 + (z - z_p)^2}} dx dy dz, \tag{12}$$

where $x, y,$ and z are the coordinates of the running point, and $x_p, y_p,$ and z_p are coordinates of the evaluation point.

The procedure of the evaluation involves determining gravity effect of each prism that is positioned at the distance less than 167 km from the evaluation point P , taking into consideration the effect of the Earth's curvature, and finally, summing the effects of all prisms.

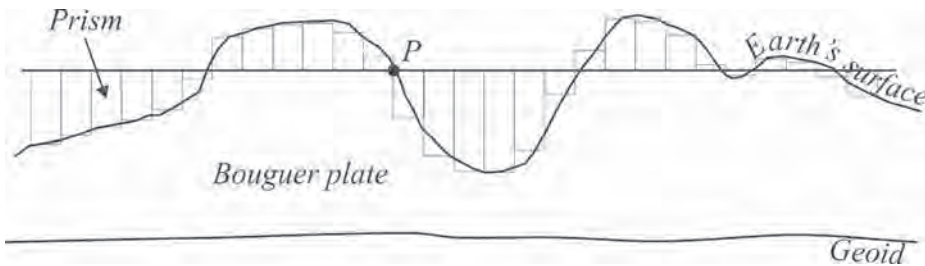


Figure 2: Representation of topographic masses by prisms.

The expressions used for determining the gravity effect of a single prism, i.e. the potential and its first partial derivatives are given respectively by the following expressions (Figure 3) (Nagy et al., 2000):

$$V = G\rho \left\| \left\| xy \ln(z+r) + xz \ln(y+r) + yz \ln(x+r) - \frac{x^2}{2} \arctan \frac{yz}{xr} - \frac{y^2}{2} \arctan \frac{xz}{yr} - \frac{z^2}{2} \arctan \frac{xy}{zr} \right\|_{x_1} \right\|_{y_1}^{z_2}, \tag{13}$$

$$V_z = -\frac{\partial V}{\partial z} = -G\rho \left\| \left\| x \ln(y+r) + y \ln(x+r) - z \arctan \frac{xy}{zr} \right\|_{x_1} \right\|_{y_1}^{z_2}, \tag{14}$$

$$V_x = -\frac{\partial V}{\partial x} = -G\rho \left\| \left\| y \ln(z+r) + z \ln(y+r) - x \arctan \frac{yz}{xr} \right\|_{x_1} \right\|_{y_1}^{z_2}, \tag{15}$$

$$V_y = -\frac{\partial V}{\partial y} = -G\rho \left\| \left\| z \ln(x+r) + x \ln(z+r) - y \arctan \frac{zx}{yr} \right\|_{x_1} \right\|_{y_1}^{z_2}, \tag{16}$$

where

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}. \tag{17}$$

For all the prisms that are located at the distance greater than $d_c = 15$ km (Nowell, 1999; Hinze et al., 2005) from the point P , the effect of the Earth's curvature can be exactly taken into consideration using the transformation (Makhloof, 2007) (Figure 4):

$$\begin{bmatrix} V_x^* \\ V_y^* \\ V_z^* \end{bmatrix} = \mathbf{R}(\varphi, \lambda, \varphi', \lambda') \cdot \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix}, \tag{18}$$

where

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} s_1 s_1' (c_2 c_2' + s_2 s_2') + c_1 c_1' & s_1 (-c_2 s_2' - s_2 c_2') & -s_1 c_1' (c_2 c_2' + s_2 s_2') + c_1 c_1' \\ s_1' (s_2 c_2' + c_2 s_2') & s_2 s_2' + c_2 c_2' & c_1' (-s_2 c_2' + c_2 s_2') \\ -c_1 s_1' (c_2 c_2' + s_2 s_2') + s_1 c_1' & c_1 (-c_2 s_2' + s_2 c_2') & c_1 c_1' (c_2 c_2' + s_2 s_2') + s_1 s_1' \end{bmatrix}, \tag{19}$$

with

$$\begin{aligned} s_1 &= \sin \varphi, & s_2 &= \sin \lambda, & c_1 &= \cos \varphi, & c_2 &= \cos \lambda, \\ s_1' &= \sin \varphi', & s_2' &= \sin \lambda', & c_1' &= \cos \varphi', & c_2' &= \cos \lambda'. \end{aligned} \tag{20}$$

By summing the effects of all prisms, the value of terrain correction is finally evaluated by:

$$c_P = \sum_i^{n_1} V_{z_i} + \sum_j^{n_2} V_{z_j}^*, \tag{21}$$

where n_1 is the number of prisms that are at the distance $d < d_c$ and n_2 is the number of prisms that are at the distance $d \geq d_c$.

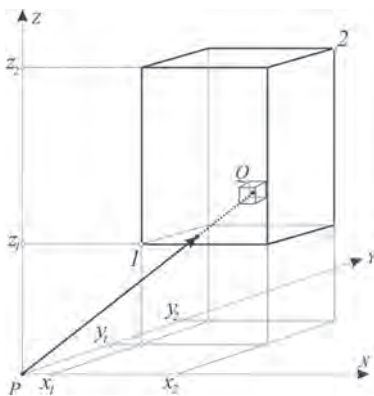


Figure 3: Right rectangular prism.

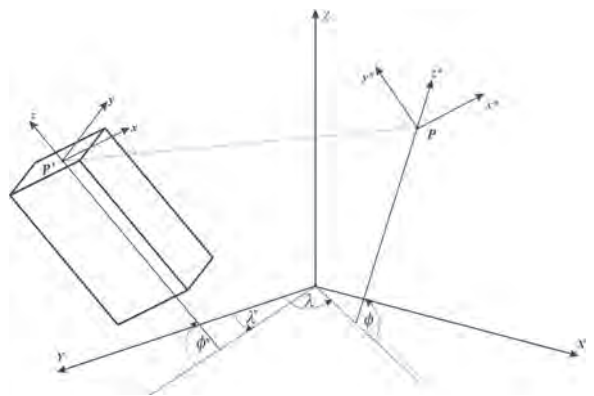


Figure 4: Transformation between coordinate systems.

Table 1 shows the gravity effect of one prism with a square base of 30 m and the height of 500 m at the different horizontal distances from the prisms centre of mass. The table indicates that the effect of different densities of individual prisms for a point at the prism itself has the value of several tenths of mGal, and the

effect of the same prism to the point at the horizontal distance of only 100 m from the centre of mass of the prism is of the order of several hundreds of mGal. Whatever the case may be, it can be stipulated that the summary effect of large numbers of prisms with various densities on evaluating terrain correction is not negligible in general. To estimate the effect of adopting the hypothesis of equal topographic mass densities in summing up a large number of prisms by using (21), we have treated the terrain correction using expression (6), and used the DDM to determine the density that appears as variable in (6). For the purposes of the researches, the DDM was created as the set of right rectangular prisms that are covering the area shown in Figure 5 using the following: the DTM of Serbia, with the resolution of 30 m in both directions; the Geological Map of Yugoslavia, scale 1 : 500,000, and the SRTM model (USGS, 2005), with the resolution of 3 arc second in both directions, which was used for topographic masses outside the territory of Serbia.

Table 1: Gravity effect of a single prism with dimensions of 30 m x 30 m x 500 m, depending on the density of the prism and on horizontal distance from the prisms centre of mass (units: mGal).

Density 2670 kg/m ³	Effect on gravity		The difference compared to the effect of density of 2670 kg/m ³	
	Distances [m]		Distances [m]	
	0	100	0	100
2200	1.53	0.12	-0.33	-0.03
2300	1.60	0.12	-0.26	-0.02
2400	1.67	0.13	-0.19	-0.01
2500	1.73	0.13	-0.12	-0.01
2600	1.80	0.14	-0.05	0.00
2670	1.85	0.14	0.00	0.00
2700	1.87	0.14	0.02	0.00
2800	1.94	0.15	0.09	0.01

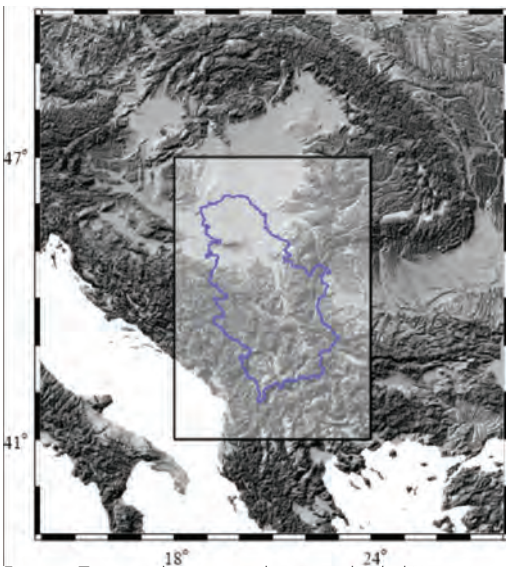


Figure 5: Topographic masses that were divided into prisms.

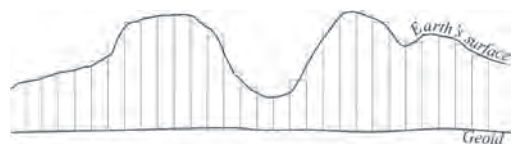


Figure 6: Division of topographic masses into prisms using the DTM.



Figure 7: Division of right rectangular prisms per height to the smaller prisms.

The set of DDM prisms was obtained as follows: the topographic masses were divided into right rectangular prisms with equal bases using the DTM (Figure 6); the prisms obtained in this manner were additionally divided per their heights into the maximum of 3 segments, i.e. 3 smaller prisms (Figure 7) and using data from the geological map and adopting a series of hypothesis for the Earth's crust masses.

4 CREATION OF THE DTM

The DTM is created from the digitized data of the contour lines from the maps of scale 1 : 25,000, being one out of series projects of the Military Geographic Institute of Serbia (MGI). In 2004, the MGI handed over the data to the Department of Geodesy and Geoinformatics at the Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, in the point scatter format, for the purposes of scientific research. The DTM with resolution of 30 m x 30 m in both directions was created using those data, and was used in the procedure of a high resolution geoid determination in the territory of the Republic of Serbia (Odalović, 2008) (Figure 8). The coordinates of the grid point relate to the Cartesian coordinates in UTM projection. The DTM height values were determined using an interpolation procedure, i.e. by applying the method of squared inversion distance, from the points scatter coordinates in the direct vicinity of a point for which the height is being determined (Odalović, 2008). Comparison of derived DTM with the data of about 80000 geodetic network points indicates that the accuracy of the model is better than 10 m (Odalović, 2005). Using such DTM, we consider that the topographic masses are divided into prisms with bases of 30 m in both directions. As for topographic masses (Figure 8), the relief of Serbia is characterized by different formations: starting with flatlands, with heights of approximately 90 m in the parts north of the Sava and Danube Rivers, followed by moderately mountainous terrain in the central and eastern part of Serbia with heights ranging from 200 m to 1000 m, and high mountainous terrain at the southwest with heights from 1000 m and exceeding 2000 m.

Complex relief is the consequence of complex geological structure. Flatlands part in the north of Serbia was formed during the period after the Pannonian Sea had dried out, due to the tectonic terrain uplifting in the area during the period of the last 15 million of years. The mountain range in the east Serbia is a part of the Carpathian–Balkan volcanic complex and the igneous rocks are dominant in that part. The southwest part of Serbia is designated by high mountain ranges, the part of the Dinaric complex (Robertson et al., 1994). This shape of relief was formed by constant uplifting due to the African plate pressure on the southern Europe in the northeast direction. The sedimentary rocks (limestone and dolomite) are prevailing in this part of the terrain, often suffering deviations under the powerful tectonic pressure, and became metamorphic rocks. The Danube River enters Serbia at a three-state boundary: Hungarian, Croatian and Serbian; and exits Serbia in the east, at the border with Romania, and flows into the Black Sea afterwards. The length Danube River through Serbia is 588 km, with 137.6 km shared with Croatia and 299.4 km with Romania. The topography along the Danube in Serbia varies from plains to hilly regions and wild canyons. The most beautiful part of its basin is Đerdap gorge, where the Danube is the widest (Golubac: 6000 m) and the narrowest (Gorges: 150 m wide and 90 m deep).

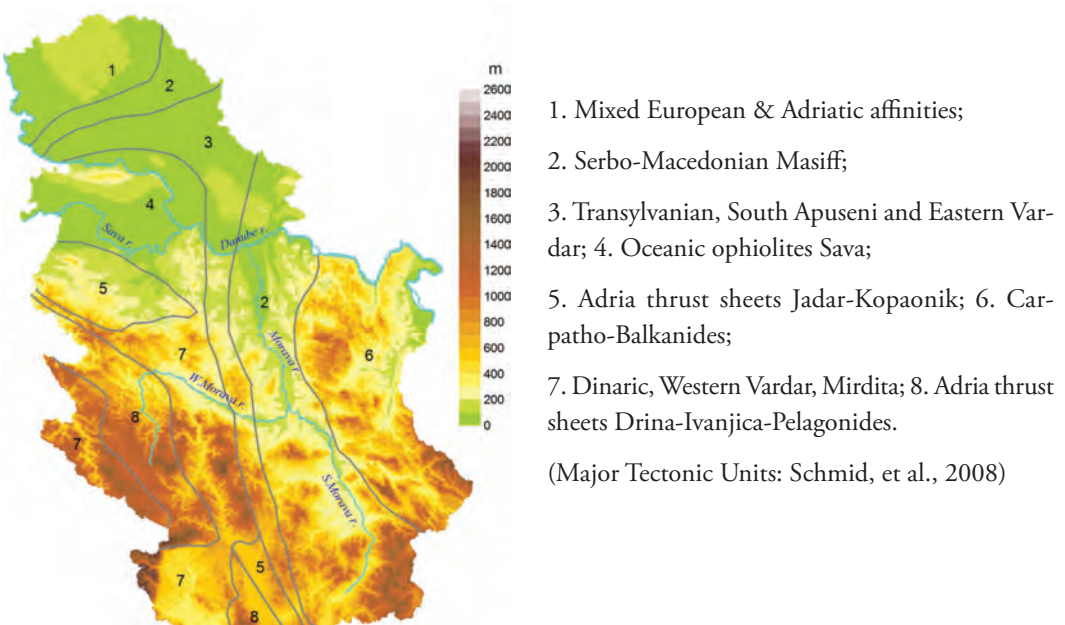


Figure 8: Topographic masses over the territory of Serbia with major tectonic units.

5 CREATION OF THE DDM

Each prism that was defined by the means of DTM was additionally divided along the height into the maximum of 3 prisms (Figure 7, example of prism division A, B, C); based on its position, height, and data from the geological map of Serbia as well as the series of adopted hypothesis. Overview of geological map (Figure 9) instantly indicates that there are several blocks that can be noted as separate geological units (it needs to be noted that the different geological units do not necessarily represent units with different densities because there are geologically different rocks with the same or similar densities). In the geological sense, four major units can be designated over the territory of Serbia. In the far north of Serbia there is a big depression, flat terrain with heights of about 90 m, with surface rocks of small density ranging from 2200 kg/m^3 to 2300 kg/m^3 , newly created in a geological sense (Dimitrijević et al., 1970). These are the remnants of the former Pannonian Sea. In the southern part of the territory of Serbia, significant differences of surface densities can be noticed, which indicate a very heterogeneous geological structure. Three dominant units may be distinguished yet. In the eastern part of the territory, the volcanic rocks prevail, being the part of the Carpathian-Balkan volcanic complex that stretches from Romania (Transylvania), over the eastern Serbia and the entire Bulgaria, ending at the Black Sea. This geological unit is composed mostly of volcanic rocks with densities that range from 2500 kg/m^3 to 2650 kg/m^3 (Dimitrijević et al., 1970). In the central part of the territory, there are the oldest rocks from the Paleozoic age that belong to the old Rhodope mass stretching from Greece, over Macedonia, and ending at the Danube in Serbia. The density of this geological unit is greater, and ranges from 2650 kg/m^3 to 2800 kg/m^3 (Dimitrijević et al., 1970). In the western part of the territory of Serbia,

Dinarides rocky complex is dominant, stretching from Slovenia, over Bosnia and Herzegovina, and Serbia, and ends in the western Macedonia. Those complex rocks vary in structure, from very old ones (Paleozoic), over medium age ones (Mesozoic) and younger volcanic rocks, with granites and andezites being representative. In this part, the densities vary widely, from younger sediments with a density of 2300 kg/m³ to very old crystal shale with density up to 2800 kg/m³ (Bilibajkić et al., 1979). However, the Mesozoic sediments with density from 2550 kg/m³ to 2650 kg/m³ are prevailing (Dimitrijević et al., 1970). The characteristic property of this area is that it contains rocks that suffered major transformations during the geological history (metamorphism), being very complex in tectonic sense. According to everything above, it is stipulated that the densities of topographic masses range between 2200 kg/m³ and 2800 kg/m³, with the water density value Danube, Sava and the other rivers in Serbia being 1000 kg/m³, followed by creating the SDM (Figure 10) (Grekulović, 2014). For the depth of the rivers their average depths in territory of Serbia were adopted. For example, the depth of Danube 15 m was adopted according to data from the Republic Hydrometrological Service of Serbia (<http://www.hidmet.gov.rs/>). For the vertical division of prisms from the physical Earth surface down to the geoid, the topographic masses are shown as the function of orthometric height and surface density of prism, pursuant to the quantified model shown in Table 2 in detail. Quantified model of determining the heights of pylons with determined density was obtained from the available geological data, data from drill sites, as well as from geophysical logging data. For example, a prism with an orthometric height over 100 m and surface density (ρ_1) that corresponds to its position less or equal to 2200 kg/m³ is divided into 3 prisms. The first part of the prism has the height equal to 10% of the total prism height and its density equals to the surface density. The second part prism has the height equal to 50% of the total prism height and the density (ρ_2) is determined by the expression:

$$\rho_2 = (\rho_1 + 2800\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}) / 2. \tag{22}$$

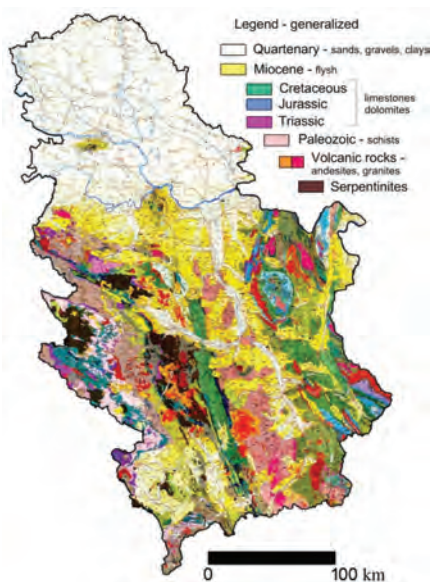


Figure 9: Geological map of Serbia (Federal Geological Institute, 1970).

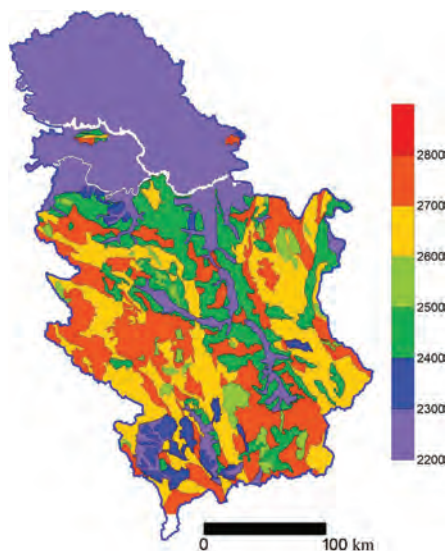


Figure 10: SDM (white surfaces indicate the density of 1000 kg/m³ – Danube and Sava Rivers).

In the case of three prisms in pillar, the expression (22) is adopted by the next assumptions:

- Density increases up with depth,
- First layer with density ρ_1 is relatively thin, adopted 10% of total pillar height, according to geological data;
- Third layer on the bottom has a maximum density of 2800 kg/m^3 as a 50% part of the pillar height;
- Layer in the middle has a density that is average of first layer density ρ_1 and bottom densities of 2800 kg/m^3 .
- Anyway, by these hypotheses, density distribution will be much closer to real geological settings than average density of 2670 kg/m^3 .

Table 2: Determination of number, density, and height of each pillar.

Number of prism parts	H (m)	Surface density	Pillar	
		ρ_1 [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	Density of prism parts [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	Height of prism parts [percentage]
2	≤ 100	2200	2200	30
			2300	70
2	≤ 100	2201–2300	ρ_1	30
			2400	70
1	≤ 100	> 2300	ρ_1	100
3	> 100	≤ 2200	ρ_1	10
			ρ_2	50
			2800	40
3		2210–2300	ρ_1	20
			ρ_2	40
			2800	40
3		2310–2400	ρ_1	10
			ρ_2	50
			2800	40
3		2410–2500	ρ_1	20
			ρ_2	40
			2800	40
3		2510–2600	ρ_1	30
			ρ_2	40
			2800	30
3		2610–2700	ρ_1	30
			ρ_2	40
			2800	30
2		> 2700	ρ_1	50
			2800	50

The third part of height accounts for the remaining 40% of the total prism height with the density of 2800 kg/m^3 . This case corresponds to prism division marked with *a C* in figure 7. In the case where the prism height is less or equal to 100 m and the corresponding surface density is greater than 2300 kg/m^3 , the prism is not being divided; it is included in the DDM as a single prism (marked with *A* in Figure 7). In the third potential case, a prism is divided into two parts if its height is less or equal to 100 m, and the surface density is equal to 2200 kg/m^3 or ranges from 2201 kg/m^3 to 2300 kg/m^3 (Figure 7: marked with a *B*). Percent-

ages that determine ratios of prism height are determined from experience and geophysical data on the relations of separate geological units gauges over a given territory, being predominant over the study area. For example, the established fact is that in the territory of Serbia, the gauge of younger sediments (Tertiary and Quaternary) is relatively low, compared to the older rocks, thus this layer accounts for no more than 30% of the total pillar height. Similarly, the rocks from the Mesozoic era, mostly limestone rocks, generally have the greatest gauge in the entire rocks complex gauge, thus this part the height percentage mostly accounts for approximately 70%. For topographic masses out of Serbia territory, prisms were not divided by the height and their average density was taken into account. Over 800,000,000 prisms were created in this manner, and archived in a total of 129,600 data files; including the prism number, its bottom left and upper right point coordinates (Figure 3, points 1 and 2) and the prism density for each individual prism.

6 CALCULATION OF TERRAIN CORRECTION

Two data sets were determined using the DTM and the DDM created and applying expressions (12) and (6): set c_{2670} - terrain correction with constant mass density of 2670 kg/m³ and set c - terrain correction with density defined by the DDM. In determination of all data sets, masses at calculation points and up to the distance of 167 km above were considered. For the masses in close proximity to the computation points, at the distance up to 20 km, the DDM created was used. For all other masses, located at the distance of 20 km and up to 167 km, a coarse digital model with the resolution of 450 m in both direction was used, particularly aiming at saving the time needed for the calculation. A coarse model was created from the DDM in the following way: a) Each block of the DDM consisted of 15 x 15 points (225 points in total) were treated as one point of coarse DDM, b) The coordinates of the central points of each block were used as coordinates of the points of coarse DDM, c) For each block average height of 225 points were calculated and adopted as the heights of coarse DDM (heights used is these calculations were heights of most upper prisms, or, on the other words, prisms which upper base is near to the physical surface of the Earth), d) And for the density of prisms average value of 2670 kg/m³ were adopted. The sets were determined in the total of 5765 points that were relatively uniformly distributed over the territory of Serbia (Figure 11). Calculating of terrain correction to the certain distance has always included some of truncation effects (Mikuška et al., 2006), but for the territory of the Serbia effect of the distant mass over 167 km in this research was not considered.

Points where the terrain correction was evaluated were a part of the Serbia gravimetric survey subset (Odalović et al., 2012), and geodetic coordinates for each point in the GRS80 system were known, together with the orthometric heights. Apart from relatively uniform distribution, points were also selected in such manner that their heights determined using classical geodetic methods do not exceed the difference of 1 m from their respective heights from the DTM. Special software was developed at the Institute of Geodesy and Geoinformatics, Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, for the purposes of practical calculations of c_{2670} or c , which calculates these sets of all 5765 points in approximately 6 hours, using 8 threads Intel i7 CPU, with 16 GB RAM. Statistical evaluation of the results, along with the differences

$$DTC = c - c_{2670}, \quad (23)$$

are shown in Table 3.



Figure 11: Spatial distribution of points where the terrain correction is determined.

Table 3: Basic statistical data sets for c , c_{2670} and DTC (units: mGal).

Parameter	Minimum	Maximum	Mean	Standard deviation
c	-0.01	37.68	1.97	2.69
c_{2670}	-0.01	37.68	1.98	2.69
$DTC = c - c_{2670}$	-1.31	0.73	-0.10	0.07

7 DISCUSSIONS

7.1 Terrain corrections determined with a constant value of density

The aforementioned results about terrain correction, determined with constant density value, are graphically shown in the figure 12. From the figure is obvious that minimal values of terrain correction were achieved in the northern part of Serbia, which is almost flat area. In the same area, there are few values of terrain correction with negative sign due to the Earth curvatures. In Figure 12, these points are located in the areas delineated by dashed line. From the scattered graph of terrain correction plotted against to the evaluation point heights, showed in the Figure 13 together with their regression line, it can be seen that there exists a relatively strong correlation of the terrain correction with terrain heights. In general, terrain correction values increases from the north (flat area) to the south (area with rough topography mass).

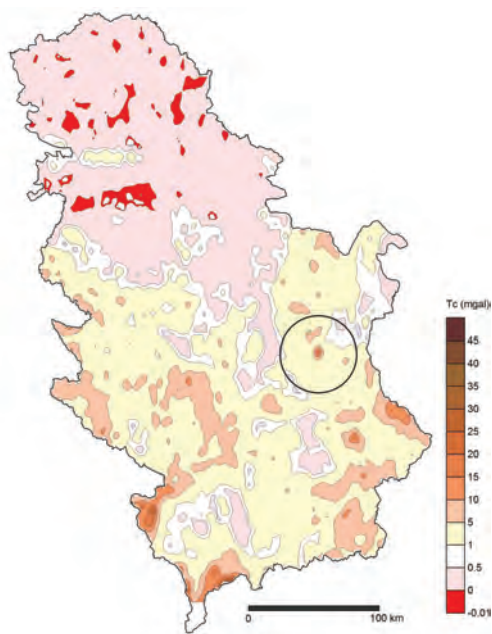


Figure 12: The general representation of the terrain correction surface over the territory of Serbia (equidistance 2 mGal).

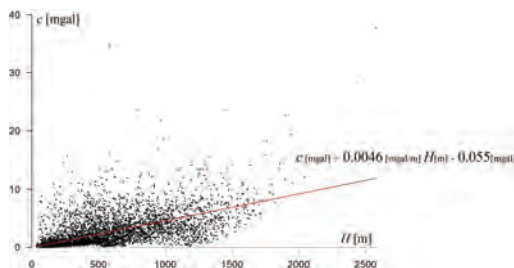


Figure 13: Terrain corrections plotted against heights of the evaluation points (red line: regression line of the terrain correction as a function of height of the evaluation points).

The maximum value of the terrain correction for selected dataset was 37.68 mGal, but in Serbia the maximum detected value is reached at the point located on Rtanj mountain 41.93 mGal (Figure 12, the centre of the black circle); according to the histogram of terrain corrections, showed at the Figure 14, we can say that this kind of values are unique in Serbia. This high value of terrain correction of the Rtanj mountain is because of its characteristic pyramidal shape.

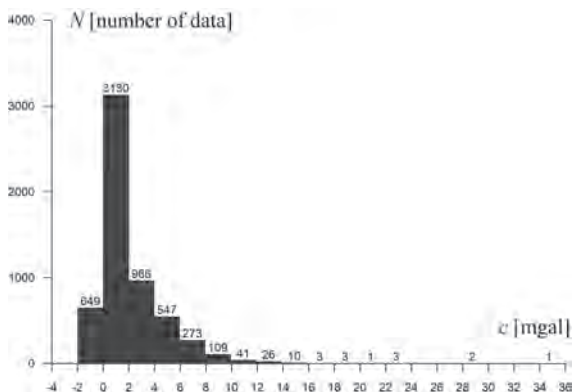


Figure 14: Histogram of c_{2670} .

7.2 Terrain corrections determined by using DDM

The data showed in the Table 3 indicate the following: both sets of terrain correction, determined with constant values topographic masses and by using DDM, have almost the same statistical values. The spatial distribution of minimal, maximal and also negative values is same in both data sets, but there are still meaningful differences between those two sets. The graphical representation of these differences is shown in the Figure 15.

Significant differences occur in the northern and central part of Serbia (Figure 15, areas marked by red circles 1 and 2). In these areas, the values reach -1.31 mGal and up to 0.73 mGal. In Figure 16, two of many possible profiles of these areas are shown. There is a total of 110 points within this range, i.e. 2% of the total number of points. Fruška Gora mountain covers a minor part of Vojvodina, consisting of older, higher density rocks. Compared to the broader surrounding area, which is flat and consists of younger, lower density rocks, due to the major differences in density, this mountain causes the difference of -1.31 above (Figure 15, red circle 1). In the area of circle 2, where the difference is 0.73 mGal, Kopaonik range is notable, with the height exceeding 2000 m. This mountain complex, mostly consists of volcanic rocks, while the surrounding area with the height of about 1000 m to 1500 m contains rocks with diverse structure and prevailing higher densities rocky matter. It is worth to say that there is not any correlation of differences DTC with heights of its valuation points (Figure 17).

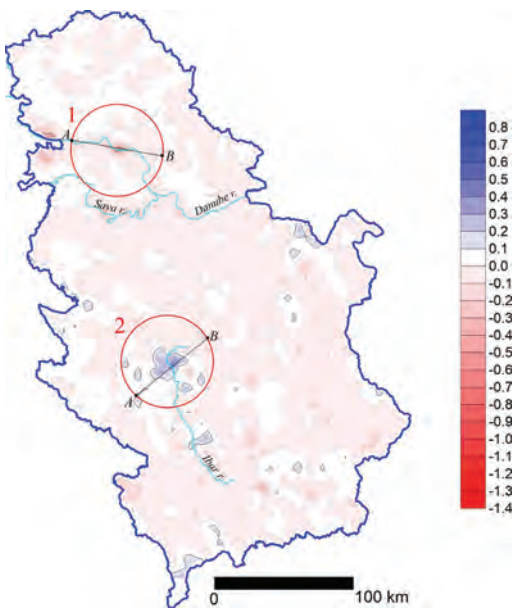


Figure 15: The general shape of the differences DTC (equidistance 0.1 mGal).

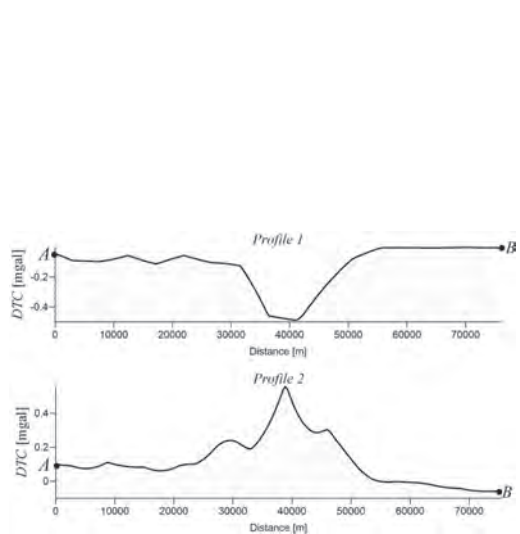


Figure 16: The profiles along the area with maximal value of the DTC .

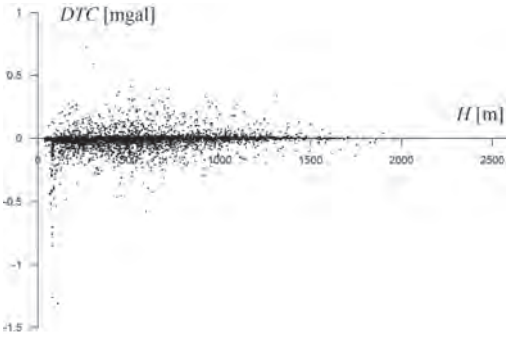


Figure 17: *DTC* plotted against the heights of their evaluation points.

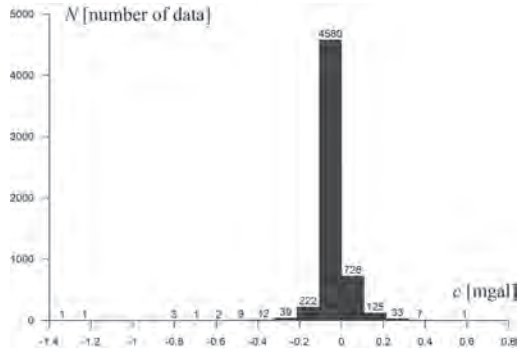


Figure 18: Histogram of terrain correction differences *DTC*.

Histogram of differences in Figure 18 shows that 93% of differences are in the 0.1 mGal range, and as much as 98% being in the 0.2 mGal range.

7.3 Effects of the *DTC* to the geoid undulation and the indirect effect

The differences ranging from -1.31 mGal to 0.73 mGal will change the geoid undulation values at the level of a few millimetres, which can be easily concluded from the expression (Heiskanen and Moritz, 1967):

$$\delta N_p = \frac{s_0}{\gamma_0} DTC_p, \tag{24}$$

where s_0 is the distance that defines immediate surroundings of the evaluation point, γ_0 is the value of normal gravity on the ellipsoid and DTC_p is the differences calculated by (23). For example, for $DTC_p = -1.31$ mGal, $s_0 = 5$ km and $\gamma_0 \approx 9.8$ the value of $\delta N_p = -7$ mm is obtained, and for $DTC_p = 0.73$ mGal undulation will be changed for $\delta N_p = 4$ mm. For an average difference value $DTC_p = 0.10$ mGal, the value of δN_p is less than 1 mm. From the expression (11), the value of indirect effect in the territory of Serbia changes in the 2 cm range, when applying DDM for its evaluation instead of the constant topographic mass density value. Geoid undulations over the territory of Serbia range from 40 m to 47 m (Odalović, 2008) and considering the quality of the data available and the accuracy of the determined geoid undulations at the level of 5 cm (Odalović, 2005), we can conclude that the changes of the indirect effect are not significant, at the moment.

7.4 Effects of the *DTC* to the gravity measurement in the local areas

Regarding to gravity investigations in applied geophysics, terrain corrections have a great role, especially in details with small grid data spaced and that are performed in rugged topography. Calculation of topography effect by using of average density of 2670 kg/m³ is commonly applied. However, if we use digital density model (DDM) with different densities of terrain, it is possible to get much better results that are closer to the real situation in the field. In practical use, Bouguer gravity maps are often prepared by contour interval of 0.1 mGal, in some special cases even 0.05 mGal. For this purpose, terrain corrections must be calculated very carefully and DDM in this case has a great role. Beside of all mentioned, the values of terrain correction are directly in relation to the geometry of topographic mass in the vicinity of evaluation points. To confirm this hypothesis, a test model of gravity investigation is prepared in the

local area of 20 km x 20 km in the southwest part of Serbia (central part of red circle 2 in the Figure 13). In this area calculation is performed at 413 points (average distance between the points is 1 km). Basic statistical data for this calculation are shown in the Table 4, and general shape of *DTC* at the Figure 19.

Table 4: Basic statistical data for c , c_{2670} , *DTC* and heights of evaluation points for the local area.

Parameter	Minimum	Maximum	Mean	Standard deviation
c	2.67	24.64	7.84	3.24
c_{2670}	2.62	24.64	7.68	3.19
$DTC = c - c_{2670}$	0.0 (-0.0001)	0.75	0.16	0.16
Height of evaluation points [m]	243	1643	765	310

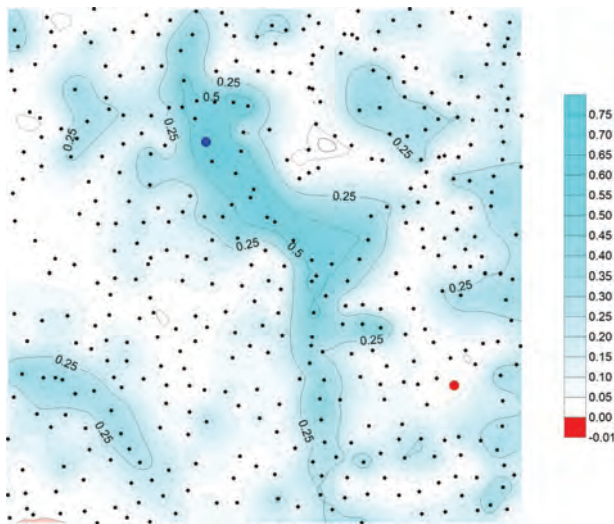


Figure 19: General shape of the *DTC* (local area: 20 x 20 km, units: mGal).

The minimal value of the *DTC*, -0.0001 mGal (red circle at the Figure 19), is situated at the point with high elevation of 1339 m and around the point in a radius of about 500 m is relative flat terrain. The main reason for such result is topography in the vicinity of a point, which is not rugged and the value of terrain correction is relatively small. On the other hand, the point with maximal *DTC*, 0.73 mGal (blue circle at the Figure 19), at the elevation of 257 m is situated in a canyon with steep slopes. This means that close topography has great effect, especially if the densities of rocks vary in the surroundings (area in radius of 500 m).

8 CONCLUSIONS

The computations of terrain corrections and indirect effect on the geoid for the territory of Serbia using a high resolution DDM are presented. The DDM provides an approximate density model solution, tending to approach significantly the density disposition of the lithosphere topographic masses, based on the geological map of Serbia and a series of hypothesis on the Earth's crust masses density. The evaluation also involved a comparison of values of terrain corrections and indirect effect, obtained when the hypothesis of constant density of topographic masses are adopted. The maximal differences riches

values from -1.31 mGal up to 0.73 mGal, along with 98 % of differences falling within the range of ± 0.2 mGal. The value of indirect effect, due to applied DDM, will change the geoid undulations at the range from 1 cm to 2 cm. In determining the geoid at the territory of Serbia, it is obvious that these effects are not particularly significant, however, in the areas with distinct topographic masses, the aforementioned effects reach the value of a few decimetres, as shown in (Huang, 2002; Olugbenga, 2000). As for the future activities, a set of additional modelling is planned, particularly focusing on additional data acquisition regarding lithosphere and further software development. The additional information on lithosphere would contribute to the DDM improvement, and further software development would decrease the time needed to determine the gravitational effect of upper lithosphere.

Acknowledgments

Support for this research was provided by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia (Project No. TR36020).

Literature and references:

- Ägren, J., Djalović, S., Škrnjug, J. (2011). Plan for the Future Determination of a National Geoid Model for Serbia. Technical report. Belgrade: Republic Geodetic Authority.
- Ägren, J., Sjöberg, L. E., Kiamehr, R. (2009). The new gravimetric quasigeoid model KTH08 over Sweden. *Journal of Applied Geodesy*, 3 (3), 143–153. DOI: <https://doi.org/10.1515/JAG.2009.015>
- Balmino, G., Vales, N., Bonvalot, S., Briais, A. (2012). Spherical harmonic modelling to ultra-high degree of Bouguer and isostatic anomalies. *Journal of Geodesy*, 86 (7), 499–520. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00190-011-0533-4>
- Bilibajkić, P., Mladenović, M., Mujagić, S., Rimac, I. (1979). Explanation for the Gravity map of SFR Yugoslavia, Bouguer Anomalies, 1:500000. Zagreb: Enterprise for Applied Geophysics "Geofizika" Zagreb, and Belgrade: Institute for Geological and Geophysical Research.
- Dimitrijević, M., Karamata, S., Siköke, B., Veselinović, D. (1970). Geological map of Yugoslavia 1:500000 and explanation. Technical report. Belgrade: Institute for Geological and Mining Exploration.
- Federal Geological Institute (1970). Geological Map of Yugoslavia 1:500000 and Explanation. Belgrade: Institute for Geological and Mining Exploration.
- Forsberg, R. (1993). Modelling the fine-structure of the geoid: Methods, data requirements and some results. *Surveys in Geophysics*, 14 (4), 403–418. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00690568>
- Forsberg, R., Tscherning, C. C. (1981). The use of height data in gravity field approximation by collocation. *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, 86 (B9), 7843–7854. DOI: <http://dx.doi.org/10.1029/JB086iB09p07843>
- Forsberg, R. (1984) A study of terrain corrections, density anomalies and geophysical inversion methods in gravity field modelling. Reports of the department of geodesy science and survey, 355. Ohio State University.
- Forsberg, R., Tscherning C. C. (1997). Topographic effects in gravity field modelling for BVP. In: Sansó F. (Ed.), Rummel R. (Ed.), *Geodetic Boundary Value Problems in View of the One Centimeter Geoid* (pp. 239–272). Springer, Berlin. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BFb0011707>
- Grekulović, S. (2014). Modeling of the earth crust density in solving the boundary value problems of the gravity potential. Doctoral dissertation. Belgrade: University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering.
- Hackney, R. I., Featherstone, W. E. (2003). Geodetic versus geophysical perspectives of the 'gravity anomaly'. *Geophysical Journal International*, 154 (1), 35–43. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-246X.2003.01941.x>
- Heiskanen, W., Moritz, H. (1967). *Physical Geodesy*. San Francisco: W.H. Freeman and Co.
- Hinze, W. J., Aiken, C., Brozena, J., Coakley, B., Dater, D., Flanagan, G., Forsberg, R., Hildenbr, T., Keller, Y., Kellogg, J. N., Kucks, R., Li, X., Mainville, A., Pilkington, M., Plouff, D., Ravat, D., Roman, D., Urrutiafucugauchi, J., Webring, M., Winester, D. (2005). New standards for reducing gravity data: The North American gravity database. *Geophysics*, 70 (4), 325–332. DOI: <https://doi.org/10.1190/1.1988183>
- Huang, J. (2002). Computational methods for the discrete downward continuation of the earth gravity and effects of lateral topographical mass density variation on gravity and the geoid. Ph.D. thesis. New Brunswick: University of New Brunswick, Department of Geodesy and Geomatics Engineering.
- Huang, J., Vaniček, P., Pagiatakis, S. D., Brink, W. (2001). Effect of topographical density on geoid in the Canadian Rocky Mountains. *Journal of Geodesy*, 74 (11–12), 805–815. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s001900000145>
- Kuhn, M., Featherstone W. E., Kirby, J. F. (2009). Complete spherical Bouguer gravity anomalies over Australia. *Australian Journal of Earth Sciences*, 56 (2), 213–223. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/08120090802547041>
- Kühtreiber, N. (1998). Precise geoid determination using a density variation model. *Physics and Chemistry of the Earth*, 23 (1), 59–63. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0079-1946\(97\)00242-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0079-1946(97)00242-5)
- Li, Y. (1993). Optimized spectral geoid determination. Master's thesis. Calgary: University of Calgary, Department of Geomatics Engineering.
- Makhloof, A. (2007). The use of topographic-isostatic mass information in geodetic

- applications. Ph.D. thesis. Bonn: Universität Bonn, Institut für Geodäsie und Geoinformation.
- Mikuška, J., Pašteka, R., Marušiak, I. (2006). Estimation of distant relief effect in gravimetry. *Geophysics*, 71 (6), J59–J69. DOI: <http://dx.doi.org/10.1190/1.2338333>
- Moritz, H. (1980). *Advanced Physical Geodesy*. Karlsruhe: Herbert Wichmann Verlag.
- Moritz, H. (1984). Geodetic reference system 1980. *Bulletin géodésique*, 58 (3), 388–398. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02519014>
- Nagy, D., Papp, G., Benedek, J. (2000). The gravitational potential and its derivatives for the prism. *Journal of Geodesy*, 74 (7), 552–560. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00190000116>
- Nowell, D. (1999). Gravity terrain corrections an overview. *Journal of Applied Geophysics*, 42 (2), 117–134. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0926-9851\(99\)00028-2](https://doi.org/10.1016/S0926-9851(99)00028-2)
- Odalović, O. (2005). Methodology of geoid determination of high resolution and centimeter accuracy in Serbia. Doctoral Dissertation. Belgrade: University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering.
- Odalović, O. (2008). Preliminary geoid for Serbia. Technical report. Belgrade: Republic Geodetic Authority.
- Odalović, O., Starčević, M., Grekulović, S., Burazer, M., Aleksić, I. (2012). The establishment of a new gravity reference frame for Serbia. *Survey Review*, 44 (327), 272–281. DOI: <https://doi.org/10.1179/1752270611Y.0000000033>
- Olugbenga, E. (2000). Spectral analysis of gravity field data and errors in view of sub-decimeter geoid determination in Canada. Master's thesis. Calgary: University of Calgary, Department of Geomatics Engineering. http://www.ucalgary.ca/engo_webdocs/MGS/00.20137.0Esan.pdf
- Robertson, A. H. F., Karamata, S. (1994). The role of subduction-accretion processes in the tectonic evolution of the Mesozoic Tethys in Serbia. *Tectonophysics*, 234 (1–2), 73–94. DOI: [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(94\)90205-4](https://doi.org/10.1016/0040-1951(94)90205-4)
- Schmid, S. M., Bernoulli, D., Fügenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M., Ustaszewski, K. (2008). The Alpine–Carpathian–Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences*, 101 (1), 139–183. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00015-008-1247-3>
- Sjöberg, E. L., Nahavandchi, H. (1999). On the indirect effect in the Stokes–Helmert method of geoid determination. *Journal of Geodesy*, 73 (2), 87–93. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s001900050222>
- Tenzer, R., Sirguey, P., Rattenbury, M., Nicolson, J. (2011). A digital rock density map of New Zealand. *Computers and Geosciences*, 37 (8), 1181–1191. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2010.07.010>
- Torge, W. (1989). *Gravimetry*. Berlin–New York: Walter de Gruyter.
- Tziavos, I., Sideris, M. (2013). Topographic Reductions in Gravity and Geoid Modeling. In Sansò F. (Ed.), Sideris M. (Ed.), *Geoid Determination* (pp. 337–400). Berlin: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-74700-0_8
- Tziavos, I. N., Featherstone, W. E. (2000). First results of using digital density data in gravimetric geoid computation in Australia. In M. G. Sideris (Ed.), *International Association of Geodesy Symposia: Gravity, Geoid and Geodynamics 2000* (pp. 335–340). Berlin: Springer-Verlag.
- USGS, (2005). Shuttle radar topography mission (SRTM) – “Finished” products. U.S. Geological Survey. <http://edc.usgs.gov/products/elevation/srtmbil.html>
- Vaniček, P., Novak, P., Martinec, Z. (2001). Geoid, topography, and the Bouguer plate or shell. *Journal of Geodesy*, 75 (4), 210–215. DOI: <https://doi.org/10.1007/s001900100165>



Odalović O. R., Grekulović S. M., Starčević M., Nikolić D., Todorović Drakul M. S., Joksimović D. (2018). Terrain correction computations using digital density model of topographic masses. *Geodetski vestnik*, 62 (1), 79–97. DOI: [10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.79-97](https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.79-97)

Oleg R. Odalović, Ph.D.

University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering
Department of geodesy and geoinformatics
Bulevar kralja Aleksandra 73, SRB-11000 Belgrade, Serbia
e-mail: odalovic@grf.bg.ac.rs

Sanja M. Grekulović, Ph.D.

University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering
Department of geodesy and geoinformatics
Bulevar kralja Aleksandra 73, SRB-11000 Belgrade, Serbia
e-mail: sanjag@grf.bg.ac.rs

Miroslav Starčević, Ph.D.

Republic Geodetic Authority
Bulevar vojvode Mišića 39, SRB-11000 Belgrade, Serbia
e-mail: mstarcevic@rgz.gov.rs

Dobrica Nikolić, Ph.D.

University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology,
Department of Physics
Đušina 7, SRB-11000 Belgrade, Serbia
e-mail: dobrica.nikolic@rgf.bg.ac.rs

Miljana S. Todorović Drakul, Ph.D.

Department of geodesy and geoinformatics
Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade
Bulevar kralja Aleksandra 73, SRB-11000 Belgrade, Serbia
e-mail: mtodorovic@grf.bg.ac.rs

Danilo Joksimović, Ph.D. Candidate

Department of geodesy and geoinformatics
Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade
Bulevar kralja Aleksandra 73, SRB-11000 Belgrade, Serbia
e-mail: jokso9@yahoo.com

NOVA POKLICNA ZAKONODAJA

NEW LEGISLATIVE REGULATION THE PROFESSION

Matej Kovačič

Po več letih priprav in usklajevanj je bil v okviru prostorske in gradbene zakonodaje konec lanskega leta sprejet tudi Zakon o arhitekturni in inženirski dejavnosti (ZAID). Kljub velikim izzivom, ki jih pred geodetsko stroko postavlja nova gradbena in prostorska zakonodaja, se bodo morali posamezniki in geodetska podjetja najprej dodobra spoznati s poklicno zakonodajo, saj ta na novo določa pogoje, ki jih morata izpolnjevati posameznik in podjetje, da bosta lahko še naprej izvajala dejavnost. Začetek uporabe novih predpisov (1. 6. 2018) se hitro bliža. Razlogi za sprejetje nove poklicne zakonodaje so že kar nekaj časa znani in so bili večkrat javno pojasnjeni. Lahko jih strnemo v pet ključnih utemeljitev, ki so jih podale različne institucije:

- EU: projekt ustrežnejše regulacije – zmanjševanje števila reguliranih poklicev in odprava administrativnih ovir,
- vlada: projekt prenove reguliranih poklicev in dejavnosti,
- vlada: analiza zborničnega sistema ter ukrepi za preglednejše in učinkovitejše delovanje zbornic,
- ministrstvo za kulturo: arhitekturna politika,
- pobude stroke: raziskava za območje Pomurja (večina lastnikov podjetij nima licenc).

V nadaljevanju so strnjeno predstavljene bistvene spremembe, predvsem v povezavi z geodetsko dejavnostjo. Zakon je posegel v tri veljavne geodetske zakone: v Zakonu o geodetski dejavnosti (ZGeoD-1) se razveljavijo vsa določila, povezana s pogoji za opravljanje geodetske dejavnosti; v Zakonu o evidentiranju nepremičnin (ZEN) se razveljavijo določila glede izvajanja dela geodetskih storitev s strani geodeta; v Zakonu o državnem geodetskem referenčnem sistemu (ZDGRS) določila glede izvajanja geodetske izmere s strani geodetskega strokovnjaka.

1 NOVI REGULIRANI POKLICI

Devet dosedanjih reguliranih poklicev bodo zamenjali štirje novi regulirani poklici oziroma nazivi. To so: pooblaščen arhitekt (PA), pooblaščen inženir (PI), pooblaščen krajinski arhitekt (PKA) in pooblaščen prostorski načrtovalec (PPN). Zakon regulirane poklice odgovorni geodet, geodet, geodetski strokovnjak združuje v en reguliran poklic: pooblaščen inženir s področja geodezije (PI-Geo). Izvajanje geodetskih storitev bo s 1. 6. 2018 v popolni pristojnosti pooblaščenega inženirja s področja geodezije

(PI-Geo). Če ta 1. 6. 2018 ne bo imel opravljenega strokovnega izpita s področja izvajanja geodetskih storitev (geodetska izkaznica), bo njegovo pooblastilo omejeno le na geodetsko dejavnost brez izvajanja dela geodetskih storitev (ureditev meje, parcelacija ...)

Preglednica 1: Sedanji in novi regulirani poklici – primerjava.

Regulirani poklici po ZGO-1 in ZGeoD-1	Regulirana poklica po ZAID in GZ, ki bosta (po 1. 6. 2018) v pristojnosti IZS
Odgovorni projektant	Pooblaščen inženir
Odgovorni vodja del in odgovorni vodja posameznih del	
Odgovorni nadzornik in odgovorni nadzornik posameznih del	Vodja del
Odgovorni revident	
Odgovorni geodet	
Geodet	

1.1 Poklicne naloge

Zakon natančno določa poklicne naloge, ki jih opravljajo pooblaščen inženirji posameznih strok in arhitekti. Naloge PI-Geo bodo obsegale evidentiranje nepremičnin, geodetsko izmero, meritve v fazi projektiranja, gradnje in uporabe objektov, zakoličbo objektov, transformacije, obdelavo, analizo in interpretacijo prostorskih podatkov. Vsi PI pa bodo lahko izdelovali tudi izvedenska mnenja, elaborate in študije s svojega področja, svetovali naročniku in vodili investicije.

Zakon določa, da pooblaščen inženirji in arhitekti poklicne naloge opravljajo neodvisno, dejansko, stalno in trajno. Poleg tega predpisuje načine opravljanja poklicnih nalog in vpis načina v imenik. Nanašajo se na povezanost med posameznikom in pravnim subjektom, za katerega opravljajo poklicne naloge. Koncept smo poznali že med letoma 1996 in 2003, geodeti med letoma 2000 in 2003, ko je bil obvezen vpis geodetskih podjetij v imenik IZS.

1.2 Stalno poklicno usposabljanje.

Pooblaščen inženirji in arhitekti se bodo dolžni na svojem strokovnem področju stalno poklicno usposabljanje v skladu z aktom zbornice. Opustitev te dolžnosti bo disciplinska kršitev, za katero bo v disciplinskem pravilniku predvidena disciplinska sankcija. Zakon nalaga zbornici nadzor nad stalnim poklicnim usposabljanjem članov, nadzor bo zbornica izvedla enkrat letno. To za geodete v nasprotju z drugimi inženirji in arhitekti ne bo novost in ne bo bistveno vplivalo na dosedanje prakso v geodeziji, saj je že do sedaj za vse odgovorne geodete, ki so bili hkrati imetniki geodetskih izkaznic, veljala dolžnost obveznega izobraževanja, posledica njene opustitve je bil odvzem pooblastila.

2 VPIS POOBLAŠČENIH INŽENIRJEV IN ARHITEKTOV V IMENIK

Dosedanjim pogojem za vpis v imenik je dodan pogoj glede načina opravljanja poklicnih nalog. Stopnja izobrazbe za geodete ostaja enaka – druga bolonjska izobrazba, dolžina praktičnih izkušenj je skrajšana na dve leti (po pridobitvi izobrazbe).

Pooblaščen inženir in arhitekt bosta izbrisana iz imenika tudi, če ne bo imel urejenega zavarovanja

odgovornosti za škodo, ne bo opravljal poklicnih nalog v eni od predpisanih oblik ali se ne bo stalno poklicno usposabljal.

Kandidat za pooblaščenega inženirja in arhitekta bo priglasil opravljanje praktičnih izkušenj na zbornici. Opravljal jih bo pod mentorstvom pooblaščenega inženirja oziroma arhitekta iste stroke, kot je kandidat, ki bo imel aktiven status in najmanj pet let delovnih izkušenj kot pooblaščen inženir oziroma arhitekt.

2.1 Javnost imenika

Iz imenika bo razviden način opravljanja poklicnih nalog in pravnomočno izrečena disciplinska sankcija izbrisa iz imenika z navedbo razloga za izbris.

2.2 Izkaznica in žig pooblaščenega inženirja in arhitekta.

Izkaznic po 1. 6. 2018 ne bo več. Žige bosta zbornici izdajali še do 1. 1. 2021, ko bo z vzpostavitvijo prostorskega informacijskega sistema (PIS) uvedeno elektronsko poslovanje in s tem spletna oddaja vlog, zahtev, projektov itn., za kar bo potreben kvalificiran certifikat za overjen elektronski podpis.

3 POGOJI ZA OPRAVLJANJE ARHITEKTURNE IN INŽENIRSKÉ DEJAVNOSTI

Ena od bistvenih novosti zakona je, da se uvaja strožja regulacija dejavnosti. V analizi pravnih ureditev držav članic Evropske unije je bilo ugotovljeno, da je Slovenija ena redkih držav, ki ima na eni strani zelo veliko reguliranih poklicev, na drugi pa izredno nizko stopnjo regulacije dejavnosti. V ZGeoD-1 je bil samo za geodetsko dejavnost predviden pogoj, da subjekt lahko opravlja dejavnost, samo če ima zaposlenega odgovornega geodeta. Vendar je to lahko pomenilo le eno uro zaposlitve na mesec in ni prispevalo k izboljšanju kaotičnega stanja na trgu, prav tako je omogočalo posojanje žigov in zlorabo licenc.

Preglednica 2: Sedanji in novi pogoji za opravljanje geodetske dejavnosti

Pogoji za opravljanje dejavnosti po ZGeoD-1	Pogoji za opravljanje dejavnosti po ZAID
Registracija dejavnosti	Registracija dejavnosti
Zavarovanje odgovornosti za škodo (min. 41.000 EUR ali 10.000 eur za posamezen primer)	Zavarovanje odgovornosti za škodo (min. 50.000 EUR, zavarovanje mora kriti tudi odgovornost zaradi malomarnega ravnanja)
Pogodba o zaposlitvi odgovornega geodeta	Zaposlitev pooblaščenega inženirja kot nosilca dejavnosti za polni delovni čas

Gospodarski subjekti bodo morali spoštovati kodeks, ki ga bosta sprejela IZS in ZAPS.

3.1 Zaščita naziva gospodarskega subjekta

Zakon daje gospodarskim subjektom, ki bo poleg minimalnih pogojev za opravljanje arhitekturne in inženirske dejavnosti izpolnjevali še dodatne pogoje (večinski lastniški delež v družbi imajo pooblaščen inženirji, najmanj en družbenik, ki je pooblaščen inženir, je zaposlen za polni delovni čas, družba je nepovezana in neodvisna ter opravlja le storitve pooblaščenih inženirjev), da lahko nosijo naziv inženirski biro oziroma geodetski biro. Zaščiten naziv bo izkazoval neodvisnost in nepovezanost gospodarskega subjekta.

4 NADZOR IN DISCIPLINSKI POSTOPKI

Zakon zbornicama (IZS in ZAPS) poleg prejšnjih pooblastil daje nova, kot javno pooblastilo nalaga vodenje disciplinskih postopkov, izvajanje nadzora nad stalnim poklicnim usposabljanjem članov in izvajanje strokovnega nadzora nad člani.

IZS in ZAPS bosta izvajali redni, izredni in obnovitveni nadzor nad svojimi člani. V okviru rednega nadzora bosta vsako leto preverili en odstotek svojih članov. Ta nadzor bo financiran iz članarin.

4.1 Disciplinske sankcije

Opominu, denarni kazni in začasnemu izbrisu se pridružujejo obveznost dodatnega poklicnega usposabljanja, odvzem pravice do mentorstva, do opravljanja praktičnih izkušenj, odvzem aktivne in pasivne volilne pravice za zbornične volitve. Odvzem pravice in začasen izbris bo lahko izrečen za največ pet let.

5 PREHODNE DOLOČBE

Zelo pomembna določila za posameznike in podjetja zaradi rokov, ki jih ne smejo zamuditi, so v poglavju **Prehodne določbe**. Zbornica bo posameznike, ki bodo na dan 31. 5. 2018 vpisani v imenik IZS, 1. 6. 2018 prepisala v nove imenike (imenik pooblaščenih inženirjev pri IZS) in jim dodelila pooblastila, ki so jih imeli na dan 31. 5. 2018. V šestih mesecih bodo morali ti posamezniki predložiti dokazila, ki jih zahteva nov zakon, če jih ne bodo predložili, jim bo IZS izdala odločbo o mirovanju.

Preglednica 3: Prevedba pooblastil posameznikov, ki bodo na dan 31. 5. 2018 vpisani v imenik IZS (odgovorni geodeti) in imenik geodetov.

Odgovorni geodet, geodet (vpisan v imenik IZS po ZGO-1 in imenik geodetov – geodetska izkaznica po ZGeoD-1)	Pooblaščen inženir s področja geodezije (prepis v imenik pooblaščenih inženirjev po ZAID)
Odgovorni geodet (vpisan v imenik IZS po ZGO-1)	Pooblaščen inženir brez pooblastila za potrjevanje elaboratov geodetskih storitev iz 7. odstavka 6. člena ZEN (prepis v imenik pooblaščenih inženirjev po ZAID)

Prehodne določbe - veljavnost praktičnih izkušenj, izobrazbe, strokovnega izpita

Praktične izkušnje, pridobljene pred 1. 6. 2018, veljajo brez omejitve. Strokovni izpit, opravljen pred 1. 6. 2018, velja še do 31. 5. 2023. Visoka strokovna izobrazba, pridobljena pred uveljavitvijo bolonjskega študija, velja še do 31. 5. 2023, pri čemer je za pridobitev poklicnega naziva potrebnih pet let praktičnih izkušenj po pridobitvi izobrazbe.

Prehodne določbe – gospodarski subjekti morajo uskladiti pogoje za opravljanje dejavnosti v enem letu po uveljavitvi zakona.

Zakon zbornici nalaga, da v roku šestih mesecev po uveljavitvi zakona sprejme nov statut in vse izvršilne predpise. Zbornica sedaj dejavno pripravlja in usklajuje med svojimi člani in z ministrstvom naslednje izvršilne predpise na podlagi ZAID:

- Pravilnik o strokovnem nadzoru,
- Pravilnik o strokovnih izpitih,
- Pravilnik o vpisu v imenik,

- Pravilnik o stalnem poklicnem usposabljanju,
- Volilni pravilnik,
- Disciplinski pravilnik.

6 SKLEP – POVABILO K SODELOVANJU

Šele sprejetje pravilnikov bo omogočilo uporabo in izvajanje zakona, marsikatera dilema, ki se pojavlja danes, bo razrešena in jasna. Vprašanja različnih posameznikov v zvezi z zakonom so že dobila odgovor, ki je bil usklajen z vsemi institucijami.

Usklajeni odgovori so objavljeni na spletni strani IZS: <http://www.izs.si/zakonodaja/nova-prostorska-gradbena-in-poklicna-zakonodaja-2017/zakon-o-arhitekturni-in-inzenirki-dejavnosti-zaid/>, kar nekaj vprašanj pa še čaka na odgovor, tudi vprašanja različnih posameznikov in podjetij, ki se ukvarjajo z geodetsko dejavnostjo. Verjamem, da bodo usklajeni odgovori objavljeni v kratkem.

Zakonodajalec je v uvodu zakona navedel, da je eden izmed ciljev zakona uvedba mehanizmov in instrumentov, s katerimi naj bi se zagotovila večja kakovost izvajanja inženirskih storitev. Na zbornici in sekciji geodetov verjamemo, da bomo lahko z ustreznimi izvršilnimi predpisi, z novimi pooblastili, ki jih prinaša zakon (nadzor, usposabljanje), pravili stroke in v sodelovanju z vsemi preostalimi institucijami postavili temelje za izboljšanje kakovosti geodetskih storitev in obenem tudi pogoje za njihovo pravičnejše in boljše plačilo.

Viri in literatura

IZS NOVO, številka 84, december 2017.

Zakon o geodetski dejavnosti. ZGeoD-1. Uradni list RS, št. 77/2010.

Zakon o arhitekturni in inženirski dejavnost. ZAID. Uradni list RS, št. 61/2017.

Matej Kovačič

Matična sekcija geodetov pri IZS

e-naslov: matej.kovacic@gz-ce.si

SPREMEMBE IN AMENDMENTS AND DOPOLNITVE V MODIFICATIONS IN REAL NEPREMIČNINSKI PROPERTY LEGISLATION ZAKONODAJI

Tomaž Petek, Aleš Seliškar

1 UVOD

Zadnji meseci leta 2017 in prvi mesec v letu 2018 bodo v geodetski zgodovini zaznamovani kot zakonodajni, saj so bili v novembru 2017 najprej sprejeti trije zakoni, vezani na prostorsko, gradbeno in poklicno zakonodajo. Sveženj zakonov s področja gradenj in urejanja prostora naj bi med drugim prinesel racionalnejše in krajše postopke, lažje usklajevanje različnih interesov, večjo pravno varnost vlagateljev in učinkovitejši nadzor. Zakoni se začnejo uporabljati s 1. 6. 2018.

Sledila je obravnava in sprejetje Zakona o evidentiranju državne meje z Republiko Hrvaško – ZEDMRH, ki ureja evidentiranje državne meje z Republiko Hrvaško v skladu s končno rzsodbo arbitražnega sodišča na podlagi arbitražnega sporazuma med vladama Republike Slovenije in Republike Hrvaške. Zakon je državni zbor sprejel dne 27. 11. 2017, veljati pa je začel 9. 12. 2017.

Sredi decembra 2017 je Državni zbor RS sprejel predlog novega zakona o množičnem vrednotenju nepremičnin – ZMVN-1, ki naj bi odpravil pomanjkljivosti v veljavnem zakonu glede opredelitve sistema vrednotenja v zakonu in pravne varnosti lastnikov. Veljati je začel dne 11. 1. 2018, četrto poglavje pa se začne uporabljati 1. 8. 2019.

Konec januarja 2018 je bil sprejet še Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o evidentiranju nepremičnin – ZEN-A, ki uvaja nekatere spremembe in dopolnitve, potrebne za zagotovitev popolnejših, pravilnejših in kakovostnejših podatkov o nepremičninah, tako da bodo zagotovljene primerne podlage za kakovostnejše množično vrednotenje nepremičnin. Zakon je bil objavljen v uradnem listu 7. 2. 2018, veljati pa začne 22. 2. 2018. V nadaljevanju so povzete nekatere ključne novosti iz navedenega svežnja novih ali spremenjenih zakonov.

2 NOVOSTI NA PODROČJU PROSTORSKEGA NAČRTOVANJA, GRADNJE IN REGULACIJE POKLICNE DEJAVNOSTI

2.1 Zakon o urejanju prostora (ZureP-2)

Zakon o urejanju prostora je nadomestil dosedanje zakone o prostorskem načrtovanju, urejanju prostora in umeščanju prostorskih ureditev v prostor ter ponudil celovit nabor mehanizmov za učinkovito ureja-

nje prostora. Med drugim prinaša mehanizem za usklajevanje pogosto nasprotujočih si javnih interesov v prostoru, in sicer bo ob morebitni koliziji javnih interesov, pri kateri na strokovni ravni ni mogoče doseči usklajene rešitve, mnenje podajala novoustanovljena vladna komisija za prostorski razvoj, ki se bo posvetovala s prav tako novoustanovljenim prostorskim svetom kot posvetovalnim organom okoljskega ministrstva. Med novostmi je enoten postopek načrtovanja in dovoljevanja prostorskih ureditev državnega pomena s konceptom celovitega dovoljenja.

Zakon uvaja tudi institut lokacijske preveritve, s katerim bo občina lahko prilagodila obliko in velikost območja stavbnih zemljišč na posamični poselitvi, dopustila individualno odstopanje od prostorskih izvedbenih pogojev in izvedbo dopolnilnih posegov v prostor ali omogočila začasno rabo prostora. Uvaja tudi novo raven strateškega načrtovanja, in sicer regionalni prostorski načrt, ki bo veljal na ravni razvojne regije. Občinski prostorski načrt ostaja, bo pa razbremenjen nekaterih vsebin – strateški del bo prešel v regionalni prostorski načrt ali občinski prostorski načrt, ki bo obvezen le za mestne občine, izločila pa se bo tudi vsebina na novo vpeljanega odloka o urejanju podobe naselij in krajine, ki bo urejal negradbene posege v prostor. Zakon poleg tega vpeljuje razvojne stopnje stavbnih zemljišč in njihovo evidentiranje.

2.2 Gradbeni zakon (GD)

Gradbeni zakon med drugim prinaša novosti glede pridobivanja gradbenega dovoljenja, za katerega bo potrebna manj obsežna dokumentacija, del postopka bo tudi pridobivanje mnenj (sedanjih soglasij), s čimer naj bi se skrajšali postopki. Po novem ne bo več treba pridobiti gradbenega dovoljenja za odstranitev objektov in začasne objekte. Gradnja, za katero je potrebno gradbeno dovoljenje, se bo končala z uporabnim dovoljenjem, ki ga bo pri vseh objektih, razen pri zahtevnih objektih in objektih z vplivi na okolje, mogoče nadomestiti z izjavami projektanta, vodje gradnje in izvajalca. Večjo varnost za investitorje naj bi prineslo obvezno svetovanje na upravnih enotah še pred vložitvijo zahtev za dovoljenja, poleg tega bo mogoče dobiti predodločbo glede skladnosti s prostorskimi akti in drugimi predpisi, ki bo v nadaljnjem postopku zavezujoča.

Zakon naj bi zagotovil učinkovitejši nadzor, med drugim z uvedbo obveznosti prijave začetka gradnje, pri kateri bo treba predložiti projekt za izvedbo ter o začetku del seznaniti inšpekcijo in upravne organe, poleg tega naj bi bila zagotovljena večja dejavnost nadzornika gradnje. Za nadzor gradnje objektov, za katere ni potrebno gradbeno dovoljenje, bodo po novem pristojne občinske inšpekcije. Gradbeni zakon prinaša tudi možnost legalizacije neproblematičnih nedovoljenih gradenj: za objekte, ki so bili zgrajeni pred letom 1998, bo mogoče pridobiti dovoljenje za objekt daljšega obstoja, pri čemer bo moral lastnik med drugim plačati nadomestilo za degradacijo in uzurpacijo prostora. Mlajše objekte, ki so bili zgrajeni do uveljavitve zakona, bo mogoče legalizirati po postopkih, ki so veljali v času gradnje.

2.3 Zakon o pooblaščenih arhitektih in inženirjih (ZPAI)

Z Zakonom o pooblaščenih arhitektih in inženirjih se regulacija teh dejavnosti in poklicev iz sedanjega zakona o graditvi objektov izloča v poseben zakon. Ta med drugim opredeljuje štiri regulirane poklice – pooblaščen arhitekt, pooblaščen inženir, pooblaščen krajinski arhitekt in pooblaščen prostorski načrtovalec – ter določa pogoje za pridobivanje licenc in opravljanje dejavnosti.

3 ZAKON O MNOŽIČNEM VREDNOTENJU NEPREMIČNIN (ZMVN-1)

Z novim zakonom ZMVN-1 se je prenovil sistem množičnega vrednotenja nepremičnin, na podlagi katerega geodetska uprava nepremičninam v državi pripiše posplošeno tržno vrednost. Spremembe so bile med drugim potrebne, da bo mogoče te vrednosti uporabiti tudi v davčne namene. Ustavno sodišče je namreč presodilo, da uporaba posplošene tržne vrednosti na podlagi veljavne zakonodaje ni primerna za odmero davkov, ter priporočilo, da se izboljšajo modeli vrednotenja in se posledično zagotovi realnejše vrednotenje ter skupaj z nekaterimi drugimi zakonskimi spremembami tudi izboljša kakovost podatkov o nepremičninah.

Z ZMVN-1 so se odpravile ustavne neskladnosti iz razlogov kršitve načela zakonitosti, poleg tega zadovoljuje potrebe po nadgraditvi postopka z vplivom lastnika na posplošeno tržno vrednost tako v fazi določanja modelov vrednotenja kot tudi v fazi pripisa vrednosti posamezni nepremičnini. Sistem množičnega vrednotenja je prilagojen glede na dostopnost kakovostnih podatkov o nepremičninah, zakonski predlog prav tako vsebuje odpravo tistih pomanjkljivosti oziroma nedorečenosti sistema, ki sta jih zaznala ministrstvo za okolje in prostor (MOP) in geodetska uprava (GURS) pri dosedanjem opravljanju nalog zbiranja in vodenja podatkov o nepremičninah in nalog množičnega vrednotenja. Cilj zakona ZMVN-1 je zagotoviti ustrezno in zadostno pravno podlago za sistem množičnega vrednotenja v samem zakonu ter tako preprečiti, da bi se izvirne vsebine sistema urejale v podzakonskih predpisih. Poleg tega je cilj nadgraditi sicer že vpeljan postopek sodelovanja lastnikov in občin v fazi oblikovanja modelov vrednotenja ter omogočiti poseben postopek vplivanja na posplošeno tržno vrednost na način, ki bo omogočal ustrezno znižanje ali zvišanje vrednosti ob upoštevanju dokazanih posebnih okoliščin. Sistem množičnega vrednotenja nepremičnin je torej treba preurediti na način, da se popravijo ugotovljene neustavnosti ter obenem zagotovi kakovost in popolnost podatkov v posameznih javnih evidencah, kar pa je predmet drugih predpisov (Zakona o evidentiranju nepremičnin, predpisi s področja urejanja prostora).

Z izvajanjem zakona se bo povečala administrativna obremenitev geodetske uprave Republike Slovenije kot organa vrednotenja, saj se z zakonom poleg že obstoječih zadolžitve tega organa uvaja upravni postopek »ugotavljanja posebnih okoliščin«. Poleg tega se predvideva izdajanje potrdil o posplošeni tržni vrednosti po uradni dolžnosti ob vsaki novi določitvi modelov vrednotenja, če se posplošena tržna vrednost spremeni, ter na zahtevo lastnika ali druge osebe, ki izkaže javni interes.

Novi zakon omogoča sodelovanje javnosti v postopkih oblikovanja modelov vrednotenja, in sicer prek javnih razgrnitev predlogov modelov po občinah, poleg tega bo lastnikom zagotovil pravno varnost. Slednje je pomembno tako zaradi odločbe ustavnega sodišča glede obdavčitve kot tudi zaradi dejstva, da se podatki o pripisani vrednosti uporabljajo v različne namene, med drugim za določanje pravic iz javnih sredstev, in lahko vrednosti vplivajo na primer na višino socialnih transferjev. Pri oblikovanju modelov vrednotenja bodo lahko po novem v javni razgrnitvi sodelovale občine in lastniki nepremičnin, ki bodo lahko tudi ugovarjali posamezni posplošeni vrednosti njihove nepremičnine, in sicer prek uveljavljanja posebnih okoliščin, ki se v modelih ne upoštevajo. Lastniki bodo lahko tako ugovarjali pripisani posplošeni vrednosti nepremičnine, in sicer z dokazovanjem posebnih okoliščin, ki jih siceršnje vrednotenje ne bo zajelo, tako da se bo lahko vrednost njihove nepremičnine zvišala ali znižala. Uveljavljanje bo za okoliščine, ki bodo vnaprej opredeljene, poenostavljeno, lahko pa bodo lastniki predložili individualno cenitev. O upravičenosti bodo odločale posebne komisije. Lastniki bodo nato imeli tudi možnost pritožbe na odločbo o upoštevanju teh okoliščin.

Geodetska uprava RS bo sedaj oblikovala nove modele vrednotenja za posamezne vrste nepremičnin, o modelih bo, kot je bilo navedeno, potekala javna obravnava z razgrnitvijo po občinah, sledilo bo novo generalno vrednotenje. Predvideno je, da bodo lastniki nepremičnin o novih pripisanih vrednostih obveščeni decembra 2018.

Novi zakon opredeljuje sistem vrednotenja, tako da bo vrednosti mogoče uporabiti tudi za potrebe obdavčenja. Zakon je merila določil v tolikšnem obsegu, da bo zadoščeno zahtevam ustave, hkrati pa bo ta določitev dovolj prožna, da bo pri vrednotenju mogoče slediti spremembam na nepremičninskem trgu. Cilj je namreč dobiti vrednosti, ki bodo čim boljši približek realnim tržnim vrednostim. V novem sistemu ni več vsakoletne indeksacije vrednosti in generalnega vrednotenja na štiri leta, ampak je predvideno preverjanje modelov na vsaki dve leti. Novo generalno vrednotenje je predvideno za prihodnje leto, nato bodo lastniki prejeli nova obvestila o pripisani vrednosti za njihovo nepremičnino. Razprava ob sprejemanju zakona ZMVN se je precej usmerila tudi v obdavčitev nepremičnin, saj bo rezultat zakona o množičnem vrednotenju tudi podlaga za morebitni davek na nepremičnine. Vlada je sicer napovedala, da davka v tem mandatu ne bo sprejemala.

4 ZAKON O EVIDENTIRANJU DRŽAVNE MEJE Z REPUBLIKO HRVAŠKO (ZEDMRH)

Zakon ZEDMRH je dne 27. 11. 2017 sprejel Državni zbor Republike Slovenije, veljati pa je začel 9. 12. 2017. ZEDMRH ureja evidentiranje državne meje z Republiko Hrvaško v skladu s končno razsodbo arbitražnega sodišča na podlagi Arbitražnega sporazuma med Vlado Republike Slovenije in Vlado Republike Hrvaške (Uradni list RS – Mednarodne pogodbe, št. 11/2010), razglašena 29. 6. 2017. Za druga vprašanja, povezana z evidentiranjem državne meje z Republiko Hrvaško, ki niso posebej urejena z ZEDMRH, se uporabljajo določbe zakona, ki ureja evidentiranje nepremičnin in državne meje, tj. Zakona o evidentiranju nepremičnin.

5 SPREMEMBE ZAKONA O EVIDENTIRANJU NEPREMIČNIN (ZEN-A)

Državni zbor RS je dne 25. 1. 2018 sprejel Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o evidentiranju nepremičnin (ZEN-A). Spremembe in dopolnitve so potrebne za zagotovitev popolnejših, pravilnejših in kakovostnejših podatkov o nepremičninah. Usmerjene so k doseganju temeljnega namena zemljiškega katastra, katastra stavb in registra nepremičnin, ki ga določa ZEN, z dodatnimi ukrepi in aktivnostmi pa se zagotavlja sistem evidentiranja in vodenja podatkov v katastrih in registru nepremičnin ter njihova izboljšava v letih 2018–2019, tako da bodo zagotovljene primerne podlage za kakovostnejše množično vrednotenje nepremičnin. Z ZEN-A se spreminja veljavna ureditev evidentiranja in spreminjanja podatkov o nepremičninah v tistih delih, pri katerih se je zaznala kot pomanjkljiva ali neustrezna zlasti z vidika izvajanja sistema množičnega vrednotenja nepremičnin. Z Zakonom o spremembah in dopolnitvah Zakona o evidentiranju nepremičnin se uvajajo spremembe in dopolnitve, kot je predstavljeno v nadaljevanju.

5.1 Obveščanje lastnikov nepremičnin z letnim obvestilom

Z ZEN-A se določa obveščanje lastnikov nepremičnin o vseh spremembah podatkov o nepremičninah z letnim obvestilom o spremembah, ki so nastale v zemljiškem katastru, katastru stavb ali registru nepremičnin. To so spremembe, o katerih lastniki nepremičnin še niso bili obveščeni s posebnim aktom,

izdanim na podlagi ZEN (z upravno odločbo ali obvestilom): predvsem spremembe podatkov, ki se vodijo le v registru nepremičnin (na primer letnica obnove stavbe), spremembe podatkov, ki se prevzamejo iz drugih evidenc in se v zemljiški kataster in register nepremičnin vpišejo na podlagi grafičnega preseka, ter spremembe podatkov zaradi lokacijske izboljšave zemljiškega katastra. Letno obvestilo ni obvestilo o trenutno vpisanih podatkih v zemljiškem katastru, katastru stavb ali registru nepremičnin (ni obvestilo z vsemi podatki o konkretni nepremičnini), je le obvestilo, ki z navedbo parcelne številke, številke stavbe oziroma številke dela stavbe opredeljuje parcele oziroma stavbe, za katere je bila izvedena sprememba podatkov, v njem pa so lastniki seznanjeni tudi, v kateri evidenci so se podatki spremenili. Letno obvestilo je zgolj informativne narave in ne povzroča pravnih posledic. Namen letnega obveščanja lastnikov nepremičnin je seznanitev s podatki o njihovih nepremičninah, vpisanimi v javnih evidencah, ki jih vodi geodetska uprava na podlagi ZEN (o katerih še niso bili obveščeni), in spodbuda k njihovemu dejavnemu sodelovanju pri urejanju podatkov o njihovih nepremičninah, kar je pomembno za zagotavljanje pravne varnosti lastnikov nepremičnin.

5.2 Dejanska raba zemljišč

Novo besedilo 23. člena ZEN, ki ureja vodenje podatkov o dejanskih rabah zemljišč v zemljiškem katastru, bo omogočilo učinkovitejše vodenje podatkov o dejanskih rabah zemljišč, ki se bodo prevzemali iz matičnih evidenc različnih upravljavcev (kmetijska in gozdna zemljišča, vode, poseljena zemljišča, javna infrastruktura). Podatki o dejanskih rabah zemljišč se v zemljiški kataster prevzamejo iz javnih evidenc dejanske rabe zemljišč, ki se vodijo na podlagi zakona. Organi, ki določajo dejanske rabe zemljišč na podlagi področnih zakonov, ki urejajo posamezne vrste dejanske rabe zemljišč, morajo skrbeti, da so ti podatki pravilni in po predpisanih postopkih formalno določeni. V zemljiški kataster se iz javnih evidenc prevzemajo podatki o vrstah in območjih dejanskih rab zemljišč. Na podlagi prevzetih podatkov bo geodetska uprava vodila sloj skupne dejanske rabe zemljišč. Lastniki zemljišč morajo podatke o dejanskih rabah zemljišč usklajevati in spreminjati pri organu, ki je posamezne vrste dejanske rabe zemljišč določil. Lastnikom zemljišč se vsebinsko in formalno zagotavlja pravna varnost. »Vsebinske« spremembe podatkov o dejanskih rabah zemljišč so mogoče le v matičnih evidencah posameznih vrst dejanskih rab zemljišč, ki so izvorna evidenca za »prenos« podatkov v zemljiški kataster. Če je podatek o dejanski rabi zemljišč netočen zaradi nenatančnih lokacijskih podatkov o mejah parcel, pa bo lahko lastnik nepremičnine podatke izboljšal z ureditvijo meje ali lokacijsko izboljšavo podatkov zemljiškega katastra.

5.3 Lokacijska izboljšava

Lokacijski podatki zemljiškega katastra niso dovolj natančni zaradi različnih načinov merjenja mej in vzdrževanja zemljiškokatastrskih načrtov v preteklosti, zato se za njihovo izboljšavo uvaja nova, samostojna geodetska storitev »lokacijska izboljšava«. Z ZEN-A se uvaja geodetska storitev, katere namen je zagotavljati lokacijsko izboljšane podatke zemljiškega katastra. Določeni so pogoji, kdaj se meje parcel in zemljišča pod stavbo lahko spremenijo z lokacijsko izboljšavo, kdo je lahko naročnik te geodetske storitve, predpisana je izdelava in temeljna vsebina elaborata lokacijske izboljšave, predpisana pa so tudi postopkovna pravila evidentiranja lokacijsko izboljšanih podatkov v zemljiškem katastru ter pravila »obveščanja« o lokacijsko izboljšanih podatkih. Lokacijska izboljšava ne vpliva na stvarnopravna razmerja med lastniki parcel.

5.4 Ureditev katastra stavb

Novo besedilo 75. člena ZEN tudi normativno ureja dosedanje prakso vpisovanja podatka o lastniku v kataster stavb. Kot temeljno se določa pravilo, da podatki o lastnikih, ki se evidentirajo v katastru stavb, temeljijo na podatkih o lastnikih iz zemljiške knjige. Za stavbo se ne vodi več podatek o lastniku stavbe, ampak se podatek o lastniku dela stavbe evidentira samo pri delu stavbe. Določajo se tudi pravila za prevzem podatkov iz zemljiške knjige in vpis podatkov o lastnikih v kataster stavb, ko je stavba vpisana v zemljiški knjigi (na stavbi je vzpostavljena etažna lastnina oziroma je stavba zgrajena na podlagi stavbne pravice) in ko je v zemljiški knjigi vpisano zemljišče, njegova sestavina (stavba) pa ne. Vpis več delov stavbe je za stanovanjske stavbe, ki so zgrajene po 1. 1. 2003, omejen: evidentiranje stavbe z več deli stavbe je dovoljeno le, če je izdano gradbeno dovoljenje za večstanovanjske stavbe. Omejitev vpisa več delov za druge (nestanovanjske) stavbe bo mogoče uvesti šele po zagotovitvi evidentiranja ustreznih podatkov o njih v evidencah o gradnji ali večji povezanosti z vpisom etažne lastnine v zemljiški knjigi (vpis več delov v kataster šele po vzpostavitvi etažne lastnine). Omejitev vpisovanja več delov stavbe velja pri prvem vpisu novogradnje v kataster stavb in pri spreminjanju obstoječih enostanovanjskih stavb v večstanovanjske stavbe.

Dosedanja ureditev, ko je geodetska uprava podala pristojni inšpekcijski službi predlog za uvedbo inšpekcijskega postopka, če se investitor gradnje ni odzval na poziv, da mora izvesti vpis stavbe v kataster stavb, ni bila učinkovita zaradi nizkih glob. Dosedanja ureditev ni privedla do dejanskega evidentiranja stavb. S predlagano ureditvijo je za vpis odgovoren lastnik stavbe. Bistveno so zvišane globe. Postopek pa zagotavlja, da v primerih, ko lastnik na poziv geodetske uprave ne evidentira stavbe, to na poenostavljen način izvede geodetska uprava. Obveznost vpisa stavbe ni več omejena na stavbe, zgrajene po 1. januarju 2003, temveč velja za vse stavbe.

Smiselno enako, kot je urejeno ukrepanje geodetske uprave za še nevpisane stavbe, je urejeno tudi ukrepanje geodetske uprave za vpis sprememb podatkov že vpisanih stavb. Zaradi pogoja, da se spremembe podatkov v katastru stavb lahko izvedejo samo, »če so lastniki stavbe ali delov stavbe vpisani v zemljiški knjigi« (poleg pogoja, da so stavba in deli stavb vpisani v kataster stavb), so se spremembe podatkov o stavbah, na katerih ni vzpostavljene etažne lastnine ali niso zgrajene na podlagi stavbne pravice (tudi manjše spremembe), lahko izvajale zgolj s ponovnim vpisom stavbe v kataster stavb. Ker ni najti razumnih in logičnih razlogov za omejevanje vpisa sprememb podatkov katastra stavb s predpisovanjem pogoja predhodnega vpisa stavbe v zemljiško knjigo, se besedilo 85. člena ZEN, ki določa pogoj vpisa lastništva v zemljiško knjigo (v primeru vpisa sprememb podatkov katastra stavb), črta.

5.5 Ureditev registra nepremičnin

Namesto dosedanjega taksativnega določanja podatkov, ki se o nepremičninah vodijo v registru nepremičnin (ureditev 98. člena ZEN), je vsebina registra nepremičnin določena z viri in vrstami podatkov. Poleg podatkov o parcelah, evidentiranih v zemljiškem katastru, podatkov o stavbah in delih stavb, evidentiranih v katastru stavb, drugih podatkov o parcelah, stavbah in delih stavb, prevzetih iz javnih in drugih zbirk podatkov, in podatkov o lastnikih se v registru nepremičnin za parcelo, stavbo ali del stavbe vodijo tudi drugi podatki – tako imenovani »registrski podatki«, ki so na splošno opredeljeni z določitvijo osnovnih lastnosti parcel, stavb ali delov stavb. Podrobnejši podatki bodo določeni z »novo« uredbo o podatkih, ki se vodijo v registru nepremičnin, izdano na podlagi ZEN.

Pravila in postopki v zvezi s pridobivanjem in spreminjanjem podatkov v registru nepremičnin so določeni bolj celovito, pregledno in sistematično. Evidentiranje podatkov, prevzetih iz drugih evidenc v register nepremičnin, ni odločanje o pravicah ali obveznostih lastnikov nepremičnin, ampak realno dejanje (materialno dejanje uprave), katerega namen je evidentirati podatke o nepremičninah. Če se podatki za vpis v register nepremičnin pridobijo od samih lastnikov oziroma drugih oseb (upravnikov stavb) z vprašalnikom, geodetska uprava o vpisu teh podatkov odloči v enostavnem upravnem postopku in izda odločbo po četrtem odstavku 214. člena ZUP.

O vpisu podatkov, ki se pridobijo od lastnika ali na podlagi metod in tehnik inventarizacije prostora v okviru izdelave elaborata, geodetska uprava odloči v okviru spreminjanja podatkov v zemljiškem katastru ali katastru stavb. O zavrnitvi predloga za vpis ali spremembo podatka registra nepremičnin pa mora geodetska uprava izdati upravno odločbo. Določeno je temeljno pravilo vpisa podatka o lastniku: v registru nepremičnin se evidentirajo podatki o lastniku tako, da se evidentirajo podatki o katastrskem lastniku – tj. podatek o lastniku parcele iz zemljiškega katastra in podatek o lastniku dela stavbe iz katastra stavb. Podatki o lastnikih, ki se evidentirajo v katastrih, temeljijo na podatkih o lastnikih iz zemljiške knjige. V registru nepremičnin se ne vpisujejo več podatki o tako imenovanih »registrskih« lastnikih.

5.6 Ureditev kazenskih določb

Za zagotavljanje notranje usklajenosti ZEN s spremenjeno vsebino – zaradi uskladitve z ureditvijo osmega odstavka 81. člena ZEN, v katerem so določene osebe, ki so dolžne poskrbeti za vpis stavbe v kataster stavb, se spreminja 127. člen ZEN tako, da se za prekrške kaznuje lastnik parcele, ki je povezana s stavbo, ali imetnik stavbne pravice, če je na tej parceli vzpostavljena stavbna pravica, če ne poskrbi za vpis stavbe v kataster stavb. Za zagotavljanje učinkovitejšega nadzora nad izvajanjem ZEN se določajo širše in jasnejše možnosti ukrepanja: s spremembami 131. člena ZEN se jasneje določa, kdo je pristojni inšpektor za nadzor nad izvajanjem ZEN in na njegovi podlagi izdanih podzakonskih predpisov – to je geodetski inšpektor, imenovan v skladu z zakonom, ki ureja geodetsko dejavnost (ZGeoD-1). Geodetski inšpektor odloča o prekrških po ZEN (v zvezi z evidentiranjem stavb in delov stavb oziroma posredovanjem vprašalnika) kot prekrškovni organ po hitrem postopku, ker se pri hitrem postopku o prekršku upošteva načelo učinkovitosti.

5.7 Ureditev prehodnih določb

Prehodne določbe vsebujejo določila, da bo skupni sloj dejanske rabe zemljišč vzpostavljen, ko bodo vzpostavljeni podatki o dejanskih rabah zemljišč v matičnih evidencah. Čeprav geodetska uprava od ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano prevzema podatke tudi o drugih rabah zemljišč, bodo v skupni sloj prevzeti le podatki o kmetijskih in gozdnih dejanskih rabah zemljišč, saj ministrstvo druge rabe zemljišč zajema le zaradi kontrole zajema »svojih« podatkov, in podatki o teh rabah niso uradni. Kot izjema od systemske rešitve, da se katastrski podatki o stavbah vodijo v katastru stavb, registrski podatki pa v registru nepremičnin, se določa, da se za stavbe, ki so vpisane le v registru nepremičnin, v tem registru še naprej vodijo tudi podatki iz 73. člena ZEN, čeprav stavba ni vpisana v kataster stavb. Predpisuje se način spreminjanja podatkov, ki se vpisujejo v kataster stavb, in podatka o letu izgradnje stavbe – teh podatkov ni mogoče več samovoljno spreminjati, ampak jih je dopustno spreminjati le po postopkih za vpis stavbe v kataster stavb. Če geodetska uprava ugotovi, da ti podatki ne ustrezajo dejanskemu stanju, pozove lastnika, da podatke »popravi« po rednih postopkih, določenih za kataster stavb.

Do ureditve podatkov o lastnikih v zemljiški knjigi (vpis EMŠO/matične številke pravne osebe, nevzpostavljene etažne lastnine ali stavbne pravice) se določajo pravila za uskladitev podatkov o lastniku v registru nepremičnin – kateri podatki o lastnikih se v registru nepremičnin ohranijo in kako ter pod katerimi pogoji se ti podatki lahko spreminjajo.

Določeni so pogoji oziroma prehodno obdobje, do kdaj se podatki o nepremičninah in lastnikih vodijo samo v registru nepremičnin na način in pod pogoji, določenimi kot izjema za podatke o nepremičninah in lastnikih z neurejenim zemljiškoknjžnim stanjem:

- do ureditve zemljiškoknjžnega stanja – vzpostavitev etažne lastnine ali stavbne pravice,
- do ureditve podatkov o lastnikih v registru nepremičnin tako, da je lastništvo na delih stavb in parcelah enako.

Za stavbe, zgrajene pred 1. 1. 2003, ki so vpisane v kataster stavb, nimajo pa urejenega zemljiškoknjžnega stanja (v registru nepremičnin je vpisan lastnik, ki ni enak lastniku parcele), zakon določa prehodno obdobje za ureditev teh podatkov: če do 31. 5. 2021 ne bodo urejeni, bo kot lastnik dela stavbe prevzet lastnik parcele. Prav tako je določeno prehodno obdobje za stavbe, ki so z dvema ali več deli vpisane samo v register nepremičnin. Ti deli stavb bodo 31. 5. 2021 združeni v en nov del stavbe.

5.8 Druge spremembe

Meje občin se vodijo le v registru prostorskih enot. Povezava s parcelami je nepopolna, ko leži parcela na območju dveh ali več občin ali pa so meje parcel in občin v evidencah neuskklajene, čeprav so dejansko skladne. Zakon določa postopek usklajevanja, ki je enkraten in je namenjen vzpostavitvi urejenega stanja podatkov o mejah občin v zemljiškem katastru. Določena so postopkovna pravila izvedbe: izdelava predloga poteka mej občin, ki ga pripravi geodetska uprava na podlagi podatkov, evidentiranih v zemljiškem katastru in registru prostorskih enot; »usklajevanje« tega predloga na ravni občin, ki lahko posredujejo svoj – nov predlog poteka mej občin, izdelan na zemljiškokatastrskem prikazu, v katerem lahko predlagajo drugačen zaris poteka mej občin, vendar samo v območju, ki v širini 200 metrov poteka na vsaki strani meje, predlagane v predlogu poteka mej občin, ki ga je pripravila geodetska uprava; in ravnanje geodetske uprave, če je nov predlog poteka mej občin prejela ali če ga ni prejela. Potek meje občin se v zemljiškem katastru evidentira grafično kot podatek, ki je potreben za povezavo z registrom prostorskih enot.

6 SKLEP

Celovito prenovo zakonodaje s področja evidentiranja nepremičnin bo prinesel šele nov Zakon o katastru nepremičnin. V skladu z njim bo namesto sedanjih treh evidenc (zemljiškega katastra, katastra stavb in registra nepremičnin) oblikovana enotna evidenca »kataster nepremičnin«. Zakon bo postavil normativno podlago za informacijsko prenovo nepremičninskih evidenc, katere izvedba bo po drugi strani omogočila njegovo uporabo. Informacijska prenova nepremičninskih evidenc bo zagotavljala informacijsko podporo poslovnim procesom za učinkovito in sprotno evidentiranje podatkov o nepremičninah, za vzpostavitev učinkovitih in kontroliranih povezav z zemljiško knjigo ter z drugimi zbirkami prostorskih podatkov. Razvojno-konceptualne spremembe sistema evidentiranja nepremičnin se bodo izvajale v okviru projekta *Program projektov eProstor* v finančni perspektivi 2014–2021.

Literatura in viri:

Zakon o evidentiranju državne meje z Republiko Hrvaško (ZEDMRH). Uradni list RS, št. 69/2017.

Zakon o evidentiranju nepremičnin (ZEN). Uradni list RS, št. 47/2006, 65/2007 – Odločba Ustavnega Sodišča, 79/2012 – Odločba Ustavnega Sodišča in 61/2017 – ZAI.

Zakon o množičnem vrednotenju nepremičnin (ZMVN). Uradni list RS, št. 50/2006, 87/2011, 40/2012 – ZUJF, 22/2014 – Odločba Ustavnega Sodišča in 77/2017 – ZMVN-1.

Zakon o množičnem vrednotenju nepremičnin (ZMVN-1). Uradni list RS, št. 77/2017.

Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o evidentiranju nepremičnin. Uradni list RS, št. 7/2018.



Tomaž Petek
Geodetska uprava RS
Zemljijska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: tomaz.petek@gov.si

Aleš Seliškar
Geodetska uprava RS
Zemljijska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: ales.seliskar@gov.si

IZBOLJŠANJE KATASTRSKIH NAČRTOV GRAFIČNE IZMERE (HOMOGENIZACIJA)

IMPROVEMENT OF CADASTRAL MAPS OF GRAPHIC SURVEY (HOMOGENISATION)

Jeronim Moharić, Jozo Katić, Antonio Šustić, Damir Šantek

Prevod: Miran Brumec¹

O homogenizaciji kot metodi za izboljšanje katastrskih načrtov grafične izmere se v Republiki Hrvaški govori že več kot dvajset let. V tem obdobju (pa tudi prej) je bilo izdelanih več projektov in študij, objavljen je bil niz del na to temo, pa ni bil postopek nikoli uveden kot sistemski ukrep. Sredi leta 2015 je državna geodetska uprava (DGU) najela zunanje svetovalec za homogenizacijo ter ga zadolžila za izdelavo poslovnega procesa in pripravo projekta homogenizacije. V okviru teh priprav so bile izvedene celovite analize stanja, obstoječih metodologij in tehničnih rešitev, v začetku leta 2017 pa je direktor DGU ustanovil svet za pripravo in izvedbo homogenizacije. Na podlagi analiz je bilo treba dopolniti metodologijo, izdelati ustrezne tehnične rešitve in vse korake poslovnega procesa testirati na dveh območjih v štiridesetih katastrskih občinah.

1 UVOD

Katastrski načrti grafične izmere so večinoma nastali v 19. stoletju, a so v uradni uporabi v pretežnem delu Republike Hrvaške (RH) in se na njih nenehno izvajajo spremembe. Že enostavna primerjava katastrskih načrtov z dejanskim stanjem (s posnetki iz zraka ali pa digitalnimi ortofoti) pokaže velika in manjša položajna odstopanja (neskladnosti). Pri tem moramo razlikovati neskladnosti zaradi neevidentiranih sprememb na terenu in neskladnosti zaradi položajne netočnosti katastrskih načrtov. Neskladja zaradi netočnosti katastrskih načrtov grafične izmere se praviloma razlikujejo po območjih, zato govorimo o nehomogenosti.

Večina strokovne javnosti se bo strinjala, da je nova katastrska izmera najboljši način, s katerim bi dosegli cilj katastrske evidence na območju celotne katastrske občine, to je »točen, natančen in ažuren prostorski podatek«. Med čakanjem, da se bo s katastrsko izmero rešilo stanje evidenc na celotnem območju RH, so pooblaščen inženirji geodezije prisiljeni vsakodnevno prijavljati spremembe, predstavljene v geodetskih elaboratih, se pa izvedba (vris) sprememb pri vzdrževanju digitalnih katastrskih načrtov (DKN, hrv.: *digitalni katastarski plan* – DKP) grafične izmere (še vedno) najpogosteje izvaja z metodo vklopa. S to metodo je treba izmerjene parcele vklopiti (popači se njihov položaj in včasih oblika) in potem vrisati v uraden DKN. Takšni (popačeni) podatki se pozneje izdajajo kot uradni.

¹ Pričujoči članek je bil prvotno objavljen v hrvaščini z naslovom Pобоljšanje katastarskih planova grafičke izmjere (homogenizacija). Predstavljen je bil na 10. simpoziju pooblaščenih inženirjev geodezije Prostorni registri za budućnost, ki je potekal od 19. do 22. oktobra 2017 v Opatiji; objavljen je v zborniku prispevkov. Prevod članka je v sodelovanju z avtorji pripravil Miran Brumec.

Če bi načelo vzdrževanja DKN grafične izmere obrnili, tako da bi katastrski načrt vklopili na izmerjene podatke (ga izboljšali) in bi vrisali spremembo brez kvarjenja izmerjenih podatkov na pravi položaj, bi vsaj na delu, kjer je vrisana sprememba, dosegli cilj, da imamo v uradni evidenci »točne in natančne prostorske podatke«, pa čeprav (začasno) samo na tem delu. To je osnovni namen izboljšanja katastrskih načrtov grafične izmere – obrniti pristop k vzdrževanju DKN grafične izmere, tako da se spremembe v uradni evidenci vrisujejo s preklopom (neposredni vnos na temelju numeričnih podatkov, brez popačenja izmerjenih podatkov).

2 CILJ IN NAMEN IZBOLJŠANJA KATASTRSKIH NAČRTOV GRAFIČNE IZMERE

Osnovni cilj in namen homogenizacije je takšno geometrijsko izboljšanje DKN grafične izmere, da bo na celotnem območju homogeniziranega DKN omogočeno kartiranje novo izmerjenega detajla s preklopom (razen na delih, kjer je neskladnost med stanjem na terenu in DKN tako velika, da nobena transformacija DKN ne pomaga). Pri tem morajo deli katastrskega načrta, ki so že kartirani s preklopom, ohraniti nespremenjen položaj (koordinate točk se ohranijo). Detajlne točke na DKN, ki so vnesene z vklopom in katerih izmerjene koordinate so dostopne, se prekartirajo na pravi položaj.

3 IZVEDENE ANALIZE

Na začetku projekta so bile izvedene obsežne analize stanja. Med izdelavo poslovnega procesa homogenizacije so bila obravnavana tudi druga vprašanja, ki so pomembno prispevala k dopolnitvam metodologije in končnemu poslovnemu procesu. Zato so bile na koncu spremenjene nekatere izhodiščne predpostavke.

Z analizo stanja katastrskih načrtov grafične izmere lahko ugotovimo niz deformacij (nehomogenosti), ki jih je z izboljšavo mogoče in treba odpraviti. To so predvsem nehomogenosti grafičnih podatkov na analognih katastrskih načrtih, ki so nastale pri grafični izmeri in z analognim vzdrževanjem. Čeprav se je točnost določanja položaja z leti izboljševala, so se katastrski načrti analogno vzdrževali večinoma s prilagajanjem podatkov izmer obstoječim podlagam (metoda z vklopom, tj. s kvarjenjem geometrije).

Pri vektorizaciji, ki se je izvajala med letoma 2000 in 2010, so nastale nove deformacije večinoma na stikih listov načrtov, pri vklopih prilog ipd. Obenem so bili načrti pretvorjeni v državni koordinatni sistem (takrat HDKS) s preračunavanjem robov listov z objavljenimi parametri (Borčič in Frančula, 1969), ki so pri številnih katastrskih občinah očitno približni (slika 1).



Slika 1: Neskladje med DKN in DOF na levi ter anomalije na stikih listov na desni.

V obdobju 2008–2009 je Geodetska fakulteta Univerze v Zagrebu v dveh fazah izdelala projekt *Homogenizacija katastrskih načrtov* (Roić in sod., 2008 in 2009; Roić, 2009), v katerem je razdelana metodologija in so sprejete tehnične specifikacije za homogenizacijo. Ker homogenizacija takrat ni bila izvedena, se je nadaljevalo uveljavljeno vzdrževanje v digitalni obliki. Namesto homogenizacije se je izvedla migracija podatkov (tudi DKN) v nove informacijske sisteme, tako da so danes vsi podatki združeni v enem skupnem informacijskem sistemu (SIS, hrv.: *zajednički informacijski sustav – ZIS*).

V letu 2013 je bilo za vzdrževanje DKN sprejeto navodilo v zvezi s postopki izdelave parcelacijskih in drugih geodetskih elaboratov (DGU, 2013) kot tehnična podlaga za vzdrževanje katastrskega operata (DKN). Po tem navodilu razlikujemo dva načina kartiranja sprememb za načrte grafične izmere – metodo preklopa in metodo vklopa. Če je katastrski načrt dovolj kakovosten in homogen, se lahko uporabi metoda preklopa s prilagoditvijo prikaza okoliških katastrskih parcel (primer 3.0) in se odloča le o obravnavani katastrski parceli. Če pa katastrski načrt ni dovolj kakovosten in homogen, se uporabi metoda vklopa s prilagoditvijo prikaza okoliških katastrskih parcel (primer 4.0) in se prav tako odloči le o obravnavani katastrski parceli.

Nerazumevanje oziroma nestrokovnost pooblaščenih inženirjev geodezije in/ali katastrskih uradnikov pri delu ali izvajanju sprememb je prav tako vzrok za anomalije na katastrskih načrtih v digitalni obliki.

Ob vzpostavitvi DKN so posamezni kolegi geodeti menili, da so ti načrti 'zakon', in so koordinate iz DKN z modernimi satelitskimi sistemi za geodetsko izmero (GPS, GNSS) na terenu zakoličevali »na centimeter« in pri tem zatrjevali strankam, da je na primer »*vaša meja po satelitskih merjenjih še 1,56 metra za suhim zidom*«, ali so zakoličevali podatke iz DKN in premikali obstoječe meje več parcel v nizu, da bi pri prenosu DKN grafične izmere na teren zadostili »*satelitski točnosti*«. Temu pravimo »*anomalije na terenu*«. Tak pristop je vse redkejši in verjamemo, da je to obdobje za nami.

Po drugi strani se pojavlja vedno več 'strokovnjakov', ki v nasprotju s predpisi in brez upoštevanja stanja v okolici predlagajo in vrisujejo spremembe s preklpom, ko to ni upravičeno. Takim primerom pravimo »*anomalije na katastrskem načrtu*«. Takšen pristop se pogosto uporablja.

Ne smemo zamolčati, da se v praksi pojavljajo primeri, tj. elaborati, v katerih »izmerjene koordinate niso zanesljive«, ker niso resnično izmerjene ali iz kakšnih drugih razlogov (v vsakodnevni govorici so znani kot »podtaknjeni elaborati«). Na te anomalije je treba biti pripravljen.

S prilagoditvijo katastrskih parcel v okolici kartirane spremembe se prav tako ruši zveznost prostorskih podatkov, a so deformacije majhne, če je kartiranje izvedeno skladno s predpisi.

Pri zadnji migraciji v SIS je bila izvedena geometrijska transformacija v novi koordinatni sistem, pri čemer so bili grafični podatki spet na udaru, saj je šlo za datumsko transformacijo. Katastrski načrti grafične izmere so transformirani v nov geodetski datum večinoma z uporabo T7D-parametrov, kar vključuje spremembo geometrije zaradi nehomogene geodetske osnove (tj. izvornega koordinatnega sistema). Domnevamo lahko, da so se podatki, ki so bili izmerjeni z uporabo geodetske osnove, iz katere so bile izračunane distorzije, izboljšali. Pri vseh migracijah je posamezen del podatkov utrpel tudi spremembe v atributnem delu, najpogosteje z izpuščanjem ali zanemarjanjem posameznih podatkov. Z analizo podatkov v SIS je ugotovljeno, da je stanje atributnih podatkov pestro, še posebej vrednosti atributov o izvorno (z izmero) določenih koordinatah, o poreklu katastra idr. To bo upoštevano pri postopku homogenizacije in podatki, kjer bo to mogoče, bodo popravljeni oziroma dopolnjeni.

Nasprotno od zapisanega pa je med vzdrževanjem katastrskih načrtov v digitalni obliki nastalo največ pravih in točnih podatkov, ker temeljijo na preciznih merjenjih.

4 DOPOLNITEV METODOLOGIJE

V obdobju 2013–2015 je bil izveden projekt IPA 2010, v katerem so bile sprejete tehnične specifikacije s postopki za kontrolo kakovosti homogenizacije katastrskih načrtov (ILAS, 2015; Ernst, 2015) in tehnična rešitev FME. Zato je veljalo, da so pripravljene vsi tehnični pogoji za izvedbo postopka homogenizacije.

Ker je navedeni projekt sovpadal z migracijo DKN v SIS, je bil na podlagi sklepa direktorja DGU konec leta 2015 in skladno z 72. členom Pravilnika ob migraciji v SIS dan v uradno uporabo le del homogeniziranih katastrskih občin. Del katastrskih občin je bil homogeniziran po migraciji, zato te niso migrirane v SIS in niso v uradni uporabi.

Z vključitvijo zunanjega svetovalca za homogenizacijo je bila z izdelavo poslovnega procesa izvedena celovita analiza obstoječega stanja DKN grafične izmere ter analiza obstoječe metodologije, tehničnih rešitev in postopkov. Ugotovljeno je bilo, da bi z metodologijo in tehničnimi rešitvami, ki zahtevajo izbiro veznih točk za homogenizacijo (povprečno 0,2 točke/ha oziroma povprečno 1 točka na 5 ha), na podlagi katerih se izvede transformacija (globalna = afina + lokalna = popačenje, angl.: *rubber sheeting*), najverjetneje dosegli dobre rezultate, če bi homogenizacijo izvedli takoj za vektorizacijo, zdaj pa to ni več dovolj.

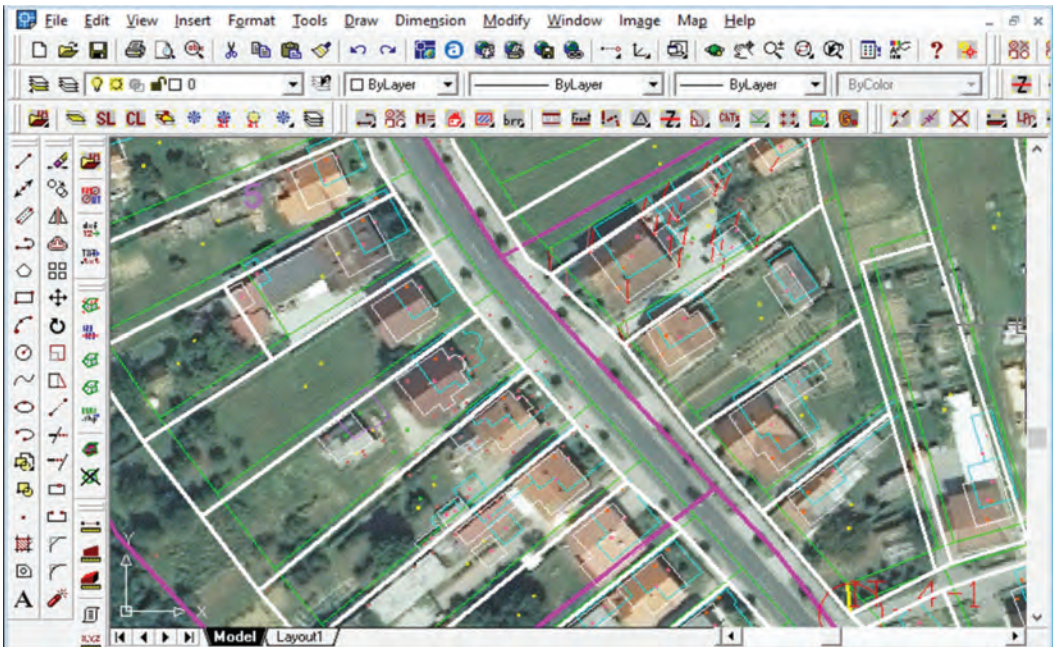
Z obstoječo metodologijo in tehničnimi rešitvami ni mogoče rešiti niza anomalij na DKN grafične izmere. Nekatere so nastale neposredno pri grafični izmeri, večina pa pri vektorizaciji in vzdrževanju (v analogni in digitalni obliki). Večina teh anomalij je navedena v poglavju o izvedenih analizah. Njihova skupna lastnost je, da gre za nezveznosti pri georeferenciranju prostorskih podatkov. Dodatno težavo povzročajo dejstva, da so vsi digitalni načrti migrirani v SIS.

DKN celotne katastrske občine pogosto vsebuje območja z različno kakovostjo. To so na primer večja območja z zanesljivim položajem točk (parcel), za katera so izvedeni elaborati (del nove izmere, gospodarska območja, regulacije potokov in rek, lokalno izboljšani ZKN ipd.), in/ali območja, katerih položaj značilno odstopa od okolice oziroma ostalih delov katastrske občine (priloge, enklave, otoki, elaborati, ki so neupravičeno kartirani s preklpom ipd.).

Takšna območja se ne morejo (in ne smejo) homogenizirati (transformirati) z istimi parametri kot ostali deli katastrske občine, zato jih je treba po dopolnjeni metodologiji pred homogenizacijo ali v prvih iteracijah homogenizacije (na podlagi matematičnih in/ali vizualnih rezultatov kontrole kakovosti) prepoznati in izolirati.

Izolirana območja so zaokrožena območja, ki s svojo (ne)homogenostjo značilno odstopajo od neposredne okolice in/ali ostalega dela katastrske občine.

Določijo se z mejo okoli takšnih območij. Transformacija se izvaja za vsako izolirano območje posebej z lokalnimi transformacijskimi parametri, a hkrati v sklopu homogenizacije celotne katastrske občine. Meje izoliranih območij se določijo na mestih prostorskih nezveznosti grafičnih podatkov. To se lahko primerja z uvedbo tako imenovanih črt prekinitve/nezveznosti (angl. *break line*).



Slika 2: Stanje pred homogenizacijo, vezne točke za transformacijo in stanje po transformaciji.

Poleg tega bi se po dosednji metodologiji in tehničnih rešitvah brez uporabe detajlnih točk iz izvedenih elaboratov (ki imajo neposredno določene koordinate) katastrski načrti poslabšali, ne pa izboljšali, in to v svojem najboljšem delu. Pri tem je treba rešiti gravitacijski vpliv neenakomerno razporejenih detajlnih točk (slika 2).

Zato je obstoječa metodologija spremenjena (dopolnjena), tako da se v postopek homogenizacije poleg veznih točk za homogenizacijo vključijo meje izoliranih območij, s čimer se omogoči lokalna transformacija območij različne (ne)homogenosti, in točke iz elaboratov, ki v postopku transformacije dodatno vplivajo na izboljšanje katastrskega načrta, da se točkam, ki so kartirane s preklpom, ohrani položaj na DKN, točke, ki so kartirane v vklopom, pa se prestavijo na izmerjen položaj in pri tem omejeno vplivajo na okolico. Hkrati se ažurirajo (izboljšajo) atributi točk in katastrskih parcel.

Dodatno izboljšanje bo prinesel koncept vzdrževanja, kjer se vsem točkam neposredno določene koordinate vnesejo v SIS kot atributi, kar se sedaj ne izvaja dosledno. Vse to bo usklajeno z razvojem sistema digitalnega geodetskega elaborata.

Z novo (dopolnjeno) metodologijo in tehničnimi rešitvami se izredno povečajo možnosti, da se s kombiniranjem vseh dejavnikov, ki vplivajo na transformacijo, dosežejo kakovostni rezultati izboljšanja, a je treba dodati, da bodo končni rezultati poleg kakovosti vhodnih podatkov odvisni od vloženega truda in kakovosti dela operaterja, ki določa transformacijske parametre.

5 POSLOVNI PROCES IN POMOŽNE TEHNIČNE REŠITVE

Za praktično izvedbo teoretičnega postopka homogenizacije je bilo treba izdelati niz pomožnih tehničnih rešitev in jih testirati na dejanskih podatkih.

Za zbiranje osnovnih podatkov o vsaki katastrski občini je izdelana samostojna aplikacija Vprašalnik. Predhodno je dopolnjena baza z vsemi razpoložljivimi podatki o katastrskih občinah, tako da je izpolnjevanje vprašalnika predvideno kot dopolnitev, kontrola in po potrebi ažuriranje obstoječih podatkov. Na podlagi podatkov, zbranih z vprašalnikom, je izvedena analiza in izbor katastrskih občin za homogenizacijo. Podatki iz vprašalnika se pozneje uporabijo za samodejno izdelavo skice elaborata homogenizacije.

Da zbiranje točk iz elaboratov (kot pripravljalni korak) ne bi postalo zapleteno in dolgotrajno, so bila izdelana Navodila za zbiranje datotek s koordinatami za potrebe homogenizacije katastrskih načrtov in pomožna programska rešitev CeeSVE, ki izvaja visokoavtomatizirano obdelavo datotek s koordinatami.

Algoritem za homogenizacijo je dopolnjen z novo metodo izoliranih območij in uporabo detajlnih točk iz elaboratov, kjer se vse obdeluje skupaj in sočasno, tako da je postopek transformacije zelo poenostavljen.

Za pridobitev DKN za homogenizacijo je v SIS dodana možnost izvoza (eksport) DKN v SHP-format in za vrnitev homogeniziranega DKN v SIS možnost uvoza (import) iz shp-formata. Pridobitev DKN in DTK je omogočena z WMS-servisom.

Razvit je postopek za pretvorbo DKN iz SHP- v DWG-format za potrebe vizualizacije in določitve parametrov homogenizacije.

Na transformacijo vplivajo trije dejavniki: vezne točke za homogenizacijo (ki se določijo z risanjem vektorjev, tj. daljic je-mora, v podatkovnem sloju IT-vektorji); meje izoliranih območij (ki se določijo z risanjem poligonov okoli območij v sloju IP-meja); detajlne točke iz elaboratov (ki se predhodno zberejo v pripravljalni fazi, a se pri postopku homogenizacije kontrolirajo ter se iz transformacije izločijo, če se ugotovi, da so posamezne točke nezanesljive in neugodno vplivajo na rezultat; za dodatne ročno vključene točke se rišejo vektorji v sloj DT-vektorji). Poleg tega je treba določiti kontrolne točke (z risanjem vektorjev, tj. daljic je-mora, v plasti KT-vektorji). Za ta postopek je izdelano Navodilo za izbiro veznih točk za homogenizacijo, v katerem je v uvodu pojasnjeno vse, kar je pomembno in vpliva na transformacijo, v nadaljevanju pa so podana praktična navodila za delo, za izbiro veznih točk za homogenizacijo, izbiro kontrolnih točk ter določanje mej izoliranih območij različne notranje (ne)homogenosti.

Testiranje vseh korakov poslovnega procesa in izdelanih tehničnih rešitev je bilo izvedeno v 40 katastrskih občinah v dveh OGU.

V pogajanjih s Svetovno banko (ki bo zagotovila bo sredstva za financiranje homogenizacije) je direktor državne geodetske uprave dr. Damir Šantek sprejel sklep, da bodo po pripravljenem poslovnem procesu homogenizacijo izvajala pooblaščen geodetska podjetja. Konec avgusta 2017 je bil objavljen javni razpis za izvedbo homogenizacije 360 katastrskih občin.

6 SKLEP

Nenehno je treba poudarjati, da je homogenizacija tehnično opravilo, s katerim se ne spreminja stanje katastrskih podatkov v pravnem smislu. Homogenizacija ni evidentiranje dejanskih oblik in površin katastrskih parcel, nikakor ne more nadomestiti katastrske izmere, bo pa dotlej olajšala vzdrževanje, ker bo omogočila, da se rezultati posameznih geodetskih elaboratov v uradnih evidencah vnesejo pravilno (s preklopom).

Homogenizacija je tehnični postopek geometrijskega izboljšanja katastrskih načrtov grafične izmere, pri katerem se pazi, da se najboljši deli DKN ne popačijo (katastrske parcele, za katere obstajajo koordinate dejanskega položaja in so kartirane s preklopom, se ohranjajo na dejanskem položaju, katastrske parcele, ki so kartirane z vklopom, se prekartirajo na dejanski položaj). V postopku se izboljšajo tudi atributi (se ažurirajo in označijo). Pri izdajanju podatkov bo nedvoumno, kakšna je njihova kakovost.

Postopek homogenizacije je vplival na standardizacijo nadaljnjega vzdrževanja (vnos atributov dejanskih koordinat, tako pri vklopu kot pri preklopu). S predvideno spremembo predpisov se bo z elaborati dodatno lokalno izboljševala okolica.

Kljub temu še vedno obstaja možnost »zlorabe« homogeniziranih podatkov, če strokovna javnost ne bo seznanjena (izobraževanje, opozorila), da je homogeniziran podatek zgolj homogeniziran podatek in zato ne more biti podlaga za prenos digitalnih podatkov na teren (zakoličenje, izvedenstvo idr.), ker bi tako ponovili napake, ki so se pojavile z vektoriziranimi katastrskimi načrti grafične izmere.

Literatura:

- Borčić, B., Frančula, N. (1969). Stari koordinatni sustavi na području SR Hrvatske i njihova transformacija u sustave Gauss-Krügerove projekcije. Zagreb: Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- DGU (2013). Tehničke specifikacije za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske. Zagreb: Državna geodetska uprava.
- Ernst, J. (2015). Review of Technical Specifications (9. 7. 2015). Dunaj: Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen.
- ILAS (2015). ILAS C1.RD.085 Technical Specifications with Quality Control Procedures for Homogenisation of Cadastral Maps (Tehničke specifikacije sa procedurama kontrole kvalitete za homogenizaciju katastarskih planova). Zagreb: Zavod za fotogrametriju, d. d.
- Roić, M., Cetl, V., Mader, M., Tomić, H., Stanić, B. (2008). Homogenizacija katastarskog plana – I faza. Zagreb: Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Roić, M., Cetl, V., Mader, M., Tomić, H., Stanić, B. (2009). Homogenizacija katastarskog plana – II faza. Zagreb: Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Roić, M. (2009). Cadastral Map Homogenisation – Technical Specification. Zagreb: Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.



Jeronim Moharić, mag. ing. geod. et geoinf.
GEO-GAUSS, d. o. o.
Ulica hrvatskih branitelja 1, 40000 Čakovec, Hrvatska
e-naslov: geo@geo-gauss.hr

Jozo Katić, dipl. ing. geod.
Državna geodetska uprava, PUK Sisak
Trg hrvatskih branitelja 9, 44000 Sisak, Hrvatska
e-naslov: jozo.katic@dgu.hr

Antonio Šustić, dipl. ing. geod.
Državna geodetska uprava, Središnji ured
Gruška ulica 20, 10000 Zagreb, Hrvatska
e-naslov: antonio.sustic@dgu.hr

Dr. sc. Damir Šantek, dipl. ing. geod.
Državna geodetska uprava, Središnji ured
Gruška ulica 20, 10000 Zagreb, Hrvatska
e-naslov: damir.santek@dgu.hr

Prevod članka v slovenščino:
Miran Brumec, univ. dipl. inž. geod.
LGB, geodetski inženiring in informacijske tehnologije, d. o. o.
Ukmarjeva ulica 4, 1000 Ljubljana
e-naslov: miran.brumec@lgb.si

5. JULIJ 1822 – PRVA GEODETSKA EKIPA NA VRHU TRIGLAVA

5TH JULY 1822 – THE FIRST SURVEYING TEAM ON TOP OF MT. TRIGLAV

Joc Triglav

1 UVOD



Slika 1: Na februarski strani koledarja je razglednica iz leta 1923, ki prikazuje Triglavski dom na Kredarici (2515 m) in Triglavski ledenik z vrhom Triglava (2863 m). (Vir slike: Koledar..., 2018)

Tako kot običajno sem tudi letos v knjigarni iskal stenski koledar, ki mi bo čez leto krasil pisarno. Običajno izberem takšnega s fotografijami iz narave, da se ob občasnem pogledu nanje razbistri misel in spočije oko. Tudi tokrat sem že držal v rokah podoben primerek, ko je žena opazila zanimiv koledar *Gore in ljudje na starih razglednicah* s starinskimi slikami in razglednicami s slovenskih planin (Koledar..., 2018). Koledar s podobami, ki jih v zbirkah hranita Gornjesavski muzej Jesenice in Slovenski planinski muzej,

je ob letošnji 240. obletnici prvega vzpona na Triglav natisnila in izdala založba Medium iz Žirovnice. Obrnil sem nekaj strani in takoj mi je bil všeč.

V začetku leta sem ga tako namestil v svoji pisarni, ne da bi vedel, da me bo pripeljal tudi do kratke, a zanimive zgodovinske geodetske zgodbe iz zapisa v nadaljevanju. Potem pa sem pred dnevi, ko sem obrnil list na mesec februar, najprej občudoval skoraj sto let staro razglednico Kredarice in Triglavskega ledenika s Triglavom (slika 1) ...

2 PRVA MERITEV TRIANGULACIJSKE TOČKE NA TRIGLAVU

...takoj zatem pa se je »zoom« mojega pogleda ustavil na slikovnem detajlu na dnu strani (slika 2).



Slika 2: Ilustracija nevihte ob triangulacijski piramidi na vrhu Triglava s februarске strani koledarja. (Vir slike: Koledar..., 2018)

Ob gornji sliki je objavljen kratek zapis z naslovom *Planšarice so s pomivalkami in žehtarji podile bežečega inženirja*, ki me je spodbudil k dodatnim poizvedbam. Zgodovinski viri za to zgodbo, ki se delno prepletajo, dopolnjujejo in v posameznih podrobnostih razlikujejo, so navedeni na koncu članka.

V knjigi, ki jo je po dolgoletnem zbiranju pripravil zdravnik, alpinist in gorski reševalec France Malešič (Malešič, 2005), najdemo naslednji opis: »5. julija 1822 se je stotnik Antonio von Bosio z vodniki in težkim zemljemerskim merilnim orodjem povzpел na vrh Triglava. Poverjena mu je bila naloga, naj sestavi trigonometrično omrežje Kranjske. Zato je bil dal na vrhu že pred vzponom postaviti triangulacijsko piramido. Priprave in merjenje so bili zamudni. Že tako slabo vreme se je pred večerom še poslabšalo.

Bližala se je nevihta in vodniki so Bosiu svetovali, naj gredo nazaj. Odločil pa se je, da bo prespal na vrhu, ker ni hotel pustiti merilnega aparata brez varstva, ali pa se mu je zdel sestop še varnejši in si je želel prihraniti ponoven težaven vzpon. Vodniki in nosači so odšli; z njim in njegovim slugo, korporalom Johannom Rothemmelom, je ostal le 35-letni vodnik Anton Korošec, po domače Cerkovnikov Tonej s Koprivnika. Veter se je spremenil v orkan s številnimi bliski. Ko se je Bosio končno odločil za vrnitev, je Korošec presodil, da je v takem vetru sestop po grebenu nemogoč in je morda bolje počakati, da se neurje umiri. Občepeli so ob piramidi, kjer jih je večkrat oplazila strela, dokler niso omotični poiskali skalno kotanjo nekoliko nižje in se spet pokrili s šotorskim platnom. Tudi tam niso bili varni pred streljo, zato je vodnik začel priganjati, naj bi vseeno poskusili sestopiti. Druga dva ga nista poslušala, zato se je vrnil k piramidi. Sključenega pod njo je okrog 11. ure zvečer ubila strela.

Naslednji dan so prišli na vrh vodniki Anton Kos iz Jereke, Simon Stare, po domače Orjakov Šimen iz Podjelja, in še pet po imenih neznanih nosačev. Truplo Antona Korošca so z velikimi težavami prinesli v dolino. To je bilo prvo znano gorsko reševalno delo vodnikov in nosačev.«

V zapisu na spletnem portalu Gore in ljudje (Škodič, 2007) najdemo še tale dopolnilni opis: »Prva žrtev na vrhu Triglava je prav tako povezana z udarom strele. Petega in šestega julija 1822 se je na vrh povzpел stotnik Antonio von Bosio, ki ga je spremljalo več lokalnih vodnikov in nosačev. Na vrh so pritovorili težko zemljemersko merilno orodje, s katerim je stotnik opravljal zadano nalogo, da postavi trigonometrično omrežje Kranjske. Na vrhu je bila predhodno postavljena triangulacijska piramida, zamudne stotnikove meritve pa je oteževalo vreme, ki se je vedno bolj slabšalo. Zaradi konca dneva in bližajoče se nevihte so vodniki od Bosia zahtevali sestop z vrha, a ta se je odločil, da prinesene opreme ne bo pustil brez nadzora in da bo noč preživel kar na samem vrhu. Vodniki in nosači so zato sami sestopili, z njim je ostal le vojaški sluga in pa Anton Korošec, vodnik iz Koprivnika. Ponoči se je razbesnel orkanski veter, strele pa so udarjale ena za drugo. V tistem neurju se je Bosio sicer odločil za umik, a zaradi vetra in teme je bilo to nemogoče. Sključene pod šotorskim platnom jih je večkrat oplazila strela, zaman so iskali varnega kotička na vrhu in v skalnih kotanjah. Ob enajstih zvečer je udarilo neposredno v nesrečnega Korošca, ki se je med tistim zmedenim tavanjem zatekel pod piramido. Drugo jutro so se vodniki in nosači vrnili in truplo zvestega vodnika z velikimi težavami prinesli v dolino. Bosio je med njihovim prihodom še vedno opravljal meritve in posledica je bil sprejem, ki ga je doživel ob povratku na Velo polje. Med planšarji in planšaricami je nastal cel kralav in za prestrašenim zemljemercem so se ženske pognale s pomivalniki in žetarji in ga podile vse do Malega polja, kjer so se jim, ne vedoč za vzrok, pri tem pogonu pridružile še tamkajšnje majarice in ga zasledovale še globoko proti Bohinju.«

V zgodovinskem zapisu o prvih raziskovalcih slovenskih gora in prvih dokumentiranih pristopih nanje (Mikša, 2013) najdemo v razpredelnici (razpredelnica 1) s časovnim zaporedjem vzponov na vrh Triglava pod zaporednima številčkama trinajst in štirinajst naslednji navedbi o geodetski odpravi:

Preglednica 1: Vzpona na vrh Triglava za potrebe triangulacije Kranjske v letu 1822. (Mikša, 2013)

1822	Zgodaj poleti prinesejo na vrh material za triangulacijsko piramido Anton Kos, Matija Korošec in Orjakov iz Podjelja z drugimi vodniki. Trinajsti pristop.
1822	5. julija se vzpenjo na vrh stotnik von Bosio, korporal Rothemmel, Anton Kos, Anton Korošec, Orjakov iz Podjelja in pet po imenu neznanih nosačev. Antona Korošca je ponoči na vrhu ubila strela. Štirinajsti pristop.

V navedenem zgodovinskem zapisu (Mikša, 2013) je opis geodetskega dela in nesrečne nevihte naslednji:

»V prvi polovici 19. stoletja se zanimanje za slovenske gore razširi tudi na nekatere druge poklicne skupine. Med te obiskovalce lahko štejemo oficirja in geodeta Antonia von Bosia (Triglav osvoji leta 1822) ... Z Bosiom je povezano tudi prvo znano gorsko reševanje na Triglavu. Leta 1822 je nosača Antona Korošča, ki je Bosia spremljal na Triglav – ta je na vrhu opravljal geodetske meritve – ubila strela. Od Bosia najeti domačini Bohinjci so že zgodaj poleti leta 1822 postavili na vrhu Triglava triangulacijsko piramido. Sestavljena je bila iz štirih močnih drogov, ki so bili povezani z deskami in prečnimi drogovi. Priprave na merjenje so bile dolgotrajne in zamudne, in ko je popoldne nevihta zajela vrh Triglava, se je Bosio odločil, da prenoči na njem, zato da bi si prihranil grozote ponovnega vzpona. Ponoči jih je znova zajela nevihta in strela je ubila Antona Korošča, sina Luke Korošča, enega izmed prvopristopnikov leta 1778. Ko se je Bosio zjutraj prikazal na Velem polju in povedal, kaj se je zgodilo, je bil deležen burnega odziva.«

Ta je zabeležen v naslednjem citatu (Lovšin, 1946): »Samo Anton Korošec ostane s stotnikom in z njegovim slugo na vrhu. Doživeli so strašne ure. Veter se je spremenil v orkan, ki so ga spremljali tisoči bliskov in strahotno bobnenje groma z desetkratnimi odmevi. Ko si je že v noči in v najslabšem vremenu Bosio premislil in zaželel povratek z vrha, obdanega z ognjem strel, je Korošec izjavil, da je v tem položaju pri takem divjanju vetra sestop po grebenu morda še nevarnejši kakor pa ostati na mestu in čakati, da se narava pomiri. Morda jim neurje le prizanese ... Bosio in sluga sta odnesla zdravo kožo. Korošča pa je sključenega pod piramido strela ubila ... To so vreščale majarice in majarji, ko jim je inženir [Bosio, op. p.] zjutraj naznanil, kaj se je pripetilo ponoči na Triglavu! Pripravljene s pomivalkami in žehtarji so podile planšarice bežečega inženirja celo na Malo polje.«

Čeprav je bila Gorska reševalna služba Slovenije ustanovljena 16. junija 1912 v Kranjski Gori v okviru takratnega Slovenskega planinskega društva, je za Bohinjce prav to prvo znano gorsko reševalno delo vodnikov in nosačev pravi začetek slovenske gorske reševalne službe na Slovenskem (Glasilo občine Bohinj, 2005).

V zvezi s priimkom geodeta von Bosia sem se spomnil tudi odličnega članka v Geodetskem vestniku o prvi sistematski triangulaciji na našem ozemlju, ki ga je pred desetletjem po podrobni proučitvi originalov elaboratov prvotne katastrske triangulacije napisal naš cenjeni geodet Marjan Jenko (Jenko, 2008). V tem članku je večkrat omenjen geodet stotnik Andreas von Bosio in njegove triangulacije v letih 1820–1821 na območju takratnega novomeškega in (civilnega) karlovskega okrožja. Zanimiva podrobnost, a iskanje odgovora na vprašanje, ali sta bila triangulatorja s priimkom von Bosio dejansko dva ali pa je bil mogoče Andreas hkrati Antonio, prepustimo morebitni drugi zgodbi.

3 STARA ZAMISEL O PLANINSKI GEODETSKI POTI

Omenili smo že na začetku, da letos mineva 240 let od prvega vzpona na vrh Triglava, ki ima v slovenski planinski zgodovini izjemno mesto. Prvi vzpon so 26. avgusta 1778 izvedli štirje domačini iz Bohinja. V spomin na ta dosežek so leta 1978, ob 200-letnici prvega vzpona, v Ribčevem lazju v Bohinju delovni ljudje in planinci Slovenije ter domačini iz Bohinja postavili spomenik prvopristopnikom, ki ga je izdelal akademski kipar Stojan Batič (slika 3). Na spominski plošči piše: »Dne 26. 8. 1778 so se štirje srčni možje iz Bohinja: Luka Korošec, Matevž Kos, Štefan Rožič in Lovrenc Willomitzer prvi, odkar svet stoji – povzpeli na vrh Velikega Triglava.«

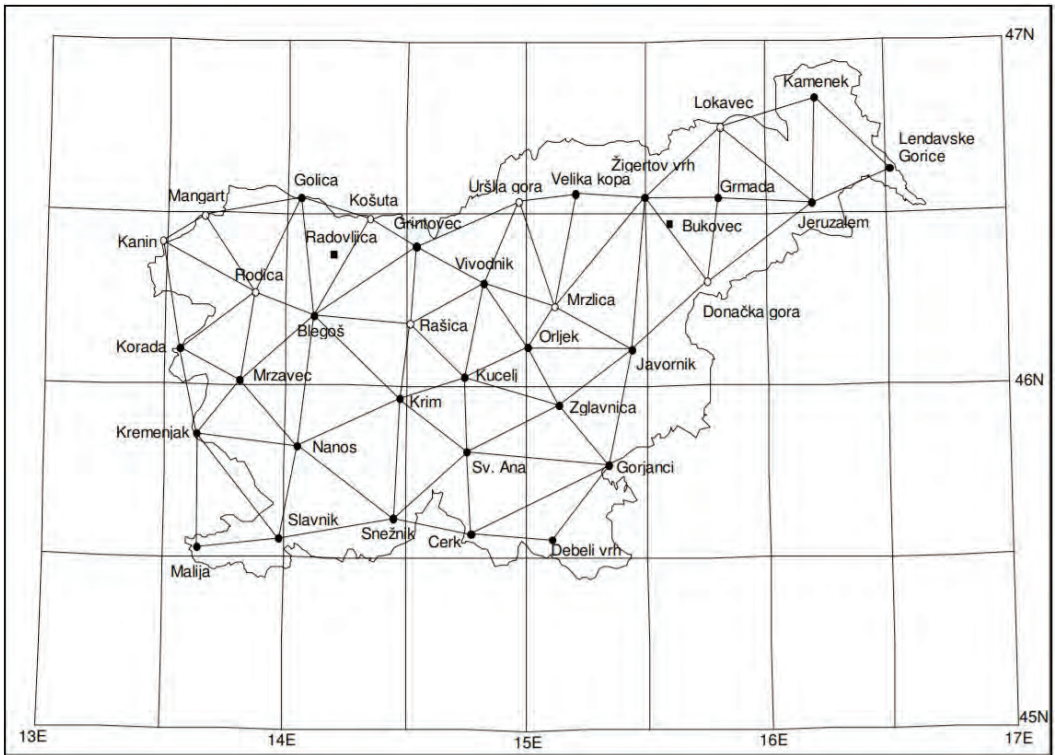


Slika 3: Spomenik štirim srčnim možem iz Bohinja, ki jim je leta 1778 uspel prvi vzpon na vrh Triglava. (Vir slike: TNP, 2018)

Med srčnimi možmi, ki so po službeni dolžnosti in z gorniškim navdušenjem osvajali visoke vrhove in na njih v težkih razmerah postavljali triangulacijske točke ter izvajali najzahtevnejše geodetske meritve, so tudi številni geodeti. Zadnji tovrstni obsežen in uspešen geodetski podvig nacionalnega pomena so geodeti in geodetke Urada za geodezijo Geodetske uprave RS ob pomoči sodelavcev z območnih geodetskih uprav izvedli v okviru kampanje EUREF 2016.

Za konec te zgodbe v premislek o povezanosti geodezije in planinstva ter v ponovno spodbudo za celovito uresničitev tri desetletja stare zamisli navajam še besede našega cenjenega pokojnega geodeta in gornika Gojmirja Mlakarja, ki jih je pred 25 leti zapisal v Planinskem vestniku v dveh delih v članku Geodezija in planinstvo (Mlakar, 1993a in 1993b): »Namen pričujočega sestavka je opozoriti na povezanost geodetske stroke s planinstvom, obuditi spomin na stanovske kolege, ki so se pri svojem delu srečevali z lepotami planin, bili velikokrat med tistimi, ki so iskali prehode in dostope do vrhov ter jih po tedaj nezavarovanih smereh tudi osvajali. Prispevek naj bi tudi oživel razmišljanja o geodetski planinski poti, ki bi imela za cilj obisk vseh vrhov, na katerih so triangulacijske točke 1. reda. O njej smo razmišljali leta 1988 (tudi Planinski vestnik je o tem pisal), aktivnosti za njeno vzpostavitev pa so zaradi pomanjkanja denarja in premajhne zagnanosti zamrle. Med tem časom so se razmere spremenile. Opisane trigonometrične točke 1. reda niso več del jugoslovanske mreže 1. reda, temveč je to mreža samostojne države Slovenije. Ni več točk na vrhovih, do katerih je prepovedan dostop. Vse to so razlogi, da geodeti idejo o planinski geodetski poti uresničimo. Posvetili bi jo kolegom, ki so pred mnogimi leti opravljali pionirska zemljemerska dela na slovenskem ozemlju.«

Osvežitev spomina, katere so točke, o katerih je pisal geodet Mlakar, nam omogoča spodnja slika (slika 4).



Slika 4: Astrogeodetska mreža Slovenije je po obliki klasična trigonometrična mreža. Zaradi zahtev klasične terestrične geodezije so trigonometrične točke na izpostavljenih mestih, kot so vrhovi gora ter vrhovi višjih ali nižjih hribov in gričev (Stopar in Kuhar, 2001).

Deset od teh točk bo Geodetska uprava RS v naslednjih letih obnovila in ohranjala kot nacionalno kulturno-tehnično dediščino (Miklič, 2015). Vse preostale točke na gornji sliki, kot tudi množica drugih točk geodetske mreže vseh redov in zvrsti, pa nam bodo geodetom omogočale trajno obojestransko matematično povezavo med sedanjim in novim koordinatnim sistemom, v katerega smo z eno nogo že vstopili.

4 ZAKLJUČEK

Tradicijo geodetov preteklih rodov, ki so po vsem svetu na izpostavljenih vrhovih planin v smrtno nevarnih razmerah vzpostavljali triangulacijske mreže kot temelje geodetskih sistemov, moramo geodeti vsestransko spoštovati, ceniti in ohranjati tudi v sodobnem času.

Nevihtam in strelam se geodeti danes med delom v naravnem okolju praviloma lahko pravočasno in varno izognemo, s strokovnim delom pa moramo vedno skrbeti, da bodo vrhovi natančnosti in točnosti naših sodobnih geodetskih meritev čim bližje skupaj. Tako bomo vsem svojim uporabnikom vedno znova najbolje izkazovali svoje znanstveno in strokovno geodetsko znanje, hkrati pa se bomo znali izogniti večini bodočih neviht in strel iz našega neposrednega družbenega okolja!

Literatura in viri:

- Glasilo občine Bohinj (2005). Reševanje Korošca začetek slovenske GRS, VIII/2, september 2005 (7). <http://www.gore-ljudje.net/novosti/4270/>
- Jenko, M. (2008). Prva sistematska triangulacija na našem ozemlju. *Geodetski vestnik*, 52 (1), 82–95. http://www.geodetski-vestnik.com/52/1/gv52-1_082-095.pdf
- Koledar (2018). Gore in ljudje na starih razglednicah. 240 let prvega vzpona na Triglav. Žirovnica: Založba Medium, 13 str. <http://www.medium.si/sl/artikel/131644042.html>
- Lovšin, E. (1946). V Triglavu in njegovi soseščini. Ljubljana, 107–109.
- Malešič, F. (2005). Spomin in opomin gora. Založba Didakta, Radovljica, 496 str.
- Miklič, J. (2015). Geodetska tehnična dediščina je tudi 10 stebrov državnih trigonometričnih točk 1. reda. Ljubljana: Geodetska uprava RS-Urad za geodezijo. <http://www.zdruzenje-sickmet.si/images/tabdoc/ZEMLJEMERSKA%20TEHNICNA%20DEDISCINA%20JE%20TUDI%2010%20STEBROV.pdf>
- Mikša, P. (2013). Prvi raziskovalci slovenskih gora in prvi dokumentirani pristopi nanje. *Zgodovinski časopis*, 67/148 (3–4), 390–405. <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-QAZRIQ08/d20e35b3-cabe-49d0-bf2c-469064eeb026/PDF>
- Mlakar, G. (1993a). Geodezija in planinstvo – 1, *Planinski vestnik*, XCIII/1993 (10), 437–440. http://www.planinskivestnik.com/files/File/PV_1993_10.pdf
- Mlakar, G. (1993b). Geodezija in planinstvo – 2, *Planinski vestnik*, XCIII/1993 (11), 486–489. http://www.planinskivestnik.com/files/File/PV_1993_11.pdf
- Stopar, B., Kuhar, M. (2001). Moderni geodetski koordinatni sistemi in astrogeodetska mreža Slovenije. *Geodetski vestnik*, 45 (1–2), 11–26. <http://www.geodetski-vestnik.com/45/gv45-12.pdf>
- Škodič, D. (2007). Z žehtarji nad zemljemerca. *RadioDur*, Nad meglo, 13. 7. 2007, 37. oddaja. <http://www.gore-ljudje.net/novosti/9782/>
- TNP (2018). Triglavski narodni park – spletna stran. <https://www.tnp.si/assets/Znamenitosti/Spomenik-stirim-srcnim-mozem-2.jpg>



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

NOVA DOKTORJA ZNANOSTI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

TILEN URBANČIČ, DOKTOR ZNANOSTI

Dne 24. novembra 2017 je v okviru doktorskega študija geodezije na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG) doktorsko nalogo uspešno zagovarjal Tilen Urbančič, univ. dipl. inž. geod., ki je nalogo pripravil pod mentorstvom prof. dr. Bojana Stoparja in doc. dr. Mojce Kosmatin Fras, obeh s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani.

Avtor:	Tilen Urbančič
Naslov:	Ocenjevanje geometrične podobnosti oblakov točk aerolaserskega skeniranja: doktorska disertacija (angl. Assessment of Geometric Similarity of Airborne Laser Scanning Point Clouds)
Mentorica:	prof. dr. Bojan Stopar
Somentorica:	doc. dr. Mojca Kosmatin Fras
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=99245&lang=slv

Doktorska naloga se ukvarja z ocenjevanjem geometrične podobnosti oblakov točk, kjer pri registraciji uporabimo umetne tarče. Umetnim tarčam večinoma lahko natančno in točno določimo koordinate iz oblaka točk aerolaserskega skeniranja ter s klasično izmero v izbranem koordinatnem sistemu. Glavni namen naloge je bil raziskati uporabnost umetnih tarč stožčaste oblike v postopkih ocenjevanja kakovosti oblakov točk. Z izvedbo dveh praktičnih testov določimo najboljšo geometrijo stožca za uporabo v postopkih laserskega skeniranja. Uporabnost stožcev kot ALS-tarč izboljšamo z vzpostavitvijo postopka samodejnega prepoznavanja točk stožca iz oblaka točk z metodo RANSAC. Fizičnim modelom stožcev za uporabo v postopkih ALS so določeni parametri ter adicijske konstante. Na podlagi obdelav oblakov točk dveh testnih aerolaserskih skeniranj je analizirana kakovost odbojev od stožcev ter določeni kriteriji za kakovostno uporabo takih tarč. V nalogi so opisani in predstavljeni rezultati vzpostavljene referenčne geodetske mreže v Radovljici, ki je bila uporabljena za ocenjevanje kakovosti oblakov točk aerolaserskega skeniranja oziroma njihove geometrične podobnosti. Z različnimi analizami se je preverjala natančnost in točnost izdelanih modelov reliefa ter koordinat kontrolnih točk na različnih odbojnih površinah. Uporabnost stožcev kot umetnih tarč je bila določena s primerjavami cenilk kakovosti oblakov točk na kontrolnih točkah različnih odbojnih površin pri registraciji s stožci, črnobelimi tarčami in na podlagi drugih talnih točk.

SIMON STARČEK, DOKTOR ZNANOSTI

Dne 8. decembra 2017 je v okviru doktorskega študija geodezije na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG) doktorsko nalogo uspešno zagovarjal mag. Simon Starček, ki je nalogo pripravil pod mentorstvom doc. dr. Dušana Petroviča s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani in prof. dr. Andreje Cirman z Ekonomske fakultete pri Univerzi v Ljubljani.

Avtor: Simon Starček
Naslov: Uporabnost zbirk prostorskih podatkov in njihove kartografske upodobitve za potrebe obdavčitve nepremičnin (angl. Utilization of spatial data sets and their cartographic visualization for the purpose of real properties taxation)
Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič
Somentorica: prof. dr. Andreja Cirman
URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=99246&lang=slv>

V doktorski disertaciji so obravnavani prostorski podatki, povezani z obdavčitvijo nepremičnin, in njihovi kartografski prikazi, namenjeni vsem v proces obdavčitve nepremični vključenim deležnikom, od laične javnosti do pripravljavcev politik in strokovnih podlag ter odločevalcev. Obravnavana je obdavčitev nepremičnin v skladu z metodološkim pristopom, temelječim na proučevanju lastnosti sistema obdavčitve nepremičnin, upoštevajoč načela sodobnega davčnega sistema ter ustavna načela. Na podlagi tega je po osnovnih davčnih elementih podrobneje analiziran sistem obdavčitve nepremičnin v nekaterih državah sveta in Sloveniji, s poudarkom na analizi nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča in davka na nepremičnine glede na določila Zakona o davku na nepremičnine (2013). V skladu z oblikovanim metodološkim pristopom je izvedena analiza kakovosti registra nepremičnin kot osnovnega vira prostorskih podatkov za obdavčenje nepremičnin po vseh elementih kakovosti, kot jih opredeljuje mednarodni, evropski in slovenski standard SIST EN ISO 19157:2015. V okviru analize kakovosti registra nepremičnin so identificirana ključna tveganja kršitve načel sodobnega davčnega sistema in ustavnih načel. Rezultati analiz so podprti s kartografskimi prikazi za lažjo zaznavo in kakovostnejšo interpretacijo stanja kakovosti podatkov. Proučeni so odloki vseh občin o nadomestilu za uporabo stavbnega zemljišča ter viri podatkov za upravljanje sistema nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča. Na podlagi tega je izvedena multipla regresijska analiza dejavnikov vpliva na davčni izplen nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča ter na podlagi geografsko obtežene regresije in kartografskih prikazov rezultatov tudi lokalne značilnosti dejavnikov vpliva. Razvit je lasten metodološki pristop za izvedbo analize problema nezveznosti davčnih osnov istovrstnih nepremičnin na mejah vrednostnih con oziroma območij plačevanja nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča, podprtih s kartografskimi prikazi.

Prof. dr. Krištof Oštir, predsednik komisije za doktorski študij UL FGG
 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

OD 1. 11. 2017 DO 31. 1. 2018

Teja Japelj

Spet smo zakorakali v novo koledarsko leto in to ni samo čas, da se resetirajo naši cilji, je tudi čas, ko je pametno razmisliti, kako smo do sedaj vodili svoje življenje in kako ga bomo vodili vnaprej. Veliko nas je, ki si vzamemo trenutek za povzetek preteklega leta ter se vprašamo, kaj obžalujemo, kaj bi lahko naredili več ali manj, ali si celo zaželim, da bi izboljšali kakovost svojega **življenja**. Naj to pomaga vsem, da bi bile odločitve vnaprej še boljše.

V preteklih mesecih ni bilo veliko študentov, ki so se odločili za zaključno nalogo na oddelku za geodezijo. En študent je uspešno opravil zagovor na magistrskem študijskem programu druge stopnje prostorsko načrtovanje, trije pa na visokošolskem strokovnem študijskem programu prve stopnje tehnično upravljanje nepremičnin.

PROSTORSKO NAČRTOVANJE, 2. STOPNJA

Miha Bevcer: Pregled in analiza podatkov o kolesarskih poteh v Sloveniji

Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič

Somentor: asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=99037>

V Sloveniji so kolesarske poti vzpostavljene na različnih ravneh in predlagane s strani različnih ponudnikov. Informacije o kolesarskih poteh lahko zasledimo v raznih spletnih in fizičnih virih, ki se razlikujejo po obsegu in kakovosti podatkov ter načinu predstavitve. Na ravni Slovenije so podatki neorganizirani, pomanjkljivi, zastareli in večkrat ne odražajo dejanskega stanja v naravi. Zaradi novih in novih kolesarskih poti, ki so objavljene na različnih mestih, je postal pregled in izbor primerne poti za kolesarje kar zahtevno opravilo. V okviru magistrskega dela smo zato izvedli najobsežnejši pregled kolesarskih poti na ravni celotne države do danes ter iz približno 120 različnih spletnih in fizičnih virov zbrali podatke o več kot 800 kolesarskih poteh. V GIS-okolju smo potek in ostale značilnosti poti (tip kolesa, vrsta podlage, dolžina, zahtevnost, čas, označenost) vnesli v podatkovno bazo, kjer smo jih ustrezno popravili, uredili in kategorizirali. Zaradi neenotne metodologije določanja vrednosti oziroma neprimerljivosti med različnimi viri smo nekatere izmed navedenih značilnosti na podlagi drugih prostorskih podatkov izračunali sami. Za ustvarjeno podatkovno bazo smo izdelali analizo kakovosti, končne rezultate pa predstavili v obliki preglednic in kartografskih prikazov.

TEHNIČNO UPRAVLJANJE NEPREMIČNIN, 1. STOPNJA

Simon Čuk: Analiza višinskih odstopanj pri bližnjelikovnem aerofotografiranju in aerolaserskem skeniranju ter terestrični metodi izmere

Mentorica: doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Somentor: asist. dr. Dejan Grigillo

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=98377>

Valerija Lamprečnik: Strokovne podlage za razvoj komunalne infrastrukture v občini Žalec

Mentorica: izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač

Somentor: asist. dr. Peter Lamovec

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=99339>

Nejc Presterl: Vzpostavitev geodetske mreže za izgradnjo obvoznice mimo letališča Jožeta Pučnika

Mentor: doc. dr. Božo Koler

Somentor: asist. dr. Tilen Urbančič

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=99363>

GEO & IT NOVICE

Aleš Lazar, Klemen Kregar

Sedež centra Galileo se iz britanskega Swanwicka seli v Madrid

Rezervni sedež varnostno-nadzornega centra Galileo se zaradi brexita seli iz britanskega Swanwicka v Madrid, je februarja 2018 potrdila evropska komisija. Za sedež se je potegovalo šest članic EU, tudi Slovenija. Novi sedež bo začel delovati v prihodnjih mesecih. Komisija je po objektivnih tehničnih, varnostnih, finančnih in programskih merilih ocenila ponudbe šestih držav – Belgije, Italije, Portugalske, Romunije, Španije in Slovenije – so sporočili v Bruslju. Varnostno-nadzorni center Galileo ni agencija EU, je del tehnične infrastrukture, ki ima ključno vlogo pri zagotavljanju varnosti evropskega programa satelitske navigacije Galileo, vključno z njegovo regulirano javno storitvijo.

Regulirana javna storitev v okviru sistema Galileo je močno zavarovana in zakodirana storitev določanja položaja in točnega časa. Dostop do nje bodo imele samo vlade in nekateri pooblašteni organi, na primer civilna zaščita, policija in oborožene sile. Glavni in operativni sedež centra je v Franciji. Nadomestna lokacija pa je bila iz varnostnih razlogov v Združenem kraljestvu. Zaradi brexita in nujnosti ohranjanja kontinuitete nadomestne lokacije za program Galileo je bilo treba nadomestni sedež varnostno-nadzornega centra preseliti z lokacije na angleškem jugu v eno izmed 27 članic EU. Ker to ni agencija, je tudi postopek izbire drugačen kot pri selitvi evropskih agencij za zdravila in banke, ko so o novih sedežih odločile članice Unije. Tokrat je odločitev sprejela komisija.

Vir: Finance Live, februar 2018 – <https://live.finance.si/>, MMC RTV Slovenija, februar 2018 – <https://www.rtvlo.si/znanost-in-tehnologija>

TomTom – storitev za parkiranje na ulicah

TomTom je storitev, ki voznikom pomaga v lovu za prostimi parkirnimi mesti. Pred dnevi je dosegla nov mejnik, saj je sedaj na voljo že v sto mestih po Evropi. Storitev voznikom pove, kolikšna je verjetnost, da bodo v nekem delu mesta našli prost parkirni prostor na ulici ter koliko časa bodo v povprečju za to porabili. TomTom izboljšuje možnosti parkiranja po mestih. Vključuje tudi lokacije, kjer je parkiranje brezplačno, kar je njegova poglobljena prednost pred storitvami, ki iščejo le »uradna« plačljiva parkirišča. Poleg interesa uporabnikov, da najdejo brezplačno parkirišče, imajo storitve, ki iščejo le po plačljivih parkiriščih, pogosto pogled zožen le na posamezne predele mest. Tako ostanejo mnoga



super in brezplačna parkirišča neizkoriščena. TomTom dopolnjuje obstoječi informacijski sistem *Off-Street Parking*. Naročijo ga lahko podjetja, ki sestavljajo navigacijske naprave, in poslovni uporabniki, na voljo pa je tudi kot uporabniški programski vmesnik. Storitev TomTom *On-Street Parking* je prejela nagrado Automotive Innovation Award ter junija 2017 nagrado TechXLR8 za inovacije v storitvah mobilnosti na Tehniškem tednu v Londonu.

Vir: Business Wire, februar 2018 – <https://www.businesswire.com>

Samovozni avtomobili so tu

Ni dvoma, da se avtomobilska tehnologija naglo razvija. Pred nekaj leti se še nihče ni v resnici zanimal za samovozne avtomobile, sedaj pa smo na pragu prihoda prvih takšnih vozil. Google je izdal letak, na katerem v nekaj točkah pojasnjuje delovanje svojega samovoza.

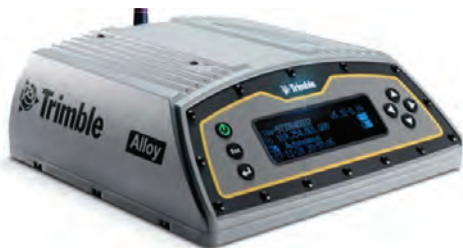


1. Laserski skener na strehi vozila ima 64 laserskih žarkov in v realnem času ustvarja 3D-podobe okolice vozila.
2. Na vetrobranskem steklu je kamera za zaznavanje stvari, ki so blizu vozila.
3. Štiri radarji so nameščeni na sprednjih in zadnjih odbijačih, z njimi vozilo izve več o vozilih okrog sebe.
4. S satelitsko navigacijo GNSS vozilo dovolj natančno določa svoj položaj.
5. Ultrazvočni senzorji na zadnjih kolesih lahko zaznajo ovire ali spremljajo gibanje drugih vozil.
6. V vozilu so nameščeni inercialni senzorji – žiroskopi, pospeškomeri in

višinomeri, s katerimi se gladko določa položaj in orientacija vozila. 7. Pri tako velikem številu senzorjev je ključnega pomena, da se vsi podatki zberejo v centralni procesni enoti, ki varno in udobno upravlja vozilo. 8. Googlov samovoz bo sposoben zaznavati in razumeti tudi vse prometne znake. 9. Preden se takšno vozilo odpravi na pot, bo šel pred njim navaden avto in podrobno kartiral celotno traso z vsemi luknjami, znaki, talnimi označbami ... Karta se bo naložila v samovoz in mu tako omogočila vožnjo. 10. Googlovi inženirji so predvideli tudi obnašanje iz vsakdanjega življenja: samovoz lahko zazna počasne avtomobile in jih prehititi ali pa upočasni, če gredo nasproti drugi avtomobili, in tako naprej.

Vir: TechROGERS, februar 2018 – <http://www.techrogers.com>, GEO Informatics, februar 2018 – <http://geoinformatics.com/>

Trimble predstavlja novo GNSS-anteno



Trimble je v leto 2018 vstopil z veliko predstavitvijo svojega novega GNSS-referenčnega sprejemnika Alloy, ki združuje naj sodobnejšo GNSS-tehnologijo z odličnimi specifikacijami in enostavno uporabo. Namenjen je predvsem uporabi v geodeziji kot samostojna bazna postaja ali kot del širšega permanentnega omrežja. Z uporabo naprednega

sledenja satelitov Trimble 360, Maxwell 7 GNSS-čipom s 672 kanali ter podporo za vse znane in načrtovane satelitske konstelacije (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, QZSS, IRNSS, SBAS) Alloy zagotavlja natančne in zanesljive podatke GNSS-opazovanj. Trimble RTX-tehnologija izkorišča podatke iz globalnega omrežja sledilnih postaj ter z naprednimi algoritmi ob upoštevanju satelitskih orbit (efemerid), natančne ure in drugih parametrov zagotavlja visoko natančne popravke opazovanj v realnem času. Standardno ima vgrajene še dodatne funkcije, kot sta Trimble EVERESTPlus, ki odpravlja vplive večpotja, in Trimble Sentry, ki samodejno opozarja upravljavca, ko se pojavijo težave s sprejemom, napajanjem, povezavo ali sistemskimi parametri sprejemnika. Poleg tehničnih specifikacij ga od konkurence loči še njegova oblika, popolnoma aluminijasto ogrodje in inovativen zaslon, ki je postavljen pod kotom, kar omogoča enostavno upravljanje instrumenta, ko je ta nameščen v neprirodnih pozicijah. Z dvema samopolnilnima zamenljivima baterijama, certifikatom odpornosti IP68 in brezžično ter Bluetooth povezavo in prenosom podatkov je Alloy pripravljen na vse izzive, ki jih ponuja moderna geodezija.

Vir: Trimble, februar 2018 – <https://www.trimble.com>

Leica Geosystems izdala TerrainMapper

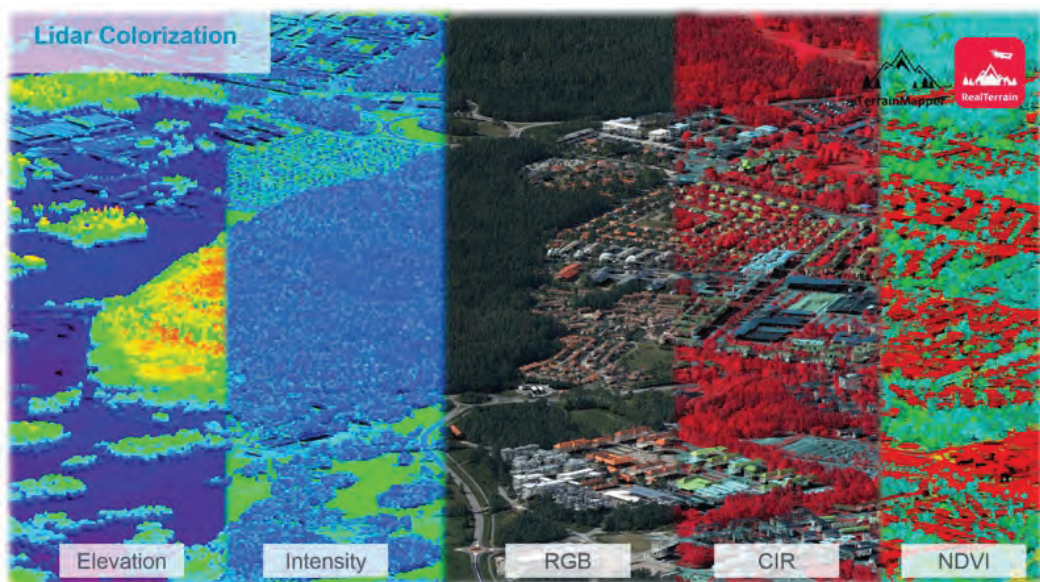
Februarja 2018 je podjetje Leica Geosystems izdalo **TerrainMapper**, ki predstavlja novo generacijo aerolaserskih sistemov. Inovacija temelji na senzorski tehnologiji Leica Geosystems in je del rešitve kartirnih sistemov **RealTerrain**.

TerrainMapper s prihodom na trg povečuje natančnost določitve tridimenzionalnih točk, omogoča enakomerno porazdelitev točk vzdolž merjenega vidnega polja (linijski zajem) in učinkovito načrtovanje leta na kompleksnih terenih, kot so urbana in gorska območja. Najnovejši merilni sistem povečuje tako hitrost pridobivanja podatkov kot tudi produktivnost obdelave.

Pri TerrainMapperju je treba izpostaviti dva senzora, aerolaserski skener in multispektralno kamero. Aerolaserski skener zajema podatke večsnopovno s hitrostjo do 2MHz. Skener pošilja simultano do 35 pulzov s polnovalovnim zapisom (full-waveform). Višina leta je fleksibilna od 300 do 5000 metrov od površja. Prav tako je nastavljivo vidno polje zajema (FOV), in sicer od 20° do 40°. To omogoča uporabniku prilagodljive nastavitve skeniranja glede na zelene ali zahtevane rezultate. Pri večjih višinah leta je zajeto večje in širše območje, pri nizkih višinah leta pa je dosežen gostejši zajem točk. Pri višini leta na primer 2000 metrov nad površjem TerrainMapper vsako uro lahko zajame 500 km² območja z gostoto 8 točk na kvadratni meter. Pri višini leta 500 metrov na površjem in 20° FOV sistem zajema podatke z gostotjo 140 točk na m². Visoka gostota točk je na primer uporabna pri prepoznavanju električnih vodov in vej bližnjih dreves. Proizvajalec zagotavlja 5-centimetrsko natančnost aerolaserskega skeniranja tudi pri višjih višinah leta.



Vgrajena multispektralna kamera zajema podobe velikosti 80 MP v RGB in NIR (Near-Infrared) načinu. Za optimiziran večstopenjski proces post obdelave podatkov skrbi program **HxMap**, kjer je mogoče oblak točk površja obarvati po višini, intenziteti, RGB, CIR in/ali NDVI.



Vir: SPAR 3D, februar 2018 – <https://www.spar3d.com>

Microdrones mdLiDAR1000

Podjetje Microdrones je prvo, ki je na trgu ponudilo popolnoma integriran LIDAR-sistem za brezpilotne zrakoplove (drone) z vso potrebno opremo. Gre za **mdLiDAR1000**, ki je kompletna strojna in programska rešitev za mobilno lasersko skeniranje z brezpilotnimi letalniki. mdLiDAR1000 tehta 6 kilogramov in omogoča 25-minutno obratovanje, pri čemer lahko brez prekinitve preleti 10 kilometrov v standardnih razmerah. Integriran sistem ima navzdol usmerjen lidarski senzor z 85° FOV. Za pozicioniranje in določevanje smeri nagiba skrbi komponenta Applanix APX-15, na kateri je nameščen napredni GNSS-sprejemnik in enota IMU. Skupno lahko ta strojna oprema doseže 6-centimetrov natančnost pri hitrosti leta 3 m/s in višini leta 40 metrov, kjer zajema podatke s hitrostjo 80 točk na m². Integriran laserski skener SICK omogoča 19.500 točk/sekundo in 100-metrski doseg laserskega žarka.

Kompletu je priložena mobilna aplikacija *mdCockpit*, ki uporabniku omogoča določitev območja meritev z zeleno gostoto točk ali določitev višine in hitrosti leta drona. Aplikacijo je mogoče namestiti na katerokoli Androidovo mobilno tablico, prek katere je mogoče spremljati zbiranje podatkov. Ko je let končan, uporabnik premakne podatke v vključeno programsko opremo POSPac UAV, kjer se neposredno georeferencirajo. Ta programska oprema je zasnovana posebej za doseganje najvišje mogoče



natančnosti pri obdelavi surovih podatkov iz priložene strojne opreme. Na samem koncu delovnega procesa programska oprema samodejno izdela končni oblak točk v LAS-formatu.

Vir: SPAR 3D, februar 2018 – <https://www.spar3d.com>

Morda niste vedeli:

Po podatkih agencije ARSO se je med letoma 1961 in 2016 srednja višina morja ob slovenski obali zvišala za okvirno deset centimetrov oziroma povprečno za 1,7 milimetra letno. V zadnjih dvajsetih letih se višina morja ob slovenski obali in v Jadranu zvišuje za pet milimetrov letno, kar je hitreje od evropskega in globalnega trenda. Na Arsu ocenjujejo, da v zadnjem obdobju poleg globalnega zvišanja srednjih višin morja na povišanje višin morja v slovenskem morju pogosteje kot običajno vplivajo vremenske razmere v regiji. Pri tem ekstremne višine morja ob slovenski obali povzročajo padanje zračnega pritiska, močni južni vetrovi in predvsem resonanca vremenskih vplivnih parametrov z lastnim dolgoperiodičnim 23-urnim valovanjem Jadranskega morja. (STA znanost, januar 2018)

Aleš Lazar, univ. dipl. inž. geod.
Geoservis, d.o.o.
Litijaska 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

SIMBOLIČNA POSTAVITEV GEODETSKE TOČKE V LJUBLJANI OB 200-LETNICI ZAČETKA KATASTRA

Jožica Marinko

Geodetsko stroko na Slovenskem je v preteklem letu močno zaznamovala 200. obletnica parcelno orientiranega katastra, katerega začetek povezujemo s sprejetjem zakona nekdanjega avstrijskega cesarstva o zemljiškem davku na dan 23. decembra 1817. Geodeti smo jo zaznamovali na poseben način in natančno 200 let po sprejetju zakona, to je 23. decembra 2017, v sodelovanju z mestno občino Ljubljana simbolično odkrili geodetsko točko, tako imenovano univerzalno mestno geodetsko točko, v središču Ljubljane. Točka je umeščena na križišče Cankarjeve in Slovenske ceste, ki hkrati simbolično prikazuje križišče uličnih osi in stičišče različnih obdobjev urbanega razvoja. Na geodetski točki so zapisane vrednosti, ki so jih določili kolegi s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani:

- $n = 101526,07$, $e = 461570,70$
- $\varphi = 46^{\circ} 03' 08,8366''$, $\lambda = 14^{\circ} 30' 12,1818''$
- $H = 297,80$ m
- $g = 9,80616$ m/s²



Slika 1: Obležje geodetske točke ob 200-letnici začetka katastra v središču Ljubljane.



Slika 2: Dogodek v središču Ljubljane na soboto, 23. decembra 2017, je požel veliko pozornosti.

O pomenu pridobitve za mestno občino Ljubljana sta na prireditvi spregovorila njen podžupan g. Dejan Crnek ter predsednik Zveze geodetov Slovenije mag. Blaž Mozetič, o sami geodetski točki ter pomenu geodezije za družbo pa je spregovoril prof. dr. Bojan Stopar s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani.



Slika 3: Nagovor gospoda Dejana Crneka, podžupana MOL.



Slika 4: Govorniki mag. Blaž Mozetič (Zveza geodetov Slovenije), Dejan Crnek (podžupan mestne občine Ljubljana), prof. dr. Bojan Stopar (UL FGG) in moderator dr. Marjan Čeh (UL FGG).



Slika 5: Prikaz katastrske izmere – kartiranja – z mersko mizico, Jernej Tekavec.

Veliko zanimanja je požela predstavitev stare geodetske izmere z mersko mizico, pozornost naključnih mimoidočih pa so pritegnili tudi novi geodetski instrumenti.



Slika 6: Tudi geodetov se je zbralo veliko na isto hladno decembrsko soboto ...

Zveza geodetov se ob tej priložnosti zahvaljuje mestni občini Ljubljana za pomoč pri uresničitvi zamisli, še posebej g. Janu Skobernetu s sodelavci, ki so verjeli vanjo in pomagali iskati pot, da je zaživila.

Jožica Marinko Fotografija: Miha Muck
e-naslov: jozica.marinko@gov.si

OKROGLA MIZA O ZAGOTAVLJANJU TRAJNOSTNEGA VAROVANJA ZEMLJIŠKIH PRAVIC V SVETU

CLGE – EVROPSKO ZDRUŽENJE INŽENIRJEV GEODEZIJE,

PARIZ, 29. 1. 2018

Andrej Mesner, Matjaž Grilc

Po podatkih Svetovne banke ima le 30 % svetovnega prebivalstva urejeno lastništvo zemljišč. O pomembnosti zagotavljanja zemljiških pravic pričajo študije, posvečene iskanju učinkovitih vzvodov za zmanjševanje revščine. Res pa je tudi, da so pritiski za urejanje problematike pogojeni z interesom tistih, ki si prizadevajo za delitev ali prerazporejanje blaginje, predvsem v državah manj razvitega sveta.

Urejeno lastništvo zemljišč je zato zelo visoko na lestvici prioritetnega urejanja težav v razvojnih agendah držav v različnih delih (manj razvitega) sveta. Na eni strani so razlog za to tuji vlagatelji, ki so s svojimi naložbami pridobili veliko zemljišč, na drugi strani pa izredno velika rast prebivalstva, hitra urbanizacija in s tem povezani izzivi razvoja podeželja, razvoja mest in povečanega zaposlovanja – vse naštetu narekuje potrebo po pospešenem razvoju zemljiških pravic in uvajanju sistemov za njihovo registracijo.

Reševanja težave se vpletene interesne skupine lotevajo različno – ponekod sistem registracije po nepotrebnem zapletejo, zaradi česar postane neizvedljiv, spet drugje pa ga pretirano poenostavijo ter tako ustvarijo neenakost med lastniki. Ker je osnovno načelo vsake politike trajnostnega razvoja prav zmanjševanje neenakosti, je težava pravičnega in učinkovitega varovanja zemljiških pravic ena od osrednjih tem razgovorov v svetovni zvezi geodetov FIG, Svetovni banki, pa tudi v preostalih mednarodnih združenjih strokovnjakov, ki jih problematika zadeva. To pa niso vedno samo geodeti. Zelo zanimivo je, da imajo v večini držav, tudi evropskih, zelo velik interes za urejene sisteme registracije zemljiških pravic notarji, ki so odlično organizirani, njihova združenja pa so finančno zelo močna in vplivna.

Zaradi različnih pogledov na zagotavljanje trajnostnega varovanja zemljiških pravic v svetu in predvsem zaradi vloge geodetov v tem procesu sta evropsko združenje inženirjev geodezije CLGE in francosko združenje geodetov OGE konec januarja 2018 na to temo organizirali okroglo mizo v Parizu. Odziv povabljenih gostov je bil odličen. Več kot trideset udeležencev, ki so predstavljali evropske in svetovne institucije, med njimi tudi svetovno zvezo geodetov FIG in evropsko združenje notarjev, ter ugledni posamezniki so predstavili svoje poglede in izkušnje pri razvoju mnogih že uveljavljenih sistemov zemljiških administracij v svetu. Izredno zanimiva razprava je pokazala razlike v pogledih na razvoj novih sistemov, še posebej med predstavniki Nizozemske, Francije in Nemčije, ki zaradi gospodarskih pa tudi zgodovinskih razlogov na razvoj tega področja gledajo različno.

V priprave na okroglo mizo smo bili dejavno vključeni tudi slovenski geodeti. V juliju 2017 je na Brdu pri Kranju potekala pripravljalna delavnica, na kateri smo z vodstvom CLGE pripravili okvir in določili udeležence. Slovenski geodeti smo bili tudi med povabljenimi razpravljavci na okrogli mizi. V plenarnem

delu smo predstavili svoje izkušnje in sodelovanje pri uveljavljanju sistemov zemljiške administracije v nekaterih balkanskih državah.

Po celodnevni konstruktivni razpravi smo udeleženci na koncu pripravili skupne sklepe. Ti so pomembni tudi zato, ker bosta delegaciji CLGE in evropskega združenja notarjev sodelovali na vsakoletni konferenci Svetovne banke v Washingtonu Land and Poverty in tam predstavili svoje poglede na razvoj problematike.

Naj izpostavimo nekaj poudarkov iz sklepne deklaracije pariške okrogle mize:

- ključno je permanentno ozaveščanje in vključevanje nosilcev odločanja (financerjev, zakonodajalcev);
- pri razvoju zemljiškega katastra po načelu 'Fit for Purpose' je treba upoštevati vidik trajnosti že v zasnovi – načrtovati je treba sisteme, ki bodo trajnostni (Sustainable Fit for Purpose);
- pri načrtovanju sistema zemljiške administracije je ključno spoštovati potrebe državljanov, zgodovinski kontekst, kulturo in pravni okvir;
- v procesu oblikovanja novega sistema je treba združiti vse zainteresirane strani, tudi civilno družbo;
- treba si je prizadevati za čim boljše razumevanje med vključenimi akterji;
- treba je spodbujati etiko poklicev;
- pomen rezultata je treba postaviti pred pomen stroke;
- treba je zagotoviti smotrno vključevanje novih tehnologij;
- nadaljevati je treba krepitev sodelovanja med geodeti in notarji ter si prizadevati za konsenzualne rešitve, ki bodo v dobro celotne družbe.

Z organizacijo okrogle mize je evropsko združenje inženirjev geodezije CLGE naredilo pomemben korak k sooblikovanju trendov razvoja geodeta, geodezije in zemljiške administracije v svetu. Več o dogodku lahko preberete na spletni strani CLGE: www.clge.eu.



Slika 1: Utrinek z okrogle mize v Parizu. (Foto: Matjaž Grilc)

Andrej Mesner, univ. dipl. inž. geod.
 IGEA d.o.o.
 Koprška 94, 1000 Ljubljana
 e-naslov: andrej.mesner@igea.si

Matjaž Grilc, univ. dipl. inž. geod.
 Digi data d.o.o.
 Delavska cesta 24, SI-4208 Šenčur
 e-naslov: matjaz@digidata.si

Zveza geodetov Slovenije
LJUBLJANSKO GEODETSKO DRUŠTVO

IZLET STAREJŠIH ČLANOV LGD PO DOLENJSKEM IN POSAVJU¹

Lija Šušteršič

Leto je hitro minilo in 12. oktobra 2017 smo se starejši člani Ljubljanskega geodetskega društva odpravili na vsakoletno ekskurzijo. Pridružili so se nam »pripravniki« za upokožitev in nekoliko znižali naše starostno povprečje. Letos smo si kot cilj omislili ogled dela Dolenjske in Posavja. Tako kot vedno smo potepanje pričeli na parkirišču Dolgi most v Ljubljani. Ob sedmih zjutraj smo se odpeljali vznemirljivim doživetjem naproti.

Z avtoceste smo pri Trebnjem zavili proti Mirni in Mokronogu, kjer se je naše raziskovanje tega dela Dolenjske pravzaprav pričelo. V Mokronogu nas je pričakala gospa Renata, ki je prevzela vodenje po slikoviti pokrajini. Gospa je turistična vodička in na vsa naša vprašanja je imela zelo poučne odgovore.



Slika 1: Postanek v Šentjanžu – Puš'lcu Dolenjske.



Slika 2: Na turistični kmetiji Gnidica.

Najprej smo se ustavili v vasi Gabrijele na kmetiji Bruno, kjer so nam ob prihodu postregli s kavo, čajem, sokom, po želji tudi s čim močnejšim. Sledila je pokušina njihovega novega proizvoda, testenin, ki jih imenujejo 'gabaroni', in izdelkov iz ovčjega mleka s sosednje kmetije. Gabaroni so ročno izdelane domače testenine različnih okusov in brez umetnih dodatkov. Bili so odlični, čeprav servirani za zajtrk, kar je bilo nekaj posebnega. Tovrstne proizvode in še kaj smo lahko tudi kupili v njihovi trgovini.

Sledila je vožnja mimo Krmelja do Šentjanža. Tu smo se sprehodili po starem delu kraja in si ogledali obnovljeno cerkev. Po ogledu smo se odpeljali po slikoviti panoramski cesti do Save, skozi Sevnico in naprej do Lončarjevega Dola. Obiskali smo turistično kmetijo Gnidica, kjer se ukvarjajo s predelavo mesa

¹ Uredništvo v tokratno izdajo vključuje članek, ki je bil sicer objavljen v prejšnji številki Geodetskega vestnika (Geodetski vestnik, 61 (4), 705–706). Besedilo tokrat opremljamo s praviimi slikami. Avtorjem in vsem vpletenim se za napako iskreno opravičujemo.

in peko kruha v krušni peči. Poznani so predvsem po prašičih pasme mangulica, za katere je značilno, da imajo dlako kot ovce in se vse leto pasejo po okoliških pašnikih. Opazovali smo jih v naravnem okolju in se nasmejali njihovim norčijam. Po ogledu kmetije je sledila pokušina njihovih dobrot, lahko smo tudi kupili njihove proizvode.



Slika 3: Še en utrinek s turistične kmetije Gnidica.



Slika 4: Še zadnji, najlepši utrinek s turistične kmetije Gnidica.

Naša naslednja postaja je bila hidrocentrala Blanca, ki pa ni bila v programu, zato je bilo presenečenje udeležencev ekskurzije več kot očitno. Ogljedali smo si glavne dele elektrarne, njen predstavnik pa nam je strokovno razložil njeno delovanje in nam odgovoril na vsa zastavljena vprašanja. Tudi o tragični nesreči pred leti smo izvedeli nekaj podrobnosti. Utopljenim v spomin stoji pred mostom spomenik.

Po ogledu hidrocentrale smo se vrnilo v Sevnico in obiskali grad, ki kraljuje nad mestom. Vodička nam je podrobno opisala zgodovino gradu, ki je večkrat menjal obliko in lastnike. V zadnjem obdobju so bila na stavbi in v okolici opravljena številna obnovitvena dela. Danes se grad s starim mestnim jedrom pod njim povezuje v čudovito srednjeveško celoto, vredno ogleda. Pohvalijo se lahko z bogato zgodovinsko dediščino, ki smo si jo tudi ogledali. Sedaj je grad Sevnica kulturni, zgodovinski in protokolarni objekt ter središče kulturnega dogajanja. Ponuja tudi čudovit razgled, ki sega daleč po dolini Save.



Slika 5: Domače okrepčilo *Pri Vidkotu* v vasi Okroglice.



Slika 6: »Za prijatelje si je treba čas vzeti!«

Na koncu potepanja po Dolenjski in Posavju smo si v vasi Okroglice privoščili še pozno kosilo. *Pri Vidkotu*, kot se jim reče po domače, so nam za konec celodnevne družnje postregli z zares odličnim kosilom. Cesta do tja se je vzpenjala strmo navzgor in dvonadstropni avtobus, v katerem smo se peljali,

poti ne bi zmoget brez sedaj že dobro poznanega šoferja Ivana. Pa tudi brez Miloša in Staneta, ki se je že kot »mlajši-starejši član« popolnoma vključil v organizacijo prednovoletnih ekskurzij starejših članov LGD, tako doživetih izletov ne bi bilo. Vsi smo bili zadovoljni, ker smo se imeli res lepo. Tudi vreme nam je bilo naklonjeno, saj je ves dan sijalo sonce. Polni vtisov smo se v poznih večernih urah vrnili v Ljubljano. Obljubili smo si, da se drugo leto zopet vidimo. Nihče ne sme manjkati!

Zapisala: Lija Šušteršič, za Ljubljansko geodetsko društvo
pismo@lgd.si

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

V SPOMIN IN ZAHVALO: JOŽE AVBELJ



(1933–2018)

Jože Avbelj se je rodil 18. oktobra 1933 v Trnovem v Ljubljani. Po osnovi šoli v Prulah se je vpisal na srednjo tehnično šolo, smer geodezija. Maturiral je leta 1952. S študijem ob delu je pridobil univerzitetno izobrazbo.

Takoj po srednji šoli se je zaposlil na Geodetskem zavodu Ljudske republike Slovenije. Podjetju je bil zvest vso delovno dobo. Strokovne izkušnje je najprej nabiral na terenu pri izmeri cest, železnic in letališča v Črni gori, Bosni ter drugih predelih Jugoslavije. Po letu 1960 je sodeloval pri triangulaciji Gorenjske ter zemljiškokatastrskih izmerah v Prekmurju, na Kočevskem, ob Sotli in na Gorenjskem. Bil je med pionirji, ki so za več krajev na Gorenjskem izdelali prvi kataster komunalnih naprav.

Že kot dijak je v okviru mladinskih delovnih akcij pomagal graditi leseno stavbo Geodetskega zavoda. Želja po izboljšanju delovnih razmer je dve desetletji kasneje zavodske delavce vodila v gradnjo nove stavbe. Za vse zaposlene je bil to čas velikih odrekanih. Osebni dohodki so bili nizki, saj je bilo treba najprej misliti na investicijo. Leta 1975 so se z lokacij, raztresenih po Ljubljani, preselili v prostore nove stolpnice na Šaranovičevi, sedaj Zemljemerski ulici 12. Za svoje žrtve in gospodarno ravnanje so bili pozneje večkrat »nagrajeni« z državnim ukrepom zamrznitve plač.

In bila je noč in bil je dan. In bil je Geodetski zavod in bil je Inštitut Geodetskega zavoda. Inštitut v pravem pomenu besede, saj se je ukvarjal z raziskavami in razvojem. Kot v inkubatorju so se rodili zametki za nove storitve. Komasačije in urejanje prostora sta bila v naslednjih desetletjih oddelka, ki sta zavodu prinašala pomemben del dohodka. Če je imel oddelke za komasačije ob ustanovitvi v letu 1978 osem zaposlenih geodetov, se je število do leta 1986, ko je bil obseg del največji, povečalo za osemkrat. Gospod Avbelj je bil s komasačijami povezan vse od prvih zametkov na inštitutu do odhoda v pokoj leta 1991. Pozneje je s svojimi izkušnjami svetoval ministrstvu za kmetijstvo pri reševanju komasačijskih pritožb.

Če vse poteka brez večjih težav, se nam to zdi normalno. Nihče ne pomisli, da bi bilo brez žrtvovanja posameznikov lahko tudi drugače. Gospod Avbelj je najbolj občutil številne težave, ki jih je moral reševati

ob vodenju komasacij. Svojo zamisel o poteku komasacij je naprej preveril pri redkih strokovnjakih in jo nato v okviru inštituta poskušal prenesti v prakso. Z leti se je zanimanje za komasacije povečevalo, zato je zavod večino novih sodelavcev usmerjal na oddelek za komasacije. Prihajali smo neposredno iz srednje šole ali s fakultete. O geodeziji smo imeli le teoretično znanje, komasacije nam niso bile poznane. Gospod Avbelj je poskrbel, da so začetniki čim prej pridobili praktične izkušnje iz zemljemerstva, soproga Ana pa za pregled, da je bilo delo opravljeno v skladu z veljavnimi predpisi. Mladi oddelek je bil obremenjen s pogosto odsotnostjo zaposlenih zaradi služenja vojaškega roka in porodniških dopustov ter z mladostno vihravostjo sodelavcev. Včasih sta nam bila Avbljeva kot starša, drugič učitelja. Seveda pa sta težave iz službe pogosto nosila tudi domov.

Zaposleni so morali pridobiti tudi druga znanja. Praksa je narekovala vse večji poudarek na pravih upravnega postopka. Za razumevanje problematike in uspešno izdelavo projektov nove razdelitve zemljišč je bilo treba geodete vsaj seznaniti s postopki in stroji za obdelavo kmetijskih zemljišč.

Gospod Avbelj je pripisoval velik pomen tudi kakovosti poslovnih odnosov. Ne glede na številne težave so se spoštovali dogovori in obljube naročnikom. Nove parcele nam je lastnikom uspevalo predajati do roka, praviloma do setve, četudi so izvajalci zamujali z melioracijami. Če smo zmajevali z glavo, ko smo ob debeli snežni odeji merili zadnje melioracijske jarke, smo ob koncu naloge spoznali, kako pomembna je volja, da lahko zadovoljiš pričakovanja lastnikov komasiranih zemljišč. Naloga pa se ni končala s predajo zemljišč v obdelavo, ampak z vpisom podatkov v uradne evidence.

Parcelne meje smo označevali z betonskimi mejniki. Ker smo jih na posameznem komasacijskem območju uporabili od več sto do več tisoč, je gospod Avbelj težavo najprej reševal z izdelavo ročnih svedrov, nato pa z nakupom traktorskega. Tudi s to rešitvijo ni bil povsem zadovoljen, zato je iz tujine prinesel plastične mejnike in se dogovoril za njihovo izdelavo v Sloveniji. Njihova uporaba je narekovala spremembo predpisov.

V prvem obdobju so bili posamezni dokumenti komasacijskega postopka izdelani v analogni obliki. Računalniške obdelave podatkov so se izvajale na večjem računalniku. Gospod Avbelj se je zavzemal za stalno posodabljanje programov, ki so sledili našim željam in zahtevam. Ko so se pojavili namizni računalniki, se je vsa programska oprema prilagodila novi tehnologiji in se še naprej posodabljala. Ob obisku sorodne ustanove za komasacije v Gradcu smo z zadovoljstvom ugotovili, da imamo boljše programske rešitve kot naši severni sosedi.

Počasi se je spreminjal odnos do okolja in z njim povezanih melioracij, ki so močno vplivale na nove parcele. Gospod Avbelj je želel slediti nemških izkušnjam, kjer ni šlo samo za melioracije in zložbo zemljišč, ampak so vodili postopke celostnega urejanja podeželja. V želji, da bi tak celovit pristop uvedli tudi v Sloveniji, se je povezoval s profesorji na fakultetah za agronomijo in geodezijo.

Od Jožeta Avblja smo se na ljubljanskih Žalah poslovili 14. februarja. Za njim ostaja lep spomin in hvaležnost sodelavcev za pridobljeno znanje in izkušnje. Rezultati njegovega dela so vidni v gospodarski obdelavi kmetijskih zemljišč širom Slovenije, v arhivih geodetske uprave pa v elaboratih za 26.000 hektarjev zemljišč, komasiranih pod njegovo taktirko.

IN MEMORIAM FRANCI ZOBEC



(1930–2018)

Pred kratkim nas je zapustil še en geodet prvih generacij petdesetih let. Rodil se je 15. januarja 1930 v Ribnici. Osnovno šolo in gimnazijo je obiskoval v Ribnici in Kočevju. Ko so gimnazijo ukinili, je šel na srednjo geodetsko šolo v Ljubljano, ki jo je leta 1951 tudi uspešno končal. Nato so ga vpoklicali v vojsko in po služenju vojaškega roka se je zaposlil na Geodetskem zavodu Slovenije. Tam je tudi spoznal geodetinjo Slavico, s katero sta se leta 1955 poročila. V zakonu sta se jima rodila hči Helena in sin Tomo. Spomin na Francija bom obudil malo drugače, kot je navada.

Na Geodetski zavod sem prišel poleti 1968, takrat še v »provizorij«, kot smo imenovali svojo stavbo. Delati sem pričel v večji sobi, kjer nas je za mizami sedelo šest. Bil sem še zelen, kot vsi, ki smo pravkar prišli iz šole. Za vsako delo, ki sem ga dobil, sem potreboval nasvet. Nekega dne sem dobil zahtevnejšo nalogo in napotili so me v sosednjo sobo h gospodu, ki je sedel desno v kotu, to je bil Franci Zobec. Šel sem do njega in mu povedal, zakaj sem prišel. Odložil je svoje delo in se mi posvetil. Razložil mi je, kako naj opravim naloženo nalogo. Po krajšem premisleku me je na kratko vprašal, ali bo šlo. Odgovoril sem mu, da bo, on pa je brez besed nadaljeval svoje delo. Po vrnitvi so me sodelavci vprašali, ali mi je pomagal poiskati rešitev. Odgovoril sem, da mi je zelo dobro razložil. Znan je bil namreč po tem, da je cenil mlade sodelavce, ki so upoštevali njegov nasvet.

Franci je znal zelo dobro oceniti nove sodelavce. Bil je natančen in dosleden. Od svojih prepričanj ni odstopal, kar so mu nekateri šteli za slabo lastnost. Na terenu je od nas vedno zahteval natančnost. Vsak večer po končanem terenskem delu smo morali opraviti še vse potrebne izračune za tekoči dan.

Franci je celotno delovno dobo preživel na Geodetskem zavodu Slovenije. V začetku službovanja je bil veliko po terenu, predvsem v Prekmurju in Goriških brdih. Z željo po čim večjem znanju se je odločil za študij ob delu. Uspešno ga je končal in postal inženir geodezije. Več let je bil vodja ene od skupin, ki se je ukvarjala z zemljiškim katastrom. Upokojil se je še v naši nekdanji domovini.

Deloval je tudi v delavskem svetu in bil član marsikatere komisije. Po upokojitvi smo se z njim videvali bolj malo. Vem, da je deloval kot sodni izvedenec geodetske stroke. Redno se je udeleževal občnih zborov Ljubljanskega geodetskega društva. Udeleževal se je tudi jesenskih izletov Ljubljanskega geodetskega društva za starejše člane.

Franci je dočakal lepo starost. Umril je 26. februarja 2018. V spominu nam ostajajo le leta, ki smo jih preživeli skupaj na Geodetskem zavodu.

KOLENDAR STROKOVNIH SIMPOZIJEV

V OBDOBJU APRIL–JUNIJ 2018

Aleš Lazar

V SLOVENIJI

-
- | | |
|--------------------|--|
| 10.–11. april 2018 | 20. dnevi energetikov
Portorož, Slovenija
Spletna stran: http://www.dnevi-energetikov.si/ |
| 17.–18. april 2018 | Dnevi slovenske informatike 2018
Portorož, Slovenija
Spletna stran: https://dsi2018.dsi-konferenca.si/ |
| 23. maj 2018 | NT konferenca 2018
Portorož, Slovenija
Spletna stran: http://www.ntk.si/ |
| 23.–25. maj 2018 | SLICE3D delavnica in redno srečanje skupine EuroSDR
Ljubljana, Slovenija
Spletna stran: https://slice3d.si |
| 4. junij 2018 | Spremembe v postopkih in vzdrževanju zemljiškega katastra
Ljubljana, Slovenija
Spletna stran: http://www.izs.si/ |
| 4. junij 2018 | 10. industrijski forum IRT 2018
Portorož, Slovenija
Spletna stran: http://www.forum-irt.si/ |
| 18.–23. junij 2018 | 26. mednarodna krasoslovna šola Klasični kras
Postojna, Slovenija
Spletna stran: http://iks.zrc-sazu.si/si/ |

V TUJINI

-
- 3.–6. april 2018 **Latin American Remote Sensing Week**
Santiago, Čile
Spletna stran: <https://www.lars.cl/>
-
- 8.–13. april 2018 **European Geosciences Union General Assembly 2018**
Dunaj, Avstrija
Spletna stran: <https://egu2018.eu/home.html>
-
- 9.–11. april 2018 **Research@Locate**
Adelaide, Avstralija
Spletna stran: <http://www.asiera.org.au/>
-
- 11.–14. april 2018 **VI. hrvatski kongres o katastru i LADM2018**
Zagreb, Hrvatska
Spletna stran: <http://www.gi4dm2018.org/>
-
- 18.–20. april 2018 **GEOFORUM-2018**
Lvov, Ukrajina
Spletna stran: <http://www.fig.net/>
-
- 22.–26. april 2018 **SPIE Photonics Europe 2018**
Strasbourg, Francija
Spletna stran: http://spie.org/SPIE_Photonics_Europe_Conference
-
- 23.–24. april 2018 **COBRA 2018**
London, VB
Spletna stran: <https://www2.rics.org/uk/events/conferences-seminars/cobra-2018/>
-
- 2.–10. maj 2018 **International Seminar on Construction and Application of Spatial Data Infrastructure**
Peking, Kitajska
Spletna stran: <http://www.isprs-tc3.tianditu.com/>
-
- 3.–6. maj 2018 **ISPRS SC and TC III Summer School 2018**
Peking, Kitajska
Spletna stran: <http://sc.isprs.org/home.html>
-
- 6.–11. maj 2018 **FIG XXVI Congress and General Assembly**
Istanbul, Turčija
Spletna stran: <http://www.fig.net/fig2018>

12.–14. maj 2018	Understanding the Problems of Inland Waters Baku, Azerbajdžan Spletna stran: http://www.upcm2018.org/
14.–17. maj 2018	The European Navigation Conference Göteborg, Švedska Spletna stran: http://enc2018.eu
21.–25. maj 2018	5th International Course on Geotechnical and Structural Monitoring Rim, Italija Spletna stran: https://www.geotechnicalmonitoring.eu/
22.–23. maj 2018	GEO Business 2018 London, VB Spletna stran: http://www.geobusinessshow.com/
4. – 7. junij 2018	ISPRS TC II Mid-term Symposium: Towards Photogrammetry 2020 Riva del Garda, Italija Spletna stran: http://www.isprs.org/tc2-symposium2018/
20.–21. junij 2018	UNISPACE+50 Dunaj, Avstrija Spletna stran: http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/unispaceplus50/index.html
21.–23. junij 2018	Baltic Geodetic Congress Olsztyn, Poljska Spletna stran: http://www.bgc.geomatyka.eu/2018/
27.–29. junij 2018	UAS4Enviro 2018 Split, Hrvaška Spletna stran: http://uas4enviro2018.fesb.unist.hr/

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

SEZNAM RECENZENTOV ZNANSTVENIH IN STROKOVNIH ČLANKOV, OBRAVNAVANIH V UREDNIŠTVU GEODETSKEGA VESTNIKA V LETU 2017

LIST OF PEER REVIEWERS OF SCIENTIFIC AND EXPERT ARTICLES CONSIDERED BY THE EDITORIAL BOARD OF GEODETSKI VESTNIK IN 2017

Richard R. Almy (Almy, Gloudemans, Jacobs & Denne, Arizona, ZDA)	Richard R. Almy (Almy, Gloudemans, Jacobs & Denne, Arizona, USA)
izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assoc. Prof. Tomaž Ambrožič, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
prof. dr. Željko Bačić (Univerza v Zagrebu, Geodetska fakulteta, Hrvaška)	Prof. Željko Bačić, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Croatia)
Sandi Berk (Geodetska uprava Republike Slovenije)	Sandi Berk (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia)
prof. dr. Dragan Blagojević (Univerza v Beogradu, Fakulteta za gradbeništvo, Srbija)	Prof. Dragan Blagojević, Ph.D. (University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Serbia)
doc. dr. Željko Cvijetinović (Univerza v Beogradu, Fakulteta za gradbeništvo, Srbija)	Asist. Prof. Željko Cvijetinović, Ph.D. (University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Serbia)
prof. dr. Fabio Crosilla (Univerza v Vidmu, Italija)	Prof. Fabio Crosilla (University of Udine, Italy)
dr. Marjan Čeh (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Marjan Čeh, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
doc. dr. Samo Drobne (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assist. Prof. Samo Drobne, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
Marko Fatur (Ljubljanski urbanistični zavod, Slovenija)	Marko Fatur (The Urban Institute of Ljubljana, LUZ, Slovenia)
izr. prof. dr. Alenka Fikfak (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, Slovenija)	Assoc. Prof. Alenka Fikfak, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Architecture, Slovenia)
viš pred. dr. Mojca Foški (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Senior Lect. Mojca Foški, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
dr. Dejan Griggilo (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Dejan Griggilo, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
dr. John Murray Herron (Univerza Deakin, Viktorija, Avstralija)	John Murray Herron, Ph.D. (Deakin University, Victoria, Australia)
izr. prof. dr. David Hladnik (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Slovenija)	Assoc. Prof. David Hladnik, Ph.D. (University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Slovenia)

prof. dr. Thomas Kalbro (KTH Kraljeva tehniška univerza, Švedska)	Prof. Thomas Kalbro, Ph.D. (KTH Royal Institute of Technology, Sweden)
Primož Kete (Geodetski inštitut Slovenije)	Primož Kete (Geodetic Institute of Slovenia)
doc. dr. Žiga Kokalj (Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Slovenija)	Assist. Prof. Žiga Kokalj, Ph.D. (Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts)
Miha Konjar (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, Slovenija)	Miha Konjar (University of Ljubljana, Faculty of Architecture, Slovenia)
prof. dr. Alojz Kopáčík (Slovaška tehniška univerza v Bratislavi, Slovaška)	Prof. Alojz Kopáčík, Ph.D. (Slovak University of Technology in Bratislava, Slovakia)
Janez Košir (Geodetska uprava Republike Slovenije)	Janez Košir (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia)
dr. Klemen Kozmus Trajkovski (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Klemen Kozmus Trajkovski, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
dr. Andy Krause (Univerza v Melbournu, Fakulteta za arhitekturo, stavbarstvo in planiranje, Avstralija)	Andy Krause, Ph.D. (University of Melbourne, Faculty of Architecture, Building and Planning, Australia)
izr. prof. dr. Marko Krevs (Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Slovenija)	Assoc. Prof. Marko Krevs, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Arts, Slovenia)
dr. Sebastian Kropp (okrajni urad Friedrichshain-Kreuzberg Berlin, Nemčija)	Sebastian Kropp, Ph.D. (Bezirksamt Friedrichshain-Kreuzberg von Berlin, Germany)
prof. dr. Jan Krynski (Inštitut za geodezijo in kartografijo, Varšava, Poljska)	prof. Jan Krynski, Ph.D. (Institute of Geodesy and Cartography, Warsaw, Poland)
prof. dr. Miljenko Lapaine (Univerza v Zagrebu, Geodetska fakulteta, Hrvaška)	Prof. Miljenko Lapaine, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Croatia)
dr. Martin Lederer (Geodetska uprava, Češka Republika)	Martin Lederer, Ph.D. (Land Surveying Authority, Czech Republic)
dr. Kamil Maciuk (AGH univerza znanosti in tehnologije, Krakov, Poljska)	Kamil Maciuk, Ph.D. (AGH AGH University of Science and Technology, Kraków, Poland)
doc. dr. Aleš Marjetič (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assist. Prof. Aleš Marjetič, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
prof. dr. Siniša Mastelić-Ivić (Univerza v Zagrebu, Geodetska fakulteta, Hrvaška)	Prof. Siniša Mastelić-Ivić, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Croatia)
mag. Klemen Medved (Geodetska uprava Republike Slovenije)	Klemen Medved, M.Sc. (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia)
dr. Gerhard Muggenhuber (Zvezna uprava za meroslovje in geodezijo – BEV, Avstrija)	Gerhard Muggenhuber, Ph.D. (Federal Office of Metrology and Surveying – BEV, Austria)
doc. dr. Nursu Tunaloğlu (Tehniška univerza Yıldız, Fakulteta za gradbeništvo, Turčija)	Assist. Prof. Nursu Tunaloğlu, Ph.D. (Yıldız Technical University, Faculty of Civil Engineering, Turkey)
prof. dr. Krištof Oštir (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Prof. Krištof Oštir, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)

doc. dr. Dušan Petrovič (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assist. Prof. Dušan Petrovič, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, SI)
mag. Nataša Pichler Milanović (Univerza v Ljubljani, Slovenija)	Nataša Pichler Milanović, M.Sc. (University of Ljubljana, Slovenia)
prof. dr. Atınc Pirtı (Tehniška univerza Yıldız, Fakulteta za gradbeništvo, Turčija)	Prof. Atınc Pirtı, Ph.D. (Yıldız Technical University, Faculty of Civil Engineering, Turkey)
prof. dr. Boško Pribičević (Univerza v Zagrebu, Geodetska fakulteta, Hrvaška)	Prof. Boško Pribičević, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Croatia)
prof. dr. Igor Pšunder (Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo, Slovenija)	Prof. Igor Pšunder, Ph.D. (University of Maribor, Faculty of Civil Engineering, Transportation Engineering and Architecture, Slovenia)
dr. Dalibor Radovan (Geodetski inštitut Slovenije)	Dalibor Radovan, Ph.D. (Geodetic Institute of Slovenia)
dr. Ivan Razumović (Univerza v Zagrebu, Geodetska fakulteta, Hrvaška)	Ivan Razumović, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Croatia)
doc. dr. Johannes Scholz (Tehniška univerza v Gradcu, Fakulteta za matematiko, fiziko in geodezijo, Avstrija)	Assist. Prof. Johannes Scholz, Ph.D. (Graz University of Technology, Faculty of Mathematics, Physics and Geodesy, Austria)
dr. Daniel Steudler (Zvezna geodetska uprava swisstopo, Švica)	Daniel Steudler, Ph.D. (Federal Office of Topography swisstopo, Switzerland)
izr. prof. dr. Aleksandra Stupar (Univerza v Beogradu, Fakulteta za arhitekturo, Srbija)	Assoc. Prof. Aleksandra Stupar, Ph.D. (University of Belgrade, Faculty of Architecture, Serbia)
doc. dr. Zoran Sušić (Univerza v Novem Sadu, Fakulteta tehniških znanosti, Srbija)	Assist. Prof. Zoran Sušić, Ph.D. (University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia)
dr. Bojan Šavrič (ESRI Redlands, Kalifornija, ZDA)	Bojan Šavrič, Ph.D. (ESRI Redlands, California, USA)
prof. dr. Branko Šter (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Slovenija)	Prof. Branko Šter, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Computer and Information Science, SI)
Jernej Tekavec (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Jernej Tekavec (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
doc. dr. Mihaela Triglav Čekada (Geodetski inštitut Slovenije)	Assist. Prof. Mihaela Triglav Čekada, Ph.D. (Geodetic Institute of Slovenia)
mag. Melita Ulbl (Geodetska uprava Republike Slovenije)	Melita Ulbl, M.Sc. (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia)
dr. Tilen Urbančič (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Tilen Urbančič, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
Anja Vrečko (Sinergise, Slovenija)	Anja Vrečko (Sinergise, Slovenia)
dr. Klemen Zakšek (Univerza v Hamburgu, Inštitut za geofiziko, Nemčija)	Klemen Zakšek, Ph.D. (University of Hamburg, Institute of Geophysics, Germany)
doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Asist. Prof. Alma Zavodnik Lamovšek, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)

STARKE & KAMMERER WIEN (1900) ŠT. 10111¹

Dušan Kogoj

Teodolit – trinitni tahimeter ima vse sestavne dele, značilne za natančnejše tovrstne instrumente tistega časa. Instrument se pritrdi na stativ s srčnim vijakom, centriranje je mogoče z navadnim grezilom. Horizontaliranje omogočata dve med seboj pravokotni cevni libeli na alhidadi. Mesto horizonta vertikalnega kroga zagotovi zavarovalna libela, ki je togo povezana z noniji vertikalnega kroga in se jo vrhuni z elevacijskim vijakom. Na daljnogled je pritrjena precizna reverzibilna (obrnljiva) cevna libela, ki omogoča natančno horizontaliranje vizurne osi in s tem niveliranje ter dodatno natančno kontrolo lege indeksov vertikalnega kroga (povezava z zavarovalno libelo).

Horizontalni krog teodolita je zaščiten. Premer kroga je 15 cm, vgravirana razdelba na posrebrenem kovinskem nosilcu je seksagezimalna (polni kot je 360°), osnovni interval razdelbe je 10'. Čitanje je omogočeno na dveh diametralnih mestih kroga s skalnim mikroskopom. Skala, vgravirana na stekleno ploščo, razdeli osnovni interval razdelbe na 10 delov, enota skale je 1', cenitev 0.1' (6"). Instrument ima ob sohi repeticijsko napravo s privojnim in mikrometrskim vijakom, ki omogoča natančno nastavitve vrednosti horizontalne smeri.

Vertikalni krog ni zaščiten, premer kroga je 12 cm, vgravirana razdelba na posrebrenem kovinskem obroču je kontinuirana seksagezimalna, pri horizontalni vizuri je odčitek 0° (I. krožna lega) ali 180° (II. krožna lega). Na razdelbi se čitajo vrednosti vertikalnih (višinskih) kotov. Osnovni interval razdelbe je 10'. Čitanje je omogočeno z lupama na dveh diametralnih mestih kroga. Del osnovnega intervala razdelbe se določi s pomočjo nonijev. Nonija razdelita osnovni interval razdelbe na 30 delov, enota čitanja je tako 20".

Premer objektiv daljnogleda je 34 mm, povečava daljnogleda je 35-kratna. Daljnogled ima Ramsdenov izvlečljivi okular. Na stekleni plošči je napet nitni križ, ki ima dvojno vertikalno nit in distančni niti, ki omogočata optično merjenje dolžin (Reichenbachov razdaljemer). Velika konstanta razdaljemera je 100, adicijska konstanta pa je določena na osnovi goriščne razdalje in ekscentricitete objektivna.

Instrument je bil izdelan v prvih letih 20. stoletja. Taki instrumenti so se pri nas uporabljali do 60. let prejšnjega stoletja.

dr. Dušan Kogoj

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

¹ V *Geodetskem vestniku* 61 (4), december 2017, je na straneh 714 in 715 predstavljen instrument, ki ga v zbirki hrani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani (UL FGG). Na predlog dr. Dušana Kogoja z UL FGG podajamo nov opis tega instrumenta.



KOLEKTOR



RIKO®

Globalni inženiring
za srečo ljudi



*cestno
podjetje
kranj d.o.o.*

hidroinženiring d.o.o.

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



Ul. XIV divizije 10
SI 3000 Celje

t +386 3 42 56 700
f +386 3 42 56 727

e-mail: info@gz-ce.si
www.gz-ce.si

Geodetski zavod **Celje**

LAND CADASTRE
ZEMLJIŠKI KATASTER

INTERNATIONAL PROJECT
mednarodni projekti

GIS applications
GIS aplikacije

statistika
raziskave
občinski plani

IACS CONTROLS
IAKS kontrole

LASER SCANNING
LASERSKO SKENIRANJE

CONTROL OF ANIMALS
KONTROLA ŽIVALI

DIGITAL DATA BASES
DIGITALNE BAZE PODATKOV

TOPOGRAPHY
TOPOGRAFIJA

spatial plans
prostorski načrti

statistika
statistical services

real estate
nepremičnine

local plans
občinski plani

developmet
razvoj

LAND MANAGEMENT
UREJANJE ZEMLJIŠČ

DALJINSKO ZAZNAVANJE
REMOTE SENSING

PUBLIC INFRASTRUCTURE CADASTRE
kataster GJI

AGRICULTURAL INFORMATION SYSTEMS
KMETIJSKI INFORMACIJSKI SISTEMI

LAND CONSOLIDATION
KOMASACIJE

civil surveying
inženirska geodezija

SPATIAL DATA
PROSTORSKI PODATKI

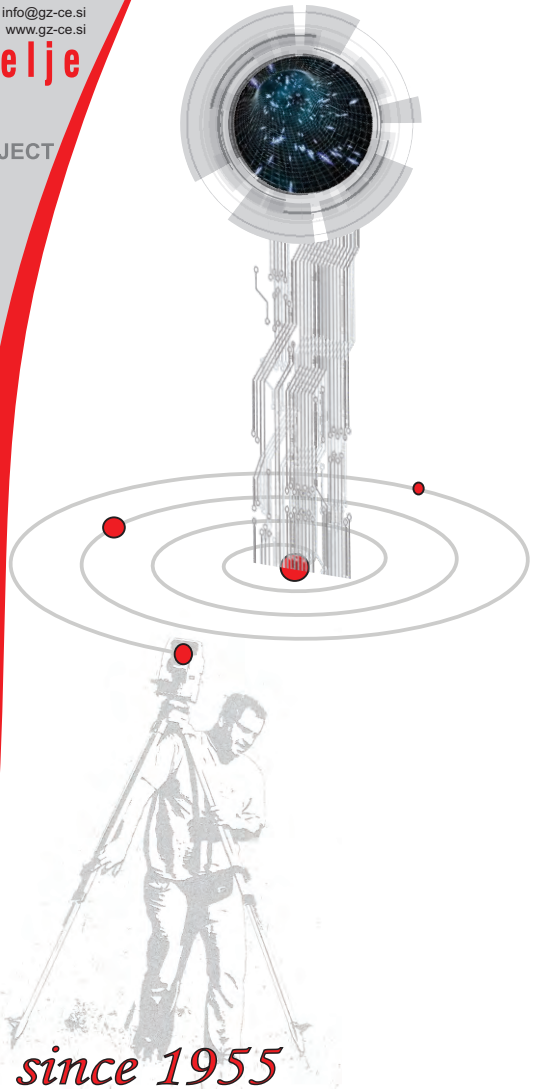
CARTOGRAPHY
KARTOGRAFIJA

BUILDINGS CADASTRE
KATASTER STAVB

spatial plans
prostorski načrti

CURRENT STATE ANALYSIS
ANALIZA STANJA

SPATIAL PLANNING AND MANAGEMENT
NAČRTOVANJE IN UREJANJE PROSTORA



since 1955

IZRAVNAJMO TENZIJE POSLOVNEGA SVETA,
PODAJMO SI ROKE DRAGI POSLOVNI PARTNERJI
IN KRENIMO SKUPAJ NOVIM IZZIVOM NAPROTI!

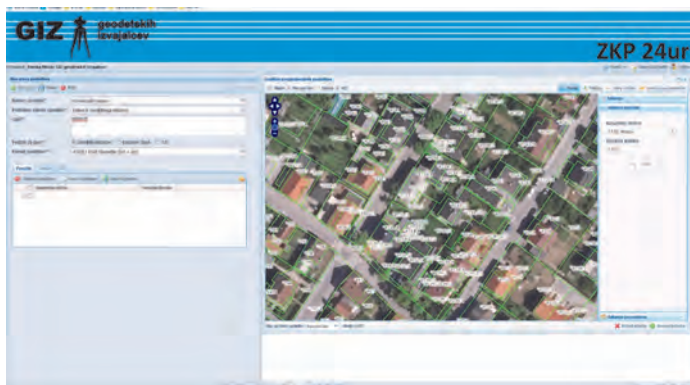
HIVALA VAM ZA SKLUPNIH 60 LET!

ELEKTRONSKI DOSTOP

DO PODATKOV

ZEMLJIŠKEGA KATASTRA, KATASTRA
STAVB IN ZBIRNEGA KATASTRA GJI

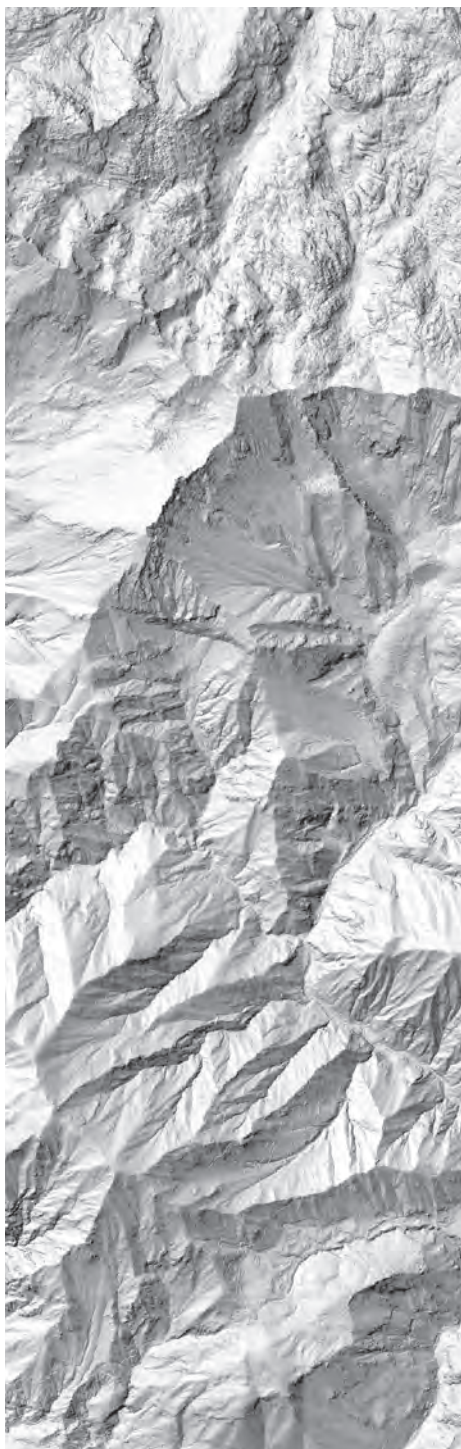
ZKP 24 UR



Vse dodatne informacije dobite na
spletni strani GIZ GI
www.giz-gi.si

ali po elektronski pošti
giz-gi@giz-gi.si.




GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE


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

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

Podoba analitičnega senčenja DMR1
 Laserskega skeniranja Slovenije 2014-2015



PRIHODNOST JE TREBA ŠE ZGRADITI

GRADBENIŠTVO, OKOLJSKO GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJA
SKOZI CELOTNO ZGODOVINO ČLOVEŠTVA PREMKAJO 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*





GEODETSKI VESTNIK

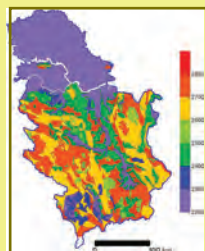
Glasilo Zveze geodetov Slovenije

Journal of the Association of Surveyors of Slovenia

ISSN 0351-0271 | letn./Vol. 62 | št./No. 1 | str./pp. 1-160



RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES



Polona Pavlovčič Prešeren, Tanja Petrin, Božo Koler, Tilen Urbančič, Miran Kubar

RAZLIČNI POSTOPKI ZA IZRAČUN ODKLONOV NAVPIČNICE: PRIMER OBMOČJA
POD KRVAVCEM

DIFFERENT ASPECTS OF THE COMPUTATION OF VERTICAL DEFLECTION: CASE STUDY IN THE
AREA OF KRVAVEC

Janez Pirnat, Milan Kobal

VIDNOST GOZDOV V OKOLICI ŽIČKE KARTUZIJE KOT MERILO NJIHOVE DEDIŠČINSKE
IN ESTETSKE VLOGE

VISIBILITY OF FORESTS IN THE VICINITY OF THE ŽIČE CHARTERHOUSE AS A
CRITERION OF THEIR HERITAGE AND AESTHETIC FUNCTION



Marjetka Suhadolc

UPORABA PROSTORSKIH PODATKOV ZA UPRAVLJANJE FITOFARMACEVTSKIH
SREDSTEV NA RAVNI POVODJA

SPATIAL DATA APPLICATION FOR PESTICIDE MANAGEMENT AT THE CATCHMENT SCALE



Nikola Janković, Miro Govedarica, Gerhard Navratil, Paolo Fogliaroni

MODEL DOMENE KMETIJSKEGA INFORMACIJSKEGA SISTEMA, UTEMELJENEGA
NA STANDARDIH

DOMAIN MODEL OF AN AGRICULTURAL INFORMATION SYSTEM BASED ON STANDARDS



Marko Radanović, Tomislav Bašić

OCENA TOČNOSTI IN PRIMERJAVA METOD INTERPOLACIJ MODELOV GEOIDA

ACCURACY ASSESSMENT AND COMPARISON OF INTERPOLATION METHODS ON GEOID MODELS

Oleg R. Odalović, Sanja M. Grekulović, Miroslav Starcević, Dobrica Nikolić, Miljana S. Todorović Drakul, Danilo Joksimović

RAČUNANJE TERENSKEGA POPRAVKA NA PODLAGI DIGITALNEGA MODELA
GOSTOTE TOPOGRAFSKIH MAS

TERRAIN CORRECTION COMPUTATIONS USING DIGITAL DENSITY MODEL OF TOPOGRAPHIC
MASSES

