

GEODETSKI VESTNIK

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



Letnik 63, št. 4, str. 465–646, Ljubljana, december 2019. Izidejo štiri številke na leto.
Naklada te številke: 1200 izvodov.

Prosto dostopno na spletnem naslovu: <http://www.geodetski-vestnik.com>.

Vol. 63, No. 4, pp. 465–646, Ljubljana, Slovenia, December 2019. Issued four times a year.
Circulation: 1,200 copies.

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

IF JCR (2018): 0,606

IF SNIP (2018): 0,543



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

*Social Sciences Citation Index (SSCI)
Social Scisearch (SSS) in*

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

Geodetski vestnik je indeksiran in povzet tudi v bibliografskih zbirkah:

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

*Geodetski vestnik is an open access journal.
The reviewed papers are indexed and abstracted in:*

*Social Sciences Citation Index (SSCI)
Social Scisearch (SSS) and*

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

Indexed and abstracted is also in those bibliographic data bases:

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

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

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

Geodetski vestnik is partly subsidized by the Slovenian Research
Agency.

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

GLAVNA IN ODGOVORNA UREDNICA

dr. Anka Lisec

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija

Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana

Tel.: +386 1 4768 560

e-naslov: urednik@geodetski-vestnik.com

PODROČNI UREDNIKI

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

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

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

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

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

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

MEDNARODNI UREDNIŠKI ODBOR

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

dr. Janja Avbelj (Eumetsat, Darmstadt, Nemčija)

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

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

Sandi Berk (Geodetska uprava RS, Ljubljana, Slovenija)

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

Miran Brumec (Inženirska zbornica Slovenije)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tomaž Petek (Geodetska uprava RS, Ljubljana, Slovenija)

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

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

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

dr. Anton Prosen (Ljubljana, Slovenija)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

EDITOR-IN-CHIEF

Anka Lisec, Ph.D.

University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia
 Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, 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 Bašič, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Zagreb, Croatia)
Sandi Berk (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)
Giuseppe Borruso, Ph.D. (University of Trieste, DEAMS, Trieste, Italy)
Miran Brumec (Slovenian Chamber of Engineers)
Raffaella Cefalo, Ph.D. (University of Trieste, Department of Engineering and Architecture, Trieste, Italy)
Vlado Cetl, Ph.D. (EC, Joint Research Centre, Ispra, Italy)
dr. Joep Cromptvoets (KU Leuven, Public Governance Institute, Leuven, Belgium)
Marjan Čeh, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)
Walter Timo de Vries, Ph.D. (Technical University of Munich, München, Germany)
Urška Demšar, Ph.D. (University of St. Andrews, St. Andrews, Scotland, United Kingdom)
Samo Drobne, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)
Erna Flogie Dolinar, M.Sc. (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)
Thomas Kalbro, Ph.D. (Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden)
Dušan Kogoj, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)
Žiga Kokalj, Ph.D. (ZRC SAZU, Institute of Anthropological and Spatial Studies)
Miran Kuhar, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)
Reinfried Mansberger, Ph.D. (University of Natural Resources and Life Sciences, IVFL, Vienna, Austria)
Leiv Bjarte Mjøs, Ph.D. (Bergen University College, Bergen, Norway)
Gerhard Navratil, Ph.D. (Vienna Technical University, Vienna, Austria)
Tomaž Petek (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia)
Dušan Petrovič, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)
Alenka Poplin, Ph.D. (Iowa State University, College of Design, Ames, Iowa, USA)
Andrea Pódör, Ph.D. (Óbuda University, Székesfehérvár, Hungary)
Anton Prosen, Ph.D. (Ljubljana, Slovenia)
Dalibor Radovan, Ph.D. (Geodetic Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)
Fabio Remondino, Ph.D. (Fondazione Bruno Kessler, 3DOM, Trento, Italy)
Miodrag Roić, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Zagreb, Croatia)
Balázs Székely, Ph.D. (Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary)
Bojan Šavrič, Ph.D. (ESRI Ltd, Redlands, California, USA)
Maruška Šubic Kovač, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)
Joc Triglav, Ph.D. (Surveying and Mapping Authority, Murska Sobota, Slovenia)
Mihaela Triglav Čekada, Ph.D. (Geodetic Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)
Arvo Vitikainen, Ph.D. (Alto University, Aalto, Finland)
John C. Weber, Ph.D. (Grand Valley State College, Department of Geology, Allendale, Michigan, USA)
Klemen Zakšek, Ph.D. (Rosen Group, Lingen, Nemčija)

IZDAJATELJ

Zveza geodetov Slovenije

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

IZDAJATELJSKI SVET

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

TEHNIČNO UREJANJE IN OBLIKOVANJE

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

LEKTORIRANJE

Manica Baša

UREJANJE SPLETNIH STRANI

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

TISK

SIMPRO d.o.o., Brezovica

DISTRIBUCIJA

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

TRŽENJE (OGLASNO TRŽENJE)

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

NAVODILA AVTORJEM

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

PUBLISHER

Association of Surveyors of Slovenia

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

PUBLISHING COUNCIL

Blaž Mozetič, M.Sc., president and 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

SIMPRO d.o.o., Brezovica

DISTRIBUTION

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

MARKETING (ADVERTISING)

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

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

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

VSEBINA CONTENTS

UVODNIK | EDITORIAL

<i>Anka Lisec</i>	ALMA MATER LABACENSIS ALMA MATER LABACENSIS	471
<i>Blaž Mozetič</i>	ODLOČITVE DECISIONS	473

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

<i>Ajda Kafol Stojanović, Daniel Kozelj, Maruška Šubic Kovač</i>	OCENA ZMOGLJIVOSTI VODOVODNEGA SISTEMA KOT STROKOVNA PODLAGA ZA ODLOČANJE O USMERJANJU RAZVOJA NASELIJ NA LOKALNI RAVNI ASSESSMENT OF WATER DISTRIBUTION SYSTEM CAPACITY AS SETTLEMENT-DEVELOPMENT DECISION-MAKING EXPERT BASIS AT THE LOCAL LEVEL	479
<i>Katja Oven, Klemen Ritlop, Mihaela Triglav Čekada, Polona Pavlovčič Prešeren, Oskar Sterle, Bojan Stopar</i>	VZPOSTAVITEV KOMBINIRANE GEODETSKE MREŽE V SLOVENIJI IN ANALIZA NJENEGA DELOVANJA V OBDOBJU 2016–2018 ESTABLISHMENT OF THE SLOVENIAN COMBINED GEODETIC NETWORK AND ITS OPERATION ANALYSIS FOR THE PERIOD 2016–2018	491
<i>Klemen Ritlop, Niko Fabiani, Katja Oven, Polona Pavlovčič Prešeren, Oskar Sterle, Bojan Stopar, Mihaela Triglav Čekada</i>	POVEČANJE ZANESLJIVOSTI GNSS-OMREŽIJ SIGNAL IN 0. RED INCREASE OF RELIABILITY OF THE SIGNAL AND ZERO-ORDER GNSS NETWORKS	514
<i>Sanja Tucikešič, Dragan Blagojević</i>	MODELIRANJE ČASOVNE VRSTE KOORDINAT GNSS IN NJIHOVE INTERAKCIJE S POVPREČNO MAGNITUDO POTRESOV MODELLING OF THE TIME-SERIES OF GNSS COORDINATES AND THEIR INTERACTION WITH AVERAGE MAGNITUDE EARTHQUAKES	525
<i>Leyla Cakir, Berkant Konakoglu</i>	VPLIV NORMALIZACIJE PODATKOV NA TRANSFORMACIJO 2D-KOORDINAT PRI POSPLOŠENI REGRESIJSKI NEVRONSKI MREŽI GRNN THE IMPACT OF DATA NORMALIZATION ON 2D COORDINATE TRANSFORMATION USING GRNN	541

STROKOVNE RAZPRAVE | PROFESSIONAL DISCUSSIONS

<i>Marko Rotar, Kristina Murovec</i>	554
LOKACIJSKA IZBOLJŠAVA ZEMLJIŠKOKATASTRSKEGA PRIKAZA POSITIONAL ACCURACY IMPROVEMENT OF LAND CADASTRE INDEX MAP	
<i>Joc Triglav</i>	568
KATASTRSKI DIGITALNI ARHIV 'NA KROŽNIKU' CADASTRAL DIGITAL ARCHIVE 'ON THE PLATE'	
<i>Blaž Barborič, Irena Ažman, Raffaella Cefalo, Alessandra Chiarandini, Silvano De Zorzi, Tomaž Petek, Roberto Previato, Martin Puhar, Tatiana Sluga, Agostino Tommasi, Umberto Trivelloni, Mauro Zanardo</i>	579
PROJEKT HARMO-DATA: USKLAĐITEV PODATKOV ZA ČEZMEJNO UPRAVLJANJE PROSTORA PROJECT HARMO-DATA: DATA HARMONIZATION FOR CROSS-BORDER SPATIAL MANAGEMENT	
<i>Sandi Berk</i>	589
50. OBLETNICA PRISTANKA NA LUNI IN POMEN OSVAJANJA VESOLJA ZA GEODEZIJO 50 TH ANNIVERSARY OF THE MOON LANDING AND THE IMPORTANCE OF CONQUERING SPACE FOR GEODESY	
<i>Joc Triglav</i>	601
GALILEO, LADM IN KATASTER GALILEO, LADM AND CADASTRAL SURVEYING	

NOVICE IZ STROKE | NEWS FROM THE FIELD 605**DRUŠTVENE NOVICE | NEWS FROM SOCIETIES** 617**RAZNO | MISCELLANEOUS** 629

MIHA KONJAR – NOVI DOKTOR ZNANOSTI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

DIPLOME IN MAGISTERIJI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG, OD 1. 8. 2109 DO 31. 10. 2019

Slike na naslovnici:

»Izbor iz preglednih grafičnih vsebin digitalnega arhiva zemljiškega katastra za elaborate novih izmer v Idposih 0 – primer k.o. 105 Murska Sobota. Večja slika: pregledni prikaz upravnih statusov mej iz januarja 2019. Desno zgoraj: Razrez skic fotogrametrične izmere okolice mesta Murska Sobota iz leta 1974. Desno spodaj: Razrez skic ortogonalne izmere ožjega območja mesta Murska Sobota iz leta 1967.

Avtor slik: Joc Triglav, OGU MS.

ALMA MATER LABACENSIS ALMA MATER LABACENSIS

Anka Lisec

glavna in odgovorna urednica | Editor-in-chief

V predhodni izdaji Geodetskega vestnika smo se v uvodniku spomnili 100-letnice visokošolskega izobraževanja na področju geodezije na Slovenskem, tokrat uvodne besede posebej namenjam še naši *Almi Mater Labacensis*, Univerzi v Ljubljani, ki je 3. decembra uradno zaznamovala svoj 100. rojstni dan. Na ta dan je namreč v tedanjem Kranjskem deželnem dvorcu, kjer je še danes sedež Univerze v Ljubljani, jezikoslovec dr. France Ramovš predaval o historični gramatiki slovenskega jezika. Prvo predavanje v okviru na novo ustanovljene Univerze v Ljubljani je takrat devetindvajsetletni predavatelj začel z besedami »Z današnjim dnem, ko pričakujemo novo dobo, novo življenje, ko ustvarjamo slovensko univerzo, naj vas iskreno pozdravim kot prve slušateljše naše almae matris. S tem svetim trenutkom stopa naš narod v zgodovino, ki je ne izbriše nihče nikoli več.«

Univerza v Ljubljani, prva slovenska univerza, je bila ustanovljena v času, ko je bilo minilo že skoraj štiristo let od natisa prve slovenske knjige. Mnogo svetlih trenutkov za razvoj znanosti in umetnosti je preteklo v obdobju od prve knjige do prve univerze na Slovenskem, a tudi mračna obdobja so bila prisotna, obdobja, ki so zavirala svobodno razmišljanje, s tem pa splošni napredek. In vendar sta ne glede na vse zmagala znanje in razum.

V začetku 20. stoletja smo tako dobili slovensko univerzo, katere temeljno poslanstvo je bilo od vsega začetka prispevati k razvoju znanosti in umetnosti, s tem da se zagotovi okolje za kakovostno raziskovanje in izobraževanje ter podpirajo svobodne in kritične javne razprave. Rektor novoustanovljene Univerze v Ljubljani je postal Josip Plemelj, znan matematik z začetka 20. stoletja. V prvem študijskem letu 1919/1920 je bilo vpisanih 942 študentov, od tega 28 žensk in 914 moških. Ženske so bile takrat tako med študenti kot znanstveniki močno v manjšini. Zanimivo pa je, da je bila prva oseba, ki je zagovarjala doktorat na novoustanovljeni ljubljanski univerzi, ženska, in sicer kemičarka Anka Mayer iz Lož pri Vipavi.

Da ustanovitev Univerze v Ljubljani ni bila niti enostavna niti samoumevna, je bilo izpostavljeno tudi na slavnostni akademiji 3. decembra v Cankarjevem domu, kjer je predsednik Republike Slovenije Borut Pahor Univerzi v Ljubljani podelil najvišje državno odlikovanje: *red za izredne zasluge* za prispevek k duhovnemu in kulturnemu razvoju slovenskega naroda, uveljavitvi slovenskega jezika ter za vrhunske dosežke na področju znanosti in izobraževanja.

Geodeti Univerzo v Ljubljani štejemo za *svojo Almo Mater*, saj je od leta 1919, ko je bila ustanovljena, pa

vse do danes to edina visokošolska izobraževalna institucija na Slovenskem, ki izvaja študijske programe na področju geodezije. V stotih letih univerzitetnega izobraževanja je področje geodezije doživelo vzpone in padce. Slednje ne velja le za visoko šolstvo in raziskave, ampak tudi za stroko. Tudi danes se geodeti srečujemo z mnogimi izzivi, ki so med drugim povezani z izrazito hitrim tehnološkim napredkom na področju geodezije in geoinformatike ter spreminjajočimi se zahtevami uporabnikov naših izdelkov in storitev.

Mnogi od teh izzivov so predstavljeni v pričujoči številki Geodetskega vestnika, ki prinaša zelo pester nabor raziskovalnih in strokovnih člankov. Verjamem, da se vam bo ob prebiranju vsebine tokratne praznične številke utrnila kakšna nova zamisel, ki jo boste morda delili z nami v kateri izmed naslednjih številčk Geodetskega vestnika. Lepo vabljeni!

Ob koncu leta se iskreno zahvaljujem vsem, ki ste kakorkoli prispevali k rednemu izdajanju Geodetskega vestnika, vključujoč bralce in bralke, ki ste mnogokrat delili zamisli za izboljšave revije z nami. V luči stoletnice slovenske univerze pa vam v novem letu želim predvsem svobodnega in kritičnega razmišljanja ter odprtosti za sodelovanje in spremembe!

The previous editorial of Geodetski vestnik mentioned the 100th anniversary of university land-surveying studies in Slovenia, so allow me to dedicate this one to our Alma Mater Labacensis, the University of Ljubljana, which officially celebrated its 100th birthday on December 3rd. This is the day on which Dr France Ramovš, an expert in Slavic languages, held a lecture on the historical grammar of the Slovenian language at the then Provincial Assembly of the Carniolan Provincial Manor, which has served as the premises of the University of Ljubljana to this day. The then 29-year-old lecturer began the very first lecture on the newly established University of Ljubljana with these words: *“On this day, as we are expecting a new era, a new life, as we are establishing a Slovenian university, allow me to greet you as the first students of our Almae Mater. In this holy moment, our nation is entering history that can never be erased.”*

The University of Ljubljana, the first Slovenian university, was established almost four hundred years after the first Slovenian book was printed. Many bright moments for the development of science and art passed in the period between the first book and the first university in Slovenian territories, also intersected with darker periods, when freedom of thought, and the overall development with it, were inhibited. Yet, knowledge and reason prevailed.

So, the beginning of the 20th century was marked by the establishment of the Slovenian university, whose primary calling from the very beginning was to help develop science and thus pave the way for high-quality education and free and critical public debate. The rector of the new University of Ljubljana was Josip Plemelj, one of the most important mathematicians of the early 20th century. In the first academic year of 1919/1920, 942 students enrolled in the University: 28 women and 914 men. The number of men among the scientists and students greatly surpassed the number of women. However, it is interesting that the first doctorate of the new university in Ljubljana was awarded to Ana Mayer, a chemist from Lože near Vipava.

The fact that the establishment of the University of Ljubljana was far from simple and obvious was also stressed at the formal ceremony held on 3rd December in Cankarjev dom in Ljubljana. The President of Slovenia, Borut Pahor, conferred on the University of Ljubljana a national decoration: the Order of Merit for Distinguished Service for contributions to the spiritual and cultural development of the Slovenian nation, promotion of the Slovenian language, and outstanding achievements in science and education.

Surveyors may freely regard the University of Ljubljana as *their Alma Mater*, since it has been the only university-level educational institution in Slovenia that offer land-surveying study programmes. Our field of expertise has seen its brighter and darker days through the hundred years of education. This does not only refer to high education and research but also to the profession itself. Today, surveyors are faced with numerous challenges that are also connected with exceptionally rapid technological advancements in the fields of geodesy and geoinformatics, as well as the changing needs for our products and services.

Many of these challenges are described in this issue of Geodetski vestnik, which brings a wide variety of research and scientific papers. I am confident that this festive issue will ignite some new ideas that you might be willing to share with us in one of the future issues of our journal. You are kindly invited to contribute!

I would like to express my thanks to everybody who has made their contribution to the regular publishing of Geodetski vestnik, including the readers, many of whom were prepared to share their thoughts on

the improvement of the journal with us. In the spirit of the Slovenian university centenary, I wish you numerous free and critical thinking in the coming year, as well as an openness to cooperation and change!

ODLOČITVE DECISIONS

Blaž Mozetič

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

Sprejemanje odločitev je prijetno opravilo, če ga opazuješ iz varne razdalje in odločitve sprejemajo drugi, včasih celo namesto tebe. Ali je slednje dobro, prepuščam vaši presoji. Seveda si potem vzamemo pravičilo, nekateri menijo, da je to celo dolžnost, da iz vseh zornih kotov preverimo in pretehtamo, ali je bila sprejeta odločitev primerna. Polni smo zamisli, kaj vse bi morali pred sprejetjem odločitve še upoštevati, premisliti, prespati in da bi odločitev morebiti morala biti drugačna. Ampak večino našega izvajanja gre v smeri, da bi tisti, ki so sprejeli odločitev, morali sprejeti drugačno, pravilnejšo odločitev. Za vrhunec dodamo še tisto skoraj ponarodelo izjavo: »Če bi se jaz odločal ...« Ampak se nisi! Če želiš odločiti, je treba stopiti iz množice, dvigniti glavo, pogledati čez plot in se dostikrat obrniti tudi proti toku. Najprej moraš sam pri sebi sprejeti odločitev, da se želiš odločiti.

Ko preteče nekaj časa po sprejetju odločitve, si dostikrat izprašujemo vest z besedami: »Če bi takrat vedel, bi ...« Presojanje smotrnosti preteklih odločitev iz časovne razdalje ter z novimi, svežimi in bogatimi izkušnjami ter informacijami odsvetujem, saj se takoj ujamemo v zanko »Kaj vse bi, če bi ...«. Trdim, da je v danem trenutku, z informacijami, ki so na voljo, znanjem in izkušnjami ter ne nazadnje tudi instinktom in kančkom božje pomoči, sprejeta odločitev najboljša in najbolj optimalna. Ne verjamete? Poskusite! Uspešnost ali neuspešnost rezultatov te odločitve je v nadaljevanju večinoma odvisna od dejavnikov, ki se pojavijo po njenem sprejetju in niso več pod nadzorom odločevalca. Vsaka odločitev je pravilna. Napačna je le ne-odločitev.

In da ne bo tale zapis izzvenel tako na okrog, tako malo mimo geodetske stroke, kot da se nam v geodeziji ni treba veliko odločati, mogoče se včasih najraje ne bi in upamo, da se bo kdo namesto nas, pa naslednji praktični primer iz 200-letne prakse geodezije za ponazoritev zgoraj zapisanega. V postopku ureditve meje mora geodet sprejeti odločitev. Kakšen bo rezultat te odločitve – beri: ali se bosta morebiti mejaša skregala ali ne – pa ni več v njegovi domeni, seveda upošteva dejstvo, da je geodet strokoven, moralen in pokončen človek, vreden nosilec dolžnosti in odgovornosti, ki mu je zaupana.

Spoštovane kolegice in kolegi ter sopotniki geodetske stroke že danes sprejmite odločitev, da se boste udeležili 48. Geodetskega dneva z naslovom *Geodezija za kakovostne odločitve v prostoru in času*, ki bo potekal 12. in 13. marca 2020 v Ljubljani, ker je to prava odločitev in odlična strokovna pomoč pri prihodnjem odločanju v duhu »Kaj bom jaz naredil, da bo bolje ...«.

Blagoslovljene božične praznike in vse dobro ter srečno v letu 2020!

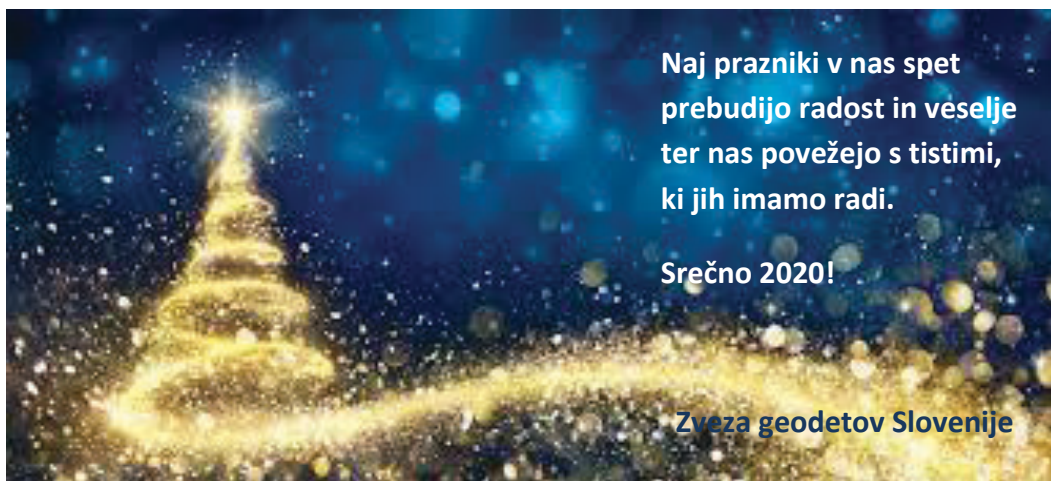
Decision-making can be a pleasant exercise if observed from a safe distance and if the decisions are made by others, sometimes even instead of you. I'm leaving it to your judgment as to whether this is good or bad. It is human nature that we later often reserve the right – some even consider it a duty – to assess the decision from different angles and judge its wisdom. The ideas regarding what else should have been taken into account, considered, and slept on flood in, with the likely conclusion that the decision should have been different. Much of our reasoning suggests that the decision-makers should have decided differently, more correctly. And one should not forget the words that could be considered a piece of the national lore: “If it had been me...” But it wasn't! Decision-making requires that we step out of the shadows, that we raise our heads, look over the fence, sometimes even turn against the current. This is the issue of a decision made at the very beginning: the decision that you want to make.

Some time after the decision has been made, doubts begin to flood our minds: “If I had known that then, I would have...” We get quickly trapped into the loop of “what would have been if it had...” when we try to judge the wisdom of our previous decisions through the perspective of new, fresh, and rich experiences and new information, so this is not advisable. I am positive that a decision that we make at any given moment, with all the information available then, with all the knowledge and experience, and, last but not least, with the use of our instincts and a bit of divine help, is the best available and optimal. You don't believe me? Try it! The future success of a certain decision mostly depends on factors that emerge only later, and the decision-maker usually has no influence over them. Every decision is the right one. The only thing that is really wrong is a non-decision.

Allow me to give you an example from the 200-year-old land surveying tradition to avoid the impression that this writing serves itself and that it has little relevance with land surveying, that our profession does not involve much decision-making, that we tend to avoid it or even hope that somebody else would do it instead of us. A land surveyor must make a decision in every boundary determination process. The consequences of his decision – i.e., if the neighbours will quarrel or not – are out of his field of expertise, of course presuming the land surveyor is an expert with high morals and integrity, a worthy carrier of duties and responsibilities that have been placed on him.

Dear land surveyors and everybody else who follows our steps, make a decision to take part in the 48th Land Surveying Day under the title *Geodesy and Quality of Geo-spatial Data for Good Decision-making*, which will take place on 12 and 13 March 2020 in Ljubljana. This is the right decision and an excellent professional input for your future decision along the lines of “What will I do to make things better...”

May the peace and joy of Christmas be with you and throughout 2020!



**Naj prazniki v nas spet
prebudijo radost in veselje
ter nas povežejo s tistimi,
ki jih imamo radi.**

Srečno 2020!

Zveza geodetov Slovenije

OCENA ZMOGLJIVOSTI VODOVODNEGA SISTEMA KOT STROKOVNA PODLAGA ZA ODLOČANJE O USMERJANJU RAZVOJA NASELIJ NA LOKALNI RAVNI

ASSESSMENT OF WATER DISTRIBUTION SYSTEM CAPACITY AS SETTLEMENT- DEVELOPMENT DECISION- MAKING EXPERT BASIS AT THE LOCAL LEVEL

Ajda Kafol Stojanović, Daniel Kozelj, Maruška Šubic Kovač

UDK: 349.414:628.1:711.4
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 14. 8. 2019
Sprejeto: 4. 11. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.04.479-490
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 14. 8. 2019
Accepted: 4. 11. 2019

IZVLEČEK

Razvoj naselij je odvisen od številnih dejavnikov, med drugim od razpoložljivosti komunalne infrastrukture. V zvezi s tem znanstveniki ugotavljajo, da le integrirano načrtovanje komunalne infrastrukture in načrtovanje razvoja naselij ustvarjata razmere za trajnosten in ekonomičen urbani razvoj, kar pa se v praksi prostorskega načrtovanja v Sloveniji ne upošteva. V članku smo iskali odgovor na raziskovalno vprašanje: Na podlagi katerih podatkov in na podlagi kakšnega modela lahko v Sloveniji ocenimo zmogljivost vodovodnega sistema, ki je strokovna podlaga za odločanje o razvoju naselij na lokalni ravni? V ta namen smo analizirali rezultate že izdelanih raziskav z obravnavanega področja in oblikovali integriran dinamični model za oceno zmogljivosti vodovodnega sistema, ki izhaja iz simulacije gradnje na nepozidanih stavbnih zemljiščih in potreb novih porabnikov na teh zemljiščih po vodi. Hidravlična preveritev za oceno zmogljivosti vodovodnega sistema je izvedena z računalniškim programom Aquis 7.0. Glede na rezultate hidravlične preveritve so predlagani ukrepi in ocenjeni stroški ustreznih izboljšav obstoječega vodovodnega sistema oziroma njegove dograditve. Model za oceno zmogljivosti vodovodnega sistema je bil apliciran na primeru mestne občine Kranj.

KLJUČNE BESEDE

prostorsko načrtovanje, strokovne podlage, razvoj naselij, zmogljivost vodovodnega sistema, komunalno gospodarstvo

ABSTRACT

Settlement development depends on many factors, including the availability of municipal infrastructure. Scientists find that only integrated municipal infrastructure planning and settlement-development planning create conditions for sustainable and economical urban development. This is not taken into account in spatial planning practise in Slovenia. This paper seeks a response to the research question: Based on what data, and based on what model can the capacity of the water supply system in Slovenia be assessed, which constitutes the expert basis for settlement development decision-making at the local level. To this end, we analysed the results of relevant existing research and devised an appropriate integrated and dynamic model for assessing the capacity of the water supply system, which was generated from a simulation of construction on vacant building land and relevant water requirements of new water consumers. In assessing the capacity of the public water supply system, the Aquis 7.0 Software was applied in accomplishing the hydraulic system validation. In line with the hydraulic system validation results, the respective measures are proposed, and the costs of necessary improvements of the existing water supply system or its upgrading are envisaged. The model was applied on the example of the Municipality of Kranj.

KEY WORDS

spatial planning, expert basis, settlement development, water distribution system capacity, municipal economics

1 UVOD

Slovenija je enako kot številne druge vzhodnoevropske države na začetku 90. let prejšnjega stoletja prešla na sistem tržnega gospodarstva. Na prehodu iz tako imenovanega »dogovornega« sistema prostorskega načrtovanja v sistem prostorskega načrtovanja v tržnem gospodarstvu bi morala spremeniti tudi izhodišča glede izdelave strokovnih podlag za odločanje v procesu prostorskega načrtovanja. Ne le, da tega ni naredila, tako kot ugotavljata tudi Niedziałkowski in Beunen (2019) za Poljsko, poleg načel in orodij za integralno prostorsko načrtovanje na lokalni ravni je zanemarila tudi dolgoročni vidik prostorskega načrtovanja, ki je bil prisoten v prostorskih aktih prejšnjega družbeno-ekonomskega sistema.

Šele 27 let po prehodu v nov sistem je bil v Zakonu o urejanju prostora (ZURP - 2, 2017) poudarjen pomen strokovno utemeljenega prostorskega načrtovanja z jasno opredeljeno etapnostjo načrtovanja. Uveden je bil elaborat ekonomike (Pravilnik o elaboratu ekonomike, 2019), s katerim se v vseh fazah priprave prostorskih izvedbenih aktov preverja ekonomičnost načrtovanih prostorskih ureditev, tudi komunalne infrastrukture, oceni se investicija, določi vir finančnih sredstev ter etapnost izvajanja načrtovanih ureditev. Take strokovne podlage omogočajo preglednejše odločanje glede usmerjanja razvoja naselij, pri čemer se upošteva tudi stanje komunalne infrastrukture in njena zmogljivost.

V zvezi s tem je bilo v raziskavi postavljeno naslednje raziskovalno vprašanje: Na podlagi katerih podatkov in na podlagi kakšnega modela lahko v Sloveniji ocenimo zmogljivost vodovodnega sistema, ki se uporablja kot strokovna podlaga za odločanje o razvoju naselij na lokalni ravni, že v procesu prostorskega načrtovanja?

Metoda dela in struktura članka sta zasnovani v skladu z raziskovalnim vprašanjem. Najprej so prikazane že izdelane raziskave s tega področja. Z upoštevanjem rezultatov obstoječih raziskav ter stanja v Sloveniji je prikazan način ocenjevanja zmogljivosti vodovodnega sistema. Opredeljene so morebitne izboljšave in dograditve vodovodnega sistema ter s tem povezani stroški in predvidena etapnost gradnje. Tovrstne ocene se v Sloveniji v fazi priprave prostorskih aktov do zdaj niso izdelovale, so pa pomembna strokovna podlaga pri načrtovanju razvoja naselij in nasprotno (Kafol Stojanović, 2018).

2 PROSTORSKO NAČRTOVANJE IN KOMUNALNA INFRASTRUKTURA

V preteklosti je obstajala dilema, ali je komunalna infrastruktura ena izmed podlag za dimenzioniranje različnih funkcij in velikosti naselja ter za določanje rabe prostora ali velja nasprotno. Danes znanstveniki (Brown, Keath in Wong, 2009) ugotavljajo, da ne velja prvo ne drugo. Z zaporednostjo upoštevanja posameznih dejavnikov pri načrtovanju razvoja naselij se ne ustvarjajo pogoji za trajnosten in ekonomičen urbani razvoj, kar danes potrjujejo dela številnih avtorjev (Kathlene et al., 2010; Beckwith, 2014; Grimaldi Pellecchia in Fasolino., 2017; Sproul, 2017). Ti v svojih raziskavah poudarjajo pomembnost integriranega načrtovanja komunalne infrastrukture in načrtovanja razvoja naselij. Težave se pogosto pojavljajo predvsem zato, ker se v sistemu načrtovanja komunalne infrastrukture ne upošteva načrtovana raba prostora na nekem območju, pri ocenjevanju prihodnjih potreb po storitvah se ne upoštevajo predvideni prostorski načrti glede razvoja naselij, primanjkuje prostorskih podatkov o razporeditvi potreb po storitvah in prihodnjih investicijah (Grimaldi Pellecchia in Fasolino, 2017). Podobno je treba pri prostorskem načrtovanju upoštevati in v prostorske načrte vključevati elemente upravljanja komunalne infrastrukture (Kathlene et al., 2010).

Gradnja komunalne infrastrukture je povezana z relativno visokimi stroški, zato je za smotno in ekonomično načrtovanje izredno pomembno upoštevati ne le njeno fizično prisotnost, temveč tudi njeno

zmogljivost, vključno s primerno predimenzioniranostjo. Zmogljivost komunalne infrastrukture, s tujko jo lahko imenujemo tudi kapaciteta, je v našem primeru opredeljena kot sposobnost komunalne infrastrukture za zagotavljanje določenega obsega potreb. Zmogljivost komunalne infrastrukture je lahko večja oziroma manjša od obstoječih oziroma predvidenih potreb ali pa jim je izjemoma enaka.

V postopku načrtovanja komunalne infrastrukture je pomembna tudi ocena izvedljivosti različnih možnosti razvoja komunalne infrastrukture, kar pomeni bolj trajnosten pristop k načrtovanju in odločanju o nadaljnjem razvoju naselij (Mitchell, Mein in McMahon, 2001; Hardy, Kuczera in Coombes, 2005; Mitchell in Diaper, 2005; Brown, Keath in Wong, 2009). V ta namen so bili razviti številni modeli načrtovanja vodovodnih sistemov, ki vključujejo različne elemente, ki vplivajo na njihovo vodno bilanco. Najprej so se razvijali statični modeli načrtovanja vodovodnih sistemov, ki ne vključujejo dolgoročnega vidika razvoja naselij zaradi spremembe števila prebivalstva in sprememb v gospodarstvu. Modeli, ki so primerni za dolgoročno načrtovanje vodovodnih sistemov, morajo biti dinamični ter vključevati tudi socialne in ekonomske spremenljivke (Mitchell et al., 2007). Willuweit in O'Sullivanu (2013) v dinamičnem modelu načrtovanja vodovodnih sistemov, apliciranem v Dublinu, povezujeta koncepte urbane vodne bilance z modelom dinamike rabe tal in podnebnim modelom, kar zagotavlja platformo za dolgoročno načrtovanje mestne oskrbe s pitno vodo in povpraševanja po vodi.

Obstajajo tudi integrirani modeli načrtovanja komunalne infrastrukture, ki vključujejo različne spremenljivke in modele z drugih področij (Schönhart et al., 2018). Kot primer integriranega modela je v študiji avtorjev Mair et al. (2014) uporabljen model DynaMind, ki primerjalno analizira vpliv novih priključkov na spremembe obstoječega kanalizacijskega sistema. Pomembno vlogo na področju modelov za načrtovanje komunalne infrastrukture in rabe prostora imajo modeli VIBe (angl. Virtual Infrastructure Benchmarking) in DynaVIBe (angl. Dynamic Virtual Infrastructure Benchmarking). Z orodji je mogoče generirati mrežo mestnih vodovodnih sistemov za neko območje, pri čemer se upoštevajo podatki spreminjanja prebivalstva in rabe prostora. Modeli omogočajo tudi vključitev analize verjetnostnih scenarijev v prihodnosti (Sitzenfrei et al., 2010; Sitzenfrei, Möderl in Rauch, 2013).

Praksa v Sloveniji glede vključenosti komunalne infrastrukture v proces prostorskega načrtovanja je še v začetni fazi razvoja. V veljavnih občinskih prostorskih načrtih (Zakon o prostorskem načrtovanju. ZPNačrt, 2007) večinoma ni ustrezno opredeljena predvidena komunalna infrastruktura, vključno s predvideno dinamiko njene izgradnje kot posledice potreb prostorskega razvoja. Ta se običajno načrtuje šele v naslednjih fazah podrobnega prostorskega načrtovanja oziroma ob izdelavi idejne zasnove ali projektne dokumentacije za izdajo gradbenega dovoljenja (MOP, 2018), finančni in časovni vidik je pogosto zanemarjen (Štravs, Dekleva in Ivanič, 2010). Zato je v nadaljevanju prikazan prvi poskus vzpostavitve ustreznih podatkov in oblikovanja integriranega dinamičnega modela za odločanje o prihodnjem razvoju naselij na lokalni ravni glede na stanje in zmogljivosti vodovodnega sistema.

3 METODOLOGIJA ZA OCENO ZMOGLJIVOSTI VODOVODNEGA SISTEMA KOT STROKOVNA PODLAGA ZA ODLOČANJE O RAZVOJU NASELIJ

Metodologija oblikovanja modela za oceno zmogljivosti vodovodnega sistema je zasnovana v več korakih. Najprej je treba vzpostaviti nove podatke o predvidenih površinah za prostorski razvoj naselij in predvideni porabi pitne vode. Izvede se hidravlična preveritev zmogljivosti vodovodnega sistema in glede na

rezultate hidravlične preveritve se odloči o ustreznih ukrepih za izboljšanje zmogljivosti ter oceni stroške teh ukrepov. Zmogljivost vodovodnega sistema, ustrezni ukrepi in z njimi povezani stroški so eno izmed meril za opredelitev namenske rabe prostora in etapnosti razvoja naselij. Preveritev zmogljivosti se periodično ponavlja glede na dinamiko spreminjanja razvoja naselij.

3.1 Predpostavke in omejitve

Model za oceno zmogljivosti vodovodnega sistema sloni na več predpostavkah in omejitvah.

- V raziskavi smo se omejili le na dejavnost oskrbe s pitno vodo in oceno zmogljivosti vodovodnega sistema. Objekte in omrežje vodovodnega sistema delimo na magistralno, primarno in sekundarno, ki so v celoti v javni lasti. Priključki v zasebni lasti (terciarno omrežje) v raziskavo niso vključeni.
- V nasprotju s številnimi študijami iz bolj sušnih območij sveta (Kathlene et al., 2010; Urban Water Management Plan, 2010; Sproul, 2017) smo predpostavljali, da so na obravnavanem območju, to je na območju izbrane lokalne skupnosti, vodni viri dovolj izdatni, zanimala nas je le zmogljivost vodovodnega sistema. Sicer bi morali v model vključiti tudi oceno zadostne količine vode za oskrbo novih porabnikov.
- Ključna vhodna podatka za oceno zmogljivosti sta obstoječa in predvidena poraba vode v izbranem oziroma predpostavljenem obdobju. Poraba vode ni konstantna, ampak je odvisna od številnih dejavnikov, spreminja pa se tekom leto, meseca in dneva. Na porabo vode močno vplivata tipologija poselitve in gostota pozidave (Rakar, 1980; Urban Water Management Plan, 2010; Kenway et al., 2013). Poraba vode je v veliki meri odvisna tudi od dejavnosti oziroma skupine porabnikov, spremembe števila prebivalstva, podnebnih razmer, vpliva staranja infrastrukture, gospodarskega razvoja, tehnološkega napredka, sprememb v rabi tal, velikosti naselja, življenjskega standarda in vedenja porabnikov (Petrešin, 1980; Panjan, 2005). Pri dimenzioniranju vodovodnega sistema smo upoštevali nihanja porabe vode čez dan, izračunana na podlagi koeficienta neenakomernosti urne porabe, ki predstavlja razmerje med maksimalno dnevno in srednjo dnevno porabo vode.
- Izhodiščni podatek za odločanje o razvoju naselij na lokalni ravni so tudi predvidene površine nepozidanih stavbnih zemljišč in površine, kjer je predvidena zgostitev, prenova ali prestrukturiranje. V analizo so vključena nepozidana stavbna zemljišča, ki v obstoječih občinskih prostorskih aktih oziroma drugih evidencah o stavbnih zemljiščih niso opredeljena. V raziskavi smo pri njihovi opredelitvi upoštevali podrobno namensko rabo prostora, prostorske izvedbene pogoje, velikost in pravne režime na obravnavanih območjih nepozidanih stavbnih zemljišč. Iz predvidene velikosti in dejavnosti nepozidanih stavbnih zemljišč izhaja ocena predvidene porabe vode, upoštevajoč predpostavko, da se relativna obstoječa poraba vode na prebivalca v prihodnosti ne bo povečala.
- Zmogljivost obstoječega vodovodnega sistema je ključno izhodišče v procesu prostorskega načrtovanja in razmeščanja dejavnosti v prostoru (Haynes et al., 1984). Zmogljivost vodovodnega sistema se lahko preveri s hidravlično preveritvijo obstoječega vodovodnega sistema, torej s simuliranjem dejanskega delovanja vodovodnega sistema z matematičnimi modeli. Osnovni pogoj za izvedbo različnih simulacij je vzpostavljen in umerjen model vodovodnega sistema (Walski et al., 2003). Za oceno zmogljivosti vodovodnega sistema smo v raziskavi uporabili računalniški program Aquis 7.0 (Petrol, d. d., 2018).
- Pomemben element pri preveritvi hidravličnih razmer v omrežju v prihodnosti, ki pogosto predstavlja neznancko, je etapnost prihodnjega razvoja naselij na območju lokalne skupnosti (Haynes et al.,

1984). Od predvidene etapnosti so odvisni scenariji, za katere se hidravlično preverja zmogljivost vodovodnega sistema. Z modeli za načrtovanje vodovodnega sistema se običajno analizirajo različni načrtovani scenariji glede zmogljivosti vodovodnega sistema: obstoječe stanje, predvideno stanje čez pet let, deset let, dvajset let in stanje, ko so predvidene zmogljivosti vodovodnega sistema dosežene v celoti (Planning Guidelines ..., 2010). Mutschmman in Stimmelmayer (2011) navajata, da naj se za scenarije izberejo obdobja, ki sovpadajo z državnimi in občinskimi načrti. Smiselno je najprej analizirati zmogljivost vodovodnega sistema ob pogoju, da se v trenutku izvede vsa predvidena gradnja. Če zmogljivost vodovodnega sistema ni zadostna za vso predvideno gradnjo, potem se izvede preverjanje vsaj za vsakih pet let. Od tega, kdaj so vse kapacitete sistema zapolnjene, je odvisno nadaljnje načrtovanje etapnosti razvoja naselij.

- V oceni stroškov za izvedbo ukrepov, ki omogočajo predvideno poselitev, se upoštevajo samo investicijski stroški za izvedbo ukrepov in gradnjo novega omrežja v vodovodnem sistemu.

3.2 Model za oceno zmogljivosti vodovodnega sistema in odločanje o razvoju naselij v izbrani lokalni skupnosti

1. korak: Ocena predvidene porabe vode glede na etapnost pozidave

Najprej je treba določiti obseg nepozidanih stavbnih zemljišč v lokalni skupnosti. Tega podatka v obstoječih evidencah ni na voljo, zato smo za namen te raziskave v skladu z zakonom (ZUreP-2, 2017) opredelili nepozidana stavbna zemljišča. To so zemljišča, na katerih je mogoča gradnja objektov, ki za delovanje potrebujejo komunalno infrastrukturo (ZUreP-2, 2017) oziroma v našem primeru oskrbo s pitno vodo. Območja, kjer podrobna namenska raba prostora ne predvideva gradnje stavb (na primer območja zelenih površin in območja prometne infrastrukture), niso obravnavana. Prav tako niso obravnavana območja, kjer pravni režimi, velikost območja ali drugi prostorski izvedbeni pogoji iz prostorskega akta ne dopuščajo gradnje stavb.

Za vsako območje nepozidanih stavbnih zemljišč se predvidena poraba vode oceni na podlagi obstoječe povprečne letne porabe vode na primerljivih že pozidanih območjih. Primerljivost območij je določena glede na lego območja, predvideno namensko rabo prostora, prostorske izvedbene pogoje, velikost območja, predvidene dejavnosti in tip pozidave.

2. korak: Hidravlična preveritev obstoječega vodovodnega sistema glede na ocenjeno porabo vode

Hidravlična preveritev se izvede z računalniškim programom Aquis 7.0 (Petrol, d. d., 2018). Izdela se točkovni sloj novih porabnikov vode (pridobljeno v 1. koraku), potem se točke povežejo z najkrajšo razdaljo z obstoječim vodovodnim omrežjem po načelu Thiessenovih poligonov. Opredelijo se nihanja porabe vode čez dan, torej koeficienti neenakomernosti urne porabe.

Hidravlična preveritev se izvede za uro v dnevu, ko je poraba največja oziroma ko je koeficient neenakomernosti urne porabe največji, in sicer v naslednjem vrstnem redu:

- Hidravlična preveritev obstoječega vodovodnega sistema (brez novih porabnikov).
- Hidravlična preveritev obstoječega vodovodnega sistema z dodanimi novimi porabniki vode.
- Preveritev ustreznosti zmogljivosti vodohranov z vidika dodatne porabe vode.
- Preveritev ustreznosti obstoječega vodovodnega sistema v primeru požara ob srednji dnevni porabi vode v dnevu z najvišjo letno porabo vode, tj. najvišjim koeficientom letne neenakomernosti.

3. korak: Odločanje o ukrepih za kritje potreb po vodi in ocena stroškov

Rezultat hidravlične preveritve obstoječega vodovodnega sistema pokaže, ali njegova zmogljivost ustreza povečanim potrebam tudi po priključitvi predvidenih novih porabnikov vode. Če zmogljivost vodovodnega sistema kot celote ni zadostna, se predvidi gradnja novega vodovodnega omrežja, lahko tudi vključitev novega vodnega vira v sistem. Če na nekem delu omrežja zmogljivost ni zadostna, se tam predvidijo konkretne izboljšave, kot so vgradnja ali zamenjava črpalnih agregatov, zamenjava posameznega cevovodnega odseka s cevmi večjega premera in podobno. Vsi ukrepi so povezani s stroški.

V raziskavi so za oceno stroškov upoštevani rezultati iz študij (Rakar, 1979; Rakar in Makuc, 1985; Komunala Kranj, 2018), ki odražajo razmere v Sloveniji. Strošek izgradnje vodovoda je sestavljen iz stroškov materiala, izkopa, zasutja ter polaganja (dela). Odvisen je od lokacije posega in tipa zemljine ter dolžine cevi in njenega premera.

4. korak: Vključitev rezultatov ocenjene zmogljivosti vodovodnega sistema in stroškov v odločanje o razvoju naselij na lokalni ravni

Rezultati glede ocenjene zmogljivosti vodovodnega sistema, ukrepov in stroškov za zagotavljanje predvidene porabe vode se upošteva pri opredelitvi nove namenske rabe prostora ali prostorskih izvedbenih pogojev v procesu prostorskega načrtovanja ter pri načrtovanju etapnosti razvoja naselij. Z ustrezno načrtovano etapnostjo razvoja naselij se lahko krijejo potrebe po predvideni porabi vode in optimizirajo stroški za zagotavljanje predvidene porabe vode, tako da so predvidene potrebe pokrite z minimalnimi stroški.

Navedeni štirje koraki se ponovijo vsaj za vsakih pet let, s čimer se v model vključi dinamika spreminjanja razvoja naselij na lokalni ravni.

4 APLIKACIJA MODELA ZA OCENO ZMOGLJIVOSTI VODOVODNEGA SISTEMA: PRIMER VODOVODNEGA SISTEMA V MESTNI OBČINI KRANJ

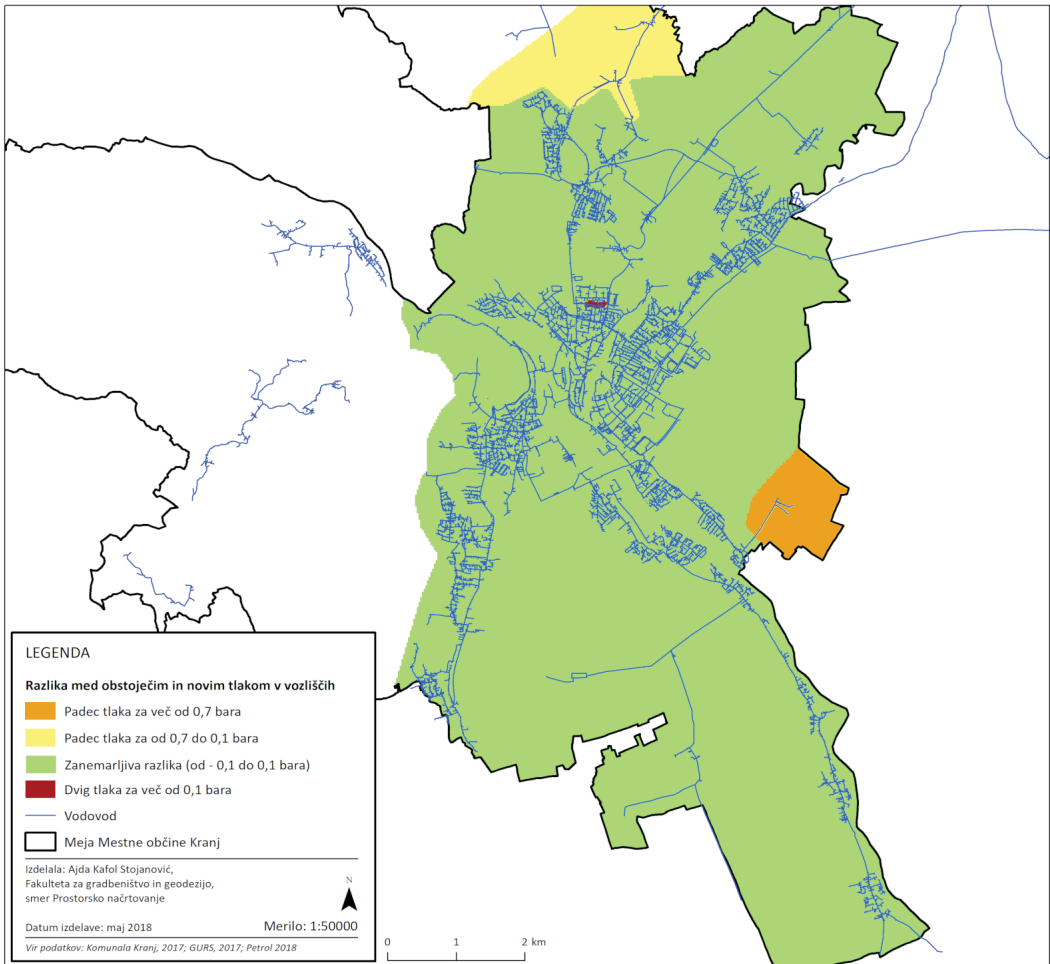
Ocena zmogljivosti obstoječega vodovodnega sistema ter stroškov za njegovo izboljšavo in morebitno razširitev je bila izdelana za mestno občino Kranj. Mestna občina Kranj je ena izmed enajstih mestnih občin v Sloveniji, stoji v gorenjski statistični regiji na zahodu Slovenije, ima površino 151 km² in v njej je leta 2018 živel 55.795 prebivalcev (SURS, 2019). Za oskrbo s pitno vodo v občini skrbi javno podjetje Komunala Kranj, ki je upravljavec 19 vodovodnih sistemov v sedmih občinah (mestna občina Kranj, občine Naklo, Preddvor, Šenčur, Jezersko, Cerklje na Gorenjskem in Medvode).

Najprej so bila po navedenih merilih določena nepozidana stavbna zemljišča v mestni občini Kranj, ocenjena je bila predvidena poraba vode na teh zemljiščih. Izdelana je bila hidravlična preveritev sistema, če bi bili na obstoječi vodovodni sistem priključeni vsi obstoječi in predvideni novi porabniki vode na nepozidanih stavbnih zemljiščih. Hidravlična preveritev sistema je bila narejena na podlagi preveritve tlačnih razmer v obstoječem vodovodnem sistemu in preveritve ustrezne zmogljivosti vodohranov. Poleg tega je bila narejena dodatna hidravlična preveritev tlačnih razmer ob simulaciji požarnih odvzemov.

V hidravlični preveritvi obstoječega vodovodnega sistema smo ugotavljali razliko med tlakom v sistemu pri obstoječih in po priključitvi predvidenih novih porabnikov vode. To je pomemben podatek, na podlagi katerega opredelimo morebitne neustrezne dele sistema glede na tlak in razloge za neustrezne

lastnosti (slika 1). V večini vozlišč vodovodnega sistema so bile te razlike minimalne (največ 0,1 bara), tlaki pa znotraj ustreznega območja od 2,5 do 6 barov. Večje razlike so bile le v vozliščih v delu omrežja pri poslovno-proizvodni coni Hrastje, kjer je tlak po priključitvi novih porabnikov padel za med 0,86 in 0,78 bara. Opazna razlika med tlakoma se je pokazala tudi na majhnem območju v severnem delu mesta Kranj, kjer se je tlak povečal za 0,25 bara.

V hidravlični preveritvi tlačnih razmer ob simulaciji požarnih odvzemov se je pokazalo, da se na enem območju zaradi velikih pretokov skozi sekundarno cev manjšega premera (DN 80) povečajo energijske izgube v cevovodnem odseku, posledica česar je prenizek tlak v sistemu. Zato je treba v cevovodnem odseku, ki izkazuje neustrezno prevodno sposobnost, obstoječe cevi zamenjati s cevmi večjih premerov.

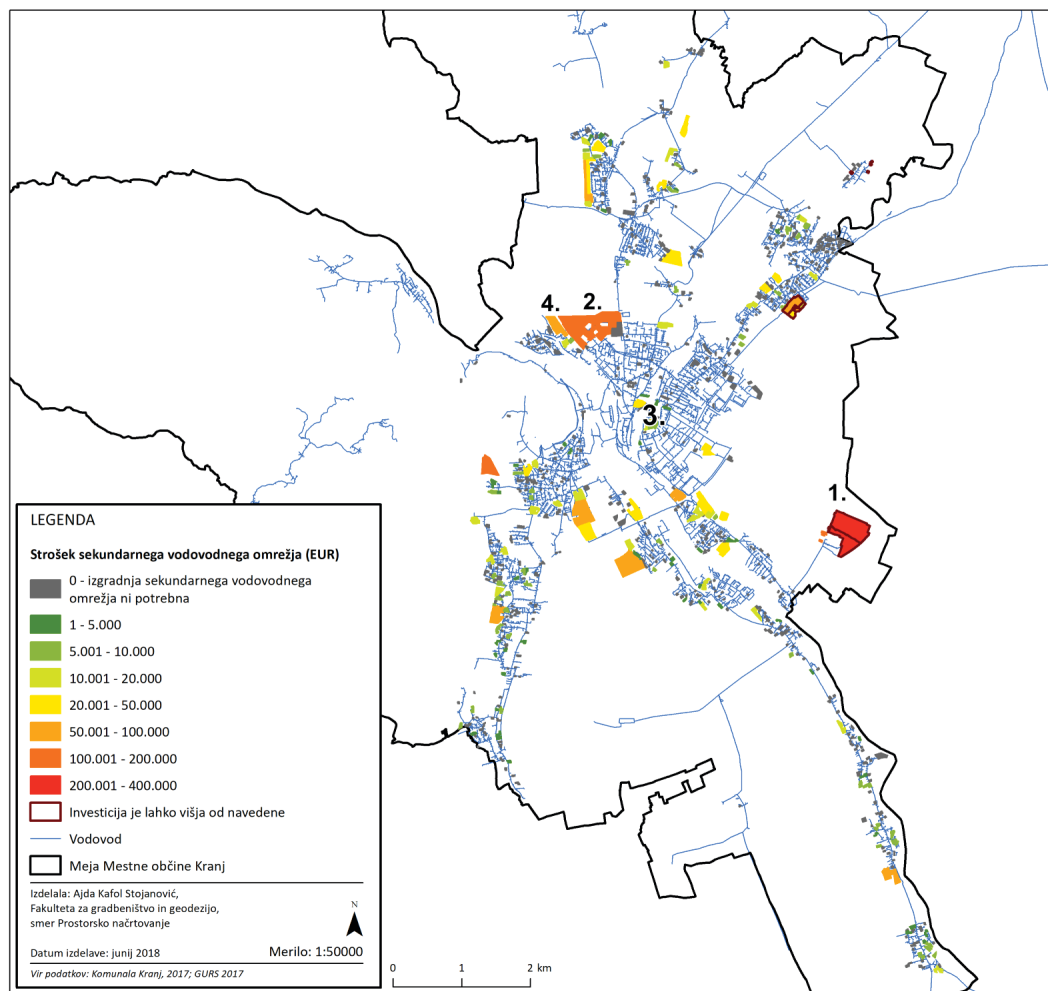


Slika 1: Razlika med obstoječim in simuliranim tlakom v vodovodnem sistemu, ki nastane po priključitvi novih porabnikov s še nepozidanih stavbnih zemljišč.

V raziskavi smo na podlagi hidravlične preveritve ugotovili, da obstoječi vodovodni sistem v mestni občini Kranj prenese povečanje porabe pitne vode tudi, če se nanj v trenutku priključijo vsi novi porabniki. Tako

ni potrebe po graditvi novih magistralnih vodov, primarnih vodov ali vključevanju novih vodnih virov v vodovodni sistem. Zato dodatna preveritev kratkoročnih scenarijev, to je na pet let, v tem primeru ni bila smiselna. Za priključitev novih porabnikov je potrebna le zgraditev priključka na omrežje, izboljšava obstoječega sekundarnega omrežja ali dograditev obstoječega sekundarnega omrežja.

Za posamezna območja nepozidanih stavbnih zemljišč so bili, na podlagi rezultatov hidravlične preveritve in povprečnih dolžin vodovodnega omrežja na hektar bruto stavbnega zemljišča, izračunani stroški predvidenih ukrepov.



Slika 2: Območja nepozidanih stavbnih zemljišč glede na razred ocenjenih stroškov gradnje sekundarnega vodovoda.

Območja (slika 2), označena s številkami 1–4, so območja z največjo predvideno porabo pitne vode. Zanje so ocenjeni stroški investicij v obstoječe vodovodno omrežje navedeni v preglednici 1. Kar za 78 % območij nepozidanih stavbnih zemljišč v mestni občini Kranj ni potrebnih dodatnih investicij, omogočena je priključitev na omrežje iz zgraditve priključka in po potrebi regulacijske naprave za uravnavanje

tlaka na odjemnem mestu. Na preostalih 22 % območij nepozidanih stavbnih zemljišč je treba zgraditi ali zamenjati sekundarno vodovodno omrežje, za katero je bil ocenjen tudi strošek izgradnje na podlagi lokacije ter tipa zemljine ter dolžine in premera cevi.

Preglednica 1: Ocena ukrepov, vključno s stroški, za območja s predvideno največjo porabo vode.

	1. Poslovno-proizvodna cona Hrastje	2. Izobraževalne in druge centralne dejavnosti Zlato polje	3. Večstanovanjska soseska Planina	4. Poslovne, trgovske, oskrbne in storitvene dejavnosti Struževo
Povprečna poraba pitne vode (l/s)	2,03	1,69	0,78	0,73
Predviden vodovod – dolžina cevi (m)	3.585	2.563	347	624
Predviden vodovod – DN cevi (mm)	125 in 100	125 in 100	100	100
Okvirni stroški (EUR)	430.720	316.500	64.000	71.500

V preglednici 1 so prikazana območja s predvideno največjo porabo pitne vode ter predvidenimi ukrepi in stroški, ki zagotavljajo kvantitativno podlago za medsebojno primerjavo območij ter strokovno podlago tako za odločanje o etapnosti razvoja posameznih območij oziroma naselij kot tudi za načrtovanje razvoja vodovodnega sistema. Poleg skupnih stroškov bi lahko pri odločanju o etapnosti razvoja naselij opredelili tudi relativne stroške glede na število novih oskrbovanih prebivalcev po območjih nepozidanih stavbnih zemljišč in druge podobne relativne stroške, odvisno od ciljev prostorske politike v lokalni skupnosti.

5 RAZPRAVA IN SKLEP

Raziskava daje odgovor na vprašanja: (1) na podlagi katerih podatkov in (2) na podlagi kakšnega modela lahko v Sloveniji ocenimo zmogljivost vodovodnega sistema, ki se uporablja kot strokovna podlaga za odločanje o razvoju naselij na lokalni ravni že v procesu prostorskega načrtovanja, in sicer:

1. Za oceno zmogljivosti vodovodnega sistema potrebujemo podatke o predvidenih površinah nepozidanih stavbnih zemljišč in predvideni porabi pitne vode predvidenih prebivalcev na teh površinah. Predvidenih površin nepozidanih stavbnih zemljišč ni mogoče pridobiti iz nobene obstoječe baze podatkov, zato smo jih za namene te raziskave ocenili. Ocena predvidene porabe vode na posameznih območjih je v zgodnjih fazah procesa prostorskega načrtovanja težavna zaradi nepoznavanja predvidenega števila prebivalcev oziroma porabe vode na nekem območju. Povezana je z negotovostjo in tveganjem. Število prebivalcev oziroma njihove potrebe po vodi smo zato ocenili na podlagi podatkov o površini nepozidanih stavbnih zemljišč za posamezno podrobno namensko rabo prostora, o predvideni dejavnosti in o sedanji povprečni porabi vode na primerljivih območjih.

2. Na podlagi predstavljenega integriranega dinamičnega modela lahko ocenimo zmogljivosti vodovodnega sistema. Model je zasnovan tako, da omogoča stalno spremljanje zmogljivosti sistema in njegovih prostih zmogljivosti. Uporaben je tudi za načrtovanje etapnosti razvoja naselij ter preveritev ekonomičnosti načrtovanih ureditev. Rezultati hidravlične preveritve v modelu zagotavljajo podlago za oceno ukrepov in stroškov za njihovo izvedbo. Poleg tega so ustrezna strokovna podlaga za odločanje v procesu prostorskega načrtovanja. Smiselno je, da strokovnjaki s področja prostorskega načrtovanja pri interpretaciji dobljenih rezultatov sodelujejo tudi s strokovnjaki s področja projektiranja in upravljanja vodovodnih sistemov.

Ključna dodana vrednost hidravlične preveritve v predstavljenem modelu je opredelitev šibkih točk vodovodnega sistema kot celote ob različnih obremenitvah z novimi porabniki. Prav to je v fazah podrobnejšega prostorskega načrtovanja, ki se osredotoča na posamezno območje, pogosto prezrto. Zato je smiselno, da se hidravlična preveritev izdela v več ponovitvah za različne scenarije razvoja v prostoru, in to obenem z nastankom prostorskega akta in načrtovanjem poselitve ter drugih dejavnosti v prostoru na ravni celotne lokalne skupnosti. Zmogljivost vodovodnega sistema sicer ni edini dejavnik, ki vpliva na odločanje o razvoju naselij, zato so rezultati analize zmogljivosti vodovodnega sistema le ena izmed strokovnih podlag za odločanje v procesu prostorskega načrtovanja. Sama odločitev o razvoju naselij je namreč odvisna tudi od številnih drugih dejavnikov (Fischel, 1999). Poleg tega je po Deng et al. (2013) zaradi podnebnih sprememb in hitre urbanizacije odločanje o dolgoročnih projektih, kot so infrastruktturni, težko oziroma je povezano z negotovostjo in tveganjem.

Za vključitev tovrstnih modelov v prakso prostorskega načrtovanja in načrtovanja vodovodnih sistemov bi bilo torej treba vzpostaviti ustrezen, primerljiv in dostopen nabor vhodnih podatkov, in to vsaj za: površine območij nepozidanih stavbnih zemljišč, količino obstoječe porabe pitne vode glede na dejavnost na pozidanih stavbnih zemljiščih in stroške gradnje/zamenjave posameznih delov vodovodnega sistema. Postopek hidravlične preveritve bi bilo treba približati širšemu krogu strokovne javnosti in zagotoviti interdisciplinarno ekipo strokovnjakov za interpretacijo rezultatov v povezavi z razvojem naselij v lokalni skupnosti. Predstavljeni model bi lahko bil del strokovnih podlag pri izdelavi občinskega prostorskega načrta, na primer elaborata ekonomike (Pravilnik o elaboratu ekonomike, 2019), v okviru katerega bi se v povezavi z evidenco stavbnih zemljišč (ZUreP-2, 2017) tudi vzpostavili ustrezni podatki za uporabo navedenega modela.

Na primeru analize zmogljivosti vodovodnega sistema v mestni občini Kranj je bilo ugotovljeno, da se na obstoječi vodovodni sistem lahko priključijo vsi novi porabniki vode. Etapnost pozidave z vidika zmogljivosti vodovodnega sistema bi se lahko izvedla le glede na različne stroške investicij v obstoječi vodovodni sistem ali glede izgradnje novega (sekundarnega) vodovodnega omrežja. Če pa zmogljivost obstoječega vodovodnega sistema ne bi zadoščala, bi morali postopek ponoviti s predpostavljanim različnih scenarijev razvoja naselij in analizirati, v katerem časovnem obdobju bi bila zmogljivost vodovodnega sistema dosežena. To bi vplivalo na odločitev, katera območja se lahko pozidajo prva.

Pred vključitvijo ocene zmogljivosti komunalne infrastrukture v postopke prostorskega načrtovanja za namen smotrnega razvoja naselij je treba v nadaljnjih raziskavah preveriti še način izdelave ocene tudi za območja prenove, zgotovitve in prestrukturiranja, ki so pomembne z vidika spremembe potreb po komunalni infrastrukturi v prihodnje. Smiselno je razviti in preizkusiti ocene zmogljivosti tudi za druge vrste komunalne infrastrukture, predvsem za kanalizacijski in elektroenergetski sistem. Zaradi narave komunalnih sistemov, ki presegajo meje občin, je smiselno načrtovanje komunalne infrastrukture in preveritve njihove zmogljivosti tudi na regionalni ravni.

Zahvala

Raziskava je nastala v sodelovanju z javnim podjetjem Komunala Kranj, d. o. o., in podjetjem Petrol, d. d., ki sta omogočila dostop do podatkov in uporabo računalniškega programa Aquis 7.0.

Literatura in viri:

Beckwith, D. (2014). Integrating land use and water planning. *Journal – American Water Works Association*, 106 (9), 75–79. DOI: <https://doi.org/10.5942/jawwa.2014.106.0131>

Brown, R. R., Keath, N., Wong, T. H. F. (2009). Urban water management in cities: historical, current and future regimes. *Water Science & Technology*, 59 (5), 847–855. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2009.029>

Deng, Y., Cardin, M.-A., Babovic, V., Santhanakrishnan, D., Schmitter, P., Meshgi, A. (2013). Valuing flexibilities in the design of urban water management systems. *Water Research*, 47 (20), 7162–7174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.09.064>

Fischel, A. W. (1999). Zoning and Land Use Regulation, Boudewijn, Bouckaert and Gerrit De Geest, (ur.) *Encyclopedia of Law and Economics*, Volume II. Civil Law and Economics, Cheltenham, Edward Elgar, ISBN 1 85898 985X, <https://www.dartmouth.edu/~wfischel/Papers/WAF-zoning%20ELEpdf.pdf>, pridobljeno 12. 4. 2019.

Grimaldi, M., Pellicchia, V., Fasolino, I. (2017). Urban Plan and Water Infrastructures Planning: A Methodology Based on Spatial ANP. *Sustainability*, 9 (5), 1–23. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9050771>

Hardy, M. J., Kuczera, G., Coombes, P. J. (2005). Integrated urban water cycle management: the UrbanCycle model. *Water Science and Technology*, 52 (9), 1–9. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2005.0276>

Haynes, K. E., Krmenc, A. J., Georgianna, T. D., Whittington, D., Echelberger, W. F. (1984). Planning for Water Capacity Expansion. *Journal of the American Planning Association*, 50 (3), 359–364. DOI: <https://doi.org/10.1080/01944368408976604>

Kafol Stojanović, A. (2018). Ocena kapacitete vodovodnega sistema kot strokovna podlaga v procesu prostorskega načrtovanja [Estimation of Water Distribution System Capacity as an Expert Basis for Spatial Planning Process]. Magistrsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani. <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103594>, pridobljeno 18. 2. 2019.

Kathlene, L., Lynn, J., Greenwade, A., Sullivan, W., Lung, Q. (2010). *Colorado Review: Water Management and Land Use Planning Integration*. Denver: Center for Systems Integration.

Kenway, S. J., Turner, G. M., Cook, S., Baynes, T. (2013). Water and energy futures for Melbourne: implications of land use, water use, and water supply strategy. *Journal of Water and Climate Change*, 5 (2), 163–175. DOI: <https://doi.org/10.2166/wcc.2013.188>

Komunala Kranj (2018). Stroški gradnje in obnove vodovoda. Osebná komunikacija, pridobljeno 30. 5. 2018.

Mair, M., Mikovits, C., Sengthaler, M., Schöpf, M., Kinzel, H., Ulrich, C., Kleidorfer, M., Sitzerfrei R., Rauch, W. (2014). The application of a Web-geographic information system for improving urban water cycle modelling. *Water Science & Technology*, 70 (11), 1838–1846. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2014.327>

Mitchell, V. G., Mein, R. G., McMahon, T. A. (2001). Modelling the urban water cycle. *Environmental Modelling & Software*, 16 (7), 615–629. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(01\)00029-9](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(01)00029-9)

Mitchell, V. G., Diaper, C. (2005). UVQ: A tool for assessing the water and contaminant balance impacts of urban development scenarios. *Water Science & Technology*, 52 (12), 91–98. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2005.0435>

Mitchell, V. G., Duncan, H., Inman, M., Rahilly, M., Stewart, J., Vieritz, A., Holt, P., Grant, A., Fletcher, T. D., Coleman, J., Maheepala, S., Sharma, A., Deletic, A., Breen, P. (2007). State of the Art Review of Integrated Urban Water Models. V *Novatech 2007, Workshop 2, GRAIE*, Lyon, France. <http://hdl.handle.net/2042/25394>, pridobljeno 15. 1. 2019.

Ministrstvo za okolje in prostor, Direktorat za prostor, graditev in stanovanja (2018). *Elaborat ekonomike. Osebná komunikacija*, pridobljeno 4. 6. 2018.

Mutschmann, J., Stimmelmayer, F. (2011). *Taschenbuch der Wasserversorgung*. Wiesbaden: Vieweg Teubner Verlag.

Niedziałkowski, K., Beunen, R. (2019). The risky business of planning reform – The evolution of local spatial planning in Poland. *Land Use Policy*, 85, 11–20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.03.041>

Panjan, J. (2005). *Osnove zdravstveno tehnične infrastrukture: vodovod in čiščenje pitnih voda, odvodnjavanje in čiščenje onesnaženih voda in komunalni odpadki*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo.

Petrešin, E. (1980). *Vodovodni sistemi*. Ljubljana: [s. n.].

Petrol d. d. (2018). *Vodovodni sistem v Mestni občini Kranj in hidravlični model vodovodnega sistema Kranj*. Osebná komunikacija. (1. 3. 2018, 10. 3. 2018, 28. 3. 2018, 15. 5. 2018 in 8. 6. 2018.)

Pravilnik o elaboratu ekonomike (2019). *Uradni list RS*, št. 45/2019, 12. 7. 2019.

Rakar, A., Makuc, J. (1985). Valorizacija objektov in naprav komunalne hidrotehlike na osnovi podatkov GPKN – primer mesta Maribor. *Geodetski vestnik*, 29 (2-3), 91–104.

Rakar, A. (1979). Nekateri vidiki rasti urbanih aglomeracij [Some aspects of urban agglomeration growth]. *Doktorska disertacija*. Ljubljana: Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo.

Schönhart, M., Trautvetter, H., Parajka, J., Blaschke, A. P., Hepp, G., Kirchner, M., Mittera, H., Schmida, E., Strennb, B., Zessner, M. (2018). Modelled impacts of policies and climate change on land use and water quality in Austria. *Land Use Policy*, 76, 500–514. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.02.031>

Sitzerfrei, R., Möderl, M., Rauch, W. (2013). Assessing the impact of transitions from centralised to decentralised water solutions on existing infrastructures – Integrated city-scale analysis with ViBE. *Water Research*, 47 (20), 7251–7263. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.10.038>

Sitzerfrei, R., Fach, S., Kleidorfer, M., Ulrich, C., Rauch, W. (2010). Dynamic virtual infrastructure benchmarking: DynaViBe. *Water Science and Technology: Water Supply*, 10 (4), 600–609. DOI: <https://doi.org/10.2166/ws.2010.188>

Sproul, K. (2017). *Chapter 594: Making California's Water Supply Planning Process More Fluid with Large-Scale Development Projects*. University of the Pacific Law Review, 48, 647–669.

SURS (2019). *Statistični urad RS. SiStat*. <https://pxweb.stat.si/SiStat>, pridobljeno 20. 5. 2018

Štravs, L., Dekleva, J., Ivanič, L. (2010). *Opremljanje stavbnih zemljišč*. Komunalni

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

SI | EN

prispevek, pogodba o opremljanju. Ljubljana: GV založba.

Urban Water Management Plan. Section 2: Land Use and Water Demand. (2010). Vallecitos Water District, 1–15. https://water.ca.gov/LegacyFiles/urbanwatermanagement/2010uwmps/Vallecitos%20Water%20District/F_Section_2_Land_Use_and_Water_Demand_Final.pdf, pridobljeno 20. 5. 2018.

Walski, T. M., Chace, D. V., Savic, D. A., Grayman, W., Beckwith, S., Koelle, E. (2003). Advanced Water Distribution Modelling and Management. Civil and Environmental Engineering and Engineering Mechanics Faculty Publications, 18. https://ecommons.udayton.edu/cee_fac_pub/18, pridobljeno 20. 5. 2018.

Willuweit, L., O'Sullivan, J. J. (2013). A decision support tool for sustainable planning of urban water systems: Presenting the Dynamic Urban Water Simulation Model. *Water Research*, 47 (20), 7206–7220. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.09.060>

ZPNačrt (2007). Zakon o prostorskem načrtovanju. Uradni list RS, št. 33/2007, 70/2008 – ZVO-1B, 108/2009, 80/2010 – ZUPUDPP, 43/2011 – ZKZ-C, 57/2012, 57/2012 – ZUPUDPP-A, 109/2012, 76/2014 – odl. US, 14/2015 – ZUUJFO in 61/2017 – ZUreP-2.

ZUreP-2 (2017). Zakon o urejanju prostora. Uradni list RS, št. 61/2017.



Kafol Stojanović A., Kozelj D., Šubic Kovač M. (2019). Ocena zmogljivosti vodovodnega sistema kot strokovna podlaga za odločanje o usmerjanju razvoja naselij na lokalni ravni. *Geodetski vestnik*, 63 (4), 479-490.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.04.479-490>

Ajda Kafol Stojanović, mag. prost. načrt.

Geodetski inštitut Slovenije,
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: ajda.kafol@gis.si

izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač, univ. dipl. inž. gradb.

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

asist. dr. Daniel Kozelj, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.

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

VZPOSTAVITEV KOMBINIRANE GEODETSKE MREŽE V SLOVENIJI IN ANALIZA NJENEGA DELOVANJA V OBDOBJU 2016–2018

ESTABLISHMENT OF THE SLOVENIAN COMBINED GEODETTIC NETWORK AND ITS OPERATION ANALYSIS FOR THE PERIOD 2016–2018

*Katja Oven, Klemen Ritlop, Mihaela Triglav Čekada, Polona Pavlovčič Prešeren,
Oskar Sterle, Bojan Stopar*

UDK: 528.3(497.4)*2016-2018*
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02
Prispelo: 28. 8. 2019
Sprejeto: 22. 11. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.04.491-513
REVIEW ARTICLE
Received: 28. 8. 2019
Accepted: 22. 11. 2019

IZVLEČEK

V prispevku so predstavljeni razlogi za vzpostavitev ter aktivnosti pred in med izgradnjo kombinirane geodetske mreže ter prvi rezultati obdelave časovnih vrst koordinat nekaterih točk te mreže. Kombinirana geodetska mreža ali geodetska mreža 0. reda je geodetska mreža najvišje kakovosti in zagotavlja ogrodje za realizacijo enotnega državnega prostorskega geodetskega sistema, saj povezuje horizontalno in vertikalno komponento koordinatnega sistema. Od vzpostavitve naprej v kombinirani geodetski mreži poteka dnevna obdelava opazovanj GNSS, kar omogoča vzpostavitev in analiziranje časovnih vrst koordinat točk mreže. Trenutno vzpostavljene časovne vrste koordinat kažejo, da se na točkah kombinirane geodetske mreže uporablja kakovostna merska oprema, da so opazovanja visoke kakovosti, da je stabilizacija točk ustrezna ter da so lokacije za vse postaje primerne. Ponovljivost koordinat je na ravni nekaj milimetrov za horizontalne koordinate in na ravni približno petih milimetrov za višino. Vzpostavljene časovne vrste koordinat omogočajo prvi vpogled v oceno lokalne stabilnosti točk kombinirane geodetske mreže. Za zanesljivejše rezultate bo treba počakati še nekaj let, da bodo časovne vrste omogočale identifikacijo različnih vplivov na stabilnost posamezne postaje. V prihodnje načrtovane aktivnosti na kombinirani mreži so vezane na uporabo opazovanj vseh satelitskih sistemov GNSS in vključitev postaj GNSS kombinirane geodetske mreže v mrežo stalnih postaj EPN, ki bodo omogočale kakovostno in neprekinjeno povezavo slovenskega koordinatnega sistema z vsemi realizacijami koordinatnih sistemov ITRS ali ETRS.

KLJUČNE BESEDE

kombinirana geodetska mreža, geodetska mreža 0. reda, GNSS, državni geodetski referenčni sistem, časovne vrste koordinat, zanesljivost delovanja

ABSTRACT

This paper presents the reasons for the establishment, activities prior to and after the construction as well as the first results of coordinate time-series of points of the Slovenian combined geodetic network. The so-called zero-order geodetic network is of the highest quality, and since it connects the horizontal and vertical components of the coordinate system, it represents a framework for the realization of a unified national geodetic spatial system. From the establishment on, daily GNSS processing is performed for the analysis of time-series of coordinates of the network points. Currently, the time-series of coordinates confirm the satisfactory quality of equipment, observations and stabilization of stations. The repeatability of the coordinates is at a few-millimetre level for horizontal coordinates and at a five-millimetre level for the heights. However, the current time-series of coordinates allow only the first insight into the stability of the network points. For more definitive conclusions, it will take a few more years to acquire longer time-series of coordinates for identification of the disturbing effects for the particular station. The future activities are related to the inclusion of all satellite GNSS systems and the integration of combined geodetic network's GNSS stations into the EUREF permanent station network, EPN, which will enable quality and continuous connection of the Slovenian coordinate system with all the ITRS and/or ETRS realizations.

KEY WORDS

combined geodetic network, zero-order geodetic network, GNSS, national geodetic reference system, coordinate time-series, operational reliability

1 UVOD

Koordinatni sistemi v geodeziji so realizirani z geodetskimi mrežami, ki jih predstavlja množica fizično stabiliziranih geodetskih točk, s katerimi so na podlagi geodetskih meritev določene koordinate v izbranem koordinatnem sistemu. Geodetske mreže se delijo glede na kakovost določitve koordinat točk in jih splošno delimo na horizontalne in višinske. Razlog, da mreže obravnavamo posebej, izhaja iz drugačnega vpliva neznane geometrije težnostnega polja Zemlje in atmosfarske refrakcije na meritve, ki jih uporabljamo za določitev horizontalnih koordinat in višin. Uveljavljena delitev na horizontalne in višinske mreže je smiselna, ker geometrija težnostnega polja Zemlje (odklon navpičnice) in atmosfarska refrakcija mnogo bolj vplivata na meritve za določitev višine kot na meritve za določitev horizontalnih koordinat. Posledica ločene vzpostavitve posameznih državnih koordinatnih sistemov je šibka povezanost obeh koordinatnih sistemov.

Državni koordinatni sistem je realiziran z geodetskimi mrežami, ki jih vzpostavlja in vzdržuje državna geodetska služba oziroma Geodetska uprava Republike Slovenije. Državni horizontalni koordinatni sistem je realiziran s horizontalno geodetsko mrežo, državni vertikalni sistem pa z nivelmansko in gravimetrično mrežo. Zaradi praktičnih razlogov so državne geodetske mreže razdeljene v redove, pri čemer so v geodetskih mrežah najvišjega reda meritve opravljene z najvišjo kakovostjo ter obdelane po najstrožjih merilih. V preteklosti je bila državna horizontalna geodetska mreža najvišjega reda tako imenovana astrogeodetska mreža in nanjo so se navezovala trigonometrične mreže nižjih redov, poligonometrične mreže, navezovalne mreže, poligonske in linijske mreže (Stopar in Kuhar, 2001). Državni vertikalni koordinatni sistem je v preteklosti sestavljala osnovna državna nivelmanska mreža, medtem ko prave gravimetrične mreže v Sloveniji nismo imeli (Koler et al., 2019).

S pojavom sistemov GNSS (*angl. Global Navigation Satellite System*) so klasične horizontalne geodetske mreže, vzpostavljene na podlagi terestričnih meritev, začele nadomeščati geodetske mreže, vzpostavljene z meritvami GNSS. V prvem obdobju uporabe tehnologije GNSS so se v klasično vzpostavljenih horizontalnih geodetskih mrežah začele koordinate točk določati z meritvami GNSS. Geodetske točke v teh mrežah so tako poleg koordinat, določenih v državnem koordinatnem sistemu, pridobile koordinate tudi v terestričnih koordinatnih sistemih (Stopar in Kuhar, 2001). Glavni namen določitve koordinat točk državne horizontalne geodetske mreže v terestričnem koordinatnem sistemu je bila vzpostavitev povezave (možnost izvedbe transformacije) med državnim horizontalnim koordinatnim sistemom in terestričnimi koordinatnimi sistemi (Stopar in Kuhar, 2001). V kasnejšem obdobju uporabe sistemov GNSS v nalogah visoko natančnega določanja položaja so se začela vzpostavljati omrežja stalno delujočih postaj GNSS. Ta tako imenovana aktivna omrežja GNSS so začela nadomeščati državne horizontalne geodetske mreže najvišjih redov. V Sloveniji je takšno omrežje poimenovano z okrajšavo SIGNAL (SI-Slovenija, G-Geodezija, NA-navigacija, L-lokacija) in operativno deluje od 1. januarja 2007 (Stopar, 2007).

Vzpostavitev aktivnega omrežja postaj GNSS je prinesla številne spremembe, tako glede praktične realizacije državnega horizontalnega koordinatnega sistema kot glede možnosti dostopa uporabnikov do državnega koordinatnega sistema. Aktivna omrežja stalno delujočih postaj GNSS danes praviloma opravljajo obe nalogi: realizirajo državne horizontalne koordinatne sisteme in omogočajo uporabnikom dostop do državnega koordinatnega sistema. Navedeno v Sloveniji sicer še ne velja, kajti slovenski državni horizontalni koordinatni sistem je realiziran z 49 tako imenovanimi temeljnimi državnimi geodetskimi točkami, najenostavnejši dostop do državnega horizontalnega koordinatnega sistema pa je zagotovljen

z uporabo omrežja SIGNAL (Medved et al., 2018). Razlog za takšno stanje je dejstvo, da se postaje omrežja SIGNAL nahajajo na objektih, ki praviloma niso v lasti Geodetske uprave Republike Slovenije, lastnice omrežja SIGNAL. Večinoma tudi niso znane konstrukcijske lastnosti ter lastnosti tal in izvedba temeljenja objektov, zato stabilnost postaj omrežja SIGNAL ni dovolj dobro poznana. Posledično ni znana stabilnost omrežja SIGNAL oziroma stabilnost državnega horizontalnega koordinatnega sistema.

S široko dostopnostjo tehnologij za določitev položaja v prostoru so se pojavile zahteve uporabnikov za hkratno določitev položaja v trirazsežnem prostoru, brez (zanje) nepotrebne ločevanja na horizontalno in vertikalno komponento. Državni koordinatni sistem naj bi zagotavljal pogoje za določitev horizontalnih koordinat in višin z enako kakovostjo na celotnem državnem ozemlju, kar naj bi bilo zagotovljeno z vzpostavitvijo državnih koordinatnih sistemov homogene kakovosti ter kakovostnimi povezavami med njimi. Najzanesljivejše povezave med koordinatnimi sistemi je mogoče vzpostaviti, če kakovostno določimo koordinate točk v vseh koordinatnih sistemih, ki jih želimo povezati. Za izpolnitev te naloge se je ob koncu 90. let prejšnjega stoletja pojavila zamisel za vzpostavitev tako imenovanih kombiniranih geodetskih mrež oziroma omrežij (Pearlman in Plag, 2009). Točke oziroma postaje kombinirane geodetske mreže naj bi bile vzpostavljene po zgledu sodobnih geodetskih observatorijev, v okviru katerih se z uporabo razpoložljivih tehnologij določajo koordinate v različnih koordinatnih sistemih.

Zaradi precej šibke povezave med posameznimi državnimi koordinatnimi sistemi in težav s stabilnostjo lokacij postaj GNSS v omrežju SIGNAL se je tudi v Sloveniji pojavila potreba po vzpostavitvi državne kombinirane geodetske mreže oziroma geodetske mreže 0. reda, s katero naj bi odpravili večino težav v omrežju SIGNAL. Točke kombinirane geodetske mreže naj bi vzpostavili na zemljiščih, ki so v državni lasti, stale naj bi na območjih z ustrežno geološko sestavo, stabilizacija točk naj bi zagotavljala stabilnost točk v prostoru in času. Na lokacijah točk kombinirane geodetske mreže naj bi bila zagotovljena oskrba z električno energijo in povezava z internetom. Na izbranih lokacijah naj bi bilo mogoče, poleg meritev GNSS, izvajati tudi nivelmanske in gravimetrične meritve ter klasično-terestrično geodetsko izmero. Ker bi bila na točkah kombinirane geodetske mreže omogočena povezava horizontalne in vertikalne komponente državnega koordinatnega sistema, bi kombinirana geodetska mreža postala podlaga za realizacijo enotnega geodetskega prostorskega referenčnega sistema, ki bi bil temelj prostorske podatkovne infrastrukture Slovenije (Stopar et al., 2015; Stopar et al., 2016; Medved et al., 2018). S stalnimi meritvami bi lahko ugotavljali kakovost in morebitne časovne spremembe realizacije državnega koordinatnega sistema ter po potrebi ustrezno ukrepali (Sterle et al., 2009; Sterle, 2015; Stopar et al., 2015; Stopar et al., 2016; Medved et al., 2018).

V okviru projekta *Izdelava projektne dokumentacije za točke kombinirane mreže 0. reda*, ki je bil izveden v okviru podprojekta *Geodetski referenčni okvir (GRFR)*, enega od štirih podprojektov projekta *Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav*, so bile določene lokacije geodetskih točk kombinirane geodetske mreže, in sicer Korada, Kog, mareografska postaja Koper, Šentvid pri Stični, Prilozje v Beli krajini in Areh na Pohorju (Stopar et al., 2013, 2014a, 2014b). Fizična gradnja točk kombinirane geodetske mreže je potekala od leta 2014 do konca leta 2015. Na petih točkah so bili na novo zgrajeni geodetski stebri, v Kopru so bile privzete obstoječe geodetske točke mareografske postaje (Režek, 2015). Točke kombinirane geodetske mreže ustrezajo smernicam EUREF za vzpostavitev mrež stalno delujočih postaj GNSS ter višinske in gravimetrične mreže (Stopar et al., 2016). Vsako točko kom-

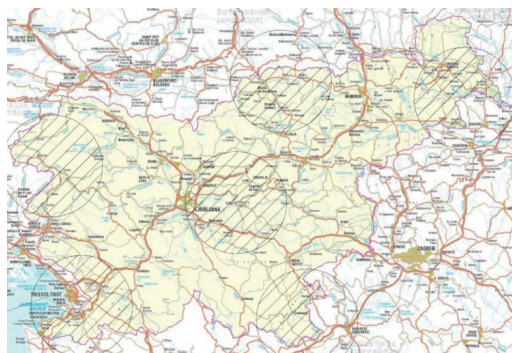
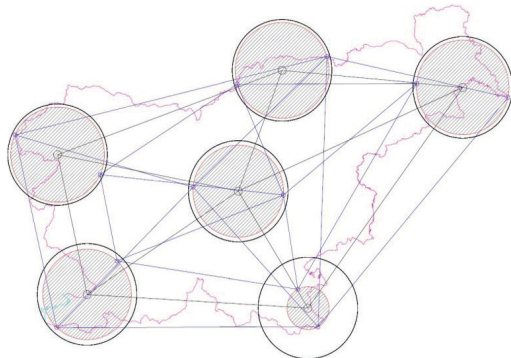
binirane geodetske mreže sestavlja več fizično stabiliziranih točk, in sicer glavna referenčna točka, ki stoji ob vznožju stebra, referenčna točka v osi stebra, ena ali dve referenčni točki GNSS na stebru, tri referenčni reperji za nivelmansko in gravimetrično izmero ob vznožju stebra ter tri ali štiri točke zavarovalne geodetske (terestrične in nivelmanske) mreže. Točka kombinirane geodetske mreže v Kopru, ki je hkrati stalna postaja omrežja SIGNAL, pa ima vzpostavljene referenčne točke v okviru geodetskih mrež mareografske postaje.

V prispevku predstavljamo izgradnjo kombinirane geodetske mreže, analizo zanesljivosti delovanja ter kakovost določitve koordinat stalnih postaj GNSS v mreži od njenega začetka delovanja do danes. Osnovni cilj vzpostavitve kombinirane geodetske mreže je zagotovitev spremljanja stanja in kakovosti državnega koordinatnega sistema. Ker je slovenski horizontalni koordinatni sistem realiziran kot del evropskega koordinatnega sistema ETRS89 na ozemlju Slovenije, je pomembna njeno povezanost s tem sistemom. V prihodnje je tako predvidena vključitev nekaterih postaj GNSS kombinirane geodetske mreže Slovenije v EPN (*EUREF Permanent Network*) ter vključitev v evropske in mednarodne pobude, kot so evropska kombinirana geodetska mreža ECGN (angl. *European Combined Geodetic Network*) ali globalni geodetski opazovalni sistem GGOS (angl. *Global Geodetic Observing System*) (Poutanen et al., 2014; Baucer et al., 2015).

2 IZBOR LOKACIJ IN GRADNJA

Izbor lokacij točk kombinirane geodetske mreže je potekal na šestih makrolokacijah v velikosti krogov z radijem 25 kilometrov z naslednjimi središči (Berk et al., 2012):

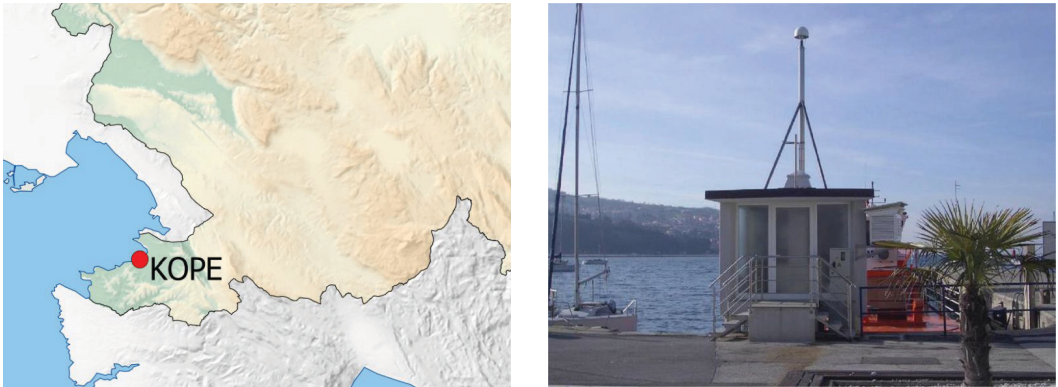
- severozahodna makrolokacija: $y = 396578$ m, $x = 119653$ m (Kamno v občini Tolmin)
- jugozahodna makrolokacija: $y = 411405$ m, $x = 50732$ m (Socerb v občini Koper)
- osrednja makrolokacija: $y = 487352$ m, $x = 101618$ m (Litija v občini Litija)
- jugovzhodna makrolokacija: $y = 522373$ m, $x = 44010$ m (Bedenj v občini Črnomelj)
- severna makrolokacija: $y = 509386$ m, $x = 161221$ m (Trbonje v občini Dravograd)
- severovzhodna makrolokacija: $y = 600176$ m, $x = 152824$ m (Gibina v občini Razkrižje)



Slika 1: Prikaz šestih makrolokacij za izbor geodetskih točk kombinirane geodetske mreže (vir: Berk et al., 2012).

Pri izbiranju lokacij so bile upoštevane smernice EUREF za vzpostavitev postaj GNSS, višinskih mrež, gravimetričnih geodetskih mrež in kombiniranega omrežja ter dodatna merila. Slednja so vključevala preveritev lokacij glede na reliefne in podnebne danosti, vegetacijo ter glede na geološke, hidrološke in geotektonske danosti. Proučena so bila tudi priporočila, zahteve in smernice IGS (angl. *International*

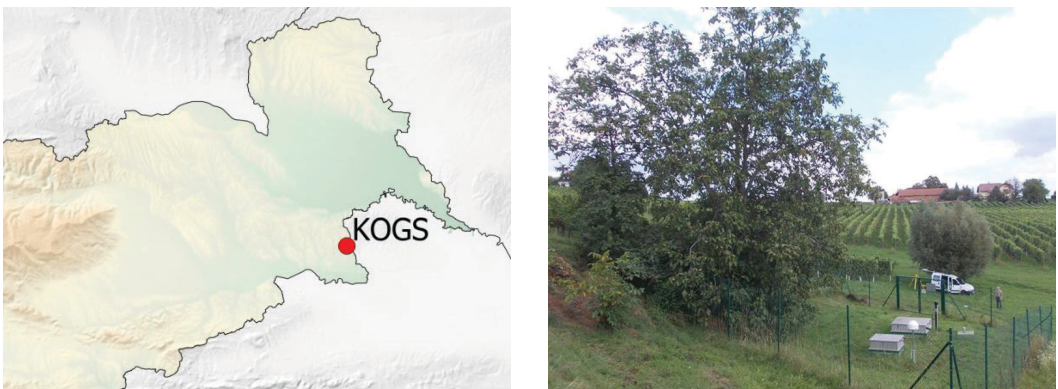
GNSS Service) (Stopar et al., 2013). Preverjanje priporočil, zahtev, smernic in dodatnih meril je večinoma potekalo neposredno na terenu z izvedbo geodetskih meritev, preverjanje prostorskih omejitev pa na podlagi pridobljenih lokacijskih informacij na občinah. Zemljišča so morala izpolnjevati tudi ustrezna geološka merila in biti v lasti države ali občine. Na območju makrolokacije v jugozahodnem delu Slovenije je bila za točko kombinirane geodetske mreže privzeta obstoječa stalna postaja GNSS omrežja SIGNAL v Kopru, KOPE, ki deluje v okviru mareografske postaje Koper (slika 2).



Slika 2: Lokacija stalne postaje omrežja SIGNAL v Kopru, KOPE (levo, vir: GI), meteorološka postaja v Kopru (desno, vir: Berk et al., 2012).

2.1 Potresne opazovalnice ARSO

Prvotno je bilo predvideno, da bo gradnja točk kombinirane geodetske mreže potekala na lokacijah potresnih opazovalnic Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO), saj so bili tam že določeni prostorski pogoji za gradnjo, imele so znano geološko strukturo tal in ustrezno lastništvo. Zato so bili na dvanajstih izbranih potresnih opazovalnicah izvedeni terenski ogledi in opravljene testne meritve, na podlagi česar je bil izdelan ožji izbor petih lokacij potresnih opazovalnic: BOJS-Bojanci, ZAVS-Zavodnje, GBRŠ-Gornja Briga, KOGS-Kog in LJU-Ljubljana. Med samo izvedbo projekta pa je bil z Arsom sklenjen dogovor le za izgradnjo točke kombinirane geodetske mreže na lokaciji potresne opazovalnice KOGS na Kogu (slika 3).



Slika 3: Lokacija potresne opazovalnice KOGS (levo, vir: GI), zemljišče potresne opazovalnice KOGS pred gradnjo (desno, vir: GURS).

Zemljišča, potrebna za gradnjo točke kombinirane geodetske mreže in točk zavarovalne mreže na Kogu, so bila v lastništvu Arsa in fizične osebe. Z Arsom je bil sklenjen sporazum o uporabi zemljišča za potrebe vzpostavitve, obratovanja in vzdrževanja točke kombinirane geodetske mreže, z lastnikom okoliških zemljišč pa pogodba o ustanovitvi stvarne služnostne pravice. Z geološkega vidika je bila lokacija sprejemljiva, saj je podlaga na globini 2–5 metrov trdna, sama lokacija pa ni v neposredni bližini tektonske prelomnice. Na podlagi lokacijske informacije, ki jo je izdala občina Ormož, zemljišča niso bila del zavarovanih območij (Stopar et al., 2013).

Za iskanje preostalih štirih lokacij smo se v nadaljevanju usmerili na območja letališč in izvedli analize lastništva.

2.2 Analiza lokacij letališč in drugih zemljišč

Izbor lokacij za štiri makrolokacije je potekal v več fazah:

1. izbor na podlagi lastništva (državno/občinsko) – izvedba ustreznih analiz,
2. izbor na podlagi geodetskih meril – izvedba terenskih ogledov in testnih geodetskih izmer,
3. izbor na podlagi prostorskih omejitev – pridobivanje lokacijskih informacij in
4. izbor na podlagi geoloških meril – izdelava geoloških študij.

Lastništvo: Analize lastništva so bile opravljene na podlagi podatkov zemljiškega katastra in zemljiške knjige za vsa zemljišča na posamezni makrolokaciji, s čimer bi določili zemljišča v državni ali občinski lasti, ki bi bila primerna po geodetskih merilih. Pri analizi lokacij je bilo treba preveriti, ali obstajajo ovire za sklenitev pogodbe o uporabi, najemu, skupnem upravljanju, vzdrževanju uporabljene infrastrukture ali zemljišč, pridobiti soglasja in pogodbe za dobavo električne energije in telekomunikacijskih storitev ter z lastniki zemljišč urediti medsebojne pogodbene odnose.

Geodetska merila: Med terenskimi ogledi za ovrednotenje lokacij je bilo treba preveriti možnosti izvajanja različnih geodetskih meritev na lokaciji točke oziroma do točke, ustreznost reliefa in dostopnost z vozilom. Izvesti je bilo treba meritve ovir za sprejem signala GNSS, preveriti prisotnost virov elektromagnetnega sevanja, ki bi lahko motili sprejem signala GNSS (radijski in drugi oddajniki, daljnovodi ipd.), ter oceniti, ali je v bližini motiča prometna infrastruktura in drugi objekti, ali obstaja možnost hitrih intervencij in ali je v prihodnosti predvidena gradnja novih objektov v bližini. Pri izbiri lokacij na letališčih je bilo treba preveriti, kateri del območja je najmanj obljuden (ljudje, letala ...), in oceniti, kako pogosti so preleti letal oziroma ali obstaja možnost morebitnih zbiranj večjih množic ljudi na mitingih, turističnih prireditvah in podobno.

Prostorske omejitve: Ker nam je točke kombinirane geodetske mreže, skladno z Uredbo o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje (Uradni list RS, št. 18/2013, 24/2013, 26/2013), med projektom izgradnje uspelo uvrstiti v kategorijo enostavnih objektov št. 22: »Pomožni objekt za spremljanje stanja okolja in naravnih pojavov«, za gradnjo točke ni bilo treba pridobiti gradbenega dovoljenja, temveč le lokacijsko informacijo za gradnjo objektov oziroma izvajanje drugih del na zemljiščih ali objektih. Pridobljene lokacijske informacije so bile podlaga za nadaljnje pridobivanje soglasij, če so bile na izbranem zemljišču prisotne prostorske omejitve.

Geološke študije: Izdelane so bile za lokacije, ki smo jih uvrstili v ožji izbor. V njih so podane geološke ocene glede sestave tal, predvidene globine trdne podlage, hidroloških razmer, tektonskih struktur in

drugo. Na podlagi geoloških študij je bil izbran tudi ustrezen način in globina temeljenja (Stopar et al., 2013, 2014a, 2014b).

1.2.1 Letališče Prilozje na območju makrolokacije v jugovzhodni Sloveniji

Letališča so bila zanimiva predvsem zaradi ugodne geomorfologije območij. Ustreznost letališč smo preverjali na vseh štirih območjih makrolokacij po vseh navedenih merilih, in sicer: letališče v Bovcu, Murski Soboti, Prilozju in Slovenj Gradcu. Zahtevanim merilom je ustrezalo le letališče v Prilozju v Beli krajini, ki je bilo tudi izbrano za lokacijo točke kombinirane geodetske mreže na območju jugovzhodne Slovenije (slika 4).



Slika 4: Lokacija letališča Prilozje (levo, vir: GI), testne meritve GNSS na lokaciji (desno, vir: GURS).

Zemljišča, predvidena za gradnjo, so bila v lasti občine Metlika, s katero je bila kasneje sklenjena pogodba o ustanovitvi stvarne služnostne pravice in pogodba o ustanovitvi stavbne pravice na podlagi predhodno pridobljenega sklepa občinskega sveta občine Metlika, ki je Gursu dodelil stavbno pravico. Ugotovitve preliminarnega poročila o litostratigrafskih in hidroloških značilnostih lokacije so pokazale, da je ob ustrezni prilagoditvi temeljenja lokacija z geološkega stališča sprejemljiva. Na podlagi lokacijskih informacij, ki ju je izdala občina Metlika, zemljišča niso bila del zavarovanih območij (Stopar et al., 2013).

2.2.2 Naselje Šentvid pri Stični v osrednji Sloveniji

Za makrolokacijo v osrednji Sloveniji smo na podlagi analize lastništva določili devet potencialnih lokacij: tri v okolici gradu Bogenšperk, dve na območju Golovca in po eno v Šentvidu pri Stični, Muljavi, Krumperku in Dolskem. Po preverjanju meril je bila izbrana lokacija v Šentvidu pri Stični (slika 5).

Zemljišča, predvidena za lokacijo točke, so bila v lastništvu Republike Slovenije (upravljavalec Center za zdravljenje bolezni otrok), občine Ivančna Gorica in Rimokatoliškega župnijstva Šentvid. Z vsemi so bile sklenjene pogodbe o ustanovitvi stvarne služnostne pravice, s Centrom za zdravljenje bolezni otrok pa dodatno še pogodba o ustanovitvi stavbne pravice. Geološka študija lokacije je pokazala, da je ugodna za točko kombinirane geodetske mreže, saj leži na trdni podlagi in je malo verjetno, da bi aktivne tektonske deformacije v prihodnje vplivale na stabilnost točke. Na podlagi lokacijske informacije, ki jo je izdala občina Ivančna Gorica, so bili pridobljeni kulturno-varstveni pogoji Zavoda za varstvo kulturne dediščine Slovenije (Stopar et al., 2014a).



Slika 5: Lokacija naselja Šentvid pri Stični (levo, vir: GI), testne meritve na izbrani lokaciji (desno, vir: GURS).

2.2.3 Hrib Korada v severozahodni Sloveniji

Za območje točke v severozahodni Sloveniji smo na podlagi analize lastništva določili pet potencialnih lokacij: dve v Bovcu in po eno na Koradi, Šentviški planoti in v Tolminu. Po preverjanju meril je bila izbrana lokacija na Koradi (slika 6).

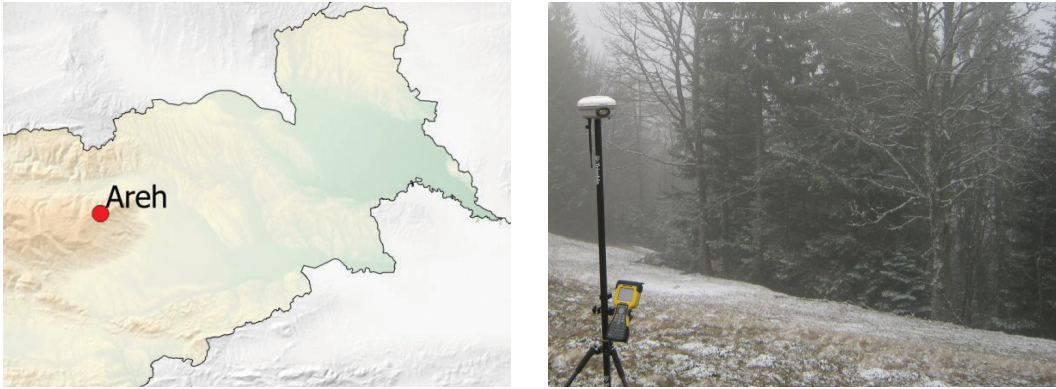


Slika 6: Lokacija na Koradi – najvišji vrh v zaledju Goriških brd (levo, vir: GI), testne meritve na izbrani lokaciji (desno, vir: GURS).

Zemljišča, predvidena za gradnjo na Koradi, so bila v lasti Republike Slovenije in v upravljanju Sklada kmetijskih zemljišč in gozdov Republike Slovenije. S slednjim je bila sklenjena pogodba o ustanovitvi stvarne služnostne pravice in pogodba o ustanovitvi stavbne pravice. V neposredni bližini lokacije točke kombinirane geodetske mreže na tem območju stoji tudi trigonometrična točka 1. reda Korada. Rezultati geološke študije so pokazali, da je lokacija primerna za točko kombinirane geodetske mreže, analiza strukture in tektonike pa, da v bližini izbrane lokacije ne potekajo pomembni tektonski prelomi. Na podlagi lokacijske informacije, ki jo je izdala občina Kanal ob Soči, je bilo pridobljeno naravovarstveno soglasje, v katerem so bile opredeljene ustrezne usmeritve med gradnjo. ARSO je izdal sklep, da za predvideni poseg v prostor vodno soglasje ni potrebno. Pridobljeno je bilo tudi strokovno mnenje Zavoda Republike Slovenije za varstvo narave, v katerem so bile podane zahteve za prilagoditev gradnje (Stopar et al., 2014b).

2.2.4 Planota Areh v severovzhodni Sloveniji

Za makrolokacijo v severni Sloveniji smo na podlagi prostorske analize lastništva določili devet potencialnih lokacij: dve na letališču Slovenj Gradec in po eno na Rogli, Arehu, Hrastovcu, Mislinji, Slemenu, Narovskem vrhu in Navrškem vrhu. Po preverjanju meril je bila izbrana lokacija na Arehu (slika 7).

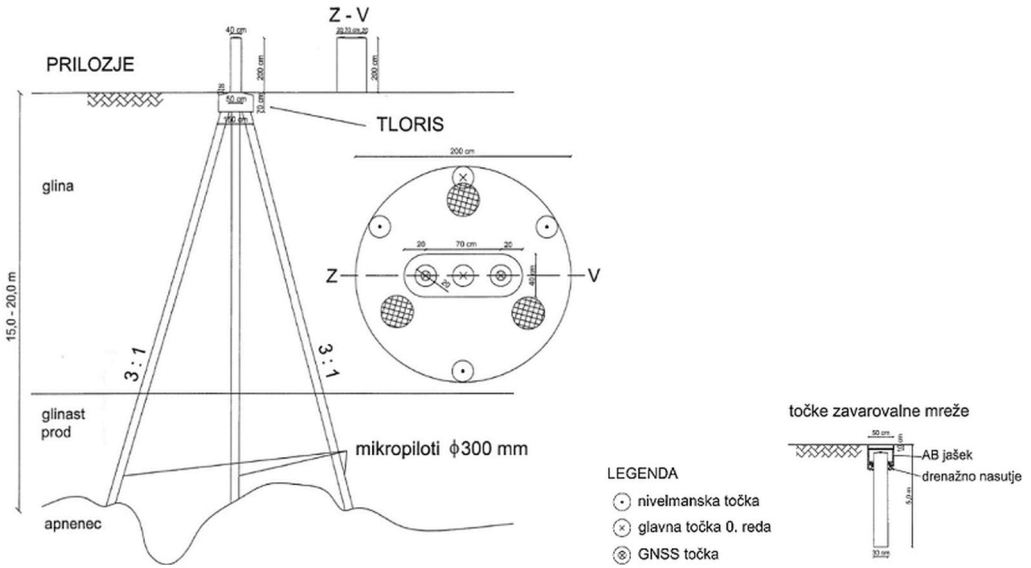


Slika 7: Lokacija planote Areh (levo, vir: GI), testne meritve na izbrani lokaciji (desno, vir: GURS).

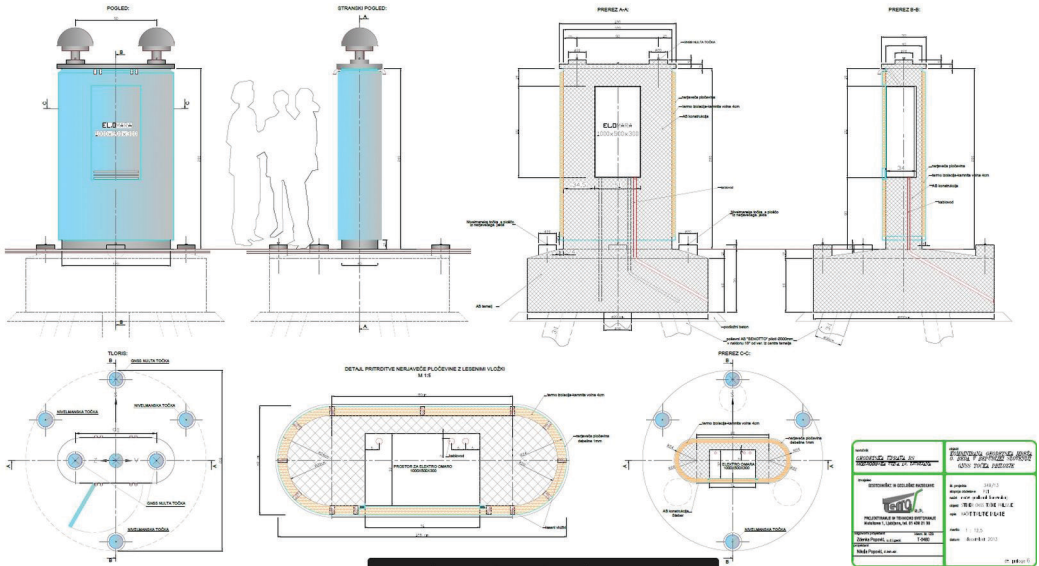
Zemljišča, predvidena za gradnjo na Arehu, so bila v solastništvu Planinske zveze Slovenije in Planinskega društva Ruše, od katerih smo pridobili soglasje za postavitev točke kombinirane geodetske mreže. S solastnikoma je bila sklenjena pogodba o ustanovitvi stavbne pravice in pogodba o ustanovitvi stvarne služnostne pravice. Rezultati geološke študije in preliminarno opravljene strojni izkop sta pokazala, da je trdna kamninska podlaga na globini 2,5 metra in da je lokacija primerna za gradnjo. Na podlagi lokacijske informacije, ki jo je izdala občina Slovenska Bistrica, je bilo pridobljeno soglasje krajevne skupnosti Šmartno na Pohorju za poseg v prostor na predvidenih zemljiščih (Stopar et al., 2014b).

2.3 Izgradnja – stabilizacija točk kombinirane geodetske mreže Slovenije

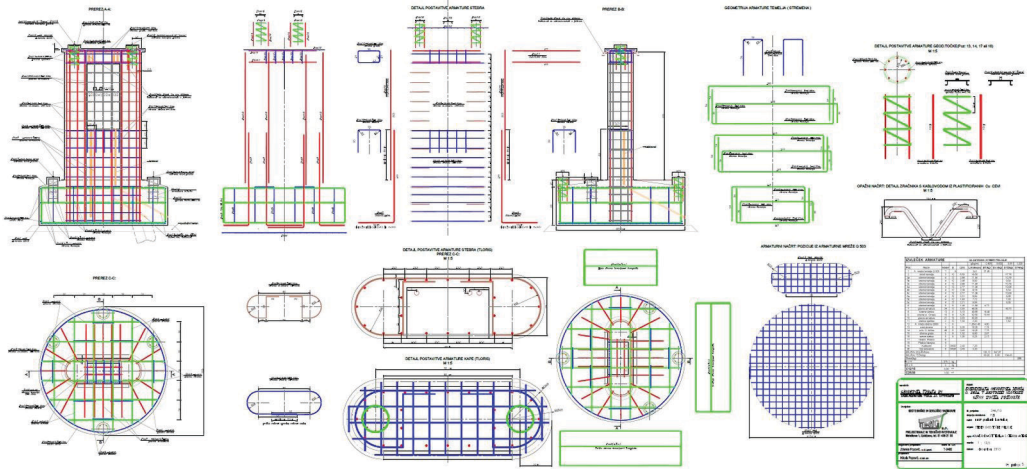
Vzporedno s postopkom izbora mikrolokacij so bili raziskani načini stabilizacije oziroma temeljenja in izgradnje stalnih postaj GNSS v tujini. Analizirane so bile relacije med geološkimi značilnostmi lokacij in njihovo stabilizacijo nekaterih obstoječih stalnih postaj omrežij GNSS v tujini: FreDNet (it. *Friuli Regional Deformation Network*), GREF (nem. *Integriertes Geodätisches Referenznetz Deutschlands*), izbrane postaje EUREF, APOS (angl. *Austrian Positioning Service*) in AGNES (angl. *Automated GNSS Network for Switzerland*) (Stopar et al., 2013). Načini stabilizacije in temeljenja točk kombinirane geodetske mreže v Sloveniji so se prilagajali predhodno ugotovljenim geološkim značilnostim posameznih lokacij. Načrti za gradnjo so bili izdelani v okviru projektov za izvedbo (PZI), kjer so bile opredeljene podrobne tehnične rešitve in detajlni načrti temeljenja, gradbenih konstrukcij in električnih inštalacij ter opreme za vsako točko (slike 9–11). Izdelalo jih je podjetje TERRAS, s. p., na podlagi izhodišč, ki so bila podana v gradbeni zasnovi stabilizacije točk kombinirane geodetske mreže na Kogu in v Prilozju. Gradbeno zasnovo so izdelali na Katedri za mehaniko tal z laboratorijem UL FGK v sodelovanju z Oddelkom za geodezijo UL FGK (slika 8). S PZI smo zagotovili predvidljivo, kakovostno in natančno gradnjo, ki je bila stalno pod nadzorom nadzornika gradnje. Gradnjo točke kombinirane geodetske mreže v Prilozju prikazuje slika 12.



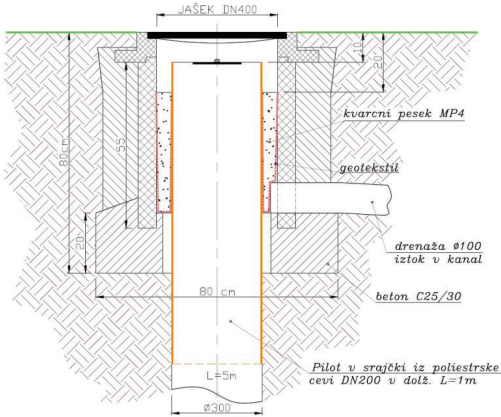
Slika 8: Gradbena zasnova stabilizacije točke kombinirane geodetske mreže v Prilozju (levo) in točke zavarovalne mreže (desno) (vir: Logar et al., 2013).



Slika 9: Načrt (PZI) točke kombinirane geodetske mreže v Prilozju (vir: Popović et al., 2013).



Slika 10: Armaturni načrt stebra (PZI) točke kombinirane geodetske mreže v Prilozju (vir: Popović et al., 2013).



Slika 11: Načrt točke zavarovalne mreže (PZI) (levo, vir: Popović et al., 2013) in točka zavarovalne mreže v gradnji v Prilozju (desno, vir: GURS).



Slika 12: Betoniran krožni temelj in armatura stebra (levo), steber pred izolacijo (sredina), točka kombinirane geodetske mreže v Prilozju po izgradnji in v obratovanju (desno) (vir: GURS, 2014).

Izdelava projektov za gradnjo je bila pri vseh točkah kombinirane geodetske mreže podobna. Gradnja se je razlikovala predvsem v načinih temeljenja in nekoliko v izvedbi stabilizacije. Tako imamo na lokacijah Prilozje, Šentvid pri Stični, Areh in Korada na stebru po dve točki GNSS, na lokacijah Kog in Koper pa po eno.

Gradnjo točk kombinirane geodetske mreže na preostalih štirih lokacijah prikazujejo slike 13–16.



Slika 13: Gradnja točke kombinirane geodetske mreže na Kogu (levo vir: TERRAS, s. p., desno vir: GURS).



Slika 14: Gradnja točke kombinirane geodetske mreže v Šentvidu pri Stični (levo vir: TERRAS, s. p., desno vir: GURS).

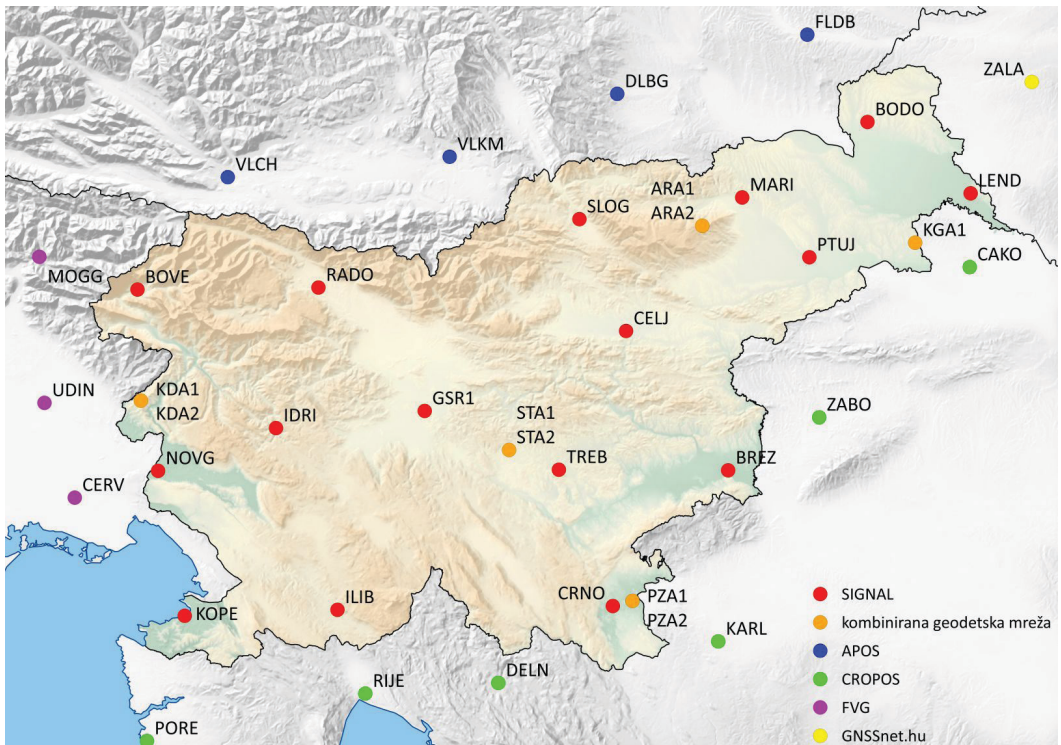


Slika 15: Gradnja točke kombinirane geodetske mreže na Koradi (levo vir: TERRAS, s. p., desno vir: GURS).



Slika 16: Gradnja točke kombinirane geodetske mreže na Arehu (levo vir: TERRAS, s. p., desno vir: GURS).

Prostorsko umeščenost vseh točk kombinirane geodetske mreže, skupaj s stalnimi postajami omrežja SIGNAL in postajami omrežij sosednjih držav, prikazuje slika 17.



Slika 17: Razporeditev stalnih postaj SIGNAL in kombinirane geodetske mreže (vir: GI, 2019).

2.4 Meritve pred začetkom obratovanja točk kombinirane geodetske mreže

V sklopu projektov *Razvoj geodetskega referenčnega sistema 2014* in *Implementacija kombinirane geodetske mreže in višinske komponente ESRS v državni geodetski referenčni sistem*, ki sta bila izvedena v okviru na-

vedenega podprojekta *Geodetski referenčni okvir (GRFR)*, je bil izdelan projekt povezave vseh šestih točk kombinirane geodetske mreže na horizontalni, višinski in gravimetrični sistem ter izvedba terestričnih, GNSS, nivelmanskih in gravimetričnih meritev.

V neposredni bližini vsake točke kombinirane geodetske mreže je vzpostavljena geodetska mikromreža, ki je namenjena kakovostni določitvi medsebojnih relacij (horizontalnih kotov, zenitnih razdalj, poševnih razdalj in višinskih razlik) med referenčnimi točkami in točkami zavarovalne mikromreže (Stopar et al., 2015). Kakovostna določitev relacij med vsemi naštetimi točkami omogoča:

- izvedbo kakovostnih redukcij geodetskih opazovanj, opravljenih z različnimi meritvami (GNSS, klasične meritve, niveliranje, gravimetrija) med posameznimi referenčnimi točkami,
- ponovno vzpostavitev referenčnih točk ob morebitni poškodbi ali uničenju in
- spremljanje stabilnosti posameznih referenčnih točk skozi čas.

Na vseh šestih točkah kombinirane geodetske mreže smo tako izvedli tako imenovano ničelno terestrično in izmero GNSS mikromreže. Za spremljanje stabilnosti posameznih referenčnih točk je bila izvedena tudi prva ponovna terestrična in izmera GNSS zavarovalne mikromreže. Poleg terestričnih in meritev GNSS so bile opravljene tudi nivelmanske in gravimetrične meritve. Nivelman do točke kombinirane geodetske mreže je potekal od reperjev nivelmanske mreže 1. reda, gravimetrična izmera se je izvedla z relativno gravimetrično izmero (Stopar et al., 2016). Na vseh šestih točkah kombinirane geodetske mreže je bila izvedena ločena izravnava meritev v okviru mikromrež, ločeno po komponentah (višinska, horizontalna mreža), ter izravnava terestričnih meritev v okviru trirazsežnih geodetskih mrež. Na podlagi meritev GNSS so bile izračunane koordinate točk kombinirane geodetske mreže v koordinatnem sistemu D96/TM ter njihove elipsoidne in geoidne višine (Stopar et al., 2016).

V nadaljevanju članka je predstavljena zanesljivost delovanja stalnih postaj GNSS kombinirane geodetske mreže in kakovost točk kombinirane geodetske mreže na podlagi dvoletnih opazovanj GNSS.

3 OCENA ZANESLJIVOSTI DELOVANJA STALNIH POSTAJ GNSS KOMBINIRANE GEODETSKE MREŽE

Točke GNSS v kombinirani geodetski mreži so opremljene z namenskimi sprejemniki in antenami GNSS za stalno delujoče referenčne postaje. Vse na novo zgrajene točke so opremljene tudi s senzorjem nagiba, s katerim se spremlja stabilnost temeljne plošče, na kateri stoji steber točke. Štiri izmed petih na novo zgrajenih točk (Areh, Korada, Prilozje in Šentvid pri Stični) so opremljene tudi z meteorološkimi postajami, ki stalno merijo zračni tlak, temperaturo, relativno vlažnost, smer in moč vetra ter količino padavin. Podrobnejši pregled instrumentarija posameznih stalnih postaj GNSS je podan v preglednici 1.

Podatki stalnih postaj GNSS kombinirane geodetske mreže se v realnem času prenašajo in shranjujejo v arhiv kombinirane geodetske mreže. Nadzor kakovosti njihovega delovanja se izvaja neprekinjeno, za kar skrbi programski paket *Alberding GNSS Status Software*. Skrbniku stalnih postaj GNSS kombinirane geodetske mreže so v realnem času na voljo številni podatki o delovanju posamezne postaje – dosegljivost postaje, število opazovanih satelitov, število izvedenih in število možnih opazovanj, razmerje med signalom in šumom za posamezno nosilno valovanje, faktorji DOP, število izpadov signala, velikost večpotja,

zakasnitev pridobitve podatkov itd. Z modulom *Alberding PPP Monitoring* se na podlagi dnevnih določitev koordinat postaj z metodo PPP (angl. *Precise Point Positioning*) spremlja stabilnost vseh točk GNSS kombinirane geodetske mreže.

Preglednica 1: Instrumentarij posameznih stalnih postaj GNSS kombinirane geodetske mreže.

Lokacija točke	Ime referenčne točke GNSS	Sprejemnik GNSS	Antena GNSS	Senzor nagiba	Meteorološka postaja
Areh	ARA1	Leica GR30	Leica AR20	/	/
	ARA2	Leica GR25	Leica AR20	Leica Nivel 210	Vaisala WXT520
Korada	KDA1	Leica GR30	Leica AR20	/	/
	KDA2	Leica GR25	Leica AR20	Leica Nivel 210	Vaisala WXT520
Kog	KGA1	Leica GR25	Leica AR20	Leica Nivel 210	/
Koper	KOPE	Leica GR25	Leica AR20	/	/
Prilozje	PZA1	Leica GR25	Leica AR20	Leica Nivel 210	Vaisala WXT520
	PZA2	Leica GRX1200 PRO	Leica AR20	/	/
Šentvid pri Stični	STA1	Leica GRX1200 PRO	Leica AR20	/	/
	STA2	Leica GR25	Leica AR20	Leica Nivel 210	Vaisala WXT520

Služba za GNSS na Geodetskem inštitutu Slovenije v okviru nadzora delovanja vodi evidenco vseh težav pri delovanju stalnih postaj GNSS kombinirane mreže. Od pričetka njihovega operativnega delovanja, tj. od 1. 1. 2016, do 31. 12. 2018 je bilo zabeleženih 67 dogodkov (preglednica 2). Vidimo lahko, da je daleč največ težav (55) povezanih s telekomunikacijsko infrastrukturo. Najpogosteje se zgodi, da telekomunikacijska oprema (modem ali usmerjevalnik) postane neodzivna in posledično postaja izgubi povezavo z glavnim strežnikom. V teh primerih se o težavi obvesti telekomunikacijskega operaterja, ki težavo odpravi. V obravnavanem obdobju sta s stabilnostjo podatkovne povezave največ težav imeli postaji na Arehu in Koradi (preglednica 2). Podatkovna povezava postaje na Arehu je od oktobra 2018 naprej boljša in od takrat naprej ni več zaslediti prekinitev v povezavi. Podatkovna povezava do postaj na Koradi je vzpostavljena le prek mobilnega omrežja, pri čemer je bila postaja do maja 2019 opremljena z modmom, ki je podpiral le omrežji 2G in 3G. Signal omrežja 3G je na lokaciji postaje lahko izredno slab, signal 2G pa ima premalo pasovne širine. Težavo smo rešili z namestitvijo modema, ki podpira tudi omrežje 4G. Na postaji Kog se je leta 2017 pokvaril senzor nagiba, zato ga je bilo treba zamenjati. Trikrat se je tudi zgodilo, da je zaradi težav na električnem omrežju prišlo do izpada električne energije na Geodetskem inštitutu Slovenije in je za krajši čas prenehal delovati glavni strežnik kombinirane geodetske mreže. Ostale zabeležene težave niso imele večjega vpliva na kakovost delovanja stalnih postaj GNSS.

Stalne postaje GNSS kombinirane geodetske mreže niso namenjene uporabi v realnem času. Njihova naloga je zagotavljanje niza čim bolj neprekinjenih opazovanj GNSS, ki bo omogočal vzpostavitev časovne vrste koordinat točk najvišje kakovosti. Kakovost oziroma zanesljivost delovanja stalnih postaj GNSS tako lahko ocenimo tudi na podlagi popolnosti arhiva opazovanj GNSS. V preglednici 3 podajamo stanje arhiva za prva tri leta operativnega delovanja postaj GNSS kombinirane geodetske mreže, in sicer za leta 2016, 2017 in 2018.

Preglednica 2: Pregled evidentiranih težav stalnih postaj GNSS kombinirane geodetske mreže v obdobju od 1. 1. 2016 do 31. 12. 2018.

Lokacija	Merska oprema stalne postaje	Programska oprema omrežja	Telekomunikacijska infrastruktura	Elektroenergetska infrastruktura	Skupaj
Areh	1	0	25	0	26
Korada	0	0	15	0	15
Kog	2	0	9	0	11
Koper	0	0	0	0	0
Prilozje	1	0	4	0	5
Šentvid pri Stični	1	0	1	0	2
GI	0	4	1	3	8
Skupaj	5	4	55	3	67

Preglednica 3: Arhiv opazovanj stalnih postaj GNSS kombinirane geodetske mreže za obdobje od 1. 1. 2016 do 31. 12. 2018.

Točka GNSS	Operativni pričetek delovanja	Število možnih epoh	Število shranjenih epoh	Odstotek popolnosti arhiva
ARA1	2. 12. 2017	1.137.600	1.102.364	96,9026 %
ARA2	1. 1. 2016	3.156.480	3.155.251	99,9611 %
KDA1	2. 12. 2017	1.137.600	1.102.640	96,9269 %
KDA2	3. 1. 2016	3.150.720	3.150.671	99,9984 %
KGA1	1. 1. 2016	3.156.480	3.153.982	99,9209 %
KOPE	1. 1. 2016	3.156.480	3.156.340	99,9956 %
PZA1	1. 1. 2016	3.156.480	3.154.139	99,9258 %
PZA2	1. 1. 2016	3.156.480	3.144.452	99,6189 %
STA1	28. 1. 2016	3.156.480	3.064.895	99,6442 %
STA2	1. 1. 2016	3.156.480	3.156.034	99,9859 %

Analiza popolnosti arhiva podatkov opazovanj GNSS pokaže, da je ta za večino točk višja od 99,5 %. Večina težav v delovanju stalnih postaj GNSS kombinirane geodetske mreže ne vpliva na popolnost arhiva, saj se opazovanja, poleg tega, da se v realnem času prenašajo in shranjujejo v arhiv, shranjujejo tudi neposredno na spominsko kartico v sprejemnikih, kar omogoča naknadno dopolnitev vira.

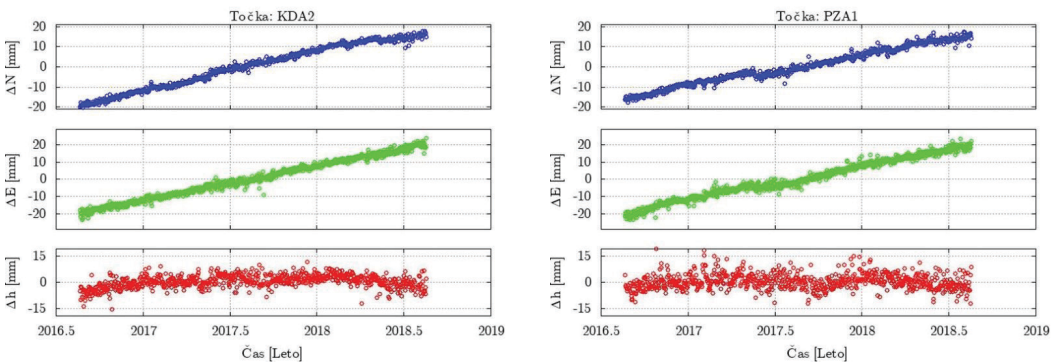
4 ČASOVNE VRSTE KOORDINAT STALNO DELUJOČIH POSTAJ GNSS V KOMBINIRANI GEODETSKI MREŽI

Opazovanja GNSS vseh stalnih postaj kombinirane geodetske mreže se dnevno obdelujejo v okviru razvojne naloge *Analitični center mreže 0. reda in njen vpliv na geodetski referenčni sistem* (Fabiani et al., 2018). V obdelavo so poleg stalno delujočih postaj GNSS kombinirane geodetske mreže vključene še vse stalno delujoče postaje omrežja SIGNAL, stalno delujoče postaje z obmejnih območij sosednjih držav in stalno delujoče postaje omrežja EPN v vseh sosednjih državah ter stalno delujoče postaje omrežja IGS z območja celotne Evrope.

Namen naloge je ocena (določitev) koordinat vseh stalno delujočih postaj za vsak dan za celotno obdobje delovanja vseh postaj. Tako pridobljene časovne vrste koordinat postaj nam zagotavljajo podlago za spre-

mljanje stanja geodetskega referenčnega koordinatnega sistema v daljšem časovnem obdobju, kakor ga realizirajo koordinate postaj kombinirane geodetske mreže (Sterle, 2015). Seveda podajajo tudi vpogled v kakovost stabilizacije stalno delujočih postaj in v kakovost opazovanj GNSS.

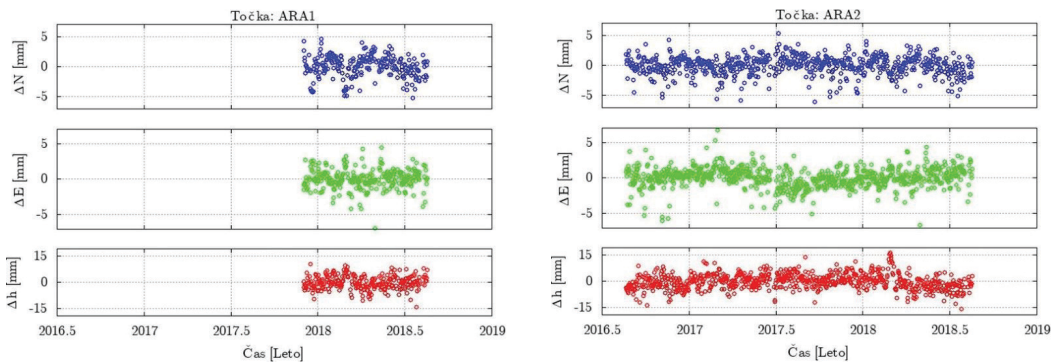
Obdelava opazovanj poteka na dva načina. V prvem primeru uporabljamo programski paket *Bernese GNSS Software, Version 5.2* (Bernese, 2019) (Dach et al., 2015), ki deluje na podlagi dvojnih faznih razlik, torej na relativni način. V drugem primeru uporabljamo programsko opremo lastne izdelave (Oddelek za geodezijo UL FGG), program *gPPP*, ki deluje po načelu metode Precise Point Positioning (PPP), torej na absolutni način (Sterle et al., 2014; Sterle, 2015). Oba postopka obdelave temeljita na najkakovostnejšem modeliranju sistematičnih vplivov in pogreškov v opazovanjih GNSS, zato zagotavljata rezultate z visoko stopnjo kakovosti. Postopka obdelave sledita navodilom obdelave opazovanj GNSS omrežij EPN (http://www.epncb.oma.be/_documentation/guidelines/guidelines_analysis_centres.pdf, pridobljeno dne 28. 3. 2019) in IGS (<ftp://ftp.igs.org/pub/center/analysis/>, pridobljeno dne 28. 3. 2019), ki zagotavljajo najkakovostnejšo obdelavo opazovanj GNSS pri statični izmeri na podlagi dnevnih datotek opazovanj GNSS. Ker se rezultati med seboj statistično ne razlikujejo (Sterle, 2015), bomo v nadaljevanju predstavili le rezultate metode PPP. Rezultat obdelave opazovanj GNSS z metodo PPP so ocenjene koordinate stalno delujočih postaj GNSS za vsak dan, za celotno obdobje delovanja postaje oziroma izvajanja opazovanj GNSS. Za stalno delujoče postaje GNSS kombinirane geodetske mreže imamo trenutno določene koordinate za obdobje od sredine leta 2016 do sredine leta 2018 (Fabiani et al., 2018; Oven et al., 2019). Ocenjene koordinate so določene v zadnji realizaciji koordinatnega sestava ITRF, to je ITRF2014 (Altamimi et al., 2016), kjer se na območju Slovenije koordinate spreminjajo za približno 3 cm/leto v smeri proti severovzhodu. Primera časovnih vrst koordinat za postaji KDA2 (Korada 2) in PZA1 (Priloga 1) sta na sliki 18.



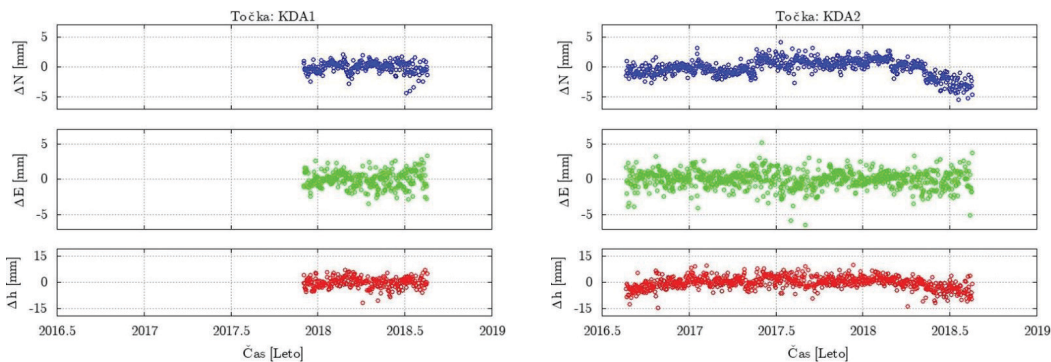
Slika 18: Časovne vrste koordinat stalno delujočih postaj KDA2 (levo) in PZA1 (desno), predstavljene v smereh N, E in h v koordinatnem sestavu ITRF2014.

S slike 18 je razvidno, da se položaj točke spreminja za približno 3 cm/leto in da točka »potuje«³ proti severu in vzhodu. Ker je to gibanje v večini le posledica gibanja evrazijske litosferske plošče glede na telo Zemlje (globalni koordinatni sistem), premika točke po višini (skoraj) ni. Kakovost stalno delujoče postaje je zaradi velikega premikanja točke v času s slike 18 težko razbrati. Zato časovne vrste obdelamo tako, da vsaki postaji z metodo najmanjših kvadratov ocenimo konstanten vektor hitrosti (Brockmann, 1996) in časovne vrste predstavimo kot odstopanje koordinat točke od linearnega trenda gibanja točke

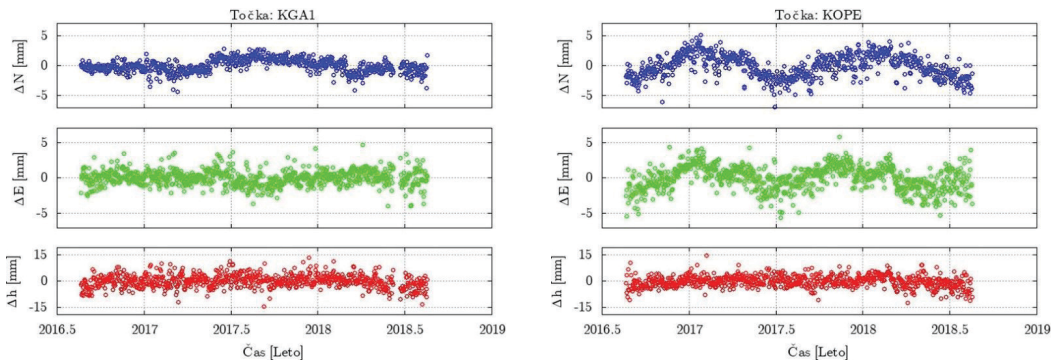
v globalnem koordinatnem sestavu. Kakovost ocenjenega vektorja hitrosti je bolj odvisna od dolžine časovnega intervala časovnih vrst koordinat, ki je trenutno dve leti. Dveletno časovno obdobje je prekratko za pridobitev kakovostnih vektorjev hitrosti, saj se zaradi prisotnosti sistematičnih in slučajnih pogreškov v časovnih vrstah priporoča časovni interval vsaj treh let (Santamaría-Gómez et al., 2011). Primeri časovnih vrst koordinat, kjer so odstranjene vrednosti vektorjev premika, so podani na grafih slik 19–23.



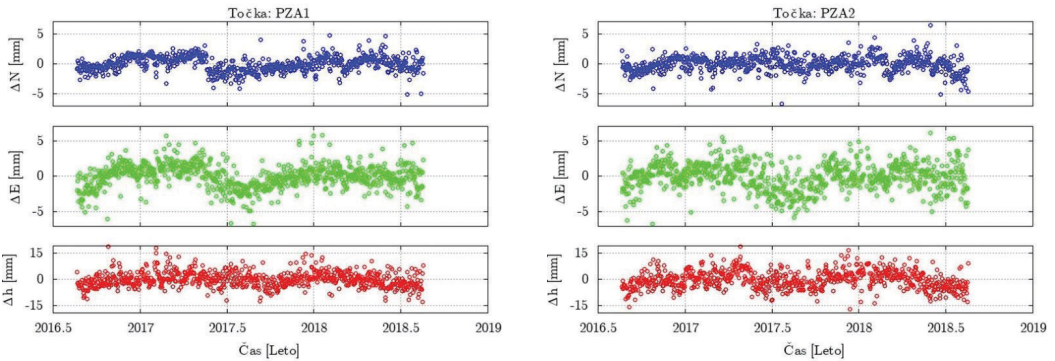
Slika 19: Časovne vrste koordinat stalno delujočih postaj ARA1 (levo) in ARA2 (desno), predstavljene v smereh N, E in h, po odstranjenem vektorju hitrosti.



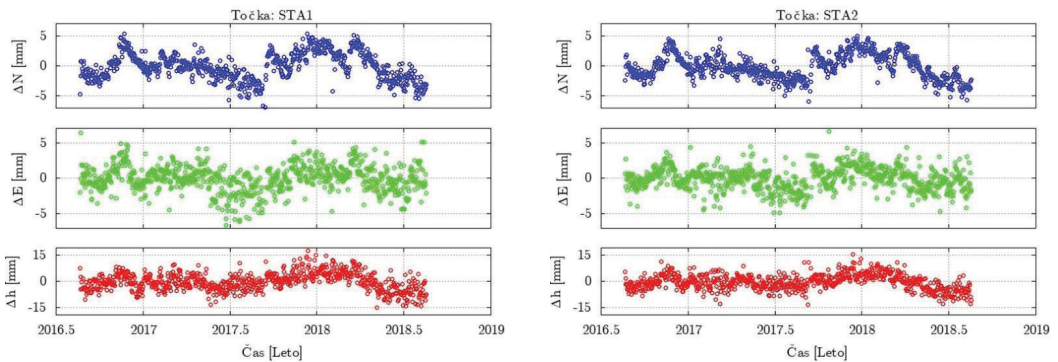
Slika 20: Časovne vrste koordinat stalno delujočih postaj KDA1 (levo) in KDA2 (desno), predstavljene v smereh N, E in h, po odstranjenem vektorju hitrosti.



Slika 21: Časovne vrste koordinat stalno delujočih postaj KGA1 (levo) in KOPE (desno), predstavljene v smereh N, E in h, po odstranjenem vektorju hitrosti.



Slika 22: Časovne vrste koordinat stalno delujočih postaj PZA1 (levo) in PZA2 (desno), predstavljene v smereh N, E in h, po odstranjenem vektorju hitrosti.



Slika 23: Časovne vrste koordinat stalno delujoči postaj STA1 (levo) in STA2 (desno), predstavljene v smereh N, E in h, po odstranjenem vektorju hitrosti.

Slike 19–23 prikazujejo časovne vrste koordinat po odstranitvi vektorja hitrosti za vse stalno delujoče postaje GNSS kombinirane geodetske mreže. Razvidno je, da postaje niso operativevne enako časovno obdobje, saj sta bili postaji ARA1 in KDA1 vzpostavljeni šele konec leta 2017. Razpršenost koordinat točk okoli srednje vrednosti (linearnega trenda-vektorja hitrosti) je predstavljena s standardnimi odkloni v preglednici 4. Od tod je razvidno, da je ponovljivost (razpršenost) koordinat velikosti milimetra po obeh horizontalnih koordinatah in nekaj milimetrov za višino. Sklepamo lahko, da so ocenjene koordinate točk kombinirane geodetske mreže visoke natančnosti.

Preglednica 4: Natančnost ocenjenih koordinat postaj GNSS kombinirane geodetske mreže po posamezni koordinatni komponenti.

POSTAJA GNSS	ARA1	ARA2	KDA1	KDA2	KGA1	KOPE	PZA1	PZA2	STA1	STA2
[mm]	1,9	1,7	0,9	1,4	1,1	1,9	1,3	1,3	2,3	2,1
[mm]	1,5	1,8	1,7	1,3	1,4	1,8	1,7	2,1	2,1	1,7
[mm]	3,9	4,5	3,0	3,5	3,6	3,4	4,4	5,7	5,5	4,6

Iz grafov časovnih vrst (slike 19–23) lahko opazimo nekaj razlik. Zaželeno »oblika« časovnih vrst je samo časovna vrsta za postaji ARA1 in ARA2, saj predstavljata časovni vrsti koordinat, ki so konstantne v času, kjer so dnevne koordinate naključno (normalno) razpršene okoli srednje vrednosti. Takšna odstopanja dnevnih koordinat postaj od srednjih vrednosti so v večini posledica le slučajnih vplivov. Podobni sta tudi časovni vrsti koordinat postaj KDA1 in KDA2, z izjemo zadnjega pol leta za komponento N na postaji KDA2, kjer se časovne vrste razlikujejo od točke KDA1. Vse ostale postaje pa že na pogled vsebujejo sistematične pogoške v časovnih vrstah, tudi v nezveznosti (postaja PZA1). Vzrokov za zdaj ne poznamo, v splošnem pa jih iščemo v vplivih, kot so zamenjava opreme, atmosferska refrakcija, večpotje, lokalni premiki točk, nihanje podtalnice in podobno (Gazeaux et al., 2013; Sánchez et al., 2018). Iskanju vzrokov za sistematične vplive na ocenjene koordinate točk v času bo treba v prihodnosti posvetiti kar nekaj pozornosti.

Primer časovnih vrst postaj STA1 in STA2 prikazuje časovne vrste, pri katerih so v ocenjenih dnevnih koordinatah prisotni sistematični vplivi, ki so za obe postaji enaki (levi in desni graf na sliki 23 sta skoraj enaka). Ker je na postajah nameščen različen instrumentarij, lahko ugotovimo, da ta ni vzrok za pogoške koordinat. Verjetno tudi večpotje ni vzrok, saj ga različni sprejemniki in antene GNSS različno obravnavajo in odpravljajo. Ker so časovne vrste obeh postaj skoraj enake, so vzroki zelo verjetno v neposredni okolici, v atmosferi, v tleh ali v izvedbi stabilizacije ali temeljenja točke. Pri postajah PZA1 in PZA2 je najprej treba analizirati vpliv instrumentarija in njegove zamenjave, saj sta časovni vrsti na postajah različni. Ker sta točki GNSS stabilizirani na istem stebru, je verjetnost, da se točki dejansko različno premikata, majhna. Pri postaji KGA1 je razvidna nelinearnost le pri komponenti N, medtem ko se časovni vrsti komponent E in h zdita v redu. Če gledamo postajo KOPE, jasno vidimo sinusno obliko spremembe ravninskih koordinat (E in N), a stabilno višinsko komponento. Tu gre zelo verjetno za lokalne premike ali/in atmosferske vplive.

V prihodnosti bodo postaje GNSS kombinirane geodetske mreže, skupaj s postajami omrežja SIGNAL, zagotavljale ogrodje državnega koordinatnega sistema. Če želimo zagotoviti kakovost državnega koordinatnega sistema in nanj navezanih prostorskih podatkov, je treba zagotoviti visoko kakovost koordinatnega sistema oziroma določite koordinat postaj kombinirane geodetske mreže in omrežja SIGNAL. To lahko zagotovimo le prek vzpostavljenih in analiziranih časovnih vrst koordinat vseh postaj.

5 SKLEP

V članku je podan pregled aktivnosti pri izboru lokacij, postopkov pred začetkom gradnje, same gradnje, pregled delovanja, določitev koordinat na dnevni osnovi za prvi dve leti obratovanja postaj GNSS, predstavljena je prva analiza stabilnosti vseh točk kombinirane geodetske mreže Slovenije. Zasnova stabilizacije, geološke lastnosti lokacije, višina podtalnice in ovire v bližini točke lahko pomembno vplivajo na dolgoročno kakovost koordinat ter tudi na stabilnost posamezne točke. Pregled delovanja postaj GNSS kaže, da merska oprema za izvajanje meritev GNSS in programska oprema, ki nadzira delovanje postaj GNSS, delujeta brezhibno. Vzpostavljene časovne vrste koordinat kažejo tudi na kakovostno stabilizacijo in lokacijo točk. Ponovljivost koordinat je na nekajmilimetrski ravni za horizontalne koordinate in približno 5-milimetrski ravni za višino. Z analizo časovnih vrst koordinat točk kombinirane geodetske mreže trenutno lahko podamo le prvo oceno stabilnosti točk, medtem ko bo na zanesljivejše rezultate treba počakati še nekaj let, da bodo časovne vrste dovolj dolge in bo iz njih mogoče identificirati moteče vplive.

Kombinirana geodetska mreža sestavlja ogrodje koordinatnega sistema, a to ne pomeni, da ni treba vzdrževati tudi omrežja SIGNAL, ki je uporabniško omrežje in uporabnikom omogoča neposreden dostop do državnega horizontalnega koordinatnega sistema prek produktov in podatkov, ki so v omrežju na voljo. Prav tako ne smemo pozabiti na temeljne državne geodetske točke in ostale točke, namenjene za uporabo drugih merskih tehnik, predvsem pri klasični terestrični geodetski izmeri.

V nadaljevanju nas v okviru delovanja kombinirane geodetske mreže čaka še precej aktivnosti, predvsem bo treba vzpostaviti časovne vrste za daljše časovno obdobje, opraviti obsežne analize časovnih vrst, na podlagi katerih bo poleg določitve vektorjev hitrosti mogoče ovrednotiti tudi druge vplive. Treba bo zagotoviti vključitev meritev GNSS vseh satelitskih sistemov (evropski Galileo, kitajski BDS, mogoče tudi SBAS) ter ugotoviti njihov vpliv na koordinate, časovne vrste in realizacijo državnega horizontalnega koordinatnega sistema. Ena od pomembnih nalog, ki je bila opredeljena že pred samim začetkom vzpostavljanja kombinirane geodetske mreže, je vključitev postaj GNSS kombinirane geodetske mreže v EPN, s čimer bomo zagotovili neprekinjeno kakovostno koordinatno povezavo slovenskega državnega ozemlja z vsemi realizacijami koordinatnih sistemov ITRS in ETRS. Tako bo izpolnjen tudi osnovni cilj vzpostavitve kombinirane geodetske mreže, to je zagotovitev najvišje kakovosti državnega koordinatnega sistema ter vseh podatkov, ki so vanj vključeni.

Zahvala

Predstavljeno delo v članku je bilo opravljeno v okviru podprojekta *Geodetski referenčni okvir (GRFR)*, ki je bil eden od štirih podprojektov projekta *Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav*. Slednji je bil vključen v Memorandum o soglasju (MoS) za izvajanje Finančnega mehanizma Evropskega gospodarskega prostora za leta 2009–2014 (FM EGP), izvajala ga je Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS) v sodelovanju z Ministrstvom za kmetijstvo in okolje ter s projektoma partnerjema norveško geodetsko upravo Statens Kartverk in islandsko geodetsko upravo Landmaelingar Islands. Nekatera dela so bila opravljena še v okviru ciljnih raziskovalnih projektov V2-1096 *Zasnova temeljne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture* in V2-1729 *Povečanje zanesljivosti javnih omrežij GNSS SIGNAL in 0. red*, ki sta bila izvedena v okviru različnih ciljnih raziskovalnih programov, sofinanciranih od Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) in Geodetske uprave Republike Slovenije. Nekaj aktivnosti je bilo izvedenih tudi s finančno podporo ARRS v okviru raziskovalnega programa P20227 *Geoinformacijska infrastruktura in trajnostni prostorski razvoj Slovenije*.

Projekt izgradnje geodetskih točk kombinirane geodetske mreže je izvajalo več institucij. Ključni za izvedbo sta bili Oddelek za geodezijo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (prof. dr. Bojan Stopar in doc. dr. Božo Koler) ter Geodetski inštitut Slovenije (mag. Katja Oven, Sandi Berk, Niko Fabiani in mag. Vasja Bric). V projektu so sodelovali še Oddelek za geologijo Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani (izr. prof. dr. Marko Vrabc) z namenom izdelave geoloških študij mikrolokacij, Katedra za mehaniko tal z laboratorijem UL FGG (izr. prof. dr. Janko Logar) z namenom izdelave gradbene zasnove izgradnje točk kombinirane geodetske mreže ter podjetje TERRAS, s. p. (Zdenka Popović in Nikola Popović), ki je izdelalo načrte za izgradnjo in izvajalo nadzor izgradnje geodetskih točk kombinirane geodetske mreže, medtem ko je bilo podjetje Grča gradnje d.o.o. zadolženo za izvedbo gradbenih del. Projekt izgradnje geodetskih točk kombinirane geodetske mreže je vseskozi

potekal v tesnem sodelovanju z Geodetsko upravo Republike Slovenije (mag. Klemen Medved, Žarko Komadina in mag. Jurij Režek).

Literatura in viri:

- Altamimi, Z., Rebischung, P., Metivier, L., Collilieux, X. (2016). ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121 (8), 6109–6131. DOI: <https://doi.org/10.1002/2016JB013098>
- Bernese. <http://www.bernese.unibe.ch/docs/DOCUS2.pdf>, pridobljeno 11. 1. 2019.
- Brockmann, E. (1996). *Combination of Solutions for Geodetic and Geodynamic Applications of the Global Positioning System (GPS)*. Doktorska disertacija. Bern, Švica: Astronomski inštitut Univerze v Bernu.
- Dach, R., Lutz, S., Walser, P., Fridez, P. (2015). *Bernese GNSS Software Version 5.2*. Astronomski inštitut Univerze v Bernu, Bern, Švica.
- Fabiani, N., Ritlop, K., Oven, K., Sterle, O., Stopar, B. (2018). *Služba za GNSS 2018*. Končni elaborat, 2000 str.
- Gazeaux, J., Williams, S., King, M., Bos, M., Dach, R., Deo, M., Moore, A. W., Ostini, L., Petrie, E., Roggero, M., Teferle, F. N., Olivares, G., Webb, F. H. (2013). Detecting offsets in GPS time series: first results from the Detection of Offsets in GPS Experiment. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 118 (5), 2397–2407. DOI: <https://doi.org/10.1002/jgrb.50152>
- Koler, B., Stopar, B., Sterle, O., Urbančič, T., Medved, K. (2019). Nov slovenski višinski sistem SVS2010. *Geodetski vestnik*, 63 (1), 27–40. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.01.27-40>
- Medved, K., Berk, S., Sterle, O., Stopar, B. (2018). Izzivi in dejavnosti v zvezi z državnim horizontalnim koordinatnim sistemom Slovenije. *Geodetski vestnik*, 62 (4), 567–586. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.567-586>
- Oven, K., Ritlop, K., Triglav Čekada, M., Sterle, O., Stopar, B. (2019). Analiza kakovosti operativnega delovanja točke kombinirane geodetske mreže Kog. Raziskave s področja geodezije in geofizike. Zbornik del. Ljubljana, 2019.
- Pearlman, M., Plag, H. P. (ur.). 2009. *Global Geodetic Observing System: Meeting the Requirements of a Global Society on a Changing Planet in 2020*. Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-02687-4>
- Poutanen, M., Amalvict, M., Bruyninx, C., Francis, O., Ihde, J., Kallio, U., Kenyeres, A., Liebsch, G., Mäkinen, J., Shipman, S., Simek, J., Williams, S., Wilmes, H. (2014). *Future and Development of the European Combined Geodetic Network ECGN*. V: C. Rizos (ur.), P. Willis (ur.), *Earth on the Edge: Science for a Sustainable Planet*, International Association of Geodesy Symposia, 139, Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-37222-3_15
- Režek, J. (2015). Odrptje prve državne geodetske točke O. reda – Prilozje. *Geodetski vestnik*, 59 (3), 634–636.
- Sánchez, L., Völksen, C., Sokolov, A., Arenz, H., Seitz, S. (2018). Present-day surface deformation of the Alpine region inferred from geodetic techniques. *Earth System Science Data*, 20 (3), 1503–1526. DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-10-1503-2018>
- Sterle, O. (2015). Časovno odvisne geodetske mreže in koordinatni sistemi. Doktorska disertacija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Sterle, O., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Stopar, B. (2009). Definicija, realizacija in vzdrževanje modernih koordinatnih sistemov. *Geodetski vestnik*, 53 (4), 679–694.
- Sterle, O., Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P. 2014. Metoda PPP pri statični izmeri GNSS. *Geodetski vestnik*, 58 (3), 466–481. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.03.466-481>
- Stopar, B., Kuhar, M. (2001). Moderni geodetski koordinatni sistemi in astrogeodetska mreža Slovenije. *Geodetski vestnik*, 45 (1/2), 11–26.
- Stopar, B. (2007). Vzpostavitev ESRS v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 51 (4), 763–776.
- Stopar, B., Koler, B., Ambrožič, T., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Štebe, G., Urbančič, T., Oven, K., Janežič, M., Bajec, K., Berk, S., Bric, V. (2013). Izdelava projektne dokumentacije za točke kombinirane mreže O. reda. Projekt 2433-13-0003. Elaborat: 1. faza, 2. faza. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 166 str.
- Stopar, B., Koler, B., Ambrožič, T., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Štebe, G., Urbančič, T., Oven, K., Janežič, M., Bajec, K., Bric, V., Berk, S. (2014a). Izdelava projektne dokumentacije za točke kombinirane mreže O. reda. Projekt 2433-13-0003. Elaborat: 3. faza: točka Šentvid pri Stični. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 46 str.
- Stopar, B., Koler, B., Ambrožič, T., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Štebe, G., Urbančič, T., Oven, K., Janežič, M., Bajec, K., Bric, V., Berk, S. (2014b). Izdelava projektne dokumentacije za točke kombinirane mreže O. reda. Projekt 2433-13-0003. Elaborat: 3. faza: točke Areh, Koper in Korada. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 43 str.
- Stopar, B., Koler, B., Kogoj, D., Ambrožič, T., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Kregar, K., Štebe, G., Urbančič, T., Goršič, J., Mencin, A., Berk, S., Fabiani, N., Mesner, N., Caserman, M., Bric, V., Triglav Čekada, M., Karničnik, I., Janežič, M., Oven, K. (2016). Implementacija kombinirane geodetske mreže in višinske komponente ESRS v državni geodetski referenčni sistem. Projekt št. 2433-13-0003. Končno poročilo: sklop 1. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 216 str.
- Stopar, B., Koler, B., Kogoj, D., Ambrožič, T., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Kregar, K., Štebe, G., Urbančič, T., Goršič, J., Mencin, A., Berk, S., Fabiani, N., Mesner, N., Caserman, M., Bric, V., Triglav Čekada, M., Karničnik, I., Janežič, M., Oven, K. (2015). Razvoj geodetskega referenčnega sistema 2014. Projekt št. 2433-13-0003. Zaključni elaborat. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 295 str.



Oven K., Ritlop K., Triglav Čekada M., Pavlovčič Prešeren P., Sterle O., Stopar B. (2019). Vzpostavitev kombinirane geodetske mreže v Sloveniji in analiza njenega delovanja v obdobju 2016–2018. *Geodetski vestnik*, 63 (4), 491–513.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.04.491-513>

mag. Katja Oven, univ. dipl. inž. geod.

Geodetski inštitut Slovenije
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: katja.oven@gis.si

doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren, univ. dipl. inž. geod.

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

Klemen Ritlop, mag. inž. geod. geoinf.

Geodetski inštitut Slovenije
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: klemen.ritlop@gis.si

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

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

doc. dr. Mihaela Triglav Čekada, univ. dipl. inž. geod.

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

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

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

POVEČANJE ZANESLJIVOSTI GNSS-OMREŽIJ SIGNAL IN 0. RED

INCREASE OF RELIABILITY OF THE SIGNAL AND ZERO-ORDER GNSS NETWORKS

Klemen Ritlop, Niko Fabiani, Katja Oven, Polona Pavlovčič Prešeren, Oskar Sterle, Bojan Stopar, Mihaela Triglav Čekada

UDK: 528.28
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.04
Prispelo: 19. 11. 2019
Sprejeto: 30. 11. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.04.514-524
PROFESSIONAL ARTICLE
Received: 19. 11. 2019
Accepted: 30. 11. 2019

IZVLEČEK

Služba za GNSS na Geodetskem inštitutu Slovenije že več kot desetletje operativno upravlja državno omrežje stalno delujočih GNSS-postaj SIGNAL, od leta 2016 pa ima v upravljanju tudi stalno delujoče postaje kombinirane geodetske mreže. V tem obdobju smo se srečali z različnimi težavami v delovanju vseh segmentov omrežja stalno delujočih GNSS-postaj in si nabrali mnogo izkušenj na celotnem področju upravljanja in nadzora kakovosti delovanja GNSS-omrežij. Tako smo se leta 2018 v sodelovanju s Katedro za matematično in fizikalno geodezijo ter navigacijo UL FGG in Geodetsko upravo Republike Slovenije dogovorili za izvedbo raziskovalnega projekta Povečanje zanesljivosti javnih omrežij GNSS SIGNAL in 0. red, v katerem smo na podlagi vseh pridobljenih izkušenj oblikovali metodologijo za posodobitev in izboljšanje veljavnih postopkov za celostno upravljanje obeh omrežij, s poudarkom na povečanju zanesljivosti in izboljšanju nadzora kakovosti njenega delovanja. V tem prispevku predstavljamo rezultate navedenega projekta.

ABSTRACT

For more than a decade, the GNSS Service at the Geodetic Institute of Slovenia has been managing the national GNSS CORS network SIGNAL, and since 2016 also the GNSS part of the national Zero-Order Geodetic Network. During this period, different problems in the operation of CORS networks have been encountered, and much experience in the field of management and quality control of CORS networks has been gained. In cooperation with the Chair of Mathematical and Physical Geodesy and Navigation at the UL FGG and the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, a research project named 'The increase of reliability of public GNSS network SIGNAL and combined zero-order geodetic network was carried out in 2018 and 2019. Based on all the experience gained, a methodology for upgrading and improving the current procedures for management of both national CORS networks, with an emphasis on improving operational reliability and the quality control of both networks, was developed. In this article, the results of that project are presented.

KLJUČNE BESEDE

omrežje SIGNAL, kombinirana geodetska mreža, geodetska mreža 0. reda, GNSS-omrežje, zanesljivost delovanja, nadzor kakovosti

KEY WORDS

SIGNAL network, combined geodetic network, zero-order geodetic network, GNSS network, operational reliability, quality monitoring

1 UVOD

Geodetska uprava Republike Slovenije je lastnik dveh državnih omrežij GNSS-postaj. Omrežji operativno upravlja Služba za GNSS, ki deluje na Geodetskem inštitutu Slovenije. Prvo je omrežje SIGNAL, ki ga trenutno sestavlja šestnajst domačih in štirinajst tujih stalno delujočih GNSS-postaj in ki ga pri svojem delu dnevno uporabljajo slovenski geodeti ter drugi uporabniki. Drugo omrežje oziroma mrežo sestavlja deset stalno delujočih GNSS-postaj na šestih lokacijah državne kombinirane geodetske mreže (oziroma geodetske mreže 0. reda, kot jo tudi imenujemo). Kombinirana geodetska mreža je bila vzpostavljena leta 2016 kot ogrodje državnega prostorskega koordinatnega sistema najvišje kakovosti. Podrobnosti glede vzpostavitve obeh omrežij in njune vpetosti v državno prostorsko infrastrukturo so predstavili Medved et al. (2018), Ritlop et al. (2018a), Berk et al. (2019) in Oven et al. (2019a, 2019b). Glede na vlogi, ki ju imata omrežji, je jasno, da morata biti kakovostno vzpostavljeni ter delovati kakovostno in nemoteno. Obstoječi nadzor delovanja omrežja SIGNAL in stalno delujočih GNSS-postaj kombinirane geodetske mreže izvaja Služba za GNSS s programsko opremo *Trimble Pivot Platform*, *Alberding GNSS Software*, *Alberding PPP Monitoring* in *Alberding-QC* v skladu z obstoječimi internimi metodologijami in postopki. V Službi za GNSS smo v sodelovanju z Geodetsko upravo Republike Slovenije in Katedro za matematično in fizikalno geodezijo ter navigacijo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani ugotovili, da bi bilo obstoječo metodologijo in praktične postopke nadzora kakovosti treba posodobiti in nadgraditi. V projektu *V2-1729: Povečanje zanesljivosti javnih omrežij GNSS SIGNAL in 0. red*, ki je bil del *Ciljnega raziskovalnega programa CRP 2017* Javne agencije Republike Slovenije za raziskovalno dejavnost, smo si (Služba za GNSS in UL FGG KMFNG) kot cilj zadali pripraviti predloge za izboljššan nadzor in učinkovitejše reševanje:

- težav na področju delovanja omrežja SIGNAL in stalno delujočih GNSS-postaj kombinirane geodetske mreže (na primer težav s strojno in programsko opremo ter težav, povezanih s kakovostjo različnih produktov omrežja za določitev položaja v realnem času in z naknadno obdelavo);
- težav individualnih uporabnikov omrežja SIGNAL (na primer težav pri povezavi z omrežjem, zaradi napačnih nastavitvev GNSS-instrumenta);
- težav, ki niso neposredno povezane z omrežjem SIGNAL, vendar lahko uporabniki omrežja pomislijo na napako omrežja (na primer napačnega izvajanja GNSS-izmere, napak v postopku naknadne obdelave opazovanj, nepravilnega delovanja GNSS-instrumenta).

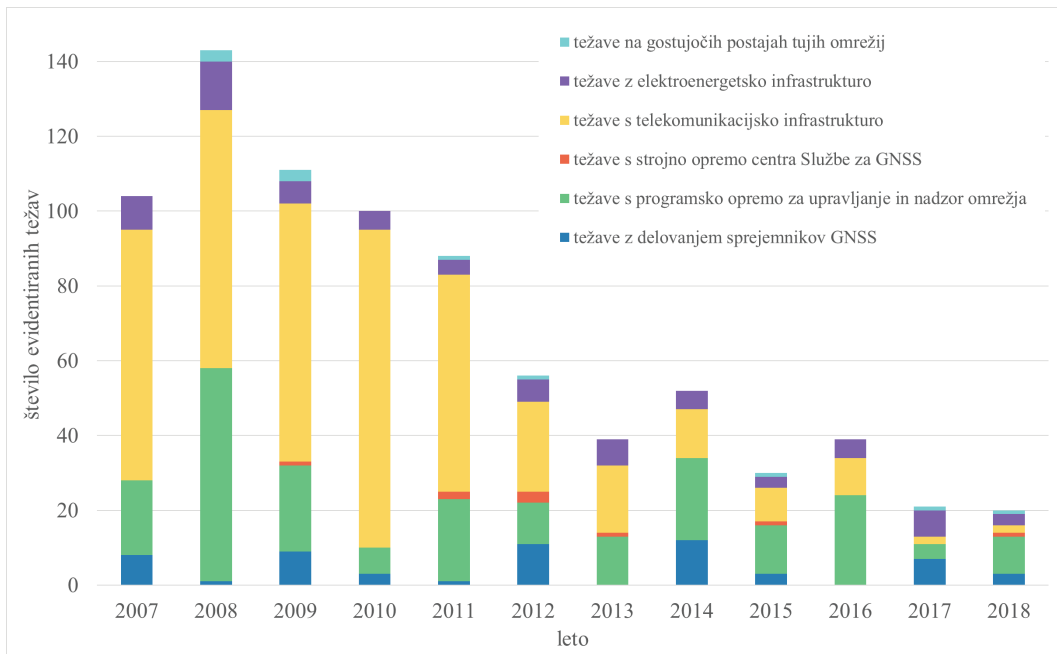
Prvi korak projekta sta sestavljala analiza tehničnih težav obravnavanih GNSS-omrežij, skupaj z analizo klicev na klicni center omrežja SIGNAL, in pregled dobrih praks v primerljivih tujih omrežjih stalno delujočih GNSS-postaj. Dobljeni rezultati so nam bili izhodišče za nadaljnje delo. Razvili smo metodologijo, s katero bi nadgradili obstoječi nadzor kakovosti delovanja omrežja SIGNAL in stalno delujočih GNSS-postaj kombinirane geodetske mreže, kot tudi neposredno povečali zanesljivost njenega delovanja. Podali smo tudi predloge za implementacijo pripravljene metodologije v njuno redno delovanje. Rezultati projekta so podrobno opisani v končnem poročilu projekta (Triglav Čekada et al., 2019), ki je prosto dostopno na spleti strani projekta. V nadaljevanju so predstavljene bistvene ugotovitve in predlogi, ki so glavni rezultat projekta.

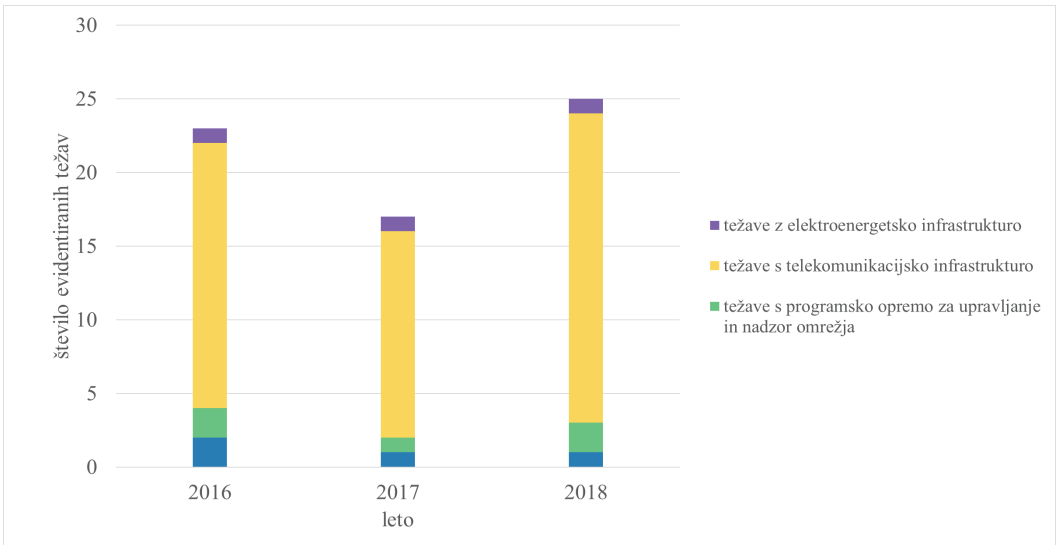
2 ANALIZA TEHNIČNIH IN UPORABNIŠKIH TEŽAV OMREŽJA SIGNAL IN STALNO DELUJOČIH GNSS-POSTAJ KOMBINIRANE GEODETSKE MREŽE

Služba za GNSS vodi evidenco tehničnih težav za obravnavani omrežji, in sicer za celotni obdobji njunega delovanja. Ta evidenca je bila, skupaj z mesečnimi poročili o delovanju in vzdrževalnih delih na obeh državnih omrežjih, izhodišče projekta. Pregled tehničnih težav in rezultate analize so že podrobno predstavili Ritlop et al. (2018b) za omrežje SIGNAL in Oven et al. (2019b) za stalno delujoče GNSS-postaje kombinirane geodetske mreže. Zato bomo v tem prispevku le na kratko ponovno predstavili glavne ugotovitve.

V prvih letih delovanja omrežja SIGNAL je bila večina težav povezanih z nezanesljivim delovanjem telekomunikacijske infrastrukture, to je mrežne opreme in internetnih povezav. S posodobitvami mrežne opreme in prehodom na profesionalno rešitev VPN v letu 2015 teh težav tako rekoč ni več. Trend zmanjševanja težav oziroma povečevanje stabilnosti in zanesljivosti v delovanju omrežja SIGNAL v času je viden na sliki 1. V zadnjih letih so motnje v delovanju omrežja SIGNAL povezane predvsem z manjšimi težavami v delovanju programske opreme za upravljanje in nadzor omrežja ter z napakami oziroma vzdrževalnimi deli na telekomunikacijskem in elektroenergetskem omrežju.

Tudi za stalno delujoče GNSS-postaje kombinirane geodetske mreže velja, da je največ težav povezanih s telekomunikacijsko infrastrukturo oziroma povezljivostjo postaj z glavnim strežnikom mreže (slika 1). Večina težav je povezanih s stabilnostjo telekomunikacijskih povezav postaj na Arehu in Koradi. Težave s stabilnostjo povezave postaje na Arehu so izginile oktobra leta 2018, ko so v bližnji Ruški koči obnovili elektroenergetsko infrastrukturo, medtem ko je težave na postaji Korada rešila namestitev modema s podporo mobilnega omrežja 4G maja 2019.





Slika 1: Število evidentiranih težav na omrežju SIGNAL v obdobju 2007–2018 (zgoraj) in na stalno delujočih GNSS-postajah kombinirane geodetske mreže v obdobju 2016–2018 (spodaj).

Pri analizi trenutne zanesljivosti delovanja omrežja SIGNAL nas je zanimalo tudi, s katerimi težavami se uporabniki najpogosteje obrnejo na klicni center omrežja SIGNAL. Zato smo za obdobje od 1. 5. do 31. 12. 2018 naredili statistiko prejetih klicev. Izmed 65 klicev, kar je povprečno osem klicev na mesec, jih je bilo kar 40 % s strani uporabnikov, ki imajo pogodbo za dostop do omrežja SIGNAL urejeno s Telekomom Slovenije, hkrati pa težave niso bile povezane z delovanjem omrežja SIGNAL. Dobra četrtina klicev je bila povezana s težavami pri povezavi z omrežjem SIGNAL ali z inicializacijo sprejemnika v času, ko je omrežje SIGNAL delovalo nemoteno. Slaba petina klicateljev je iskala pomoč oziroma informacije glede registracije za dostop do omrežja SIGNAL, nastavitve za povezavo do strežnika NTRIP ali pozabljenega gesla. Preostanek klicev, tj. 16 %, pa so predstavljali primeri, ko je bilo delovanje omrežja SIGNAL moteno zaradi težav na telekomunikacijski ali elektroenergetski infrastrukturi oziroma zaradi težav na infrastrukturi omrežja SIGNAL (strežniki, programska oprema, GNSS-instrumentarij). Statistika kaže, da je klicna podpora uporabnikom pomembna tako s tehničnega kot tudi z administrativnega vidika.

Za zmanjšanje deleža težav uporabnikov, ki niso neposredno povezane z delovanjem omrežja SIGNAL, smo v projektu oblikovali predloge za razširjeno redno izobraževanje geodetov, ki se poleg ustaljenih oblik, kot so predstavitve na Geodetskem dnevu in predavanja na Inženirski zbornici Slovenije, lahko izvaja tudi prek drugih neformalnih kanalov, kot je na primer GEOblog.

3 RAZVOJ IN TESTIRANJE RAZVITIH METODOLOGIJ ZA DODATNEN NADZOR OMREŽIJ

Rezultati analize tehničnih težav omrežja SIGNAL in GNSS-postaj kombinirane geodetske mreže, analize klicev na klicni center omrežja SIGNAL ter pregleda dobrih praks v primerljivih tujih omrežjih stalno delujočih GNSS-postaj so bili podlaga za razvoj metodologije za posodobitev in izboljšanje nadzora kakovosti in povečanje zanesljivosti delovanja državnih GNSS-omrežij. Oblikovano metodologijo smo razdelili na tri sklope:

i) Predlogi za izboljšanje dostopnosti in zanesljivosti delovanja omrežja SIGNAL in stalno delujočih GNSS-postaj kombinirane geodetske mreže:

- vzpostavitev samodejnega preklopa med glavnimi in redundantnimi strežniki omrežja SIGNAL, s čimer bi zagotovili nemoteno delovanje omrežja v primeru okvare na glavnem strežniškem sistemu;
- zagotovitev sekundarne (mobilne) internetne povezave za strežnike omrežja SIGNAL, s čimer bi bilo omrežje dosegljivo uporabnikom kljub izpadu primarne internetne povezave Službe za GNSS;
- nadgradnja brezprekinitvenega napajanja (sistem UPS) strežnikov obeh omrežij z namenom zvišanja avtonomije delovanja v primeru izpada električne energije;
- redno nadgrajevanje strojne programske opreme (angl. *firmware*) GNSS-sprejemnikov obeh omrežij, s čimer bi zagotovili stabilnejše delovanje sprejemnikov in vpeljavo novih, kakovostnejših algoritmov za obdelavo in filtriranje sprejetih GNSS-signalov.

ii) Predlogi za izboljšanje nadzora nad vodenjem in arhiviranjem GNSS-opazovanj ter drugih podatkov omrežja SIGNAL in stalno delujočih GNSS-postaj kombinirane geodetske mreže:

- posodobitev strežniške oziroma diskovne infrastrukture arhivov in postopkov arhiviranja GNSS-opazovanj ter podatkov obeh omrežij, s čimer bi izboljšali stopnjo varnosti hranjenja podatkov;
- vzpostavitev sistema samodejnega nadzora popolnosti arhivov GNSS-opazovanj, s čimer bi vzpostavili evidenco popolnosti arhivov, ki bi se posodabljala dnevno;
- vzpostavitev enotne metapodatkovne baze obeh omrežij;
- vzpostavitev nadzorno-informacijskega centra omrežja SIGNAL.

iii) Predlogi za izboljšanje nadzora kakovosti produktov omrežja SIGNAL za določitev položaja v realnem času:

- vzpostavitev stalnega nadzora mrežnega produkta VRS omrežja SIGNAL;
- vzpostavitev protokola nadzora RTK-produktov omrežja SIGNAL po potrebi.

Predlogi skupine (i) so namenjeni izboljšanju predvsem tehničnega vidika zanesljivosti delovanja omrežja SIGNAL in stalno delujočih GNSS-postaj kombinirane geodetske mreže. Z njihovo implementacijo v redno delovanje bi največ pridobili uporabniki, ki omrežje SIGNAL uporabljajo za določitev položaja v realnem času, saj bi bilo omrežje v primeru težav na elektroenergetski ali telekomunikacijski infrastrukturi centra Službe za GNSS še vedno dosegljivo. Z implementacijo predlogov skupine (ii) bi izboljšali samo upravljanje državnih GNSS-omrežij. Na eni strani bi se poenostavilo in izboljšalo vodenje metapodatkov o stalno delujočih postajah in njihovih opazovanjih ter drugih relevantnih podatkov, na drugi strani pa bi se zvišala stopnja varnosti hranjenja GNSS-opazovanj, ki so ključna z vidika zagotavljanja dolgoročne kakovosti državnega koordinatnega sistema. Predlogi skupine (iii) pa so namenjeni spremljanju in zagotavljanju visoke kakovosti vseh produktov in podatkov, ki jih uporabniki omrežja SIGNAL dnevno pridobivajo za določitev položaja v realnem času. V nadaljevanju bomo podrobneje opisali nekatere izbrane predloge.

3.1 Vzpostavitev stalnega nadzora mrežnega produkta VRS omrežja SIGNAL

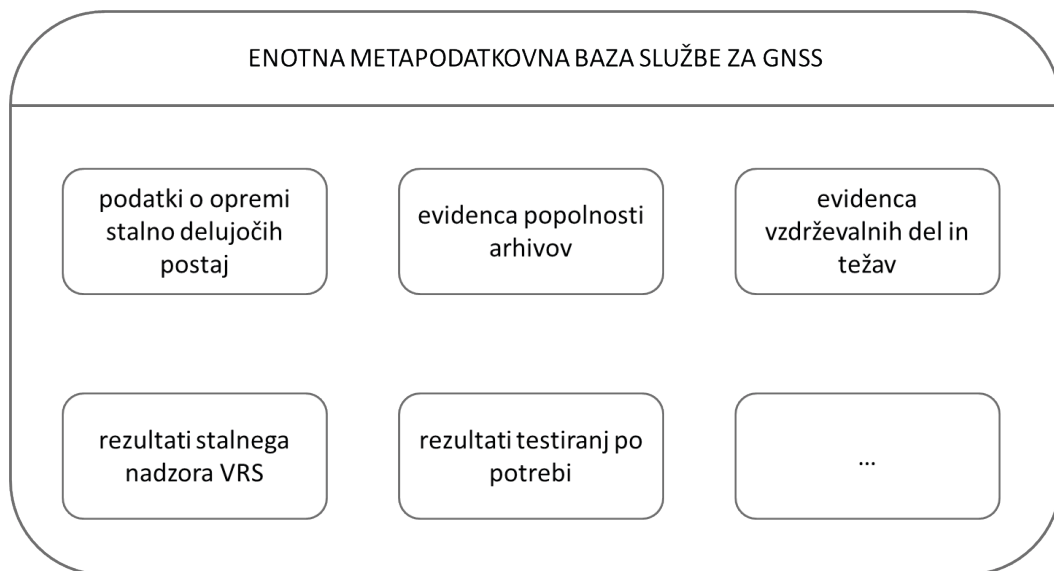
V praksi so v omrežju SIGNAL najpogosteje uporabljeni postopki za določitev položaja v realnem času – koncepta VRS (angl. *Virtual Reference Station*) in MAC (angl. *Master-Auxiliary Concept*) ter navezava na posamezno fizično stalno delujočo GNSS-postajo. V obravnavanem projektu smo razvili metodologijo

za vzpostavitev dodatnega stalnega nadzora mrežnega produkta VRS. Razloga za to sta dva: (i) le pri produktu VRS poteka del modeliranja vplivov na opazovanja že na ravni omrežja (pri navezavi na stalno delujočo GNSS-postajo ali uporabi mrežnega produkta MAC se celotna obdelava opazovanj izvede na strani uporabnika, tj. na premičnem sprejemniku) in (ii) po interni statistiki Službe za GNSS za določitev položaja premičnega sprejemnika v realnem času še vedno največ uporabnikov izbere koncept VRS.

Kakovost določitve položaja z uporabo mrežnega produkta VRS je močno odvisna od skladnosti v omrežju modeliranih vplivov na opazovanja (vpliv troposfere, ionosfere in pogreški tirnic satelitov) za lokacijo premičnega sprejemnika in dejanske velikosti teh vplivov na lokaciji premičnega sprejemnika v času izmere. Ker pravih vrednosti vplivov ne poznamo, kakovosti produkta VRS ni mogoče zvezno ocenjevati za območje celotne Slovenije. V praksi lahko kakovost produkta VRS ocenjujemo diskretno s kontrolno mrežo stalno delujočih GNSS-postaj, ki jih obravnavamo kot premične sprejemnike. Te postaje morajo imeti dobro določen položaj v državnem koordinatnem sistemu in ne smejo biti vključene v izračun mrežnega produkta VRS. Uporaba stalno delujočih GNSS-postaj kombinirane geodetske mreže za ta namen je skoraj samoumevna, saj izpolnjujejo oba pogoja, njihova uporaba za nadzor kakovosti produktov v omrežju SIGNAL ne prinaša dodatnih stroškov, hkrati pa je bil eden izmed glavnih ciljev vzpostavitve kombinirane geodetske mreže ravno stalen nadzor nad kakovostjo državnega koordinatnega sistema. Kakovost produkta VRS se ocenjuje posredno, prek primerjave položajev postaj kontrolne mreže (tj. postaj kombinirane geodetske mreže), določenih z RTK-metodo, z referenčnimi koordinatami postaj. Kot orodje za obdelavo GNSS-opazovanj smo izbrali prosto dostopen in odprtokoden program *RTKLIB*. Ta med drugim omogoča relativno kinematično določitev položaja v realnem času s kakovostjo, ki je primerljiva realni terenski RTK-izmeri. To smo tudi potrdili z izračuni, ki smo jih izvedli v okviru testiranja ustreznosti predlagane metodologije. S testi smo dodatno določili optimalne nastavitve programa *RTKLIB* in preverili stabilnost delovanja programa, ko ta brez prekinitve obdeluje opazovanja več dni. Vsi izvedeni testi so pokazali, da je *RTKLIB* primerno orodje za nadzor kakovosti mrežnega produkta VRS. V predlogu smo opredelili tudi cenilke kakovosti produkta VRS in njihove mejne vrednosti. Cenilke bi se kontinuirano izračunavale v realnem času in če bi presegle mejne vrednosti, bi sistem na to opozoril skrbnike omrežja SIGNAL. V projektu smo oblikovali predlog metodologije in izvedli testiranje, medtem ko realizacija predloga v vsakodnevno delovanje omrežja SIGNAL ni bila predmet tega projekta.

3.2 Predlog za vzpostavitev enotne metapodatkovne baze omrežja SIGNAL in stalno delujočih GNSS-postaj kombinirane geodetske mreže

Kljub relativni majhnosti omrežja SIGNAL in kombinirane geodetske mreže sta to še vedno kompleksna sistema, katerih upravljanje in nadzor ter zagotavljanje kakovostnega delovanja ni enostavno. Upravljanje vključuje tudi vodenje evidenc, ki vsebujejo najrazličnejše podatke – na primer številne metapodatke o postajah, skupaj s celotno zgodovino nameščenega GNSS-instrumentarija in druge opreme, podatke o težavah in vzdrževalnih delih na postajah ter podatke o popolnosti arhivov z GNSS-opazovanji. Služba za GNSS trenutno nima vzpostavljenih enotnih podatkovnih baz, ki bi se uporabljala kot enotna evidenca, temveč so zgoraj naštetih podatki shranjeni v različnih datotekah različnih formatov. Tako smo v okviru projekta izdelali konceptualni in logični model enotne metapodatkovne baze omrežja SIGNAL in kombinirane geodetske mreže. Zasnova metapodatkovne baze je modularna (slika 2).



Slika 2: Shematski prikaz posameznih segmentov metapodatkovne baze omrežij SIGNAL in 0. red.

Zaradi modularnosti lahko vzpostavitev baze poteka postopoma, v več korakih. Baza bi pomenila tudi podlago za različne aplikacije, kot so pregledovalnik popolnosti arhiva, kakovosti produkta VRS (v kombinaciji z implementacijo sistema za nadzor kakovosti produkta VRS – poglavje 3.1), aplikacija za samodejno generiranje log-datotek z informacijami o stalno delujočih GNSS-postajah ter aplikacija za samodejno generiranje mesečnih poročil o težavah in vzdrževalnih delih na omrežju. Dolgoročna vizija je, da bi, po vzoru primerljivih tujih omrežij, metapodatkovna baza pomenila podlago za nadzorno-informacijski center Službe za GNSS, del katerega bi bil namenjen tudi uporabnikom. Prek spletnega portala nadzorno-informacijskega centra bi bile uporabnikom na voljo informacije o statusu omrežja SIGNAL (status posameznih stalno delujočih postaj, dosegljivost dostopnih točk, podatki o aktivnosti ionosfere, o kakovosti mrežnega produkta VRS in o razpoložljivosti opazovanj za namen naknadne obdelave ter informacije in obvestila o delovanju omrežja SIGNAL).

3.3 Vzpostavitev protokola nadzora ponovljivosti RTK-izmere v omrežju SIGNAL ob sistemskih nadgradnjah

Nadgradnje in posodobitve programske opreme za nadzor in upravljanje omrežja SIGNAL običajno prinesejo nove funkcionalnosti ter praviloma izboljšajo kakovost in stabilnost delovanja omrežja. Kljub obsežnim testiranjem na strani proizvajalca se še vedno lahko zgodi, da nova različica programske opreme ne deluje po pričakovanjih – zaradi kompleksnosti sistema se lahko pojavijo težave, zaradi katerih delovanje omrežja ni stabilno oziroma so storitve slabše kakovosti. Služba za GNSS ob vsaki posodobitvi programskega paketa *Trimble Pivot Platform*, na katerem deluje omrežja SIGNAL, že izvaja različne teste stabilnosti in kakovosti delovanja omrežja. Nima pa še vzpostavljenega standardnega protokola, po katerem bi se izvajale posodobitve oziroma nadgradnje sistema in pripadajoča testiranja. V projektu smo zato oblikovali predlog protokola, ki bi se izvedel ob vsaki nadgradnji programske opreme omrežja SIGNAL. Namenjen je nadzoru kakovosti

obeh produktov omrežja SIGNAL za določitev položaja v realnem času, tj. VRS, MAC in podatkov za navezavo na posamezno stalno delujočo GNSS-postajo. V protokolu so opredeljeni postopki posodobitve sistema, terenske izmere in analize skladnosti koordinat. Sestavljajo ga tri ravni, in sicer:

- **I. raven – splošna kontrola kakovosti RTK-produktov:** V okolici Geodetskega inštituta Slovenije, kjer deluje Služba za GNSS, se vzpostavi in trajno stabilizira kontrolna mreža desetih do dvajsetih točk. V skladu z *Navodilom za izvajanje izmere ... (2006)* se izvede RTK-izmera vseh kontrolnih točk z vsemi tremi produkti omrežja SIGNAL za določitev položaja v realnem času. Sledi posodobitev redundantnega strežniškega sistema in ponovna izmera kontrolnih točk z uporabo redundantnega sistema. Če statistična analiza potrdi skladnost koordinat točk pred posodobitvijo in po njej ter če tudi II. raven kontrole ne pokaže težav v delovanju omrežja, se posodobi še glavni strežniški sistem. Ponovno se izvede izmera kontrolnih točk z uporabo glavnega sistema in opravi analiza skladnosti koordinat.
- **II. raven – kontrola kakovosti višinske komponente položaja:** Konceptualno gre za enak test kot pri I. ravni kontrole, le da se kontrolna mreža vzpostavi na območju, ki je vsaj 500 metrov više od okoliških postaj omrežja SIGNAL.
- **III. raven – kontrola kakovosti v izrednih primerih:** Obstaja možnost, da se po posodobitvi sistema pojavijo težave v delovanju omrežja le na nekem območju, ki se zaradi lokalne narave na I. in II. ravni kontrole ne zaznajo, opazijo pa jih uporabniki omrežja na tistem območju. V takšnem primeru potrebuje Služba za GNSS test, s katerim lahko potrdi ali ovrže, da težava izvira iz omrežja SIGNAL. V ta namen se lahko uporabijo točke kontrolne mreže, ki jo je vzpostavil GURS. Točke te mreže so stabilizirane po območju celotne Slovenije in imajo kakovostno določen položaj v državnem koordinatnem sistemu. Težave na omrežju je mogoče odkriti s primerjavo rezultatov RTK-izmere na izbranih točkah omenjene kontrolne mreže z znanim položajem (referenčnimi koordinatami) teh točk.

3.4 Zagotavljanje ponovljivosti RTK-izmere v omrežju SIGNAL skozi daljše časovno obdobje

Za zagotovitev dolgoročne kontinuitete koordinat, določenih v omrežju SIGNAL, je smiselno periodično izvajati dodatne in bolj poglobljene analize, s katerimi lahko potrdimo kakovost različnih postopkov izmere, ki jih lahko izvajamo z omrežjem SIGNAL (RTK in statična izmera). Zato smo v projektu opredelili kakovost:

- obdelave statičnih opazovanj v mreži, kjer so bili položaji točk VRS določeni na različnih oddaljenostih in višinskih razlikah od dane točke, in
- določitve večurnih istočasno izvedenih statičnih opazovanj in RTK-določitev koordinat.

Pri RTK-izmeri se VRS vzpostavi na podlagi sporočila NMEA GGA, ki ga pošlje uporabnik, na lokaciji, kjer se uporabnik poveže s strežnikom NTRIP omrežja SIGNAL. Položaj virtualne referenčne postaje, za katerega se izračunavajo podatki opazovanj, se nato med izmero ne spreminja. Izjema sta primera, ko se uporabnik od virtualne postaje oddalji za več kot 2 kilometra ali če se prekine povezava s strežnikom NTRIP. Pri naknadni obdelavi GNSS-opazovanj pa je izbira položaja točke VRS prepuščena uporabniku. Ta odločitev je še posebej pomembna pri vzpostavitvi GNSS-mrež, v katerih so točke na velikih višinskih razlikah. Ugotovili smo, da se z večanjem višinske razlike med točko VRS in omrežjem stalno delujočih GNSS-postaj povečujejo tudi končne razlike v izračunanih višinah novih točk. Če naše delovišče stoji na večji horizontalni ali višinski oddaljenosti od točk omrežja stalno delujočih GNSS-postaj, je smiselno položaje točk določati postopoma, prek višinskega poligona s spremembo višine od 200 do 300 metrov.

Za opredelitev kakovosti končnih produktov omrežij je treba testna območja vzpostaviti na različnih lokacijah, in sicer blizu ter na večji horizontalni oddaljenosti in predvsem večji višinski razliki od dejanskih stalno delujočih GNSS-postaj. To je pomembno zaradi ocene kakovosti modeliranih vplivov na GNSS-opazovanja, ki jih uporabniku zagotavlja omrežje stalno delujočih GNSS-postaj. Za opredelitev kakovosti določite položaja z različnimi metodami in za popolno skladnost z zahtevo, da je, še posebej pri RTK-metodi izmere, treba položaj določiti večkrat neodvisno po preteku določenega časa (vsaj 30 minut), smo na podlagi obsežnih analiz koordinat, določenih z RTK in statično GNSS-izmero, prišli do naslednjih ugotovitev:

- Statična GNSS-izmera je boljša izbira glede na kinematično izmero, in to ne glede na to, ali gre za naknadno obdelavo podatkov opazovanj ali za izmero v realnem času. Pri statični izmeri interval registracije signala ne vpliva bistveno na kakovost določite položaja, medtem ko sta izbira minimalnega višinskega kota (to dejansko pomeni, da v okolici točk ne sme biti visokih ovir) in predvsem dolžina trajanja opazovanj, ki naj bi bila vsaj eno uro ali več, pomembni in zelo vplivata na končno kakovost koordinat. Bazni vektorji naj bi bili krajši od 10 kilometrov, višinska razlika med dano in novo točko naj ne bi bila večja kot 200 metrov.
- Kakovost določite koordinat točk je odvisna od oddaljenosti delovišča od stalno delujoče GNSS-postaje. Za kakovost določite horizontalnega položaja oddaljenost od referenčne postaje niti ni tako pomembna, večji vpliv ima oddaljenost na kakovost določite višin. Na delovišču, ki je bilo v višinskem smislu od omrežja stalno delujočih postaj GNSS oddaljeno več kot 800 metrov, smo v statičnem načinu obdelave in ob uporabi VRS-postaje, vzpostavljene na območju delovišča, dobili do 4-centimetrski odstopanja od referenčnih (s terestrično izmero določenih) višinskih razlik. Na delovišču, ki je stalo v bližini stalno delujoče postaje v Ljubljani in je bilo v smislu višinske razlike minimalno oddaljeno od referenčne postaje, smo za na enak način izvedena opazovanja in enak postopke obdelave tako v horizontalnem kot v višinskem smislu določili koordinate, ki so se od referenčnih koordinat razlikovale le za nekaj milimetrov.
- Srednje vrednosti koordinat točk, določenih z večurno zaporedno določitvijo koordinat v RTK-načinu, se od referenčnih koordinat razlikujejo od nekaj milimetrov do nekaj centimetrov. Na podlagi tega lahko ugotovimo, da je določitev koordinat s statično metodo GNSS-izmere kakovostnejša od kinematičnih metod izmere, ne glede na to, ali je opravljena z naknadno obdelavo ali v realnem času.
- Iz časovne vrste koordinat, določenih z večurno zaporedno določitvijo koordinat v RTK-načinu, smo določili definicijsko območje koordinat, ki je velikosti nekaj centimetrov za horizontalni položaj, pri višini pa je večje, in sicer okrog 10 centimetrov za delovišče z minimalno višinsko razliko od bližnjih točk omrežja SIGNAL in okoli 15 centimetrov za delovišče, ki je bilo višje (800 metrov) od bližnjih točk omrežja SIGNAL. To vodi do ugotovitve, da je kakovost določite koordinat močno odvisna od lokacije delovišča glede na omrežje stalno delujočih GNSS-postaj. Ko je treba opraviti določitev koordinat na večji višinski oddaljenosti od omrežja SIGNAL, je za doseganje centimetrski točnosti višin treba izvesti nekajurna statična GNSS-opazovanja.

4 SKLEP

V projektu *Povečanje zanesljivosti javnih omrežij GNSS SIGNAL in 0. red* smo podali predloge za povečanje zanesljivosti delovanja omrežja SIGNAL in stalno delujočih GNSS-postaj kombinirane geodetske

mreže ter predloge za nadgradnjo obstoječega nadzora kakovosti njihovega delovanja. V okviru projekta so bili predlogi zgolj oblikovani in testirani, niso pa bili implementirani v operativno delovanje omrežja SIGNAL oziroma stalno delujočih GNSS-postaj kombinirane geodetske mreže. Ob postopnem dodajanju predlaganih rešitev v operativno delovanje Službe za GNSS lahko v prihodnosti pričakujemo še zanesljivejše in kakovostnejše delovanje obeh omrežij ter posledično še manj težav na strani uporabnikov. Vzporedno pa je treba poskrbeti tudi za redno izobraževanje uporabnikov na področju GNSS v različnih oblikah, od strokovnih objav v strokovnih in znanstvenih periodičnih publikacijah, predstavitev na rednih strokovnih srečanjih, kot je na primer Geodetski dan, in v okviru rednih izobraževanj za pooblaščen inženirje geodezije, ki jih izvaja Inženirska zbornica Slovenije, do neformalnih izmenjav mnenj in dobrih praks prek portala GEOblog.

Zahvala

Raziskava je bila delno opravljena v okviru raziskovalnega projekta *V2-1729: Povečanje zanesljivosti javnih omrežij GNSS SIGNAL in 0. red*, ki je bil izveden v okviru Ciljnega raziskovalnega programa *CRP 2017* ter sta ga sofinancirali Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in Geodetska uprava Republike Slovenije iz državnega proračuna in delno v okviru raziskovalnega programa *P2-0227: Geoinformacijska infrastruktura in trajnostni prostorski razvoj Slovenije*, ki ga financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

Literatura in viri:

- Berk, S., Fabiani, N., Koler, B., Komadina, Ž., Kuhar, M., Medved, K., Oven, K., Pavlovčič Prešeren, P., Režek, J., Ritlop, K., Sterle, O., Stopar, B., Triglav Čekada, M. (2019). National report of Slovenia to the EUREF 2019 symposium in Tallinn. V Report on the Symposium of the IAG Reference Frame Subcommittee for Europe (EUREF) held in Tallinn, Estonia, 21–24 May 2019. 6 str. <http://www.euref.eu/symposia/2019Tallinn/05-24-p-Slovenija.pdf>, pridobljeno 15. 9. 2019.
- Medved, K., Berk, S., Sterle, O., Stopar, B. (2018). Izzivi in dejavnosti v zvezi z državnim horizontalnim koordinatnim sistemom Slovenije. *Geodetski vestnik*, 62 (4), 567–586. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.567-586>
- Navodilo za izvajanje izmere z uporabo globalnih navigacijskih satelitskih sistemov v državnem koordinatnem sistemu. Različica 2.0, 20. 11. 2006 (2006). http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/Horizontalni_koordinatni_sistem_D96/Navodila/Navodilo_na_GNSS-izmero-v2.pdf, pridobljeno 26. 11. 2019.
- Oven, K., Ritlop, K., Triglav Čekada, M., Sterle, O., Stopar, B. (2019a): Analiza kakovosti operativnega delovanja točke kombinirane geodetske mreže Kog.V.M. Kuhar (ur.) et al. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2018. Zbornik del, str. 131–140. 24. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, 31. januar 2019. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2019/SZGG_2019-Oven_in_drugi.pdf
- Oven, K., Ritlop, K., Triglav Čekada, M., Pavlovčič Prešeren, P., Sterle, O., Stopar, B. (2019b). Vzpostavitev kombinirane geodetske mreže v Sloveniji in analiza njenega delovanja v obdobju 2016–2018. *Geodetski vestnik*, v tisku.
- Ritlop, K., Fabiani, N., Oven, K., Triglav Čekada, M. (2018a). Prvi dve leti kombinirane geodetske mreže 0. reda. V M. Kuhar (ur.) et al. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2017. Zbornik del, str. 103–112. 23. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, 25. januar 2018. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2018/SZGG_2018_Ritlop_in_dr.pdf
- Ritlop, K., Fabiani, N., Oven, K., Triglav Čekada, M. (2018b). Izboljšanje delovanja omrežja SIGNAL od leta 2007. *Geodetski vestnik*, 62 (4), 657–667. http://www.geodetski-vestnik.com/62/4/gv62-4_ritlop.pdf
- Triglav Čekada, M., Ritlop, K., Fabiani, N., Oven, K., Radovan, D., Pavlovčič Prešeren, P., Sterle, O., Kuhar, M., Stopar, B. (2019). CRP V2–2019: Povečanje zanesljivosti javnih omrežij GNSS SIGNAL in 0. red. Zaključno poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije. <http://www.gis.si/sl/predstavitev-projektov/v2-1729>



Ritlop K., Fabiani N., Oven K., Pavlovčič Prešeren P., Sterle O., Stopar B., Triglav Čekada M. (2019). Povečanje zanesljivosti GNSS-omrežij SIGNAL in O. red. Geodetski vestnik, 63 (4), 514-524.
 DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.04.514-524>

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

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

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

prof. dr. Bojan Stopar, univ. dipl. inž. geod.
 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
 Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
 e-naslov: bojan.stopar@fgg.uni-lj.si

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

doc. dr. Mihaela Triglav Čekada, univ. dipl. inž. geod.
 Geodetski inštitut Slovenije
 Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
 e-naslov: mihaela.triglav@gis.si

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

MODELIRANJE ČASOVNE VRSTE KOORDINAT GNSS IN NJIHOVE INTERAKCIJE S POVPREČNO MAGNITUDO POTRESOV

MODELLING OF THE TIME- SERIES OF GNSS COORDINATES AND THEIR INTERACTION WITH AVERAGE MAGNITUDE EARTHQUAKES

Sanja Tucikešić, Dragan Blagojević

UDK: 528.28
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 24. 5. 2019
Sprejeto: 15. 10. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.04.525-540
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 24. 5. 2019
Accepted: 15. 10. 2019

IZVLEČEK

V prispevku predstavljamo analizo podatkov časovnih vrst koordinat postaj GNSS z uporabo spektralne analize po metodi najmanjših kvadratov (LSSA). Opravka smo imeli s časovnimi vrstami koordinat GNSS, v katerih so bile prisotne diskontinuitete. Ena od metod LSSA za zaznavanje in karakterizacijo periodičnih signalov v neenakomerno vzorčenih podatkih je metoda Lomb-Scargle. Analizirali smo podatke časovnih vrst postaje SRJV (Sarajevo) za približno dvajset let in postaje BEOG (Beograd) za približno pet let. Spektralna analiza se uporablja tudi za določitev prevladujočega šuma v časovni vrsti koordinat. Spektralni indeksi šuma (α) časovnih vrst koordinat GNSS postaj SRJV in BEOG so v območju $-1 \leq \alpha \leq 1$ in opisujejo stacionarni stohastični proces. V nadaljevanju smo analizirali podatke časovnih vrst koordinat med petimi potresi v bližini postaj SRJV in BEOG ter ocenili spektralne indekse šuma po odstranitvi linearnih, letnih in polletnih variacij v časovnih vrstah koordinat.

ABSTRACT

In this article the time series data of GNSS station coordinates are analysed, using least-squares spectral analysis (LSSA). One type of LSSA, the method of estimating a frequency spectrum, is the Lomb-Scargle method. Because of the presence of discontinuities in GNSS measurements, we applied Lomb-Scargle model for detecting and characterizing periodicity. We analyzed time series data from the station SRJV (Sarajevo), for a period of about 20 years, and BEOG (Belgrade), for a period of about 5 years. The spectral analysis is used to determine quickly the predominant noise in the position time series. Analyzed spectral indices of noise (α) of GNSS coordinate time series of SRJV and BEOG are in the range of $-1 \leq \alpha \leq 1$, and describe stationary stochastic process. Then we processed time-series data of two GNSS station coordinates during 5 earthquakes that occurred near SRJV and BEOG stations and estimated spectral indices of power-law noise from postfit residuals after removing linear, annual and semi-annual variation in the position time series.

KLJUČNE BESEDE

časovne vrste koordinat GNSS; spektralna analiza; model Lomb-Scargle; potres

KEY WORDS

time series of GNSS coordinates; spectral analysis; Lomb-Scargle model; earthquake

1 INTRODUCTION

Today, time series of GNSS coordinates are commonly used for the purpose of geophysical research and have proven to be useful in the research of the cycles of seismic deformations which relate to the whole seismic cycle (Feigl et al., 1990; Beutler et al., 1987; Foulger et al., 1987; Kellogg and Dixon, 1990). Co-seismic, post-seismic and inter-seismic crustal deformations can be reliably estimated using daily coordinates of time series from GNSS permanent stations. The established PGGA continual network (Permanent GPS Geodetic Array) in California (Bock et al., 1993) and the national network in Japan (Miyazaki et al., 1996) provided some of the first reliable results of seismic deformations based on high-precision GNSS measurements (Bock et al., 1993).

Crustal deformation analysis in seismogenically active areas is one of the most important applications of GNSS. The territories of Bosnia and Herzegovina and Serbia, our study region, are poorly studied in terms of their geodynamics, based on GNSS techniques allowing the estimation of the crustal deformation at different scales both in time and in space. Serbia and Bosnia and Herzegovina are located between the Carpathian-Balkans mountain system and the compressive geotectonic contact of the Dinarides and the Adriatic microplate. The Dinarides absorb the motion of the Adriatic microplate which causes present-day deformation. The seismicity of our study region occurs at the low level but it frequently suggests the continual tectonic activity of the Dinarides. Similar studies in other active regions are commonly based on the analysis of time-series from GNSS permanent stations.

For the purpose of this research, we used time-series data from the station SRJV (Sarajevo) for the period from June 1999 to March 2019, and the BEOG station (Belgrade), for the period from August 2014 to March 2019. Coseismic deformation is investigated using these stations. Daily GPS time series data from SRJV and BEOG stations in the IGS08 reference frame are available from the Nevada Geodetic Laboratory at <http://geodesy.unr.edu/NGLStationPages/GlobalStationList/>.

2 MATHEMATICAL MODEL OF TIME SERIES OF GNSS COORDINATES

Any arranged series of measurements, realized in different epochs, usually in identical time intervals, is called a time series. A time series allows monitoring of statistical changes of some physical phenomena. Models of time series have different forms and can represent different stochastic processes. Time series are usually classified as models in the time or frequency domains. A model in the time domain is based on time series monitoring as a time function. On the other hand, a model in the frequency domain analyzes mathematical functions, or a signal, with regard to frequencies.

A time series consists of four components (Mann, 1995): trend component $T(t)$, cyclic component $C(t)$, seasonal component $S(t)$, with $E(t)$ representing a component of other random or systematic instabilities. A time-series aims at the statistical investigation of each of the mentioned four components and how effective the value is on the event. Interaction between these components helps to understand the time series. This interaction between them is classified as either additive or multiplicative. In a multiplicative time series, the components multiply together to make the time series (if the trend is increasing, the amplitude of seasonal activity is increasing). In an additive time series, the components

add together to make the time series (if the trend is increasing, the absolute value is growing, but changes stay relative). Therefore, a time series can be expressed in the following manner:

$$X(t) = T(t) \times C(t) \times S(t) \times E(t), \tag{1}$$

$$X(t) = T(t) + C(t) + S(t) + E(t)$$

where the argument t is the time of the series observation. Traditional methods of the time series analysis mainly work on the decomposition of the trend change, and on identifying seasonal and cyclic changes. Any other remaining signal can be attributed to other unidentified accidental or systematic instabilities. The spectral analysis used to determine the predominant noise in the time series of GNSS coordinates actually refers to the analysis of the $E(t)$ component (Li et al., 1999).

In geophysical research, the trend estimation of GNSS time series represents a starting point. Apart from significant episode deformations, such as major earthquakes, a linear trend may represent a good indicator of the way the site moves inter-seismically. In time series describing geophysical processes, noise is usually time-correlated, which can seriously affect the accuracy of the linear trend estimation, e.g. velocity and its standard deviation (Langbein, 2004). Linear changes can be explained through tectonic plates motions, whereas non-linear changes are mainly caused by unidentified internal errors related to the GNSS equipment, as well as by external geophysical effects such as coseismic earthquakes.

A mathematical model (2) that can be used in analyzing the coordinate components of GNSS daily time series is (see e.g. Dingcheng, 2017):

$$y(t_i) = a + \sum_{i=1}^n b_i (t_i - t_0)^i + \sum_{i=1}^{n_p} (c_i \sin(2\pi t_i / p_i) + d_i \cos(2\pi t_i / p_i)) + \sum_{j=1}^{n_g} g_j H(t_i - t_{g_j}) + \sum_{i=1}^{n_A} (c_{A_i} + AH \ln(1 + \frac{t_i - t_{eq}}{\tau})) + \sum_{i=1}^{n_e} (t_{e_i}) \tag{2}$$

where: y - daily solutions of a time series of GNSS coordinates, a - position of the station, b_i - linear velocity of the station, t - time, c_i and d_i - describes annual and semi-annual amplitudes of periodical motions (harmonic components are included into the model of annual, seasonal and higher frequency time-dependent phenomena), $n_p = 2$, $p_1 = 2$ year, $p_2 = 0.5$ year, $\sum_{j=1}^{n_g} g_j H(t_i - t_{g_j})$ - describes

sudden phenomena caused by equipment or seismic events for any given number of deviations n_g of the element g and epoch t_{g_j} , using the Heaviside function (unit step function applied in signal processing in order to present the signal that changes its condition), t_{eq} - representing the time of earthquake (referring to the time of the main impact), c - co-seismic motion after the earthquake (represented by logarithmic or exponential function, data offset caused by post-seismic relaxation with a logarithmic or exponential decay), A - amplitude of simplified - Omori law, τ - denoting the time delay of post-seismic deformation after the main impact and t_{e_i} - denoting measurement errors, namely, all remaining changes that can be attributed to other accidental or systematic instabilities. By least-squares adjustment, the model parameters are estimated assuming different models for the coloured noise.

The most common stochastic models for t_{ϵ_i} are those presented in Williams (2003) and Williams (2008). In those papers, t_{ϵ_i} is assumed to have a power spectrum that depends on the frequency f according to the form given in Williams (2003):

$$P(f) = P_0(f / f_0)^\alpha, \tag{3}$$

where: f - spatial or time frequency, f_0 and P_0 - normalisation constants and α - spectral index. Based on the value of α , different stochastic processes can be described with this model. If α is in the range $-1 \leq \alpha \leq 1$, fractional Gaussian motion, t_{ϵ_i} is a stationary stochastic process. For $|\alpha| > 1$, fractional Brownian motion, t_{ϵ_i} is non-stationary (Mandelbrot 1977). They represent a solid indicator of the noise source characterisation. Special cases of spectral indexes are white noise ($\alpha = 0$), flicker noise ($\alpha = -1$) and random-walk noise of Brownian motion ($\alpha = -2$). Figure 1 illustrates the noise spectrum and the associated names given to the integer values.

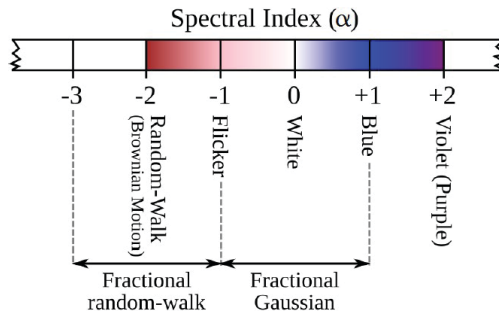


Figure 1: Spectral index of noise in geophysical phenomena (M. A. Goudarzi et al., 2015).

We estimated spectral indices from post-fit residuals after removing linear, annual, and semi-annual signals as well as probable jumps in the position time series using Eq. (2). Generally, it is possible to fit the power-law function given in Eq. (3) to a periodogram obtained by Fast Fourier Transformation (FFT) and estimate P_0 and α . The FFT is a traditional method for determining the power spectrum. It requires evenly distributed data. It cannot be used in data containing gaps, which is a common case with a time-series of GNSS coordinates. Using interpolation methods several artefacts are then introduced to the data in both time and frequency domains, especially when the gap is large (Press et al., 1992). Therefore, in this study, we use the Lomb-Scargle algorithm to calculate the periodogram of post-fit residuals per station per position direction (Lomb 1976; Scargle 1982). This method has the advantage of evaluating the data of a time series of GNSS coordinates only at measured epochs, gives periodic signals in unevenly distributed observations, and evaluates logarithmic Lomb-Scargle power spectrum of a time-series of GNSS coordinates. The normalized Lomb-Scargle periodogram (normalized spectral power as a function of frequency) P_x of a time series of GNSS coordinates $y(t_i)$ for $i = 1, 2, \dots, N$ is estimated by Mao et al. (1999):

$$P_x(\omega) = \frac{1}{2\sigma^2} \left\{ \frac{\left[\sum_{j=1}^N (y_j - \bar{y}) \cos \omega(t_j - \tau) \right]^2}{\sum_{j=1}^N \cos^2 \omega(t_j - \tau)} + \frac{\left[\sum_{j=1}^N (y_j - \bar{y}) \sin \omega(t_j - \tau) \right]^2}{\sum_{j=1}^N \sin^2 \omega(t_j - \tau)} \right\}, \tag{4}$$

where: ω - angular frequency ($\omega = 2\omega f > 0$), σ - root mean square (RMS) $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (x_j - \bar{x})^2}$ and \bar{x} - means value $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_j$, the constant τ is defined as an offset - $\tan(2\omega\tau) = \frac{\sum_{j=1}^N \sin 2\omega t_j}{\sum_{j=1}^N s \cos 2\omega t_j}$.

The periodogram is calculated in the range of the Nyquist frequency. The power of noise is plotted in dB using logarithm function to base 10 as:

$$P_x(f) = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_v}{f_s} \right), \tag{5}$$

where: P_v is the power spectrum of the post-fit residuals estimated from Eq. (4) and f_s is the sampling frequency with the unit of day^{-1} . Then, the spectral index α of the power-law process (3) is estimated as the slope of the spectra in log-log space using Nikolaidis (2002):

$$\alpha = \frac{P_x(f)}{10 \cdot \log_{10}(f)}. \tag{6}$$

To process a time series we used TSAAnalyzer, GNSS Time Series Analysis Software developed at the Geodesy and Dynamics Laboratory at the Institute of Geodesy and Geophysics in China (Dingcheng et al., 2017). Software package TSAAnalyzer was written in Python and was developed for preprocessing and analyzing continuous GNSS position time series individually. It also provides a Lomb-Scargle spectrum analysis. Since it is based on Python, it is cross-platform software.

2.1 Methods for co-seismic and inter-seismic parameterization

The analysis of crustal deformations plays an important role in studies related to the whole seismic cycle. The seismic cycle stages can be estimated reliably using the time series of GNSS coordinates. Many seismogenic areas are monitored in this way (Hudnut, 2002). The seismic cycle refers to the notion of observing an earthquake before, during, and after its occurrence. In terms of crustal deformation, it can be divided into four-time phases: interseismic phase, preseismic phase, coseismic phase and postseismic phase (Figure 2).

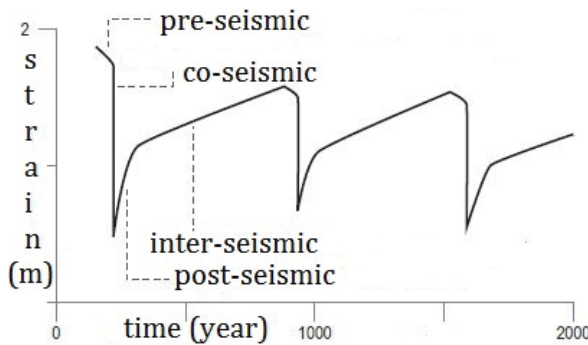


Figure 2: Seismic cycles.

Interseismic slip, which accounts for most of the cycle, refers to the time between earthquakes. One of the significant inferences from the measurement of fault zones by satellite surveying techniques is that

almost all major faults showed some stresses during the interseismic period (Wright et al., 2013). The pre-seismic phase refers to the time just before the earthquake arrives. Small magnitude earthquakes occur during this phase and some anomalies that represent the occurrence of a stronger earthquake may occur. The coseismic phase refers to the time of the earthquake when faults burst and seismic waves are generated. Earthquakes generate dynamic and static movements. Both of these movements cause changes in the Earth's crust and Earth's sheath that lead to other forms of deformation. Dynamically they are expanding, but after the seismic waves pass they return to their original positions, while static movements are permanent. Seismometers can record dynamic but not static movements, which requires additional surveying and instrumentation. Considering high-precision GNSS measurements, coseismic shifts make a significant contribution to understanding the dynamics of the Earth's surface. Earthquakes induce coseismic deformations in the crust and can create large changes in the position of geodetic stations, which are especially visible in the time series of GNSS positions.

The fourth phase of the seismic cycle is the postseismic phase that takes place after the earthquake and corresponds to the period of a few minutes to several years after the earthquake. It is reflected in the subsequent earthquakes (aftershocks) that follow the main stroke. This phase is the phase following movements that occur after an earthquake and the return of faults to the interseismic phase state.

In our study (Sarajevo, Koran, Valjevo and Turija), for all earthquakes JavaScript Object Notation (JSON) text format was used for processing. JSON offset file is created based on the data downloaded from USGS (U.S. Geological Survey) at <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> for earthquakes with magnitudes of 4 near SRVJ and BEOG stations for the time periods researched in this paper. Earthquakes recorded near the station SRVJ were downloaded from Earthquake Catalog near the location of Sarajevo at 43,792 N 18,452 E, 5,0 km depth, on 2009-03-31, and with M 4,1, and near the location of Koran at 43,761 N 18,569 E, 3,6 km depth, on 2015-04-12, with M 4,1; and near the station BEOG at the locations near Valjevo at 44,126 N 19,936 E, 9,0 km depth, on 2015-03-08, and with M 4,4, and Turija at 44,463 N 21,624 E, 2,0 km depth, on 2016-06-09, and with M 4,2. After that (JSON) text format is reloaded into TSAalyzer software for further analysis. In this paper we analyzed real co-seismic deformations. Our strategy consists of processing data from our time series on the day of the earthquake. A significant number of studies use daily position time series to estimate the coseismic offsets, whereas the strategy used for the calculations varies. For instance, processing the data time series 4 days before the earthquake and 4 days after the earthquake to compute the coseismic offsets of 2013 Craig, Alaska, earthquake (Mw7.5), (Ding et al., 2015).

3 RESULTS OF NUMERICAL RESEARCH

3.1 Time series of GNSS coordinates of the station SRVJ

Our study was first performed for the time series of GNSS coordinate daily solutions of the station SRVJ for the period from June 1999 to April 2019 with the number of epochs equal to 4389 and the gap of 39.4%. To start the analysis, we first detrended the daily observation and solved semi-annual and annual signals. We estimated site velocity in the IGS08 frame. Semi-annual and annual signals per component were modelled using Eq. (2). The results are presented in Figure 3 and Table 1 (below).

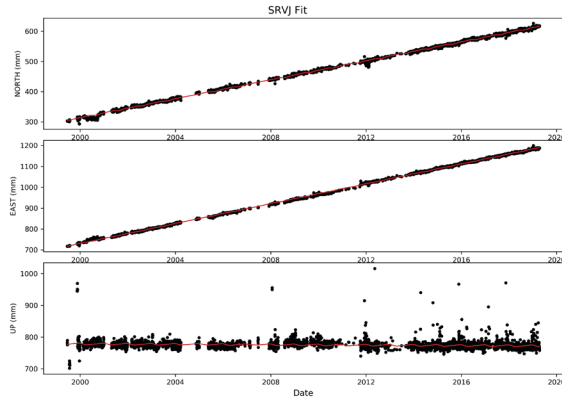


Figure 3: Detrending daily observations of the site SRVJ, including determining semi-annual and annual signals.

The estimated trend from the time series shows positive values for the horizontal component and negative values for the vertical component. The trend tends to increase in the direction of northeast (28.50 mm/year). Estimated horizontal components have smaller deviations than the vertical part. The Weighted Root Mean Square (WRMS) error estimation of the function for one year for coordinates and deformations is 3.16 mm for the horizontal component and 13.67 mm for the height component. A large WRMS value (up to 25.0 mm) for the height component can result from too large geophysical anomalies, which affect changes in GNSS station coordinates and cause inaccuracies in deformation modelling (Kaczmarek et al., 2018). This study shows that there are seasonal and semi-annual signals in all three coordinate components. It can be seen that the periodic components are different for the analyzed station SRVJ. However, the annual period is dominant. Annual variation is with typical amplitudes about 1 mm for horizontal and 2 mm for vertical.

Table 1: The results detrending daily observation of SRVJ including WRMS (Weighted Root Mean Squared), semi-annual and annual variation and estimated velocity in the IGS08 frame.

Solution	SRVJ		
	North component	East component	Up component
	WRMS: 2.99 mm	WRMS: 3.33 mm	WRMS: 13.67 mm
Station Velocities (IGS08):	15.67 ± 0.01 mm/yr	23.8 ± 0.01 mm/yr	-0.31 ± 0.03 mm/yr
Semi-annual variation (sin):	-0.73 ± 0.07 mm	-0.23 ± 0.07 mm	-0.08 ± 0.30 mm
Semi-annual variation (cos)	0.22 ± 0.06 mm	-0.01 ± 0.07 mm	0.80 ± 0.29 mm
Annual variation (sin)	1.11 ± 0.07 mm	0.19 ± 0.07 mm	-1.59 ± 0.30 mm
Annual variation (cos)	0.34 ± 0.06 mm	0.94 ± 0.07 mm	1.62 ± 0.29 mm

3.2 Spectral domain analysis of the SRVJ station

Next, spectral indices were estimated from post-fit residuals after removing linear, annual and semi-annual signals using Eq. (4) for three position directions of the station SRVJ. Figure 4 presents a stochastic character of a power-law spectral index of the examined station SRVJ. In general, spectral indices estimated for stations vary between -1.01 and -0.26, meaning we deal with different spectral characters of residuals. Power spectra of the station SRVJ was estimated for about 20 years of data. Spectral indices

were estimated as -1.01 ± 0.02 , -0.78 ± 0.02 and -0.26 ± 0.02 for the east, north and up directions, respectively. Power spectrum analysis confirms that GPS time series also do not contain significant power at annual harmonic frequencies (with spectral indices $-1 < \alpha < 1$), which indicates the presence of repeating signals without significant impacts. However, unless accounted, those annual signals can affect the estimation of site velocities intended for high accuracy purposes such as plate tectonics and reference frames (Blewitt et al., 2002).

Analyzed spectral indices of the GNSS coordinate time-series of SRJV in the range of $-1 \leq \alpha \leq 1$, describe the stationary stochastic process. The estimated spectral index of the station SRJV East component is $\alpha = -1$ and equals to flicker noise. A proper description of the noise characteristics is essential for the estimation of realistic velocity uncertainties and for the proper interpretations of geophysical phenomena. Stationarity means that the statistical properties of the process generating the time series do not change over time. It does not mean that the series does not change over time, only that the way it changes does not change itself over time. Stationary processes are a sub-class of a wider family of possible models of reality. This sub-class is much easier to model and investigate.

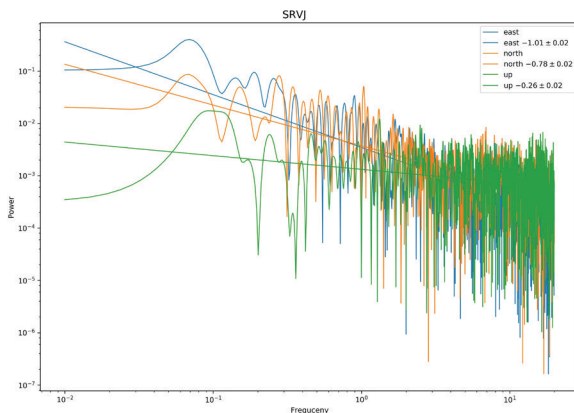


Figure 4: Spectral domain analysis obtained using Lomb-Scargle method, and the estimated spectral indices of the station SRJV.

The final reason for stationarity is the importance of its ubiquity in the time series analysis of GNSS coordinates, making it possible to understand, detect and model as necessary for the application of many prominent tools and procedures in the time series analysis.

3.3 The use of GNSS coordinate time series of the station SRJV to study 2009 and 2015 earthquakes near Sarajevo and Koran

Earthquakes from 2009 and 2015 near Sarajevo and Koran were next analyzed using data from the SRJV time series. Using Eq (2), it was determined how the earthquakes influenced station velocities on a particular day and at the particular time when the earthquake occurred (Figure 5a and Figure 5b). Table 2 and Table 3 show the estimated co-seismic velocities induced by earthquake.

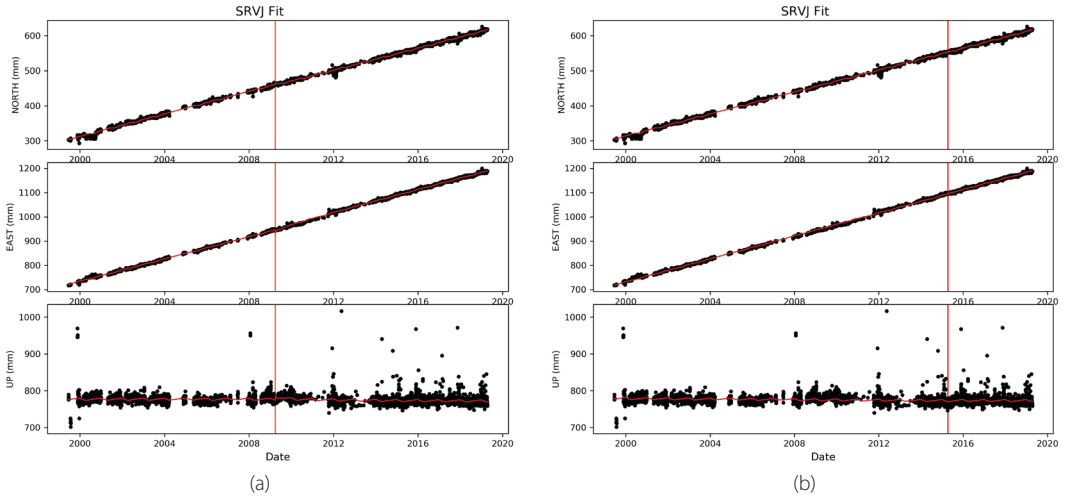


Figure 5: Model in the time domain, detrending daily observation of SRVJ including a semi-annual and annual variation with 2009 and 2015 earthquakes near Sarajevo (a) and Koran (b).

Table 2: The results detrending daily observation of SRVJ including semi-annual and annual variation and estimated velocity seismic event at the location Sarajevo 43,792 N 18,452 E, 5,0 km depth, 2009-03-31, M 4,1.

SRVJ with 2009 earthquake near Sarajevo			
Solution	North component	East component	Up component
	WRMS: 2.89 mm	WRMS: 2.62 mm	WRMS: 13.62 mm
Station Velocities (IGS08):	16.08 ± 0.02 mm/yr	22.90 ± 0.01 mm/yr	-0.31 ± 0.03 mm/yr
Semi-annual variation (sin):	-0.80 ± 0.06 mm	-0.23 ± 0.07 mm	-0.08 ± 0.30 mm
Semi-annual variation (cos)	0.24 ± 0.06 mm	-0.01 ± 0.07 mm	0.80 ± 0.29 mm
Annual variation (sin)	1.07 ± 0.06 mm	0.19 ± 0.07 mm	-1.59 ± 0.30 mm
Annual variation (cos)	0.26 ± 0.06 mm	0.94 ± 0.07 mm	1.62 ± 0.29 mm
Co-seismic velocities	3.59 ± 0.50 mm	-18.28 ± 0.45 mm	14.22 ± 2.42 mm

Table 3: The results detrending daily observation of SRVJ including semi-annual and annual variation and estimated velocity seismic event at the location Koran on 43,761 N 18,569 E, 3,6 km depth, 2015-04-12, M 4,1.

SRVJ with 2015 earthquake near Koran			
Solution	North component	East component	Up component
	WRMS: 2.99 mm	WRMS: 3.28 mm	WRMS: 13.67 mm
Station Velocities (IGS08):	15.68 ± 0.01 mm/yr	23.73 ± 0.01 mm/yr	-0.37 ± 0.05 mm/yr
Semi-annual variation (sin):	-0.76 ± 0.06 mm	-0.19 ± 0.07 mm	-0.12 ± 0.30 mm
Semi-annual variation (cos)	0.22 ± 0.06 mm	-0.01 ± 0.07 mm	0.81 ± 0.29 mm
Annual variation (sin)	1.13 ± 0.06 mm	0.22 ± 0.07 mm	-1.52 ± 0.30 mm
Annual variation (cos)	0.31 ± 0.06 mm	1.07 ± 0.07 mm	1.62 ± 0.30 mm
Co-seismic velocities	-1.72 ± 0.49 mm	4.93 ± 0.54 mm	-1.94 ± 2.18 mm

Earthquakes induce coseismic deformations and can create changes in the position of geodetic stations, which are especially visible in the time series of GNSS coordinates. Earthquakes with magnitudes more than 8 significantly affect the position of GPS stations thousands of miles

away from the epicenter of the earthquake, taking into account the precision of GPS measurement today, which is at the level of several millimeters (Tregoning et al., 2013). Intermediate earthquake (magnitudes 6 to 8) can also have a significant impact on GPS station displacements (Metivier et al., 2014). Coseismic deformations obtained by processing the available earthquakes of magnitude ~ 4 do not show any significant changes with respect to the interseismic phase of the time series. Also, the spectral indices correspond to the stationary Gaussian process, (Figure 5a and Figure 5b).

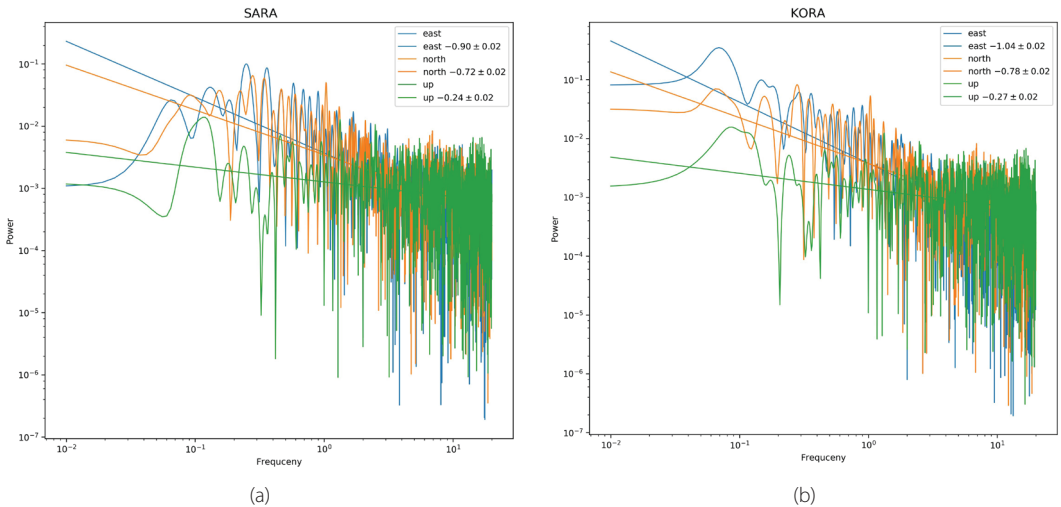


Figure 6: Spectral domain analysis, method Lomb-Scargle and the estimated spectral indices of the station SRVJ for 2009 and 2015 earthquakes in Sarajevo (a) and Koran (b).

3.4 Time series of GNSS coordinates of the station BEOG

Our study was next performed for the time series of GNSS coordinate daily solutions of the station BEOG for the period from August 2014 to April 2019 with the number of epochs equal to 1615 and with the gap of 5.8%. To start the analysis we detrended the daily observations and determined the semi-annual and annual signals. We estimated site velocity in the IGS08 frame, and semi-annual and annual signals per component were modelled using Eq. (2). The results are presented in Figure 7 and Table 4 (below).

The estimated trend from the time series shows positive values for the horizontal component and negative values for the vertical component. The trend tends to increase in the direction of northeast (27.71 mm/year). Estimated horizontal components have smaller deviations than the vertical part. The Weighted Root Mean Square (WRMS) error estimation of a function for one year for coordinates and deformations is 2.31 mm for the horizontal component and 5.36 mm for the height component. This study shows that there are seasonal and semi-annual signals in all three coordinate components. It can be seen that the periodic components are different for the analyzed BEOG station. Also, the annual period is dominant. Annual variation is with typical amplitudes about 1 mm for horizontal and over 2 mm for vertical.

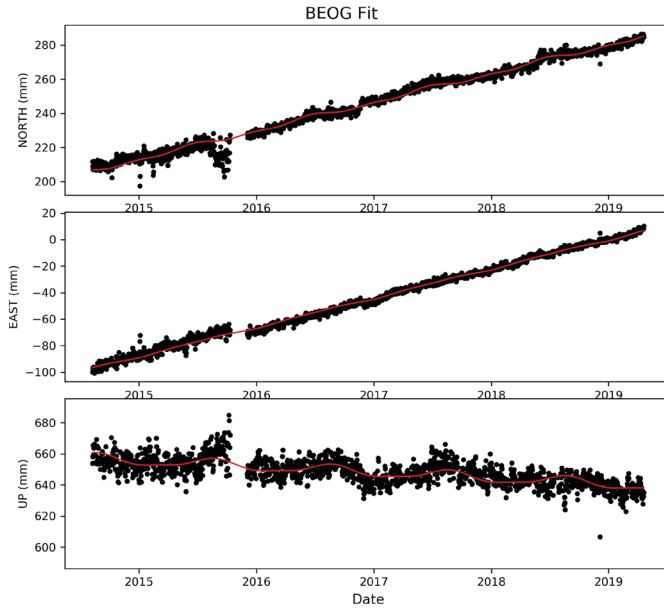


Figure 7: Detrending daily observation of the site BEOG, including determining semi-annual and annual signals.

Table 4: The results detrending daily observation of BEOG including WRMS (Weighted Root Mean Squared), semi-annual and annual variation and estimated velocity in the IGS08 frame.

Solution	BEOG		
	North component WRMS: 2.49 mm	East component WRMS: 2.13 mm	Up component WRMS: 5.36 mm
Station Velocities (IGS08):	16.77 ± 0.05 mm/yr	22.06 ± 0.04 mm/yr	-3.69 ± 0.10 mm/yr
Semi-annual variation (sin):	-0.28 ± 0.09 mm	-0.01 ± 0.07 mm	0.80 ± 0.19 mm
Semi-annual variation (cos):	0.70 ± 0.09 mm	-0.33 ± 0.07 mm	-0.38 ± 0.19 mm
Annual variation (sin):	0.35 ± 0.09 mm	-0.15 ± 0.07 mm	-2.15 ± 0.19 mm
Annual variation (cos):	-0.93 ± 0.09 mm	-0.62 ± 0.08 mm	-2.20 ± 0.19 mm

3.5 Spectral domain analysis of the BEOG station

Next, spectral indices were estimated from post-fit residuals after removing linear, annual, and semi-annual signals using Eq. (4) for three position directions of the station BEOG. Figure 8 presents a stochastic character of a power-law spectral index of the examined station BEOG. In general, spectral indices estimated for stations vary between -0.88 and -0.38 . Power spectra of the station BEOG was estimated for about 5 years of data.

Spectral indices were estimated as -0.88 ± 0.02 , -0.74 ± 0.02 and -0.38 ± 0.02 for the east, north and up directions, respectively. Power spectrum analysis confirms that GPS time series also do not contain significant power at annual harmonic frequencies (with spectral indices $-1 < \alpha < 1$), which indicates the presence of repeating signals without significant impacts. Analyzed spectral indices of GNSS coordinate time-series of BEOG also describe the stationary stochastic process.

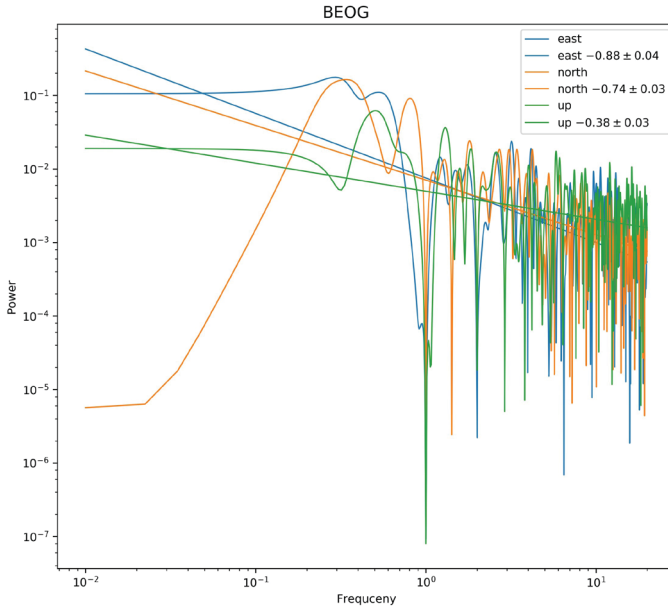


Figure 8: Spectral domain analysis using the Lomb-Scargle method and the estimated spectral indices of the station BEOG.

3.6 The use of GNSS coordinate time series of the station BEOG to study 2015 and 2016 earthquakes near Valjevo and Turija

Earthquakes from 2015 and 2016 near Valjevo and Turija were next analyzed using the GNSS time series at the site BEOG. Using Eq (2), we determined how the earthquakes influenced the station coordinates on the particular day and at the particular time when these earthquakes occurred (Figure 9a and Figure 9b). Table 5 and Table 6 show the estimated motions induced by these two earthquakes.

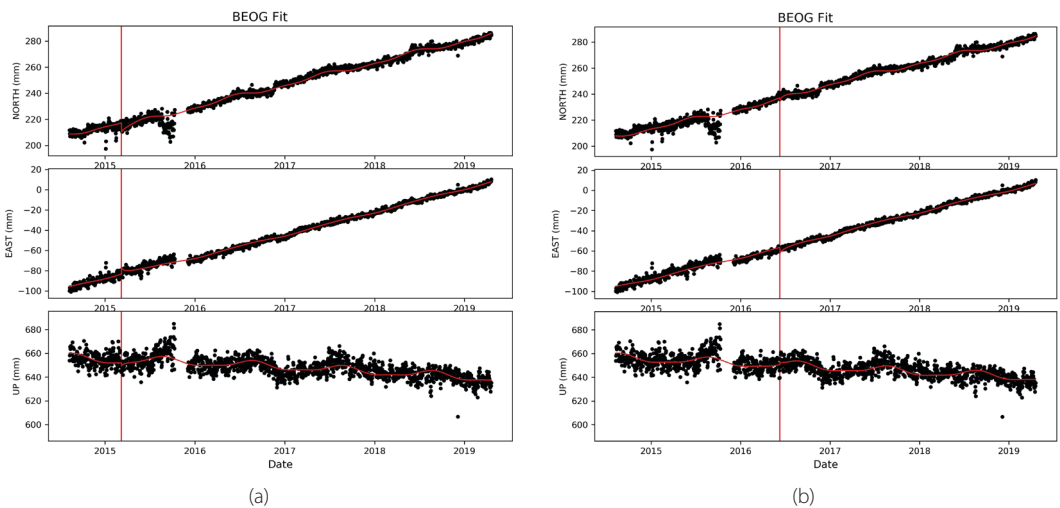


Figure 9: Model in the time domain of detrended daily observation at the site BEOG, including semi-annual and annual signals, for 2015 and 2016 earthquakes that occurred near Valjevo (a) and Turija (b).

Table 5: The results detrending daily observation of BEOG including semi-annual and annual variations and estimated velocity seismic event at the location Valjevo 44,126 N 19,936 E, 9,0 km depth, 2015-03-08, M 4,4.

BEOG with seismic event at the locality of Valjevo			
Solution	North component	East component	Up component
	WRMS: 2.34 mm	WRMS: 1.91 mm	WRMS: 5.34 mm
Station Velocities (IGS08):	16.53 ± 0.11 mm/yr	23.72 ± 0.09 mm/yr	-4.62 ± 0.26 mm/yr
Semi-annual variation (sin):	-0.35 ± 0.08 mm	-0.01 ± 0.07 mm	0.82 ± 0.19 mm
Semi-annual variation (cos)	0.67 ± 0.08 mm	-0.15 ± 0.07 mm	0.48 ± 0.19 mm
Annual variation (sin)	0.70 ± 0.09 mm	-0.31 ± 0.07 mm	2.12 ± 0.19 mm
Annual variation (cos)	-1.28 ± 0.09 mm	-0.80 ± 0.07 mm	2.03 ± 0.20 mm
Co-seismic velocities	-7.84 ± 0.71 mm	8.18 ± 0.59 mm	3.38 ± 1.68 mm

Table 6: The results detrending daily observation of BEOG including semi-annual and annual variations and estimated velocity seismic event at the location Turija on 44,463 N 21,624 E, 2,0 km depth, 2016-06-09, M 4,2.

BEOG with a seismic event at the locality of Turija			
Solution	North component	East component	Up component
	WRMS: 2.34 mm	WRMS: 1.99 mm	WRMS: 5.36 mm
Station Velocities (IGS08):	14.96 ± 0.13 mm/yr	21.06 ± 0.11 mm/yr	-3.41 ± 0.30 mm/yr
Semi-annual variation (sin):	-0.30 ± 0.08 mm	0.02 ± 0.07 mm	0.80 ± 0.19 mm
Semi-annual variation (cos)	0.77 ± 0.08 mm	-0.15 ± 0.07 mm	-0.43 ± 0.19 mm
Annual variation (sin)	0.73 ± 0.09 mm	-0.13 ± 0.07 mm	-2.16 ± 0.20 mm
Annual variation (cos)	-1.02 ± 0.09 mm	-0.90 ± 0.07 mm	-2.11 ± 0.20 mm
Co-seismic velocities	-2.63 ± 0.55 mm	-7.05 ± 0.46 mm	2.02 ± 1.24 mm

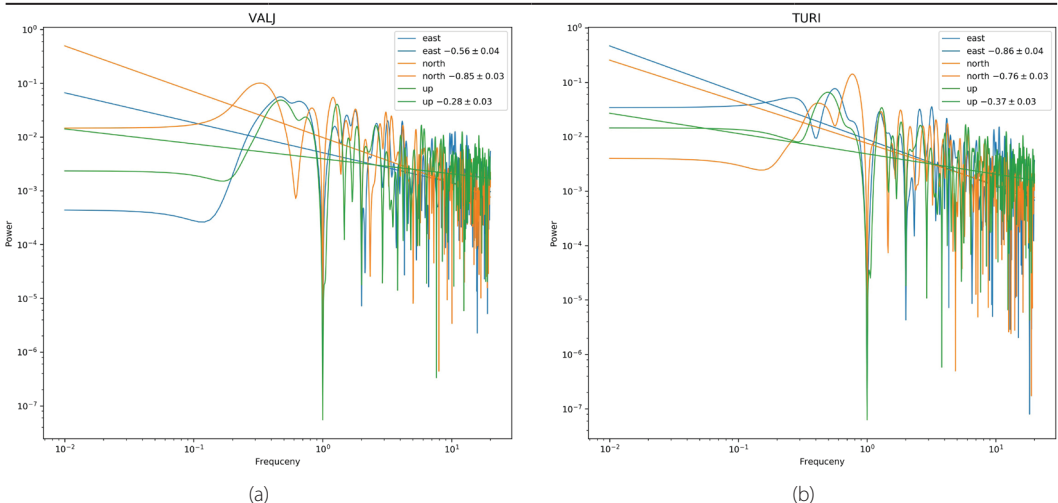


Figure 10: Spectral domain analysis using the Lomb-Scargle method and the estimated spectral indices of the station BEOG during 2015 and 2016 earthquakes near Valjevo (a) and Turija (b).

Postseismic deformations are usually in the same direction as the coseismic deformations. In general, postseismic deformations remain far smaller than coseismic deformation. However, postseismic accumulated deformations achieve a value usually as large as the coseismic deformations after 3–4 years of

deformations, (Trubienko et al., 2013). The coseismic deformations of the BEOG station obtained by processing the magnitudes 4.4 and 4.2 of the available earthquakes do not show any significant changes with respect to the interseismic phase of the time series. Also, the spectral indices correspond to the stationary Gaussian process, (Figure 10a and Figure 10b).

4 CONCLUSION

Spectral analysis time series of GNSS coordinates provides a key tool to quantify and understand tectonic movements. We used daily coordinate solutions of the stations SRVJ and BEOG, and performed analysis of those GNSS time series to obtain models of the series that fit best inter-seismic and co-seismic motions, taking into account trends and seasonal variations. The type of noise that flavours these data were obtained using a white spectral domain analysis, the Lomb-Scargle method, and post-fit residuals after removing linear, annual, and semi-annual signals. The Lomb-Scargle method was used for the power spectrum analysis because it does not require evenly distributed data. The time series of GNSS coordinates frequently contain missing data because of malfunction of GNSS receivers, power failure, removal of abnormal results, etc. The time series of GNSS coordinates have a gap of 39.4 % for the station SRVJ and the gap of 5.8 % for the station BEOG.

The clean inter-seismic velocities we obtained here were calculated using described models Eq. (2), also calculated by means of the least-squares estimation with seasonal model, taking into account the annual and semi-annual periodicities. For the SRVJ station our estimated clean inter-seismic velocity is 15.67 ± 0.01 mm/yr, 23.8 ± 0.01 mm/yr, -0.31 ± 0.03 mm/yr in the north, east and up, respectively. For the BEOG station our estimated clean inter-seismic velocity is 16.77 ± 0.05 mm/yr, 22.06 ± 0.04 mm/yr, -3.69 ± 0.10 mm/yr in the north, east and up, respectively. For both stations, variations are almost perfectly linear for the horizontal components that are east and north, and this clearly shows the tectonic motion. As a result of the trend analyses of time series, it was determined that stations were moving in the northeast direction 28.50 mm/year and 27.71 mm/year, for SRVJ and BEOG, respectively. This finding is consistent with the region's tectonic plate movements.

The vertical component includes significant seasonal variations. For the SRVJ station, our estimated annual periodicities are -1.59 ± 0.30 mm, 1.62 ± 0.29 mm of cycle sin and cycle cos, respectively. For the BEOG station our estimated annual periodicities are -2.15 ± 0.19 mm, -2.20 ± 0.19 mm of cycle sin and cycle cos, respectively. The coordinate time series of vertical components contain repeating annual cycles stemming from hydrological and atmospheric loading (Blewitt, et al., 2002). Without taking into account seasonal signals, it results in an increase in the auto-correlated or temporally correlated noise within a time series, which influences the stochastic model (Klos et al., 2018).

Knowledge of the spectral index is fundamental because it allows identification of the type of noise present in the time series. The values of spectral indices determined for SRVJ and BEOG have a range that corresponds to the fractional Gaussian noise, which is stationary, uncorrelated with time, and has statistical properties that are invariant over time. The spectral indices for the east component of the site SRVJ also require a flicker noise component. However, the origin of this flicker noise is still unclear. Flicker noise may simply be intrinsic to the GNSS system, due to errors in the GNSS observations or in their modelling (Rebischung et al., 2017). Several authors have suggested that white noise and flicker

noise, and to a smaller extent random walk, dominate GPS coordinate time series noise spectrum (Mao et al., 1999, Williams et al., 2004, Zhang et al., 1997).

When processing available earthquakes of magnitude ~ 4 , the obtained coseismic velocities do not show any significant changes in the time series of GNSS coordinates, and they are in the range from -1.72 to -18.28 mm. Also, the estimated spectral indices for the SRVJ and BEOG stations during four earthquakes near Sarajevo, Koran, Valjevo and Turija are in the range of fractional Gaussian motion described. At the BEOG station, some fluctuations in the interseismic phase can be observed (between Valjevo and Turi earthquakes). This phenomenon was also observed at the SRVJ station between Sarajevo and Koran earthquakes, but of smaller magnitude. In this study, we see that each earthquake generates coseismic deformations in the region surrounding its epicentre. However, earthquakes with an average magnitude of about 4 do not cause significant discontinuities in the time series of GNSS coordinates. Bosnia and Herzegovina, and Serbia have a history of earthquakes of magnitude ~ 4 related to the tectonic activity in the Dinarides. Our analysis of time series coordinates, conducted using described models for four specific earthquakes, has given estimated coseismic station velocities. In order to better understand these events and their geodynamics, it is fundamental to the study of cinematics. Perfect modelling of cosmic deformations would be extremely complex as it would strongly depend on the local topographic and geological characteristics of the region. These results indicate that stations SRVJ and BEOG located in Bosna and Hercegovina and Serbia, respectively are rather stable and reliable and this described technique may be useful to others studying bigger or nearer earthquakes.

Literature and references:

Beutler, G., Busersima, L., Gurtner, W., Rothacher, M., Schildknecht, T. (1987). Evaluation of the Alaska Global Positioning System Campaign with the Bernese Software. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 92 (B2), 1295–1303. DOI: <https://doi.org/10.1029/jb092ib02p01295>

Blewitt, D., Lavallee, D. (2002). Effect of annual signals on geodetic velocity. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 107 (7). DOI: <https://doi.org/10.1029/2001jb000570>

Bock, Y., Agnew, D., C., Fang, P., Genrich, J., F., Hager, B., H. (1993). Detection of crustal deformation from the Landers earthquake sequence using continuous geodetic measurements. *Nature*, 361 (6410), 337–340. DOI: <https://doi.org/10.1038/361337a0>

Ding, K., Freymueller, J. T., Wang, Q., Zou, R. (2015). Coseismic and early postseismic deformation of the 5 January 2013 Mw7.5 Craig earthquake from static and kinematic GPS solutions. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 105 (2B), 1153–1164. DOI: <https://doi.org/10.1785/0120140172>

Dingcheng, W., Haoming, Y., Yingchun, S. (2017). TSAnalyzer, a GNSS time series analysis software. *GPS Solutions*, 21 (3), 1389–1394. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10291-017-0637-2>

Feigl, K., L., Agnew, D., C., Bock, Y., Dong, D., Donnellan, A., Hager, B., H., Herring, T., A., Jackson, D., D., Jordan, T., H., King, R., W., Larsen, S., Larson, K., M., Murray, M., H., Shen, Z., Webb, F., H. (1993). Space geodetic measurement of crustal deformation in central and southern California. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 98 (B12), 677–712. DOI: <https://doi.org/10.1029/93jb02405>

Foulger, G. R., Bilham, R., Morgan, W., J., Einarsson, P. (1987). The Iceland GPS geodetic field campaign 1986. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 68(52), 1809–1813. DOI: <https://doi.org/10.1029/eo068i052p01809-02>

Hudnut, K. W. (2002). Continuous GPS observations of postseismic deformation following the 16 October 1999 Hector Mine, California, earthquake (Mw 7.1). *Bulletin of the Seismological Society of America*, 92 (4), 1403–1422. DOI: <https://doi.org/10.1785/0120000912>

Kaczmarek, A., Kontny, B. (2018). Estimates of seasonal signals in GNSS time series and environmental loading models with iterative least-squares estimation (iLSE) approach. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 15 (2), 131–141. DOI: <https://doi.org/10.13168/agg.2018.0009>

Kellogg, J., N., Dixon, T., H. (1990). Central and South America GPS geodesy- CASA UNO. *Geophysical Research Letters*, 17 (3), 195–198. DOI: <https://doi.org/10.1029/g1017i003p00195>

Klos, A., Bos, M. S., Bogusz, J. (2018). Detecting time-varying seasonal signal in GPS position time series with different noise levels. *GPS Solutions*. 22 (1). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10291-017-0686-6>

Langbein, J. (2004). Noise in two-color electronic distance meter measurements revisited. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 109 (B4). DOI: <https://doi.org/10.1029/2003jb002819>

Li, J., Miyashita, K., Kato, T., Miyazaki, S. (2000). GPS time series modeling by autoregressive moving average method: Application to the crustal deformation in central Japan. *Earth Planets Space*, 52 (3), 155–162. DOI: <https://doi.org/10.1186/bf03351624>

- Lomb, N. R. (1976). Least-Squares Frequency Analysis of Unequally Spaced Data. *Astrophysics and Space Science*, 39 (2), 447–462. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf00648343>
- Mann, S. P. (1995). *Statistics For Business and Economics*. Wiley.
- Mandelbrot, B. B. (1977). *Fractals: form, chance and dimension*. San Francisco, CA: Freeman.
- Mao, A., Harrison, C. G. A., Dixon, T. H. (1999). Noise in GPS coordinate time series. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 104 (B2), 2797–2816. DOI: <https://doi.org/10.1029/1998JB900033>
- Metivier, L., Collilieux, X., Lercier, D., Altamimi, Z., Beauducel, F. (2014). Global coseismic deformations, GNSS time series analysis, and earthquake scaling laws. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 119 (12), 9095–9109. DOI: <https://doi.org/10.1002/2014jb011280>
- Miyazaki, S., Tsuji, H., Hatanaka, Y., Abe, Y., Yoshimura, A., Kamada, K., Kobayashi, K., Morishita, H., Iimura, Y. (1996). Establishment of the nationwide GPS array (GRAPES) and its initial results on the crustal deformation of Japan. *Bulletin of GSI (Jpn.)*, 42, 27–41.
- Moreira, R. J. S. (2013). *Análise das características de ruído em series temporais GPS*. PhD thesis. Lisboa, Portugal: Universidade de Lisboa.
- Nikolaidis, R. (2002). *Observation of geodetic and seismic deformation with the global positioning system*. PhD thesis. San Diego: University of California.
- Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., Flannery, B. P. (1992). *Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing*. 2nd edition. New York, USA: Cambridge University Press.
- Rebischung, P., Chanard, K., Metivier, L., Altamimi, Z. (2017). Flicker Noise in GNSS Station Position Time Series. *American Geophysical Union, Fall Meeting 2017*, abstract #G13A-04.
- Scargle, J. D. (1982). Studies in astronomical time series analysis. II— statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data. *The Astrophysical Journal*, 263, 835–853. DOI: <https://doi.org/10.1086/160554>
- Tregoning, P., Burgette, R., McClusky, S. C., Lejeune, S., Watson, C. S., McQueen, H. (2013). A decade of horizontal deformation from great earthquakes. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 118 (5), 2371–2381. DOI: <https://doi.org/10.1002/jgrb.50154>
- Trubienko, O., Fleitout, L., Garaud, J.-D., Vigny, C. (2013). Interpretation of interseismic deformations and the seismic cycle associated with large subduction earthquakes. *Tectonophysics*, 589, 126–141. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2012.12.027>
- Williams, S. D. P. (2008). CATS: GPS coordinate time series analysis software. *GPS Solutions*, 12 (2), 147–153. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10291-007-0086-4>
- Williams, S. D. P., (2003). The effect of coloured noise on the uncertainties of rates estimated from geodetic time series. *Journal of Geodesy*, 76 (9–10), 483–494. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-002-0283-4>
- Williams, S. D. P., Bock, Y., Fang, P., Jamason, P., Nikolaidis, R. M., Prawirodirdjo, L., Miller, M., Johnson, D.J. (2004). Error analysis of continuous GPS position time series. *Journal of Geophysical Research*, 109, (B03). DOI: <https://doi.org/10.1029/2003jb002741>
- Wright, T. J., Elliott, J. R., Wang, H., Ryder, I. (2013). Earthquake cycle deformation and the Moho: Implications for the rheology of continental lithosphere. *Tectonophysics*, 609, 504–523. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.07.029>
- Zhang, J., Bock, Y., Johnson, H., Fang, P., Williams, S. D. P., Genrich, J., Wdowinski, S., Behr, J. (1997). Southern California Permanent GPS Geodetic Array: Error analysis of daily position estimates and site velocities. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 102 (B8), 18035–18055. DOI: <https://doi.org/10.1029/97jb01380>



Tucikešić S., Blagojević D. (2019). Modelling of the time-series of GNSS coordinates and their interaction with average magnitude earthquakes. *Geodetski vestnik*, 63 (4), 525–540.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.04.525-540>

Senior Teaching Assistant, Sanja S. Tucikešić
University of Banja Luka
Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy
Stepe Stepanovića 77/3, 78000 Banja Luka,
Bosnia and Herzegovina,
e-mail: sanja.tucikesic@aggf.unibl.org

Prof. Dr. Dragan M. Blagojević
University of Belgrade Faculty of Civil Engineering
Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd,
Serbia
e-mail: bdragan@grf.bg.ac.rs

VPLIV NORMALIZACIJE PODATKOV NA TRANSFORMACIJO 2D-KOORDINAT PRI POSPLOŠENI REGRESIJSKI NEVRONSKI MREŽI GRNN

THE IMPACT OF DATA NORMALIZATION ON 2D COORDINATE TRANSFORMATION USING GRNN

Leyla Cakir, Berkant Konakoglu

UDK: 528.235
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 16. 1. 2019
Sprejeto: 22. 11. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.04.541-553
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 16. 1. 2019
Accepted: 22. 11. 2019

IZVLEČEK

Ena izmed pomembnejših tem raziskovanja na področju geodezije so transformacije med koordinatnimi sistemi. Za vzpostavitev povezave med dvema koordinatnima sistemoma se je kot alternativna metoda uporabila umetna nevronska mreža ANN (angl. artificial neural network). Razvoj učinkovite nevronske mreže je odvisen od strukture in načina učenja mreže ter metode normalizacije podatkov. Pomemben korak pri uporabi nevronske mreže je podatek o načinu normalizacije podatkov. V pričujoči raziskavi je predstavljen učinek osmih vrst normalizacij podatkov na primeru dvorazsežne (2D) transformacije koordinat z uporabo posplošene regresijske nevronske mreže (GRNN). Predstavljene metode normalizacije so označene kot: najvišja (angl. maximize), najnižja-najvišja (angl. min-max), mediana, mediana in mediana absolutnih odstopanj – mediana MAD (angl. median-median absolute deviations – median-MAD), sredina in sredina absolutnih odstopanj – sredina MAD (angl. mean-mean absolute deviations – mean-MAD), statistični stolpec (angl. statistical column), uporaba funkcije tanh in z- vrednost (angl. z-score). Rezultati prikazujejo, da metode najnižja-najvišja, mediana MAD, sredina MAD, funkcija tanh in z- vrednost dosegaajo boljše rezultate od drugih metod, vključenih v raziskavo. Izkazalo se je, da je GRNN učinkovito in praktično orodje za izvedbo transformacije koordinatnih sistemov v ravnini.

KLJUČNE BESEDE

umetna nevronska mreža, posplošena regresijska nevronska mreža, transformacija koordinat, metode normalizacije

ABSTRACT

The coordinate transformation has always been a hot topic in the field of geodesy. The artificial neural network (ANN) has been used as an alternative tool to determine the relationship between any two coordinate systems. Construction of an effective neural network depends on the network architecture, learning parameters and normalization technique used. Finding the best data normalization technique is an important step when designing a neural network. This study investigated the performances of eight normalization techniques on two-dimensional (2D) coordinate transformation using a generalized regression neural network (GRNN). The methods examined included the maximize, min-max, median, median-median absolute deviation (median-MAD), mean-mean absolute deviation (mean-MAD), statistical column, tanh, and z-score. Comparisons revealed that the min-max, median-MAD, mean-MAD, tanh, and z-score techniques achieved superior results compared to the other normalization techniques studied. In addition, the GRNN was found to be an effective, feasible and practical tool for 2D coordinate transformation.

KEY WORDS

artificial neural network, generalized regression neural network, coordinate transformation, normalization technique

1 INTRODUCTION

Currently, in Turkey, all geodetic networks, maps, and measurements are provided within two coordinate systems: the European Datum 1950 (ED50) and the International Terrestrial Reference Frame 1996 (ITRF96). The former was used as the standard for the National Geodetic Network of Turkey until 2005, whereas the latter was accepted as the standard in 2005 (TCSCCE, 2005). This, of course, led to the necessity of coordinate transformation between the two coordinate systems. One-, two- or three-dimensional (1D, 2D or 3D) coordinate transformation has been conducted in various studies to date (Yang, 1999; Yanalak and Baykal, 2001; Kinneen and Feathstone, 2004; Felus and Schaffrin, 2005; Soyacan, 2005; Akyilmaz, 2007; Akyilmaz et al., 2009; Civicioglu, 2012; Sisman, 2014; Fazilova, 2017). In recent years, an alternative to coordinate transformation has emerged through the use of numerical techniques such as artificial neural networks (ANNs). The ANNs are computer-based algorithms with the capability of learning the relationship between input and output data. Researchers have used ANNs as an alternative coordinate transformation approach (Zaletnyik, 2004; Kavzoglu and Saka, 2005; Lin and Wang, 2006; Tierra et al., 2008; Tierra et al., 2009; Turgut, 2010; Yilmaz and Gullu, 2012; Erol and Erol, 2013; Tierra and Romero, 2014; Konakoglu and Gokalp, 2016; Ziggah et al., 2016a; Kaloop et al., 2018). For example, Cakir and Yilmaz (2014) used the polynomials, radial basis functions, and multilayer perceptron neural networks with GPS/levelling measurements in local geoid determination. They observed that the ANN gave better results than the other two methods used. Stopar et al. (2006) proposed a method using the ANN approximation to obtain a trend surface in the Least Squares Collocation (LSC) for geoid determination. Konakoglu et al. (2016) used ANN methods for 2D coordinate transformation and concluded that this could be achieved by using optimum model parameters. Ziggah et al. (2016b) investigated the 3D coordinate transformation performance of the multilayer feed-forward (MLF) neural network, the radial basis function neural network (RBFNN), and multiple linear regression (MLR) and reported that all methods presented satisfactory results. Ziggah et al. (2017) proposed a novel approach to improve the geocentric translation model performance based on the MLF neural network, the RBFNN, and the generalized regression neural network (GRNN). The proposed model ANN-ECM (Artificial Neural Network-Error Compensation Model) was found to achieve better transformation accuracy than the geocentric transformation model. According to Elshambaky et al. (2018), 3D coordinate transformation using an MLF network provided more accurate results than the Helmert, Molodensky, regression, and minimum curvature surface transformation models. The GRNN is based on one-pass learning and its learning speed, consistency, and simple network structure are among its biggest advantages; therefore, this study used the GRNN for 2D coordinate transformation.

Over the years, different kinds of data normalization techniques have been applied to normalize the dataset and some comparative studies for various machine learning algorithms such as ANNs and support vector machines (SVMs) can be found in several papers (Snelick, 2005; Al Shalabi and Shaaban, 2006; Kumar and Ravikanth, 2009). For example, Li and Liu (2011) compared the min-max and maximize normalization techniques for the improved classification of intrusion data using SVMs. The results indicated that the min-max normalization technique gave better results than the maximize normalization technique. Nawi et al. (2013) considered the effects of three normalization techniques on a multilayer perceptron (MLP) trained using a back propagation ANN (BPANN). A comparative analysis of the normalization techniques showed that they enhanced the efficiency of the ANN training process. Pan et

al. (2016) investigated the effect of various normalization techniques for predicting a stock index and its movements by using an SVM. The experimental results showed that an appropriate data normalization technique should be chosen carefully because it has an impact on the prediction accuracy.

The aim of this study was to investigate the effect of different normalization techniques on 2D coordinate transformation via a GRNN. In this work, the performance of GRNN models was evaluated using multiple performance metrics. The findings showed that the task of choosing an optimal normalization technique is essential in order to obtain an effective predictive model on the 2D coordinate transformation using a GRNN.

Section 2 provides the details of the GRNN. A detailed description of the normalization techniques used in this study can be found in Section 3. Section 4 describes the study area and data used in this study. Section 5 presents some of the statistical tests used to evaluate the performance of the normalization techniques. Experimental results and discussions are covered in Section 6, and the last section provides the conclusions of the study.

2 GENERALIZED REGRESSION NEURAL NETWORK (GRNN)

The generalized regression neural network (GRNN), proposed by Specht (1991), is a kind of Radial Basis Neural Network (RBNN) based on kernel regression networks. Unlike back-propagation (BP) learning algorithms, this neural network does not require iterative training procedures. It approximates any arbitrary function between input and output datasets directly from training data (Wang et al., 2016). A GRNN consists of four layers: an input layer, pattern layer, summation layer, and output layer (Fig. 1). The first layer, which is referred to as input, is connected to the pattern layer. The pattern layer is the second layer, where each unit represents a training pattern and its output is a measure of the distance of the input from the stored patterns. Each pattern layer is connected to two neurons: S-summation neuron and D-summation neuron. The S-summation neuron computes the sum of the weighted outputs of the pattern layer, while the D-summation neuron calculates the unweighted outputs of the pattern neurons. The output layer merely divides the output of each S-summation neuron by that of each D-summation neuron, yielding the predicted output value, expressed as Equation (1).

$$\hat{Y}(\mathbf{X}) = \frac{\sum_{i=1}^n Y^i \exp\left(-\frac{D_i^2}{2\sigma^2}\right)}{\sum_{i=1}^n \exp\left(-\frac{D_i^2}{2\sigma^2}\right)} \tag{1}$$

where n is the number of training pattern, Y^i is the training pattern output. D_i^2 is the squared distance between the input vector \mathbf{X} and the training pattern vector \mathbf{X}^i as the following expression:

$$D_i^2 = (\mathbf{X} - \mathbf{X}^i)^T (\mathbf{X} - \mathbf{X}^i) \tag{2}$$

σ is a constant which is called the smoothing parameter, which directly affects the success of the GRNN, is the only “unknown” parameter in the GRNN training process. The optimal σ value is generally determined experimentally (Tsoukalas and Uhrig, 1997). In addition, Antanasijević et al. (2014) stated that the optimal value can be determined using an iterative or genetic algorithm. In this study, the trial-and-error process was applied to select the value of the spread parameter.

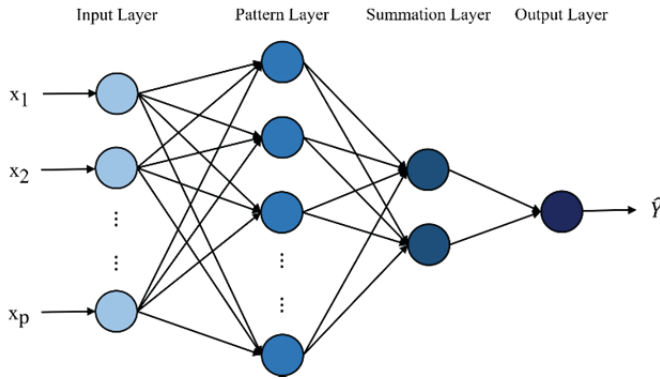


Figure 1: Generalized regression neural network structure.

3 DATA NORMALIZATION

Data normalization is a crucial pre-processing step and plays an important role in the performance of ANNs. This step ensures that input and output data have a similar distribution so that higher valued inputs cannot dominate the lesser ones. This enables a fast process and convergence during training and minimizes prediction error. To obtain more accurate results, all data should be normalized before the training and testing of the network (Rojas, 1996; Sola and Sevilla, 1997; Jeong and Park, 2019). After training of the network is completed, the outputs are de-normalized into actual values. In data normalization, all data can be normalized to a range of [-1,1], [0,1] or another scaling criterion. Eight normalization techniques were described and performed in this study as follows.

3.1 Maximize Normalization

This technique normalizes the data by dividing it with the maximum value of the input (Lachtermacher and Fuller, 1995), as defined in Equation (3).

$$x_i' = \frac{x_i}{x_{max}} \tag{3}$$

where x_i' designates i th normalized value, x_i defines i th input value, and x_{max} specifies the maximum value of the input.

3.2 Min-Max Normalization

This technique rescales the data to a new range of values, (i.e., from 0 to 1 or from -1 to 1), as defined in Equation (4) (Larose, 2005; Jayalakshmi and Santhakumaran, 2011; Han et al., 2012).

$$x_i' = y_{min} + \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}(y_{max} - y_{min}) \tag{4}$$

where x_{min} is the minimum value of the input, x_{max} is the maximum value of the input, and y_{min} and y_{max} parameters are also the minimum and maximum values of the selected range. In this study, y_{min} and y_{max} were set as -1 and +1, respectively.

3.3 Z-score Normalization

The z-score normalization technique uses the mean and standard deviation of the variables corresponding to each column in order to normalize the input vector, as in Equation (5) (Larose, 2005; Jayalakshmi and Santhakumaran, 2011; Han et al., 2012).

$$x_i' = \frac{x_i - x_{mean}}{\rho_i} \tag{5}$$

where x_{mean} and ρ denote the mean and standard deviation ith input value, respectively.

3.4 Median Normalization

In this normalization technique, each sample is normalized by the median (x_{median}) of all samples (Jayalakshmi and Santhakumaran, 2011) using Equation (6).

$$x_i' = \frac{x_i}{x_{median}} \tag{6}$$

where x_{median} is the median of the input.

3.5 Median and Median Absolute Deviation (Median-MAD) Normalization

This normalization technique uses the median and median absolute deviation (MAD) to transform the data (Zhang et al., 2009). The median-MAD is the median of the deviation values of the input data. The mathematical expression of the median-MAD technique is given in Equation (7).

$$x_i' = \frac{x_i - x_{median}}{median(|x_i - x_{median}|)} \tag{7}$$

3.6 Mean and Mean Absolute Deviation (Mean-MAD) Normalization

The only difference between this normalization technique and the median-MAD technique is that this technique uses the mean instead of the median (Eesa and Arabo, 2017). The mathematical expression of the mean-MAD technique is given in Equation (8).

$$x_i' = \frac{x_i - x_{mean}}{mean(|x_i - x_{mean}|)} \tag{8}$$

3.7 Statistical Column Normalization

This technique normalizes each sample with a column normalization value (c_x). Each instance is calculated by dividing the normalized column value and multiplying by a small bias value (Jayalakshmi and Santhakumaran, 2011). The normalization is defined as follows in Equation (9).

$$x_i' = \frac{x_i - c_x}{c_x} (0.1) \tag{9}$$

3.8 Tanh Normalization

This technique, which was proposed by Hampel et al. (1986), is implemented using Equation (10).

$$x_i' = \frac{1}{2} \left\{ \tanh \left((0.01) \left(\frac{x_i - x_{mean}}{\rho_i} \right) \right) + 1 \right\} \tag{10}$$

4 STUDY AREA AND DATA USED

This study was conducted in the city of Trabzon, which is located at 38° 30' - 40° 30' east longitudes and 40° 30' - 41° 30' north latitudes (Fig. 2). The study area included a total of 94 points the positions of which were already known in the ED50 and ITRF96 systems. Of these points, 74 were randomly selected as the references for 2D coordinate transformation using the GRNN model. The remaining 20 points were used as the control points to evaluate the performance of the GRNN. In Figure 2, the blue triangles and red circles indicate the control points and reference points, respectively.

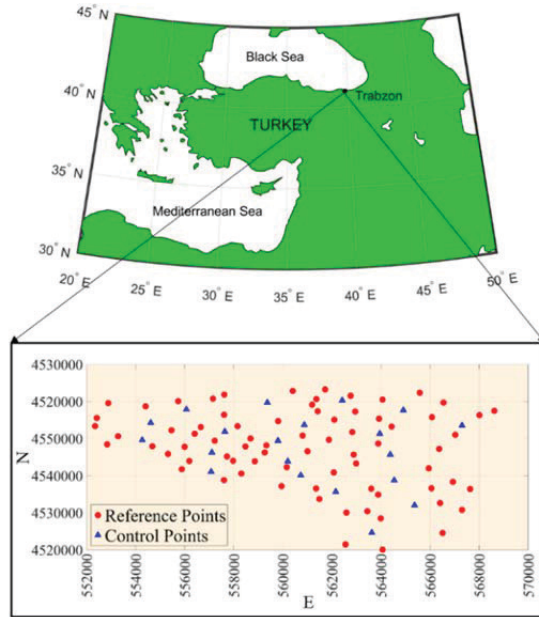


Figure 2: Location of the study area in Turkey and the distribution of the points.

5 EVALUATION OF THE MODEL PERFORMANCE

The performance of the GRNN was investigated in terms of the root mean square error (Easting and Northing $RMSE$), horizontal accuracy value ($RMSE_H$), model efficiency (ME), mean bias error (MBE), and mean absolute error (MAE), which are given in Equations (11) - (16).

Root mean square error:

$$RMSE_{Easting} = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_i^{Easting} - P_i^{Easting})^2 \right)^{1/2} \tag{11}$$

$$RMSE_{Northing} = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_i^{Northing} - P_i^{Northing})^2 \right)^{1/2} \tag{12}$$

Horizontal root mean square error:

$$RMSE_H = \sqrt{RMSE_{Easting}^2 + RMSE_{Northing}^2} \tag{13}$$

Model Efficiency:

$$ME = 1 - \left(\sum_{i=1}^N (M_i - P_i)^2 / \sum_{i=1}^N (M_i - \bar{M})^2 \right) \tag{14}$$

Mean bias error:

$$MBE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_i - P_i) \tag{15}$$

Mean absolute error:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |M_i - P_i| \tag{16}$$

where M_i , P_i , M , and N are the measured coordinate, predicted coordinate, an average of the measured coordinates and number of data points, respectively. The $RMSE$ is the square root of the average value of the square of the residuals and indicates the absolute fit of the model to the data (the difference between the measured and predicted coordinates). The $RMSE_H$ is the horizontal root mean square error calculated by using the $RMSE_{Easting}$ and $RMSE_{Northing}$ (Paredes-Hernández et al., 2013). The $RMSE_{Easting}$ and $RMSE_{Northing}$ represent the $RMSE$ in the Easting and Northing coordinates. A ME value of “0” indicates a value no better than a simple average model, since negative values show poor performance, whereas an ME value of “1” indicates a perfect agreement between the measured and predicted values. The MBE is the difference between the means of the measured and the predicted coordinates. A negative MBE and a positive MBE indicate under-prediction and over-prediction, respectively. The MAE uses the square of the difference between the measured and predicted coordinates. It must be noted that all these statistics should be close to “0”.

6 RESULTS AND DISCUSSION

A comparative analysis of eight normalization techniques was conducted to investigate their effect on a GRNN-based coordinate transformation. The GRNN model was constructed with two parameters in the input layer and two parameters in the output layer. The 2D ED50 coordinates of the points were used as the input parameters, while the differences between the 2D ITRF96 and 2D ED50 coordinates were used as the output parameters. A script was written in the MATLAB environment for generating, training, and testing the GRNN model. The spread parameters in the GRNN models were determined as 0.0006, 0.182, 0.741, 0.549, 0.494, 0.000006, 0.00201, and 0.408 for the maximize, min-max, median, median-MAD, mean-MAD, statistical column, tanh, and z-score normalization techniques, respectively. Figure 3 and Table 1 indicate the $RMSE$ between the measured and predicted coordinates based on the reference points for two directions (Easting and Northing). It can be seen that all normalization techniques gave similar results in these two directions, with no significant $RMSE$ differences. The minimum and maximum $RMSE$ values based on the reference points for the Easting direction were observed for the median-MAD and z-score, as 1.05 and 1.30, respectively. On the other hand, based on the reference points for the Northing direction, the median and statistical column techniques had the minimum $RMSE$ value (0.95 cm), while the maximum $RMSE$ value (1.46 cm) was observed for the median-MAD. The tanh and min-max yielded the lowest $RMSE$ values based on the control points for the Easting and Northing directions, respectively. When the

$RMSE_H$ results based on the reference points were examined, all normalization techniques gave a similar $RMSE_H$ value of approximately 1.65 cm. According to the results for $RMSE_H$ based on the control points, the min-max, median-MAD, mean-MAD, tanh, and z-score had the lowest $RMSE_H$ of approximately 2 cm. The remaining normalization techniques also yielded an $RMSE_H$ of approximately 4 cm. In addition, the ME value of 0.99 was obtained from all normalization techniques for the reference and control points, which means that the GRNN exhibited a good potential for 2D coordinate transformation.

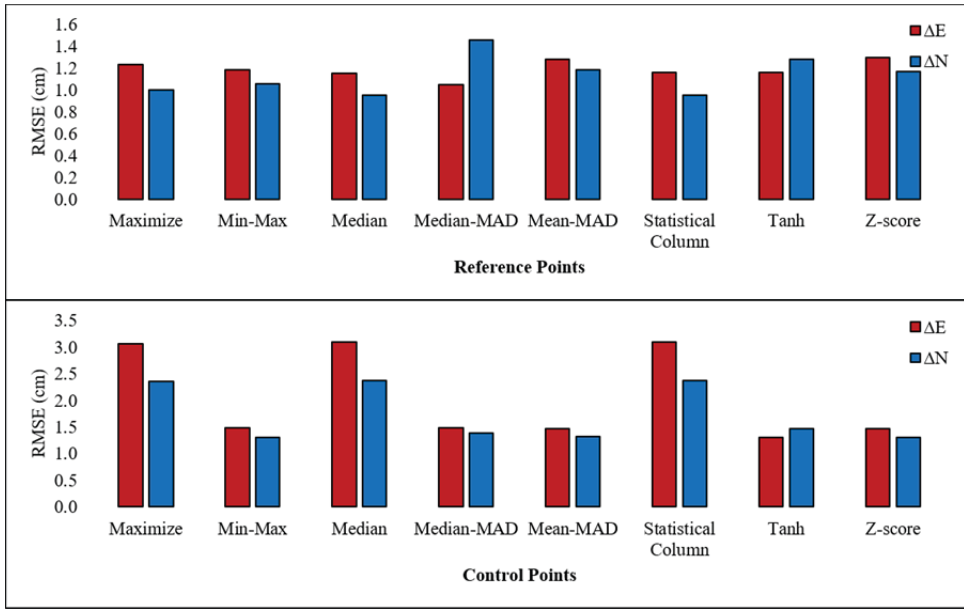


Figure 3: $RMSE$ values for the reference and control points obtained by the GRNN method for different normalization techniques.

Table 1: Approximation results of different normalization techniques for the reference and control points (cm).

Dataset	Normalization Methods	$RMSE_{Esting}$	$RMSE_{Normaling}$	$RMSE_H$
Reference Points	Maximize	1.23	1.00	1.58
	Min-Max	1.19	1.06	1.59
	Median	1.15	0.95	1.50
	Median-MAD	1.05	1.46	1.80
	Mean-MAD	1.28	1.18	1.74
	Statistical Column	1.16	0.95	1.50
	Tanh	1.16	1.28	1.72
	Z-score	1.30	1.17	1.74
Control Points	Maximize	3.07	2.35	3.87
	Min-Max	1.48	1.30	1.97
	Median	3.10	2.38	3.90
	Median-MAD	1.48	1.38	2.03
	Mean-MAD	1.47	1.31	1.97
	Statistical Column	3.10	2.38	3.91
	Tanh	1.31	1.47	1.97
	Z-score	1.47	1.31	1.97

The mean absolute error (*MAE*) and mean bias error (*MBE*) were also utilized to assess the effects on 2D coordinate transformation using the GRNN and the results are given in Table 2. The statistical *MBE* results show that the *MBE* reference point values were approximately “0” for all normalization techniques in both directions. All normalization techniques were found to underestimate the *MBE* values within the range of -0.62 to -1.14 cm for control points in the Easting direction. In addition, the *MAE* values for the reference points varied between 0.79 cm and 0.99 cm in the Easting direction, whereas they varied between 0.74 cm and 1.09 cm in the Northing direction. The *MAE* values for the control points in the Easting and Northing directions varied from 1.28 to 2.44 cm and 1.04 to 1.72 cm, respectively.

Table 2: Mean absolute error and mean bias error for different normalization techniques (cm).

Dataset	Normalization Methods	$MAE_{Easting}$	$MBE_{Easting}$	$MAE_{Northing}$	$MBE_{Northing}$
Reference Points	Maximize	0.99	-0.01	0.78	0.00
	Min-Max	0.89	-0.02	0.77	-0.03
	Median	0.94	-0.01	0.74	0.00
	Median-MAD	0.79	-0.02	1.09	-0.04
	Mean-MAD	0.96	-0.01	0.88	-0.04
	Statistical Column	0.94	-0.01	0.74	0.00
	Tanh	0.96	-0.01	0.86	-0.04
	Z-score	0.97	-0.01	0.87	-0.04
Control Points	Maximize	2.42	-1.11	1.70	0.06
	Min-Max	1.29	-0.64	1.04	0.18
	Median	2.43	-1.14	1.72	0.04
	Median-MAD	1.27	-0.62	1.17	0.07
	Mean-MAD	1.28	-0.62	1.05	0.18
	Statistical Column	2.44	-1.14	1.72	0.04
	Tanh	1.28	-0.62	1.05	0.18
	Z-score	1.29	-0.63	1.05	0.18

The residuals were calculated by subtracting the measured coordinates from the predicted coordinates, based on the reference and control points in the Easting and Northing directions (see Figs. 4 and 5).

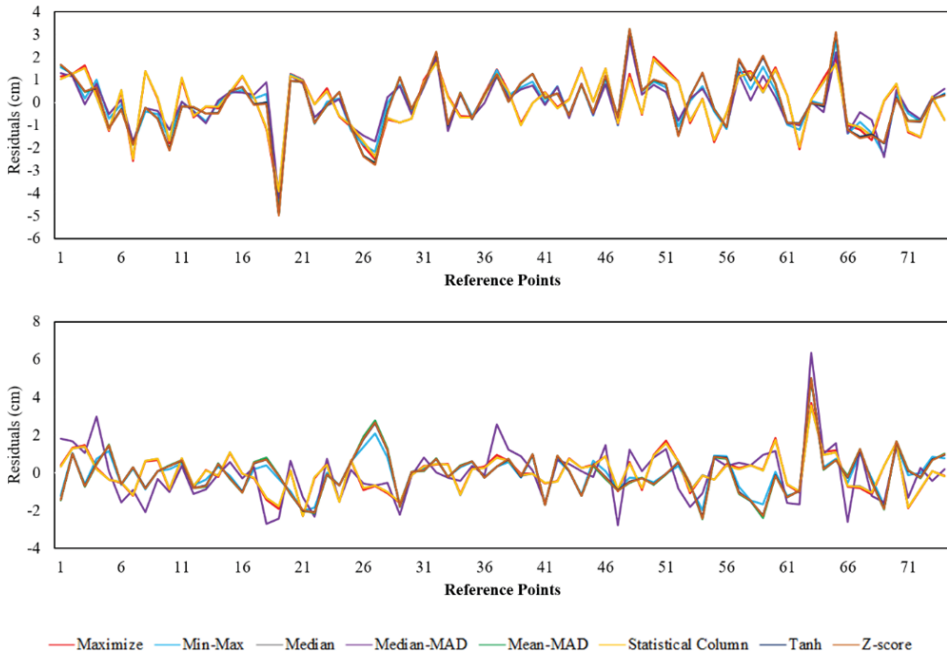


Figure 4: Residuals for the reference points in the Easting (up) and Northing (down) directions.

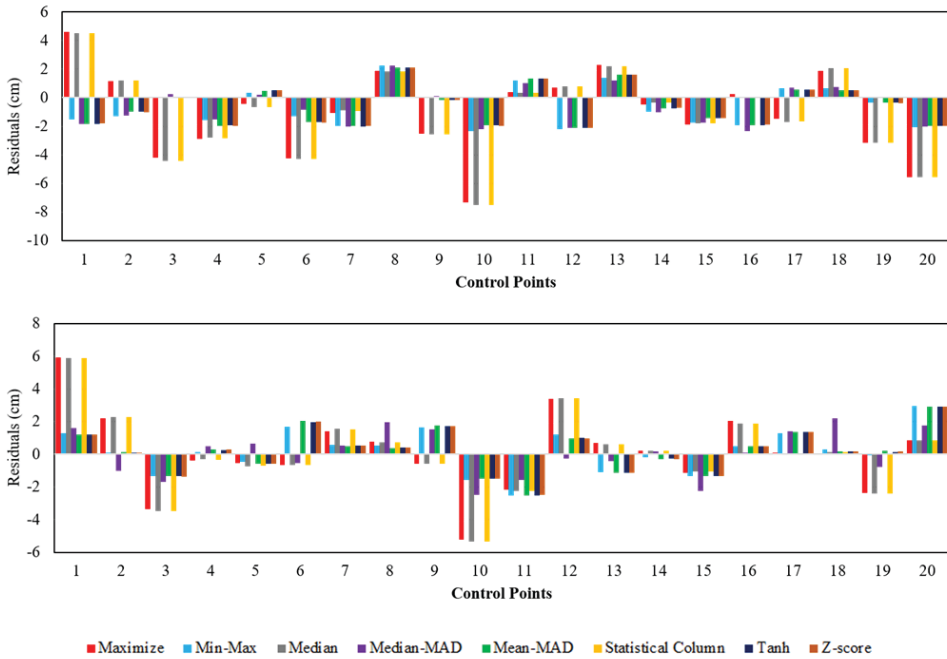


Figure 5: Residuals for the control points in the Easting (up) and Northing (down) directions.

The residuals indicate how well the predicted coordinates matched the measured coordinates. Moreover, these values are expected to be “0” or close to “0”. In both Figures 4 and 5, it can be noted that

the min-max, mean-MAD, tanh, and z-score produced similar residuals compared to the other four normalization techniques.

7 CONCLUSIONS

The present work investigated the effects of the maximize, min-max, median, median-MAD, mean-MAD, statistical column, tanh, and z-score normalization techniques on the performance of 2D coordinate transformation using a GRNN. The performance of each technique was evaluated using 74 plane coordinate points as reference points and 20 plane coordinate points as control points. The min-max, median-MAD, mean-MAD, tanh, and z-score normalization techniques gave superior results, compared to the other normalization techniques used. However, the maximize, median, and statistical column normalization techniques may not be desirable for 2D coordinate transformation. The comparison results showed that the selection of a suitable normalization technique has a direct effect on the performance of the 2D coordinate transformation procedure. In general, a good performance was achieved, as indicated by low *RMSEH*, *MAE*, and *MBE* values as well as by high *ME* values. These results demonstrated that the GRNN can be applied for 2D coordinate transformation. The determination of the optimum spread parameter is of great importance because the performance of GRNNs depends greatly on this parameter. This paper may prove quite useful for researchers who need to select a normalization technique when applying a 2D coordinate transformation through a GRNN.

Acknowledgements

The authors would like to thank the anonymous reviewers for their constructive comments that have helped in improving the quality of this manuscript.

Literature and references:

- Akyilmaz, O. (2007). Total least squares solution of coordinate transformation. *Survey Review*, 39 (303), 68–80. DOI: <https://doi.org/10.1179/003962607X165005>
- Akyilmaz, O., Özlüdemir, M. T., Ayan, T., Çelik, R. N. (2009). Soft computing methods for geoidal height transformation. *Earth, Planets and Space*, 61 (7), 825–833. DOI: <https://doi.org/10.1186/BF03353193>
- Al Shalabi, L., Shaaban, Z. (2006). Normalization as a preprocessing engine for data mining and the approach of preference matrix. *International Conference on Dependability of Computer Systems*, 25–27 May 2006, Szklarska Poreba, Poland (pp. 207–214). DOI: <https://doi.org/10.1109/DEPCOS-RELCOMEX.2006.38>
- Antanasijević, D., Pocajt, V., Perić-Grujić, A., Ristić, M. (2014). Modelling of dissolved oxygen in the Danube River using artificial neural networks and Monte Carlo Simulation uncertainty analysis. *Journal of Hydrology*, 519, 1895–1907. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.10.009>
- Cakir, L., Yilmaz, N. (2014). Polynomials, radial basis functions and multilayer perceptron neural network methods in local geoid determination with GPS/levelling. *Measurement*, 57, 148–153. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.08.003>
- Civicioglu, P. (2012). Transforming geocentric cartesian coordinates to geodetic coordinates by using differential search algorithm. *Computer Geoscience*, 46, 229–247. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2011.12.011>
- Eesa, A. S., Arabo, W. K. (2017). Normalization methods for backpropagation: a comparative study. *Science Journal of University of Zakho*, 5 (4), 319–323.
- Elsambaky, H. T., Kalooop, M. R., Hu, J. W. (2018). A novel three-direction datum transformation of geodetic coordinates for Egypt using artificial neural network approach. *Arabian Journal of Geosciences*, 11 (6), 110. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3441-6>
- Erol, B., Erol, S. (2013). Learning-based computing techniques in geoid modeling for precise height transformation. *Computers & Geosciences*, 52, 95–107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2012.09.010>
- Fazilova, D. (2017). The review and development of a modern GNSS network and datum in Uzbekistan. *Geodesy and Geodynamics*, 8 (3), 187–192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geog.2017.02.006>
- Felus, Y., Schaffrin, B. (2005). Performing similarity transformations using the error-in-variables model. *Proceedings of the ASPRS Annual Conference 7–11 March, Baltimore, Maryland, USA*.
- Hampel, F. R., Rousseeuw, P. J., Ronchetti, E. M., Stahel, W. A. (1986). *Robust Statistics: The Approach Based on Influence Functions*. New York: John Wiley and Sons.
- Han, J., Kamber, M., Pei, J. (2012). *Data Mining: Concepts and Techniques*. 3rd ed. Massachusetts: Elsevier.

- Jayalakhshmi, T., Santhakumaran, A. (2011). Statistical normalization and back propagation for classification. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 3 (1), 89–93. DOI: <https://doi.org/10.7763/IJCTE.2011.V3.288>
- Jeong, J., Park, E. (2019). Comparative applications of data-driven models representing water table fluctuations. *Journal of Hydrology*, 572, 261–273. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.02.051>
- Kaloop, M. R., Rabah, M., Hu, J. W., Zaki, A. (2018). Using advanced soft computing techniques for regional shoreline geoid model estimation and evaluation. *Marine Georesources & Geotechnology*, 36 (6), 688–697. DOI: <https://doi.org/10.1080/1064119X.2017.1370622>
- Kavzoglu, T., Saka, M. H. (2005). Modelling local GPS/levelling geoid undulations using artificial neural networks. *Journal of Geodesy*, 78 (9), 520–527. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-004-0420-3>
- Kinneen, R. W., Featherstone, W. E. (2004). An empirical comparison of coordinate transformations from the Australian geodetic datum (AGD66 and AGD84) to the geocentric datum of Australia (GDA94). *Journal of Spatial Science*, 49 (2), 1–29. DOI: <https://doi.org/10.1080/14498596.2004.9635019>
- Konakoglu, B., Cakir, L., Gökalp, E. (2016). 2D coordinate transformation using artificial neural networks. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 42, 183–186. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W1-183-2016>
- Konakoglu, B., Gökalp, E. (2016). A Study on 2D similarity transformation using multilayer perceptron neural networks and a performance comparison with conventional and robust outlier detection methods. *Acta Montanistica Slovaca*, 21 (4), 324–332.
- Kumar, A., Ravikanth, C. (2009). Personal authentication using finger knuckle surface. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 4 (1), 98–110. DOI: <https://doi.org/10.1109/TIFS.2008.2011089>
- Lachtermacher, G., Fuller, J. D. (1995). Back propagation in time-series forecasting. *Journal of Forecasting*, 14 (4), 381–393. DOI: <https://doi.org/10.1002/for.3980140405>
- Larose, D. (2005). *Discovering knowledge in data an introduction to data mining*. New Jersey: John Wiley and Sons. DOI: <https://doi.org/10.1002/0471687545>
- Li, W., Liu, Z. (2011). A method of SVM with normalization in intrusion detection. *Procedia Environmental Sciences* 11 (A), 256–262. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.12.040>
- Lin, L. S., Wang, Y. J. (2006). A study on cadastral coordinate transformation using artificial neural network. *Proceedings of the 27th Asian Conference on Remote Sensing*, 9–13 October 2006, Ulaanbaatar, Mongolia.
- Nawi, N. M., Atomi, W. H., Rehman, M. Z. (2013). The effect of data pre-processing on optimized training of artificial neural networks. *Procedia Technology*, 11, 32–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.159>
- Pan, J., Zhuang, Y., Fong, S. (2016). The impact of data normalization on stock market prediction: using SVM and technical indicators. In *Soft Computing in Data Science* (pp. 72–88). Springer, Singapore. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-2777-2_7
- Paredes-Hernández, C. U., Salinas-Castillo, W. E., Guevara-Cortina, F., Martínez-Becerra, X. (2013). Horizontal positional accuracy of Google Earth's imagery over rural areas: a study case in Tamaulipas, Mexico. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 19 (4), 588–601. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702013000400005>
- Rojas, R. (1996). *Neural networks: A systematic introduction*. Berlin: Springer-Verlag.
- Sisman, Y. (2014). Coordinate transformation of cadastral maps using different adjustment methods. *Journal of Chinese Institute of Engineers*, 37 (7), 869–882. DOI: <https://doi.org/10.1080/02533839.2014.888800>
- Snelick, R., Uludag, U., Mink, A., Indovina, M., Jain, A. (2005). Large-scale evaluation of multimodal biometric authentication using state-of-the-art systems. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 27 (3), 450–455. DOI: <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2005.57>
- Sola, J., Sevilla, J. (1997). Importance of input data normalization for the application of neural networks to complex industrial problems. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 44 (3), 1464–1468. DOI: <https://doi.org/10.1109/23.589532>
- Soycan, M. (2005). Polynomial versus similarity transformations between GPS and Turkish reference systems. *Survey Review*, 38 (295), 58–69. DOI: <https://doi.org/10.1179/sre.2005.38.295.58>
- Specht, D. F. (1991). A general regression neural network. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 2 (6), 568–576. DOI: <https://doi.org/10.1109/72.97934>
- Stopar, B., Ambrožič, T., Kuhar, M., Turk, G. (2006). GPS-derived geoid using artificial neural network and least squares collocation. *Survey Review*, 38 (300), 513–524. DOI: <https://doi.org/10.1179/sre.2006.38.300.513>
- Tierra A., De Freitas S., Guevara P. M. (2009). Using an artificial neural network to transformation of coordinates from PSAD56 to SIRGAS95. In: Drewes H. (eds) *Geodetic Reference Frames*. International Association of Geodesy Symposia, vol 134. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-00860-3_27
- Tierra, A., Dalazoana, R., De Freitas, S. (2008). Using an artificial neural network to improve the transformation of coordinates between classical geodetic reference frames. *Computer & Geosciences*, 34 (3), 181–189. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2007.03.011>
- Tierra, A., Romero, R. (2014). Planes coordinates transformation between PSAD56 to SIRGAS using a Multilayer Artificial Neural Network. *Geodesy and Cartography*, 63 (2), 199–209. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2007.03.011>
- Tsoukalas, L. H., Uhrig, R. E. (1997). *Fuzzy and neural approaches in engineering*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Turgut, B. (2010). A back-propagation artificial neural network approach for three-dimensional coordinate transformation. *Scientific Research and Essays*, 5 (21), 3330–3335.
- Turkish Chamber of Survey and Cadastre Engineers (TCSC) (2005). *The large scale map and map information production regulation (in Turkish)*. Ankara: Turkish Chamber of Survey and Cadastre Engineers.
- Wang, L., Kisi, O., Zounemat-Kermani, M., Salazar, G. A., Zhu, Z., Gong, W. (2016). Solar radiation prediction using different techniques: model evaluation and comparison. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61, 384–397. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.024>
- Yanalak, M., Baykal, O. (2001). Transformation of ellipsoid heights to local leveling heights. *Journal of Surveying Engineering*, 127 (3), 90–103. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9453\(2001\)127:3\(90\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9453(2001)127:3(90))

- Yang, Y. (1999). Robust estimation of geodetic datum transformation. *Journal of Geodesy*, 73 (5), 268–274. DOI: <https://doi.org/10.1007/s001900050243>
- Yilmaz, I., Gullu, M. (2012). Georeferencing of historical maps using back propagation artificial neural network. *Experimental Techniques*, 36 (5), 15–19. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1747-1567.2010.00694.x>
- Zaletnyik, P. (2004). Coordinate transformation with neural networks and with polynomials in Hungary. *Proceedings of International Symposium on Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields*, 4–5 November 2004, Sofia, Bulgaria.
- Zhang, D., Song, F., Xu, Y., Liang, Z. (2009). *Advanced pattern recognition technologies with applications to biometrics; medical information science reference*, New York: IGI Global.
- Ziggah, Y. Y., Youjian, H., Laari, P. B., Hui, Z. (2017). Novel approach to improve geocentric translation model performance using artificial neural network technology. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 23 (1), 213–233. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1982-21702017000100014>
- Ziggah, Y. Y., Youjian, H., Tierra, A., Konaté, A. A., Hui, Z. (2016a). Performance evaluation of artificial neural networks for planimetric coordinate transformation—a case study, Ghana. *Arabian Journal of Geosciences*, 9 (17), 698. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12517-016-2729-7>
- Ziggah, Y. Y., Youjian, H., Yu, X., Basommi, L. P. (2016b). Capability of artificial neural network for forward conversion of geodetic coordinates (ϕ, λ, h) to cartesian coordinates (X, Y, Z). *Mathematical Geosciences*, 48 (6), 687–721. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11004-016-9638-x>



Cakir L., Konakoglu B. (2019). The impact of data normalization on 2D coordinate transformation using GRNN.

Geodetski vestnik, 63 (4), 541–553.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.04.541-553>

Assist. Prof. Leyla Cakir, Ph.D.

Karadeniz Technical University Faculty of Engineering
Department of Geomatics Engineering
Kanuni Campus TR-61080 Trabzon, Turkey
e-mail: lcakir@ktu.edu.tr

Res. Assist. Berkant Konakoglu, Ph.D.

Karadeniz Technical University Faculty of Engineering
Department of Geomatics Engineering
Kanuni Campus TR-61080 Trabzon, Turkey
e-mail: bkonakoglu@ktu.edu.tr

LOKACIJSKA IZBOLJŠAVA ZEMLJIŠKOKATASTRSKEGA PRIKAZA

POSITIONAL ACCURACY IMPROVEMENT OF LAND CADASTRE INDEX MAP

Marko Rotar, Kristina Murovec

1 UVOD

Za učinkovito in enostavno izvajanje procesov na področju prostorskega načrtovanja, graditve objektov in upravljanja nepremičnin so potrebne sodobne informacijske rešitve ter kakovostni podatki o prostoru. Zemljiški kataster, kot temeljna prostorska evidenca o zemljiščih, je podlaga številnim drugim evidencom o prostoru, zato je kakovost njegovih podatkov še posebej pomembna. Obstoječi grafični podatki zemljiškega katastra ne omogočajo njihove polne in racionalne uporabe, ker jih omejuje predvsem slaba položajna natančnost in točnost. Geodetska uprava Republike Slovenije (v nadaljevanju: GURS) želi izboljšati kakovost podatkov nepremičninskih evidenc, da bodo lahko v podporo učinkovitemu upravljanju prostora in gospodarjenju z nepremičninami.

Najkakovostnejše položajne (lokacijske) podatke o poteku mej lastništva na zemljiščih, to je mej zemljiških parcel, dobimo z izmero zemljiškokatastrskih točk (v nadaljevanju: ZK-točke) s predpisano natančnostjo (na primer ureditve mej, parcelacije, komasacije, nove izmere). Vendar zahtevnost teh postopkov ne omogoča pridobitve ustreznih položajnih podatkov za vso državo, kar je pogosto povezano z visokimi stroški teh postopkov. GURS bo zato kakovostnejše položajne podatke zemljiškega katastra za celotno državo zagotovil postopoma v roku treh let, in sicer z izboljšavo kakovosti položajnih podatkov zemljiškokatastrskega prikaza (v nadaljevanju: ZKP), to je grafičnega zveznega podatkovnega sloja mej zemljiških parcel, v okviru projektov eProstor (eProstor, 2019). Naloge iz projekta *Lokacijska izboljšava zemljiškokatastrskega prikaza* je GURS začel izvajati v začetku leta 2018. Projekt sofinancirata Republika Slovenija in Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj in se izvaja v okviru Operativnega programa za izvajanje evropske kohezijske politike v obdobju 2014–2020 (Operativni program 2014–2020, 2015).

Postopek položajne oziroma lokacijske izboljšave zemljiškokatastrskega prikaza (v nadaljevanju: lokacijska izboljšava ZKP) se izvaja z membransko metodo homogenizacije na podlagi obstoječih grafičnih podatkov in obstoječih kakovostno izmerjenih koordinat ZK-točk iz baze zemljiškega katastra, dodatno na novo izmerjenih točk ter relativnih odnosov med ZK-točkami (Čeh in sod., 2015a, 2015b; Čeh in sod., 2019).

2 CILJ IN NAMEN PROJEKTA

Cilj projekta *Lokacijske izboljšave ZKP* je izboljšava položajne natančnosti ZKP na območju celotne države. Izboljšani podatki o položaju lomnih točk zemljiških parcel in zemljišč pod stavbo bodo evidentirani kot koordinate v državnem koordinatnem sistemu D96/TM (E, N) ZK-točk v bazi zemljiškega katastra – skupaj z že obstoječimi ZK-točkami, katerih položaj je že opredeljen s koordinatami E, N in katerih obodi (poligoni) so grafično prikazani v posebnem topološko pravilnem grafičnem sloju, to je zemljiškokatastrskem načrtu (v nadaljevanju: ZKN). Ker bo grafični podatkovni sloj ZKN po končanem projektu postal zvezen, bo v postopkih učinkovitega upravljanja prostora lahko zamenjal sedanji ZKP ter tako zagotavljal kakovostnejšo podporo odločitvam in upravljanju prostora.

3 ORGANIZACIJA IN TERMINSKI NAČRT IZVEDBE

Projekt *lokacijske izboljšave ZKP* vodi in izvaja GURS. Del dejavnosti v okviru projekta po naročilu opravlja tudi Geodetski inštitut Slovenije, v postopku oddaje javnega naročila za nalogo *Lokacijska izboljšava ZKP* (pridobitev dodatnih podatkov) pa so bila izbrana še partnerska podjetja (v nadaljevanju: izvajalec).

Geodetski inštitut Slovenije spremlja in nadzira proces lokacijske izboljšave ZKP. Za ta namen je izdelal sistem *IzbA* za spremljanje, administracijo in kontrolo vseh faz lokacijske izboljšave ZKP. Sistem *IzbA* omogoča:

- spremljanje pripravljalnih del,
- spremljanje in nadzor dela izvajalca pri pripravi dodatnih podatkov v nalogi lokacijska izboljšava ZKP,
- komunikacijo med referenti geodetskih pisarn in referenti izboljšave (zadolženi za izvajanje izboljšave) ter spremljanje lokacijske izboljšave ZKP,
- oddajo, kontrolo in arhiviranje rezultatov,
- grafični prikaz stanja projekta in
- statistično obravnavo.

Izvajalec je bil izbran na javnem razpisu in v svoji nalogi zagotavlja dodatne podatke za izvedbo projekta. Tako analizira obstoječe podatke zemljiškega katastra, na območjih brez ustreznega števila referenčnih oziroma veznih točk s terenskimi meritvami določa koordinate dodatnim veznim točkam in dodatne geometrijske pogoje za podatke iz arhivskih elaboratov, z interpretacijo analitičnega senčenja podatkov laserskega skeniranja Slovenije (PAS) in državnega ortofota (DOF) pa določa tudi pomožne vezne točke. Poleg tega izračuna in analizira standardne odklone koordinat teh dodatnih veznih točk ter analizira novo stanje podatkovne zbirke, ki se bo uporabila za lokacijsko izboljšavo ZKP (obstoječe podatke zemljiškega katastra in dodatno določene vezne točke). Rezultat naloge so določene koordinate (E, N) dodatnih veznih točk in dodatni pogoji za ohranitev relativnih razmerij, ki služijo kot dodatni podatki za izboljšavo položajne kakovosti ZKP.

GURS je v namen lokacijske izboljšave ZKP vzpostavil:

- *vodstvo projekta,*
- *ekipo referentov izboljšave,* ki operativno izvaja projekt *Lokacijske izboljšave ZKP,*
- *ekipo referentov geodetskih pisarn,* ki na lokaciji območnih geodetskih uprav (OGU) oziroma geodetskih pisarn (GP) skrbijo za pripravo vhodnih podatkov iz baz zemljiškega katastra za izvajalca

in referenta izboljšave, odpravljajo napake, ugotovljene med postopkom izboljšave, ter poskrbijo za evidentiranje končnih rezultatov v bazi zemljiškega katastra.

Projekt *Lokacijske izboljšave ZKP* se izvaja od februarja 2018 do oktobra 2020 (preglednica 1).

Preglednica 1: Terminski načrt projekta Lokacijske izboljšave ZKP.

Murska Sobota*, Lendava	februar, marec 2018
v celoti koordinatno vzdrževane KO po Sloveniji	april 2018
Novo mesto, Črnomelj, Kočevje – delno	maj–september 2018
Litija, Trbovlje, Sevnica, Krško, Brežice	oktober–december 2018
Slovenj Gradec, Mozirje, Velenje, Slovenske Konjice, Slovenska Bistrica	januar–april 2019
Gornja Radgona, Ljutomer	maj, junij 2019
Šmarje pri Jelšah, Šentjur pri Celju, Celje, Žalec	julij–september 2019
Ljubljana, Grosuplje, Domžale, Logatec, Kočevje – delno	oktober–december 2019
Maribor, Ptuj	januar–april 2020
Radovljica, Kranj, Škofja Loka	maj, junij 2020
Tolmin, Idrija, Ajdovščina, Nova Gorica	julij, avgust 2020
Sežana, Postojna, Koper	september, oktober 2020

*Vse ZK-točke so že imele določene koordinate v D48/GK. Postopek izboljšave se ni izvedel z membransko metodo homogenizacije, ampak so bile zgolj izračunane koordinate v D96/TM z metodo transformacije z državnim modelom transformacije v4 (Berk in sod., 2016).

Homogenizacija se izvaja po posameznih katastrskih občinah (v nadaljevanju: KO). Rezultati izboljšave se sprti evidentirajo v bazi zemljiškega katastra in so v naslednjem trenutku na voljo za (obvezno) uporabo v ostalih postopkih. GURS o stanju izboljšanih podatkov ZKP po katastrskih občinah tedensko obvešča strokovno javnost: Gospodarsko interesno združenje geodetskih izvajalcev (GIZ-GI), Inženirsko zbornico Slovenije (IZS) ter Društvo sodnih izvedencev in cenilcev geodetske stroke Slovenije.

4 METODA DELA IN STROKOVNA IZHODIŠČA

Med pripravo na projekt je GURS skupaj z Oddelkom za geodezijo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani razvil metodologijo dela in ob izdatni pomoči fakultete našel učinkovito programsko opremo za izvajanje projekta (Čeh in sod., 2015a, 2015b). Lokacijska izboljšava podatkov ZKP se izvaja s tako imenovano membransko metodo homogenizacije, ki omogoča prenos izboljšave položajev merjenih (veznih) točk, ki imajo kakovostne koordinate, na model ZKP na zvezen način (Čeh in sod., 2019). Metoda temelji na mehanskem načelu, ki geometrijo ZKP definira kot elastično membrano. Kakovostne merjene točke so točke, na katere pritrdimo navedeno elastično membrano, ki jo nato na podlagi izboljšanih položajev merjenih točk in z uvedbo dodatnih geometrijskih pogojev (pravokotnost, kolinearnost, poravnava točk v linijo ipd.) raztegujemo in krčimo. Metoda omogoča prilagajanje glede na oddaljenost med točkami (angl. *proximity fitting*).

Za operativno računalniško izvedbo postopka lokacijske izboljšave ZKP je izvajalec projekta pridobil licenco za program *Systra* nemškega podjetja *Technet, GmbH*, iz Berlina. *Systra* je zmogljivo programsko orodje, ki omogoča geometrijsko integracijo geodetskih meritev in različnih podatkovnih slojev geografskih informacijskih sistemov (GIS). Da bi postopek čim bolj avtomatizirali, je GURS ob pomoči domačega

izvajalca *Geodetska družba, d. d.*, razvil program *SysGeoPro TM*, s katerim zagotavlja vmesnik za prenos podatkov med zbirko zemljiškega katastra in programom *Systra*.

5 OPERATIVNI POSTOPEK

Lokacijska izboljšava ZKP se izvaja na podlagi obstoječih podatkov zemljiškega katastra in z dodatnimi podatki, zbranimi posebej za ta projekt v nalogi, za katero je zadolžen izvajalec. Pred lokacijsko izboljšavo je treba zagotoviti ustrezne pogoje za njeno izvedbo. GURS je pri tem opravil mnoga pripravljala dela (skeniranje arhiva zemljiškega katastra, prevedba vrst rabe v zemljišča pod stavbami, oštevilčenje lomnih točk ZKP). Med drugim je v celoti analiziral evidenco zemljiškega katastra ter iz nje odstranil številne napake in nepravilnosti, ki so se kopičile skozi vsa leta vzdrževanja.

Operativni postopek lokacijske izboljšave ZKP se izvaja v več iteracijah zaradi odprave ugotovljenih napak in zagotavljanja topološko pravilnega rezultata. Da bi postopki izboljšave čim manj ovirali redne postopke vzdrževanja podatkov zemljiškega katastra, se lokacijska izboljšava ZKP obdelovane katastrske občine izvaja v dveh korakih. Prvi korak obsega celoten postopek do konkretnega rezultata, vendar poteka brez zapore vzdrževanja v zemljiškem katastru. Sledi drugi korak z novimi vhodnimi podatki zemljiškega katastra ob zapori vzdrževanja, kjer se postopek ponovi, vendar je izvedba tega koraka hitra, saj so vse vsebinske težave razrešene že v prvem koraku.

5.1 Vhodni podatki

Podlaga za lokacijsko izboljšavo ZKP so podatki iz baze zemljiškega katastra – **ZKP in ZK-točke**, ki jih delimo na:

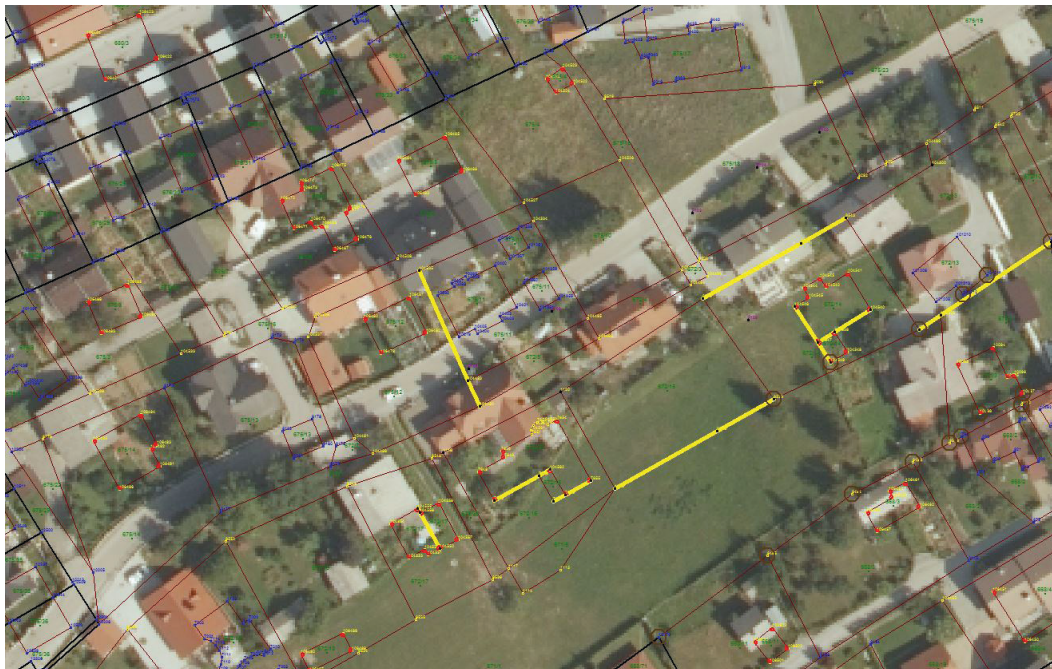
- vezne točke, to so točke s koordinatami v državnem koordinatnem sistemu D96/TM (E, N), in
- preostale točke, ki imajo samo tako imenovane grafične koordinate v državnem koordinatnem sistemu D96/TM (GE, GN).

Med vezne točke se uvrščajo vse točke iz baze zemljiškega katastra, ki imajo koordinate v državnem koordinatnem sistemu D96/TM (E, N), razen točk z METEN = 88 (nekdanja MD = 95 in 96), ki v izboljšavo niso vzete kot vezne točke. Pri izravnavi in homogenizaciji so upoštevani tudi **dodatni pogoji** (opazovanja):

- Pogoj pravokotnost dodan na centroide parcel s šiframi 201 (stanovanjska stavba), 202 (poslovna stavba), 203 (gospodarsko poslopje), 204 (garaža), 219 (stanovanjske stavbe – stavbišče), 220 (zemljišče pod stavbo) in 221 (zemljišče pod stavbo pred letom 2006). Pri dodajanju pogojev pravokotnosti je upoštevan tolerančni kot:
 - 6° za ZKP/ZKN, izdelanih v merilih 1 : 2000, 1 : 2500, 1 : 2880, 1 : 4000, 1 : 5000 in 1 : 5760, in
 - 3° za ZKP/ZKN, izdelanih v merilih 1 : 500, 1 : 1000 in 1 : 1440.
- Poravnave točk v linijo (dolžinski objekti ipd.).

Za kakovosten rezultat izravnave in homogenizacije ZKP je pomembna uporaba ustreznega števila kakovostnih veznih točk in njihova optimalna razporeditev. Vpliv veznih točk na popravke položajev lomnih točk poligonov, ki označujejo meje zemljiških parcel ali zemljišč pod stavbo, namreč z oddalje-

nostjo pada, zato je pomembno, da imamo ustrezno enakomerno razporejene kakovostne vezne točke po celotnem obravnavanem območju.



Slika 1: Prikaz situacije iz SysGeoProTM – obdelava vhodnih podatkov za uvoz v **Systro**: ZK-točke so razdeljene na vezne (modre barve) in nevezne (rumene barve). Dodani so tudi geometrijski pogoji: pravokotnost na stavbah, kolinearnost – odbeljena rumena linija.

Za katastrske občine ali območja, ki imajo način vzdrževanja ZKP z vklopom ali koordinatni z vklopom, tega pogoja z obstoječimi veznimi točkami iz baz zemljiškega katastra ne moremo zagotoviti. Zato se v postopku uporabijo še dodatni, **domeritveni podatki**, da se ustrezno zgosti mreža veznih točk. Dodatne podatke za zgoščevanje mreže veznih točk zagotovi zunanji izvajalec v obliki koordinat dodatnih veznih točk in pomožnih točk. Tem točkam so koordinate v državnem koordinatnem sistemu D96/TM (E, N) določene z izmero (točke brez koordinat iz elaboratov), če ustreznih arhivskih elaboratov ni, pa lahko tudi na podlagi (foto)interpretacije na PAS in DOF. Dodatne vezne točke in pomožne točke so uporabljene samo za postopek lokacijske izboljšave. V nalogi jim izvajalec pripiše eno izmed metod določitve (predpisane in uporabljene samo v tem postopku), kot je prikazano v preglednici 2.

Preglednica 2: Metode določitve koordinat dodatnim veznim točkam za lokacijsko izboljšavo ZKP.

Šifra MD	Opis metode določitve dodatnih veznih in pomožnih točk
101 / DOF	Določitev uživalne meje s fotointerpretacijo DOF.
102 / PAS	Določitev uživalne meje z interpretacijo PAS.
103 / IZM	Terenska izmera meje (mejnik v naravi, na terenu konstruirana točka iz elaborata).
104 / IZT	Transformacija točke iz elaborata, ki ni bila izmerjena na terenu, na podlagi dodatno izmerjenih točk iz elaborata.
105 / IZU	Terenska izmera uživalne meje.

Referent izboljšave lahko zaradi zagotavljanja boljšega rezultata tudi sam zagotovi dodatne podatke, in sicer dodatne vezne in pomožne točke na podlagi preračunov iz arhivskih elaboratov ali na podlagi (foto)interpretacije PAS in DOF. Prav tako lahko določi dodatne pogoje (poravnava v linijo, merjene dolžine iz elaborata, vzporednost z odmikom ipd.). Uporaba dodatnih pogojev v postopku je pogosta pri reševanju topoloških napak.

5.2 Enota obdelave in vrstni red

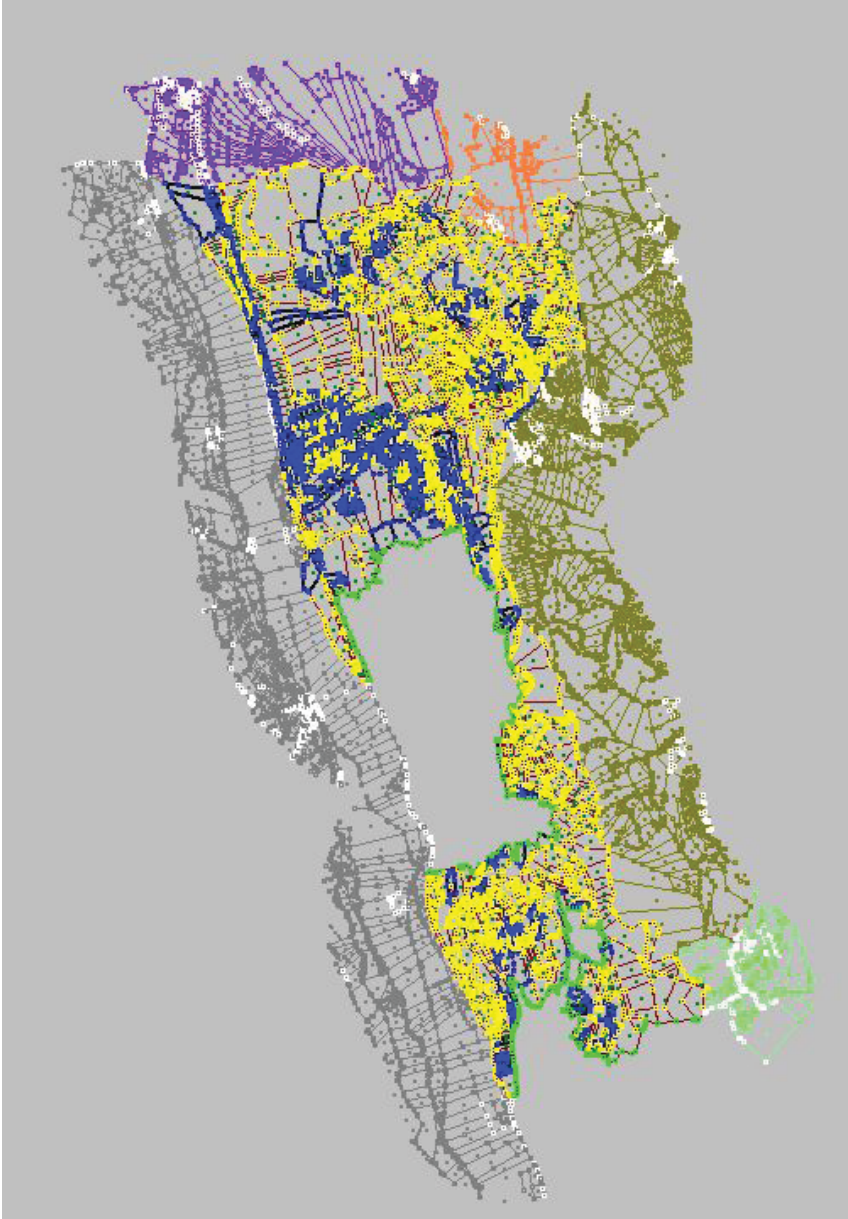
Lokacijska izboljšava ZKP se izvaja po posameznih katastrskih občinah. Evidentiranje izboljšanih podatkov posamezne katastrske občine se v zemljiškem katastru izvede v enem postopku (en IDPOS), ne glede na število delov, v katerih so evidentirani grafični podatki zemljiškega katastra posamezne katastrske občine. Ob evidentiranju izboljšanih podatkov za posamezno katastrsko občino se hkrati evidentirajo spremembe v mejnih katastrskih občinah, in sicer samo izboljšani podatki na meji katastrske občine (na meji med sosednjima katastrskima občinama tako uskladimo podatke). V sosednjih katastrskih občinah, ki se izboljšujejo naknadno, se torej meja s predhodno izboljšano katastrsko občino ne spreminja več. Najprej so bili lokacijsko izboljšani zvezni grafični podatkovni sloji zemljiškega katastra za vse katastrske občine, ki se v celoti vzdržujejo koordinatno.

Enota obdelave v postopku izravnave je del ali več delov katastrske občine z istim načinom vzdrževanja. Zato se deli katastrskih občin obdelujejo v *podprojektih*. Vrstni red in način obdelave se določata po naslednjih pravilih:

- Najprej so obdelani vsi »koordinatno« vzdrževani deli iste katastrske občine (način vzdrževanja: *1 – koordinatno*), kjer so vsa opazovanja izravnana skupaj in brez vpliva podatkov sosednje katastrske občine ali sosednjih delov iste katastrske občine.
- Temu sledi obdelava »nekoordinatno« vzdrževanih delov iste katastrske občine (način vzdrževanja: *2 – metoda z vklopom* in *3 – koordinatni način z vklopom*) po naslednjih pravilih:
 - »Nekoordinatno« vzdrževani sosednji deli iste katastrske občine so obravnavani skupaj in skupaj vključeni v postopek izravnave.
 - Fizično ločeni »nekoordinatno« vzdrževani deli katastrskih občin so obravnavani ločeno – izravnava se izvede ločeno.
 - Če »nekoordinatno« vzdrževani del katastrske občine meji na sosednjo »koordinatno« vzdrževano katastrsko občino ali pa na sosednji »koordinatno« vzdrževani del katastrske občine, mora biti le-ta lokacijsko izboljšán pred »nekoordinatno« vzdrževanim delom. Točke na meji s takšno katastrsko občino ali delom katastrske občine so vezne točke (se ne izravnava jo ponovno – fiksne vezne točke).
 - Če »nekoordinatno« vzdrževani del katastrske občine meji na sosednjo že izboljšano »nekoordinatno« vzdrževano katastrsko občino ali sosednji že izboljšán »nekoordinatno« vzdrževani del katastrske občine, se vse točke na meji s tako katastrsko občino ali delom katastrske občine štejejo za vezne točke (se ne izravnava jo ponovno – fiksne vezne točke).

Če »nekoordinatno« vzdrževani del katastrske občine meji na drugo neizboljšano »nekoordinatno« vzdrževano katastrsko občino ali neizboljšán »nekoordinatno« vzdrževani del katastrske občine, se pri izravnavi upošteva njihov vpliv z vplivnim območjem, običajno širokim 300 metrov.

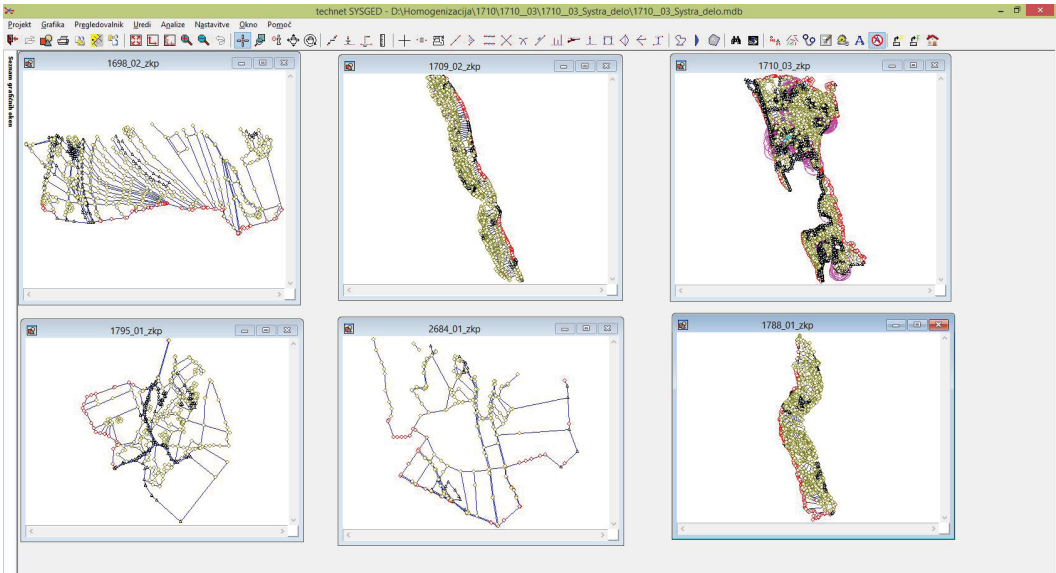
Vse našete vhodne podatke spremenimo v ustrezno obliko za *Systro* s programsko rešitvijo *SysGeoPro™* (slika 2). Program je razvit namensko za izvedbo projekta in omogoča hiter ter večinoma popolnoma avtomatiziran postopek obdelave vhodnih podatkov v ustrezno obliko. Takšni podatki se uvozijo v okolje *Systra*, kjer se izvede izračun (na koncu postopka pa tudi obdelavo rezultata izboljšave v obliko, ki je primerna za evidentiranje v zemljiškem katastru).



Slika 2: Prikaz iz *SysGeoPro™* – obdelava vhodnih podatkov za uvoz v *Systro*: primer obdelovane katastrske občine s pasovi sosednjih katastrskih občin, vzeti v obdelavo.

5.3 Izračun

V programu *SysGeoProTM* vhodne podatke pripravimo tako, da podatke za posamezno katastrsko občino ali njen del uvozimo v svoj sistem v *Systri*, vezne točke pa v različne skupine (slika 3). S tem je omogočeno, da lahko podatkom v *Systri* pripišemo različne vhodne natančnosti.



Slika 3: Primer projekta *Systre* – sistemi obdelovane katastrske občine in pasov sosednjih katastrskih občin.

Vezne točke iz baze zemljiškega katastra se v postopku ne izravnavajo. Vhodna natančnost za te točke (σ_p) je 0,00 metra. Izjema so vezne točke z metodo določitve 85, 86 in 87, ki jim je določena vhodna natančnost in se izravnavajo (preglednica 3).

Preglednica 3: Vhodna natančnost določitve položaja veznih točk.

Šifra MD	Metoda določitve	Vhodna natančnost (σ_p)
85	Koordinate točk, določene z izboljšavo lokacijskih podatkov ($1\text{ m} \leq X \leq 2\text{ m}$)	1,00 m
86	Koordinate točk, določene z izboljšavo lokacijskih podatkov ($2\text{ m} \leq X \leq 5\text{ m}$)	2,00 m
87	Koordinate točk, določene z izboljšavo lokacijskih podatkov ($5\text{ m} \leq X \leq 10\text{ m}$)	5,00 m

Točke z metodo določitve 85, 86 in 87, ki so na meji obdelovane katastrske občine s sosednjimi predhodno homogeniziranimi (končanami) katastrskimi občinami, so prav tako fiksne in zanje ne veljajo opredeljene natančnosti iz preglednice 3.

Dotatne vezne točke in pomožne točke se izravnavajo. Vhodna natančnost za te točke je odvisna od metode določitve (preglednica 4).

Preglednica 4: Vhodna natančnost določitve položaja dodatnih veznih in pomožnih točk

Šifra MD	Vhodna natančnost (σ_p)
101 / DOF	1,00 m
102 / PAS	1,00 m
103 / IZM	0,04 m
104 / IZT	0,30 m
105 / IZU	1,0 m

Natančnost grafičnih koordinat (GE, GN) oziroma vhodna položajna natančnost ZKP je izračunana kot povprečje vektorjev odstopanj med grafičnimi koordinatami (GE, GN) in koordinatami veznih točk (E, N) in se določa za vsak del katastrske občine posebej. Vhodno natančnost ZKP določimo na podlagi izračunanega povprečnega vektorja odstopanj in naslednjih pravil:

- Določitev vhodne natančnosti je odvisna od načina vzdrževanja ZKP obravnavanega dela katastrske občine.
- Za posamezno vrsto vzdrževanja so določene minimalne vrednosti vhodne natančnosti:
 - koordinatni način vzdrževanja ZKP: 0,50 m (šifra vzdrževanja 1 – koordinatno),
 - koordinatni način vzdrževanja ZKP z vklopom: 0,50 m (šifra vzdrževanja 3 – koordinatni način z vklopom),
 - nekoordinatni način vzdrževanja ZKP: 3,00 m (šifra vzdrževanja 2 – metoda z vklopom).
- Če je vrednost izračunane vhodne natančnosti pod minimalno vrednostjo, je za takšne dele katastrskih občin upoštevana minimalna vrednost vhodne natančnosti (v odvisnosti od metode vzdrževanja).
- Če vrednost izračunane vhodne natančnosti dosega oziroma presega minimalno vrednost (v odvisnosti od metode vzdrževanja), je upoštevana izračunana vrednost.

Izboljšava z uporabo membranske metode homogenizacije poteka v več korakih:

1. korak izravnave: izračun približnih vrednosti

V prvem koraku se za neznanе koordinate in transformacijske parametre za lokalne sisteme določijo približne vrednosti koordinat, ki se uporabljajo kot privzete vrednosti v naslednjem koraku posredne izravnave. V postopku izračuna približnih vrednosti se izvede samodejna eliminacija najbolj grobo pogrešenih opazovanj.

2. korak izravnave: posredna izravnava in analiza

V postopku se preučijo opazovanja in obravnavajo grobi pogreški opazovanj. Izhodne koordinate so izračunane z izravnavo po metodi najmanjših kvadratov, pogreški opazovanj pa odkriti s statistično analizo (izračun standardiziranega popravka NV, ki je razmerje med popravkom opazovanja in standardnim odklonom popravka opazovanja).

3. korak izravnave: homogenizacija

Po uspešni analizi in odpravi grobo pogrešenih opazovanj sledi homogenizacija. Pri homogenizaciji se upošteva položajno sosedstvo točk. Pri tem se še enkrat opravi sicer v 2. koraku že izvedena posredna izravnava. Grafične koordinate se ob upoštevanju vnesenih dodatnih geometrijskih pogojev izravnava. Namesto opazovanj koordinat se kot opazovanja uvozijo razlike koordinat stranic mreže trikotnikov, ki se v tem koraku vzpostavi med točkami ZKP.

Po posredni izravnavi (po 2. koraku izračuna) posebno pozornost namenimo analizi podatkov oziroma

rezultatov. Na podlagi izračunanih standardiziranih popravkov (NV) pregledamo vsa opazovanja, pri katerih so izračunani standardizirani popravki večji od mejne vrednosti standardiziranega popravka, saj pri teh opazovanjih obstaja velika možnost prisotnosti grobega pogreška. Mejna vrednost standardiziranega popravka je določena izkustveno in znaša 3,3 metra. Izjema so koordinatno vzdrževane katastrske občine in deli katastrskih občin, pri katerih je za mejno vrednost standardiziranega popravka vzeta vrednost 0,8 metra, ker so le tako ustrezno obravnavana grobo pogrešena opazovanja. Če je ugotovljena groba napaka v vhodnih podatkih iz baze zemljiškega katastra, se ugotovitev posredujejo geodetski pisarni v reševanje in odpravo. Izračunani standardizirani popravki, večji od mejnega standardiziranega popravka, so večinoma posledica slabih ali napačnih vklopov podatkov izmer v zvezni grafični podatkovni sloj ZKP. Če je v postopku ugotovljeno, da so grafične koordinate (GE, GN) veznih točk grobo pogrešene, njihov vpliv na izboljšavo okoliških točk v postopku izključimo. Z naraščajočo oddaljenostjo od veznih točk se popravki grafičnih koordinat manjšajo (vpliv veznih točk z oddaljenostjo upada).

6 REZULTATI

Med množico datotek rezultatov postopka so koordinate (E, N) vseh lomnih točk ZKP (ZK-točk) tiste, ki predstavljajo rezultat lokacijske izboljšave ZKP. Datoteko z izravnanimi in homogeniziranimi koordinatami točk iz okolja *Systra* prenesemo v *SysGeoPro TM*. Tam rezultate skrbno analiziramo, preverimo in na koncu pripravimo v obliko za uvoz v bazo zemljiškega katastra. Ob tem se ZK-točkam poleg izboljšanih koordinat pripišejo tudi ustrezne metode določitve. Upravni status ter grafične koordinate ZK-točk se z izboljšavo ne spreminjajo. Rezultat projekta lokacijske izboljšave ZKP bo izboljšana položajna natančnost ZKP za območje celotne Slovenije. S tem bomo dobili nov zvezni grafični, topološko pravilen, podatkovni sloj zemljiškega katastra, v katerem imajo vse lomne točke poligonov, ki prikazujejo meje zemljiških parcel in zemljišč pod stavbo, določene koordinate v državnem koordinatnem sistemu D96/TM (sliki 4 in 5).



Slika 4: Grafični prikaz rezultata iz SysGeoProTM: stanje ZKP pred lokacijsko izboljšavo je prikazano z belo črtkano linijo.



Slika 5: Vektorji premikov položajev točk ZKP na grafičnem prikazu rezultata izboljšave (vektorji kažejo približno v isto smer in so primerljivih dolžin); rumene nevezne točke dobijo koordinate v državnem koordinatnem sistemu (E, N) glede na vektorje na modrih veznih točkah in ob upoštevanju vnesenih dodatnih geometrijskih pogojev.

V sedanjem informacijskem sistemu zemljiškega katastra ostane ZKP nespremenjen, položajno izboljšani ZKP pa se šteje kot ZKN, pri čemer se obstoječi ZKN dopolni s podatki položajno izboljšanega ZKP in tako postane zvezen grafični podatkovni sloj. Zaradi zveznosti in izboljšane položajne natančnosti je podatkovni sloj ZKN tisti, ki je/bo pri uporabnikih zamenjal dosednji zvezni grafični podatkovni sloj ZKP (slika 6).



Slika 6: Nov ZKN po izvedeni lokacijski izboljšavi ZKP: rdeče so urejene meje, katerih lomne točke so vezne točke (vir: izsek ZKN sloja iz grafičnega pregledovalnika PREG).

Po evidentiranju izboljšanih podatkov so v evidenci zemljiškega katastra pri ZK-točkah vidne naslednje spremembe:

- **ZK-točkam, ki so bile v bazi zemljiškega katastra brez koordinat (E, N) z METEN = 90:**
 - so določene koordinate v državnem koordinatnem sistemu (E, N) s homogenizacijo,
 - se je metoda določitve spremenila v METEN = 77 – homogenizacija;
- **(veznim) ZK-točkam, ki so bile v bazi zemljiškega katastra vpisane z METEN = 85, 86, 87:**
 - so določene nove koordinate v državnem koordinatnem sistemu (E, N) s homogenizacijo,
 - metoda določitve je ostala nespremenjena;
- **(veznim) ZK-točkam, ki so bile v bazi zemljiškega katastra vpisane z METEN = 85 (ki so nastale iz METDYX = 94) in za katere je bilo pri postopku homogenizacije ugotovljeno, da so koordinate napačne:**
 - so določene koordinate v državnem koordinatnem sistemu (E, N) s homogenizacijo,
 - se je metoda določitve spremenila v METEN = 77 – homogenizacija;
- **dodatne vezne ZK-točke (MD = DOF, PAS, IZM, IZT, IZU), ki jih je določil izvajalec namensko za potrebe tega projekta, ne pomenijo posebne kategorije, saj so to ZK-točke iz prve alineje in zanje velja enako, kot je navedeno v prvi alineji.**

Vezne točke, ki v postopku izboljšave ne pridobijo spremenjenih koordinat v državnem koordinatnem sistemu (E, N), se v bazi ne spremenijo v nobenem atributu. Na vseh parcelah, ki imajo spremenjeno vsaj eno koordinato (E, N) na vsaj eni ZK-točki, je pripisan IDPOS s postopkom 77 – HOMOGENIZACIJA ZK.

7 RAZPRAVA

7.1 Ugotovitve in izkušnje

Po dosedanjih ugotovitvah je rezultat lokacijske izboljšave ZKP odvisen predvsem od:

- ustreznega števila veznih točk in njihove optimalne razporeditve,
- kakovosti obstoječih veznih točk (izločitev manj kakovostnih virov),
- vhodne položajne natančnosti ZKP,
- ustrezno evidentiranega stanja v ZKP in
- metod vzdrževanja podatkov zemljiškega katastra.

Najboljši rezultati lokacijske izboljšave ZKP so na območju stavbnih zemljišč (na območjih urbane rabe), kjer je gostota veznih točk večja. Slabše rezultate dobimo na zaraščenih gozdnih območjih, kjer imamo manjše število slabše razporejenih veznih točk. Težave v postopku povzročajo predvsem:

- slabi vklopi podatkov izmere v zvezni grafični podatkovni sloj zemljiškega katastra – ZKP,
- vklopi dolžinskih objektov v ZKP in
- ZKP na mejah katastrskih občin oziroma na mejah med deli katastrskih občin.

Zaradi metod zajema podatkov grafične izmere in kasnejšega usklajevanja meja katastrskih občin pri

digitalizaciji načrtov so v ZKP na mejah katastrskih občin in na mejah listov prvotnih katastrskih načrtov lahko tudi precejšnje nepravilnosti. Te pridejo v postopku izboljšave precej do izraza. Skušamo si pomagati z elaborati usklajevanja meja (pri postopku digitalizacije katastrskih načrtov). Primerov, ko so bila pri postopku uskladitve meja katastrskih občin porušena relativna razmerja v ZKP, z izboljšavo po sedanjih metodologiji dela ne moremo optimalno reševati. Za reševanje teh težav bi lahko uporabili membransko metodo homogenizacije ob zadostni količini dodatno pridobljenih podatkov (dodatne terenske izmere mejnih lomnih točk, ki določajo potek meje katastrskih občin ali pa potek parcelnih meja ob mejah katastrskih občin). Vsekakor pa bi za to potrebovali tudi več časa.

Projekt bo brez dvoma prispeval h kakovostnejšim podatkom zemljiškega katastra v Sloveniji. Odpravljene bodo številne napake, ker je to pogoj za začetek postopka izboljšave in hkrati za uspešno izvedbo lokacijske izboljšave ZKP. Matematično-statistične analize, ki jih omogoča uporabljena metoda, zagotavljajo učinkovito orodje za odkrivanje grobo pogrešenih opazovanj v bazi zemljiškega katastra. Te nato v sodelovanju z geodetskimi pisarnami ustrezno rešujemo. Veliki del procesa lokacijske izboljšave ZKP je popolnoma avtomatiziran, kar omogoča hitro delo in osredotočanje na vsebinske težave ter ne toliko na samo izvajanje postopka. Z uporabljenimi metodami izravnave in homogenizacije ZKP dosegamo precejšnjo izboljšavo položajne natančnosti grafičnega prikaza parcel: učinkovito se odpravljajo predvsem sistematični položajni zamiki ZKP, pri tem pa se nedvoumno uporabljajo načela geodetske stroke (metode koordinatne geometrije, topologija, izravnava, zakon o prenosu pogreškov itn.). V prihodnosti bi lahko v postopek vključili še rekonstrukcijo kakovostnih podatkov relativne geometrije iz arhivskih elaboratov katastrskih postopkov, izmerjenih v lokalnih sistemih. V tej fazi dela te sicer uporabimo, vendar samo tiste, ki so na območjih brez zadostnega števila ali z neustrezno razporeditvijo veznih točk iz baze zemljiškega katastra, ter v primeru reševanja grobo pogrešenega ZKP na manjših območjih. Ti elaborati vsebujejo še velike količine kakovostnih podatkov. Lokacijska izboljšava zveznega grafičnega podatkovnega sloja zemljiškega katastra ni enkratno dejanje, ampak proces.

7.2 Uporabnost, vplivi in posledice

Postopka lokacijske izboljšave ZKP ne smemo enačiti z upravnimi postopki urejanja ali spreminjanja mej zemljiških parcel. Z izboljšavo ne moremo odpraviti neskladij med neevidentiranim stanjem v zemljiškem katastru in dejanskim stanjem na terenu. Tovrstna neskladja se lahko rešijo samo z rednimi katastrskimi upravnimi ali sodnimi postopki. Z rezultati projekta ne posegamo v lastninske in stvarnopravne pravice. Prav tako se ne spreminjajo uradni podatki o površini parcel. Z lokacijsko izboljšavo ZKP se lahko sicer spremenijo podatki o vrsti in deležu dejanske rabe na parceli, vrednost bonitetnih točk zemljišč, vrednost nepremičnine in preračun katastrskega dohodka na parceli. Razlog za to je metodologija določanja deležev, ki izhaja iz »grafičnih presekov« podatkov zemljiškega katastra z ostalimi podatkovnimi sloji. Ker z lokacijsko izboljšavo ZKP nastaja tudi nov grafični zvezni sloj za vso državo, bo to imelo posledice tudi za druge uporabnike in njihovo izvajanje nalog, kot so: izdelava občinskih prostorskih načrtov, pogoji za zaščitene kmetije, dodeljevanje kmetijskih subvencij, izračun pristojbin za gozdne ceste, izvajanje nove prostorske in gradbene zakonodaje, pravice do socialnih transferjev, določanje davčne politike ipd.

8 SKLEP

Izvedba projekta lokacijske izboljšave ZKP poteka v skladu s terminskim načrtom. Do začetka decembra

2019 je dokončano delo v približno 1650 od 2698 katastrskih občinah na območju Republike Slovenije, kar pomeni približno 61 %. Po rezultatih opravljenega dela v okviru projekta se je izboljšanje homogenosti in položajne natančnosti ZKP z membransko metodo homogenizacije izkazalo za učinkovit pristop.

Na Geodetski upravi RS postopek lokacijske izboljšave ZKP razumemo kot proces in ne enkratno dejanje. S pridobitvijo dodatnih podatkov iz rednih postopkov vzdrževanja grafičnih podatkov zemljiškega katastra ali pa podatkov, ki bi bili zbrani namensko za postopek izboljšave v prihodnje, se povečuje nabor veznih točk in geometrijskih pogojev. S tem se povečuje tudi možnost, da s ponovno izboljšavo pridobimo tudi boljši rezultat. Izkušnje pri delu nam že zagotavljajo, da lahko ob naboru novih kakovostnih meritev z izvedbo homogenizacije vpliv teh meritev učinkovito prenesemo na okolico. Zavedamo se, da s postopkom lokacijske izboljšave ZKP ne moremo nadomestiti postopka nove izmere in da s projektom ne moremo odpraviti vseh napak, ki so vsa leta nastajale v podatkovni zbirki zemljiškega katastra. Vendar pa lahko ob optimalni razporeditvi kakovostnih veznih točk precej izboljšamo položajno natančnost in homogenost položajne kakovosti ZKP. Poleg »množičnih« izboljšav nova zakonodaja v Sloveniji z uvedbo *Zakona o spremembah in dopolnitvah Zakona o evidentiranju nepremičnin – ZEN-A* omogoča tudi izvedbo lokacijskih izboljšav na manjših območjih. S tem je mogoče ob pridobitvi dodatnih (novih) podatkov za namen izboljšave reševati problematična območja tudi po izvedeni »množični« izboljšavi.

Literatura in viri:

Berk, S., Fabiani, N., Bric, V., Žagar, T., Janežič, M., Mivšek, E., Oven, K., Lisec, A., Čeh, M., Pavlovčič Prešeren, P., Stopar, B. (2016). Kontrola, izboljšava in verifikacija modela trikotniške transformacije za potrebe prehoda sloja ZK in drugih prostorskih zbirk iz D48/GK v D96/TM. Končno poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije.

Čeh, M., Gielsdorf, F., Trobec, B., Krivic, M., Lisec, A. (2019). Improving the positional accuracy of traditional cadastral index maps with membrane adjustment in Slovenia. ISPRS international journal of geo-information, 8 (8), 1–22. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi8080338>

Čeh, M., Lisec, A., Ferlan, M., Šumrada, R. (2011). Geodetsko podprta prenova grafičnega dela zemljiškega katastra. Geodetski vestnik, 55 (2), 257–268.

Čeh, M., Lisec, A., Trobec, B., Ferlan, M. (2015a). Analiza možnosti izboljšave položajne točnosti, natančnosti in zanesljivosti zveznega grafičnega sloja zemljiškega katastra (ZKP). Poročilo projekta. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Čeh, M., Lisec, A., Trobec, B., Brumec, M., Farič, T., Koleša, J. (2015b). Izboljšava položajne točnosti zemljiškokatastrskega prikaza z urejanjem mej katastrskih občin in uporabo podatkov iz elaboratov geodetskih meritev. Poročilo projekta.

Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Čeh, M., Stopar, B., Trobec, B., Brumec, M., Tekavec, J., Lisec, A. (2017). Pilotni projekt izboljšave kakovosti zemljiškokatastrskega prikaza v katastrski občini Črešnjevice. Geodetski vestnik, 61 (1), 102–114.

eProstor (2019). Spletna stran projekta eProstor. <https://www.projekt.e-prostor.gov.si>, pridobljeno 15. 10. 2019.

GURS (2017). Razpisna dokumentacija za oddajo javnega naročila po odprtem postopku. Lokacijska izboljšava zemljiškokatastrskega prikaza. Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije.

GURS (2019). Poročilo izboljšave. Elaborat homogenizacije GURS. Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije.

GURS (2019). Tehnične specifikacije na podlagi Pravilnika o evidentiranju podatkov zemljiškega katastra. Uradni list RS, št. 48/2018 in 51/2018.

Operativni program 2014–2020 (2015). Operativni program za izvajanje evropske kohezijske politike v obdobju 2014–2020. Ljubljana: Služba Vlade RS za razvoj in evropsko kohezijsko politiko.

Marko Rotar, dipl. inž. geod.
 Geodetska uprava RS
 Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
 e-naslov: marko.rotar@gov.si

Kristina Murovec, univ. dipl. inž. geod.
 Geodetska uprava RS, Geodetska pisarna Tolmin
 Tumov drevored 4, SI-5220 Tolmin
 e-naslov: kristina.murovec@gov.si

KATASTRSKI DIGITALNI ARHIV 'NA KROŽNIKU'

CADASTRAL DIGITAL ARCHIVE 'ON THE PLATE'

Joc Triglav

1 UVOD

Tokratni zapis je nadaljevanje oziroma dopolnitev članka z naslovom *Podatkovne zgodbe z 'brado' in 'vonjem' po D96/TM*, ki je bil objavljen v prejšnji številki Geodetskega vestnika (Triglav, 2019), in v povezavi z obvestilom ID1980 na GEOblogu z dne 4. 11. 2019 (Vugrin, 2019). Od objave tega članka pred tremi meseci smo namreč na geodetski upravi za vse k. o. s šifro nnnn na območju geodetske pisarne Murska Sobota (kjer je $0 < nnnn \leq 136$) izdelali še dodatne vsebinsko in oblikovno poenotene grafike in opise ter jih z visoko vektorsko ločljivostjo zapisali v arhivske pdf-datoteke. Te bodo geodetom in geodetkam (v nadaljevanju: geodetom) ob objavi tega prispevka že dostopne v digitalnem arhivu vpogledovalnika Preg, in sicer v vsaki katastrski občini med podatki novih izmer v Idposih 0 konkretne k. o. na zadnjih straneh naslovnih podidposov nnnn_00000_000.pdf. Ti naslovni podidposi za vsako k. o. vsebujejo tabelarični pregledni osnovni opis razporeditve arhivskih podatkov v podidposih delov elaboratov katastrskih novih izmer z oznako Idpos 0, ki smo mu na koncu dodali še:

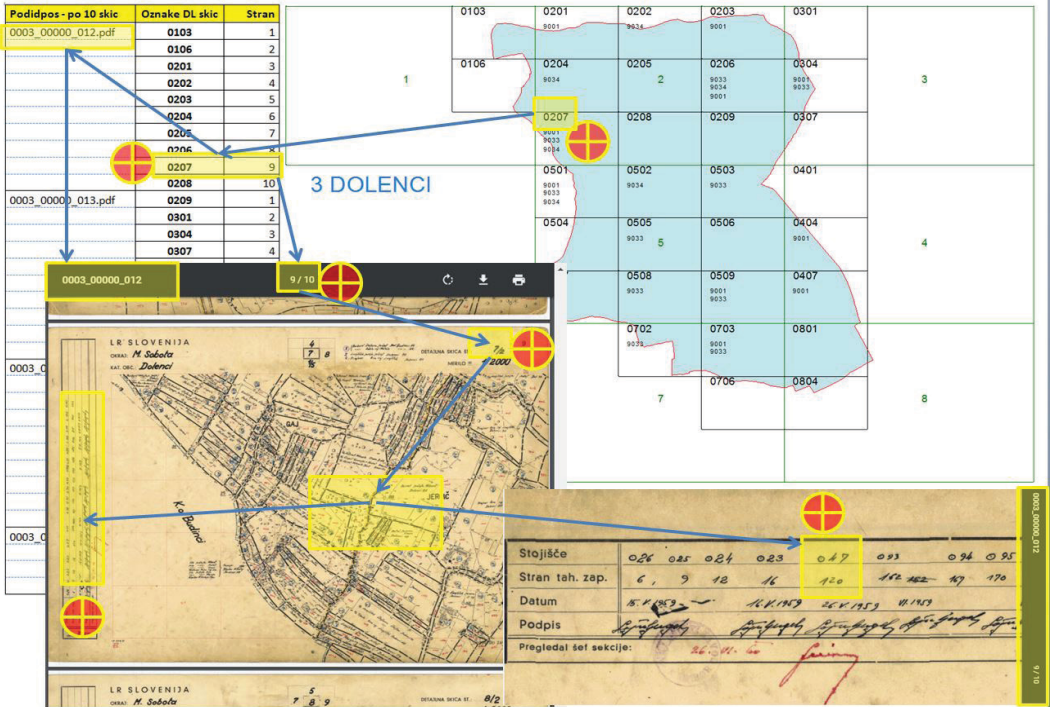
- tabelarični seznam vsebine in oštevilčbe posameznih arhivskih pdf-datotek s skupinami po 10 detajlnih skic novih izmer,
- preglednico s časovno vrsto izmer in komasacij v posamezni k. o.,
- pregledni grafični prikazi shem razreza na detajlne liste katastrskih načrtov in razreza na detajlne liste merskih skic, na podlagi katerih so bili ti načrti izdelani, in
- pregledni grafični prikaz upravnih stanj parcelnih mej.

V nadaljevanju bomo vsebino gornjih štirih alinej z nekaj primeri na kratko slikovno in opisno predstavili.

2 INFORMACIJE O DETAJLNIH SKICAH IN ČASOVNI VRSTI IZMER

V ta sklop informacij sodijo gornje prve tri alineje. Tabelarični seznam vsebine in oštevilčbe posameznih arhivskih pdf-datotek s skupinami po 10 detajlnih skic novih izmer je izdelan z namenom, da geodet hitro ciljno poišče konkretno detajlno skico nove izmere. Iz preglednega grafičnega prikaza shem razreza na detajlne liste katastrskih načrtov in razreza na detajlne liste merskih skic, na podlagi katerih so bili ti načrti izdelani, geodet vidi oznako detajlne skice in detajlnega lista načrta, kot je opisano v prejšnji številki Geodetskega vestnika (Triglav, 2019). V tabelaričnem seznamu pa glede na oznako detajlne skice in detajlnega lista načrta poišče ustrezni podidpos in konkretno stran v pdf-datoteki tega podidposa,

na kateri je dostopna iskana detajlna skica. Pri novih izmerah, izvedenih med letoma 1948 in 1974, koordinate ZK-točk v državnem koordinatnem sistemu še niso izračunane, zato je treba na izbrani skici pogledati še seznam poligonskih točk s stranmi tahimetričnih zapisnikov, kjer so zapisani tahimetrični merski podatki za izračun koordinat (slika 1), in izvesti izračun.



Slika 1: Primer ciljne uporabe tabelaričnega seznama in preglednega grafičnega prikaza shem razdelitve na detajlne liste skic in načrtov – glej 'tarče'. Geodet v Pregu poišče ldpod 0 za k. o. nnnn (v konkretnem primeru k. o. 3 Dolenci), kjer je območje delovišča, in si odpre naslovni podidpos 0003_00000_000.pdf. Nato najprej na preglednem grafičnem prikazu sheme razreza na detajlne liste skic in načrtov poišče območje delovišča svojega primera geodetske storitve (list 0207). Nato v tabelaričnem seznamu skic poišče ta list skice (list 0207) in ugotovi, da je na strani 9 podidpisa 0003_00000_012.pdf. V Pregu odpre ta podidpos, poišče v njem stran 9 in si na skici (7/2) poveča območje svojega delovišča. Potem ugotovi, s katerih točk geodetske mreže je bil posnet iskani detajl katastrske vsebine, ter v seznamu stojišč na levi strani skice ciljno poišče strani tahimetričnega zapisnika, kjer so tahimetrični podatki za katastrsko vsebino na območju konkretnega delovišča. Iz teh izvornih arhivskih podatkov izračuna koordinate ZK-točk ... Vir: OGU Murska Sobota, 2019.

Koristen podatek za geodeta je tudi preglednica s časovno vrsto izmer in komasacij (preglednica 1).

Preglednica 1: Časovna vrsta izmer in komasacij (primer za k. o. 3 Dolenci).

Vrsta izmere/ ime komasacije	Modul merila	Koordinatni sistem	Površina [ha]	Cela k. o.?		Čas terenskih meritev	Leto evidentiranja	Vrsta izmere
				Da=1	Ne=0			
Prva izmera	2880	Gellérthey	–	1		1859–1865	1865	grafična
Nova izmera	2500	Gauß-Krüger	646	1		1959	1962	numerična
Kom. Dolenci	2500	Gauß-Krüger	132	0		1989	1997	koordinatni kataster

3 PREGLEDNI GRAFIČNI PRIKAZ UPRAVNEGA STANJA PARCELNIH MEJ

Pregledne grafične prikaze upravnega stanja parcelnih mej smo izdelali za vse k. o. z osnovnim namenom, da geodetu, ki obdeluje podatke zemljiškega katastra na območju geodetske pisarne Murska Sobota, omogočimo hitro vizualno 'predseznanitev' z upravnim stanjem parcelnih mej na območju izbrane k. o. Tako lahko geodet v grobem hitro oceni, kakšni koraki ga čakajo pri izdelavi geodetskega elaborata na območju delovišča.

Grafični prikazi so izdelani glede na stanje evidentiranih katastrskih grafičnih podatkov z dne 19. 1. 2019, torej na stanje tik pred prehodom iz grafike zemljiškega katastra v koordinatnem sistemu D48/GK v koordinatni sistem D96/TM. Grafični prikazi so izdelani z združevanjem in selekcijo vsebin iz dwg-risb grafike katastra, ki smo jih v geodetski pisarni Murska Sobota zadnja tri desetletja dnevno vzdrževali za vse k. o., sprva v programskih orodjih AutoCAD in AutoCAD Light, od leta 1996 pa v programskem orodju AutoCAD Map. Zadnji dve desetletji smo te grafike vzdrževali vzporedno z grafiko v programskem orodju EditDKN. Glavni razlog vzporednega vzdrževanja grafike je bil, da nam je grafika v programskem orodju AutoCAD Map omogočala veliko več koristnih vsebin in hiter pregled nad upravnim stanjem mej, ki praviloma pogojuje tudi tehnične značilnosti načina izmere oziroma določitve katastrskih mej. Poleg tega smo v AutoCAD Mapu v ločenih grafičnih slojih imeli stalni vpogled v geolocirane združene in razpačene skenograme katastrskih načrtov ter v identifikatorje stavb, hišnih števil in drugih pomembnih vsebin, ki so nam omogočale kakovostno geodetsko delo.

S prehodom na novi koordinatni sistem D96/TM smo katastrsko grafiko dwg-risb prenehali vzdrževati z dnevnimi spremembami elaboratov geodetskih storitev, saj pričakujemo, da nam bo skupno uporabo vseh teh in številnih dodatnih grafičnih in atributnih vsebin kmalu omogočala nova aplikacija za vodenje katastra nepremičnin, katere razvoj je na Geodetski upravi RS že v sklepnih fazah. S ciljem, da bi geodetom tudi do uvedbe oziroma uporabe te nove aplikacije omogočili kakovostno strokovno delo, smo se odločili za izdelavo preglednih grafičnih prikazov upravnega stanja parcelnih mej za vsako posamezno k. o. Letošnje meritve, katerih rezultat so samo še izmerjene in grafične koordinate v D96/TM, torej v te prikaze niso vključene. Kot je že navedeno zgoraj, smo za osnovo uporabili dwg-risbe s stanjem grafike zemljiškega katastra na dan 19. 1. 2019. Iz dwg-risbe posamezne k. o. smo z združevanjem in selekcijo vsebin izdelali dxf-datoteke z barvnimi sloji, kot je prikazano v preglednici 2 in dodatno na sliki 2.

Preglednica 2: Vrste parcelnih mej s stanjem urejenosti in izračuna koordinat ZK-točk ter okvirnim obdobjem nastanka.

Vrsta meje	Upravno stanje mej Urejene: DA/NE?	Stanje koordinat ZK-točk Izračunane: DA/NE?	Okvirno obdobje nastanka/ evidentiranja
urejene meje	DA	DA	2000–2019
meje komasacije	DA	DA	1975–2019
sodne meje	DA	DA	1950–2019
MUP-meje	NE	DA	1975–2000
parcelne meje	NE	NE	1950 (1925)–2000

V preglednih grafičnih prikazih v pdf-datotekah ni vključena grafika tlorisov stavb, mej vrste rabe, parcelnih števil, šifer ZK-točk niti številne druge grafične vsebine, ki jih vodimo v slojih dwg-risb AutoCAD Map, in to iz preprostega razloga: z vsem tem ne bi mogli več govoriti o preglednem grafičnem

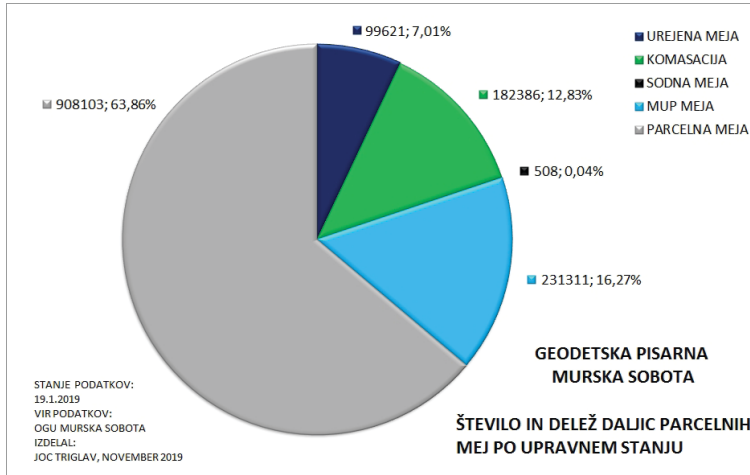
prikazu. Imamo torej le pet slojev parcelnih mej v barvah, ki se med seboj jasno razločujejo. Vse meje so sicer parcelne, v prikazih pa tako imenujemo le meje najnižje stopnje upravne in položajne kakovosti, medtem ko smo drugim vrstam mej dali 'govoreča' imena, kot so v uporabi v dnevni katastrski praksi. Za dodatno razločevanje mej so v pdf-datoteki preglednega grafičnega prikaza daljice mej s stanjem 'urejene meje', 'meje komasacije' in 'sodne meje' izrisane z debelino 2, 'MUP-meje' in 'parcelne meje' pa z debelino 1. Zelo pomembno za geodeta je dejstvo, da daljice mej z osnovnim stanjem 'parcelne meje' praviloma še nimajo izračunanih koordinat ZK-točk, temveč so bile te v obdobju izdelave digitalnih katastrskih načrtov pred desetletji praviloma določene z vektorizacijo mej iz združenih in razpačenih skenogramov katastrskih načrtov.

Kaj okvirno lahko torej geodet vidi iz barv v preglednem grafičnem prikazu in kako si s temi prikazi lahko pomaga pri delu? Ko vidi na preglednem grafičnem prikazu, da območje delovišča konkretnega geodetskega elaborata obsega tudi meje sive barve, ve, da bo za določitev mej in izdelavo geodetskega elaborata potreben izračun koordinat ZK-točk iz arhivskih podatkov, praviloma iz izvornih arhivskih podatkov novih izmer. Iz preglednice 2 je razvidno, da barve mej v prikazu določajo tudi približni časovni okvir nastanka oziroma prvega evidentiranja posameznih vrst parcelnih mej, kjer so mejne letnice zaradi enostavne preglednosti zaokrožene na pet let, s čimer se po naključju in kot naročeno lepo razdeli prejšnje stoletje na četrtinke po 25 let, kar je grafično ponazorjeno na sliki 2. Pri tem je sloj 'parcelne meje' prikazan v skupni kategoriji z eno barvo (sivo), ne glede na to, ali so bile prvič evidentirane v novih izmerah v državnem koordinatnem sistemu D48/GK (okvirno po letu 1950) ali v izmerah v starem koordinatnem sistemu Gellérthegy v merilu 1 : 2880 (okvirno po letu 1925). V obeh primerih je namreč treba koordinate ZK-točk izračunati iz izvornih arhivskih podatkov.

↓vrste mej/obdobje→	1925→	1950→	1975→	2000-2019
urejena				■
komasacija			■	
sodna		■		
MUP			■	
parcelna – D48/GK		■		
parcelna – Gellert	■			

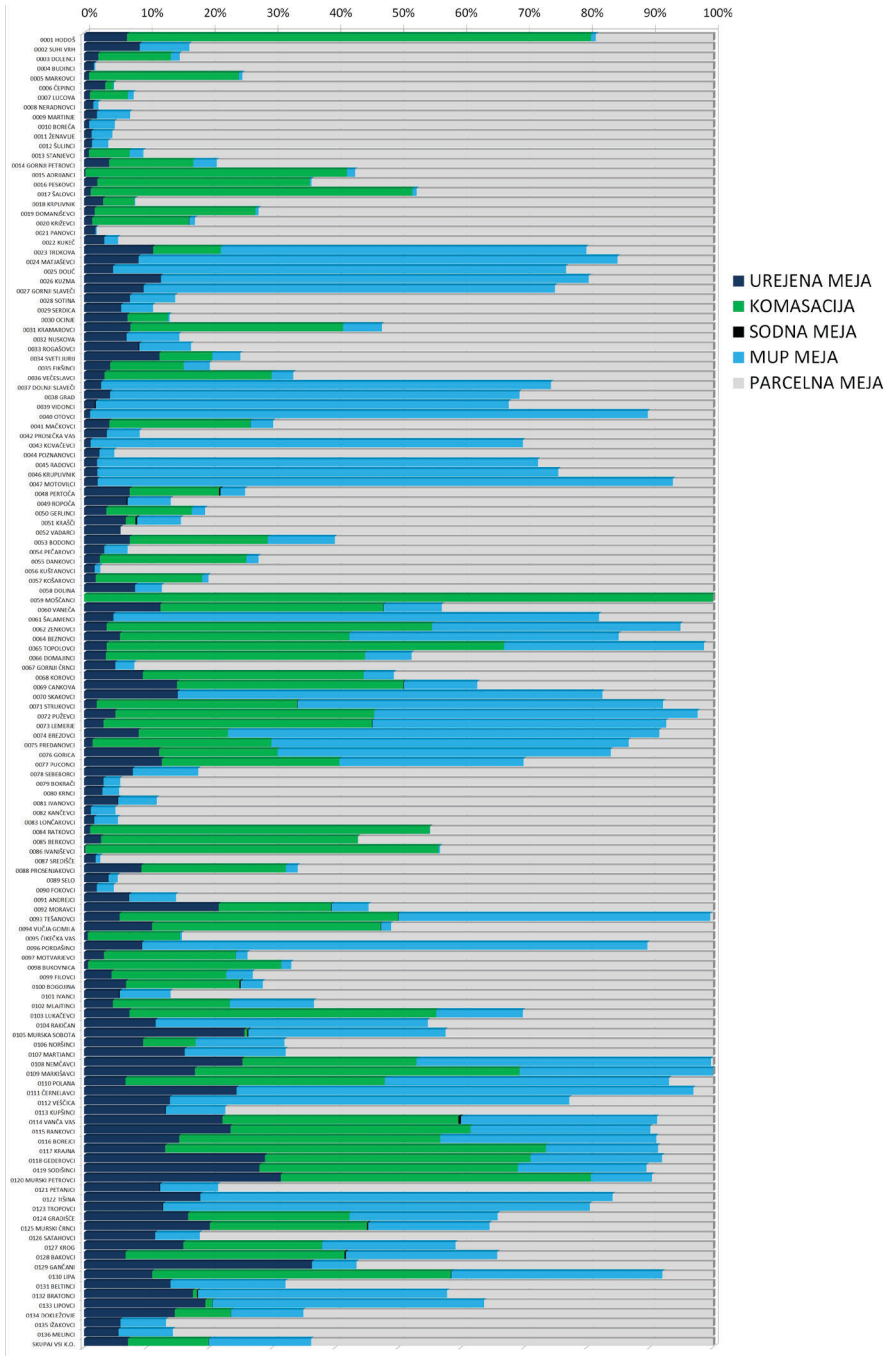
Slika 2: Grafična ponazoritev približnega časovnega okvira nastanka oziroma evidentiranja posameznih vrst mej.

Vse meje, ki so v drugih barvah, so geodetu lahko v pomoč pri meritvah za izvedbo lokalne transformacije med sistemoma D48/GK in D96/TM. Pri tem lahko že vnaprej pričakuje, da je položajna kakovost ZK-točk, že zaradi razpoložljivih geodetskih instrumentov in opreme ter z njimi povezanih metod geodetskega dela, praviloma precej odvisna od obdobja, v katerem je bila ZK-točka izmerjena. Število in delež posameznih vrst mej na območju geodetske pisarne Murska Sobota sta prikazana v krožnem diagramu na sliki 3, podrobnejši prikaz po k. o. pa v paličnem diagramu na sliki 4.

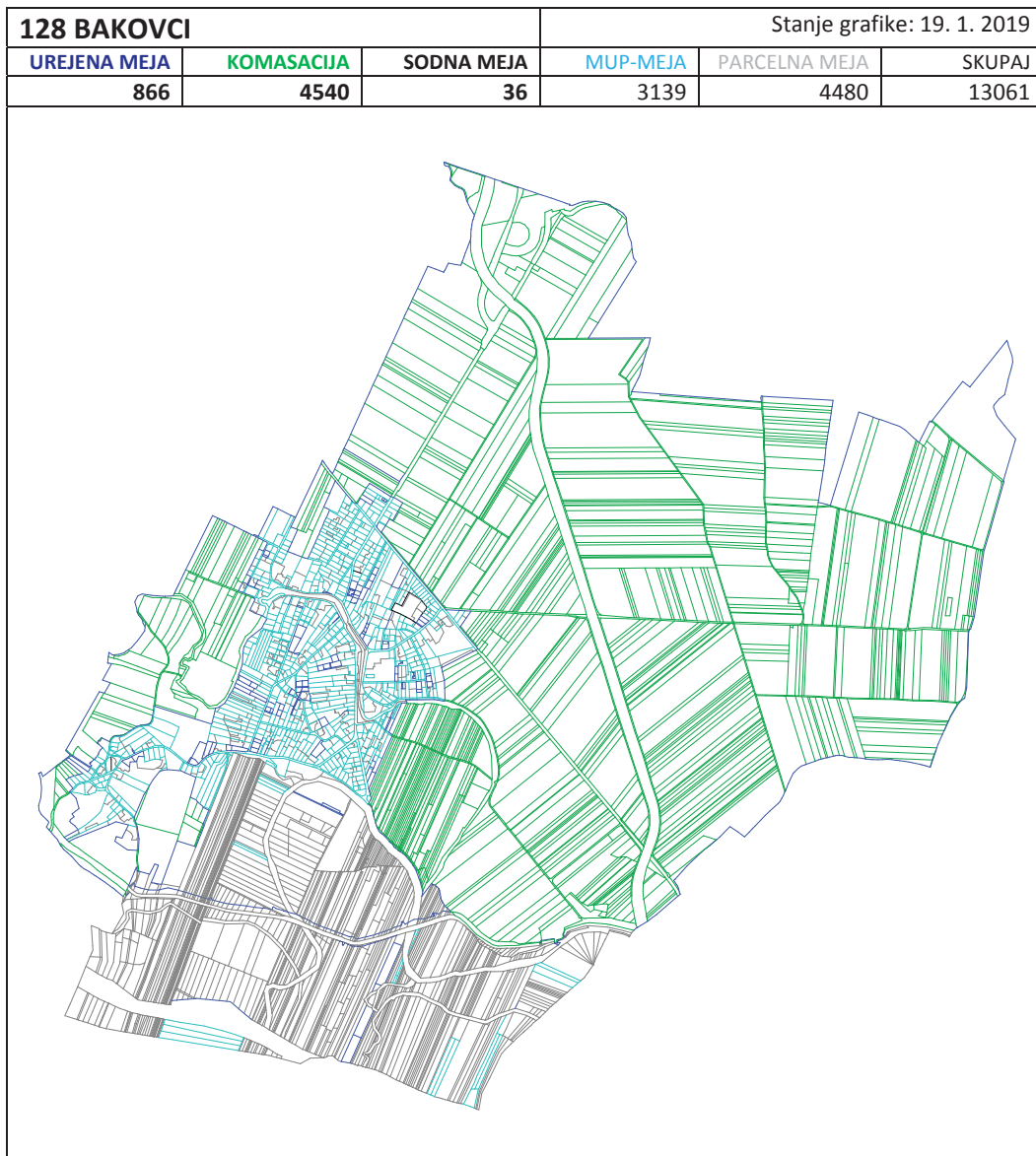


Slika 3: Deleži upravnega stanja parcelnih mej na območju geodetske pisarne Murska Sobota po posameznih vrstah mej. Skupno približno petina je katastrsko urejenih mej (tj. skupaj urejene, komasacijske in sodne meje), slaba šestina je MUP-mej, dobre tri petine je še vektoriziranih parcelnih mej. Vir: OGU Murska Sobota, 2019.

Gornje odstavke in grafikona si bomo najlažje predstavljali ob ogledu nekaj slikovnih primerov preglednih grafičnih prikazov upravnega stanja parcelnih mej na slikah 5, 6 in 7. Nad slikami je v preglednicah navedeno število daljic posameznih vrst mej v k. o. in skupno število daljic mej v k. o.



Slika 4: Palični diagram relativnih deležev upravnega stanja parcelnih mej za vse k. o. na območju geodetske pisarne Murska Sobota po posameznih vrstah mej, urejen po rastoči šifri k. o. od 1 do 136. Pestra slika govori sama zase. Zelo raznoliko stanje po posameznih k. o. je predvsem posledica intenzivne dinamike izvajanja obsežnih katastrskih postopkov na območju geodetske pisarne Murska Sobota v zadnjem stoletju. Vir: OGU Murska Sobota, 2019.

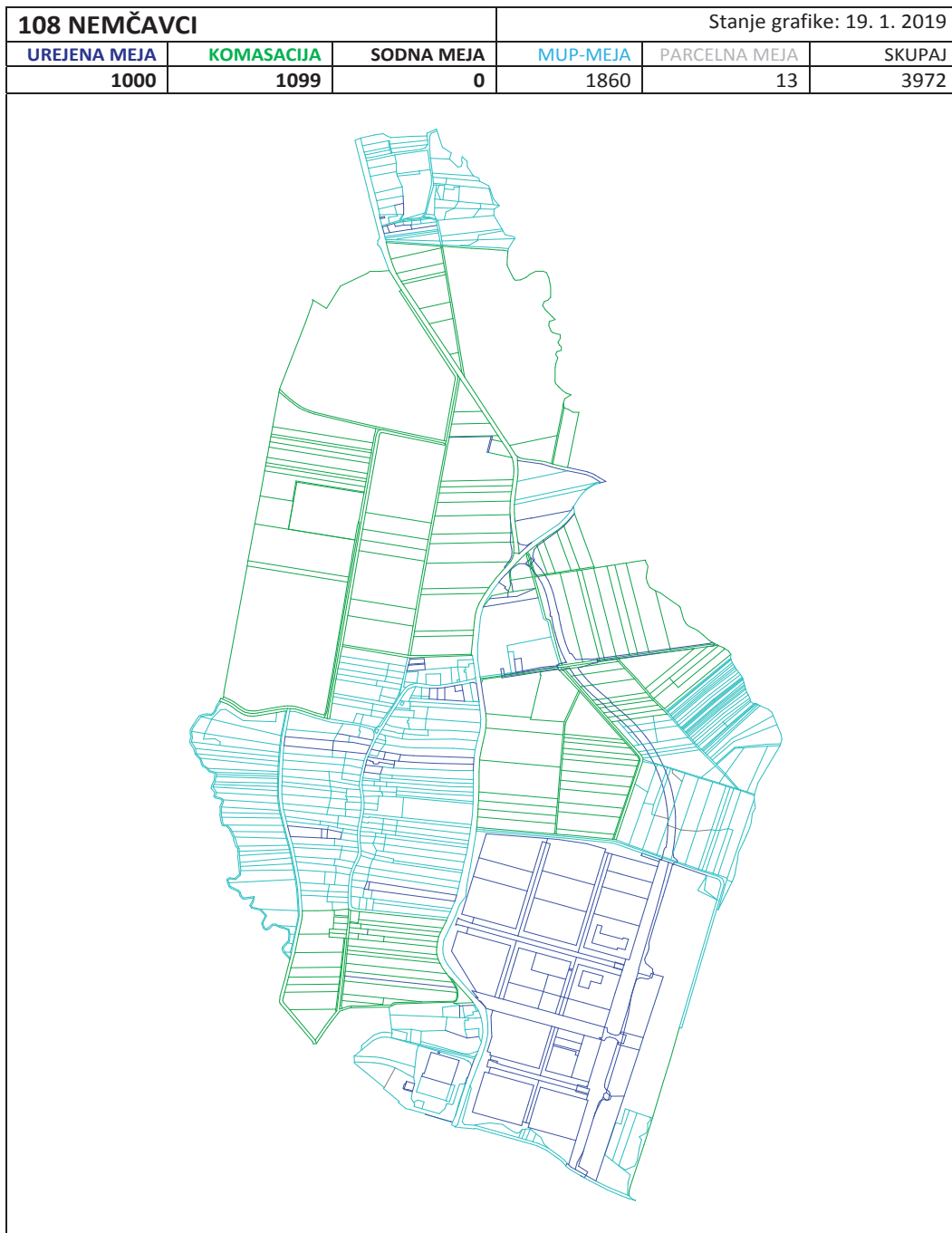


Slika 5: Primer kombinacije več vrst izmer v k. o. 128 Bakovci. Izvorna katastrska ortogonalna izmera je bila izvedena leta 1925 v koordinatnem sistemu Gellérthegey in merilu načrtov 1 : 2880 (sivo). Leta 1978 je bila v osrednjem delu k. o. izvedena nova izmera območja naselja (svetlo modro). Leta 2010 je bila v večjem delu k. o. izvedena komasacija kmetijskih zemljišč (zeleno, odebeljeno). Urejene meje v geodetskih postopkih iz obdobja po letu 2000 so vidne v odebeljeni temno modri barvi, sodne meje pa v odebeljeni črni barvi. V južnem delu k. o. so v svetlomodri barvi vidne MUP-meje na območju izvorne izmere. Vir: OGU Murska Sobota, 2019.



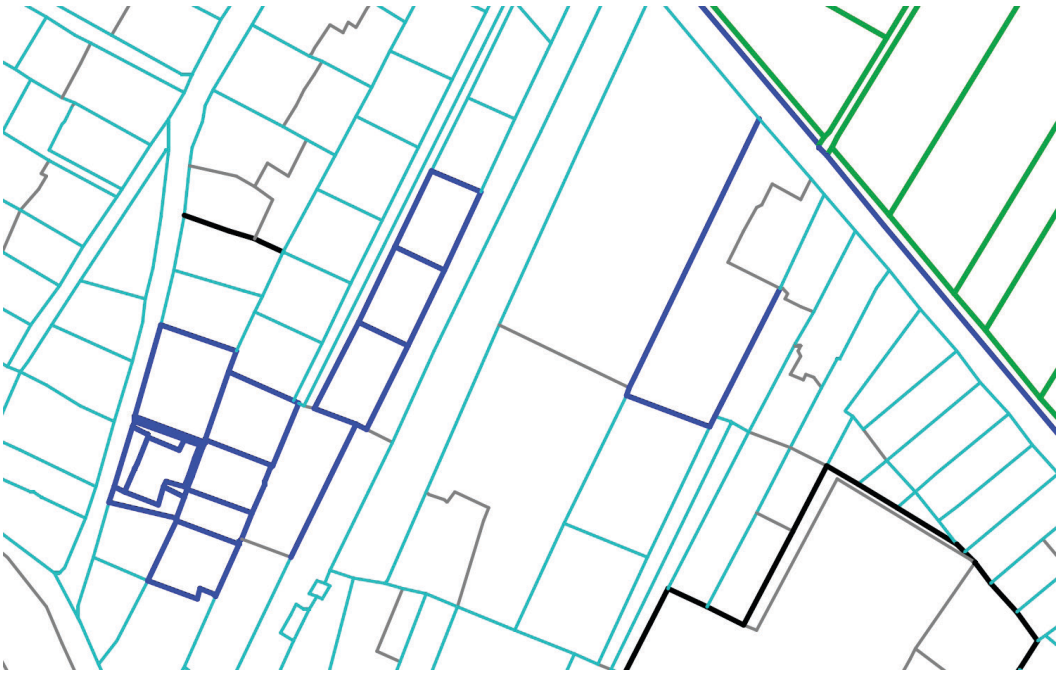
STROKOVNE RAZPRAVE | PROFESSIONAL DISCUSSIONS

Slika 6: Primer kombinacije več vrst izmer v k. o. 105 Murska Sobota. Leta 1967 je bila izvedena nova izmera območja naselja (sivo). Sredi 70. let je bila izvedena nova izmera preostalega dela k. o. (svetlo modro). Manjši del k. o. je bil vključen v komasacijo (zeleno, odebeljeno). Urejene meje iz geodetskih postopkov po letu 2000 so vidne v odebeljeni temno-modri barvi. Vir: OGU Murska Sobota, 2019.



Slika 7: Primer kombinacije več vrst izmer v k. o. 108 Nemčavci. V 90. letih je bila izvedena nova izmera (svetlo modro) in komasacija kmetijskih zemljišč (zeleno, odebeljeno). Urejene meje iz geodetskih postopkov po letu 2000 so vidne v odebeljeni temnomodri barvi – izstopa urejeno območje OPPN Severne obrtno-industrijske cone (SOIC) z vzhodnim delom obvoznice Murske Sobotice. Vir: OGU Murska Sobota, 2019.

Pregledni vektorski grafični prikazi kot na slikah 5–7 so izdelani za vse k. o. na območju geodetske pisarne Murska Sobota v obliki pdf-datotek formata A4. Vektorsko grafiko smo z izvozom dxf-datotek iz programa AutoCAD Map izdelali v programu GeoPro3.0 kot barvne emf-datoteke, te smo shranili v Word in zapisali kot pdf-datoteke v arhivskem PDF/A načinu z izbiro možnosti za minimalno velikost datotek, namenjeno za objavo na spletnih straneh. Pdf-datoteke so najbolj uporabne, če si jih uporabnik ogleduje pri zelo veliki povečavi (slika 8), vse tja do maksimalnih 6400 % povečave, kolikor dopušča bralnik pdf-datotek. Geodet si ob ogledu prikaza upravnih stanj parcelnih mej na območju svojega konkretnega delovišča pri veliki povečavi grafike lahko hitro ustvari okvirno sliko stanja mej, vse potrebne podrobnosti pa so potem razvidne neposredno iz digitalnega arhiva elaboratov geodetskih storitev oziroma elaboratov novih izmer.



Slika 8: Primer vpogleda v pdf-datoteko formata A4 s preglednim grafičnim prikazom upravnih stanj parcelnih mej pri povečavi 2400 %. Na sliki so vidne vse vrste mej – urejene meje (temno modro, odebeljeno), meje komasacije (zeleno, odebeljeno), sodne meje (črno, odebeljeno), MUP-meje (svetlo modro) in vektorizirane parcelne meje (sivo). Vir: OGU Murska Sobota, 2019.

Dvomljljenci med geodeti se verjetno sprašujejo: »Kdo pa sploh to potrebuje in zakaj?«, »Kako zanesljiva je razvrstitev v posamezne vrste mej?« in podobno. Na prvo vprašanje je odgovor verjetno jasen: To potrebuje geodet, ker je to njegov kruh in poslanstvo. Na drugo vprašanje je odgovor, da zanesljivost razvrstitve mej ni 100-odstotna, temveč mogoče kakšno desetinko manj, vendar je glede na namen preglednih grafičnih prikazov povsem zadostna. Topologija polilinj v programu AutoCAD Map namreč ne dopušča, da bi bile posamezne daljice znotraj polilinj v različnih slojih. Iz tega razloga je mogoče, da kakšna daljica meje, ki je del polilinije odseka meje, ni prikazana v pravi kategoriji ali pa v posameznih primerih celo sploh ni prikazana. Upoštevati pa je seveda treba tudi, da geodetskih storitev, ki so bile v zemljiškem katastru evidentirane v letu 2019, v opisanih preglednih grafičnih prikazih ni. Ta dejstva ne vplivajo bistveno

na uporabnost preglednih grafičnih prikazov, saj so lahko geodetu kljub temu v veliko pomoč pri delu, predvsem pri uvodnih korakih priprave na izvedbo geodetske storitve na konkretnem območju, torej da si ustvari 'veliko sliko', do vseh podrobnosti te velike slike pa potem dostopa v konkretnih idposih digitalnega arhiva in jih upošteva pri nadaljnjem delu.

4 SKLEP

Iz gornjih opisov in slik je verjetno mogoče zaslutiti, da so sodelavci geodetske pisarne Murska Sobota v obdelavo katastrskih podatkov v preteklih desetletjih vložili veliko napora. Rezultat je omogočil sistematično pripravo opisanih preglednih arhivskih informacij za geodete. A v tem zapisu so predstavljene le nekatere vrste informacij. Zato je priporočljivo za vsakega slovenskega geodeta, ki izvaja geodetske storitve na področju zemljiškega katastra, da si pred začetkom geodetskega dela v katerikoli k. o. na območju geodetske pisarne Murska Sobota, kjer je treba uporabiti izvorne podatke digitalnega arhiva novih izmer, najprej pogleda naslovni podidpos nnnn_00000_000.pdf za to k. o. (kjer je $0 < nnnn \leq 136$) in ga uporabi kot koristen kažipot po vsebinah elaboratov novih izmer. S tem kažipotom bo pot do ciljnih iskanih arhivskih podatkov bistveno hitrejša in enostavnejša. Potem pa se bo uporabi opisanih informacij in najdenih arhivskih podatkov pravo geodetsko veselje šele začelo.

Čisto za konec pa še to: Če boste geodeti pri delu z zgoraj opisanimi podatki in informacijami ugotovili, da temu 'podarjenem konju' preglednih vsebin kje slučajno manjka kakšna 'dlačica', naj vas to nikar ne ovira, da bi ga zajahali in urno pohiteli proti cilju – kakovostno izvedeni vsakokratni novi geodetski storitvi in kakovostno izdelanemu geodetskemu elaboratu!

Literatura in viri:

Triglav, J. (2019). Podatkovne zgodbe z 'brado' in 'vonjem' po D96/TM. Geodetski vestnik, 63 (3), 415–424.

Vugrin, M. (2019). Izračun koordinat ZK-točk - IDPOS 0 – 4. 11. 2019. GEOblog, https://www.geovrata.si/geoblog/namizje/1&cat=1&news_id=1980, pridobljeno 20. 11. 2019.

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

PROJEKT HARMO-DATA: PROJECT HARMO-DATA: USKLADITEV PODATKOV ZA DATA HARMONIZATION FOR ČEZMEJNO UPRAVLJANJE CROSS-BORDER SPATIAL PROSTORA MANAGEMENT

Blaž Barborič, Irena Ažman, Raffaella Cefalo, Alessandra Chiarandini, Silvano De Zorzi, Tomaž Petek, Roberto Previato, Martin Puhar, Tatiana Sluga, Agostino Tommasi, Umberto Trivelloni, Mauro Zanardo

1 UVOD

HARMO-DATA je projekt, financiran v okviru programa sodelovanja INTERREG V-A Italija-Slovenija 2014–2020, ki ga sofinancira Evropski sklad za regionalni razvoj. Uradno se je začel izvajati septembra 2017, projektne dejavnosti so bile dokončane 30. 6. 2019. V njem je sodelovalo šest partnerjev iz Slovenije in Italije, in sicer Geodetski inštitut Slovenije (koordiniranje), Geodetska uprava Republike Slovenije, Igea, d. o. o., Insiel, S. p. A. (Trst), GeoSNav Lab – Oddelek za inženirstvo in arhitekturo, Univerza v Trstu, in Terre, s. r. l. (Mestre).

Pri projektu so sodelovali tudi pridruženi partnerji dežel Benečija in Furlanija - Julijska krajina ter ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije.

Glavni cilj projekta je iskanje skupnih rešitev za izboljšanje upravljanja prostora in uporabe čezmejnih prostorskih podatkov, uskladitev obstoječih prostorskih podatkov, razvoj skupne čezmejne prostorske platforme, priprava skupnega protokola za dostop do harmoniziranih podatkov ter njihovo vzdrževanje.

V projekt so bile vključene interesne skupine in uporabniki prostorskih podatkov: oblikovalci politik, nacionalne, regionalne in lokalne organizacije, civilna zaščita, podjetja, univerze in raziskovalna središča.

Učinkovita uporaba čezmejnih prostorskih podatkov je mogoča le, če so harmonizirani. Model harmonizacije podatkov, ki smo ga izbrali v projektu, je INSPIRE in je v članku predstavljen skupaj z drugimi rezultati projekta (Ažman et al., 2018).

2 NAMEN PROJEKTA

Splošen namen projekta je okrepitev čezmejnega sodelovanja med javnimi ustanovami in zainteresiranimi uporabniki prostorskih podatkov na področju upravljanja prostora. Zato je bilo v njegovem okviru izvedenih več sklopov aktivnosti:

- razvoj in vzpostavitev skupne čezmejne prostorske platforme z usklajenimi podatki in storitvami, ki bodo omogočale iskanje, vpogled ter prenos italijanskih in slovenskih prostorskih podatkov;
- priprava in sklenitev protokola čezmejnega upravljanja prostora, kot podlaga za redno delovanje čezmejne platforme in za harmonizacijo prostorskih podatkov tudi po končanem projektu;

- izvedba skupnih čezmejnih izobraževanj in delavnic na italijanskem in slovenskem ozemlju, ki so vključevale izmenjavo dobrih praks in priporočil glede upravljanja prostora, poznavanja podatkov in metapodatkov ter navodila za uporabo skupne čezmejne prostorske platforme.

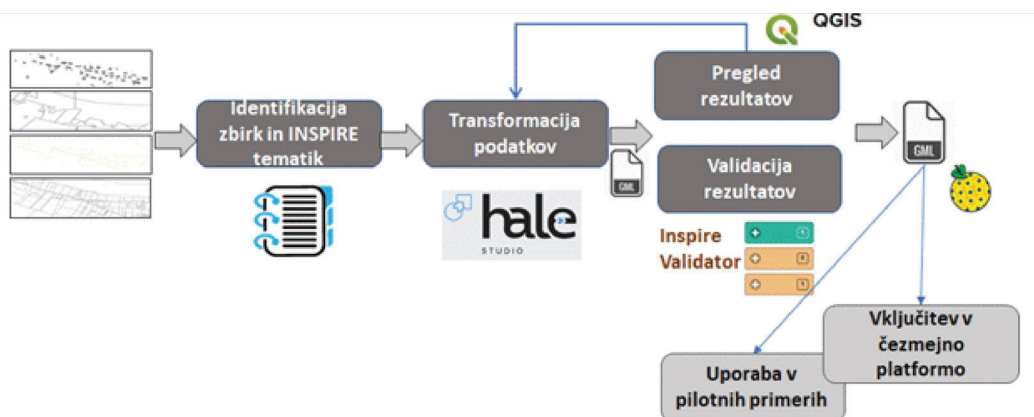
3 METODOLOGIJA ZA HARMONIZACIJO ČEZMEJNIH PROSTORSKIH PODATKOV

Eden bistvenih ciljev projekta zadeva razvoj skupnega modela za upravljanje prostorskih podatkovnih zbirk z uporabo skupnih metodologij in tehnologij, ki so bile enotno preizkušene z geografskimi podatki na čezmejnih območjih (slika 1).

Harmonizacija prostorskih podatkov je bila v projektu HARMO-DATA izvedena na podlagi analiz obstoječih podatkovnih baz ob upoštevanju znanj in izkušenj vsebinsko sorodnih projektov, posvečenih harmonizaciji podatkov za upravljanje prostora skladno z direktivo INSPIRE (European Parliament, 2007), kot so Plan4All (Plan 4 all, 2019; Camarata et al., 2011), Habitats (Habitats, 2018), Humboldt (Čerba et al., 2008; Fichtinger et al., 2011), HLANDATA (Goñi, 2011), ALCOTRA (Noardo et al., 2016).

V začetni fazi so bili primerjani organizacijski modeli upravljanja podatkovnih baz, izdelana je bila semantična analiza ter pripravljen okvir za harmonizacijo zbirk, kjer je bil kot ciljni model, ob soglasju vseh ključnih deležnikov projekta, izbran tako imenovani podatkovni model INSPIRE (INSPIRE, 2018). V naslednji fazi se je začela dejanska harmonizacija zbirk prostorskih podatkov, v okviru katere je bil izdelan dvojezični objektni katalog, izvedena je bila transformacija podatkov v skupni podatkovni model INSPIRE. Transformacija prostorskih podatkov je bila izvedena z odprtokodnim programom Hale Studio (Hale Studio, 2018), veljavnost rezultatov pa je bila preverjena s standardnimi validacijskimi orodji, ki so na voljo v okviru evropskega geoportala INSPIRE (referenčni validator INSPIRE).

Izdelana so bila tudi navodila za geometrijsko povezanost čezmejnih objektov. Dopolnjeni so bili ustrezni metapodatkovni opisi zbirk podatkov in metapodatkovni opisi storitev, povezanih z zbirkami podatkov.



Slika 1: Proces transformacije in validacije prostorskih podatkov.

V okviru projekta je bila razvita skupna čezmejna prostorska platforma za dostop do prostorskih podatkov (HARMO-DATA-geoportal, 2019) oziroma geoportal (slika 2). Platforma je zasnovana tako, da italijanskim in slovenskim uporabnikom omogoča boljši dostop do prosto dostopnih harmoniziranih podatkov.

Ključna za doseg zastavljenih projektnih ciljev je protokol za harmonizacijo prostorskih podatkov, ki so ga podpisale ustrezne institucije na deželni oziroma vladni ravni in zagotavlja trajnost rezultatov projekta ter uporabo okvira za harmonizacijo prostorskih podatkov tudi v drugih čezmejnih projektih. Skupna čezmejna prostorska platforma, katere arhitektura je prikazana v nadaljevanju (slika 3), je zgrajena po načelih evropske direktive INSPIRE. Čezmejna prostorska platforma HARMO-DATA se precej naslanja na obstoječe osrednje prostorske platforme in je nadgradnja sedanjih nacionalnih oziroma deželnih platform za prostorske podatke. V Furlaniji - Julijski krajini je to Katalog prostorskih podatkov dežele Furlanija - Julijska krajina, v Benečiji je to Metapodatkovni katalog dežele Benečija in v Republiki Sloveniji je to metapodatkovni sistem INSPIRE (SI).



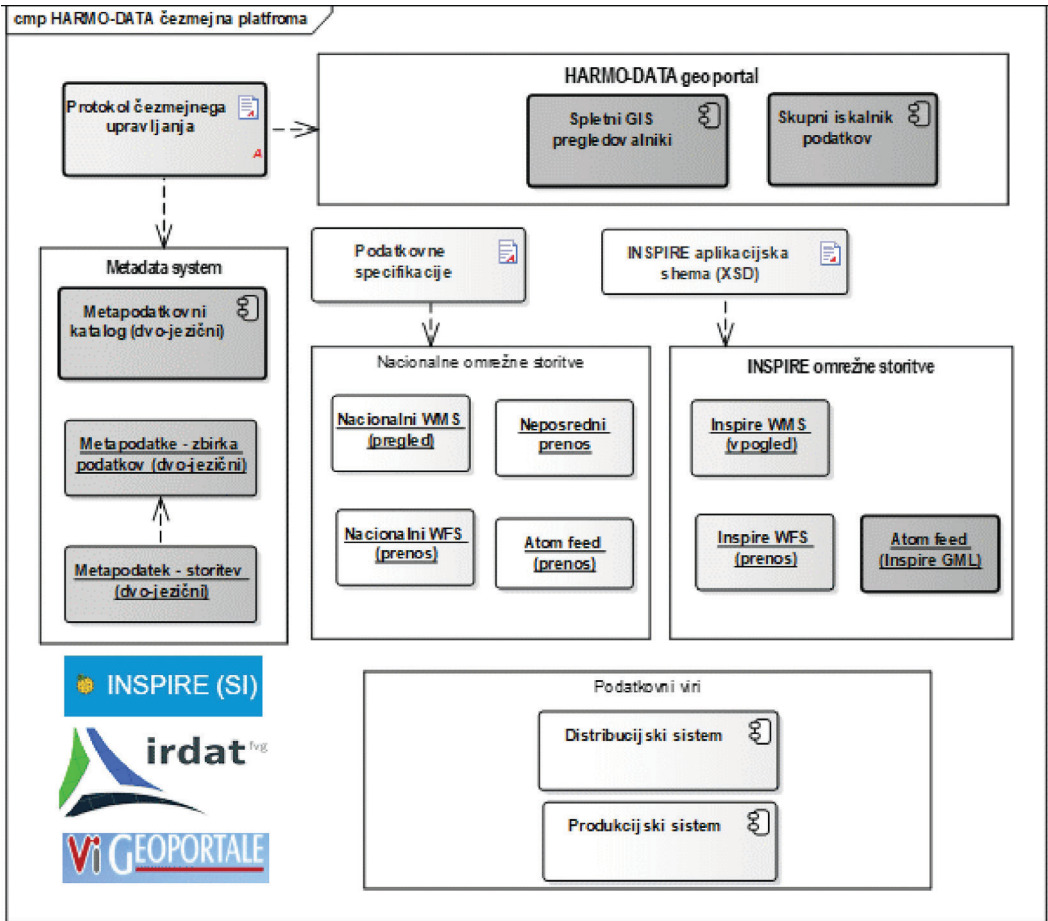
Slika 2: Geoportal HARMO-DATA.

Čezmejna prostorska platforma ima naslednje ključne sestavne dele:

- iskalnik metapodatkov zbirke podatkov, ki so praviloma večjezični;
- iskalnik harmoniziranih zbirke podatkov, ki so nastali v okviru projekta HARMO-DATA (z možnostjo prenosa podatkov);
- iskalnik omrežnih storitev za harmonizirane zbirke podatkov, ki jih zagotavlja posamezni upravljavec zbirke podatkov na italijanski ali slovenski strani;
- tematske spletne karte, ki prikazujejo uporabo harmoniziranih prostorskih zbirke podatkov.

V okviru projekta so bili izvedeni štiri sklopi pilotnih študij, s katerimi so bile preverjene uporabnost in morebitne pomanjkljivosti harmoniziranih zbirke podatkov:

- interaktivno 3D-modeliranje pri graditvi in prostorskem načrtovanju;
- kartiranje ekosistemov in ekosistemskih storitev;
- preizkus uporabe podatkov katastra gospodarske infrastrukture v različnih procesih;
- uporaba podatkov Sentinel-1 pri ukrepanju ob naravnih nesrečah.



Slika 3: Struktura skupne čezmejne prostorske platforme.

4 REZULTATI

Podrobneje so predstavljeni naslednji rezultati projekta HARMO-DATA:

- harmonizirane zbirke podatkov za območje obravnave;
- izvedene pilotne študije;
- navodila za geometrijsko povezanost čezmejnih objektov.

4.1 Harmonizirane zbirke podatkov

Zbirke podatkov, ki so vključene v harmonizacijo podatkov, so bile identificirane v začetni fazi projekta, nekatere zbirke pa so bile dodane na podlagi pilotnih študij. Zbirke, ki so bile obravnavane v procesu harmonizacije, so:

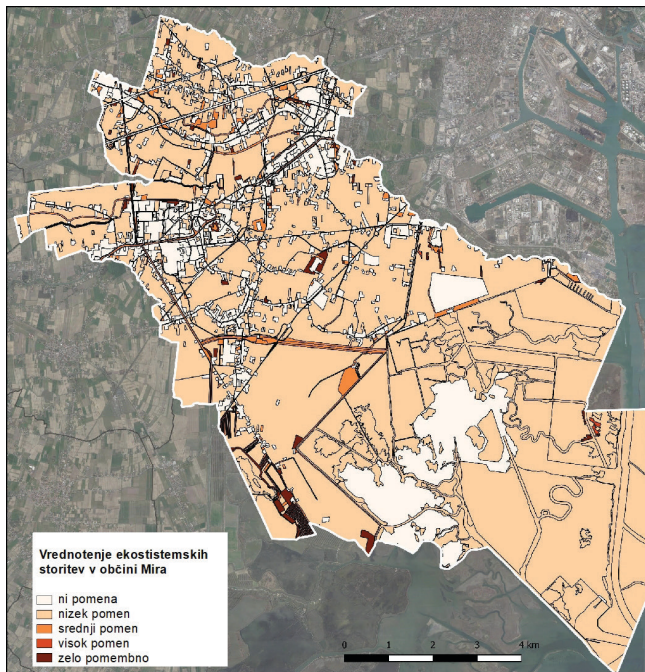
- geografska imena (shema geografska imena INSPIRE – GN);
- administrativne enote (shema administrativne enote INSPIRE – AU);
- zavarovana območja (shema zavarovana območja INSPIRE – PS);

- stavbe (shema stavbe INSPIRE – BU);
- namenska raba prostora (shema načrtovana namenska raba INSPIRE – PLU);
- Corrine Land Cover (shema pokrovnost INSPIRE – LC);
- zbirni kataster GI (sheme komunalne storitve INSPIRE – US-NETx).

Harmoniziranih je 17 različnih zbirk podatkov s celotnega območja obravnave. Izdelani so paketi podatkov v gml-obliki, skladni z INSPIRE, ki so vsi dostopni na skupni čezmejni prostorski platformi. Del navedenih zbirk je tudi že vključen v infrastrukturo INSPIRE; ustrezni metapodatki ter storitve so dostopni na evropskem geoportalu INSPIRE.

4.2 Izvedba pilotnih študij v projektu HARMO-DATA

V sodelovanju z deležniki projekta je bilo izvedenih več pilotnih študij: interaktivno 3D-modeliranje v prostorskem načrtovanju, kartiranje ekosistemov in ekosistemskih storitev, ukrepanje v primeru ogoženosti ob izrednih dogodkih, sistematično evidentiranje in uporaba podatkov katastra gospodarske infrastrukture ter uporaba podatkov Sentinel-1 za čezmejno spremljanje prostora. Namen pilotnih študij je bil predvsem preizkus uporabnosti harmoniziranih zbirk podatkov v različnih pilotnih okoljih na čezmejnem območju. Ključna sta bila tehnični in semantični vidik uporabnosti harmoniziranih podatkov v različnih procesih, kjer so potrebni prostorski podatki. Obravnavan je bil tudi organizacijski vidik, predvsem glede možnosti prenosa posamezne pilotne študije v druga okolja.



Slika 4: Prikaz rezultatov kartiranja ekosistemskih storitev.

Izbrani študijski primeri so si glede tega precej različni, saj je na primer kartiranje ekosistemov in ekosistemskih storitev na občinski ravni že poznano in uporabljeno tudi v praksi, na primer v občini Mire

v deželi Benečija (slika 4). Ena izmed izvedenih študij je vključevala možnost uporabe tega procesa v občini Gorica v Furlaniji - Julijski krajini in v mestni občini Nova Gorica v Sloveniji, pri čemer je bila ena od pglavitnih točk primerjava načina opredelitve namenske rabe prostora v občinskih prostorskih aktih. Pri tem je bil ključen ciljni model INSPIRE (shema načrtovana raba prostora – angl. *Planned Land Use* – PLU), saj vključuje tudi enotno klasifikacijo rabe prostora Hilucs – Hierarchical INSPIRE Land Use Classification System (HILUCS, 2018), ki je – poleg tega, da so bili podatki posameznega niza podatkov namenske rabe prostora transformirani v to obliko – služila tudi za primerjavo med različnimi klasifikacijami namenske rabe v treh različnih okoljih.

Podobno velja za nekatere primere uporabe podatkov katastra gospodarske infrastrukture. Obravnavana sta bila dva primera iz Slovenije, in sicer kartiranje širokopasovnih omrežij na podlagi evidenčnih podatkov katastra gospodarske infrastrukture (slika 5) ter uporaba katastra gospodarske infrastrukture z vidika obvezne priključitve na obstoječe omrežje in zaščita obstoječe gospodarske infrastrukture pri umeščanju gradenj v prostor.

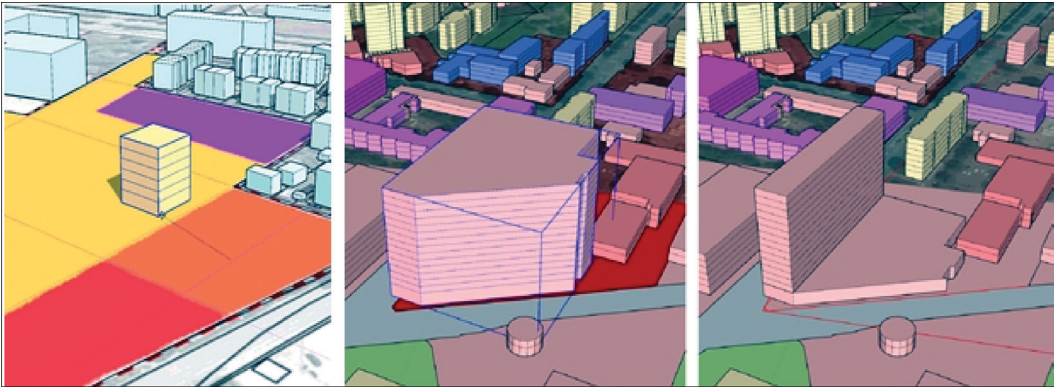


Slika 5: Prikaz kartiranja širokopasovnega omrežja v Sloveniji na gridu 100 m × 100 m.

Stanje v Italiji je na tem področju, kljub razmeroma podobnemu zakonskemu okviru, precej drugačno. Dežela Furlanija - Julijska krajina se tako že nekaj časa intenzivno pripravlja na vzpostavitev sistema tako imenovanega »katastra podzemne infrastrukture« (SINFI, 2018), pri čemer so primeri uporabe katastra gospodarske infrastrukture iz Slovenije vzeti kot dodaten argument pri dogovarjanju z različnimi ključnimi deležniki (organi v javni upravi, občine, upravljalci gospodarske infrastrukture, večji infrastrukturni upravljalci – na primer pristanišče Trst).

Študijski primer, imenovan interaktivno 3D-modeliranje pri graditvi in prostorskem načrtovanju, pa je na drugi strani relativno nov način samodejnega umeščanja in preverjanja gabaritov novih stavb glede na urbanistične kazalce, ki so predpisani v veljavnih prostorskih aktih občin. Ta primer uporabe je podprt z rešitvijo ljubljanskega zagonskega podjetja AgiliCity, v katerem so razvili programsko rešitev Modelur (Modelur, 2018), ki deluje kot dodatek (*plugin*) Trimbllove programske opreme SketchUp (SketchUp, 2019).

Programska rešitev Modelur omogoča enostavno modeliranje novih stavb v prostoru, pri čemer se samodejno preverjajo posamezni urbanistični kazalci, ki so opredeljeni v občinskih prostorskih aktih, na primer največja dovoljena višina objekta, najmanjša oddaljenost med objekti, največja dovoljena prostornina ali površina objekta, največji dovoljeni faktor zazidanosti, število dovoljenih nadstropij, obvezno razmerje med stanovanjskimi površinami in številom parkirnih mest, delež zelenih površin ipd. (slika 6). Pogoji za delovanje programske rešitve so seveda ustrezni podatki občinskih prostorskih aktov v digitalni obliki ter najmanj še digitalni podatki o obstoječih objektih, na primer iz katastra stavb.



Slika 6: Primer delovanja programske rešitve Modelur pri umeščanju stavb v prostor.

Prav razpoložljivost in kakovost podatkov v digitalni obliki sta tudi glavni oviri za uporabo tega orodja v vseh treh okoljih (občini Mira in Gorica v Italiji ter mestna občina Nova Gorica v Sloveniji), saj je to ključen dejavnik za kakovostno in zanesljivo odločanje v procesih prostorskega načrtovanja in kasneje tudi v procesih graditve. Programski paket Modelur je sicer razširjen tako rekoč po vsem svetu, pri čemer so empirično ugotovljene tudi koristi uporabe takšnega orodja, na primer več kot dvakrat hitrejšo delo, več kot štirikrat zanesljivejše odločanje in trikrat manj napak pri odločanju na občinski ravni.

Poleg študije o uporabi harmoniziranih prostorskih zbirk podatkov so bili v projektu izvedeni še primeri uporabe podatkov drugih prostorskih infrastruktur, ki obstajajo na ravni Evrope, predvsem uporabnost podatkov programa Copernicus (podatkov Sentinel-1). Ta tematika bo predstavljena v ločenem prispevku.

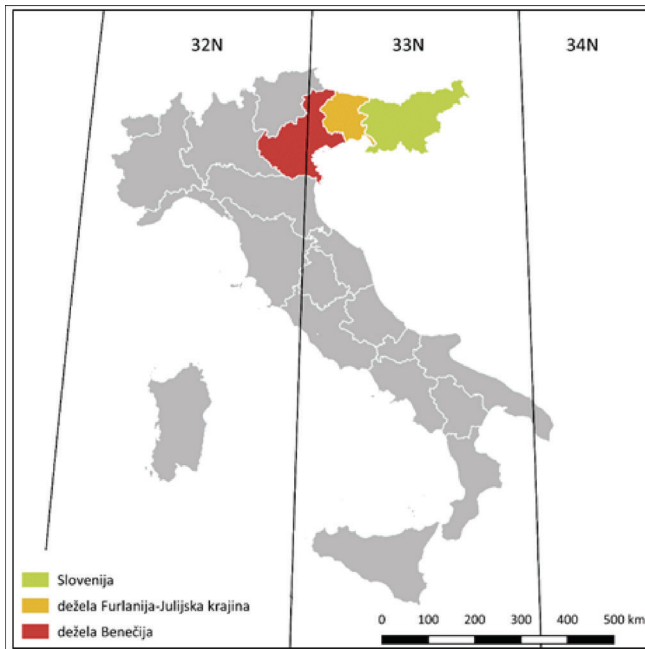
4.3 Navodila za geometrijsko povezanost čezmejnih objektov

V projektu smo pripravili Navodila za geometrijsko povezanost čezmejnih objektov, v katerih sta predstavljena način transformacije podatkov ter harmonizacija podatkovnih zbirk na državni ravni – z opisom značilnosti državnih koordinatnih sistemov in procesi transformacije s transformacijskimi parametri iz državnih koordinatnih sistemov v predlagani skupni (čezmejni) koordinatni sistem. Opisali in prikazali smo praktične primere geometrijske povezave čezmejnih objektov z uporabo odprtokodne programske opreme.

V skladu z aktualnima ravninskima koordinatnima sistemoma Slovenije in Italije ter direktivo INSPIRE smo predlagali skupni referenčni sistem ETRS89 in kartografsko projekcijo UTM. Glede na območje obravnave projekta (Slovenija, Furlanija - Julijska krajina in Benečija) smo predlagali uporabo cone 33N, saj v njej leži večina območja obravnave (slika 7).

Novi (aktualni) slovenski državni ravninski koordinatni sistem ima oznako D96/TM. Temelji na novem slovenskem državnem horizontalnem geodetskem datumu 1996 (oznaka D96) ter modulirani in modificirani prečni (transverzalni) Mercatorjevi kartografski projekciji (Berk, 2008). Horizontalni geodetski datum D96 izhaja iz slovenskega državnega terestričnega referenčnega sistema 1996 (SI TRS96), s katerim je v Sloveniji realiziran evropski terestrični referenčni sistem 1989 (ETRS89). Z njim sovpada v epohi 1995,55.

Za transformacijo med starim in novim slovenskim ravninskim državnim koordinatnim sistemom priporočamo uporabo vsedržavnega modela trikotniške transformacije VMT4, ki za pretežni del države zagotavlja točnost transformacije, boljšo od desetih centimetrov. Model VMT4 je prosto dostopen na spletni strani Geodetske uprave Republike Slovenije (eProstor, 2018).



Slika 7: Prikaz obravnavanih območij geometrijskega povezovanja prostorskih podatkov (Slovenije, Furlanije - Julijske krajine in Benečije) po conah projekcije UTM.

RDN2008 UTM (ETRF2000 UTM) je aktualni italijanski državni ravninski koordinatni sistem, ki temelji na aktualni italijanski realizaciji evropskega terestričnega referenčnega sistema 1989 (ETRS89), s katerim sovpada v epohi 2000,0, in univerzalni prečni Mercatorjevi projekciji (UTM). Ozemlje Italije se nahaja v treh conah projekcije UTM, in sicer 32N, 33N in 34N.

Ker aktualni italijanski državni ravninski koordinatni sistem RDN2008 UTM temelji na skupnem evropskem terestričnem referenčnem sistemu (ETRS89), je bil izbran kot izhodišče za geometrijsko povezovanje italijanskih obmejnih prostorskih podatkov na meddržavni ravni. Če so prostorski podatki v katerem izmed starejših koordinatnih sistemov, jih je treba pred geometrijskim povezovanjem transformirati v referenčni koordinatni sistem RDN2008 UTM.

Tako na slovenski kot na italijanski strani smo kot izhodiščni koordinatni sistem uporabili sistem, ki temelji na ETRS89, zato smo privzeli, da so slovenski in italijanski prostorski podatki že v skupnem referenčnem sistemu (razlike med različnimi državnimi realizacijami ETRS89 so velikostnega reda nekaj centimetrov (Berk in Boldin, 2017)). Razlikujejo se le uporabljene kartografske projekcije oziroma cone projekcije UTM:

- Slovenija: izhodiščni ravninski koordinatni sistem je D96/TM; potrebna je pretvorba koordinat oziroma sprememba kartografske projekcije iz slovenske državne kartografske projekcije TM v kartografsko projekcijo UTM, cona 33N;
- Furlanija - Julijska krajina: izhodiščni ravninski koordinatni sistem je RDN2008 UTM 33N; pretvorba koordinat oziroma sprememba kartografske projekcije ni potrebna;
- Benečija: izhodiščna ravninska koordinatna sistema sta RDN2008 UTM 32N in RDN2008 33N; če so prostorski podatki v ravninskem koordinatnem sistemu RDN2008 UTM 32N, je potrebna pretvorba koordinat oziroma sprememba kartografske projekcije iz UTM 32N v UTM 33N, če pa so prostorski podatki v ravninskem koordinatnem sistemu RDN2008 UTM 33N, sprememba kartografske projekcije ni potrebna.

5 SKLEP

Uporaba skupnega podatkovnega modela INSPIRE za harmonizacijo podatkov in izdelava skupne platforme po načelih direktive INSPIRE se je izkazala za pravilno odločitev. Če ne bi imeli izbranega vseevropskega modela, bi potrebovali več časa in energije za usklajevanje glede ciljnega podatkovnega modela, kar bi lahko povzročalo težave pri doseganju zastavljenih ciljev projekta. Skupna platforma je prosto dostopna, praktično zasnovana in poleg iskanja omogoča pregled in prevzem harmoniziranih podatkov ter na podlagi slednjih že izdelanih spletnih kart. Vzdrževanje platforme in podatkov tudi po koncu projekta ureja protokol za harmonizacijo prostorskih podatkov, ki so ga podpisali predstavniki pristojnih organizacij na deželni oziroma vladni ravni. Po uradnem koncu projekta smo navezali stike in predstavili projektne rezultate organizacijam, ki se ukvarjajo s podobno problematiko. Podan je bil skupni predlog projektne partnerjev, da se skupna platforma uporabi za prikaz čezmejnih podatkov sorodnih projektov, kar bi bila dodana vrednost uspešno izvedenega projekta.

Literatura in viri:

- Ažman, I., Barborič, B., Cefalo, R., Chiarandini, A., De Zorzi, S., Previanto, R., Puhar, M., Sluga, T., Petek, T., Tommasi, A., Trivelloni, U., Zanardo, M. (2018). Il progetto europeo Interreg HARMO-DATA: Armonizzazione dei dati per la gestione transfrontaliera del territorio. 22a Conferenza Nazionale ASITA 2018, Bolzano, Italija, 27.–29. november 2018. Atti della Conferenza, str. 51–58. Milano: Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali.
- Berk, S. (2008). Državni horizontalni koordinatni sistem (Hz KS). http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/projekti/DGS/2007/Priloga_N1_6-01_Novi_KS-imenska-kratice-osi.pdf, pridobljeno 9. 8. 2018.
- Berk, S., Boldin, D. (2017). Slovenski referenčni koordinatni sistemi v okolju GIS. *Geodetski vestnik*, 61 (1), 91–101. http://geodetski-vestnik.com/61/1/gv61-1_berk.pdf
- Camerata, F., Ombuen, S., Vico, F., Mildorf, T. (2011). Data interoperability for spatial planning: A tentative common description of European datasets concerning land use. Urban and Regional Data Management, Proceedings of the Urban Data Management Society Symposium 2011.
- Čerba, O., Mildorf, T., Charvát, K., Fryml, J., Podlena, R., Pospíšil, M. (2008). Project Humboldt – Spatial Data Harmonisation. Second International Conference on Cartography and GIS. Proceedings 1, 67–73. Sofia: International Cartographic Association.
- eProstor (2018). Transformacija v novi koordinatni sistem. <https://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/drzavni-prostorski-koordinatni-sistem/transformacija-v-novi-koordinatni-sistem/>, pridobljeno 20. 11. 2019.
- European Parliament (2007). Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for

- Spatial Information in the European Community (INSPIRE). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0002&from=EN>, pridobljeno 27. 6. 2018.
- Fichtinger, A., Rix, J., Schäffler, U., Michi, I., Gone, M., Reitz, T. (2011). Data Harmonisation Put into Practice by the HUMBOLDT Project. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 6, 234–260.
- Goñi, I. (2011). HLANDATA harmonization: Land Cover/ Land Use integration practical applications. INSPIRE Conference, 27. junij–1. julij 2011, Edinburgh. https://inspire.ec.europa.eu/events/conferences/inspire_2011/presentations/workshops/192/14002HLANDATAHARMONIZATIONWORSHOPGoniSidlawMon.pdf, pridobljeno 11. 3. 2019.
- Habitats (2018). <http://www.inspiredhabitats.eu/>, pridobljeno 12. 3. 2018.
- Hale Studio (2018). <https://www.wetransform.to/products/halestudio/>, pridobljeno 18. 6. 2018.
- HARMO-DATA geoportal (2019). HARMO-DATA geoportal – skupna čezmejna prostorska platforma. www.harmo-data-geoportal.eu, pridobljeno 18. 6. 2019.
- HILUCS (2018). <http://INSPIRE.ec.europa.eu/codelist/HILUCSValue/>, pridobljeno 18. 7. 2018.
- INSPIRE (2018). <https://inspire.ec.europa.eu/>, pridobljeno 9. 7. 2018.
- Modelur (2018). <https://modelur.eu/>, pridobljeno 18. 6. 2018.
- Noardo, F., Lingua, A., Aicardi, I., Vigna, B. (2016). Cartographic Data Harmonisation for a Cross-Border Project Development. *Applied Geomatics*, 8 (3-4), 133–150. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12518-016-0172-9>
- Plan 4 all (2019). Open Geodata for Planning Activities. <https://www.plan4all.eu/>, pridobljeno 13. 3. 2019.
- SINFI (2018). <https://www.sinfi.it/portal/>, pridobljeno 16. 2. 2018.
- SketchUp (2019). Trimble. <https://www.sketchup.com/>, pridobljeno 5. 3. 2019.

Blaz Barborič

Geodetski inštitut Slovenije
Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: blaz.barboric@gis.si

Irena Ažman

Geodetska uprava Republike Slovenije
Zemljemerska ulica 12, 1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: irena.azman@gov.si

Raffaella Cefalo

GeoSNav Laboratory, Università degli studi di Trieste
Via Alfonso Valerio 6/2, 34127 Trieste / Trst, Italija
e-naslov: raffaella.cefalo@dia.units.it

Alessandra Chiarandini

Insiel, S. p. A.
Via Cotonificio, 127, 33100 Udine / Videm, Italija
e-naslov: alessandra.chiarandini@insiel.it

Silvano De Zorzi

Regione del Veneto
Palazzo Balbi, Dorsoduro, 3901, 30123 Venezia / Benetke, Italija
e-naslov: silvano.dezorzi@regione.veneto.it

Tomaž Petek

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

Roberto Previato

Insiel, S. p. A.
Via Cotonificio, 127, 33100 Udine / Videm, Italija
e-naslov: roberto.previato@insiel.it

Martin Puhar

IGEA, d. o. o.
Podpeška cesta 1, 1351 Brezovica pri Ljubljani, Slovenija
e-naslov: martin.puhar@igea.si

Tatiana Sluga

GeoSNav Laboratory, Università degli studi di Trieste
Via Alfonso Valerio 6/2, 34127 Trieste / Trst, Italija
e-naslov: tatiana.sluga@dia.units.it

Agostino Tommasi

GeoSNav Laboratory, Università degli studi di Trieste
Via Alfonso Valerio 6/2, 34127 Trieste / Trst, Italija
e-naslov: agostino.tommasi@dia.units.it

Umberto Trivelloni

Regione del Veneto
Palazzo Balbi, Dorsoduro, 3901, 30123 Venezia / Benetke, Italija
e-naslov: umberto.trivelloni@regione.veneto.it

Mauro Zanardo

Terre, s. r. l., Parco scientifico tecnologico Vega
Via delle industrie 15, 30175 Venezia - Marghera / Benetke, Italija
e-naslov: mauro.zanardo@terre-srl.com

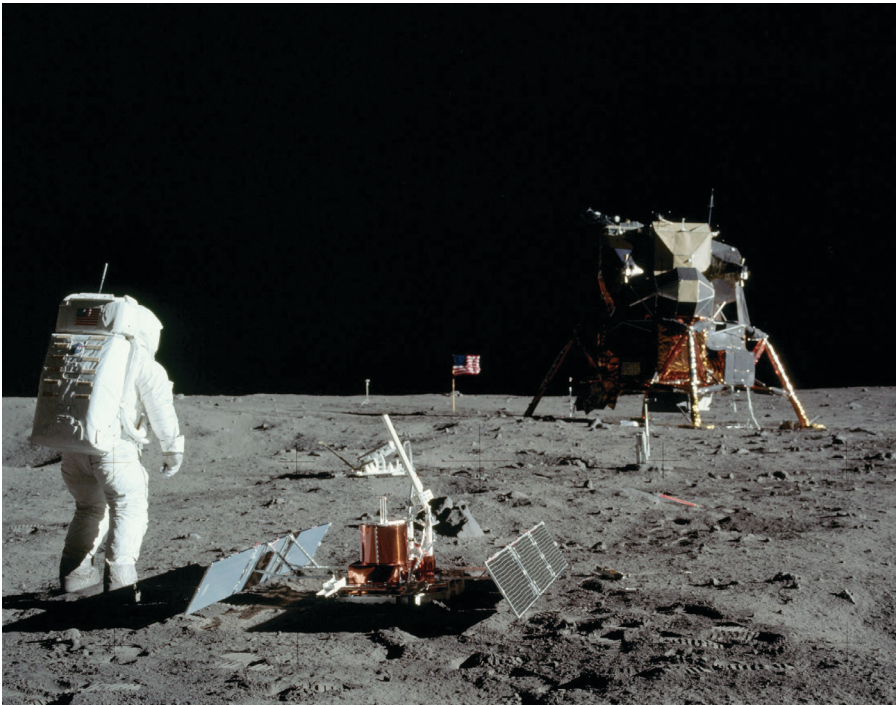
50. OBLETNICA PRISTANKA NA LUNI IN POMEN OSVAJANJA VESOLJA ZA GEODEZIJO

50TH ANNIVERSARY OF THE MOON LANDING AND THE IMPORTANCE OF CONQUERING SPACE FOR GEODESY

Sandi Berk

1 UVOD

Letos mineva petdeset let od prvega obiska človeka na edini Zemljini luni – Mesecu (v nadaljevanju kar: Luna). Ta »majhen korak za človeka, a velikanski skok za človeštvo« je bil storjen 20. julija 1969, ko sta Neil Armstrong in Edwin Aldrin v lunarnem modulu Eagle (tj. Orel) pristala poleg Malega zahodnega kraterja v Morju tišine (slika 1). Okrogla obletnica je priložnost, da se ozremo nazaj in osvežimo dogodke iz pionirskih časov osvajanja vesolja. Hkrati lahko osvetlimo pomen takratnih podvigov ter njihove učinke na tehnološki razvoj in tudi napredek geodezije.



Slika 1: Armstrongova fotografija Aldrina ob nameščnem seizmografu; nad njim je reflektor za lasersko merjenje oddaljenosti od Zemlje, desno zgoraj pa je lunarni modul Eagle (vir: NASA, 2019).

Kje se sploh prične vesolje – kako visoko je treba poleteti? Mejo med Zemljino atmosfero in vesoljskim prostorom (angl. outer space) imenujemo Kármánova ločnica in je približno sto kilometrov nad površjem Zemlje. Nad to višino za letenje ne veljajo več zakoni aerodinamike, ampak je mogoče zgolj še letenje po zakonih balistike, torej na raketni pogon. Pomembna je tudi v pravnem smislu, saj se tu konča zračni prostor držav in začne veljati mednarodno vesoljsko pravo.

Kot vemo, letijo potniška letala na višini približno deset kilometrov. Nedavni rekordni polet z jadralnim letalom je dosegel višino 23 kilometrov nad morjem, vendar s pomočjo stratosferskih zavetnih valov, ki nastajajo zaradi izredno močnih zračnih tokov med visokimi gorskimi vrhovi Andov (Ebbesen Jensen, 2019). Edino letalo, ki je prestopilo rob vesoljskega prostora, je bilo ameriško poskusno hipersonično raketno letalo North American X-15. Samo dva izmed 199 izvedenih poletov v letih 1959–1968 sta nekoliko presešla višino sto kilometrov.

Za primerjavo: tirnice (orbite) evropskih satelitov GOCE za merjenje Zemljinega težnostnega polja so na višini približno 255 kilometrov, tirnica Mednarodne vesoljske postaje (slika 5) je na višini približno 400 kilometrov, sateliti Iridium (satelitska telefonija) so na višini približno 780 kilometrov, tirnice geodetsko-geodinamičnih satelitov LAGEOS (slika 8, levo) so na višini približno 5900 kilometrov, ruski navigacijski sateliti GLONASS krožijo na višini približno 19.100 kilometrov, ameriški GPS na višini približno 20.200 kilometrov in evropski Galileo (slika 8, desno) na višini približno 23.200 kilometrov. Geostacionarni sateliti, ki krožijo okoli Zemlje na ravnini ekvatorja z obodno hitrostjo, usklajeno s hitrostjo vrtenja Zemlje, in so na nebu ves čas na istem mestu, na primer Astra 3A (satelitska televizija), sateliti EGNOS idr., so na višini približno 35.800 kilometrov nad površjem Zemlje. Povprečna oddaljenost Lune od Zemlje je 384.400 kilometrov.

2 KRONOLOGIJA OSVAJANJA VESOLJA

Francoski pisatelj Jules Verne je leta 1865 objavil preroški roman *De la Terre à la Lune*; naslov slovenskega prevoda romana je *Potovanje na Luno*. Čeprav je šlo za znanstveno fantastiko, je Verne opravil tudi nekaj grobih balističnih izračunov. Med kasnejše, prave pionirje astronautike pa sodi Herman Potočnik - Noordung, slovenski inženir in častnik v takratni avstro-ogrski mornarici. Leta 1929 je v Berlinu izdal knjigo *Das Problem der Befahrung des Weltraums* s kasnejšim (1986) slovenskim prevodom *Problem vožnje po vesolju*. V knjigi je predstavil načrte za prodor v vesolje in izgradnjo vrteče se geostacionarne vesoljske postaje z umetnim težnostnim poljem.

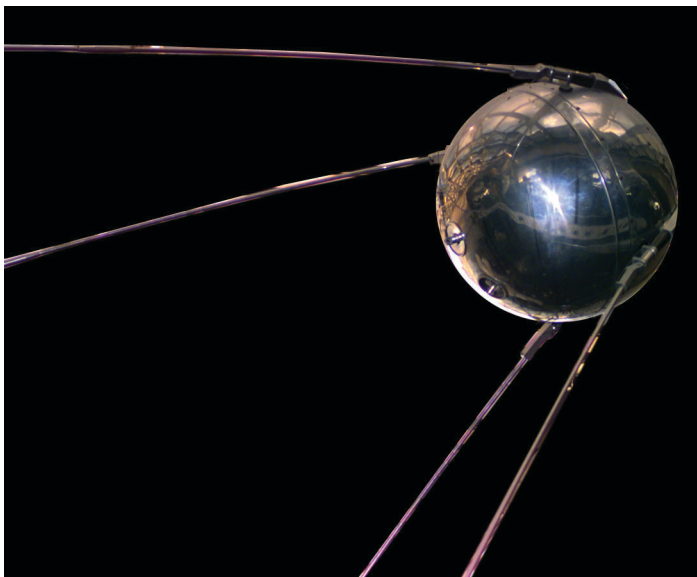
2.1 Prodor v vesoljski prostor

Čeprav so tudi Potočnikovo delo takrat nekateri ocenili za domišljijo, je Wernher von Braun, snovalec zloglasne nemške rakete Vergeltungswaffe 2 (V-2, tj. Maščevalno orožje 2), kasneje izjavil, da mu je Potočnikova knjiga služila kot učbenik (Potočnik, 1986, str. 214 – spremna beseda ur.). 20. junija 1944 je omenjena balistična raketa V-2 ob navpični izstrelitvi dosegla višino 176 kilometrov nad tlemi in postala prvo telo, ki ga je v vesolje poslal človek. Von Braun je po vojni svoje izkušnje prenesel Američanom. Z raketo V-2 so ti 20. februarja 1947 v vesolje poslali vinsko mušico; prva žival v vesolju je dosegla višino 109 kilometrov in se na Zemljo vrnila živa.

Pravi začetki osvajanja vesolja sovpadajo s koncem druge svetovne vojne in pričetkom hladne vojne med Združenimi državami Amerike (ZDA) in takratno Sovjetsko zvezo (SZ). Tako ZDA kot SZ sta se najprej lotili vesoljskih programov brez posadk. Tovrstni ameriški programi so bili Vanguard v letih 1957–1959, Pioneer (1958–1978), Explorer (od 1958), Ranger (1961–1965), Mariner (1962–1973), Lunar Orbiter (1966–1967) in Surveyor (1966–1968). Bili so predhodnica odprav s posadkami; izvajali so različne meritve, vadili so manevriranje na tirnicah okoli Zemlje in kasneje še Lune ter drugih nebesnih teles v Osončju, kartirali so površja teh teles in drugo. Sonde z odprav Surveyor (ime bi v tem primeru lahko prevedli tudi kot Lunomerec) so pristajale na Luni in pošiljale panoramske posnetke kraja pristanka (Dyer, 2009, str. 18–19). Sovjetski vesoljski program (okvirni) se je odzval s sorodnimi programi Luna v letih 1959–1976, Zond (tj. Sonda; 1964–1970) in Lunohod (1969–1979). Program Lunohod je na Luno popeljal prva daljinsko vodena raziskovalna vozila, ki so med drugim zbirala in analizirala vzorce prsti (Dyer, 2009, str. 62–63). Nekateri izmed omenjenih vesoljskih programov, na primer Pioneer, Explorer, Mariner in Zond, so se usmerili tudi proti drugim planetom in njihovim lunam, predvsem za raziskovanje drugih planetov sta bila zasnovana še ameriška programa Viking (1975) z odpravama na Mars ter Voyager (1977) z odpravama proti zunanjim planetom našega Osončja.

2.2 Prvi umetni sateliti

Pričetek prave vesoljske tekme med ZDA in SZ je zaznamoval prvi Zemljin umetni satelit Sputnik 1 (tj. Sopotnik 1 oziroma Satelit 1; slika 2), ki ga je SZ z balistično raketo SS-6 izstrelila 4. oktobra 1957. Imel je eliptično tirnico; višina satelita je nihala med 215 kilometri in 936 kilometri. Na tirnici je ostal tri mesece, njegove baterije, ki so zagotavljale radijsko povezavo, pa so se iztrošile že po treh tednih.



Slika 2: Sputnik 1, prvi Zemljin umetni satelit (vir: NASA, 2019).

Prevlada SZ je bila očitna. V novembru leta 1957 je Sputnik 2 ponesel prvo žival na tirnico okoli Zemlje – psičko Lajko (Dyer, 2009, str. 15). 13. septembra 1959 je sovjetska sonda Luna 2 padla na površje Lune in tako postala prvo telo, ki ga je nanjo poslal človek. Že v oktobru istega leta je sonda Luna 3 na Zemljo poslala prve fotografije zadnje strani Lune, ki je dotlej še ni videlo človeško oko. Luna je namreč 'gravitacijsko zaklenjena' in nam vedno kaže isto poloblo (Drake in Howe Verhovek, 2019).

Programom vesoljskih odprav brez posadk so sledili tisti s posadkami. Precej uveljavljeno je, da člane ameriških vesoljskih odprav imenujemo astronauti, člane ruskih odprav pa kozmonavti. Ameriški programi so si sledili glede na naraščajočo številčnost posadke: program Mercury v letih 1958–1963 je predvidel odprave s po enim astronautom, program Gemini (tj. Dvojčka; 1961–1966) odprave s po dvema astronautoma, na kar namiguje tudi njegovo ime, ter program Apollo (1961–1972) odprave s po tremi astronauti (Dyer, 2019, str. 16–17). Podobno so si sledili sovjetski programi Vostok (tj. Vzhod; 1961–1963), Voshod (tj. Zora; 1964–1965) ter Sojuz (tj. Zveza; od 1967).

Z odpravo Vostok 1 je 12. aprila 1961 sovjetski kozmonavt Jurij Gagarin (slika 3, levo) postal prvi človek v vesolju. Nosilna raketa R-7 je bila prvi medcelinski balistični izstrelek, prirejen za človeško posadko. Nov šok za ZDA pa je bil prvi vesoljski sprehod, ki ga je 18. marca 1965 z vesoljskega plovila Voshod 2 izvedel Aleksej Leonov (Balažic, 2019). Dokazal je, da lahko vesoljska obleka kozmonavta zaščiti tudi zunaj plovila, kar je bil pomemben korak na poti k izkrcanju človeka na Luni. Še brez človeške posadke pa je SZ 3. februarja 1966 s sondo Luna 9 prvič uspešno (mehko) pristala na Luninem površju (Dyer, 2009, str. 18–19).



Slika 3: Levo Jurij Aleksejevič Gagarin, prvi človek v vesolju (vir: ESA, 2019), in desno Neil Armstrong, prvi sprehajalec po Luni (vir: NASA, 2019).

Nato so pobudo zopet prevzele ZDA. Pred božičem leta 1968 je odprava Apollo 8 zapustila tirnico okoli Zemlje, se utirila na tirnico okoli Lune, desetkrat obkrožila Luno in se nato zopet vrnila na Zemljo. To je prva vesoljska ladja s človeško posadko, ki je zapustila tirnico okoli Zemlje (Balažic, 2019).

2.3 Prvo izkrcanje na Luni

Končno je dozorel čas za zgodovinsko odpravo Apollo 11. S Kennedyjevega vesoljskega središča v Cape Canaveralu na Floridi je 16. julija 1969 poletela nosilna raketa Saturn V (slika 4, levo). Bila je največja raketa, kar jih je bilo kdaj narejenih; merila je kar 111 metrov. Komandno-servisni modul Columbia, ki ga je upravljal Michael Collins, se je utiril na tirnico okoli Lune na višini okoli 100 kilometrov nad njenim površjem. Z lunarnega modula Eagle, ki ga je upravljal Edwin Aldrin, pa je ta 20. julija na Zemljo sporočil znameniti stavek »Orel je pristal«. Poveljnik odprave Neil Armstrong (slika 3, desno) je bil prvi človek, ki se je sprehodil po Luni. Z Aldrinom sta med postankom namestila nekaj raziskovalnih instrumentov (slika 1) in nabrala za približno 20 kilogramov vzorcev kamnin. Po nekajurnem postanku sta uspešno poletela nazaj na tirnico okoli Lune. Eagle se je združil s Columbio, s katero so nato vsi trije astronauti odleteli nazaj proti Zemlji. Komandni modul je 24. julija padel v Tihi ocean (slika 4, desno), kjer je vse tri astronaute pobral helikopter z letalonosilke Hornet. V naslednjih treh letih se je v okviru programa Apollo po Luninem površju sprehodilo še deset ljudi, po letu 1972 pa nihče več (Dyer, 2009; Balažic, 2019; Drake in Howe Verhovek, 2019; Moskowitza in sod., 2019; Zidar, 2019).

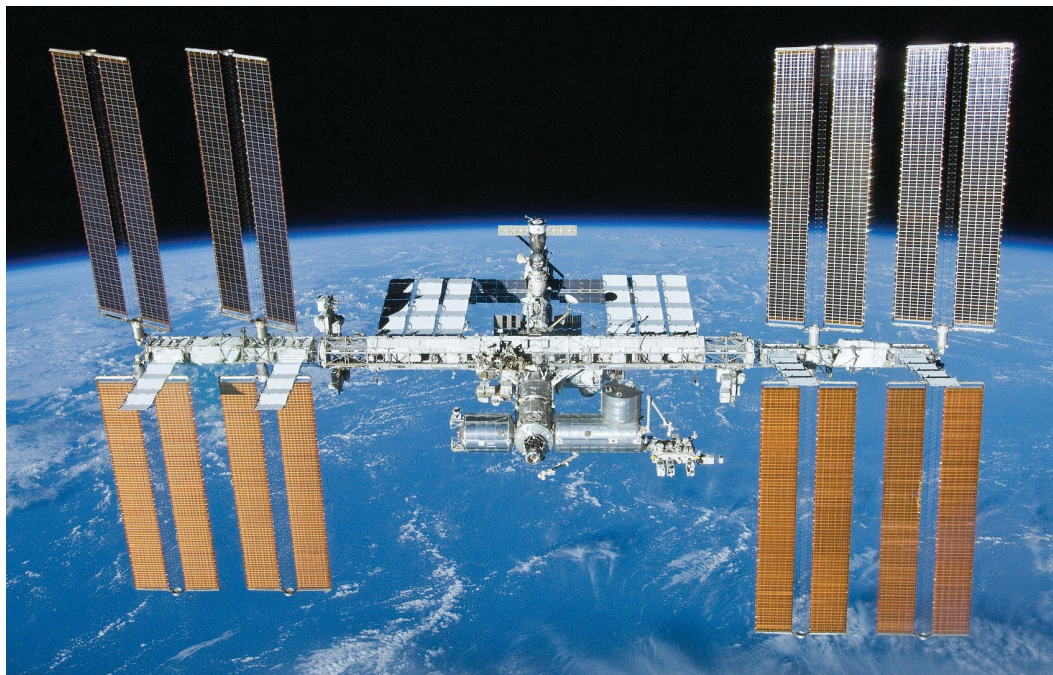


Slika 4: Pričetek in zaključek odprave Apollo 11: levo izstrelitev nosilne rakete Saturn V in desno komandni modul v Tihi oceanu po vrnitvi z Lune (vir: NASA, 2019).

Program Apollo je bil leta 1972 opuščen, med drugim zaradi visokih stroškov in prevelikih tveganj; skupaj je dotlej na odpravah v vesolje umrlo 14 astronautov in kozmonavtov (Balažic, 2019). Samo za vzletni motor lunarnega modula Apolla 11 je bila glede na predhodne preizkuse verjetnost, da bo deloval, zgolj 50-odstotna (Golia, 2017). »Houston, imamo težavo,« je nadzornemu središču na Zemlji javil tudi pilot komandnega modula Apolla 13 po eksploziji zaradi napake v električni napeljavi; posadka se je s te odprave vrnila živa bolj ali manj po čudežu (Golia, 2019).

2.4 Prve stalno obljudene vesoljske postaje in vesoljski taksiji

Sovjetski program Saljut (tj. Pozdrav) v letih 1971–1986 ter ameriški program Skylab (tj. Nebesni laboratorij) v letih 1973–1979 sta bila prva programa stalnih vesoljskih postaj s človeško posadko, krožečih na tirnicah okoli Zemlje. Z uspešno izstrelitvijo in utirjenjem prve vesoljske postaje Saljut 1 je 19. aprila 1971 SZ dobila obliž na rano zaradi izgubljene bitke za prvi pristanek na Luni.



Slika 5: Mednarodna vesoljska postaja (vir: NASA, 2019).

Leta 1986 je SZ utirila vesoljsko postajo Mir, ki je ostala na tirnici vse do leta 2001. ZDA pa so se s programom Space Shuttle v letih 1972–2011 bolj osredotočile na vesoljska plovila za večkratno uporabo. V tem času so zgradili pet raketoplanov, ki so v vesolje ponesli do osem astronautov hkrati, in sicer so to bili Columbia z odpravami v letih 1981–2003, Challenger (1983–1986), Discovery (1984–2011), Atlantis (1985–2011) in Endeavour (1992–2011). Skupaj je bilo s temi raketoplani izvedenih kar 135 odprav s 355 potniki in člani posadk (Drake in Howe Verhovek, 2019). Žal sta se dve odpravi končali tragično. Raketoplan Challenger je 28. januarja 1986 eksplodiral 73 sekund po vzletu, raketoplan Columbia pa 2. februarja 2003 ob vstopu v atmosfero, torej ko se je že vračal na Zemljo; obakrat je bilo na krovu po sedem članov posadke.

Leta 1998 je bila utirjena Mednarodna vesoljska postaja (slika 5), ki kroži okoli Zemlje s periodo poldruga ure; v ugodnih vremenskih razmerah jo je mogoče videti s prostim očesom. Gre za skupni program petih vesoljskih agencij National Aeronautics and Space Administration – NASA (ZDA), Roskozmos (Rusija), Japan Aerospace Exploration Agency – JAXA (Japonska), Canadian Space Agency – CSA (Kanada) ter European Space Agency – ESA, ki povezuje 22 evropskih držav; Slovenija je pridružena članica Evropske vesoljske agencije od leta 2010. Vesoljske postaje služijo kot vesoljski laboratoriji za znanstvene raziskave,

astronomski observatoriji in izhodiščne postaje za predvidene prihodnje odprave na Luno, Mars in druga nebesna telesa. Lastne vesoljske postaje ima v okviru programa Tiangong (tj. Nebeška palača) še Kitajska.

2.5 Prodor v medzvezdni prostor

Med nadaljnjimi mejniki pri raziskovanju vesolja velja omeniti prvi mehki pristanek na Veneri, ki je 15. decembra 1970 uspel sovjetskemu brezpilotnemu vesoljskemu plovilu Venera 7; to je prvi uspešen pristanek na drugem planetu. Slabo leto kasneje, 2. decembra 1971, je sovjetski robotski vesoljski sondi Mars 3 uspel še prvi mehki pristanek na Marsu. 14. januarja 2005 je evropska sonda Huygens, poimenošana po nizozemskem astronomu, ki je leta 1655 odkril Titan, mehko pristala na tej Saturnovi luni.

Sonda Voyager 1 je 25. avgusta 2012 (gre za izračunani najverjetnejši datum) zapustila Osončje in tako postala prvo telo, ki ga je človek poslal v medzvezdni prostor (angl. interstellar space). Predvidoma čez približno 40.000 let bo potovala mimo bližnje zvezde Gliese 445 v ozvezdju Žirafe (Moskowitz, 2013). Ta zvezda je sicer precej manjša od Sonca in ni vidna s prostim očesom.

3 UČINKI OSVAJANJA VESOLJA NA TEHNOLOŠKI RAZVOJ

Če je bilo v času vesoljske tekme med ZDA in SZ osvajanje vesolja povsem v domeni javnega sektorja, se je do danes tehnika izrazito nagnila na stran zasebnega sektorja; v zasebnih rokah je skoraj 80 odstotkov vesoljskega gospodarstva. Najpomembnejše panoge so satelitska televizija (32 %), zemeljske postaje in oprema za spremljanje in nadzor vesoljskih odprav, satelitskih sistemov in vesoljskih postaj (28 %), storitve za navigacijo, določanje položaja in točnega časa (27 %), satelitska komunikacija (7,5 %), izdelava satelitov (2,2 %), satelitski radio (1,8 %) ter storitve, povezane z opazovanjem Zemlje (1,1 %).

Večino današnjega razvoja vesoljske tehnike poganja tekmovanje med nekaj supermilijarderji, kot sta Jeff Bezos in Elon Musk. Poleg nekaterih družb, ki so zgolj razširile svojo dejavnost na področje vesoljskih tehnologij (npr. Boeing), kot gobe po dežju rastejo nove zasebne družbe: ameriške Blue Origin, ustanovljena leta 2000, SpaceX (2002), Rocket Lab (2006), Virgin Galactic (2010), Moon Express (2010), pa tudi izraelska SpaceIL (2011), indijska TeamIndus (2011) in druge. Te družbe se ukvarjajo z razvojem in izdelavo satelitov in vesoljskih plovil, izstreljevanjem umetnih satelitov na tirnice okoli Zemlje in Lune, vesoljskim turizmom, snovanjem odprav na Luno in Mars, kjer nameravajo vzpostaviti tudi stalne postojanke, katerih cilji niso zgolj znanstvene narave; nekateri že svarijo, da gre za priprave na kolonizacijo vesolja (Drake in Howe Verhovek, 2019; Kluger, 2019; Moskowitz in sod., 2019).

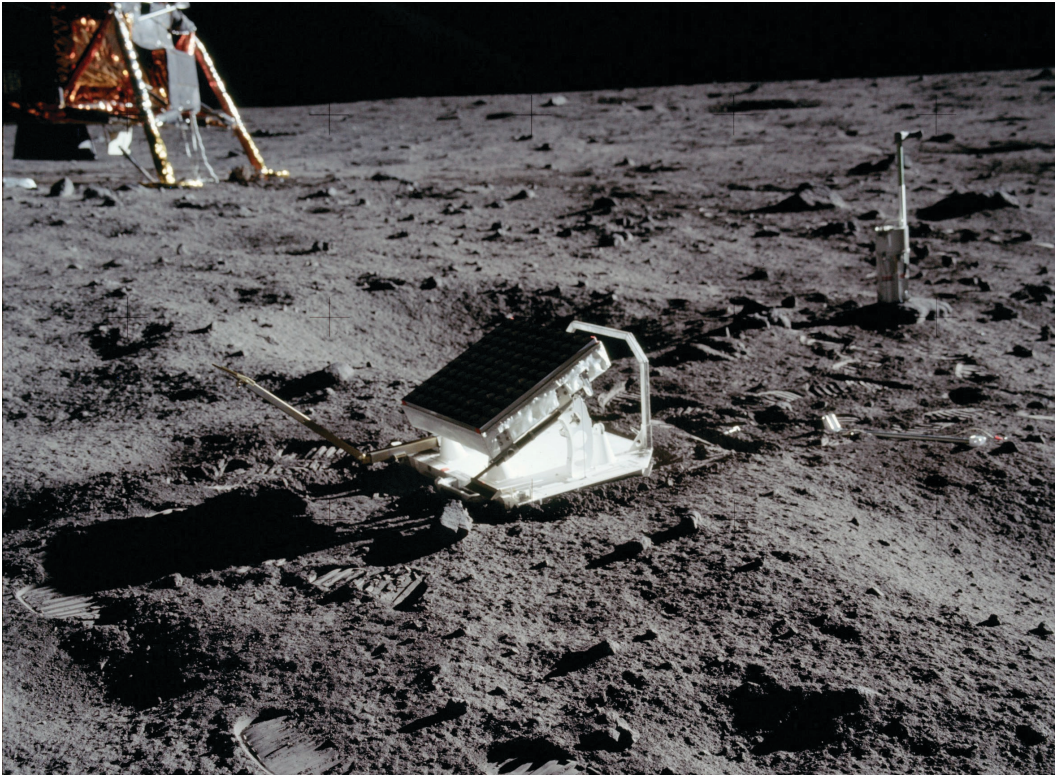
Posledica pospešenega razvoja vesoljskega gospodarstva v zadnjih letih je tudi vse večje število satelitov, ki na različnih višinah krožijo okoli Zemlje. Vse več je predvsem malih (nano)satelitov, ki krožijo na nizkih tirnicah. Veliko število takšnih satelitov bo potrebnih na primer za zagotovitev hitrega in zmogljivega satelitskega interneta; geostacionarni sateliti namreč zaradi velike oddaljenosti povzročajo prevelike zakasnitve signala. Podjetje OneWeb, ki gradi sistem kakšnih šeststotih satelitov na tirnicah na višini okoli 1200 kilometrov nad površjem Zemlje, napoveduje, da bo njihov satelitski internet deloval že letos. Podobne sisteme pa gradi še nekaj konkurentov, med njimi tudi Facebook (Huš, 2019).

Ocenjujejo, da danes okoli Zemlje kroži že približno 5000 satelitov, od tega približno 2000 delujočih, in približno 34.000 kosov vesoljskih smeti, večjih od desetih centimetrov, ki so posledica neuspešnih utiranj

satelitov, vesoljskih nesreč, pa tudi prvih trkov satelitov. Zato postaja vse pomembnejša dejavnost tudi vesoljska ekologija. Velik pomen dobiva katalogiziranje vesoljskih objektov, mednarodno usklajevanje pri njihovem utirjanju in njihova nadzorovana upokojitev (Pavlovčič Prešeren in sod., 2015; Huš, 2019).

4 POMEN OSVAJANJA VESOLJA ZA GEODEZIJO

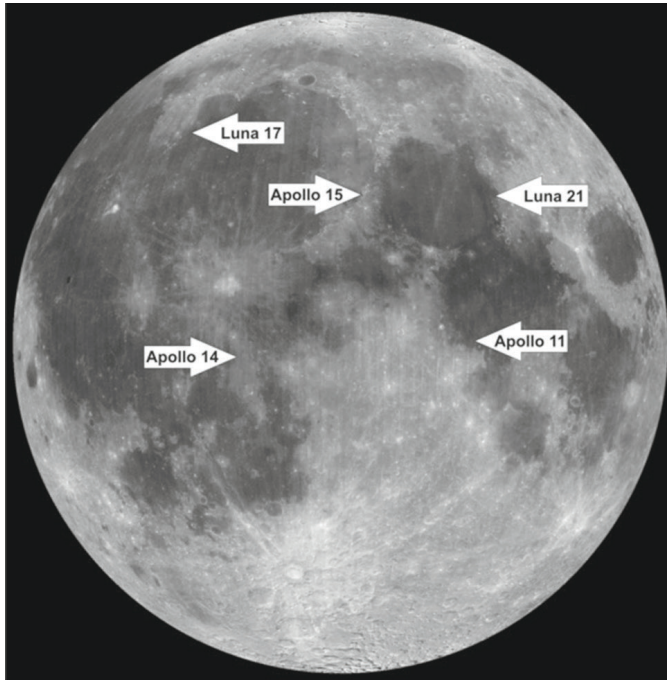
Že ob prvem postanku na Luni sta Armstrong in Aldrin na njenem površju med drugim namestila seizmograf (slika 1) za merjenje moči in gostote lunarnih potresov (angl. moonquakes) in optično zrcalo/reflektor za lasersko merjenje oddaljenosti od Zemlje (slika 6). Takšni reflektorji (angl. laser ranging retro-reflectors) so bili kasneje nameščeni še na odpravah Apollo 14 in 15 ter sovjetskih brezpilotnih odpravah Luna 17 in 21 (slika 7); obe sovjetski odpravi sta imeli reflektorje nameščene na že omenjenih vozilih programa Lunohod.



Slika 6: Reflektor na Luni za lasersko merjenje razdalj Zemlja–Luna, postavljen ob prvem pristanku človeka na Luni (vir: NASA, 2019).

Lasersko merjenje razdalj do Lune (angl. Lunar Laser Ranging – LLR) je doseglo že milimetrsko natančnost. Postalo je ena ključnih geodetskih tehnik za raziskave v planetarni fiziki, potrjevanje Einsteinove splošne teorije relativnosti, določanje natančnih tirnic Lune, proučevanje zgradbe in dogajanja v notranjosti Lune, določanje parametrov orientacije Zemlje in vzpostavljanje referenčnih koordinatnih sistemov na Zemlji (Murphy, 2013). Po petdesetih letih merjenj razdalj do Lune je bilo med drugim ugotovljeno, da se njena povprečna oddaljenost od Zemlje povečuje za 3,8 centimetra na leto (Penry, 2019).

Lasersko merjenje razdalj do Lune je skupaj z laserskim merjenjem razdalj do (umetnih) satelitov (angl. Satellite Laser Ranging – SLR), doplerskim in radijskim določanjem tirnic satelitov (angl. Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite – DORIS) ter seveda sistemi globalne satelitske navigacije (angl. Global Navigation Satellite System – GNSS) postalo temelj sodobne satelitske geodezije. Pri GNSS so oddajniki na satelitih in sprejemniki na Zemlji, pri DORIS pa je ravno nasprotno. Skupaj s še drugimi sodobnimi vesoljskimi tehnikami, kot je dolgobazna interferometrija (angl. Very Long Baseline Interferometry – VLBI), so te merilne tehnike v temeljih spremenile geodezijo kot znanost.

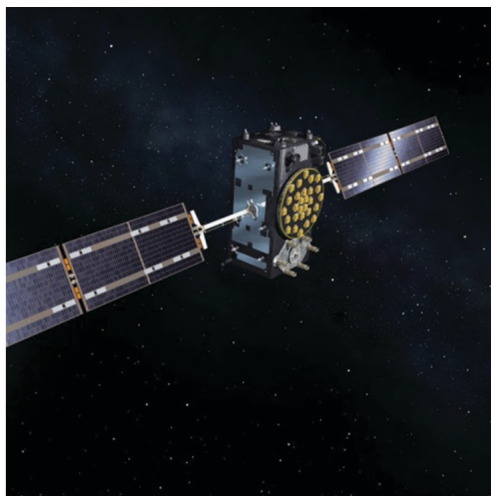


Slika 7: Lokacije reflektorjev za lasersko merjenje razdalj do Lune na krajih pristankov ameriških odprav Apollo 11, 14 in 15 ter ruskih odprav Luna 17 in 21 (vir: IIRS, 2019).

Satelitski sistemi za merilne tehnike SLR so že v uvodu omenjeni ameriški Laser Geodynamics Satellites – LAGEOS 1 (slika 8, levo), izstreljen leta 1976, in njegov dvojnik LAGEOS 2 (1992), japonski Experimental Geodetic Payload – EGP (1986), ruska Etalon 1 in Etalon 2 (oba 1989), ruski Ball Lens In The Space – BLITS (2009), italijanski Laser Relativity Satellite – LARES (2012) in drugi. Tudi novejši GNSS-sateliti so že opremljeni z reflektorji za lasersko merjenje njihove oddaljenosti. Tehnike SLR so pomembne za določanje globalnih geodetskih parametrov, določanje tirnic satelitov, potrjevanje fizikalnih teorij ter seveda pri vzpostavljanju mednarodnih terestričnih referenčnih sestavov (angl. International Terrestrial Reference Frame – ITRF). K vzpostavitvi ITRF2014 so prispevali zgolj sateliti LAGEOS 1 in 2 ter Etalon 1 in 2, vendar pa bi bilo glede na rezultate nedavne študije primerno vključiti tudi SLR-opazovanja proti GNSS-satelitom (Sošnica in sod., 2019).

Satelitski sistemi z vgrajenimi sprejemniki DORIS so francoski Satellite Pour l'Observation de la Terre – SPOT 1–7, izstreljeni v letih 1986 do 2014, ameriško-francoski TOPEX/Poseidon (1992) in sateliti Jason 1–3 (2001, 2008, 2016), evropski CryoSat 2 (2010) in drugi; vsi ti sistemi so sicer primarno namenjeni različnim tehnikam opazovanja Zemlje. K vzpostavitvi ITRF2014 so prispevali vsi sateliti, ki imajo vgrajene DORIS-sprejemnike (Altamimi in sod., 2016).

Najbolj poznani tudi širši javnosti pa so sistemi globalne satelitske navigacije – GNSS. Prvi je bil ameriški Global Positioning System – GPS, ki so ga v okviru programa NAVSTAR GPS pričeli vzpostavljati že leta 1978, polno konstelacijo pa je dosegel leta 1993. Trenutno ima 31 delujočih satelitov. Sledil mu je sovjetski GLObal'naja NAVigacionnaja Sputnikovaja Sistema – GLONASS s prvimi sateliti leta 1982, trenutno pa jih deluje 24. Kitajski BeiDou Navigation Satellite System – BDS, za katerega je v rabi tudi prevedeno ime Kompas, so pričeli vzpostavljati leta 2000, trenutno pa ima 33 satelitov. Evropski Galileo, ki je poimenovan po italijanskem astronomu Galileu Galileiju, je dobil prvi testni satelit leta 2005, sistem pa je operativen od leta 2016; trenutna konstelacija ima 22 delujočih satelitov (slika 8, desno). Pri vzpostavitvi ITRF2014 so bila uporabljena samo opazovanja z GPS- in GLONASS-satelitov (Altamimi in sod., 2016).



Slika 8: Levo satelit LAGEOS 1 (vir: NASA) in desno satelit iz serije Galileo FOC (vir: ESA).

Poleg sistemov globalne poznamo tudi sisteme regionalne satelitske navigacije (angl. Regional Navigation Satellite System – RNSS). Najbolj znana sta indijski NAVigation with Indian Constellation – NAVIC s sedmimi geostacionarnimi sateliti ter japonski Quasi-Zenith Satellite System – QZSS z enim geostacionarnim in tremi sateliti z geosinhronimi tirnicami; za slednje velja, da se satelit vsakih 24 ur vrne na isto mesto na nebu, kjer sicer opisuje pot v obliki osmice.

Med satelitskimi sistemi za izboljšanje absolutnega določanja položaja z GNSS (angl. Satellite-Based Augmentation System – SBAS) je v Evropi na voljo European Geostationary Navigation Overlay Service – EGNOS s tremi geostacionarnimi sateliti, ki trenutno zagotavlja podmetrsko točnost s 95-odstotnim zaupanjem. Podobni sistemi so še WAAS za območje ZDA, MSAS za Japonsko in CAGAN za Indijo.



Slika 9: Geodetski observatorij Wettzell: laserski teleskop (kupola levo) za merjenje razdalj do Lune in umetnih satelitov (LLR/SLR), radijski teleskop (zgoraj desno) za dolgobazno interferometrijo (VLBI) ter (v ospredju) GNSS-antena (vir: Schlüter in sod., 2007).

Najpomembnejši del infrastrukture današnje vesoljske geodezije (angl. space geodesy) na Zemlji so geodetski observatoriji, ki na isti lokaciji združujejo zgoraj omenjene komplementarne geodetske merilne tehnike in tvorijo tako imenovane kolokacijske VLBI-, LLR/SLR-, DORIS- in GNSS-točke. Nam najbližji takšen geodetski observatorij je Wettzell v Nemčiji (slika 9; Schlüter in sod., 2007), podobni pa so še v Materi (Italija), Greenbeltu (ZDA), Šanghaju (Kitajska), Hartebeesthoeku (Južna Afrika), Concepciónu (Čile) in Yarragadeeju (Avstralija).

Sistemi za določanje položaja z navezavo na zemeljske GNSS-postaje (angl. Ground-Based Augmentation System – GBAS) so vzpostavljeni v obliki javnih in zasebnih državnih in regionalnih omrežij stalno delujočih referenčnih GNSS-postaj (angl. Continuously Operating Reference Stations – CORS), ki z ustreznim GNSS-sprejemnikom (roverjem) na delovišču zagotavljajo določitev položaja z nekajcentimetrsko točnostjo v realnem času. V Sloveniji je takšno državno omrežje SIGNAL (iz SlovenIja-Geodezija -NAvigacija-Lokacija), ki je operativno od leta 2007, pa tudi nekatera zasebna omrežja.

5 SKLEP

Pol stoletja je minilo od dogodka, ki je nekakšen simbol človekovega pustolovskega in raziskovalnega duha. Sprožil je nesluteno znanstveno in tehnološko revolucijo. Vesoljske tehnologije danes uporabljamo pri najbolj vsakdanjih opravilih, od spremljanja satelitskih TV-programov do izogibanja prometnim zamaškom s pomočjo avtomobilske navigacije ali pametnega telefona in ne nazadnje pri določanju meje s sosedovo parcelo.

Prodor človeka v vesolje je prinesel korenite spremembe v geodezijo kot znanost. Že ob prvem pristanku na Luni so bili nanjo nameščeni tudi geodetski instrumenti za merjenje njene oddaljenosti od Zemlje in s tem njene tirnice, pa tudi njene oblike in velikosti, njenega težnostnega polja in magnetizma; geodezija

je dobila sestrsko vedo – selenodezijo (Selena je grška boginja Lune). Vzpostavitev globalnih referenčnih koordinatnih sistemov in na njih temelječih realizacij državnih koordinatnih sistemov danes temelji na vesoljski geodeziji, a tudi zemljemerstva, na primer v zemljiškem katastru, si ne moremo več predstavljati brez satelitskih tehnologij.

Žal se v jubilejnem letu ni izšlo z načrtovano utiritvijo prvih slovenskih nanosatelitov (Senica, 2019). V uteho pa imamo prvi satelit s slovenskim imenom. Satelit Galileo FOC FM19 (kot na sliki 8, desno), ki je bil izstreljen 25. julija 2018, nosi ime Tara – po zmagovalki likovnega natečaja Galileo v Sloveniji (Zajc, 2018).

Literatura in viri:

- Altamimi, Z., Rebischung, P., Métivier, L., Collilieux, X. (2016). ITRF2014: A New Release of the International Terrestrial Reference Frame Modeling Nonlinear Station Motions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121 (8), 6109–6131. DOI: <https://doi.org/10.1002/2016JB013098>
- Balažič, M. (2019). 50 let od prvega pristanka človeka na Luni. *Spika*, 27 (7–8), 302–306.
- Drake, N., Howe Verhovek, S. (2019). Na Luno in naprej (reportaža). *National Geographic (slovenska izdaja)*, 14 (7), 24–73.
- Dyer, A. (2009). Misija na Luno (prevod dela: Mission to the Moon). Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- Ebbesen Jensen, A. (2019). Z jadrlnim padalom do roba vesolja. *Science Illustrated (slovenska izdaja)*, 25. september 2019, 119, 62–65.
- ESA (2019). Images. European Space Agency, https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/, pridobljeno 20. 11. 2019.
- Golia, N. N. (2017). Trenutek zmagoslavja se je dobesedno zataknil. *Radar*, december 2017, 471, 20–33.
- Golia, N. N. (2019). Na pragu katastrofe. *Radar*, oktober 2019, 493, 32–47.
- Huš, M. (2019). Vse debelejša odeja satelitov. *Monitor (spletna izdaja)*, 26. februar 2019, <https://www.monitor.si/clanek/vse-debelejsa-odeja-satelitov/189749/>, pridobljeno 20. 11. 2019.
- ILRS (2019). Lunar Laser Ranging – LLR. International Laser Ranging Service, <https://ilrs.cddis.eosdis.nasa.gov/science/scienceContributions/lunar.html>, pridobljeno 20. 11. 2019.
- Kluger, J. (2019). Inside the New Race to the Moon. *Time*, 29. julij 2019, 194 (4), 16–28.
- Moskowitz, C. (2013). Voyager 1 Finally Leaves Solar System – for Real This Time. *Scientific American (spletna izdaja)*, 12. september 2013, <https://www.scientificamerican.com/article/voyager-1-leaves-solar-system/>, pridobljeno 20. 11. 2019.
- Moskowitz, C., Bell, E., Mann, A., Reset, S., Lock, S. J., Stewart, S. T., Jawin, E. (2019). 50th Anniversary of Apollo 11 (Special Report). *Scientific American*, julij 2019, 321 (1), 48–75.
- Murphy, T. W. (2013). Lunar Laser Ranging: The Millimeter Challenge. *Reports on Progress in Physics*, 76 (7), 076901, 21 str. DOI: <https://doi.org/10.1088/0034-4885/76/7/076901>
- NASA (2019). Apollo 11 Image Library, National Aeronautics and Space Administration, <https://history.nasa.gov/alsj/a11/images11.html>, pridobljeno 20. 11. 2019.
- Pavlovčič Prešeren, P., Harej, H., Kuhar, M. (2015). Ponesrečena izstrelitev satelitov Galileo in vesoljski odpadki. *Geodetski vestnik*, 59 (3), 473–485. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.473-485>
- Penry, J. (2019). Shoot the Moon. *The American Surveyor*, 16 (4), 6 str., https://archive.amerisurv.com/PDF/TheAmericanSurveyor_Penry-ShootTheMoon_April2019.pdf, pridobljeno 20. 11. 2019.
- Potočnik, H., Sitar, S. (ur.) (1986). Problem vožnje po vesolju (prevod dela: Das Problem der Befahrung des Weltraums). Ljubljana: Slovenska matica.
- Schlüter, W., Brandl, N., Dassing, R., Hase, H., Klügel, T., Kilger, R., Lauber, P., Neidhardt, A., Plötz, C., Riepl, S., Schreiber, U. (2007). Fundamentalstation Wettzell – ein geodätisches Observatorium. *Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement*, 132 (3), 158–167.
- Senica, S. (2019). Slovenski sateliti letos se ne bodo leteli. Delo (spletna izdaja), 24. september 2019, <https://www.delo.si/novice/znanotech/slovenski-sateliti-letos-se-ne-bodo-leteli-231051.html>, pridobljeno 20. 11. 2019.
- Sošnica, K., Bury, G., Zajdel, R., Strugarek, D., Drożdżewski, M., Kazmierski, K. (2019). Estimating Global Geodetic Parameters Using SLR Observations to Galileo, GLONASS, BeiDou, GPS, and QZSS. *Earth, Planets and Space*, 71 (20), 11 str. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40623-019-1000-3>
- Zajc, S. (2018). Izstrelili Ariane 5 s slovenskim navigacijskim satelitom Galileo. *Vesolje.net*, <https://vesolje.net/navtika/novice/2018/07/25072018.htm>, pridobljeno 20. 11. 2019.
- Zidar, P. (2019). 50 let od pristanka na Luni. *Življenje in tehnika*, 70 (7–8), 14–15.

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

GALILEO, LADM IN KATASTER

GALILEO, LADM AND CADASTRAL SURVEYING

Joc Triglav

1 NOVICA

Konec novembra so na več spletnih geoportalih (npr. GIM International, 2019) objavili novico, da je evropska komisija v okviru programov Obzorje 2020 – Vesolje (European Commission, 2019) evropskim raziskovalcem odobrila 3,4 milijona EUR za izboljšanje možnosti izrabe evropskega globalnega navigacijskega satelitskega sistema (GNSS) Galileo in vključitev terenskih satelitskih meritev v realnem času v katastrski delovni proces. Tako bodo postale katastrske meritve natančnejše, hitrejše in učinkovitejše. Kot geodeti vemo, nam v katastru ne zadošča točnost določanja položaja na nekaj metrov, temveč potrebujemo centimetrsko točnost, in to že na terenu, med meritvijo.

2 MEDKLIC

Razvoj GNSS-sistema Galileo poteka že dobrih dvajset let. Ocenjena vrednost naložb vanj je 22,2 milijarde (!) EUR, kar ga uvršča med največje evropske projekte. Glede na tehnične značilnosti omogoča GNSS-sistem Galileo določanje položaja na terenu z višjo točnostjo kot GPS in drugi že dostopni sistemi, hkrati pa z izboljšanimi položajnimi in časovnimi informacijami pozitivno vpliva na številne evropske storitve in njihove uporabnike. Navedeno bo v celoti veljalo, ko bo sistem predvidoma do leta 2021 v celoti vzpostavljen in delujoč – trenutno je od 26 satelitov v orbitah delujočih 21, minimalno potrebnih je 24, načrtovanih je 30.

Pri tem zaenkrat pustimo ob strani ogromen fiasko iz letošnjega poletja, ko sistem Galileo sredi julija zaradi napake ni deloval cel teden dni. Celovita preiskava dogodka še poteka na več ravneh, vsi vzroki in sosledje napak, ki je povzročilo neuporabnost sistema, še niso znani, so si pa vsi pristojni enotni, da se to nikoli ne sme ponoviti. Predpostavljajmo torej, da bo Galileo po kompletni vzpostavitvi stalno deloval, in to brezhibno. Držimo pesti tudi za to, da bo na svetu tudi v prihodnje toliko pameti med vodilnimi svetovnimi politikami, da bodo vsi danes delujoči globalni in regionalni navigacijski satelitski sistemi (ameriški GPS, ruski GLONASS, kitajski BeiDou, evropski Galileo, indijski Navic, japonski QZSS) in prihodnji novi sistemi (na primer po brexitu napovedani britanski sistem za države Commonwealtha) tudi v prihodnje delovali sodelujoče in ne izključujoče ali celo medsebojno si nasprotujoče. V nasprotnem primeru bi se vrnili v kameno dobo, v tehnološkem smislu in tudi sicer.

3 NAZAJ K NOVICI

Triletni projekt z imenom GISCAD-OV (angl. Galileo Improved Services for Cadastral Augmentation Development On-field Validation) ima za cilj preseči sedanje omejitve v sistemu Galileo in odpreti poti za izkoriščanje možnosti sistema za hitro in točno izvajanje katastrskih terenskih izmer, med drugim tudi za urejanje mej, rekonstrukcije mej po naravnih nesrečah, parcelacije, evidentiranje stavb, vzdrževalne meritve v državnih koordinatnih sistemih ipd.

V projektu sodeluje konzorcij več evropskih podjetij in ustanov: TU Delft: Geoweb, Exagone, Instituto Geografico Nacional, Sogei, Univerza Padova, Geo++, Novatel, Univerza York, Geoflex, Telespazio, VÚGTK, CLGE in Univerza Roma Tre. Za ta zapis je zanimiv predvsem oddelek Geoweb na Tehniški univerzi v Delftu, na katerem se bodo v okviru projekta osredotočili na standardizacijo za kodiranje geodetskih merskih podatkov in določitev pravil za potek katastrskega dela. Po navedbah TU Delft je njihov cilj integrirano vključiti v projekt obstoječi ISO-standard 19152 LADM (angl. Land Administration Domain Model). Tak integrirani podatkovni model tesno povezuje načrtovanje zemljiškega upravljanja s tehnološkim razvojem in tako vzpostavlja standardizirani globalni pojmovnik zemljiškega upravljanja. Z združevanjem modela LADM in izboljšanih storitev Galileo bodo ne samo bistveno izboljšane katastrske geodetske meritve, temveč bodo te storitve brezplačno ali za nizko ceno postale široko dostopne po vsej Evropi. Znižane cene ter demokratizacija potrebne strojne in programske opreme bodo storitev v celoti izboljšale.

4 KOGA PA TO SPLOH ZANIMA?

Zanima nas, geodete, ali bi nas vsaj moralo! Če ne prej, nas bo zanimalo čez nekaj let, ko bodo rezultati tega in še kakšnega podobnega projekta postali praktično uporabni za široko javnost. Ali ste v prejšnjem odstavku na primer zaznali izraze ‚brezplačno‘, ‚nizka cena‘ in ‚demokratizacija‘? To z drugimi besedami pomeni, da bo lahko vsakdo, ki bo imel pametni telefon z dvofrekvenčnim sprejemnikom signalov sistema Galileo, na terenu sam dovolj točno in v skladu z vgrajenim ISO 19152 LADM-standardom izmeril mejo svoje parcele. Da ga ne bi sosed sumničavo gledal, kaj počne na njuni meji, bo povabil k meritvi še njega. In družno bosta na lomnih točkah svoje meje vsak s svojim telefonom izvedla katastrsko meritev s potrebno točnostjo in v skladu z ISO-standardom. Aplikacija na telefonih bo izračunala srednje vrednosti koordinat, izmerjenih na obeh telefonih. Soseba bosta v mobilni aplikaciji le še potrdila, da grafična povezava mejnih daljic med izmerjenimi točkami predstavlja urejeno mejo med njunima parcelama. Podatke bosta vsak s svojega telefona s svojim digitalnim podpisom standardno kodirano po ISO 19152 LADM posredovala na geodetsko upravo in predlagala evidentiranje soglasno urejene meje v katastru. Katastrski sistem geodetske uprave bo po prejemu predloga in izvedbi standardnih kontrol urejeno mejo samodejno evidentiral v katastru in pošiljateljema poslal samodejno povratno sporočilo o evidentiranju.

5 POGLED NAPREJ

Zgoraj zapisano se nam mogoče zdi čista znanstvena fantastika, skratka, nekaj nemogočega. A skokovit tehnološki razvoj zadnjih desetletij nas na področju geodetskih merskih in informacijsko-komunikacijskih tehnologij vedno znova preseneča. Nove tehnologije so dejansko pred vrati. Pametni telefoni z dvofrekvenčnimi GNSS-sprejemniki so že na trgu. Tovrstne novice se v zadnjem letu množijo kot gobe

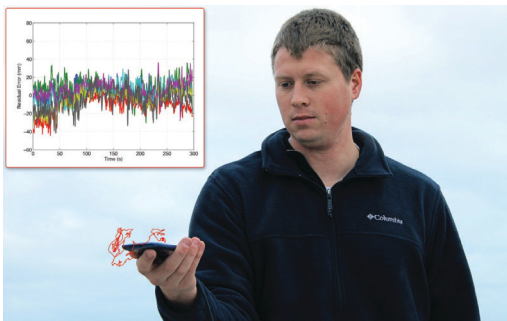
po dežju, na primer v eni od zadnjih je podrobno opisano testiranje dvofrekvenčnih GNSS-telefonov v mirovanju ter pri počasnem in hitrem gibanju (slika 1).



STROKOVNE RAZPRAVE | PROFESSIONAL DISCUSSIONS

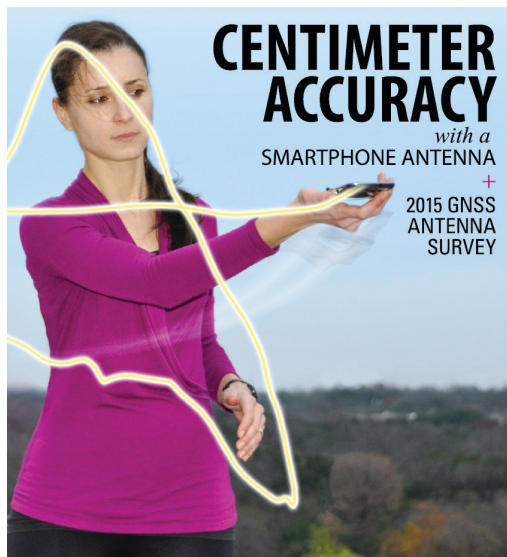
Slika 1: Vgrajeni dvofrekvenčni GNSS-sprejemniki in hkratna zmožnost obdelave surovih GNSS-meritev na pametnih telefonih z operacijskim sistemom Android že omogočajo podmetrsko točnost določitve položaja (Crosta in sod., 2019).

Rezultati so že zdaj osupljivi, pa je to šele začetek. Kaj šele bo z novimi tehnološkimi izboljšavami pametnih telefonov, zmogljivosti procesorjev, softverskih GNSS-sprejemnikov, vgrajenih GNSS-anten, vgrajenih drugih merskih tehnologij itd.?! Zakonodajne ovire bodo mogoče lahko še nekaj časa zadrževale pravno veljavnost s takšno opremo izvedenih meritev položaja, a ‚demokratizacije‘ na področju katastrskih meritev ne bo mogoče ustaviti. Utrla si bo pot v prakso, ne glede na to, ali je nam geodetom to všeč ali ne. Znanstvena fantastika je pravzaprav že resničnost (slika 2), pred nami pa je zahtevna naloga, da se jo bomo naučili sprejeti.



Accuracy in the Palm of Your Hand

Centimeter Positioning with a Smartphone-Quality GNSS Antenna



CENTIMETER ACCURACY

with a
SMARTPHONE ANTENNA

+
2015 GNSS
ANTENNA
SURVEY

Slika 2: Centimetrska točnost določitve položaja s pametnim telefonom, kot je bila zgovorno predstavljena leta 2015 (Pesyna in sod., 2015).

Ampak geodeti smo že tisočletja na konicah tehnološkega napredka in smo skozi zgodovino vedno znali s pridom uporabiti zmogljivosti in prednosti vsakokratnih novih tehnologij. Nekaj časa še imamo za razmislek in ne dvomim, da bomo tudi tokrat znali najti najboljše poti do uporabe dosežkov tehnološkega razvoja v našo strokovno in široko družbeno korist!

Literatura in viri:

- Crosta, P., Galluzzo, G., Rodriguez, R. L., Otero, X., Zoccarato, P., De Pasquale, G., Melara, A. (2019). Galileo Hits the Spot: Testing GNSS Dual Frequency with Smartphones. Inside GNSS (spletna izdaja), 23. september 2019. <https://insidegnss.com/galileo-hits-the-spot-testing-gnss-dual-frequency-with-smartphones/>, pridobljeno 29. 11. 2019.
- European Commission (2019). Horizon 2020 – Space. <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/space>, pridobljeno 29. 11. 2019.
- GIM International (2019). Galileo Satellites to Enable More Efficient Cadastral Land Surveys. GIM International (spletna izdaja), 20. november 2019. <https://www.gim-international.com/content/news/galileo-satellites-to-enable-more-efficient-cadastral-land-surveys>, pridobljeno 29. 11. 2019.
- Pesyna, K. M., Jr., Heath, R. W., Jr., Humphreys, T. E. (2015). Accuracy in the Palm of Your Hand: Centimeter Positioning with a Smartphone-Quality GNSS Antenna. GPSWorld, 26 (2), 16–31. <https://www.gpsworld.com/accuracy-in-the-palm-of-your-hand/>, pridobljeno 29. 11. 2019.

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

NOVICE IZ STROKE NEWS FROM THE FIELD



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

GEODETSKA UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE

NOVICE GEODETSKE UPRAVE RS

MNOŽIČNI ZAJEM PODATKOV O STAVBNIH ZEMLJIŠČIH

Namen vzpostavitve evidence stavbnih zemljišč v Republiki Sloveniji je pripraviti učinkovito podlago za gospodarjenje s stavbnimi zemljišči ter podlago za podajanje informacij o razvojnih stopnjah nepozidanih stavbnih zemljišč in drugih lastnostih stavbnih zemljišč. Za vzpostavitev evidence stavbnih zemljišč (slika 1) potrebujemo začetno stanje pozidanosti Slovenije, ki se v okviru programov *eProstor* vzpostavlja s projektom *masovnega zajema poseljenih zemljišč*. Rezultat množičnega zajema podatkov o stavbnih zemljiščih, to je *predlog poseljenih zemljišč*, bodo občine v nadaljevanju preverile ter pripravile dopolnjen predlog tako imenovanih *poseljenih zemljišč*. Hkrati bodo določile nepozidana stavbna zemljišča ter jih razvrstile v ustrezne razvojne stopnje. Skupaj s podatki o *zemljiščih javnih cest* in *zemljiščih javne železniške infrastrukture* bodo podatki o *poseljenih zemljiščih* zajemali podatke za vsa pozidana zemljišča in v nadaljevanju zagotavljali strokovno podlago za vzpostavitev evidence stavbnih zemljišč.

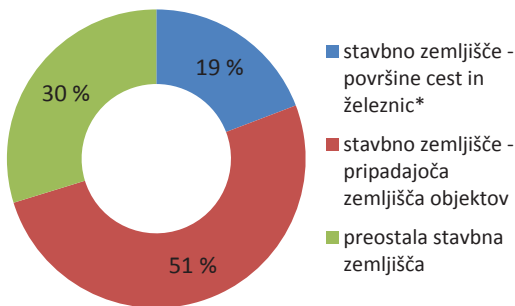


Slika 1: Pozidana in nepozidana stavbna zemljišča in njihove razvojne stopnje.

Množični zajem podatkov se izvaja na območju celotne Slovenije in je razdeljen na enajst faz, ki logično sledijo izvajanju projekta *Lokacijske izboljšave zemljiškokatastrskega prikaza*. Dokončanih je prvih pet faz, ki zajemajo območje Prekmurja, jugovzhodne Slovenije, Posavja, Zasavja, občin Piran in Izola, Koroške in dela Savinjske ter Podravske regije in Pomurja. Analiza podatkov iz tehničnih poročil v do sedaj zajetih občinah kaže, da preostala stavbna zemljišča, ki lahko predstavljajo potencialno nepozidana stavbna zemljišča, obsegajo približno 30 % vseh stavbnih zemljišč v občinah (slika 2). V potencialno nepozidana stavbna zemljišča so vključene tudi nekategorizirane ceste, ki nimajo določene ustrezne namenske rabe.

V začetku oktobra 2019 se je začel zajem v dvajsetih občinah Savinjske regije (šesta faza). Vsa poseljena zemljišča bodo zajeta do konca decembra 2020. Predlog poseljenih zemljišč bo pripravljen do 30. junija 2021. Na spletni strani prostorskega informacijskega sistema – PIS (<http://www.pis.gov.si>) oziroma v pregledovalniku

(http://storitve.pis.gov.si/pis-jv/evidenca_stavbnih_zemljisc.html) bodo skladno s časovnim načrtom zajema podatkov dostopni zajeti podatki o poseljenih zemljiščih. Trenutno so dostopni podatki vseh petih že zajetih faz.



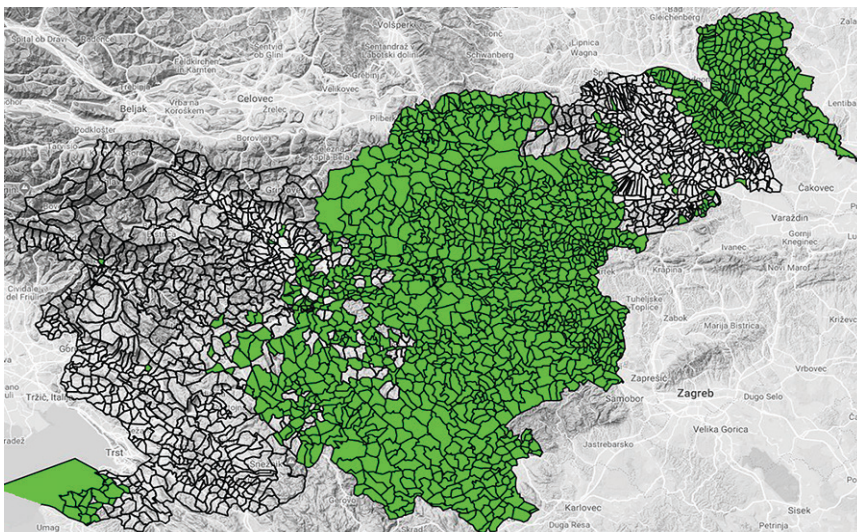
**Površine cest niso predmet množičnega zajema poseljenih zemljišč. Navedena vrednost je delež namenske rabe Površine cest – PC v vseh stavbnih zemljiščih.*

Slika 2: Razdelitev stavbnih zemljišč po podatkih v doslej dokončanih fazah zajema.

Vir: eProstor in Geodetska uprava RS

IZVAJANJE ŠESTE FAZE IZBOLJŠAVE ZEMLJIŠKOKATASTRSKEGA PRIKAZA

Izvedba projekta *Lokacijska izboljšava zemljiškokatastrskega prikaza*, ki je časovno umeščen od marca 2018 do oktobra 2020, poteka skladno s sprejetim terminskim načrtom. Operativna skupina geodetske uprave Republike Slovenije, ki na podlagi podatkov iz evidence zemljiškega katastra in dodatno pridobljenih podatkov zunanjega izvajalca skrbi za izboljšavo po posameznih katastrskih občinah, bo do konca decembra 2019 končala obdelavo podatkov z območja 6. faze.



Slika 1: Katastrske občine, v katerih je bila izboljšava ZKP že izvedena (december 2019; vir: Geodetska uprava RS).

V okviru te faze bo lokacijsko izboljšan zemljiškokatastrski prikaz na območju 308 katastrskih občin, in sicer na območjih geodetskih pisarn Domžale, Grosuplje, Ljubljana, Logatec in delno Kočevje. V celoti je izboljšava že predhodno dokončana na območjih geodetskih pisarn: Murska Sobota, Lendava, Novo mesto,

Črnomelj, Brežice, Sevnica, Krško, Trbovlje, Litija, Slovenj Gradec, Velenje, Mozirje, Slovenske Konjice, Slovenska Bistrica, Gornja Radgona, Ljutomer, Celje, Šentjur pri Celju, Šmarje pri Jelšah, Žalec, dela geodetske pisarne Koper in skoraj v celoti geodetske pisarne Kočevje (slika 1). Obdelava podatkov se z začetkom leta 2020 nadaljuje na območju 7. faze (območje geodetskih pisarn Maribor in Ptuj). Skupno število vseh obdelanih katastrskih občin novembra 2019 je tako že 1560, kar pomeni 58 % vseh katastrskih občin. Rezultati lokacijske izboljšave se sproti vključujejo v evidenco zemljiškega katastra, tako v produkcijsko kot distribucijsko okolje.

Vir: *eProstor in Geodetska uprava RS*

3. KONFERENCA PROGRAMA PROJEKTOV EPROSTOR

V prostorih kongresnega centra Domus Medici je 4. 12. 2019 potekala 3. konferenca *programa projektov eProstor*, ki sta jo organizirala ministrstvo za okolje in prostor ter geodetska uprava Republike Slovenije. Širši strokovni javnosti so bili predstavljeni vmesni dosežki enega največjih projektov na področju prostorskega načrtovanja graditve in upravljanja nepremičnin. Cilj *eProstora* je zagotoviti večjo preglednost in učinkovitost pri urejanju prostora, graditvi objektov in upravljanju nepremičnin pod skupnim naslovom *En prostor za vse*. V uvodnem delu so številne udeležence nagovorili državni sekretar na ministrstvu za okolje in prostor ter vodja programskega sveta *eProstora* *Aleš Prijon*, državni sekretar na ministrstvu za javno upravo Leon Behin, državna sekretarka službe vlade za razvoj in kohezijsko politiko dr. Nevenka Ribič, generalni direktor geodetske uprave RS Tomaž Petek ter generalna direktorica direktorata za prostor, graditev in stanovanja na ministrstvu za okolje in prostor Barbara Radovan.

Tomaž Petek je v nagovoru poudaril, da je geodetska uprava Republike Slovenije letos že dokončala programiranje baznega dela nove informacijske rešitve katastra nepremičnin, ki je nameščen na državnem računalniškem oblaku. Z namenom odprave administrativnih ovir, pospešitve procesov ter posodobitve sistema je v medresorsko obravnavo posredovala nov zakon o katastru nepremičnin. Prav tako je bil dokončan digitalni arhiv zemljiškega katastra in katastra stavb, pri čemer je bilo poskeniranih več kot devet milijonov dokumentov, celoten arhiv zdaj obsega več kot 23 milijonov dokumentov. Na področju lokacijskega izboljšanja grafičnih podatkov zemljiškega katastra oziroma izboljšave položajne natančnosti katastrskih načrtov na območjih stavbnih zemljišč je bilo vključenih že 60 odstotkov območja Republike Slovenije. Dokončan je bil strokovno zahteven prehod v nov koordinatni sistem tudi za temeljne nepremičninske evidence.

Namestnica generalnega direktorja geodetske uprave Republike Slovenije mag. Erna Flogie Dolinar je ob koncu uvodnih nagovorov izpostavila ključne rezultate projekta *eProstor* v tem letu, med drugimi razvoj prostorskega informacijskega sistema, v okviru katerega so bili pripravljeni primeri elektronskega poslovanja za postopek izdaje gradbenega dovoljenja (*eGraditev*) in priprave občinskega prostorskega načrta (*ePlan*); publikacijo *Dediščina katastrov na Slovenskem* in s tem povezano dokončanje zelo obsežnega in strokovno zahtevnega skeniranja 200-letnega arhiva zemljiškega katastra, katastra stavb in državnih prostorskih aktov; informacijsko prenovo nepremičninskih evidenc ter prehod v nov koordinatni sistem za temeljne nepremičninske evidence.



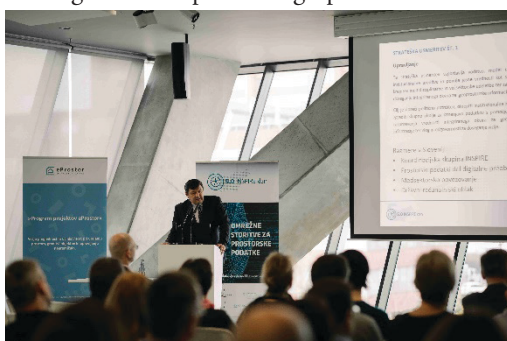
Slika 1: Državni sekretar na ministrstvu za javno upravo **g. Leon Behin** (levo) in generalni direktor geodetske uprave Republike Slovenije **g. Tomaž Petek** (foto: Anže Virant).

Sledila sta dva sklopa strokovnih predavanj, v katerih so bili podrobneje predstavljeni rezultati in načrti projekta *eProstor*. Več informacij je na voljo na portalu *eProstor* <https://www.projekt.e-prostor.gov.si/>.

Vir: *eProstor* in Geodetska uprava RS

5. SLOVENSKI DAN INSPIRE

V torek, 19. 11. 2019, je v Kristalni palači v BTC-ju potekal 5. slovenski dan INSPIRE. Udeležilo se ga je 90 strokovnjakov iz različnih institucij, ki se srečujejo z uvajanjem direktive INSPIRE. Poudarek letošnjega dogodka je bil na večji uporabnosti in dostopnosti prostorskih podatkov prek spletnih storitev pregledovanja in prenosa podatkov. Dogodek sta odprla državni sekretar z ministrstva za okolje in prostor gospod Aleš Prijon ter generalni direktor geodetske uprave RS gospod Tomaž Petek.



Slika 1: Državni sekretar na ministrstvu za okolje in prostor **g. Aleš Prijon** in generalni direktor geodetske uprave RS **g. Tomaž Petek** med pozdravnima nagovoroma (foto: Nejc Balantič).

Prvi sklop je bil namenjen predstavitvi storitev INSPIRE v Sloveniji, svetovnih smernic Združenih narodov za globalno upravljanje geoprostorskih informacij (UN-GGIM) ter uporabi podatkovnih modelov INSPIRE v različnih evropskih projektih. V drugem sklopu so kolegi iz Hrvaške in Češke predstavili

svojo nacionalno infrastrukturo za prostorske informacije ter možnosti dostopanja do zbirk podatkov prek storitev pregledovanja in prenosa. V zadnjem delu je bil prikazan primer povezovanja direktive INSPIRE in podatkov o kulturni dediščini ter prihajajoče spremembe in novosti na temo odprtih podatkov, ki bodo vplivale na vse upravljavce zbirk podatkov.

Tuji in domači predavatelji so si bili enotni v ugotovitvi, da je za večjo uporabnost prostorskih podatkov ključno medinstitucionalno povezovanje na nacionalni in svetovni ravni, saj bodo le tako informacije pridobile na vrednosti. V okviru 5. dneva INSPIRE je nastala tudi brošura z naslovom *Omrežne storitve za prostorske podatke*, katere namen je prikazati uporabno vrednost infrastrukture INSPIRE na podlagi dostopa do prostorskih podatkov prek spletnih storitev.

Več informacij je na voljo na slovenskem geoportalu www.geoportal.gov.si.

Vir: eProstor in Geodetska uprava RS

DELOVNA SKUPINA ISA² ZA GEOPROSTORSKE REŠITVE

V okviru programa za medopravilne rešitve za evropsko javno upravo ISA² je evropska komisija kot aktivnost številka 10 opredelila evropsko interoperabilnost pri uporabi prostorskih podatkov, imenovano ELISE – *European Location Interoperability Solutions for E-government* (https://ec.europa.eu/isa2/actions/elise_en). Aktivnost je namenjena subjektom iz javnega sektorja in zasebnih podjetij, ki se ukvarjajo z informacijami, podatki, storitvami in procesi, pri katerih se tako ali drugače potrebujejo podatki in informacije o lokaciji. Informacije, povezane z lokacijo, namreč podpirajo vse večji delež politik na evropski in nacionalni ravni, so sestavni del tako rekoč vseh digitalnih storitev in aplikacij, ki jih uporabljajo javna uprava, podjetja in državljani. Aktivnost ELISE tako zagotavlja nabor pravnih, političnih, organizacijskih, semantičnih in tehničnih medopravilnih rešitev in usmeritev, ki omogočajo lažje, smotrnejše in učinkovite čezmejne ali medsektorske digitalne javne storitve in procese ob vključevanju informacij o lokaciji (lokacijska inteligenca).

Za lažje izvajanje nalog ELISE je bilo ustanovljeno posvetovalno telo – ISA² delovna skupina za geoprostorske rešitve, sestavljajo jo organi evropske komisije in predstavniki držav članic. Skupina ima pomembno svetovalno in pospeševalno vlogo pri prednostnih nalogah in vsebini delovnega programa ELISE ter pri razširjanju rezultatov. Dejavnosti ELISE potrjuje skupina, mnoge od njih so dejansko predlagali prav predstavniki delovne skupine. Člani delovne skupine neposredno prispevajo k posameznim temam ELISE prek vrste ukrepov (na primer odborov uporabnikov). Aktivnost ELISE temelji na načelih direktive INSPIRE, ki vzpostavlja infrastrukturo za prostorske informacije v Evropi, hkrati pa nadaljuje delo iz dveh akcij ISA: **Lokacijski okvir Evropske unije** (EULF), ki je razvil in promoviral politiko najboljših praks in smernice, ki jih podpira INSPIRE, s piloti v različnih državah in na različnih tematskih področjih, ter **Referenčne platforme INSPIRE** za večkratno uporabo (ARE3NA), ki je omogočila izvajanje INSPIRE v državah članicah z razvojem strukturiranega pristopa in rešitvami za medopravilnost, ki jih je mogoče večkrat uporabiti.

Slovenija je dejavna članica delovne skupine in sodeluje v dveh odborih uporabnikov – LIFO (*Location interoperability Framework Observatory*) in EU Gazetteer. Na zadnjih sestankih skupine so bili člani sez-

nanjeni s tekočimi in načrtovanimi dejavnostmi ter pripravo programa ISA2 za leto 2020. Obravnavan je bil tudi prehod s programa ISA2 na program DEP (*Digital Europe Program*) v letu 2021, ki je ovojnica za morebitna prihodnja finančna sredstva, ter ustrezne dejavnosti za umestitev prostorske tematike v prihajajoči program. Predstavljene so bile potekajoče in prihodnje dejavnosti v okviru programa ELISE, nekatere od njih podrobneje (*blockchain* – veriženje blokov v javni upravi, rezultati študije vloga IPI v transformaciji v digitalno javno upravo, GDPR in lokacijski podatki, EU Gazetteer, pilotni projekt EU za energijsko učinkovitost stavb).

Obsežna in zanimiva je študija o možnostih uporabe tehnologije veriženja blokov, v kateri se na podlagi analize sedmih izvedenih projektov ugotavlja, da je mogoče s tehnologijo veriženja blokov zmanjšati birokracijo, povečati učinkovitost upravnih postopkov in povečati stopnjo zaupanja v javno vodenje evidenc. Čeprav se tehnologija še ni izkazala za ustrezno in dovolj zanesljivo, vsekakor odpira zanimive možnosti za prihodnji razvoj javne uprave in zagotavljanje storitev za državljane. Študija o vlogi infrastrukture za prostorske informacije je bila izdelana na podlagi podatkov iz 29 držav članic, pri čemer so bile nekatere obravnavane podrobneje. Zajemala je različne vidike IPI (koordinacija, zakonodaja, povezava z e-upravo, semantična in tehnična medopravilnost, izpolnjevanje priporočil OECD, tehnični vidiki).

GDPR in lokacijski podatki: Podatki o lokaciji se vse bolj uporabljajo v javnem in zasebnem življenju. Pogosto so povezani s konkretno osebo, to je na primer naslov ali drugačna identifikacija lokacije posameznika. Z veliko rastjo mobilnih storitev in storitev na internetu (na primer internet stvari) se je povečalo tveganje za zagotavljanje in varovanje zasebnosti. S krepitvijo zavedanja in novo zakonodajo so v evropski zakonodaji o varstvu podatkov prvič izrecno vključeni tudi podatki o lokaciji. Navodila za zagotavljanje zasebnosti so objavljena na spletu.

EU Gazetteer evaluation project: Projekt je sestavljen iz dveh delov – prvi del zagotavlja usklajene in povezane podatke o naslovih in zemljepisnih imen za EUROSTAT, drugi del je namenjen testiranju podatkov iz različnih imenikov zemljepisnih imen za potrebe ugotavljanja in raziskovanja evropske kulturne dediščine.

Energijski pilotni projekt EU: Na podlagi podatkov o stavbah so bile dopolnjene metodologije za ocenjevanje porabe energije in energetske učinkovitosti od lokalne vse do regionalne ravni in ravni držav članic skladno z zahtevami evropske direktive na področju energetske učinkovitosti. Za potrebe ugotavljanja energetske učinkovitosti je bil razvit razširjen model INSPIRE za stavbe, ki je na voljo tudi vsem državam članicam in drugim uporabnikom.

Delovni načrt ELISE 2020 temelji na zagotavljanju ustreznih in izdelanih rešitev, inovacijah, krepitvi zavedanja, evropskih politikah, digitalni usposobljenosti javne uprave, lokacijski inteligenci. Nove dejavnosti programa bi morale omogočiti prehod na program Digitalne Evrope. Predlagani so naslednji sklopi:

- i. novi operativni modeli IPI, dostop do podatkov in ponovna uporaba,
- ii. pretok podatkov G2B / B2G / G2C / C2G / G2G,
- iii. umetna inteligenca in lokacijske informacije za politiko in storitve,
- iv. medsektorska medopravilnost in sorodne rešitve,

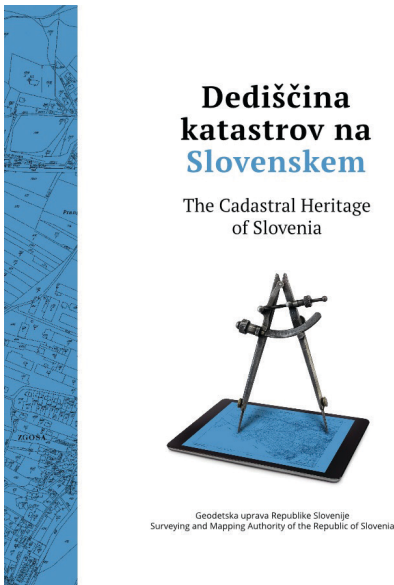
- v. razvoj dokončnega dokumenta, ki je pomemben kot referenčni okvir za interoperabilnost lokacije (med specifičnimi področji),
- vi. konec programa ELISE s konferenco.

Pomembne in uporabne rešitve, ki so bile do sedaj izdelane v okviru programa ELISE, so: dokument o projektu EULF (*European Union Location Framework*), programsko orodje za vodenje sistema registrov *Registry INSPIRE*, preverjevalnik *Validator INSPIRE* in orodje za spremljanje medopravnosti lokacijskih informacij.

Vir: Geodetska uprava RS

Zapisala: mag. Irena Ažman, e-naslov: irena.azman@gov.si

IZŠLA JE BROŠURA DEDIŠČINA KATASTROV NA SLOVENSKEM



Na geodetski upravi Republike Slovenije so v letu 2019 uspešno pripeljali do konca večletni projekt digitalizacije arhivskih dokumentov nepremičniških evidenc. V okviru projekta *Zajem in izboljšava podatkov* je izšla brošura, lahko bi rekli tudi knjiga, z naslovom *Dediščina katastrov na Slovenskem*. Avtorji zanimive publikacije, ki so mag. Janez Slak, dr. Jože Triglav, mag. Danijel Boldin, Majda Mavec in Mihael Fonda, so zbrali in zanimivo predstavili arhivska gradiva zemljiškega katastra, ki ne obsega le gradiv iz arhiva geodetske uprave RS, ampak tudi tista iz arhiva RS, ki se tematsko vežejo na področje zemljiškega katastra. Brošura nas tako popelje skozi bogato zgodovino katastrov na Slovenskem.

Poleg tiskane različice je publikacija na voljo tudi na spletni strani projekta *Program projektov eProstor*:

<https://www.projekt.e-prostor.gov.si/skupno/novica/nova-brosura-dediscina-katastrov-na-slovenskem-the-cadastral-heritage-of-slovenia>.

Vir: Geodetska uprava RS

Zapisala: dr. Anka Lisec, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, e-naslov: anka.lisec@fgg.uni-lj.si



NOVICE FAKULTETE ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO UNIVERZE V LJUBLJANI

UNIVERZA V LJUBLJANI PREJELA NAJVIŠJE DRŽAVNO PRIZNANJE – RED ZA IZREDNE ZASLUGE

Univerza v Ljubljani je svoj 100. rojstni dan zaznamovala s slavnostno akademijo v Cankarjevem domu. Vrhunec slovesnosti je bilo najvišje državno odlikovanje, ki ga je predsednik Republike Slovenije Borut Pahor ob tej priložnosti vročil rektorju Univerze v Ljubljani prof. dr. Igorju Papiču.

Jubilejno leto najstarejše in največje univerze v Sloveniji, v okviru katere se od vsega začetka izvajajo tudi študijski programi na področju geodezije, je bilo obogateno s pestrim dogajanjem, osrednji dogodek pa je potekal 3. decembra 2019, na njen 100. rojstni dan. Slavnostna akademija v Cankarjevem domu, ki so si jo poleg gostov v Gallusovi dvorani lahko ogledali tudi gledalci nacionalne televizije v neposrednem prenosu, se je začela še posebej slovesno. Častni pokrovitelj dogodka predsednik Republike Slovenije Borut Pahor je Univerzi v Ljubljani ob stoletnici obstoja podelil najvišje državno odlikovanje: red za izredne zasluge za prispevek k duhovnemu in kulturnemu razvoju slovenskega naroda, uveljavitvi slovenskega jezika ter za vrhunske dosežke na področju znanosti in izobraževanja.

Rektor Univerze v Ljubljani prof. dr. Igor Papič se je ob tej priložnosti zahvalil vsem, ki so zaslužni za nastanek univerze, njen obstoj in razvoj. Poudaril je, da je Univerza v Ljubljani skozi zgodovino, tudi v manj naklonjenih časih, ostala osredotočena na aktualne evropske ter svetovne raziskovalne in humanistične teme in jih vselej obravnavala celostno: v luči narave, družbe in posameznika. Kljub najširši dostopnosti študija pa ima slovenska družba še vedno težave pri razumevanju univerze kot avtonomnega, svobodnega laboratorija znanja, večšin in razmisleka, tudi kritičnega, je med drugim v svojem govoru povedal rektor.

Slavnostni govornik prof. dr. Frederick Duncan Michael Haldane, Nobelov nagrajenec za fiziko in častni doktor Univerze v Ljubljani, je izpostavil, da tudi majhni narodi, kot je slovenski, lahko prispevajo k znanosti in tehnologiji sveta ter da postaja ustvarjanje znanstveno in tehnološko izobraženega dela prebivalstva vse pomembnejši cilj, saj je to pogoj za gospodarstvo, zasnovano na sodobni tehnologiji. Verjame, da je ključna vloga univerze v tem, da študente nauči razmišljati po svoje, saj bodo mogoče vnesli sveže zamisli za rešitve današnjega sveta.



Slika 1: Predsednik države RS Borut Pahor in rektor Univerze v Ljubljani prof. dr. Igor Papič ob podelitvi reda za izredne zasluge Univerze v Ljubljani (Foto: STA).

Vir: Univerza v Ljubljani in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani

UNIVERZITETNA PREŠERNOVA NAGRADA RAZISKOVALNI NALOGI AJDE KAFOL STOJANOVIČ Z UL FGG

Rektor Univerze v Ljubljani prof. dr. Igor Papič je v četrtek, 5. 12. 2019, podelil Prešernove nagrade študentom Univerze v Ljubljani. Univerza z nagrado za najboljša dela spodbuja kakovost znanstveno-raziskovalne in umetniške dejavnosti študentov do dokončane 2. bolonjske stopnje izobrazbe in enovitega magistrskega študija.

Pobuda za podeljevanje Prešernovih nagrad je pred sedemdesetimi leti dala univerza sama. Pri tem jo je podprlo tedanje ministrstvo za izobraževanje. Tradicionalna Prešernova proslava s slovesno podelitvijo Prešernovih nagrad študentom je bila nekoč v dneh okoli 8. februarja, leta 2001 pa so jo premestili v okvir dogodkov ob tednu Univerze v Ljubljani, to je v prvem tednu decembra. Ob letošnjem dvojnem jubileju – stoletnici Univerze v Ljubljani in sedemdesetletnici podeljevanja Prešernovih nagrad – je med dvanajstimi nagrajenci nagrado prejela tudi **Ajda Kafol Stojanovič** za zaključno delo na magistrskem študijskem programu *prostorsko načrtovanje* na Univerzi v Ljubljani, Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo. Nalogo z naslovom *Ocena kapacitete vodovodnega sistema kot strokovna podlaga v procesu prostorskega načrtovanja* je pripravila pod mentorstvom izr. prof. dr. Maruške Šubic Kovač in somentorstvom asist. dr. Daniela Kozelja.

Vir: Univerza v Ljubljani in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani

Zapisa: dr. Anka Liseč, e-naslov: anka.lisec@fgg.uni-lj.si

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM PROSTORSKO NAČRTOVANJE JE BIL NAGRAJEN S CERTIFIKATOM ZA IZJEMNOST



Združenje evropskih planerskih šol AESOP (angl. *Association of European Schools of Planning*) je Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani podelilo certifikat za izjemnost kot priznanje magistrskemu študijskemu programu druge stopnje prostorsko načrtovanje, ki izpolnjuje standarde kakovosti in združuje več vidikov odličnosti načrtovanja izobraževanja. Akademski načrt magistrskega programa namreč zagotavlja ravnovesje med strokovnim znanjem prostorskega načrtovanja, širšim strateškim razumevanjem sorodnih področij in strokovnim usposabljanjem prek različnih učnih pristopov, kot so projektno učenje, strokovne ekskurzije, seminarji in uporaba informacijsko-komunikacijske tehnologije ter geografskih informacijskih sistemov. Slednji omogočajo interdisciplinarno raziskovanje različnih vidikov regionalnega in lokalnega prostorskega razvoja in upravljanja zemljišč. AESOP je kot posebnost

programa prepoznal njegovo usklajenost s slovensko tradicijo interdisciplinarne prakse prostorskega načrtovanja ter praktično usmeritev k reševanju težav. Certifikat velja za obdobje šestih let.

Slika 1: AESOP certifikat za izjemnost kot priznanje magistrskemu študijskemu programu druge stopnje Prostorsko načrtovanje na UL FGG.

Zapisali: dr. Mojca Foški, dr. Alma Zavodnik Lamovšek, e-naslov: mojca.foski@fgg.uni-lj.si, azavodnik-lamovsek@fgg.uni-lj.si

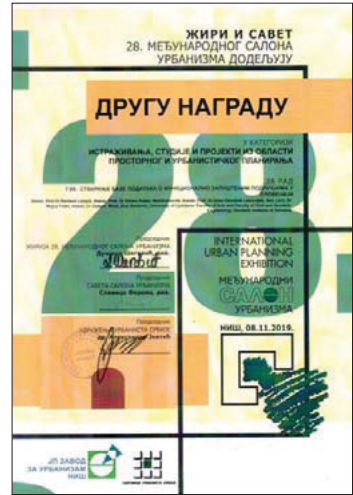
PRIZNANJE MAKSA FABIANIJA 2019

V Galeriji Lojzeta Spacala na gradu v Štanjelu so 16. 11. 2019 že sedmič podelili nagrado Maksa Fabianija za izjemna dela na področju urbanističnega, regionalnega in prostorskega načrtovanja. Tokrat je priznanje in nominacijo za nagrado ECTP-CEU prejel projekt *Vzpostavitev državne evidence funkcionalno degradiranih območij v Sloveniji 2017*, v katerem je sodelovala tudi katedra za prostorsko planiranje UL FGG. Avtorji projekta so bili: Barbara Lampič, Nejc Bobovnik, Dejan Cigale, Simon Kušar, Irma Potočnik Slavič z oddelka za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani (UL FF) kot nosilci projekta; Mojca Foški, Gašper Mrak, Alma Zavodnik Lamovšek s katedre za prostorsko planiranje Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG) ter Blaž Barborič, Sebastijan Meža in Dalibor Radovan z Geodetskega inštituta Slovenije.

Dogodek je potekal pod pokroviteljstvom Društva urbanistov in prostorskih planerjev Slovenije (DUPPS), Ustanove Maks Fabiani in občine Komen ter v sodelovanju z ministrstvom za kulturo ter ministrstvom za okolje in prostor RS.



Slika 1: Na slovesni podelitvi na gradu Štanjel so priznanje Maks Fabianija prejeli tudi sodelavci katedre za prostorsko planiranje UL FGG (foto: Rok Grobelšek).



Slika 2: Druga nagrada za projekt na 28. mednarodni razstavi urbanistov in prostorskih planerjev v Nišu.

Projekt je bil med drugim predstavljen na 28. mednarodni razstavi urbanistov in prostorskih planerjev, ki je potekala od 8. do 13. novembra 2019 v Nišu v Srbiji. Na razstavi je projekt v kategoriji raziskovalnih študij in projektov prejel drugo nagrado (slika 2).

Zapisal: dr. Gašper Mrak, e-naslov: gasper.mrak@fgg.uni-lj.si

OBISK STROKOVNJAKOV Z NORVEŠKEGA URADA JORDSKIFTERETT

Na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG) smo 14. in 15. novembra gostili strokovnjake z norveškega urada za katastrsko-pravno preurejanje zemljišč *Akershus in Oslo Jordskifterett*. Tako imenovano komasacijsko sodišče (angl. *Land Consolidation Court*), kot bi lahko prevedli ime te izredno zanimive institucije, združuje strokovnjake s področja upravljana zemljišč, kar vključuje področja geodezije, zemljiške administracije, prava, vrednotenja zemljišč in bonitiranja, prostorskega planiranja ter kmetijstva in gozdarstva.

V četrtek, 14. novembra, so gostje z Norveške obiskali UL FGG ter geodetsko upravo Republike Slovenije. Kratkemu uvodnemu predavanju o sistemu zemljiške administracije v Sloveniji je sledila predstavitev dela in kompetenc norveškega komasacijskega sodišča, ki jo je pripravil vodja skupine dr. Øystein Jakob Bjerva. Na geodetski upravi je direktor Tomaž Petek predstavil organizacijo in aktualne projekte slovenske javne geodetske službe, sledila je podrobnejša predstavitev sistem zemljiškega katastra ter projektov komasacij kmetijskih zemljišč v Sloveniji.

Petkov program je bil namenjen strokovnemu obisku, kjer so se strokovnjakom z Norveške pridružili slušatelji magistrskega študija geodezije in geoinformatike UL FGG. V okviru obiska Geodetskega zavoda Celje, d.o.o., je direktor podjetja Dominik Bovha s sodelavci predstavil izkušnje na področju komasacij kmetijskih in stavbnih zemljišč, s kratkim uvodom v popoldanski obisk komasacijskega območja Hajdina. Na občini Hajdina so pripravili predstavitev s poudarkom na izkušnjah na področju komasacij. Pod vodstvom komasacijskih strokovnjakov Geodetskega zavoda Celje, d.o.o., Emila Ratka in Jerneja Juraka smo obiskali komasacijsko območje, kjer smo se podrobneje seznanili s posebnostmi izvajanja komasacije v praksi.

Vsem, ki ste prispevali k programu in izvedbi strokovnega obiska, se iskreno zahvaljujemo!



Slika 1: Udeleženci petkovega strokovnega obiska Geodetskega zavoda Celje in občine Hajdina, komasacijskega območja Hajdina.

Zapisa: Anka Lisec, e-naslov: anka.lisec@fgg.uni-lj.si

DRUŠTVENE NOVICE NEWS FROM SOCIETIES



NOVICA ZVEZE GEODETOV SLOVENIJE, MEDNARODNE DEJAVNOSTI

SKUPŠČINA ZVEZE GEODETOV SLOVENIJE

Člani geodetskih društev in preostali predstavniki geodetske stroke smo se malo pozneje kot prejšnja leta – že krepko v jesenskem času – zbrali na redni letni skupščini Zveze geodetov Slovenije. Skupščina je potekala 23. oktobra 2019 v prostorih gostilne Čad v Ljubljani. Predsednik Zveze geodetov Slovenije mag. Blaž Mozetič je v uvodu pozdravil vse navzoče ter preveril sklepčnost skupščine. Udeležba je bila izjemna, saj so bila zastopana vsa geodetska društva z delegati s pooblastili predsednikov društev. S tem je bila zagotovljena takojšnja sklepčnost skupščine. Po uvodnem pozdravu predsednika smo soglasno izvolili delovno predsedstvo (predsednik in dva člana) skupščine. V nadaljevanju je vodenje prevzel Milan Brajnik, predsednik delovnega predsedstva, ter podal predlog za dnevni red skupščine.



Glavna tema je bilo poročilo predsednika Zveze geodetov Slovenije za leto 2018, v katerem je navedel ključne dejavnosti, izvedene v letu 2018. Poudaril je, da želi geodezija postati vodilna stroka, in se zavalil za pomoč ter vzpodbude na vseh področjih; dejavnosti so bile odmevne, predvsem Geodetski dan,

v okviru katerega so potekale tudi vzporedne aktivnosti. Seveda pa je treba tako kot v drugih panogah tudi v naši stroki skupaj graditi prihodnost, slediti novostim in načrtovati. Tako je bil podan predlog programa za leti 2019 in 2020, katerega prednostne naloge so organizacija 48. Geodetskega dneva, izdajanje Geodetskega vestnika, delovanje sekcij in mednarodno sodelovanje s kolegi iz sosednjih držav. Na skupščini je član društva predlagal, naj Zveza geodetov Slovenije nagovori s pobudo članom društev, da bi odstotek od odmere dohodnine namenili za delovanje svojega društva oziroma zveze.

Uradni del skupščine smo nadaljevali z druženjem, pogovorom, izmenjavo mnenj, idej, dilem ter iskanjem novih možnosti sodelovanja.

Zapisala: Jožica Marinko, e-naslov: jozica.marinko@gov.si



NOVICE LJUBLJANSKEGA GEODETSKEGA DRUŠTVA

IZLET ČLANOV LGD NA REKO ZRMANJO, NA OTOK ZLARIN IN V ŠIBENIK

Prvi sončni žarki so nas pozdravili v Liki. Bil je zadnji petek v septembru. Nebo brez oblaka je obetalo lep dan. Veriga Velebita je bila jasno izrisana na nebesni modrini, ob njenem vznožju so se mistično vlekle meglice. Odenki zgodnje jeseni so popestrili pokrajino. Jutranja kavica med medvedi in merjasci je pregnala še zadnje sledove zaspanosti. Ob izobilju geoloških in vodnogospodarskih podatkov smo prečkali Velebit in se spustili v Obrovac, depresivno mestece na obali reke Zrmanje. Lepotica in zver. Lepotica je zelena reka, ki izvira pod Velebitom in se po slabih 80 kilometrih toka izlije v Novigradsko morje. Na svoji poti je ustvarila več brzic in slapov. V spodnjem toku je v apnenčast svet zarezala globok kanjon.

Pod mostom v Obrovcu se je približno polovica potnikov vkrcala na dve barki. Čolna sta rezala mirno gladino, od valov so se odbijali sončni žarki. V ločju ob reki so gnezdile ptice. Drseli smo mimo pokopališča, zadnjega znaka civilizacije. Kanjon se je ožil, stene so bile vse višje. Tvorile so različne oblike in se prelivale v premnogih barvnih odtenkih. Tišino je motilo le tiho brnenje ladijskih motorjev. Čez čas so se skale razmaknile in pred nami se je odprlo morje. Sredi morja, ki je nastalo kot potopljena rečna dolina, smo prebudili par labodov. Ponovno smo lahko občudovali visoke špice Velebita, skupino velikanov med njimi, imenovanih Tulove grede, trak avtoceste, ki vijuga po pobočju masiva, viadukte, ki jo podpirajo. Razkrila sta se nam maslenička mostova – »novi« avtocestni, ki je sive barve, in rdeči »stari«, ki je zamenjal prejšnjega, porušenega v zadnji vojni. Barki sta zapluli v pristanišče, kjer je že čakala druga polovica potnikov, ki je odplula proti Obrovcu. Razkropili smo se po malem pristaniškem mestecu. Eni so gasili žejo v najbližji konobi, druge je radovednost gnala na strme stopnice proti ostankom gradu iz 13. stoletja. Poplašani smo bili s prelepim razgledom. Odpeljali smo se nazaj v Obrovac po potnike, ki so pluli proti toku. Želodce smo napolnili v Mičanovih dvorih nad mestom. Mešano meso na žaru, riž, hrustljivo zapečen

krompirček in »pita od rogača« v spremstvu domače kapljice ali piva so nam povrnili moči.

Še tretjič smo se spustili do Obrovca ter pot nadaljevali do »vidikovca«, razgledne točke visoko nad bleščečo gladino reke Zrmanje. Razgled je bil fantastičen. Okoli nas je dišalo po materini dušici. Za nami se je pripeljala kolona terenskih vozil, polna turistov na fotosafariju. Medtem ko smo pešачili, so se turisti pripeljali prav do roba pečin, poskakali ven, poslikali in odbrzeli naprej. Kraje, kjer so snemali Vinetouja in jih je tod okoli kar nekaj, obiskujejo predvsem nemški turisti. Pozno popoldan smo prispeli v Primošten, majhno ribiško mesto na polotočku. Spopadli smo se s stopnicami hotela Zora, s treh strani obdanega z morjem. Ob sončnem zahodu smo ujeli še kopanje v njegovem osvežilno topllem objemu. Nekaj potnikov se je po večerji odpravilo v mesto, ostali smo v preostanku petkovih ur odpravljali posledice prekratke noči.

Sobota je bila namenjena vzponu na Klepec, najvišji vrh otoka Zlarin. Otok, ki je del šibeniškega arhipelaga, je slabe pol ure plovbe oddaljen od Šibenika. Na njem sta le dve naselji, Zlarin in Borovica, ki pa je že dolgo prazna. Arheološke najdbe pričajo, da je bil otok naseljen že v kameni dobi. Prebivalci so se menjavali – Iliri, Rimljani in Slovani. Ime Zlarin se v dokumentih prvič omenja kot del Šibenika leta 1245. O imenu je več teorij, ena od njih omenja Zlatni otok, druga se opira na feničanski izraz za otočje Zarim. Prebivalci so živeli od vinogradništva, oljkarstva, ribolova, ladijskih prevozov, pridelovanja zelišč, predvsem bolhača, ter nabiranja koral. Danes je otok razglašen za eko-otok. Je tudi eden najbolj zelenih, bogato poraščen z borovci. Plastika je tu nezaželena. Zlarinčani se po cestah vozijo s kolesi in v električnih vozilih, imenovanih »papamobili«. Preživljajo se predvsem s turizmom in obujanjem tradicije obdelave koral. Ohranjajo stare običaje in starinsko podobo mesta. Uredili in markirali so več pohodniških poti. V eno od njih smo zagrizli geodeti. Sprva smo uživali v senci borovcev, ki bogato prekrivajo otok. Kmalu so se nam odprli pogledi na Šibenik, Vodice in bližnje otoke. Na 169 metrov smo se povzpeli vsi, tudi najstarejši udeleženec, ki si je naložil že deveti križ. Vrh je označen s kupom kamenja, zraven je majhno zaklonišče. Pot smo nadaljevali po grebenu, ki na zahodni strani obrobja otok. Nagrajeni smo bili še z razgledom na odprto morje in najbolj oddaljene otoke Vis, Biševo in na vulkansko piramido Jabuke. Po rodovitni dolini smo se vrnili v mestece Zlarin in uživali v kosilu, počitku in plavanju. Zvečer nas je barka popeljala nazaj v Šibenik, narava pa nam je postregla z lepim sončnim zahodom. Tokrat smo si skoraj vsi privoščili še večerni sprehod po slikovitih ulicah Primoštena. Povzpeli smo se do cerkve sv. Jurija, zgrajene v 15. stoletju na najvišji točki otoka, ki so ga kasneje povezali s kopnim. Večer smo zaključili ob klepetu na terasah bližnjih konob.

Nedeljsko jutro nas je ponovno razvajalo s sončnimi žarki. Kdor je dovolj zgodaj vstal, je še lahko zaplaval v morju. Na povratku smo se ustavili v Šibeniku, najstarejšem mestu na obali, ki so ga ustanovili Hrvati. Pravijo mu tudi Krešimirjevo mesto, po kralju Petru Krešimiru. Šibenik je rojstno mesto Dražena Petroviča, z njegovim spomenikom ob košarkarskem igrišču. Šibenik je mesto, ki je drugo na svetu dobilo ulično razsvetlavo, in to le dan po odprtju elektrarne na Krki. Šibenik je mesto s štirimi mogočnimi trdnjavami in mesto med dvema krajinskima parkoma – Krko na celini in Kornati na morju. Šibenik ima dva vpisa v Unescov seznam kulturne dediščine. Leži ob izlivu reke Krke v morje, s katerim ga povezuje Antejev kanal. Ko smo izstopili iz avtobusa, smo slišali molitve, ki so ob močnem ozvočenju preplavile mesto. Prišli smo ravno na največji praznik, na god sv. Mihovila, mestnega zavetnika. Skozi mesto se je vila praznična procesija, maša je potekala na trgu ob katedrali. Zanimiv je bil pogled na prisotno množico, v kateri smo lahko opazili domačine v narodnih nošah in cerkvene dostojanstvenike z zastavami. Lokalna vodička Zvonka nas je vodila po labirintu ulic starega jedra in iskala najtišje med njimi, da nas je lahko poučila o mestu, njegovi

zgodovini in zgodbah. Največji znamenitosti mesta sta gotsko-renesanačna katedrala sv. Jakoba, zgrajena iz belega bračkega kamna. Gradili so jo več kot sto let in pravijo, da je največja kamnita cerkev na svetu. Druga je trdnjava sv. Nikole, ki varuje mesto z morske strani. Obe sta na Unescovem seznamu. Izvedeli smo, kako pomembna je bila v preteklosti mestna promenada, ki je zdaj delno zaprta, kakšne čepice so nosili nekoč oženjeni mošje in kakšne vdovci, zakaj domačini ulico Kralja Tomislava poimenujejo »Kala larga« ali široka ulica, Ulico Jurija Šižgoriča pa »Mastna«. Izvedeli smo tudi, kako so nekoč z dišavnicami označevali gostilne za nepismene, kaj nam povedo stebri na vogalih hiš ali »kantunih«, legendo o obrambi mesta pred Turki. Videli smo kamnite pitnike za pse in mačke in še marsikaj. Še pred koncem maše so topničarji ustrelili iz dveh topov izpred vhoda v obzidje. Očitno se je fantom mudilo na kosilo ...



Slika 1: Čudovit pogled na reko Zrmanjo (foto: Matej Ažman).



Slika 2: Reka Zrmanja v objemu skalnih previsov (foto: Matej Ažman).



Slika 3: Opojni sončni zahod iz Primoštena (foto: Matej Ažman).



Slika 4: Najboljša reklama za dobre ribice so tiste »mice« :) (foto: Milan Brajnik).

S kosilom v neomejeni količini so nam postregli v prijetnem ambientu pri Agroturizmu Kalpić v Kalpićih pri Lozovcu. Povratek sta nam popestrila prenos rokometne tekme iz Pariza, ki se ni iztekla po naših

željah, ter zaprta cesta v dolini naše Krke, ki je čas vožnje krepko podaljšala. Vsekakor si bomo izlet zapomnili po nepozabnih trenutkih v objemih čudovite narave reke Zrmanje, Obrovca, Primoštena, otoka Zlarina in starodavnega Šibenika. V nadaljevanju je prikazana še fotoreportaža našega izleta z najlepšimi in največjimi znamenitostmi.



Slika 5: Na vrhu otoka Zlarin, ki je bil skorajda premajhen za vse (foto: Janez Dotti).

Na izletu na jadransko obalo se vidimo naslednje leto. Pridruži se nam tudi ti!

Zapisala: Vesna Mikek, e-naslov: vesna.mikek@gmail.com

Foto:

Matej Ažman, e-naslov: matej.azman@zrc-sazu.si

Janez Dotti, e-naslov: dottijani@gmail.com

Milan Brajnik, e-naslov: milan.brajnik@gis.si

IZLET STAREJŠIH ČLANOV LJUBLJANSKEGA GEODETSKEGA DRUŠTVA

Na deževen dan, v četrtek, 10. oktobra 2019, smo se starejši člani Ljubljanskega geodetskega društva dobili ob 7. uri na Dolgem mostu, osem prijavljenih se je odjavilo zaradi napovedanega slabega vremena in lahko rečemo, da so bili resnično prikrajšani za udeležbo na prijetnem izletu. Z manjšo zamudo nas je šofer avtobusa odpeljal v smer Dolenjske. Na poti smo zavili na parkirišče v Ivančni Gorici, tam so se nam pridružili še zadnji trije potniki – člani društva. Zaradi slabega vremena se je

nekoliko spremenil program in pot smo nadaljevali po regionalni cesti v Belo krajino. Peljali smo se po slikoviti cesti, zunaj je bilo oblačno, v avtobusu pa je bilo prijetno in slišalo se je kramljanje med starimi prijatelji. Mimo Vahti (gorski cestni prelaz) čez Gorjance smo se pripeljali v Jugorje, tam smo doživeli carino na meji za vstop v Svobodno belokranjsko ozemlje (SBO). Avtobus se je ustavil, prvi počitek – kava, tu nas pričaka prijazna lokalna vodička. Stopili smo v gostišče Petra Badovinca, bili smo toplo sprejeti in postreženi z domačim zeliščnim žganjem, imenovanim Karampampoli, recept zanj so razvili predniki gostilničarja Petra predavnimi leti in ga pozna le gostilničar sam. Postreženi smo bili s kavo in belokranjsko pogačo. Vodička in gostilničar Peter sta nas opozorila, da za potepanje po deželi med Kolpo in Gorjanci v SBO potrebujemo belokranjski »pasuš« in »vinojeto«, s katero lahko uveljavljamo razne popuste itd. Skupno z vodičko smo uredili carinske obveznosti in se odpeljali v SBO – deželo Belo krajino. Prvi postanek je bila Radovica, do tja smo slišali obširno razlago zgodovine in o sedanosti Bele krajine, kako je razdeljena na tri občine, in sicer: Metliko, Črnomelj in Semič. Slišali smo, kako sta pridno delo človeških rok in narava ustvarila skozi čas slikovito belokranjsko krajino, ta je pretežno kraška, prepredena s kraškimi pojavi, na območju Gorjancev in Kočevskega roga se spušča do reke Kolpe. Kulturna krajina je izjemno pestra in je pomemben življenjski prostor, tako človeku kot rastlinam in živalim. Danes je Bela krajina s 27 tisoči prebivalci pomembna pokrajina, bogata z naravno in kulturno dediščino, ki se je izoblikovala skozi tisočletja v sožitju treh veroizpovedi ter petih etičnih pripadnosti. Tu srečamo znamenite stelnjike, najvišji vrh je Mirna gora s 1047 metri, nahajališča boksita, črni močeril in druge znamenitosti. Bela krajina je prepletena z vinogradi, prej omenjenimi stelnjiki ob mogočnih belih brezah in reko Kolpo.

Prispeli smo na Radovico, kjer smo vstopili v osnovno šolo Brihtna glava. V učilnici iz petdesetih let prejšnjega stoletja smo spoznavali Belo krajino na duhovit način. Stroga učiteljica je prisegala na palico in klečanje v kotu, nas pa je popeljala v ta skrivnostni svet in na koncu podelila izpričevalo kot dokaz osvojenega pozitivnega ali negativnega znanja o Beli krajini. Po prejetju izpričeval smo se odpeljali naprej do največjega belokranjskega mesta Črnomlja. Prvi pisni viri Črnomelj omenjajo 1228. leta, mestne pravice je dobil leta 1407, danes je sedež občine, mesto ima danes 6000 prebivalcev. V bližini je Muzej rudnika rjavega premoga Kanižarica, ki ga nismo obiskali, smo pa doživeli krožno vožnjo po mestu. Vodička nas je opozorila na župnijsko cerkev sv. Petra in gotško cerkev sv. Duha.



Nadaljevali smo vožnjo proti Metliki, ob Rosilnici pri Metliki nas je vodička opozorila na Tri fare – tri gotske cerkve, ki stojijo druga ob drugi. Ob regionalni cesti Črnomelj–Metlika pri vasi Otok smo zavili na polje in si ogledali letalo, ki je postavljeno v spomin na belokranjsko in slovensko letališče med 2. svetovno vojno. Od tu smo se odpeljali na Kočevsko. Vreme je bilo turobno in precej hladno. Novi vodič, ki je vstopil na avtobus v Kočevju, nam je razlagal o razvoju mesta Kočevje, o Kočevarjih in prispeli smo do Kočevskega jezera. Izvedeli smo, da je Kočevje največja občina po površini v Sloveniji, da je Kočevska prepletena s številnimi zanimivostmi naravne in kulturne dediščine, da je v središču mesta znamenita cerkev sv. Jerneja, da je bilo mesto omenjeno že leta 1363. Omenil ga je oglejski patriarh Ludvik della Terra, v prvi polovici 14. stoletja so ga naselili s slovenskimi in nato nemškimi naseljenci Kočevarji, naselil jih je grof Otenburški. Zvedeli smo, da se jezero uvršča med najčistejša v Sloveniji, je sicer umetno in sega v leta 1973 do 1978, nastalo je po površinskem izkopu rjavega premoga. Območje jezera je gnezdišče za mnoge vrste ptic, nekatere med njimi so tudi ogrožene. Rastlinje je zelo pestro in si ga je mogoče ogledati, saj je okoli jezera speljana tri kilometre dolga učna pot. Ob jezeru nas je prišel pozdravit vodja geodetske uprave iz Kočevja. Zahvalili smo se obema, vodiču in vodji GU, ob jezeru smo spili topel čaj in se odpeljali naprej na Dvor pri Žužemberku, kjer smo si ogledali železolivarski muzej in galerijo. V prostorih nekdanje železolivarne na Dvoru, tik ob reki Krki, smo si ogledali in spoznali železolivarstvo na tem območju. V letih 1796 do 1891 je bila to največja železolivarna na tem delu Avstro-Ogrske. Zanimiv je tudi podatek, da je ta livarna prejela naročilo v letu 1806 od Karađorđevića za 60 topov in možnarjev. V letu 1834 je železarna dobila naziv »Cesarsko-kraljeva privilegirana tovarna za litoželezno in kovano blago kneza Auersperga«, zaposlovala je 500 delavcev. Na Dvoru so izdelovali serijske ulitke iz sive litine z lamelnim grafitom iz jekla. Naredili so tudi 4,2 metra visok spomenik mecenu Žigi Zoisu, ki stoji na ljubljanskih Žalah, vodnjak v Višnji gori in vodnjak v Žužemberku itd. Železarna je pogorela in potem je niso več obnovili, zaprli so jo leta 1891. Ohranjena je vrsta spomenikov, izdelkov te livarne. Pot smo nadaljevali na grad Žužemberk, kjer nas je sprejela vodička, popeljala nas je po gradu ter ob tem intenzivno razlagala njegovo zgodovino. Ta je ena najslikovitejših in najtipičnejših srednjeveških trdnjav na Slovenskem, njeni ostanki se dvigajo visoko nad reko Krko. Kdaj je bil grad postavljen, ni točnega podatka, omenjena je letnica 1000, vklesana nad vhodnimi vrati štirioglatega stolpa, zraven stoji tudi kapela sv. Urha. Grad je bil mnogokrat dozidan, v letih od 1526 do 1533 so ga utrdili s sedmimi stolpi – bastijami. Lastništvo se je menjavalo, postavil naj bi ga Viljem, mož sv. Eme, najbolj znani lastnik je bil Janez Vajkard Auersperg. V gradu so bile zgrajene tudi ječe. Stavba je po zadnji izselitvi leta 1893 počasi propadala in tako je ostalo vse do druge svetovne vojne, ko so grad 1945. bombardirala zavezniška letala. V 60. letih prejšnjega stoletja so začeli prenavo, ki še traja. Na gradu potekajo prireditve v okviru različnih praznovanj in občinskega praznika itd. Razlaga zgodovine gradu je bila podrobna in zanimiva. Nadaljevali smo pot do farne cerkve sv. Mohorja, ki je bila med vojno požgana. Stoji na griču, zgrajena je z dvema dominantnima zvonikoma, obnovljena je bila s prispevki darovalcev leta 1993. V cerkvi smo zapeli nekaj pesmi in potem odšli na ogled spomenika NOB na Cvibljju, 305 metrov visoki vzpetini nad Žužemberkom. Spomenik NOB s kostnico je posvečen 1140 padlim partizanom in je delo arhitekta Marjana Tepine, postavljen je bil leta 1961. Ob spomeniku smo zapeli pesem Počivaj jezero v tihoti.

Malo premraženi in tudi lačni smo se odpeljali naprej do gostišča, kjer nas je čakalo pozno kosilo. Tu

smo se podkrepili in ogreli. Zadovoljni in veseli, da je za nami res zanimiv dan, polni lepih vtisov in prijateljskega druženja, smo se odpeljali proti Ljubljani. Program je bil skoraj prebogati za enodnevni izlet, a smo ne glede na to veliko videli, lokalni vodiči so nas popeljali skozi zgodovino krajev, ki smo jih obiskali, veliko smo zvedeli o različnih dogodkih, ki so pomembni za te kraje. Kljub oblačnemu in deževnemu vremenu smo starejši člani društva preživeli lep dan, za kar smo dolžni zahvale organizatorjem, ki poskrbijo za naše spoznavanje lepe domovine.



Zapisala: Milena Prosen

7. GEODETSKI TURNIR V BOVLINGU 2019

V ponedeljek, 21. oktobra 2019, je Ljubljansko geodetsko društvo že sedmič zapored organiziralo turnir v bowlingu v Klubu 300 v Ljubljani. Tega športno-rekreativnega in hkrati družabnega dogodka se udeležujejo geodetska društva iz vse Slovenije. Tokrat je zbralo 40 tekmovalcev, ki so sestavili osem po spolu mešanih ekip. Vzdušje je bilo odlično. Tekmovanje je bilo razburljivo vse do konca, saj se do zadnjih metov ni vedelo, kdo bo letošnji zmagovalec in prevzemnik zmagovitega prehodnega pokala. Turnir smo sklenili z razglasitvijo rezultatov ter druženjem ob pici in pijači. Prehodnega pokala se je letos razveselila ekipa Ljubljanskega geodetske društva Vrženica, sledila ji je ekipa Društva geodetov Severovzhodne Slovenije – 1. ekipa, tretje mesto pa je prevzela ekipa GeoNARIS. Iskrene čestitke.

Seznam vseh nastopajočih ekip in njihova razvrstitev sta prikazani v spodnji razpredelnici:

Razvrstitev	Ekipa
1	Ljubljansko geodetsko društvo – Vrženica
2	Društvo geodetov SV Slovenije – 1. ekipa
3	GeoNARIS
4	Društvo geodetov SV Slovenije – 2. ekipa
5	Geodetski inštitut ena
6	Ljubljansko geodetsko društvo
7	Geodetski inštitut dva
8	LGB – Brez T



Slika 1: Najhitrejših in najboljših bovlarjev in bovlark ni mogel ujeti niti fotograf (foto: Miha Muck).



Slika 2: Izkazalo se je, da so geodeti tudi dobri geometri ... (foto: Borut Kermolj).



Slika 3: Pokal, za katerega se spleča priti in zmagati :) (foto: Milan Brajnik).

Vsem udeležencem se zahvaljujemo za obisk ter jim želimo obilo športnih in delovnih uspehov.

Se vidimo naslednje leto.

Zapisal: Borut Kermolj, e-naslov: borut.kermolj@gmail.com

Foto: Miha Muck, e-naslov: miha.muck@igea.si; Borut Kermolj e-naslov: borut.kermolj@gmail.com; Milan Brajnik, e-naslov: milan.brajnik@gis.si

30 LET JE MINILO – KAM NAPREJ?

Andrej Mesner

Leta 2002 smo v Društvu študentov geodezije Slovenije v Ljubljani organizirali mednarodno srečanje študentov geodezije. Nepozabna izkušnja vseh, ki smo tako ali drugače sodelovali, saj smo pri tem postali kar mala družina. Takrat se je iztekalo tudi moje študentsko obdobje in počasi sem začel razmišljati o resni službi. Še dobro se spomnim, da sem imel prvi razgovor za službo na Igei ravno jutro po tem, ko je prvi v naši študentski družbi dobil sina. Priznati moram, da si takrat nisem predstavljal, da bom toliko let ostal v svoji prvi službi. Že od samega začetka sem se na Igei počutil dobro predvsem zaradi odprtega kolektiva in vodstva, ki je spodbujalo »razmišljanje zunaj okvirjev«. V vseh teh letih mi ni zmanjkalo izzivov.

Pisalo se je leto 1989, ko je bilo ustanovljeno podjetje, ki je bilo od vsega začetka naravnano razvojno in usmerjeno v področje geografskih informacijskih sistemov. Sodelovali smo tako rekoč v vseh fazah razvoja informacijskih sistemov na področju nepremičninskih evidenc v Sloveniji. Vse se je začelo s temeljno nepremičninsko evidenco, to je zemljiškim katastrom, nadaljevalo s katastrom stavb in zbirnim katastrom gospodarske javne infrastrukture. Delovanje smo širili tudi na druga področja, kot so: urejanje prostora, gospodarjenje z nepremičninami, gospodarjenje s cestami, zaščita in reševanje, vojska, varovanje okolja, turizem, inženiring pri investicijah in še mnoga druga področja, s katerimi smo si nabirali izkušnje na državni, regionalni in občinski ravni. Pomembne izkušnje smo pridobili z izvedbo projektov, ki jih je financirala Svetovna banka in za katere smo pridobili evropska sredstva. Usmerjali smo se predvsem v prostorske podatke, poslovne procese naročnikov ter informacijske sisteme, prilagojene specifičnim naročnikovim potrebam. Vedno nam je bilo vodilo, da je treba dobro poznati predvsem uporabnike in njihove procese, če želiš zasnovati učinkovit informacijski sistem. Z operativnimi projekti smo si gradili znanje, potrebno za razvoj (informacijskih) sistemov.

Pred več kot petnajstimi leti smo začeli dejavno delovati tudi v tujini, saj smo bili prepričani, da lahko tja prenesemo dragocene izkušnje, ki smo jih pridobili v Sloveniji. Od leta 2007 do danes smo sooblikovali državne informacijske sisteme na področju nepremičnin v Makedoniji, na Hrvaškem in v Srbiji. Nepremičninski (informacijski) sistemi so zelo specifični in tesno povezani z družbeno ureditvijo, kulturo in zgodovino vsake države. Zaradi tega so projekti uvedbe tako pomembnih informacijskih sistemov, kot je nepremičninski, izredno kompleksni in dolgotrajni, saj gre razvoj informacijskega sistema večinoma z roko v roki z reformo nepremičninskega sistema. Prav zaradi tega smo še posebej ponosni, da vodimo in vzdržujemo katastrske informacijske sisteme v štirih državah. Podjetje Igea d.o.o. letos praznuje 30 let delovanja, kar nas uvršča med podjetja z daljšo tradicijo na področju geoinformatike v Sloveniji in širše v regiji. Danes lahko rečemo, da je naše največje bogastvo več kot 40 zaposlenih, ki s svojim znanjem, izkušnjami, inovativnostjo, zavzetostjo in predvsem iskricjo v očeh sooblikujejo sedanost in gradijo prihodnost podjetja. Podjetje se je razvijalo in rastlo, zato nam je po 30 letih postal premajhen tudi dom, v katerem smo bivali. Koprsko ulico 94 v Ljubljani smo zamenjali s Podpeško cesto 1 na Brezovici.

Ljudje se na vse navadimo, na dobre stvari prej, na slabe nekoliko kasneje. Po 30 letih veliko stvari postane rutina, tako smo se tudi mi navadili na staro lokacijo, zato je po selitvi avtomobil marsikdaj kar sam zapeljal

proti njej. Zavedamo pa se tudi, da rutina ubija ustvarjalni duh zaposlenih v podjetju. Željni nadaljnega razvoja in napredka, smo z vsemi zaposlenimi pričeli pripravljati strategijo za naslednje srednjeročno obdobje. Na delavnicah smo slišali veliko mnenj, od bolj ambicioznih do težje izvedljivih, ki smo jih na koncu strnili v za zdaj še delovno različico naše poslovne vizije: »Iz vodilnega podjetja na področju katastrskih sistemov na Balkanu želimo postati vodilno podjetje na področju prostorskih informacijskih sistemov v jugovzhodni Evropi ter na posameznih področjih tudi širše. Pri tem bomo s tehnoloških in vsebinskim razvojem in izkušnjami ter zadovoljnimi in pripadnimi zaposlenimi postali ‚trendsetter‘ v regiji in širili napredna znanja in sisteme o upravljanju prostora.« V poslanstvu smo zapisali še: »Državam bomo s svojim znanjem in sistemi pomagali znižati stopnjo korupcije in omogočili večjo preglednost delovanja.« Strategija je v nastajanju, zelo pomembno je, da bo to naša skupna strategija, ki jo želimo živeti v prihodnje. Ne razmišljam o revoluciji, ampak želimo po poti evolucije razvijati podjetje. Naša prva skrb je močna in enotna ekipa zaposlenih. Želimo, da so naši zaposleni med najboljšimi na svojem področju dela, da so družbeno aktivni, zadovoljni na delovnem mestu in skupaj s podjetjem osebno rastejo. V prihodnjih letih se bomo osredotočili na naslednja področja dela: nepremičninske evidence na državni ravni, prostorski informacijski sistemi na državni in regionalni ravni, prostorski informacijski sistemi v digitalni preobrazbi družbe (na primer platforme pametnih mest), upravljanje cest in prometa.

Razvoj v najširšem pomenu besede je naša druga skrb. Prihajajoče obdobje bodo zaznamovali okoljski izzivi in digitalna preobrazba in skupaj se moramo ustrezno odzvati na to. V prihodnje si želimo še več sodelovati s fakultetami in razvojnimi institucijami ter dejavno sooblikovati različne interdisciplinarne skupine, ki bodo sposobne prebojev na različnih ravneh. Izkušnje, ki smo jih pridobili doma in v tujini, nam dokazujejo, da znamo poslušati, da znamo sistemsko pristopiti k stvarem, da znamo uporabiti ZKP¹, da znamo sodelovati v interdisciplinarnih skupinah, da znamo zadeve dobro zastaviti in predvsem, da jih znamo pripeljati do uspešnega konca. To mi vliva optimizem, da zmoremo in znamo korakati naprej po poti evolucije.

Ponosen sem, da bom z novim letom prevzel vodenje podjetja, in verjamem, da bom ob odlični ekipi uspešno krmaril ladjo na poti do uresničitve naše skupne vizije. Tako kot podjetje smo tudi kot družba, država in geodezija pred velikimi izzivi. Prepričan sem, da zna geodetska stroka v procesu digitalne preobrazbe ter v spopadanju z okoljskimi izzivi ponuditi veliko. Smo na točki, ko nekateri v geodeziji komentirajo, da nižje več ne gre, da ne vidijo luči na koncu predora. Sam jo vidim, z evolucijo lahko v petih letih dosežemo veliko, v desetih pa ogromno, samo odločno moramo nadaljevati sestavo mozaika.

Ob izteku leta se veselimo 30-letnice delovanja Igee, ki jo bomo skupaj s prijatelji, poslovnimi partnerji in znanci proslavili z zdravico novim zmagam v prihajajočem letu. Sredstva pa ob svojem jubileju namesto organizaciji proslave namenjamo Geodetskemu vestniku, saj menimo, da je zelo pomemben gradnik razvoja naše stroke.

¹ Dr. Joc Triglav večkrat uporablja to kratico, ki mi je zelo blizu. Pomeni pa zdrava kmečka pamet.

Andrej Mesner, univ. dipl. inž. geod.

Igea d.o.o.

Podpeška cesta 1, SI-1351 Brezovica pri Ljubljani

e-naslov: andrej.mesner@igea.si

DR. JURE BESENIČAR IN MEMORIAM

(1946-2019)

Poleti nas je zapustil dr. Jure Beseničar, nekdanji profesor na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani in direktor raziskovalnega inštituta Geodetskega zavoda Socialistične republike Slovenije.

Jure Beseničar je bil rojen 17. maja 1946 v Ljubljani. Na Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani je na študiju geodezije diplomiral leta 1971. Strokovno izpopolnjevanje je nadaljeval na mednarodno priznani raziskovalni in izobraževalni instituciji ITC v Enschedeju na Nizozemskem. Po vrnitvi v Slovenijo je na Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani leta 1977 doktoriral. Po doktoratu je na isti fakulteti začel poučevati predmete s področja fotogrametrije, fotointerpretacije in izravnalnega računa. Leta 1984 je bil izvoljen v naziv izrednega profesorja. V obdobju 1983–1987 je opravljal naloge predstojnika Oddelka za geodezijo Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani.

Med letoma 1977 in 1983 je kot direktor inštituta vodil raziskovalno delo na Geodetskem zavodu Socialistične republike Slovenije. Z metodologijo kontrole in vodenja procesov, ki je vključevala fotogrametrične postopke, se je uveljavil tako v težki industriji kot v ladjedelništvu. Kot strokovnjak na področju fotogrametrije je bil uveljavljen doma, v Evropi ter Severni in Južni Ameriki.

V 90. letih prejšnjega stoletja je vodil geoinformacijski center na takratnem ministrstvu za varstvo okolja in urejanje prostora. Vodil je uvajanje digitalizacije geodetskih evidenc v Sloveniji. Po letu 2000 je sodeloval pri organizaciji in izvedbi izobraževanj s področja geoinformatike za občine in upravne delavce, raziskovalno pa je deloval v raziskovalno-razvojni skupini Geodetskega zavoda Celje. Objavil je več strokovnih in znanstvenih člankov ter učbenikov.

Zapisal: dr. Bojan Stopar, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

MIHA KONJAR – NOVI DOKTOR ZNANOSTI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

18. novembra 2019 je v okviru doktorskega študija grajeno okolje, smer načrtovanje in urejanje prostora, na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (FGG UL) doktorsko nalogo uspešno zagovarjal Miha Konjar, univ. dipl. inž. geod. Nalogo je pripravil pod mentorstvom prof. dr. Andreja Pogačnika s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani ter izr. prof. dr. Matjana Ravbarja z Geografskega inštituta Antona Melika pri Znanstvenoraziskovalnem centru Slovenske akademije znanosti in umetnosti.

Avtor: Miha Konjar

Naslov: Stanje in težnje razvoja rabe prostora v Sloveniji in primerjava z evropskimi državami (angl. Land use and its changes in Slovenia compared to the European countries)

Mentor: prof. dr. Andrej Pogačnik

Somentor: izr. prof. dr. Marjan Ravbar

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=113057>

V doktorski nalogi kandidat obravnava stanje in težnje rabe prostora. Pri tem razume prostor kot končno in omejeno dobrotno z razvojnimi potenciali in omejitvami, ki izhajajo iz naravnogeografskih, gospodarskih, družbenih in okoljskih dejavnikov. Zaradi številnih konfliktov interesov v prostoru in vse večjega pritiska kapitala na odločitve o umeščanju dejavnosti v prostor se v stroki vse bolj kaže potreba po stalnem spremljanju stanja v prostoru, učinkovitejšem nadzoru spreminjanja rabe prostora in usmerjanju prostorskega razvoja, ki temelji na kakovostnih raziskavah in podatkih. Glavni namen doktorske raziskave je bil raziskati razvoj rabe prostora skozi čas ter procese, ki vplivajo na ugotovljene spremembe. Pri tem je bil pomemben cilj dokazati, da je trajnostni prostorski razvoj v Sloveniji v veliki meri odvisen od stanja in trendov spreminjanja rabe prostora. Miha Konjar je v metodološkem delu razvil model raziskovanja rabe prostora, ki združuje sicer že znane metodološke pristope k raziskovanju stanja, sprememb in trendov spreminjanja rabe prostora, vendar z možnostjo uporabe različnih baz prostorskih podatkov na različnih prostorskih ravneh prispeva k celovitejšemu vpogledu v razvoj rabe prostora. Model je nato preizkusil na mednarodni, nacionalni in lokalni ravni z uporabo podatkov o pokrovnosti, dejanski in namenski rabi prostora. Rezultati so pokazali na podobnosti sprememb in razvoja rabe prostora na evropski ravni, med izbranimi evropskimi državami. S poglobljeno analizo na nacionalni in lokalni ravni so rezultati raziskave pokazali na nekatere procese razvoja rabe prostora (na primer na razvoj pozidanih zemljišč ob avtocestnem križu, zaraščanje območij s slabšo dostopnostjo in demografskim praznjenjem), ki jih lahko pripišemo družbenim, gospodarskim in okoljskim dejavnikom, značilnim za Slovenijo.

Rezultati doktorske raziskave so pomembni tako s teoretičnega kot aplikativnega vidika. Zelo pomemben je predlagani model raziskovanja rabe prostora, ki ga je mogoče uporabiti na različnih prostorskih ravneh in z različnimi prostorskimi podatki. Čeprav model raziskovanja razvoja rabe prostora izkazuje tudi omejitve zaradi omejene razpoložljivosti, dostopnosti in kakovosti primernih prostorskih podatkov, ki bi zagotavljali primerljivost med opazovanimi obdobji kot tudi opazovanje rabe ali pokrovnosti prostora v daljšem časovnem obdobju, so rezultati pokazali, da je model uporaben za stalno spremljanje stanja in razvoja v prostoru. Nadalje je bila razvita metoda klasifikacije prostora in tipologija pretežne rabe prostora kot podpora podrobnejšemu raziskovanju razvoja rabe prostora ter sprejemanju odločitev glede prostorskega razvoja na različnih prostorskih ravneh. Pomemben prispevek doktorske disertacije pa je tudi v izvedenih analizah in dobljenih rezultatih, ki po kar nekajletnem premoru spremljanja rabe prostora popolnujejo vrzel v podrobnem poznavanju razvoja rabe prostora v Sloveniji.

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

DIPLOME IN MAGISTERIJI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

OD 1. 8. 2019 DO 31. 10. 2019

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA

Valentina Ambrožič Analiza kakovosti podatkov in produktov v državnem omrežju GNSS SIGNAL

Mentor: prof. dr. Bojan Stopar

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=109347>

Maša Arnež Oblikovanje spletnih kart na osnovi podatkovne baze Planinske zveze Slovenije

Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič

Somentor: Roberto Degan

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110722>

Špela Bratina Obdelava in interpretacija gravimetričnih meritev nad kraško jamo: primer Županove jame

Mentor: doc. dr. Miran Kuhar

Somentorica: doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110723>

Kaja Kolednik Analiza vplivov okoljsko občutljivih trajnih travinj na komasacije kmetijskih zemljišč

Mentorica: izr. prof. dr. Anka Lisec

Somentorica: Petra Recko Novak, univ. dipl. inž. geod.

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110395>

Blaž Lipuš Analiza časovnih vrst satelitskih posnetkov Sentinel-2 na vektorskih podatkih

Mentor: prof. dr. Krištof Oštir

Somentor: doc. dr. Žiga Kokalj

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110248>

Klemen Lovenjak Uporabnost fotogrametričnega enoslikovnega postopka na primeru zajema podatkov o cestah

Mentorica: doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Somentor: mag. Tomaž Gvozdanovič

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110716>

-
- Blaž Mikl** Analiza urbanega odtisa
 Mentor: prof. dr. Krištof Oštir
 Somentorja: viš. pred. dr. Mojca Foški, Klemen Zakšek, univ. dipl. inž. geod.
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=112565>
-
- Dominik Mlakar** Zgodovina in razvoj geodetske merske tehnike
 Mentor: izr. prof. dr. Dušan Kogoj
 Somentor: asist. dr. Klemen Kregar
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110724>
-
- Marko Novak** GIS-orodja v podporo odločanju pri izvajanju komasacij
 Mentorica: izr. prof. dr. Anka Lisec
 Somentorja: doc. dr. Marjan Čeh, Darko Pahulje, univ. dipl. inž. geod.
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110404>
-
- Jošt Rakovec** Izmera geodetskih mikromrež Plaz in Vrtine za ugotavljanje premikov odlagališča Boršt Rudnika Žirovski vrh
 Mentorica: doc. dr. Simona Savšek
 Somentor: izr. prof. dr. Dušan Kogoj
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=112567>
-
- Alen Šraj** Študija možnosti uporabe koncepta GeoBIM v Sloveniji
 Mentorica: izr. prof. dr. Anka Lisec
 Somentorja: doc. dr. Matevž Dolenc, Andrej Mesner, univ. dipl. inž. geod.
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110408>
-
- Nina Vidic** Analiza oblikovanja in razumevanja tematskih kartografskih znakov na slovenskih, poljskih in španskih turističnih kartah
 Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič
 Somentor: viš. pred. dr. Jesús Manuel Palomar Vázquez
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=111284>
-
- Tadeja Vok** Določanje vidnosti satelitov na obzorju z dvovrstičnimi elementi NORAD
 Mentorica: doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
 Somentor: prof. dr. Krištof Oštir
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110252>

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE PROSTORSKO NAČRTOVANJE

David Klepej	Ukrepi za spodbujanje trajnostne, pametne in aktivne osebne mobilnosti
Mentorica:	doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110242

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA

Zala Ferlic	Analiza uporabnosti nizkocenovnih sprejemnikov GNSS v navigaciji
Mentor:	prof. dr. Bojan Stopar
Somentorja:	doc. dr. Oskar Sterle, asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=111330

Polona Hrovat	Objektna klasifikacija s programom QGIS
Mentor:	prof. dr. Krištof Oštir
Somentor:	Alen Mangafič
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110954

Rok Jesenšek	Kontrola koordinat in prikaza ARSO vzorčevalnikov za padavine
Mentor:	doc. dr. Miran Kuhar
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=112561

Sara Joveska	Uporabnost in ustreznost kartografskih prikazov spletnih kartografskih strežnikov
Mentor:	doc. dr. Dušan Petrovič
Somentor:	asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110714

Lucija Konda	Prenos in obdelava radarske slike padavin za Slovenijo
Mentor:	prof. dr. Krištof Oštir
Somentor:	asist. Jernej Tekavec
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110398

Jan Mustavar	Primerjava obdelave opazovanj GNSS v različnih programskih paketih
Mentor:	doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110718

Primož Skledar Analiza uporabnosti odprtokodnega programa Sentinel Application Platform za obdelavo satelitskih posnetkov

Mentor: prof. dr. Krištof Oštir

Somentorja: doc. dr. Dejan Grigillo, asist. Urška Drešček

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110719>

Lucija Stanič Izmera geodetske mreže Vrtine-2 odlagališča Boršt Rudnika Žirovski Vrh

Mentor: doc. dr. Aleš Marjetič

Somentor: izr. prof. dr. Dušan Kogoj

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110717>

Filip Viler Vpliv ločljivosti fotografij z letalnika na položajno točnost oblaka točk in ortofota

Mentorica: doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Somentor: doc. dr. Dejan Grigillo

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110720>

Jernej Vipavec Določitev prostornine vrtače v vasi Tribuče

Mentor: doc. dr. Božo Koler

Somentor: asist. dr. Tilen Urbančič

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110961>

Iris Vračar Preizkus instrumenta Leica Nova MS50 po standardiziranemu postopku ISO 17123-5

Mentor: doc. dr. Aleš Marjetič

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110956>

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE TEHNIČNO UPRAVLJANJE NEPREMIČNIN

Tomaž Gnidovec Določitev obsega ledenikov iz kart 2. in 3. avstrijske vojaške izmere

Mentorica: doc. dr. Mihaela Triglav Čekada

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110103>

Matic Godnič Določitev primernih območij za postavitev vetrnih elektrarn v Sloveniji

Mentor: doc. dr. Samo Drobne

Somentor: izr. prof. dr. Mitja Lakner

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=109122>

Matej Kosi Arhiviranje listov temeljnega topografskega načrta (TTN)
 Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič
 Somentor: asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110709>

Katja Kovačič Pregled evropskih finančnih instrumentov za namen prostorskega razvoja
 Mentorica: doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek
 Somentorica: viš. pred. dr. Mojca Foški
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=111332>

Katja Malc Vzpostavitev mreže točk za preizkus instrumentov RTK-GNSS na višji nadmorski višini
 Mentor: izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič
 Somentorica: doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=109571>

Demi Mohorčič Vzpostavitev koordinatne osnove za izmero Županove jame
 Mentor: doc. dr. Aleš Marjetič
 Somentor: doc. dr. Oskar Sterle
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110710>

Nejc Novak Analiza točnosti fotogrametričnih izdelkov iz fotografij z daljinsko vodenega letalnika
 Mentorica: doc. dr. Mojca Kosmatin Fras
 Somentor: doc. dr. Dejan Grigillo
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=112564>

Samo Podpečan Test sistema IMU v instrumentu Javad Triumph-LSA
 Mentor: doc. dr. Aleš Marjetič
 Somentorica: doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110957>

Maruša Pucelj Vzpostavitev geodetske mreže na Ljubljanskem gradu
 Mentor: doc. dr. Božo Koler
 Somentor: asist. dr. Tilen Urbančič
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110958>

-
- Nejc Tancek Analiza vplivov na opazovanja GNSS
Mentor: prof. dr. Bojan Stopar
Somentor: doc. dr. Oskar Sterle
URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=111457>
-
- Miha Vičar Določitev primernih območij za postavitev sončnih elektrarn v Sloveniji
Mentor: doc. dr. Samo Drobne
URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=111462>
-
- Rok Vodopivec Analiza razlik med prodajnimi cenami in posplošenimi tržnimi vrednostmi v Mestni občini Nova Gorica
Mentorica: izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač
URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110451>

GEODetski an48



Zveza geodetov Slovenije in Ljubljansko geodetsko društvo najavljata

48. Geodetski dan ter **9. Evropski dan geodetov in geoinformatikov**,
ki bo v četrtek, 12. marca, in petek, 13. marca 2020,
v prostorih **kongresnega centra Domus Medica** na Dunajski cesti v Ljubljani.

Tradicionalno dvodnevno srečanje bo ponudilo pester program, kar napovedujeta že
četrtekovo popoldansko odprtje razstavnega prostora in slavnostna akademija.
Strokovni petkov posvet z delovnim naslovom

Geodezija za kakovostne odločitve v prostoru in času

bo prinesel zanimiva predavanja priznanih tujih in domačih strokovnjakov, s katerimi
se bomo dotaknili aktualnih tem v naši stroki.

Geodetski dan s slovesno akademijo je tudi vaša priložnost, da se predstavite, kot
razstavljalci, sponzorji ali donatorji, ter tako podprete naša prizadevanja, da bi bilo
srečanje kakovostno in uspešno.

Kolegice, kolegi, sponzorji, donatorji in razstavljalci!

Vabljeni k sodelovanju na Geodetskem dnevu, zato si že danes rezervirajte čas
za udeležbo na našem tradicionalnem srečanju **12. in 13. marca 2020**.

S podrobnejšimi podatki o vsebini in sami prireditvi boste seznanjeni v kratkem
na spletnem mestu <http://geodetskidan.si/>.

Vljudno vabljeni!

Predsednica programskega odbora
dr. Mihaela Triglav Čekada

Predsednik Zveze geodetov Slovenije
mag. Blaž Mozetič

Predsednik organizacijskega odbora
Milan Brajnik



The Association of Surveyors of Slovenia and the Ljubljana Surveyors Society announce the

48th Slovenian Land Surveying Day and 9th Day of the European Surveyor and Geoinformation,

to be held on 12 March and 13 March 2020,
at the **Domus Medica Congress Center** in Ljubljana, Slovenia.

On Thursday, March 12, there will be the official opening of a professional exhibition of companies and institutions, followed by a formal ceremony. A professional symposium on Friday with the workin title

Geodesy and quality of geospatial data for good decision-making

will include presentations provided by distinguished guests from abroad and recognised experts from Slovenia, on topics of current interest in the profession.

Slovenian Surveying Day with the ceremonial academy is also an opportunity for you to advertise your activities as an exhibitor, sponsor, or donor, in support of our efforts to organise a high-quality and successful event.

Dear Colleagues, Dear Sponsors and Donors, Dear Exhibitors!

This invitation is just an announcement – we hope you will reserve the date and plan your participation in this traditional professional event on **March 12-13, 2020**.

For more information, please visit the website <http://geodetskidan.si/>.

You are cordially invited to attend.

Chair of the Programme Committee
Mihaela Triglav Čekada, PhD

President of the Association of
Surveyors of Slovenia
Blaž Mozetič, MS

President of the Organisation Committee
Milan Brajnik



48. GEODETSKI DAN

Geodezija za kakovostne odločitve v prostoru in času

48th SLOVENIAN LAND SURVEYING DAY

Geodesy and quality of geospatial data for good decision-making

PROGRAM / PROGRAMME

Četrtek, 12. 3. 2020 / Thursday March 12, 2020

Odprtje razstavnega prostora / Opening of the exhibition

Slavnostna akademija / Formal ceremony

Petek, 13. 3. 2020 / Friday March 13, 2020

Program posveta / Programme of the symposium

UVODNI POZDRAVI IN PLENARNA PREDAVANJA

WELCOME SPEECHES, PLENARY LECTURES

Pozdravni govori / Welcome speeches

Dobro upravljanje za pametni svet

Good governance for a smart world

Prof. Dr. Joep Cromptvoets (EuroSDR in KU Leuven, Belgija / EuroSDR in KU Leuven, Belgium)

Nove tehnologije za boljšo uporabnost uradnih prostorskih podatkov

New technologies for better usability of official geospatial data

Dr. Ing. Markus Seifert (Geodetska uprava Bavarske, Nemčija / Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, Bavaria, Germany)

PREDAVANJA II / LECTURES II

Korektna uporaba letalnikov v geodeziji

Correct application of UAVs in geodesy

Dr. Dejan Grigallo, dr. Dušan Petrovič, dr. Klemen Kozmus Trajkovski, dr. Tilen Urbančič, dr. Mojca Kosmatin Fras (UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo / University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering)

Nova evropska pravila v zvezi z uporabo brezpilotnih zrakoplovov

New European rules on unmanned aircraft

Ana Hožič (Javna agencija za civilno letalstvo RS / Civil Aviation Agency Slovenia)

Vzpostavitev in vzdrževanje prostorskih letalskih podatkov in informacij

Establishment and maintenance of spatial aviation data and information

Primož Kete (Geodetski inštitut Slovenije / Geodetic Institute of Slovenia)

GeoBIM – izzivi za geodezijo in geoinformatiko

GeoBIM – challenges for surveying and geoinformatics

Alen Šraj (Igea d.o.o.), Jernej Tekavec, dr. Anka Lisec (UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo / University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering)



Koordinatni sistemi kot temelj za kakovostne odločitve v prostoru

Coordinate systems as a basis for good decision making in physical space

Mag. Klemen Medved, Sandi Berk (Geodetska uprava Republike Slovenije / Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia), dr. Božo Koler, dr. Oskar Sterle, dr. Bojan Stopar (UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo / University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering)

Daljši odmor, predstavitve razstavljavcev

Break for refreshment and presentations of exhibitors

PREDAVANJA III / LECTURES III

Modeli vrednotenja 2020

Valuation Models 2020

Mag. Martin Smodiš (Geodetska uprava Republike Slovenije / Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia)

Funkcionalne regije v Sloveniji

Functional regions in Slovenia

Dr. Samo Drobne (UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo / University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering)

Uporaba ocene zmogljivosti komunalne infrastrukture pri pripravi prostorskih aktov

Using the estimated capacity of municipal infrastructure in the drafting of spatial planning acts

Aida Kafol Stojanovič (Geodetski inštitut Slovenije / Geodetic Institute of Slovenia), dr. Daniel Kozelj, dr. Maruška Šubic Kovač (UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo / University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering)

eGraditev

eConstruction

Jurij Mlinar, Jan Brezec (Ministrstvo za okolje in prostor RS / Ministry of the Environment and Spatial Planning)

Evidentiranje nepremičnin – novi predpisi in informacijske rešitve

Real estate registration – new regulations and information solutions

Mag. Ema Poqorelčnik, Franc Ravnihar (Geodetska uprava Republike Slovenije / Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia)

Zaključek / Conclusion

Programski odbor / Programme Committee:

- dr. Mihaela Triglav Čekada, predsednica / Chair,
- Milan Brajnik,
- mag. Tomaž Černe,
- mag. Erna Flogie Dolinar,
- dr. Anka Lisec,
- Jožica Marinko,
- mag. Blaž Mozetič,
- dr. Polona Pavlovčič Prešeren,
- Matej Plešnar.



RIKO[®]

**Globalni inženiring
za srečo ljudi**

hidroinženiring d.o.o.

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



■ Authorized **Leica Geosystems** Distributor

1993 - 2018

KOLEKTOR



www.giz-gi.si



30 let

40 mio parcel v produkciji

4 države

30 years

40 mio cadastral parcels in production

4 countries

Upravljajmo s prostorom SKUPAJ

Let's manage e-spatially TOGETHER

www.igea.si

Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Študij na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani je novim generacijam študentov odlično zagotovilo, da bodo svoje poklicne cilje uresničili z opravljanjem zanimivega dela. Izberi si enega od poklicev prihodnosti.

“V ekipi Modri planet je trenutno zaposlenih šest strokovnjakov, imamo tri zunanje sodelavce. Kar polovica pa nas je doštudirala na ljubljanski FGG in prav vsak v ekipi je specialist za svoje področje.”

Marko Mesarič
univ. dipl. inž. geodezije, član ekipe Modri planet



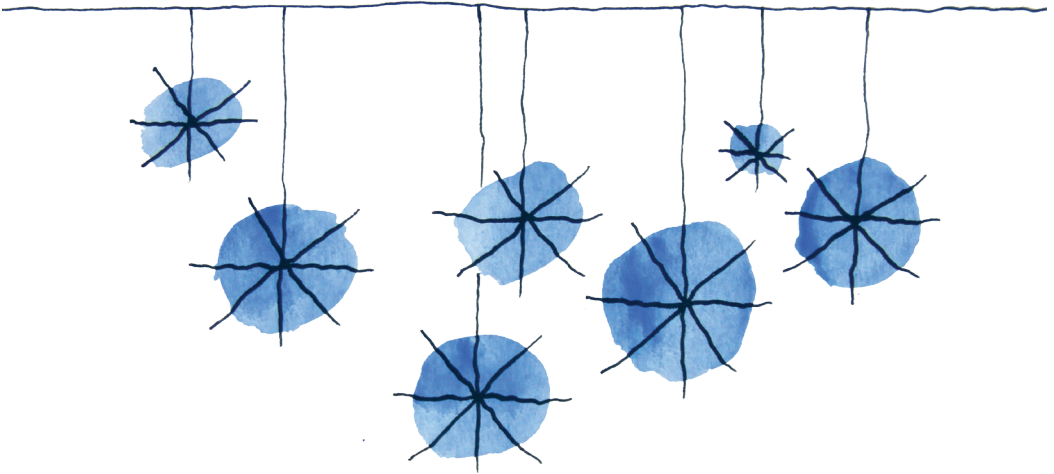
“Med študijem geodezije sem izkoristila vse mednarodne priložnosti, ki jih nudi fakulteta. Zaradi vseh pozitivnih izkušenj v tujini sem si tudi službo poiskala izven Slovenije.”

Ana Jeseničnik
univ. dipl. inž. geodezije, zaposlena v švicarskem podjetju Gemetris SA

Vabljeni na **Informativo**, ki bo v petek, 24. januarja, in soboto, 25. januarja, in na **Informativni dan**, ki bo v petek, 14. februarja, in soboto, 15. februarja.

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo





Vesele praznike
in srečno novo leto 2020

Merry Christmas
and a Happy New Year 2020



GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE

Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
+386 1 200 29 00, info@gis.si, www.gis.si



GEODETSKI 2019 VESTNIK

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

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

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

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