

GEODETSKI VESTNIK

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



Letnik 65, št. 1, str. 1–176, Ljubljana, marec 2021. Izidejo štiri številke na leto.

Naklada te številke: 1200 izvodov.

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

Vol. 65, No. 1, pp. 1–176, Ljubljana, Slovenia, March 2021. Issued four times a year.

Circulation: 1,200 copies.

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

IF JCR (2019): 0,469

IF SNIP (2019): 0,476



Geodetski vestnik je odprtodostopna revija.

Recenzirani objavljeni članki so indeksirani in povzeti v:

Social Sciences Citation Index (SSCI)

Social Scisearch (SSS),

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

Source Normalized Impact per paper (SNIP/SE)

Geodetski vestnik is an open access journal.

The reviewed papers are indexed and abstracted in:

Social Sciences Citation Index (SSCI)

Social Scisearch (SSS),

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

Source Normalized Impact per paper (SNIP/SE)

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

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

Sandi Berk, urednik rubrike *strokovne razprave*

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

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

dr. Klemen Kregar, področni urednik za *geodezijo*

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

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

dr. Bojan Stopar, področni urednik za *satelitsko 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)

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, 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

Sandi Berk, editor for the section Professional Discussions

Božo Koler, Ph.D., field editor for Engineering Geodesy

Mojca Kosmatin Fras, Ph.D., field editor for Photogrammetry

Klemen Kregar, Ph.D., field editor for Surveying

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 Satellite Geodesy and Geophysics

Alma Zavodnik Lamovšek, Ph.D., field editor for Spatial Planning

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Ivan R. Aleksić, Ph.D. (University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, Serbia)

Janja Avblej, Ph.D. (Eumetsat, Darmstadt, Germany)

Branislav Bajat, Ph.D. (University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, Serbia)

Tomislav Bašić, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Zagreb, Croatia)

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 Crompvoets (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, Slovenia)

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 Póddör, 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, 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>	PRIHODNOST GEODEZIJE THE FUTURE OF SURVEYING	7
<i>Gregor Klemenčič</i>	V LETU 2021 IN THE YEAR 2021	10

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

<i>Nedim Tuno, Admir Mulabusić, Simona Savšek, Dušan Kogoj</i>	TESTIRANJE IN IZBOLJŠAVA HORIZONTALNE DATUMSKE TRANSFORMACIJE: ŠTUDIJA PRIMERA V BOSNI IN HERCEGOVINI EVALUATION AND IMPROVEMENT OF HORIZONTAL DATUM TRANSFORMATION MODELS: A CASE STUDY OF BOSNIA AND HERZEGOVINA	13
<i>Mojca Kosmatin Fras, Katja Šušteršič, Aleksandar Šašić Kežul</i>	POPOLNI ORTOFOTO V URBANIH OKOLJIH TRUE ORTHOPHOTO IN URBAN AREAS	27
<i>Melita Ulbl, Miroslav Verbič, Anka Lisec, Marko Pahor</i>	PREDLOG ZA IZBOLJŠAVO MNOŽIČNEGA VREDNOTENJA NEPREMIČNIN V SLOVENIJI NA PODLAGI PRISTOPA GENERALIZIRANIH ADITIVNIH MODELOV PROPOSAL OF REAL ESTATE MASS VALUATION IN SLOVENIA BASED ON GENERALISED ADDITIVE MODELLING APPROACH	46
<i>Marius Aleknavičius, Audrius Aleknavičius, Jolanta Valciukienė</i>	VARSTVENE OMEJITVE PRI PRIDOBIVANJU KMETIJSKIH ZEMLJIŠČ: VPLIV NA ZEMLJIŠKI TRG V LITVI PROTECTIVE RESTRICTIONS ON THE ACQUISITION OF AGRICULTURAL LAND: THE IMPACT ON THE LAND MARKET ON THE EXAMPLE OF LITHUANIA	82
<i>Blaženka Bukač, Marijan Grgić, Tomislav Bašić</i>	KAJ SMO SE NAUČILI PRI SPREMLJANJU LEDENEGA POKROVA NA GRENLANDIJI Z ICESAT IN KAJ LAHKO PRIČAKUJEMO OD ICESAT-2 WHAT HAVE WE LEARNT FROM ICESAT ON GREENLAND ICE SHEET CHANGE AND WHAT TO EXPECT FROM CURRENT ICESAT-2	94

STROKOVNE RAZPRAVE | PROFESSIONAL DISCUSSIONS

<i>Joc Triglav</i>	111
GEODETSKA REFERENČNA KNJIŽNICA FIG	
FIG SURVEYORS REFERENCE LIBRARY	
<i>Anka Lisec</i>	116
PRAVNE SMERNICE ZA KOMASACIJE	
LEGAL GUIDE ON LAND CONSOLIDATION	
<i>Andreja Švab Lenarčič</i>	126
AKTIVNI GEOPODATKI	
GEODATA IN ACTION	
<i>Matej Plešnar, Matija Uršič</i>	134
DIGITIZACIJA KULTURNE DEDIŠČINE VIPAVSKE DOLINE	
DIGITIZATION OF CULTURAL HERITAGE IN VIPAVSKA DOLINA (VIPAVA VALLEY)	

NOVICE IZ STROKE | NEWS FROM THE FIELD 139

DRUŠTVENE NOVICE | NEWS FROM SOCIETIES 149

RAZNO | MISCELLANEOUS 161

DIPLOME IN MAGISTERIJI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG, OD 1. 11. 2020 DO 31. 1. 2021

GREGOR KLEMENČIČ: NAGOVOR OB SLAVNOSTNI PODELITVI DIPLOMSKIH IN MAGISTRSKIH LISTIN DIPLOMANTOM UL FGG V LETU 2020

49. GEODETSKI DAN - IZZIVI DIGITALNE PREOBRAZBE KATASTRA, 16. SEPTEMBER 2021

Slike na naslovnici:

- Slika zgoraj: Prikaz lokacij prodanih hiš v Sloveniji za obdobje od 2015 do 2021 z razdelitvijo na regije
- Slika levo spodaj: Prikaz lokacij prodanih hiš za obdobje od 2015 do 2021 na območju Maribora z razdelitvijo na vrednostne cone
- Slika desno spodaj: Prikaz vrednostnih con modela STA, obarvanih po vrednostni ravni

PRIHODNOST GEODEZIJE THE FUTURE OF SURVEYING

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

Drage bralke in bralci Geodetskega vestnika! Pred nami je prva številka letnika 2021, ki prinaša zanimive prispevke s širokega geodetskega in geoinformacijskega področja. Verjamem, da boste našli marsikatero zanimivo vsebino tako med raziskovalnimi in strokovnimi članki kot med novicami iz stroke in društev.

Tokrat se v uvodniku dotikam ravno »širine« našega raziskovalnega in strokovnega področja. Ne le v Sloveniji, ampak tudi na mednarodni ravni je trenutno zaslediti več razprav o prihodnosti geodezije. Pred kratkim so tako vodje komisij mednarodne zveze geodetov FIG razpravljali o globalnih in tehnoloških silnicah, ki vidno vplivajo na razvoj geodetske stroke. Jasno je, da postajajo geoprostorski podatki skupaj s celotno infrastrukturo za pridobivanje in rabo geoprostorskih informacij eni izmed temeljev delovanja naše družbe. Brez ustreznih informacij ne moremo sprejemati kakovostnih odločitev niti spremljati napredka glede na mednarodno sprejete razvojne usmeritve, kot sta zeleni razvoj, na evropski ravni poznan tudi kot zeleni dogovor, in trajnostni razvoj.

Med globalnimi silnicami, ki bodo močno vplivale na razvoj geodetske stroke, moramo zagotovo omeniti pester prostorski razvoj z urbanizacijo, vse močnejšo soodvisnostjo urbanega in ruralnega okolja ter številne interese v ruralnem prostoru, ki jih je treba usklajevati s potrebami zemljišč za zagotavljanje prehranske varnosti in ustreznega bivalnega okolja. Kakovostni prostorski podatki in informacije, vključno z infrastrukturo za geodetsko izmero na eni strani in naprednim sistemom zemljiške oziroma nepremičninske administracije na drugi strani, so ključnega pomena za smotrni prostorski razvoj. Upravljanje grajenega okolja zahteva nove pristope geodetske izmere, modeliranja podatkov in razvoj naprednih geoinformacijskih storitev v 3D- in 4D-digitalnem okolju. Z grajenim in naravnim okoljem so povezani izzivi za zagotavljanje varnosti prek sistemov za pravočasno zaznavanje premikov ali deformacij, pri čemer se zahtevajo natančna geodetska opazovanja z visoko prostorsko in časovno ločljivostjo. Tudi upravljanje tveganj ter ukrepanje pri naravnih nesrečah zahtevata sistematično spremljanje prostora na globalni in lokalni ravni ter sodobne lokacijske storitve.

Pri tehnoloških silnicah, ki že danes vplivajo na razvoj geodetske stroke, izpostavljam avtomatizacijo geodetskih opazovanj, sisteme za množičen zajem prostorskih podatkov z raznolikimi senzorji ter razvoj informacijske in komunikacijske tehnologije s 5G-omrežji. Pametna mesta in vasi, razvoj gradbeništva

¹ Key Global and Technology Drivers Impacting Surveying. Reflection by the FIG Commissions Chairs. GIM International 1, 2021: <https://www.gim-international.com/content/article/key-global-and-technology-drivers-impacting-surveying>.

in prodor tehnologije BIM, avtomobilska industrija s samodejnimi vozili – vse to zahteva napredne prostorske podatkovne modele, ki temeljijo na združevanju podatkov iz različnih virov v »skoraj realnem« času. Umetna inteligenca, strojno učenje ter obdelava velikih podatkov na zmogljivih računalniških sistemih v oblaku odpirajo novo obzorje za geodetsko stroko, kjer je cilj zagotavljati ustrezne prostorske informacije in algoritme v podporo odločitvam v prostoru.

Vse večja potreba po ustreznih prostorskih informacijah in tehnološki razvoj torej ponujata izjemne priložnosti geodetski in z geodezijo povezanim strokam. Da se bomo uspešno spopadli z vsemi temi izzivi, bomo morali veliko pozornosti nameniti kakovosti in standardiziranim rešitvam, ob hkratni skrbi za izobraževanje in vseživljenjsko usposabljanje kadra. Stroko torej zagotovo čakajo velike spremembe in za take strateške spremembe so potrebni ljudje, ki razmišljajo široko in napredno ter priložnosti za stroko iščejo zunaj sedanjih »okvirjev« njenega delovanja.

Takšne lastnosti je imel tudi pred kratkim preminuli *prof. Milan Naprudnik*, ki je s svojo energijo in iskristovostjo sogovornikom vedno vlival optimizem. Pred leti, ko je prebiral moje »študentske zapise« v Geodetskem vestniku, se je vljudno najavil na sestanek in ob najinem srečanju dejal »Spoštovana mlada kolegica! V veselje mi je, da sva se spoznala. Moral sem vas srečati. Želim vam osebno povedati, da z veseljem berem vaše zapise. Nadaljujte, prosim, z vašim pisanjem ...«. Seveda se je klepet nadaljeval, v spominu pa so mi ostale predvsem te prve Milanove besede, besede gospoda, ki sem ga takrat srečala prvič in nisem niti vedela, kdo je. Težko rečem, ali je bil ta pogovor res ključen za moje nadaljnje delovanje v stroki, zagotovo pa je imel vpliv.

Bodimo torej svetlogledi, spodbujajmo drug drugega in ne skaparimo z motiviranjem svojih sodelavcev, kolegov – skupaj bomo zagotovo uspešneje tlakovali razvoj stroke. Srečno!

Dear Readers of Geodetski vestnik! You are holding the first issue of the journal for the year 2021; it brings interesting submissions from the wide field of surveying and geoinformation. I believe you will be able to pick more than one good read from among the academic and professional papers, including the news from the field and from societies.

This editorial is dedicated to the breadth of our research and professional fields. At the moment, several discussions on the future of surveying are taking place in Slovenia and globally. Thus, FIG (International Federation of Surveyors) Commission Chairs have been discussing global and technological drivers that markedly influence the surveying profession. It is clear that geospatial data, together with the entire infrastructure to obtain and use them, are becoming crucial to our society's functioning. A lack of suitable information hinders the decision-making process and makes it impossible to follow advancements measured by globally accepted development policies, such as green development, also known as the Green Deal on the level of the EU, and sustainable development.

When discussing global drivers that will powerfully influence the development of surveying, one should not neglect to mention the complexity of spatial development with urbanisation, the ever-increasing interdependence of urban and rural environments, and numerous interests in rural areas that should not jeopardise the need

for arable land, which ensures food security, and good living environments. High-quality spatial data and information, combined with surveying infrastructure on the one hand, and the contemporary system of land or real estate administration, on the other, are of key importance for sound spatial development. The management of the built environment calls for new approaches in geodetic measurement, data modelling, and the development of state-of-the-art geoinformation services in 3D and 4D digital environments. Built and natural environments also pose security challenges in systems for the timely detection of movements and deformations of natural and built features, which calls for detailed surveying with high spatial and time resolutions. Risk management and natural disaster response also call for systematic monitoring of space, globally and locally, and new location services.

Regarding the technological drivers that already influence the development of the surveying profession, I would like to mention autonomous surveying techniques, systems for the mass acquisition of spatial data with various sensors, and the development of information and communication technologies with 5G networks. Smart cities and villages, developments in construction and the breakthrough of BIM technology, the car industry with automated vehicles – all these features depend on advanced spatial data models that require an ‘almost real-time’ fusion of data from different sources. Artificial intelligence, machine learning, and the processing of large data in highly-potent cloud computing systems are opening up new horizons for the surveying profession, which strives to provide suitable spatial data and algorithms to support spatial decision-making processes.

To conclude, the ever-growing need for suitable spatial information and technological development offers exceptional opportunities for surveying and linked professions. To be able to successfully rise to all these challenges, we will have to devote much attention to quality and standardised solutions, with the need for learning and lifelong training in the workplace. So, there is no doubt that the profession is due to face significant changes, and such strategic changes call for people that can think widely and progressively, for individuals that look for opportunities for their professions outside the existing ‘boundaries’ of its field.

These were also the characteristics of Professor Milan Naprudnik, who has recently passed away. He was a man of great energy and drive who was always able to arouse enthusiasm in others. Many years ago, when he came across my ‘student pieces of writing’ for Geodetski vestnik, I received a gentlemanly announcement that someone would like to meet me. Later, when we actually met, he began: ‘Dear young colleague! It is a really great pleasure to meet you. We simply had to be introduced. I wanted to tell you personally that I always enjoy reading everything from you. I just wanted to ask you to please continue to write...’ Obviously, the conversation continued, but I will never forget Milan’s first words, the words of a gentleman that I met for the first time and really had no idea who he was. It is difficult to say if the conversation had been decisive for my future professional work, but one cannot deny that it left its mark.

So, let us look brightly into the future, stimulate one another, and never fail to motivate our co-workers – together, we will undoubtedly be better able to pave the way for the development of the profession. Best of luck!

V LETU 2021 IN THE YEAR 2021

*Gregor Klemenčič**predsednik Zveze geodetov Slovenije | president of the Association of Surveyors of Slovenia*

Drage kolegice, spoštovani kolegi geodeti.

Globoko smo že zakorakali v leto 2021 in prva številka letošnjega Geodetskega vestnika spet prinaša veliko zanimivih strokovnih člankov, strokovnih razprav in novic. Verjamem, da se vsi geodeti močno zavedamo pomena svojega strokovnega glasila, saj resnično izredno veliko prispeva k razvoju geodetske stroke in nas geodete s tem zelo povezuje. Glasilo je zagotovo prepoznano tudi v nam sorodnih tehničnih strokah, na nas geodetih pa je, da bo v prihodnje tudi vse bolj cenjeno.

Mineva že več kot eno leto, odkar živimo v krču epidemije covida. Družba kot celota se je morala tako rekoč čez noč prilagoditi spremenjenim razmeram. Tudi geodetska stroka je še kako zaznamovana in sedanjí časi pred nas postavljajo nove izzive. V Zvezi geodetov Slovenije se trudimo po najboljših močeh, da tudi v tej situaciji aktivno delamo in se pripravljamo za pomembne strokovne izzive ter konkretne projekte v prihodnjih letih. Ena od ključnih aktivnosti je priprava strategije geodetske stroke, ki bo pomemben strateški dokument in bo vključevala vse stebre geodezije. Delovna skupina za pripravo strategije je že začela delati in osnutek bo še letos poslan v široko javno obravnavo. Želimo, da bi lahko vsak geodet prispeval svoj del k vsebini in da bo strategija živ dokument, ki ga bomo lahko na letni ravni vrednotili na podlagi uresničevanja ciljev.

Trenutno v državi potekajo aktivnosti za pripravo načrta za okrevanje in odpornost, ki Sloveniji prinaša 5,2 milijarde evrov. Velik del sredstev bo namenjen za vsebine, povezane z digitalizacijo, trajnostjo in zelenim prehodom. Vse te vsebine so velika priložnost za geodetsko stroko, da izkoristimo vse razvojne potencialne in s tem svoja znanja usmerimo v nove poslovne priložnosti. Podatki o prostoru in stanju okolja ter digitalna transformacija vseh ustreznih podatkov so ključni vidiki podpore procesom odločanja na področju prostora in okolja, zato bo podpora geodetske stroke ključna za izvedbo vseh ukrepov, opredeljenih v načrtu za okrevanje in odpornost.

Na seji izvršnega odbora Zveze geodetov Slovenije smo sprejeli odločitev, da ne glede na dogajanje v zvezi s potekom epidemije izvedemo 49. Geodetski dan v enaki obliki kot lani. Letos ga v septembru gosti Primorsko geodetsko društvo. Programski odbor že pripravlja vrsto aktualnih predavanj, zato vas vabim, da se udeležite tudi letošnjega Geodetskega dneva in s tem podprete prizadevanja organizatorjev ter izkažete pripadnost geodetski stroki.

Ravno ob pisanju uvodnika nas je pretresla žalostna vest, da se je od nas poslovil naš dragi prof. *dr. Milan Naprudnik*. Resnično *Geodet*, z veliko začetnico, ki je v geodetski stroki pustil neizmeren pečat in sled. Zagotovo velik človek, ki nam je vsem lahko za zgled na strokovnem področju in tudi osebnostno, saj ni bil samo strokovnjak *Geodet* in profesor, ampak je bil resnično velik *Človek*, zgled vsakemu od nas in resnično občudovanja vreden. Naj ti bo lahka slovenska zemlja, ki si jo tako ljubil in spoštoval vse življenje. Dragi Milan, hvala ti za vse.

Dear Colleagues,

The year 2021 is well underway. The first issue of Geodetski vestnik again brings an array of interesting academic papers, professional discussions, and news. I am positive that all surveyors fully recognise the immense importance of our professional journal, as it undeniably and substantially contributes to the development of the surveying profession, thus providing a strong link with all surveyors. I am sure that it is also well recognised in related engineering professions; moreover, it is on us, surveyors, for it to become broadly appreciated in the future.

More than a year has passed since the COVID-19 epidemic began to dominate our lives. Overnight, society as a whole had to adapt to changed circumstances. The epidemic has also left a deep mark on the surveying profession, and changing times have brought new challenges. Everybody in the Association of Surveyors of Slovenia has been doing their best to remain active despite the situation, and we continue to prepare for critical professional challenges and specific projects in the coming years. One key activity is the preparation of the Surveying Strategy, which will be an important strategic document and will encompass all the areas of expertise in land surveying. The working group for the preparation of the strategy has already begun to operate and plans to open their draft document up for wide public discussion. We wish to enable every surveyor to contribute and for the strategy to be a living document that will facilitate annual evaluations on the basis of set goals.

At the moment, the preparation of Slovenia's Recovery and Resilience Plan is taking place; this document is necessary to access €5.2 billion. A large proportion of these funds will be allocated to themes connected with digitalisation, sustainability, and green transition. All these fields represent a great opportunity for the surveying profession, for us to unlock all our development potentials and channel our knowledge into new business opportunities. The data on land and the state of the environment, and the digital transformation of all the relevant data are the key aspects of the support for decision-making for the management of space and the environment. This is why the support of land surveying will be critical for the implementation of all measures foreseen in the Recovery and Resilience Plan.

The Executive Committee of the Association of Surveyors of Slovenia has adopted the decision to organise, despite developments concerning the epidemic, the 49th Surveyors' Day in the same fashion as last year: on-line. It will take place in September and is hosted by the Society of Surveyors from the Primorska Region this year. The Programme Committee is already working on a set of relevant lectures, so allow me to invite you to attend this year's Surveyors' Day and thus express your appreciation for their efforts and the surveying profession as a whole.

At the time of writing this editorial, we were stunned by the news that our dear Professor Milan Naprudnik, PhD, had passed away. A true Surveyor, with a capital 'S', he has left a distinctive mark and trace in land

surveying. A truly great man, a man that sets an inspiring example in the profession, and a wonderful person, as he was not only a surveyor and a professor but also a truly great Man; he was an inspiration to all of us and always worthy of our admiration. Rest peacefully in the Slovene soil that you cherished and respected all your life, dear Milan, and thank you for everything.

TESTIRANJE IN IZBOLJŠAVA HORIZONTALNE DATUMSKE TRANSFORMACIJE: ŠTUDIJA PRIMERA V BOSNI IN HERCEGOVINI

EVALUATION AND IMPROVEMENT OF HORIZONTAL DATUM TRANSFORMATION MODELS: A CASE STUDY OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

Nedim Tuno, Admir Mulahusić, Simona Savšek, Dušan Kogoj

UDK: 528.23(497.6)

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01

Prispelo: 6. 11. 2020

Sprejeto: 2. 2. 2021

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2021.01.13-26

SCIENTIFIC ARTICLE

Received: 6. 11. 2020

Accepted: 2. 2. 2021

IZVLEČEK

V delu je ovrednotena uporabnost različnih modelov transformacije koordinat med lokalnim in globalnim geodetskim datumom. Rezultati raziskave nakazujejo, da je ob zadostni gostoti veznih točk najboljši model transformacije z gridnim modelom pomikov. Transformacija, izvedena z uporabo omejenega števila veznih točk, ki ne odražajo realnega stanja izmeritvene mreže nekega območja, ne omogoča odstranitve različnih in neenakomerno razporejenih geometričnih napak, prisotnih v prostorskih podatkih. Neizogibna posledica tega je slabša natančnost transformiranih podatkov. Rezultati raziskave na testnem območju katastrske občine na območju Sarajeva kažejo, da daje transformacija z gridnim modelom pomikov optimalne gostote veliko boljše rezultate kot transformacija z uporabo gridnega modela pomikov, ki se sedaj uradno uporablja v Federaciji Bosne in Hercegovine.

ABSTRACT

This study evaluates the applicability of different models of coordinate transformation between local and global geodetic datums. The results indicate the grid-based method as the best solution, assuming a sufficient density of tie points. Transformation based on a limited number of tie points, which do not reflect the real state of the survey basis in a particular area, have limited possibilities to reduce nonuniform and unequally distributed distortions that are usually found in the spatial data. This inevitably leads to the degradation of accuracy of transformation results, which is unacceptable. By using the optimal resolution grid model, which includes geodetic points from the area of the cadastral municipality that is being transformed, much better results are achieved compared to the model of distortion shifts used in the Federation of Bosnia and Herzegovina.

KLJUČNE BESEDE

geodetski datum, transformacija koordinat, modeliranje grida pomikov, ocena položajne natančnosti

KEY WORDS

geodetic datum, coordinate transformation, grid look-up table modeling, positional accuracy assessment

1 UVOD

Ob uvajanju novih državnih referenčnih koordinatnih sistemov, ki temeljijo na globalnem mednarodnem terestričnem referenčnem sistemu (ITRS), so se geodeti v številnih državah znašli pred izzivom geometrijske transformacije državnih prostorskih podatkov v nove koordinatne sisteme.

Osnovni pogoj za uspešno transformacijo je uporaba transformacijskega modela, s katerim je mogoče prepoznati odstopanja, ki običajno obremenjujejo prostorske podatke, opisane v starih koordinatnih sistemih. Glavna težava pri transformaciji starih klasičnih geodetskih mrež v nove koordinatne sisteme je slaba in nehomogena natančnost (Kashani, 2006). Pogreški koordinat v klasičnih geodetskih mrežah so posledica slabe geometrije mreže, pomanjkljivosti modela geoida za pravilno redukcijo meritev na elipsoid, neustreznih metod za izravnavo mrež in podobnega (Tierra in sod., 2008).

Številni avtorji po svetu že od 60. let prejšnjega stoletja iščejo optimalne načine za transformacijo med starimi, praviloma lokalnimi geodetskimi datumi in novimi, praviloma geocentričnimi geodetskimi datumi. To raziskovalno področje je še vedno zelo aktivno, kar sklepamo po velikem številu objav (Varga in sod., 2017). Obstaja množica načinov za vzpostavitev povezave med geocentričnimi in lokalnimi geodetskimi datumi. V ta namen se najpogosteje uporablja Helmertova podobnostna transformacija, ki pa marsikdaj ne daje dovolj kakovostnih rezultatov (Jun in sod., 2006). Zato se vse bolj uveljavljajo ustreznejši modeli, kot so polinomske transformacije (Soycan in sod., 2017), kolokacija po metodi najmanjših kvadratov (Ampatzidis in Melachroinos, 2017), umetne nevronske mreže (Elshambaky, Kaloop in Hu, 2018; Ansari in sod., 2019), genetski algoritmi (Wu in sod., 2007), metode ploskve najmanjše ukrivljenosti (González-Matesanz in sod., 2006), tehnike strojnega učenja (Ziggah in sod., 2018), radialne osnovne funkcije (Magna Júnior in sod., 2014) itd.

V mnogih državah so sprejeti uradni modeli za transformacijo med geodetskimi datumi, ki s posebnimi programskimi rešitvami omogočajo transformacijo koordinat na ravni države. Takšne državne transformacije omogočajo modeliranje pomikov starega koordinatnega referenčnega sistema z različnimi pristopi. Kot zelo učinkovit se je pokazal gridni transformacijski model, ki vključuje datumski premik (7-parametrično transformacijo) in komponento gridnega pomika. To vrsto transformacije so prvič uporabili v ZDA (Dewhurst, 1990), pozneje pa tudi v Kanadi in Avstraliji (Collier, 2002) in mnogih drugih državah, kot so Avstrija, Nemčija, Nizozemska, Združeno kraljestvo, Grčija itd. (Grgić in sod., 2016; Ampatzidis in Demirtzoglou, 2016). V državah nekdanje Jugoslavije so razvili edinstven gridni model transformacije, ki vključuje 7-parametrično transformacijo z napovedanimi vrednostmi pomikov položajnih koordinat v urejenem rastru, na primer na Hrvaškem (Bašić in sod., 2006; Bašić, 2009; Varga in sod., 2017), v Srbiji (Božinov in sod., 2011; Odalović in sod., 2018), v Črni gori (Femić, 2013) ter v Bosni in Hercegovini (Zimić in Đonlagić, 2017). V Sloveniji je razvita drugačna rešitev, ki temelji na afini transformaciji trikotnikov ter združuje transformacijo in model pomikov (trikotniško zasnovana odsekoma afina transformacija) (Berk in Duhovnik, 2007; Berk in Komadina, 2013).

S sprejetjem Pravilnika o osnovnih geodetskih delih so bili v Federaciji Bosne in Hercegovine uvedeni novi uradni geodetski datumi in kartografske projekcije. Novi prostorski referenčni sistem je geocentrični terestrični referenčni sistem. Po definiciji koordinatnega izhodišča, orientaciji koordinatnih osi, merilu, enoti dolžin in časovni evoluciji sovpada z mednarodnim terestričnim referenčnim sistemom

ITRS za epoho 1989,0 – ITRS89 (poimenovan evropski terestrični referenčni sistem – ETRS89). ETRS89 je realiziran z evropskim terestričnim referenčnim okvirjem ETRF89. Uradna oznaka tega sistema za Federacijo Bosne in Hercegovine je BH_ETRS89. Novi državni koordinatni sistem federacije je definiran na projekcijski ravnini prečne Mercatorjeve (Gauss- Krügerjeve) projekcije – skrajšano BH_ETRS89/TM, s srednjim meridianom 18° vzhodne geografske dolžine in linearnim merilom na srednjem meridianu 0,9999. Do končnega prehoda na nov sistem se uporablja dosedanji državni koordinatni sistem BHDKS, definiran na ravnini Gauss-Krügerjeve projekcije, referenčna ploskev je elipsoid Bessel 1841, s tremi meridianskimi conami 15° , 18° in 21° vzhodno od Greenwicha. Linearno merilo na srednjem meridianu je 0,9999. Povezava med novim in dosedanjim državnim koordinatnim sistemom je vzpostavljena z ustreznimi transformacijami (FGU, 2019). Zvezna uprava za geodetske in premoženjsko-pravne zadeve (FGU) je leta 2013 začela aktivnosti za določitev in uvedbo optimalnega transformacijskega modela. Izbrani transformacijski model mora v večletnem prehodnem obdobju zagotoviti možnost strateških, normativnih in operativnih odločitev, povezanih z določanjem položaja (Tabučić, 2013).

V letih 2014 in 2015 so bile izvedene terenske meritve GNSS na približno 1000 trigonometričnih točkah, definiranih v koordinatnem sistemu BHDKS. Rezultati izmere naj bi omogočili določitev transformacijskih parametrov za celotno federacijo. Izbrane merjene točke enakomerno pokrivajo celotno območje, njihova povprečna medsebojna razdalja znaša približno pet kilometrov. V postopek določanja transformacijskih parametrov med koordinatnim sistemom ETRS89 in koordinatnim sistemom BHDKS je bilo vključenih tudi 350 dodatnih točk, katerih koordinate ETRS89 so bile določene v okviru drugih projektov. Z vključitvijo vseh uporabnih identičnih točk v izračun so bili pridobljeni enotni transformacijski parametri 7-parametrične podobnostne transformacije. Z oceno dosežene notranje natančnosti je bilo ugotovljeno, da navedeni parametri zagotavljajo položajno (2D) transformacijo z natančnostjo 0,45 metra. Odstopanja po transformaciji, torej pomiki v smeri sever–jug in vzhod–vzhod, so modelirana za celotno ozemlje FBiH. Za praktično uporabo te transformacije je bil razvit računalniški program, ki omogoča transformacijo vsake točke na območju FBiH z uporabo bilinearne interpolacije. Od leta 2019 je uporabnikom mreže permanentnih GNSS-postaj BiHPOS na voljo storitev za transformacijo in preračun koordinat iz globalnega sistema v dosedanji državni koordinatni sistem za 5. in 6. cono (FGU, 2015a; FGU, 2015b; Tabučić, 2019).

V preteklosti so bili objavljeni rezultati raziskav o izboljšanju kakovosti katastrskih načrtov v povezavi s transformacijo geodetskih podatkov na območju Federacije BiH (Tuno in sod., 2015; Tuno in sod., 2017, itd.). Objav o problematiki transformacij med geodetskimi datumi nismo zasledili. V pričujočem prispevku obravnavamo vprašanje preverjanja enotnega transformacijskega modela in možnosti za njegovo izboljšanje. Izbira optimalne možnosti pomeni zagotoviti najboljšo podlago za transformacijo vsebine katastrskih načrtov v nov koordinatni sistem BH_ETRS89. Raziskani so različni načini transformacij koordinat in vpliv gostote identičnih točk na rezultate transformacij.

2 METODE IN TESTNI PRIMER

2.1 Transformacija z gridnim modelom pomikov

Ko sta koordinatna sistema (geodetska datuma) A in B definirana s 3D-kartezičnimi koordinatami

(X, Y, Z), je transformacija točke j iz sistema A v sistem B s 7-parametrično Helmertovo podobnostno transformacijo (model Burša-Wolf) definirana z izrazom (Mulahusić in sod., 2017):

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(jB)} = \begin{bmatrix} t_X \\ t_Y \\ t_Z \end{bmatrix}_{A \rightarrow B} + \begin{bmatrix} 1+m & \varepsilon_Z & -\varepsilon_Y \\ -\varepsilon_Z & 1+m & \varepsilon_X \\ \varepsilon_Y & -\varepsilon_X & 1+m \end{bmatrix}_{A \rightarrow B} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(jA)},$$

kjer so:

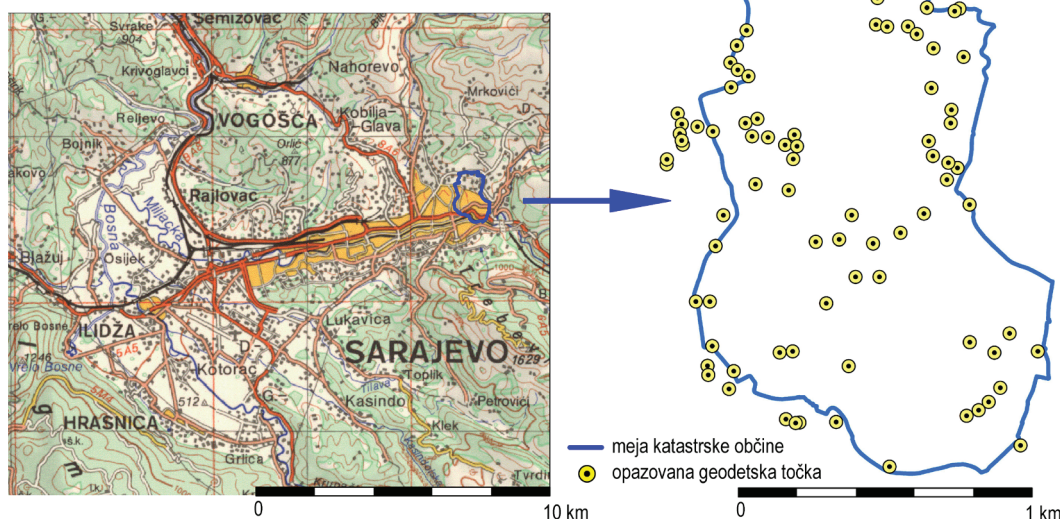
- (B) – ciljni datum,
- (A) – izvorni datum,
- t_X, t_Y, t_Z – parametri translacije med izvornim in ciljnim koordinatnim sistemom,
- $\varepsilon_X, \varepsilon_Y, \varepsilon_Z$ – parametri rotacije okrog osi X, Y in Z ,
- m – sprememba merila.

Za korektno uporabo Helmertove podobnostne transformacije predpostavimo, da pomiki niso prisotni ali da so njihove vrednosti zanemarljivo majhne (Collier, 2002). Natančnost koordinat točk, določenih z geodetskimi satelitskimi tehnikami (novi geocentrični datumi), je v primerjavi s koordinatami točk, določenimi v lokalnih datumih, zelo visoka. Zgornja predpostavka pri obravnavi transformacije med datumi različnih lastnosti nima podlage. V tem primeru s podobnostno transformacijo ne dosežemo optimalnih rezultatov (Soycan, 2005; Even-Tzur, 2020). Zato so bili razviti različni modeli datumske transformacije, ki vključujejo modelirane pomike. Ena takšnih rešitev je transformacija na podlagi grida pomikov, ki se uporablja v FBiH. Ta transformacija temelji na konformnem premiku datuma in uporabi modela pomikov. Na vsaki točki grida pomikov oddaljenosti enega kilometra so bile komponente pomikov izračunane kot splošna aritmetična sredina pomikov na identičnih točkah, ki so blizu točke grida. Utež pomika identične točke je obratnosorazmerna kvadratu oddaljenosti te točke od točke grida. Komponente pomika v poljubni točki, ki se transformira, izračunamo z znanimi transformacijskimi parametri najbližjih točk grida z uporabo bilinearne interpolacije. Podrobnosti te transformacije so opisane v navedeni literaturi (Božinov in sod., 2011; FGU, 2015a; FGU, 2015b).

2.2 Testno območje: katastrska občina Sarajevo II

Katastrska občina Sarajevo II (slika 1) leži v zahodnem delu občine Stari Grad Sarajevo in meri 146 hektarjev, kar predstavlja približno 3 % površine občine. Večina območja katastrske občine se razteza po položnih pobočjih sarajevske kotline med višinami od 550 do 800 metrov. Osrednji del katastrske občine predstavlja gosto pozidano območje več mestnih četrti, najstarejšega dela mesta Sarajevo, pozidanih že v začetku 16. stoletja. Na območju stojijo številni pomembni zgodovinski spomeniki.

Leta 1968 je Geodetski zavod Sarajevo izvedel izmero k. o. Sarajevo II. Uporabili so ortogonalno metodo detajlne izmere, detajlni nivelman in aerofotogrametrijo. Katastrska občina je takrat obsegala 3453 parcel, rezultat izmere pa je bilo 12 listov načrta v merilu 1 : 1000. Podlaga za izmero je bila poligonska mreža I., II., in III. reda , ki je povezala približno 450 točk. V obdobju 1968–1992 je bilo na tem območju vzpostavljenih dodatnih 330 poligonskih točk, največ v okviru ponovne izmere leta 1986. Po letu 1995 je bila geodetska mreža še zgoščena z dodatnimi 215 poligonskimi točkami, večina v okviru reambulacije leta 2004 (podjetje Geoprof Sarajevo).



Slika 1: Katastrska občina Sarajevo II in razporeditev geodetskih merskih točk.

2.2 Določitev koordinat poligonskih točk v sistemu ETRS89

Vhodni podatki za analizo koordinat geodetske osnovne mreže k. o. Sarajevo II so koordinate identičnih in kontrolnih točk v sistemih BHDKS in ETRS89. Koordinate obstoječih poligonskih točk v sistemu BHDKS, določenih s terestričnimi metodami v obdobju 1968–2006, so bile privzete iz razpoložljivih seznamov koordinat točk. Izmed točk, ki so bile opazovane v kampanji GPS SARAREF06, so le tri poligonske točke na območju k. o. Sarajevo II določene v sistemu ETRS89. Ker to ne zadostuje za resnejše analize, smo za namen raziskave izvedli obsežno izmero GNSS, s katero smo določili koordinate v sistemu ETRS89 za vse razpoložljive poligonske točke.

Rekognosciranje geodetskih točk na območju k. o. Sarajevo II in v njeni neposredni bližini (sto metrov od meje katastrske občine) je vključevalo ugotovitev stanja in uporabnosti 812 točk poligonske mreže iz obdobja 1968–2006. Ugotovljeno je bilo:

- 695 ali 86 % točk je popolnoma uničenih. Razlogi so gradnja mestne infrastrukture in objektov, sanacija in obnova ulic ter izgradnja lokalnih cest, zlasti v obdobju po vojni.
- Na 15 ali približno 2 % točk so bile talne označbe med sanacijo in obnovo ulic predstavljene.
- 22 ali 3 % točk je na popolnoma neprimernih mestih za izmero GNSS.
- Le 80 ali približno 10 % točk je popolnoma ali delno primernih za izmero GNSS (slika 1).

Za raziskavo je torej od evidentiranih 812 točk uporabnih le 80 točk poligonske mreže. Teh 80 točk smo izmerili ponovno. Izbrali smo hitro statično izmero GNSS. Uporabili smo dvofrekvenčne sprejemnike GNSS Topcon HiPer II. Obdelavo surovih merskih podatkov GNSS smo izvedli s programom Topcon Tools. Ocena natančnosti po izravnavi je pokazala, da je srednje standardno odstopanje horizontalnega položaja točk 10 milimetrov. Ugotovili smo, da je dosežena natančnost za potrebe naše raziskave povsem zadovoljiva.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

Po prehodu na nov referenčni koordinatni sistem, geodetski datum in kartografsko projekcijo bo v BiH treba transformirati veliko količino obstoječih katastrskih in drugih prostorskih podatkov. Osnovna zahteva, ki jo mora izpolniti metoda transformacije, je, da se po transformaciji kakovost vhodnih podatkov ohrani. Oceno kakovosti izvedenih postopkov transformacije lahko vrednotimo na podlagi sprememb koordinat transformiranih točk z znanimi koordinatami v obeh obravnavanih referenčnih sistemih. V analizi je bil kot osnovni kazalnik natančnosti uporabljen koren srednjega kvadratnega pogreška (angl. *root mean squared error* – *RMSE*). Njegovo vrednost izračunamo na podlagi razlik transformiranih in referenčnih koordinat kontrolnih točk d_y in d_x (Tuno in sod., 2017):

$$RMSE_{jx} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{jxi}^2}; d_{jx} = \sqrt{d_y^2 + d_x^2}.$$

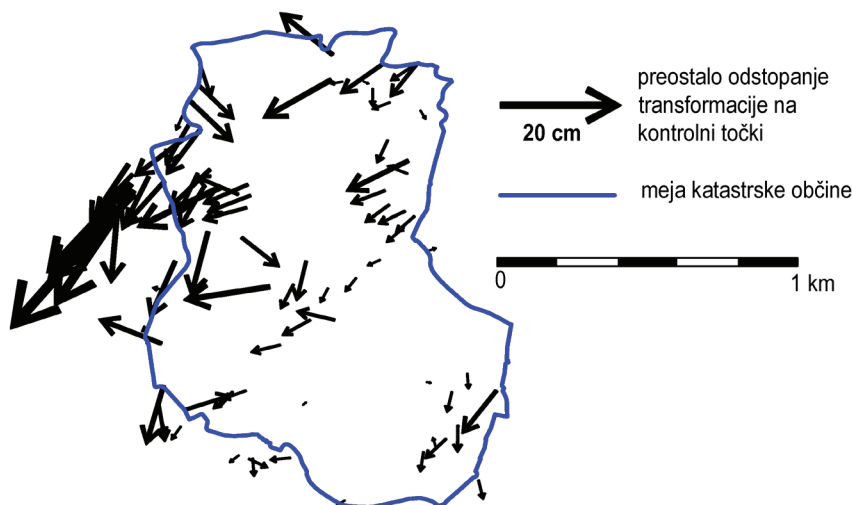
3.1 Analiza rezultatov transformacije glede na enotni transformacijski model FGU

Transformacijski model z gridom pomikov, ki je implementiran v sistem BiHPOS, je še vedno v fazi testiranja. Zato rezultati tega modela transformacije še niso uradno veljavni. Ali je ta transformacijski model prava izbira? Na to vprašanje poskušamo odgovoriti na testnem primeru katastrske občine Sarajevo II. Kakovost izvedene transformacije, ocenjene na podlagi primerjave transformacije koordinat vseh 80 poligonskih točk, opisujejo statistični kazalniki, prikazani v preglednici 1 (stolpec Vse točke).

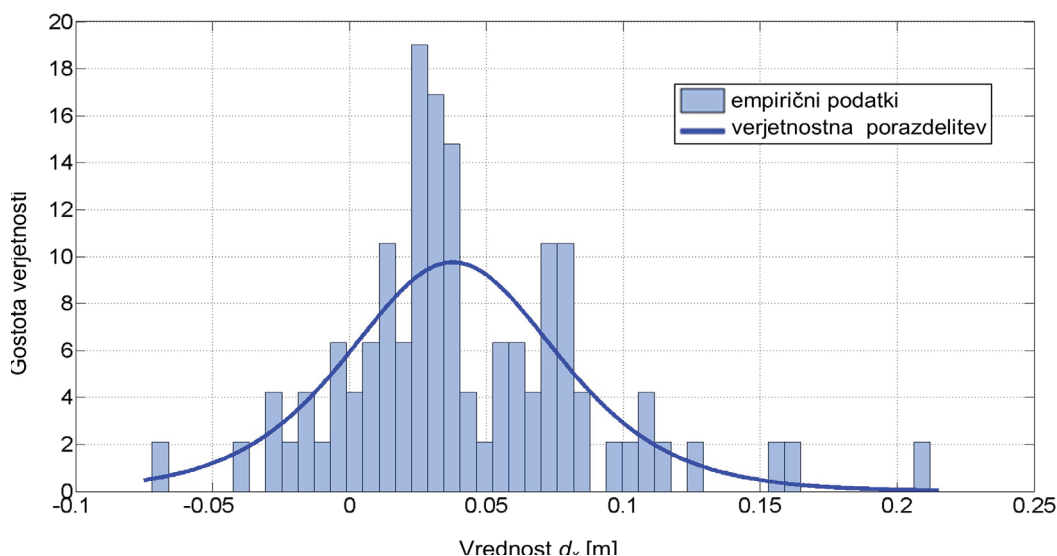
Preglednica 1: Pregled statistike pomikov za k. o. Sarajevo II, pridobljenih z metodo FGU.

Kazalnik	Vse točke			Točke iz leta 1968			Točke v letih 1968–1992			Točke po letu 1995		
	d_y	d_x	d_{jx}	d_y	d_x	d_{jx}	d_y	d_x	d_{jx}	d_y	d_x	d_{jx}
Minimum [m]	−0,075	−0,075	0,007	−0,031	−0,016	0,007	−0,075	−0,075	0,007	−0,058	−0,031	0,009
Sredina [m]	0,035	0,042	0,070	0,022	0,028	0,046	0,025	0,036	0,067	0,055	0,057	0,089
Maksimum [m]	0,177	0,215	0,279	0,080	0,080	0,104	0,113	0,124	0,132	0,177	0,215	0,279
Razpon [m]	0,252	0,290	0,272	0,112	0,096	0,097	0,188	0,199	0,125	0,236	0,247	0,270
RMSE [m]	0,059	0,064	0,088	0,039	0,039	0,055	0,050	0,058	0,077	0,077	0,082	0,112
Porazdelitev pomikov %	0–5 cm	65,4	61,7	48,1	72,2	83,3	72,2	70,6	55,9	47,1	55,2	34,5
	5–10 cm	23,5	28,4	28,4	27,8	16,7	16,7	20,6	32,4	23,5	24,1	41,4
	10–15 cm	9,9	4,9	17,3	0,0	0,0	11,1	8,8	11,8	29,4	17,2	6,9
	15–20 cm	1,2	2,5	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	3,4
	20–25 cm	0,0	2,5	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	10,3
	> 25 cm	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4

Odstopanja na nekaterih točkah dosežejo vrednosti do 28 centimetrov. Vrednosti *RMSE* so relativno velike. Pomiki točk so sistematični, večina v smeri jugozahod. To je še posebej opazno v severozahodnem delu obravnavanega območja (slika 2). S transformacijo se očitno ne odpravijo sistematični vplivi. To potrjuje tudi histogram preostalih odstopanj v smeri osi *x* s pripadajočo krivuljo verjetnostne porazdelitve (slika 3). Krivulja je močno zamaknjena v desno.



Slika 2: Pomiki poligonskih točk na območju k. o. Sarajevo II, model transformacije FGU.



Slika 3: Histogram in krivulja verjetnostne porazdelitve razlik teoretičnih in transformiranih x -koordinat točk, metoda FGU.

Pomiki so bili dodatno analizirani glede na časovno obdobje, v katerem so bile prvotno določene koordinate točk (18 točk iz leta 1968, 34 točk iz obdobja 1968–1992 in 29 točk, določenih po letu 1995). Rezultati so prikazani v ustreznih stolpcih preglednice 1. Izkaže se, da so najmanjši pomiki prisotni na točkah poligonske mreže iz leta 1968. To potrjuje kakovost prve izmere mreže Sarajeva in njeno ujemanje s transformacijo FGU. Mestna mreža iz leta 1968 je bila namreč navezana na točke trigonometrične mreže in izračunana s skupno izravnavo, model transformacije pa temelji prav na tej trigonometrični mreži. Rezultati so občutno slabši, če v transformacijo vključimo točke iz obdobja po letu 1968. Največji pomiki so prisotni na točkah, ki so določene po letu 1995. *RMSE* točk, določenih po letu 1995, je v povprečju dvakrat večji glede na točke iz leta 1968, medtem ko je največje odstopanje skoraj trikrat večje. Na skoraj

četrtni točk, določenih po letu 1995, so pomiki večji od 10 centimetrov, na 14 % točk pa so izrazito veliki (več kot 20 centimetrov). Ker so bile te točke pogosto uporabljene za detaljno topografsko in katastrsko izmero, bodo po transformaciji pomiki izmerjenih detaljnih točk (mejniki, vogali stavb idr.) veliki.

3.2 Analiza rezultatov transformacije glede na različne transformacijske modele

Model transformacije FGU temelji na približno 1300 trigonometričnih točkah, enakomerno razporejenih po ozemlju Federacije BIH. To pomeni približno eno vezno točko na 20 km². Ali lahko s povečanjem gostote veznih točk zagotovimo boljše rezultate transformacije? Da bi odgovorili na to vprašanje, smo zbrali podatke za večje število trigonometričnih, poligonskih in fotogrametričnih veznih točk, na katerih so bile v preteklih petnajstih letih v okviru različnih projektov izvedene satelitske meritve, za vse te točke so bile tudi določene koordinate ETRS89. Za območje kantona Sarajevo je bilo za izračun transformacijskega modela uporabljenih 120 točk z znanimi koordinatami v referenčnih sistemih BHDKS in ETRS89. Povprečna gostota je tako ena vezna točka na 10 km², torej dvakrat večja glede na model FGU.

Preglednica 2: Pregled statistike pomikov za k. o. Sarajevo II za različne postopke transformacije.

Kazalnik	Helmert			Afina			Projektivna			Polinom 2. stopnje		
	d_y	d_x	d_{yx}	d_y	d_x	d_{yx}	d_y	d_x	d_{yx}	d_y	d_x	d_{yx}
Minimum [m]	-0,054	-0,107	0,020	-0,038	-0,111	0,016	-0,079	-0,069	0,009	-0,098	-0,080	0,004
Sredina [m]	0,074	0,006	0,091	0,089	0,002	0,103	0,048	0,045	0,081	0,029	0,035	0,066
Maksimum [m]	0,198	0,184	0,271	0,213	0,180	0,279	0,173	0,222	0,281	0,153	0,213	0,263
Razpon [m]	0,252	0,291	0,251	0,251	0,291	0,263	0,252	0,291	0,272	0,252	0,294	0,258
RMSE [m]	0,087	0,051	0,101	0,101	0,051	0,113	0,067	0,068	0,095	0,055	0,062	0,082
Porazdelitev pomikov %	0-5 cm	22,5	77,5	13,8	17,5	76,3	10,0	50,0	60,0	26,3	68,8	46,3
	5-10 cm	53,8	16,3	57,5	48,8	17,5	45,0	37,5	27,5	46,3	22,5	23,8
	10-15 cm	17,5	3,8	20,0	23,8	3,8	33,8	10,0	7,5	20,0	7,5	5,0
	15-20 cm	6,3	2,5	3,8	7,5	2,5	5,0	2,5	2,5	2,5	1,3	2,5
	20-25 cm	0,0	0,0	3,8	2,5	0,0	5,0	0,0	2,5	3,8	0,0	2,5
	>25 cm	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	1,3	68,8	66,3

Kazalnik	Polinom 3. stopnje			Polinom 4. stopnje			Trougaona			Mreža		
	d_y	d_x	d_{yx}	d_y	d_x	d_{yx}	d_y	d_x	d_{yx}	d_y	d_x	d_{yx}
Minimum [m]	-0,119	-0,065	0,009	-0,081	-0,070	0,007	-0,098	-0,067	0,005	-0,084	-0,085	0,005
Sredina [m]	0,007	0,051	0,070	0,048	0,039	0,079	-0,002	0,038	0,066	0,039	0,029	0,068
Maksimum [m]	0,132	0,228	0,264	0,168	0,216	0,274	0,152	0,203	0,253	0,167	0,206	0,265
Razpon [m]	0,251	0,293	0,255	0,250	0,286	0,267	0,249	0,270	0,248	0,251	0,291	0,259
RMSE [m]	0,047	0,071	0,086	0,067	0,064	0,093	0,051	0,059	0,078	0,061	0,058	0,084
Porazdelitev pomikov %	0-5 cm	80,0	60,0	50,0	48,8	62,5	27,5	72,5	65,0	36,3	60,0	68,8
	5-10 cm	12,5	27,5	28,8	38,8	28,8	47,5	21,3	28,8	52,5	30,0	25,0
	10-15 cm	7,5	7,5	16,3	10,0	3,8	17,5	5,0	3,8	6,3	7,5	3,8
	15-20 cm	0,0	2,5	2,5	2,5	2,5	1,3	1,3	2,5	2,5	1,3	3,8
	20-25 cm	0,0	2,5	1,3	0,0	2,5	3,8	0,0	1,3	1,3	0,0	1,3
	>25 cm	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	1,3	0,0	1,3

Učinki uporabe različnih transformacijskih modelov na obravnavanem vzorcu z 80 kontrolnimi poligonskimi točkami iz k. o. Sarajevo II so prikazani v preglednici 2. Vse prej prikazano velja tudi tu. Po transformaciji z veznimi točkami, ki niso na območju k. o. Sarajevo II, ostaja prisotna nehomogenost pomikov transformiranih poligonskih točk. Pri tem je mogoče opaziti območja z večjimi in območja z manjšimi pomiki. To velja tako za metodo transformacije, kjer je uporabljen grid pomikov en kilometer, kot tudi za lokalno afino trikotniško transformacijo. Med globalnimi modeli deformacij so najboljši rezultati doseženi z uporabo polinoma 2. in 3. stopnje, vendar so tudi v tem primeru največji položajni pomiki ostali veliki. Očitno je, da z globalnimi transformacijami, izvedenimi z omejenim številom veznih točk, na območju transformacije ni mogoče pravilno modelirati in odpraviti neuniformiranih in neenakomerno razporejenih lokalnih položajnih pogreškov. Večje število transformacijskih parametrov v transformacijskih modelih zato ne pomeni boljšega prilagajanja transformacije in učinkovitejšega upoštevavanja lokalne sistematičnosti, kot je ugotovljeno v teoriji. V našem primeru se je tako 12-parametrična polinomska transformacija 2. stopnje izkazala bolje kot polinomski transformaciji 3. in 4. stopnje (20 in 30 parametrov). Tudi 4-parametrična Helmertova transformacija je dala nekoliko boljše rezultate kot 6-parametrična afina transformacija. Ugotovimo lahko, da z uporabo dvakrat večje gostote veznih točk in različnih modelov transformacij rezultatov glede na metodo FGU ni mogoče izboljšati.

3.3 Transformacije na podlagi veznih poligonskih točk k. o. Sarajevo II

Predhodne analize kažejo, da ob gostoti ena vezna točka na 20 km² ali ena vezna točka na 10 km² ne moremo zagotoviti zahtev za uspešno transformacijo katastrskih podatkov med različnimi referenčnimi sistemi. Gostoto veznih točk smo zato še povečali, tako da njihova gostota na območju transformacije znaša ena točka na 10 hektarjev. Izmed vseh 80 točk smo izbrali 15 poligonskih točk, enakomerno razporejenih po območju k. o. Sarajevo II. Preostalih 65 poligonskih točk smo obravnavali kot kontrolne točke za oceno kakovosti transformacij.

Izbranih 15 poligonskih točk smo dodali v mrežo, ki se uporablja v okviru transformacijskega modela FGU. Tako je bila pridobljena podlaga za nove transformacijske modele, kar ob uporabi Helmertove, afine, projektivne in polinomske transformacije 2. stopnje pomeni tudi določitev grida pomikov 1000 metrov, 750 metrov, 500 metrov, 250 metrov in 100 metrov, določitev grida pomikov z metodo splošne aritmetične sredine, določitev uteži pomikov glede na oddaljenost d ($1/d$ in $1/d^2$) ter interpolacijo v okviru grida pomikov s postopkom bilinearne interpolacije.

Helmertov globalni model transformacije z upoštevanjem grida pomikov je dal v primerjavi z drugimi uporabljenimi modeli najboljše rezultate. Vpliv tega modela na koordinate 65 kontrolnih poligonskih točk na območju k. o. Sarajevo II je prikazan v preglednicah 3 (uteži $1/d$) in 4 (uteži $1/d^2$).

Razčistimo najprej, kateri izraz za izračun uteži naj uporabimo. Primerjava rezultatov v preglednicah 3 in 4 pokaže, da so za grida pomikov 1000 metrov in 750 metrov rezultati transformacij pri obeh načinih izračuna uteži tako rekoč enaki. Pri gridu pomikov 500 metrov je mogoče prepoznati izboljšanje statističnih kazalnikov, ko je utež obratnosorazmerna kvadratu oddaljenosti od točke grida $1/d^2$. Z nadaljnjim zmanjševanjem oddaljenosti točk grida je upravičenost uporabe tega izraza za izračun uteži še večja. To še posebej velja za transformacijo z uporabo grida pomikov 250 metrov, kjer je vrednost *RMSE* manjša za 30 %, največja položajna odstopanja pa so dvakrat manjša, kot če bi uteži definirali kot obratne vred-

nosti oddaljenosti od točk grida $1/d$ (preglednica 3). Če uporabimo grid pomikov 100 metrov, razlike v rezultatih transformacij niso tako velike, je pa mogoče tudi tu opaziti boljše statistične kazalnike. Pri transformaciji z gridom pomikov bomo torej uteži definirali z izrazom $1/d^2$.

Preglednica 3: Pregled statistike odstopanj za k. o. Sarajevo II s transformacijo z gridom pomikov (uteži $1/d$).

Kazalnik	1000 m			750 m			500 m			250 m			100 m			
	d_y	d_x	d_{yx}	d_y	d_x	d_{yx}	d_y	d_x	d_{yx}	d_y	d_x	d_{yx}	d_y	d_x	d_{yx}	
Minimum [m]	-0,075	-0,032	0,010	-0,106	-0,063	0,004	-0,104	-0,059	0,005	-0,094	-0,068	0,003	-0,101	-0,066	0,003	
Sredina [m]	0,037	0,045	0,073	0,020	0,020	0,055	0,024	0,023	0,057	0,017	0,015	0,049	0,015	0,012	0,047	
Maksimum [m]	0,177	0,215	0,279	0,143	0,182	0,231	0,158	0,194	0,251	0,126	0,141	0,188	0,126	0,142	0,188	
Razpon [m]	0,252	0,247	0,269	0,249	0,245	0,227	0,262	0,253	0,246	0,221	0,209	0,185	0,227	0,208	0,185	
RMSE [m]	0,061	0,064	0,089	0,050	0,047	0,069	0,053	0,049	0,072	0,047	0,038	0,060	0,045	0,036	0,058	
Porazdelitev pomikov %	[0–5 cm]	63,1	60,0	44,6	78,5	81,5	60,0	75,4	83,1	58,5	78,5	86,2	66,2	80,0	89,2	67,7
	[5–10 cm]	24,6	29,2	30,8	12,3	13,8	30,8	15,4	10,8	27,7	16,9	12,3	24,6	13,8	9,2	26,2
	[10–15 cm]	10,8	6,2	18,5	9,2	3,1	4,6	7,7	4,6	9,2	4,6	1,5	7,7	6,2	1,5	4,6
	[15–20 cm]	1,5	3,1	1,5	0,0	1,5	3,1	1,5	1,5	3,1	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,5
	[20–25 cm]	0,0	1,5	3,1	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	>[25 cm]	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

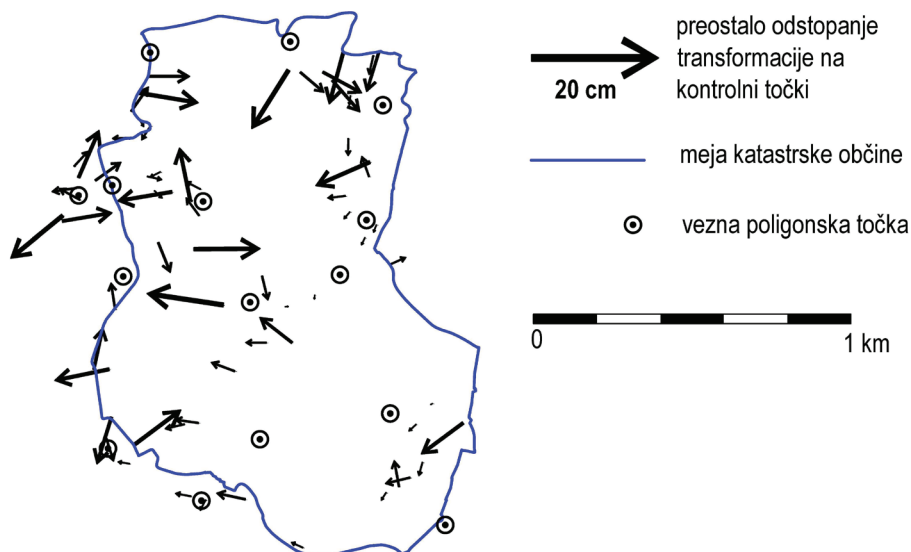
Preglednica 4: Pregled statistike odstopanj za k. o. Sarajevo II s transformacijo z gridom pomikov (uteži $1/d^2$).

Kazalnik	1000 m			750 m			500 m			250 m			100 m			
	d_y	d_x	d_{yx}	d_y	d_x	d_{yx}	d_y	d_x	d_{yx}	d_y	d_x	d_{yx}	d_y	d_x	d_{yx}	
Minimum [m]	-0,075	-0,032	0,010	-0,119	-0,069	0,001	-0,117	-0,074	0,001	-0,104	-0,082	0,003	-0,106	-0,088	0,003	
Sredina [m]	0,038	0,045	0,073	0,020	0,017	0,052	0,010	0,017	0,050	0,007	0,005	0,046	0,007	0,004	0,046	
Maksimum [m]	0,177	0,215	0,279	0,148	0,175	0,229	0,122	0,154	0,197	0,120	0,092	0,121	0,119	0,108	0,120	
Razpon [m]	0,253	0,247	0,269	0,267	0,244	0,228	0,239	0,228	0,196	0,224	0,174	0,118	0,225	0,196	0,117	
RMSE [m]	0,062	0,064	0,089	0,051	0,042	0,066	0,046	0,042	0,062	0,043	0,034	0,055	0,042	0,036	0,055	
Porazdelitev pomikov %	0–5 cm]	63,1	60,0	44,6	76,9	86,2	67,7	78,5	83,1	66,2	78,5	86,2	66,2	80,0	84,6	63,1
	5–10 cm]	24,6	29,2	30,8	12,3	9,2	16,9	13,8	13,8	23,1	18,5	13,8	27,7	16,9	13,8	30,8
	10–15 cm]	10,8	6,2	18,5	10,8	3,1	13,8	7,7	1,5	9,2	3,1	0,0	6,2	3,1	1,5	6,2
	15–20 cm]	1,5	3,1	1,5	0,0	1,5	0,0	0,0	1,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	20–25 cm]	0,0	1,5	3,1	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	>25 cm]	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

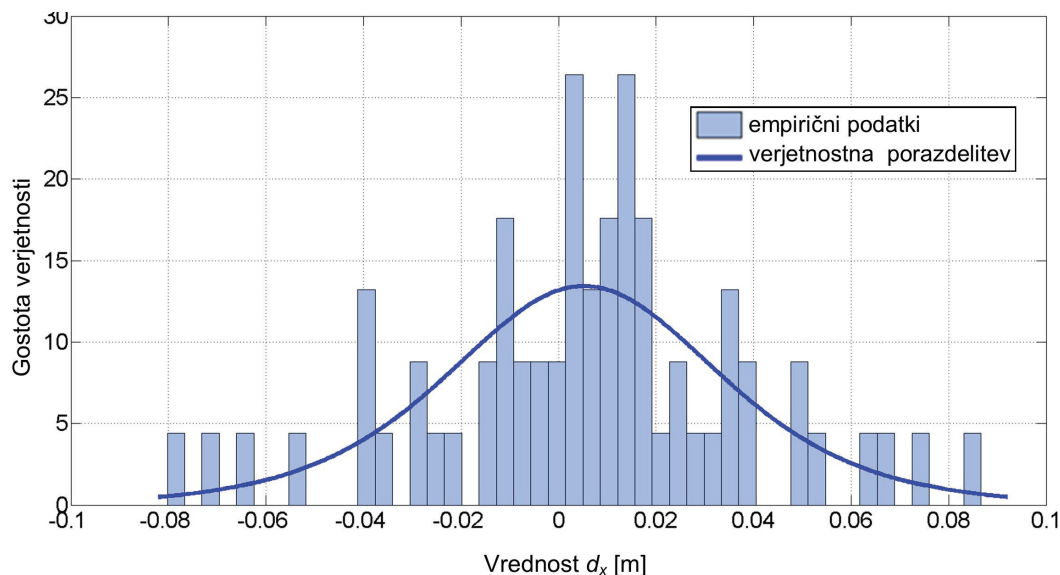
Iz preglednic 3 in 4 je razvidno, da uporaba grida pomikov ločljivosti en kilometer daje tako rekoč iste rezultate kot transformacija z modelom FGU (primerjajte s podatki v preglednici 1). Zmanjšanje velikosti grida vodi do povečanja kakovosti transformacije, kar še posebej velja za model, kjer se uteži računajo kot obratne vrednosti kvadratov razdalj. Zaradi nepravilne razporeditve geometričnih deformacij po območju obravnavane katastrske občine dajejo izračunane komponente vektorjev pomikov pri gridu visoke ločljivosti veliko podrobnejšo oceno lokalnih sistematičnih pogreškov koordinat. S povečanjem rastra se zmanjša kakovost transformacije, saj to povzroči prerazporeditev oziroma generalizacijo deformacij in izgubo informacije o lokalnih pomikih. Iz preglednice 4 je razvidno, da je pri transformaciji z upoštevanjem grida pomikov 100 metrov največji pomik 12 centimetrov. To je več kot dvakrat boljši rezultat v primerjavi s transformacijo FGU, pri tem pa je vrednost $RMSE_{yx}$ izboljšana za skoraj 40 %. Vrednosti

sredin za koordinatne komponente odstopanj po osi y in x so tako rekoč enake nič. Čeprav sistematični pogreški niso povsem odpravljeni, se je razpon pomikov zmanjšal za več kot dvakrat.

Dosežene trende izboljšanja podatkov s transformacijskimi modeli, določenimi na podlagi identičnih poligonskih točk na območju obravnavane katastrske občine, prikažemo še grafično. S primerjavo vektorjev pomikov, prikazanih na slikah 4 in 2, ter s primerjavo obeh histogramov s krivuljo verjetnostne porazdelitve na slikah 3 in 5 potrjujemo zgoraj zapisane ugotovitve.

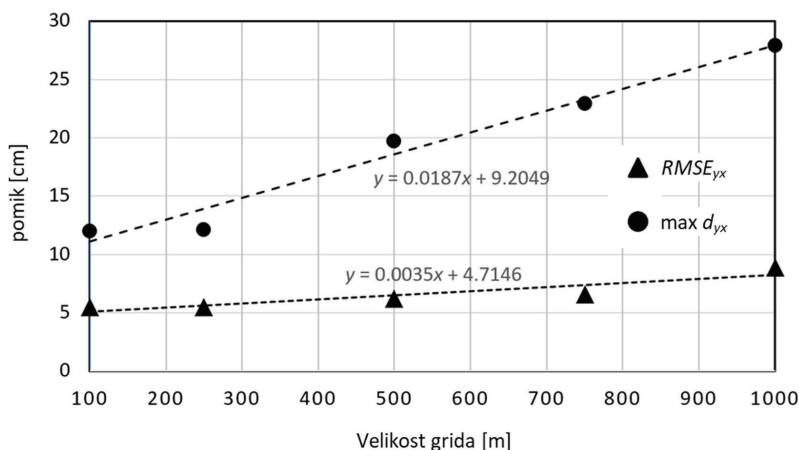


Slika 4: Pomiki poligonskih točk na območju k. o. Sarajevo II, transformacija z gridom pomikov (uteži $1/d^2$).



Slika 5: Histogram in krivulja verjetnostne porazdelitve razlik teoretičnih in transformiranih x -koordinat točk, transformacija z gridom pomikov (uteži $1/d^2$).

Slika 6 prikazuje vrednosti $RMSE_{yx}$ in vrednosti največjih položajnih odstopanj $\max d_{yx}$ v odvisnosti od velikosti grida pomikov, dodan je trend (linearna regresija). $RMSE_{yx}$ je pri gridu pomikov 100 metrov le še 62 % vrednosti $RMSE_{yx}$ grida pomikov 1000 metrov. Povečanje natančnosti transformacije je očitno. Največji pomiki $\max d_{yx}$ so pri gridu pomikov 100 metrov 3,3-krat manjši.



Slika 6: Trend gibanja in prikaz največjih pomikov kontrolnih točk v odvisnosti od izbrane gostote točk grida (uteži $1/d^2$).

Z večjo gostoto veznih točk zagotovimo natančnejše in bolj homogene rezultate transformacije. Natančnost geometrijskih podatkov katastrske občine bo zato pri gostejšem gridu pomikov boljša. Izbira večjega števila identičnih točk je torej smiselna. Dosežene vrednosti parametrov kakovosti transformacij so značilne in jih lahko pričakujemo tudi v katastrskih občinah na drugih mestnih območjih. Uporaba transformacijskega modela, ki vključuje poligonske točke v okviru katastrske občine, ki so predmet transformacije, daje občutno boljše rezultate v primerjavi z modelom FGU, ki temelji na uporabi grida pomikov, definiranega na podlagi trigonometričnih točk.

4 ZAKLJUČEK

Analiza transformacije kontrolnih poligonskih točk obravnavane katastrske občine Sarajevo po modelu FGU, ki temelji na točkah trigonometrične mreže (ena vezna tačka na 20 km^2), kaže, da so v razlikah med teoretičnimi in transformiranimi koordinatami prisotne napake kot posledica slabe natančnosti koordinat poligonskih točk v sistemu BHDKS. Največja odstopanja so prisotna na točkah, določenih po letu 1968. To še posebej velja za točke poligonske mreže, ki so bile vzpostavljene po letu 1995. Napake v poligonskih mrežah se prenašajo na koordinate transformiranih točk, saj jih ni mogoče zajeti in odstraniti z drugimi postopki transformacije ali s povečanjem gostote veznih točk. S takšno izbiro vrste in gostote veznih točk je mogoče pričakovati ugodne rezultate transformacije le za tiste geometrijske podatke katastrske občine (katastrskega načrta), ki so nastali v prvi izmeri pred letom 1968 (arhivski izvirnik katastrskega načrta). S takšno transformacijo vseh katastrskih podatkov v nov referenčni sistem ne bo odpravljena težava notranje nehomogene natančnosti geometrijskih podatkov. Čeprav so koordinate detajlnih točk v splošnem določene s precej nižjo točnostjo kot točke geodetske mreže, odstopanja koordinat poligonskih točk (tudi do 30 centimetrov) kažejo, da pri transformaciji detajlnih točk ni dovoljeno zanemariti he-

terogene natančnosti točk izmeritvene geodetske mreže. Notranja natančnost koordinat detaljnih točk izmere območja Sarajeva s klasično ortogonalno izmero, na fotogrametrični način in kasneje v okviru dopolnilne sodobne tahimetrične izmere in izmere RTK GNSS, močno presega navedeno nehomogeno natančnost koordinat točk poligonske mreže.

Izvedena raziskava na izbranem območju k. o. Sarajevo II potrjuje, da je notranjo nehomogeno natančnost geometrijskih podatkov mogoče izboljšati z interpolacijskim modelom transformacije z gridom pomikov, v katerega so kot vezne točke vključene tudi poligonske točke s povprečno gostoto ena točka na 10 hektarjev. S takšnim pristopom in z uporabo transformacije z gridom pomikov ločljivosti 100 metrov je bila dosežena horizontalna natančnost transformiranih točk 5,5 centimetra. Le 6 % točk je obremenjenih z odstopanji, večjimi od 10 centimetrov (največje odstopanje znaša 12 centimetrov). Glede na to, da je bila izmera te katastrske občine izvedena v merilu 1 : 1000, so dobljeni rezultati povsem zadovoljivi. Kakovost transformacije je očitno odvisna od števila, razporeditve in gostote veznih točk na nekem območju, kakor tudi od uporabe ustreznega postopka modeliranja spremenljivih geometrijskih pomikov.

Članek potrjuje, da je treba pri datumskih transformacijah na podlagi grida pomikov zagotoviti zadostno število kontrolnih točk, ki omogočajo določitev dejanske natančnosti transformacijskega modela. Če so razlike med danimi in transformiranimi koordinatami večje, je treba transformacijski model dopolniti z dodajanjem novih točk.

Literatura in viri:

- Ampatzidis, D., Demirtzoglou, N. (2017). The evaluation of the transformation model of the 3-D information between HTRS07 (Hellenic Terrestrial Reference System 2007) and HGRS87 (Hellenic Geodetic Reference System 1987) at the area of Drama. *Acta Montanistica Slovaca*, 22 (2), 172–179.
- Ampatzidis, D., Melachroinos, S. A. (2017). The connection of an old geodetic datum with a new one using Least Squares Collocation: The Greek case. *Contributions to Geophysics and Geodesy*, 47 (1), 39–51. <https://doi.org/10.1515/congeo-2017-0003>
- Ansari, K., Gyawali, P., Pradhan, P. M., Park, K. (2019). Coordinate transformation parameters in Nepal by using neural network and SVD methods. *Journal of Geodetic Science*, 9 (1), 22–28. DOI: <https://doi.org/10.1515/jogs-2019-0003>
- Bašić, T. (2009). Jedinstveni transformacijski model i novi model geoida Republike Hrvatske. V M. Bosiljevac (ur.), *Izvišća o znanstveno-stručnim projektima 2006.–2008.* (str. 5–21). Zagreb: Državna geodetska uprava.
- Bašić, T., Šljivar, M., Buble, G. (2006). Jedinstveni transformacijski model HTRS96/HDKS. V M. Bosiljevac (ur.), *Izvišća o znanstveno-stručnim projektima 2004./2005. godine* (str. 121–135). Zagreb: Državna geodetska uprava.
- Berk, S., Duhovnik, M. (2007). Transformacija podatkov Geodetske uprave Republike Slovenije v novi državni koordinatni sistem. *Geodetski vestnik*, 51 (4), 803–826.
- Berk, S., Komadina, Ž. (2013). Local to ETRS89 datum transformation for Slovenia: triangle-based transformation using virtual tie points. *Survey Review*, 45 (328), 25–34. DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/1752270611Y.0000000020>
- Božinov, V., Matović, A., Ognjanović, K. (2011). Transformacija GK7 u ETRF2000 i određivanje transformacionog modela. *Geodetska služba*, 114, 5–11.
- Collier, P. (2002). Development Of Australia's National GDA94 Transformation Grids. Consultant's Report to the Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping. Melbourne: Department of Geomatics, The University of Melbourne.
- Dewhurst, W. T. (1990). The application of minimum-curvature-derived surfaces in the transformation of positional data from the North American Datum of 1927 to the North American Datum of 1983. Rockville, MD: NOAA Technical Memorandum NOS NGS 50.
- Elshambaky, H. T., Kaloop, 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, 110. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3441-6>
- Even-Tzur, G. (2020). Coordinate transformation with variable number of parameters. *Survey Review*, 52 (370), 62–68. DOI: <https://doi.org/10.1080/00396265.2018.1517477>
- Federalna uprava za geodetske i imovinsko pravne poslove – FGU (2015a). Plan rada za 2016. godinu. <http://fgu.com.ba/files/Novosti/2016/PDF/bs/Plan%20rada%20za%202016.%20godinu.pdf>, pridobljeno 3. 9. 2020.
- Federalna uprava za geodetske i imovinsko pravne poslove – FGU (2015b). Tenderska dokumentacija za nabavku usluga određivanja parametara transformacije koordinata iz koordinatnog sistema ETRS89 u državni koordinatni sistem. Sarajevo: FGU.
- Federalna uprava za geodetske i imovinsko pravne poslove – FGU (2019). Pravilnik o osnovnim geodetskim radovima. Sarajevo: FGU.
- Femić, P. (2013). Montepos i jedinstveni model horizontalne transformacije. V T. Bašić in M. Marjanović (ur.), *Zbornik radova 3. CROPOS konferencije* (str. 63–63). Opatija: Državna geodetska uprava, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu in Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije.

- González-Matesanz, J., Dalda, A., Malpica, J. A. (2006). A range of ED50-ETRS89 datum transformation models tested on the Spanish geodetic network, *Survey Review*, 38 (302), 654–667. DOI: <https://doi.org/10.1179/sre.2006.38.302.654>
- Grgić, M., Varga, M., Bašić, T. (2016). Empirical research of interpolation methods in distortion modeling for the coordinate transformation between local and global geodetic datums. *Journal of Surveying Engineering*, 142 (2), 05015004. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000154](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000154)
- Kashani, I. (2006) Application of Generalized approach to Datum Transformation between Local Classical and Satellite-based Geodetic Networks, *Survey Review*, 38 (299), 412–422. DOI: <https://doi.org/10.1179/sre.2006.38.299.412>
- Magna Júnior, J. P., Camargo, P. O., Galo, M. (2014). Coordinate transformation with distortion modeling between SAD69 and SIRGAS2000 by using Thin-Plate Splines. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 20 (1), 19–38. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1982-21702014000100002>
- Mulahusić, A., Topoljak, J., Tuno, N. (2017). Geodezija za građevinske inženjere. Univerzitet u Zenici: Zenica.
- Odalović, O., Todorović Drakul, M., Grekulović, S., Popović, J., Joksimović, D. (2018). Chronology of the development of geodetic reference networks in Serbia. *Survey Review*, 50 (359), 163–173. DOI: <https://doi.org/10.1080/00396265.2016.1249998>
- Soycan, M., Soykan, A., Tunalioglu, N. (2017). Transformacija deformiranih geodetskih mreža v nove referenčne koordinatne sisteme: študija primera transformacije ED50-ITRFXX v Turčiji. *Geodetski vestnik*, 61 (1), 58–75. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2017.01.58-75>
- 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>
- Tabučić, D. (2013): FBHPOS mreža permanentnih GNSS stanica i status njene primjene. V T. Bašić in M. Marjanović (ur.), *Zbornik radova 3. CROPOS konferencije* (str. 64–69). Opatija: Državna geodetska uprava, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu in Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije.
- Tabučić, D. (2019). Podaci i usluge Federalne uprave, pregled i trenutni status. https://www.gdgb.ba/component/phocadownload/category/5-4_kongres.html?download=235:iii-podaci-i-usluge-fgu-pregled-i-trenutni-status,pridobljeno 3. 9. 2020
- Tierra, A., Dalazoana, R., De Freitas, S. (2008). Using an artificial neural network to improve the transformation of coordinates between classical geodetic reference frames. *Computers & Geosciences*, 34 (3), 181–189. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2007.03.011>
- Tuno, N., Mulahusić, A., Kogoj, D. (2015). Vrednotenje modelov transformacije geodetskih načrtov. *Geodetski vestnik*, 59 (4), 736–751. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.04.736-751>
- Tuno, N., Mulahusić, A., Kogoj, D. (2017). Improving the Positional Accuracy of Digital Cadastral Maps through Optimal Geometric Transformation. *Journal of Surveying Engineering*, 143 (3), 1–12. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000217](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000217)
- Tuno, N., Mulahusić, A., Topoljak, J., Kogoj, D. (2017). Vrednotenje postopkov za ocenjevanje točnosti georeferenciranja geodetskih načrtov. *Geodetski vestnik*, 61 (3), 373–386. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2017.03.373-386>
- Varga, M., Grgić, M., Bašić, T. (2017). Empirical comparison of the Geodetic Coordinate Transformation Models: a case study of Croatia, *Survey Review*, 49 (352), 15–27. DOI: <https://doi.org/10.1080/00396265.2015.1104092>
- Wu, C. H., Chou, H. J., Su, W. H. (2007). A genetic approach for coordinate transformation test of GPS positioning. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 4 (2), 297–301. DOI: <https://doi.org/10.1109/LGRS.2007.894164>
- Yun, H. S., Song, D. S., Cho, J. M. (2006) Horizontal datum transformation by distortion modelling in Korea. *Survey Review*, 38 (301), 554–562. DOI: <https://doi.org/10.1179/sre.2006.38.301.554>
- Ziggah, Y. Y., Yakubu, I., Laari, P. B., Hui, Z. (2018). 2D Cadastral Coordinate Transformation Using Extreme Learning Machine Technique. *Geodesy and Cartography*, 67 (2), 321–343. DOI: <https://doi.org/10.24425/118706>
- Zimić, Š., Đonlagić, E. (2017). Uvođenje novih geodetskih referentnih sistema u Bosni i Hercegovini. *Geodetski glasnik*, 48, 154–164.



Tuno N., Mulahusić A., Savšek S., Kogoj D. (2021). Testiranje in izboljšava horizontalne datumske transformacije: študija primera v Bosni i Hercegovini. *Geodetski vestnik*, 65 (1), 13–26.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2021.01.13-26>

izr. prof. dr. Nedim Tuno, univ. dipl. inž. geod.

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

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

Univerza v Sarajevu, Građevinski fakultet
Patriotske lige 30, BIH-71000 Sarajevo, Bosna in Hercegovina
e-naslov: admir_mulahusic@gf.unsa.ba

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

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

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

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

POPOLNI ORTOFOTO V URBANIH OKOLJIH

TRUE ORTHOPHOTO IN URBAN AREAS

Mojca Kosmatin Fras, Katja Šušteršič, Aleksandar Šašić Kežul

UDK: 528.9
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02
Prispelo: 12. 1. 2021
Sprejeto: 25. 2. 2021

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2021.01.27-45
REVIEW ARTICLE
Received: 12. 1. 2021
Accepted: 25. 2. 2021

IZVLEČEK

Popolni ortofoto je v urbanih okoljih boljši izdelek kot klasični ortofoto, ker so zgradbe na njem prikazane na pravilnem ravninskem položaju, vidna je tudi vsebina v njihovi okolici. Glavni cilj naše raziskave je bil preizkusiti dva postopka izdelave popolnega ortofota: a) postopek na podlagi digitalnega modela reliefa in digitalnega modela zgradb ter b) postopek samodejne izdelave popolnega ortofota. Raziskavo smo izvedli na dveh študijskih območjih v mestni občini Ljubljana. Oba postopka in izdelane popolne ortofote smo primerjali s klasično izdelanim ortofotom, ocenili smo tudi časovno komponento izdelave. Za popolni ortofoto potrebujemo aerofotografije z večjim prekrivanjem kot za izdelavo klasičnega ortofota, zato se čas aerofotografiranja poveča za približno 25 odstotkov. Čas ročne obdelave, v primerjavi s postopkom izdelave klasičnega ortofota, se pri postopku samodejne izdelave popolnega ortofota zmanjša za faktor 0,27, oziroma se pri postopku izdelave popolnega ortofota na podlagi digitalnega modela reliefa in digitalnega modela zgradb poveča za faktor 2,75. Estetski videz samodejno izdelanega popolnega ortofota je nekoliko slabši le na robovih streh zgradb, ki so rahlo nazobčane. Če upoštevamo vse navedene vidike, je samodejno izdelan popolni ortofoto konkurenčen klasičnemu ortofotu.

ABSTRACT

True orthophoto is a better product than a classical orthophoto in urban areas, because buildings are depicted in the correct plane position, and the content around the building is also visible. The main goal of our research was to verify two approaches of a true orthophoto production: a) true orthophoto production based on digital terrain model and digital building model, and b) automatic true orthophoto production. We performed the research in two test areas within the Municipality of Ljubljana. We compared the both procedures and the produced true orthophotos with the classical orthophoto, and assessed the production time component as well. To produce true orthophoto, larger overlapping of aerial images is required, thus the time for aerial surveying is increased by approximately 25 percentage. The time of manual work, compared to classical orthophoto production, is lower by the factor 0.27 for automatically produced true orthophoto, and is greater by the factor 2.75 for the true orthophoto based on digital terrain model and digital building model. Aesthetic appearance of automatically produced orthophoto has only minor shortcomings on the buildings' roof edges which are slightly serrated. Considering all the mentioned aspects, the automatically produced true orthophoto is competitive with the classical orthophoto.

KLJUČNE BESEDE

popolni ortofoto, klasični ortofoto, samodejna izdelava popolnega ortofota, vektorizacija zgradb, lidarski oblak točk, aerofotografiranje

KEY WORDS

true orthophoto, classical orthophoto, automatic true orthophoto production, building vectorisation, lidar point cloud, aerial surveying

1 UVOD

Ortofoto je v svetovnem merilu uveljavljen fotogrametrični izdelek, ki se tudi v slovenski praksi zelo pogosto uporablja za najrazličnejše namene (Geodetska uprava Republike Slovenije, 2020). V Sloveniji se od sredine 90. let 20. stoletja iz aerofotografij cikličnega aerofotografiranja Slovenije z digitalno tehnologijo izdeluje državni ortofoto (Kosmatin Fras, Fabiani in Triglav Čekada, 2014). Ortofoto je mogoče izdelati iz satelitskih podob (Marsetič, Oštir in Kosmatin Fras, 2015; Marsetič in Pehani, 2019), dandanes je tudi eden od osnovnih izdelkov fotogrametrične obdelave fotografij z daljinsko vodenih letalnikov (Nex in Remondino, 2014).

Izraz klasični ortofoto se nanaša na osnovni, tradicionalni način izdelave ortofota z začetkom v drugi polovici 80. let 20. stoletja. Projekcijska ploskev za preslikavo aerofotografije v ortofoto je digitalni model reliefa (DMR). Geometrijsko pravilno se preslikajo le tiste vsebine s fotografije, ki so na ploskvi reliefa. Za izdelavo popolnega ortofota se za projekcijsko ploskev na območjih, kjer so grajeni objekti, uporabi digitalni model zgradb (DMZ) ali pa se DMR nadomesti z digitalnim modelom površja (DMP) (Nielsen, 2004). V ortogonalni projekciji je tako pravilno prikazana tudi topografska vsebina, ki je nad reliefom (zgradbe in mostovi, vegetacija). Čeprav je osnovno načelo izdelave klasičnega in popolnega ortofota enako, je proces izdelave popolnega ortofota kompleksnejši. Napredek na različnih področjih je šele ob koncu 20. stoletja omogočil izdelavo popolnega ortofota (angl. *true orthophoto*) (Amhar, Jansa in Ries, 1998; Schickler in Thorpe, 1998; Nielsen, 2004). Prostorska ločljivost aerofotografij je vse boljša, poleg tega vse zmogljivejši računalniki omogočajo hitro obdelavo velikih količin podatkov. Na operativnost izdelave popolnega ortofota so vplivali predvsem novi, učinkoviti algoritmi slikovnega ujemanja in lidarska tehnologija, ki oboji omogočajo izdelavo podrobnih digitalnih modelov površja in digitalnih modelov zgradb. Zaradi velikega povpraševanja po ortofotu, ki je bolj ažuren in ekonomičen izdelek od vektorsko zajetih podatkov, in zaradi zahtev uporabnikov po vse večji kakovosti popolni ortofoto, predvsem na urbanih območjih, pridobiva prednost pred klasičnim.

Izdelava popolnega ortofota kljub temu še ni zelo razširjena (Šašić Kežul, 2020). Razlog je predvsem v kompleksni obdelavi podatkov in s tem povezani razmeroma visoki ceni izdelka še do pred nekaj leti. Z velikim napredkom v programskih rešitvah in avtomatizaciji so se ti postopki v zadnjem času poenostavili in skrajšali, tako da je izdelava popolnega ortofota vse bolj ekonomična. Na trgu so dostopna različna programska orodja, ki omogočajo skoraj popolno samodejno obdelavo fotografij in izdelavo popolnega ortofota visoke prostorske ločljivosti. Države srednje in severne Evrope že opuščajo izdelavo klasičnega ortofota in se odločajo za popolni ortofoto. Združenje geodetskih uprav Nemčije je tako na primer sprejelo standarde kakovosti za izdelavo popolnega ortofota za celotno državo (Baltrusch, 2017). V Sloveniji se v okviru državnega projekta Ciklično aerofotografiranje Slovenije izdeluje klasični ortofoto (Geodetska uprava Republike Slovenije, 2020), pri čemer se v DMR upoštevajo površine mostov in prometnic, ki so nad ali pod terenom, ne pa tudi zgradbe.

1.1 Pregled raziskav

Znanstvene vsebine, povezane z različnimi pristopi in metodami za izdelavo popolnega ortofota iz fotogrametričnih letalskih fotografij, so že obravnavali različni avtorji. Andresen (2004) opiše osnovne korake pri izdelavi klasičnega in popolnega ortofota, pri čemer poudari pomen in prednosti popolnega ortofota v mestih. Teoretične podlage in težave pri postopku izdelave popolnega ortofota ter praktični primer so opisali Biasion, Dequal in Lingua (2004). Pomen popolnega ortofota v urbanih območjih v

povezavi z geografskimi informacijskimi sistemi izpostavita Habib in Kim (2006). Lidarska tehnologija omogoča izdelavo podrobnih DMR in DMP, ki se lahko uporabijo pri izdelavi popolnega ortofota. Disa et al. (2011) so analizirali različne možnosti implementacije lidarskih oblakov točk pri izdelavi popolnega ortofota. Uporabljata se v glavnem dva pristopa: a) izdelava DMP in b) s polsamodejnimi metodami se izdelava vektorski model zgradb, ki se kombinira z DMR. Uporabnost fotogrametričnih oziroma lidarskih oblakov točk v procesu izdelave ortofota sta v raziskavi preverjala Gharibi in Habib (2018). Ugotovila sta, da je popolni ortofoto, izdelan na osnovi lidarskega modela površja, nekoliko boljše kakovosti. Pri DMP, ki je izdelan iz fotogrametričnega oblaka točk, lahko pride na območju med zgradbami in okolico do nepravilne detekcije slikovnih točk, kar se na popolnem ortofotu odrazi v netočnem prikazu robov streh zgradb. Haggag, Zahran in Salah (2018) so predstavili postopek izdelave popolnega ortofota na študijskem primeru, pri katerem so uporabili letalske fotografije visoke prostorske ločljivosti (10 cm) in preklap fotografij 80 % v vzdolžni in prečni smeri. Po orientaciji bloka aerofotografij z aerotriangulacijo so izdelali DMP z uporabo metode polglobalnega iskanja ujemanja (angl. *semi-global matching*, SGM). Ker so DMP izdelali iz istih fotografij kot popolni ortofoto, so lahko natančneje določili zakrita območja in tako zmanjšali pojav večkratne preslikave.

1.2 Cilji raziskave in struktura članka

V raziskavi smo si zastavili dva glavna raziskovalna cilja, za katera v obstoječi literaturi nismo našli ustreznih odgovorov: (a) preizkus dveh postopkov za izdelavo popolnega ortofota in njuna primerjava s klasičnim ortofotom ter (b) analiza prednosti in slabosti samodejno izdelanega popolnega ortofota v primerjavi s klasičnim ortofotom. Popolni ortofoto smo izdelali na dva načina: s postopkom na podlagi DMR in DMZ, ki je zelo zamuden, in s samodejnim postopkom, ki je časovno in s tem tudi stroškovno veliko ugodnejši. Z raziskavo smo želeli najti tudi odgovor na raziskovalno vprašanje, ali je samodejno izdelani popolni ortofoto z vidika popolnosti vsebine in estetskega videza enako kakovosten kot popolni ortofoto, izdelan na podlagi DMR in DMZ. Analize ravninske točnosti izdelanih ortofotov v prispevku ne obravnavamo, ker je to tema, ki je že dobro raziskana, in se v projektih izvaja v skladu z zahtevami naročnikov.

Osnovna načela izdelave klasičnega in popolnega ortofota predstavimo v drugem poglavju. V tretjem poglavju obravnavamo študijsko območje, vhodne podatke, uporabljeno opremo in metodologijo različnih načinov izdelave ortofota. Opišemo konkretne postopke izdelave klasičnega ortofota in popolnih ortofotov, izdelanih na dva načina. V četrtem poglavju predstavimo rezultate in njihovo analizo. Ocenimo popolnost vsebine in estetski videz izdelanih ortofotov ter analiziramo prednosti in slabosti samodejno izdelanega popolnega ortofota v primerjavi s klasičnim ortofotom. V zaključku strnemo ugotovitve in izpostavimo prednosti samodejno izdelanega popolnega ortofota.

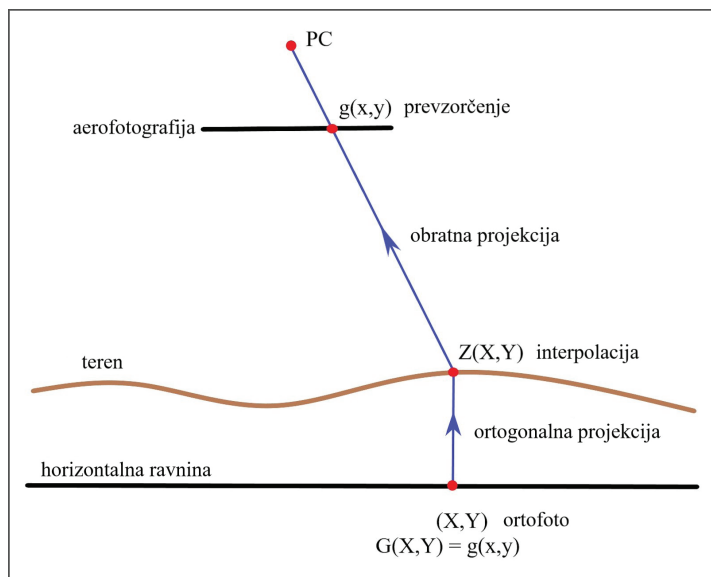
2 NAČELO IZDELAVE KLASIČNEGA IN POPOLNEGA ORTOFOTA

2.1 Klasični ortofoto

Vhodni podatki za izdelavo klasičnega ortofota so georeferencirane aerofotografije in DMR, popravljen za namen izdelave ortofota (na primer mostovi, viadukti in podobno). Georeferenciranje aerofotografij se izvede v projektu aerotriangulacije, v okviru katerega se izračunajo parametri zunanje orientacije vseh

fotografij, ki sestavljajo fotogrametrični blok (Kraus, 2007). Ker se za fotografiranje uporabijo veliko- ali srednjeformatni merski fotogrametrični fotoaparati, parametre notranje orientacije pridobimo s kalibracijskim certifikatom proizvajalca. Aerofotografije v fotogrametričnem bloku se med seboj deloma prekrivajo, in sicer v vzdolžni smeri (smer zajema fotografij v snemalnem pasu) in v prečni smeri (prekrivanje med snemalnimi pasovi). Za izdelavo klasičnega ortofota se fotografiranje izvede s prekrivanjem 60–80 % v vzdolžni smeri in 20–30 % v prečni smeri.

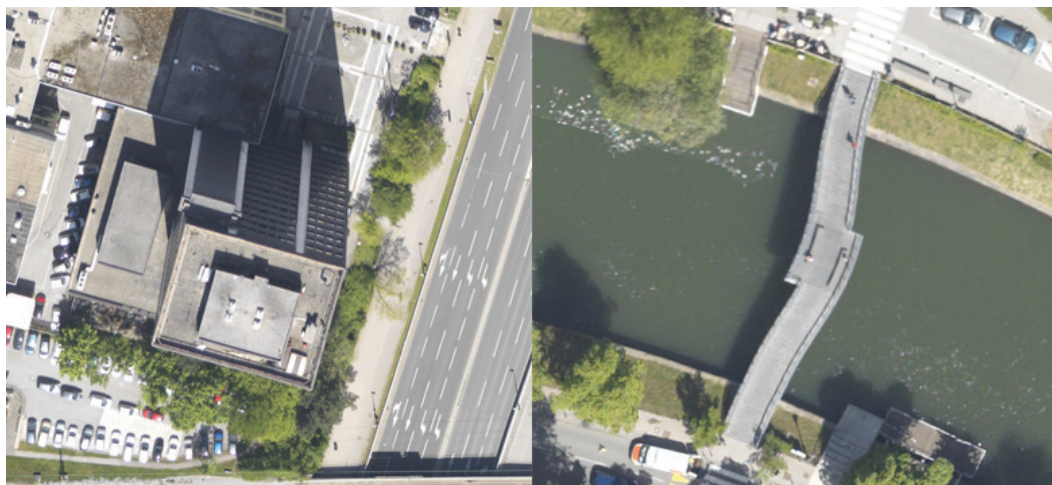
Digitalni model reliefa (slika 3a) je lahko neodvisen vhodni vir ali pa se izdelava iz fotografij v okviru istega projekta na podlagi algoritmov slikovnega ujemanja. Zaradi enostavnosti obdelave in hranjenja se najpogosteje uporablja digitalni model višin (DMV) kot rastrska oblika zapisa DMR. Kakovost DMR ima velik vpliv na kakovost ortofota. V splošnem je kakovost določitve ploskve reliefa odvisna od točnosti in gostote podanih višin ter razgibanosti reliefa (Kosmatin Fras, 2004). V Sloveniji se je v začetnem obdobju izdelave državnega ortofota DMR izdeloval s slikovnim ujemanjem iz istih fotografij, iz katerih je bil izdelan ortofoto. Dandanes se pogosto uporabijo lidarski podatki. Način izdelave klasičnega ortofota je prikazan na sliki 1.



Slika 1: Način izdelave klasičnega ortofota.

Pri izdelavi ortofota se vsebina fotografije, ki je upodobljena v centralni projekciji, ortogonalno projicira na izbrano (običajno horizontalno) ravnino. V praksi se uporabi posredni postopek (obratna projekcija), kjer se pikslu ortofota na lokaciji (X,Y) določi radiometrična vrednost (G) na podlagi njegovih izračunanih slikovnih koordinat (x,y) in prevzorčenja radiometričnih vrednosti (g) na fotografiji. Pripadajočo višino Z za piksel ortofota (X,Y) določimo z interpolacijo med višinami, s katerimi je definirana ploskev reliefa, slikovne koordinate pa izračunamo s kolinearnimi enačbami centralne projekcije (Kraus, 2007). Ta postopek se imenuje posredni zato, ker izhajamo iz pikslov na ortofotu, in ima prednost pred neposrednim postopkom, pri katerem izhajamo iz pikslov na fotografiji, saj dobimo za vsak piksel ortofota samo eno radiometrično vrednost.

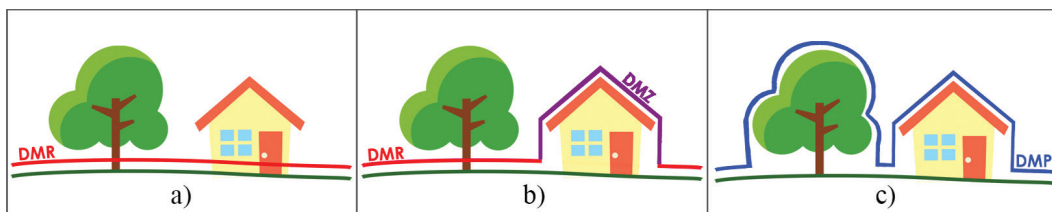
Ortofoto je 2D-izdelek, kot pa je razvidno s slike 1, je višina Z na reliefu funkcija ravninskih koordinat (X, Y) . Iz opisanega načela izdelave sledi, da se na ortofotu na pravilnem ravninskem položaju prikaže le vsebina, ki je na ploskvi reliefa. Grajeni objekti in vegetacija se na klasičnem ortofotu prikažejo premaknjeno (slika 2). Velikost odmika od pravega položaja je odvisna od več dejavnikov (goriščne razdalje objekta, velikosti senzorja, višine fotografiranja, razgibanosti terena, relativne višine objekta nad terenom, oddaljenosti objekta od glavne točke fotografije) in je, na primer, na državnem ortofotu lahko tudi več metrov (Triglav Čekada, 2016).



Slika 2: Primer klasičnega ortofota. Slika levo: streha prikazane zgradbe je premaknjena glede na temelje, deloma se vidita tudi dve fasadi; zaradi centralne projekcije fotografij zvrnjen položaj zgradbe zakriva vsebino, ki je ob zgradbi. Slika desno: most čez reko je prelomljen in zvit, ker projekcijska ploskev ne poteka po površini mostu.

2.2 Popolni ortofoto

Popolni ortofoto se izdelava po enakem načelu kot klasični ortofoto, le da pri njem uporabimo drugo ploskev preslikave. Lahko uporabimo kombinacijo DMR in DMZ (slika 3b) ali DMP, ki poleg zgradb vključuje tudi zgornjo ploskev vegetacije (slika 3c).

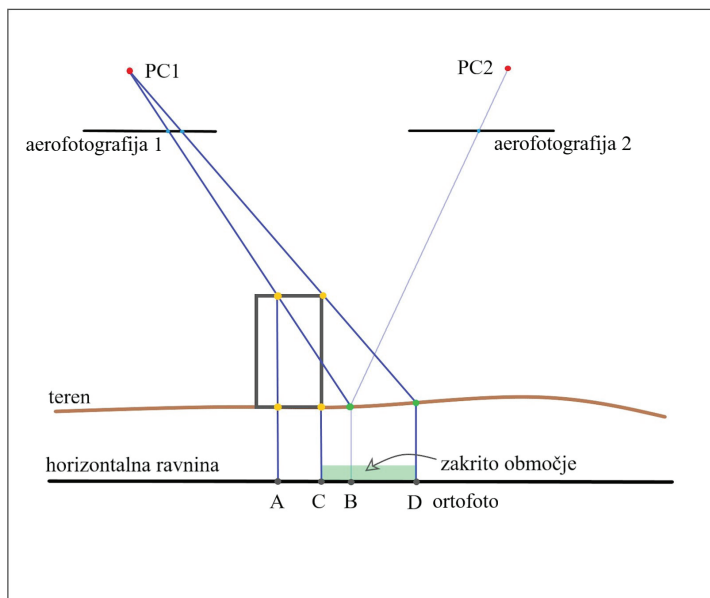


Slika 3: (a) Projekcijska ploskev pri izdelavi klasičnega ortofota je DMR; (b) projekcijska ploskev pri izdelavi popolnega ortofota je lahko kombinacija DMR (na odprtem terenu in pod vegetacijo) in DMZ (c) DMP.

Ta, na videz manjša razlika v vhodnih podatkih v postopku povzroči dve težavi, ki z algoritmi nista enostavno rešljivi: a) zaradi perspektivne preslikave so nekatere vsebine zakrite oziroma so v senci višjih objektov (angl. *hidden areas*; *shadow areas*) ter b) na ortofotu se vsebine, ki so nad reliefom, preslikajo večkrat (angl. *double mapping*; tudi: *ghost effect*). Poglejmo si to na primeru zgradbe (slika 4). Točka A se bo na območju strehe

zgradbe pravilno preslikala. V zakritem območju (med točkama C in D) na aerofotografiji 1 ni prave vsebine, zato se bo na primer točka B, ki je na površju reliefa, na ortofotu preslikala z isto vsebino kot točka A.

Težavo vsebine na zakritih območjih lahko rešimo le tako, da imamo na voljo aerofotografijo iz drugega zornega kota (aerofotografija 2 na sliki 4), na kateri je vidna zakrita vsebina. Iz tega sledi, da lahko celotno fotografsko vsebino na nekem območju zagotovimo le, če prekrivanje aerofotografij v vzdolžni in prečni smeri teoretično znaša najmanj 50 %.



Slika 4: Težave pri izdelavi popolnega ortofota: območje med C-D je na aerofotografiji 1 zakrito; točka A se na ortofotu preslika dvakrat, če prej nismo opredelili zakritega območja; prava vsebina med C-D je na aerofotografiji 2.

Prekrivanje fotografij v vzdolžni smeri je že pri klasičnem načinu aerofotografiranja običajno najmanj 60 %, prečno prekrivanje pa ne ustreza zahtevam za izdelavo popolnega ortofota. Za izdelavo popolnega ortofota je splošno priporočilo vzdolžno prekrivanje 80 % in prečno prekrivanje vsaj 60 % (Li et al., 2020). Če je na nekem območju zelo gosta pozidava in so zgradbe visoke, potem je za dober rezultat potrebno še višje prekrivanje, celo do 80 % v obeh smereh. To seveda pomeni tudi daljši čas snemanja in s tem višji fiksni strošek v projektu, kar bomo podrobneje opisali v poglavju 4.2.

Z zagotovitvijo ustreznih vhodnih fotografij še ne rešimo celotne težave, potrebujemo namreč tudi ustrezen računalniški program. Algoritem za izdelavo popolnega ortofota mora dobro izvesti dve nalogi: a) najprej določiti, kje so zakrita območja, zato da se prepreči večkratna preslikava vsebine, ter b) za zakrita območja poiskati ustrezno vsebino na sosednjih fotografijah. Razvitih je bilo več metod za iskanje zakritih območij. Li et al. (2020) so izdelali podroben pregled teh metod, kjer so predstavili različne načine pri iskanju zakritih območij in izpostavili glavne težave posameznih algoritmov. Algoritme razvrščajo v naslednjih šest glavnih kategorij: algoritem Z-pasu (angl. *Z-buffer algorithm*), algoritem določanja senc na osnovi kotov (angl. *angle-based shadow detection algorithm*), algoritem določanja senc na osnovi višin (angl. *height-based shadow detection algorithm*), določanje vektorskih poligonov (angl. *vector-based*

polygons), sinteza na osnovi tekstur (angl. *texture-based synthesis*) in objektno orientirani algoritmi (angl. *object-oriented algorithms*).

Ne glede na to, kateri algoritem je implementiran v posameznem računalniškem programskem paketu za izdelavo popolnega ortofota, vpliva na natančnost določitve zakritih območij tudi digitalna ploskev preslikave. Če so strehe in obrisi zgradb natančno definirani v digitalnem modelu zgradb, potem bo natančno določeno tudi območje zakrivanja. Če pa je vhodni podatek DMP, v katerem obrisi zgradb niso natančno določeni, potem tudi zakrita območja niso natančno definirana. Slednje se na popolnem ortofotu pokaže v obliki nazobčanih robov zgradb. Izdelava digitalnega modela zgradb je zahtevna in dolgotrajna, kar pomeni, da za izdelavo popolnega ortofota potrebujemo precej več časa in denarja. Zato je ekonomsko bolj učinkovito, če se kot vhodni podatek uporabi DMP, ki pa lahko da precej slabši estetski rezultat izdelanega ortofota (neostri ali nazobčani robovi streh zgradb). V raziskavi, ki smo jo izvedli, smo zato med drugim želeli preveriti, ali s sodobnimi orodji za izdelavo popolnega ortofota dobimo dovolj dobre rezultate tudi s samodejnim postopkom, pri katerem uporabimo DMP.

3 RAZISKAVA NA ŠTUDIJSKEM PRIMERU

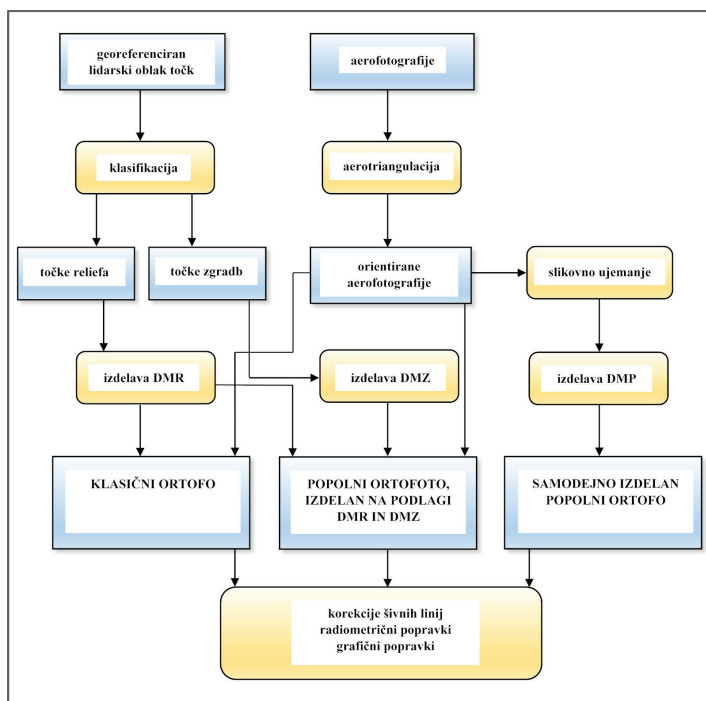
Raziskavo smo izvedli na dveh območjih v mestni občini Ljubljana, ki imata različno gostoto in vrsto pozidave (slika 5). Prvo območje (A) je v starem delu Ljubljane in vsebuje strnjeno gradnjo večnadstropnih zgradb (veliko je približno 700 metrov x 500 metrov). Drugo območje (B) je v mestni četrti Dravljje, kjer je redkejša pozidava z enodružinskimi hišami (veliko je približno 500 metrov x 400 metrov).



Slika 5: Študijski območji raziskave v mestni občini Ljubljana. Območje A je v starem mestnem središču Ljubljane, območje B je v mestni četrti Dravljje.

V raziskavi smo uporabili aerofotografije in lidarski oblak točk, oboje zajeto v aprilu 2019. Naročnik je bila Mestna občina Ljubljana. Prekrivanje med aerofotografijami je 70 % vzdolžno in 50 % prečno,

ker aerofotografiranje ni bilo posebej namenjeno za izdelavo popolnega ortofota. Aerofotografiranje in lidarsko snemanje sta bila izvedena na višini približno 750 metrov nad terenom, posamezna aerofotografija vsebuje okrog 60 megapikslov, dolžina talnega vzorca (angl. *ground sample distance*) je 10 centimetrov. Prekrivanje aerofotografij sicer ni optimalno glede na priporočila za izdelavo popolnega ortofota (Lie et al., 2020), vendar zadošča (teoretično je dovolj 50 % v obeh smereh). Raziskava je bila namreč izvedena pred projektom izdelave popolnega ortofota za celotno območje Mestne občine Ljubljana, za katero je bilo izvedeno novo aerofotografiranje z večjim preklpom (aprila 2020). Kot je bilo že navedeno v poglavju 1.1, v znanstveni literaturi nismo našli ustreznih raziskav, iz katerih bi lahko črpali informacije, potrebne za izdelavo popolnega ortofota na tako velikem projektu.



Slika 6: Grafični prikaz izdelave klasičnega ortofota, popolnega ortofota, izdelanega na podlagi DMR in DMZ, in samodejno izdelanega popolnega ortofota.

Za izdelavo klasičnega ortofota in popolnega ortofota, izdelanega na podlagi DMR in DMZ, smo uporabili v prejšnjem odstavku opisane aerofotografije in lidarski oblak točk. Povprečna gostota oblaka točk za prvi in zadnji odboj je bila 18 točk/m². Digitalni model površja, ki smo ga uporabili v postopku samodejne izdelave popolnega ortofota, smo izdelali s slikovnim ujemanjem iz istih letalskih fotografij kot popolni ortofoto.

Za izdelavo popolnega ortofota in obdelavo lidarskih podatkov smo v naši študiji uporabili naslednje programe:

- **Phocus**: program za radiometrično popravo surovih fotografij in pretvorbo formata zapisa;

- **MatchAT**: izvedba aerotriangulacije za namen samodejne izdelave popolnega ortofota; podatke orientacije fotografij je iz tega programa mogoče neposredno uvoziti v program SURE;
- **RiPROCESS**: programski paket za obdelavo surovih lidarskih podatkov in grobo registracijo oblaka točk;
- **Terrasolid** programski paket z vtičniki za okolje Microstation:
 - TerraScan: upravljanje in obdelava lidarskih podatkov, vektorizacija zgradb,
 - TerraMatch: georeferenciranje lidarskih podatkov,
 - TerraModeler: modeliranje in vizualizacija 3D-modelov,
 - TerraPhoto: orodje za izdelavo klasičnega ortofota in popolnega ortofota, izdelanega na podlagi DMR in DMZ; vključuje tudi postopek aerotriangulacije;
- **SURE**: programski paket za samodejno izdelavo popolnega ortofota.

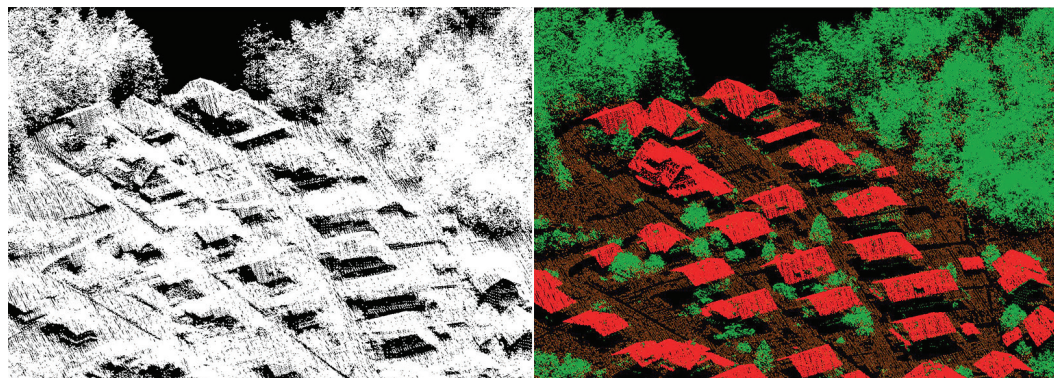
Na sliki 6 je predstavljena metodologija izdelave ortofotov. Za vsako od obeh testnih območij (A in B) smo izdelali po tri različne ortofote: (a) klasični ortofoto, (b) popolni ortofoto, izdelan na podlagi DMR in DMZ iz klasificiranega lidarskega oblaka točk, in (c) samodejno izdelan popolni ortofoto.

Vhodni podatki so aerofotografije in georeferencirani lidarski oblak točk. Priprava aerofotografij, ki vključuje radiometrične popravke in aerotriangulacijo, je enaka za vse tri načine izdelave ortofota. S klasifikacijo smo iz lidarskega oblaka točk določili točke reliefa in točke zgradb, ki smo jih uporabili za izdelavo DMR oziroma DMZ. Postopke izdelave posamezne vrste ortofota opisujemo v podpoglavjih 3.1, 3.2 in 3.2.

3.1 Izdelava klasičnega ortofota

Klasični ortofoto smo v vtičniku TerraPhoto izdelali iz orientiranih aerofotografij in DMR v obliki nepravilne trikotniške mreže iz lidarskega oblaka točk. V aplikaciji TerraScan smo izvedli klasifikacijo oblaka točk v tri glavne razrede: relief, vegetacija in zgradbe (slika 7). Rezultate samodejne klasifikacije smo vizualno pregledali v aplikacijah TerraModeler in TerraScan ter popravili napake in višine na območjih mostov.

Ko so vhodni podatki ustrezno pripravljeni, je izdelava mozaika iz ortorektificiranih fotografij samodejna (slika 8).

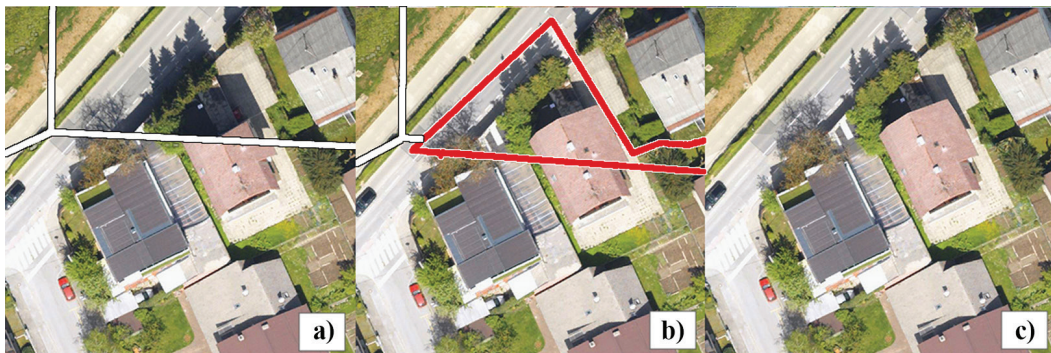


Slika 7: Prikaz neklasificiranega oblaka točk (levo) in oblaka točk, klasificiranega na kategorije (desno): relief, vegetacija, zgradbe.



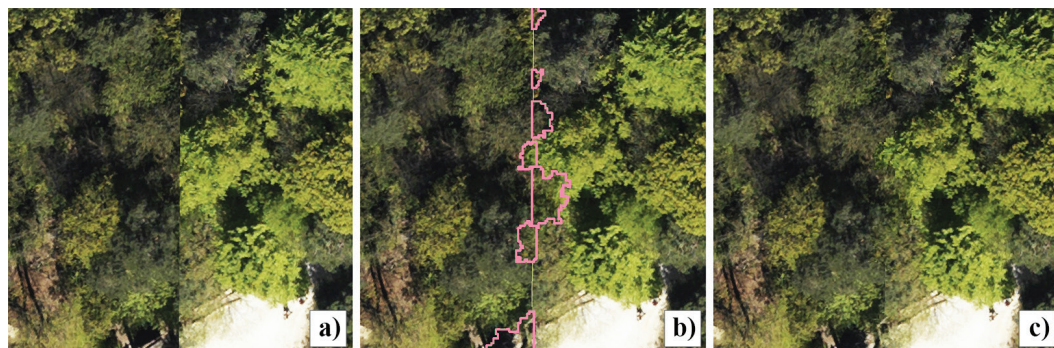
Slika 8: Samodejno izdelan klasični ortofoto mozaik za študijsko območje A.

Na koncu je treba mozaik še vizualno pregledati in ročno obdelati, s čimer uredimo šivne linije med posameznimi ortorektificiranimi fotografijami. Največ težav pri mozaičenju nastane na območjih zgradb. Program TerraPhoto, ki smo ga uporabili za izdelavo klasičnega ortofota, omogoča izdelavo ortofoto mozaika s korekcijskimi poligoni, s katerimi lahko ročno določimo, kateri deli ortorektificiranih fotografij se prikažejo v mozaiku. Primer urejanja šivnih linij je prikazan na sliki 9.



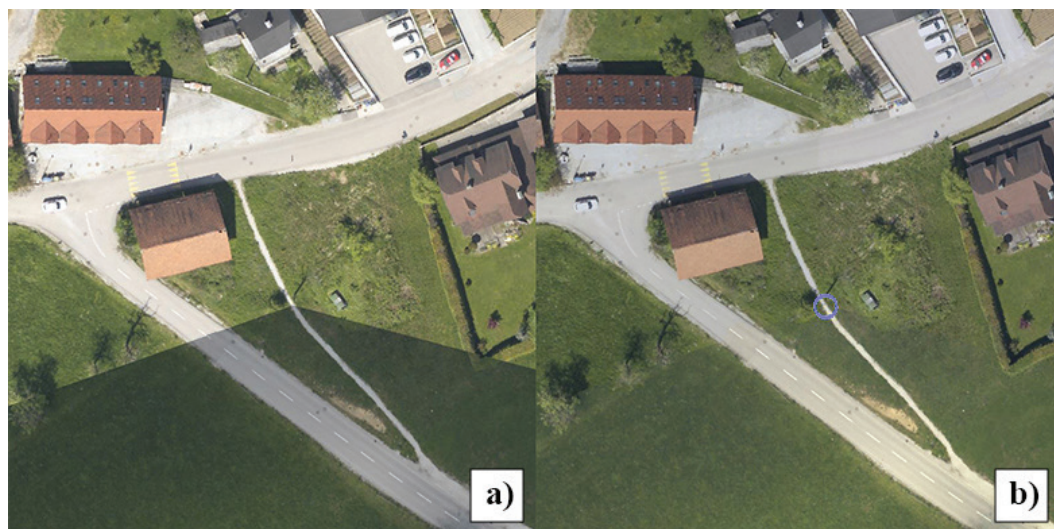
Slika 9: Popravljanje šivnih linij s korekcijskimi poligoni; a) prikazane so samodejno določene šivne linije; b) ročno določimo območje in fotografijo z ustrežno vsebino; c) rezultat ročno urejenega mozaika.

Po končanem ročnem pregledu in popravi šivnih linij se izvede še samodejna poprava šivnih linij. Algoritem poišče preostale napake na mejah med fotografijami in samodejno generira korekcijske poligone. S tem postopkom se izboljšajo predvsem prehodi med fotografijami na območjih gozdov (slika 10).



Slika 10: Izboljšanje prehodov med fotografijami na območjih gozdov s samodejnimi korekcijskimi poligoni: a) samodejno določena šivna linija; b) samodejno določeni korekcijski poligoni; c) šivne linije so manj opazne.

Sledijo radiometrične korekcije (slika 11) in končno grafično urejanje ortofoto mozaika.

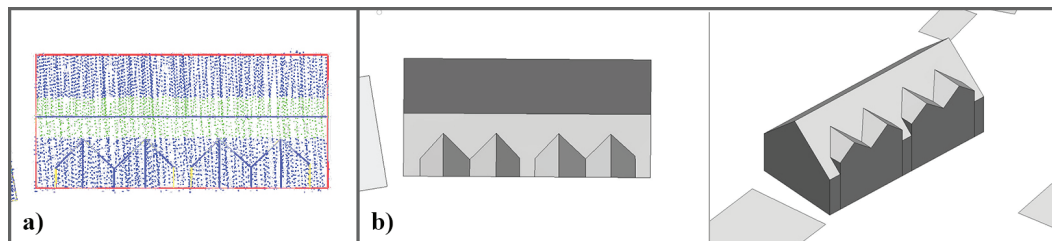


Slika 11: Primer radiometrične korekcije ortofota: a) velike razlike v svetlosti v ortomozaiku; b) radiometrična izboljšava ortomozaika; z modrim krogom je označeno mesto, kjer smo v programu določili mesto za izračun radiometričnih popravkov.

3.2 Izdelava popolnega ortofota na podlagi DMR in DMZ

Digitalni model zgradb, ki ga v tem postopku potrebujemo kot vhodni podatek, lahko izdelamo na različne načine. V našem primeru smo ga v programu Terrascan izdelali samodejno iz klasificiranega lidarskega oblaka točk, in sicer iz točk v razredu zgradbe. Kakovost samodejne vektorizacije robov streh zgradb je zelo odvisna od kakovosti predhodno izvedene klasifikacije in gostote oblaka točk. Večja gostota točk omogoča izdelavo natančnejših modelov zgradb. V našem primeru smo uporabili izvirno gostoto točk.

Samodejno izdelane vektorske 3D-modele zgradb smo nato ročno pregledali in popravili z vgrajenimi orodji, ki ohranjajo topologijo modelov ter omogočajo njihovo hitro in enostavno urejanje. Kljub temu je ta del postopka precej zamuden in se zaradi njega celoten časovni obseg izdelave popolnega ortofota zelo podaljša (podrobneje je to opisano v poglavju 4.2). Rezultat vektorizacije so 3D-ploskovni modeli streh, sten in zunanjih obodov zgradb (slika 12).



Slika 12: a) Primer vektorizirane zgradbe iz klasificiranega oblaka točk in b) izdelan ploskovni model.

Iz ustrezno pripravljenih vhodnih podatkov smo nato izdelali mozaik popolnega ortofota. Končno urejanje ortomozaika je potekalo enako, kot smo opisali na primeru klasičnega ortofota.

3.3 Samodejna izdelava popolnega ortofota

Samodejno izdelan popolni ortofoto smo izdelali v kompleksnem programskem orodju SURE (SURE aerial, 2020). Vhodni podatki so orientirane aerofotografije, DMP v obliki nepravilne trikotniške mreže pa se izdela samodejno v okviru postopka izdelave ortofota iz gostega oblaka točk, pridobljenega s slikovnim ujemanjem fotografij. Gostota trikotnikov je lokalno prilagojena razgibanosti terena – razgibana območja so predstavljena z manjšimi trikotniki, ravninska območja pa z večjimi trikotniki. Digitalni model površja vključuje relief in vse objekte, ki so nad reliefom (ograje, grmičevje, drevesa, zgradbe ipd.). Pri ortorektifikaciji se torej vsi objekti nad reliefom preslikajo na pravilni položaj na ortofotu. Program SURE sicer omogoča izdelavo trikotniške mreže DMP tudi iz uvoženih lidarskih podatkov, vendar tega v našem primeru nismo uporabili, saj smo želeli preizkusiti celoten proces obdelave v tem programu.

Program omogoča tudi ročno popravo morebitnih napak v DMP, saj te napake neposredno vplivajo na kakovost izdelanega ortofota. V postopku samodejne izdelave popolnega ortofota je to edini korak, ki zahteva ročno intervencijo, a s tem izboljšamo rezultate.

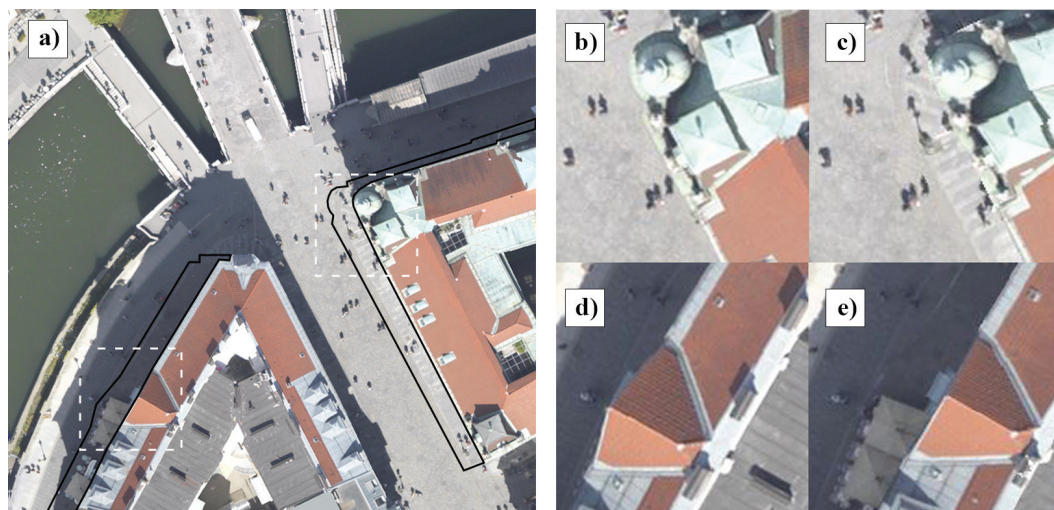
4 REZULTATI IN NJIHOVA ANALIZA

Rezultat opisanih postopkov so trije različni ortofoti za vsako od dveh območij (A in B), skupno torej šest izdelkov. Ortofote smo ovrednotili z vidika popolnosti vsebine in estetskega videza (poglavje 4.1) ter naredili analizo prednosti in slabosti popolnega ortofota v primerjavi s klasičnim ortofotom (poglavje 4.2).

4.1 Popolnost vsebine in estetski videz izdelanih ortofotov

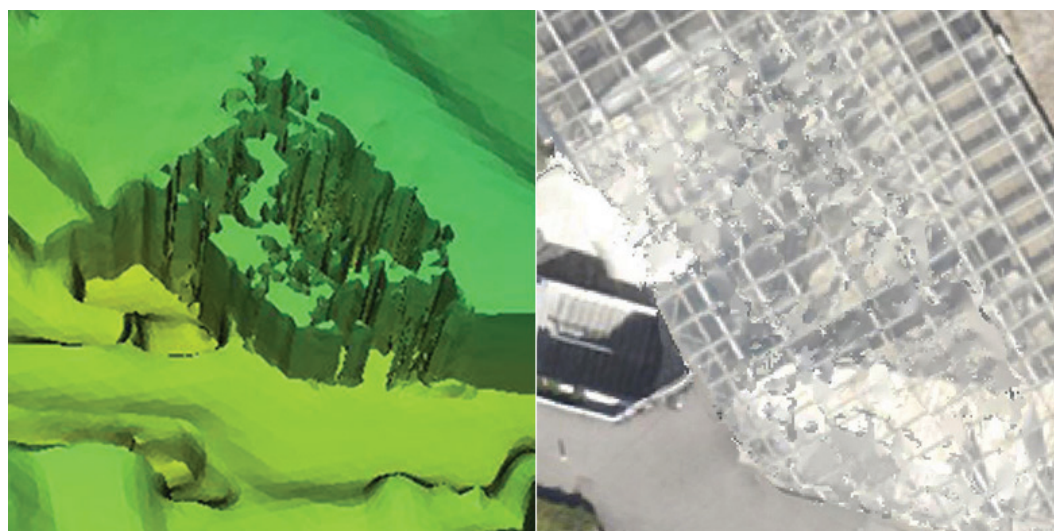
Ker so bile vse tri vrste ortofota izdelane iz istih aerofotografij, je njihova osnovna fotografska kakovost enaka. Zaradi različnih postopkov in programskih orodij pa se razlikujejo v podrobnostih oziroma v popolnosti vsebine ter estetskem videzu. Na izdelkih smo preverjali predvsem vidnost detajlov na zakritih

območjih in kakovost prikaza robov streh zgradb. Pri klasičnem ortofotu je v urbanih območjih največja pomanjkljivost v zakriti vsebini v bližini zgradb (slika 13).



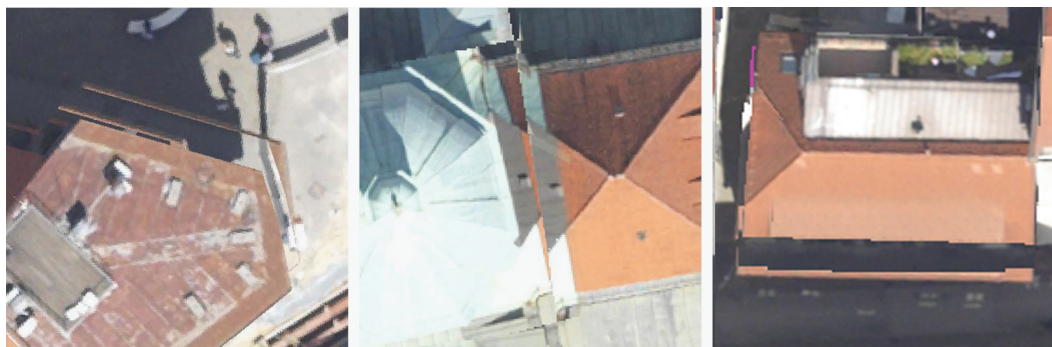
Slika 13: Slika a) večji izsek iz samodejno izdelanega popolnega ortofota na študijskem območju A; vidnost vsebin na zakritih območjih je dobra, ni pojava večkratne preslikave; b) klasični ortofoto na manjšem izseku in c) popolni ortofoto na istem izseku; d) klasični ortofoto na manjšem izseku in e) popolni ortofoto na istem izseku. Izseka sta na sliki (a) označena s črtkanima belima kvadratoma. Črna poligona na sliki a) označujeta zakrita območja na klasičnem ortofotu.

Pri samodejni izdelavi popolnega ortofota na območju, kjer so objekti s steklenimi strehami, ki deloma prepuščajo svetlobo do tal, rezultati slikovnega ujemanja niso bili dobri, zato je ortofoto na teh mestih popačen (slika 14).



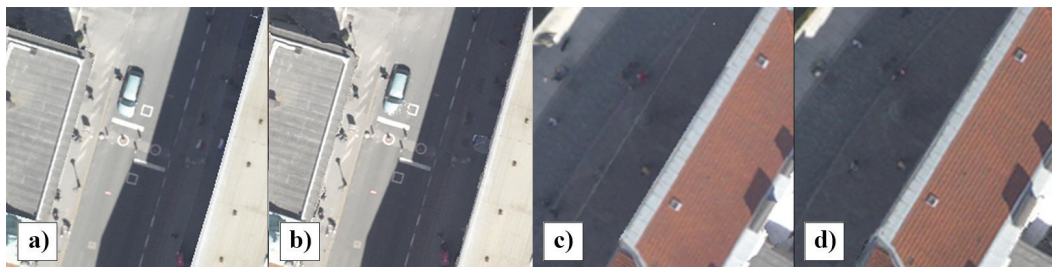
Slika 14: Samodejno izdelan DMP na območju objektov s steklenimi strehami (levo); vsebina na popolnem ortofotu je zelo popačena (desno).

Opazili smo, da se na popolnem ortofotu, izdelanem na podlagi DMR in DMZ, predvsem pri zgradbah s kompleksnimi obrisi, na zakritih območjih pojavi večkratna preslikava. Vsebina na ortofotu je tako nejasna. Izseki s primeri večkratne preslikave na popolnem ortofotu, izdelanem na podlagi DMR in DMZ, so prikazani na sliki 15. Na teh primerih lahko vidimo, kako pomembno je, da iz oblaka točk samodejno vektorizirane obrise streh zgradb še dodatno ročno popravimo.



Slika 15: Primeri večkratne preslikave na popolnem ortofotu, izdelanem na podlagi DMR in DMZ, ki so rezultat nenatančne določitve obrisa strehe zgradbe.

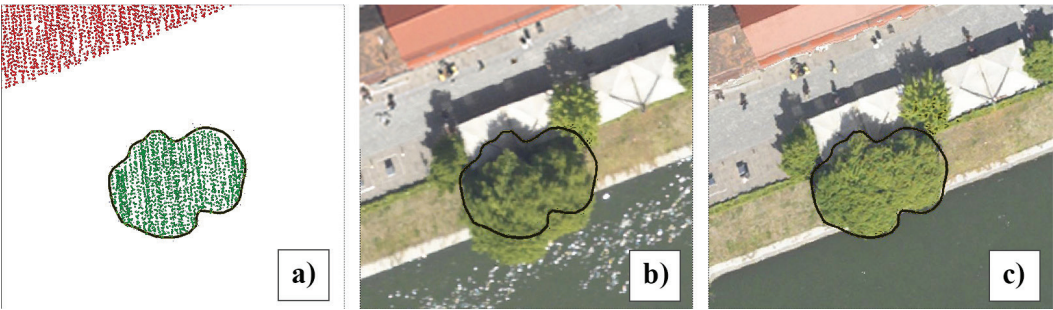
S primerjavo popolnega ortofota, izdelanega na podlagi DMR in DMZ, in samodejno izdelanega popolnega ortofota smo preverili tudi kakovost upodobitve robov streh zgradb. Na primeru dveh izsekov (slika 16) vidimo, da so robovi streh zgradb na ortofotu, ki je izdelan na podlagi DMR in DMZ, prikazani bolj ostro kot na samodejno izdelanem popolnem ortofotu, kjer so nekoliko nazobčani. Razlog je v tem, da robovi streh zgradb v samodejno izdelanem DMP niso natančno določeni. Vendar pa so razlike v estetskem videzu zelo majhne, zato tudi samodejno izdelan popolni ortofoto lahko štejemo za zelo dober izdelek. S tem smo tudi odgovorili na naše v uvodu zastavljeno raziskovalno vprašanje, ali je samodejno izdelan popolni ortofoto v primerjavi z ortofotom, izdelanim na podlagi DMR in DMZ, enako kakovosten z vidika popolnosti vsebine in estetskega videza. Ta ugotovitev je zelo pomembna za izvedbo postopka samodejne izdelave popolnega ortofota v izvedbenih projektih.



Slika 16: Primerjava kakovosti prikaza robov streh zgradb. Sliki a) in c) prikazujeta izseka iz popolnega ortofota, izdelanega na podlagi DMR in DMZ, sliki b) in d) sta ista izseka iz samodejno izdelanega popolnega ortofota.

Ne nazadnje je še ena prednost samodejne izdelave popolnega ortofota, da je na pravilnem ravninskem položaju prikazana tudi vegetacija (grmovje, drevesa), saj se kot projekcijska ploskev za preslikavo fotografij uporabi DMP. Za prikaz smo iz lidarskega oblaka točk vektorizirali obris krošnje drevesa (slika 17a)

in jo prikazali na popolnem ortofotu, izdelanem na podlagi DMR in DMZ (slika 17b), in samodejno izdelanem popolnem ortofotu (slika 17c). Kot vidimo, se pri samodejno izdelanem popolnem ortofotu obris krošnje drevesa nahaja na pravilnem ravninskem položaju, kot ga lahko ocenimo vizualno.



Slika 17: a) Vektoriziran obris krošnje drevesa iz lidarskega oblaka točk; b) popolni ortofoto, izdelan na podlagi DMR in DMZ, s prikazanim ravninskim položajem obrisa krošnje; c) samodejno izdelan ortofoto, pri katerem je obris krošnje drevesa na pravilnem ravninskem položaju, kot ga lahko ocenimo vizualno.

4.2 Analiza prednosti in slabosti popolnega ortofota v primerjavi s klasičnim ortofotom

Poleg praktičnega preizkusa dveh načinov izdelave popolnega ortofota nas je zanimal ekonomski vidik različnih postopkov. Največji zadržek naročnikov pri odločanju za popolni ortofoto je namreč njegova cena, ki je lahko precej višja od cene klasičnega ortofota. V naši raziskavi smo se osredotočili na trajanje posameznih faz v postopku izdelave ortofota, ki je eden izmed pomembnih parametrov za določitev cene izdelka. Podrobnejše cenovne analize nismo delali, ker to v širšem smislu sega v poslovno okolje izvajalca projekta (vlaganje v opremo, izobraževanje kadra ipd.).

Kot smo utemeljili že teoretično, moramo za izdelavo popolnega ortofota zagotoviti aerofotografiranje z dovolj velikim prekrivanjem fotografij v vzdolžni in prečni smeri. Strošek letenja je sorazmeren času letenja. Čas letenja se izračuna na podlagi hitrosti letenja, dolžine linij ter potrebnih obratov med linijami. Za enako veliko območje smo primerjali čas letenja za klasično aerofotografiranje in čas letenja za aerofotografiranje za namen izdelave popolnega ortofota (preglednica 1). Za isto območje se čas fotografiranja za namen izdelave popolnega ortofota poveča za količnik 1,24.

Preglednica 1: Čas letenja za klasično aerofotografiranje in aerofotografiranje za izdelavo popolnega ortofota

	Klasično aerofotografiranje	Aerofotografiranje za izdelavo popolnega ortofota
Hitrost letenja	148 km/h	148 km/h
Vzdolžni preklap	70 %	80 %
Prečni preklap	50 %	60 %
Število snemalnih linij	48	62
Čas obračanja med linijami	1 h 36 min	2 h 4 min
Skupna dolžina snem. linij	508 km	618 km
Čas snemanja	3 h 26 min	4 h 11 min
Skupni čas letenja	5 h 2 min	6 h 15 min
Količnik	1	1,24

Ocenili smo tudi trajanje posameznih korakov pri izdelavi ortofota. Predvsem nas je zanimalo, koliko ročnega dela v posameznem koraku je treba opraviti, saj porabljeni čas predstavlja strošek dela. V preglednici 2 je prikazan čas ročne obdelave za posamezne korake, ki smo ga izmerili na predstavljenem študijskem primeru (skupno za območji A in B). Izdelava popolnega ortofota, izdelanega na podlagi DMR in DMZ, v vseh korakih zahteva vsaj nekaj ročne obdelave, zato je najkompleksnejši postopek. Najzamudnejši korak je vektorizacija obrisov streh zgradb. Na območju enodružinskih hiš je ta razmeroma enostavna, pri strnjeni gradnji v starem delu mesta pa je zaradi kompleksnosti zgradb zelo zahtevna. Pri samodejni izdelavi popolnega ortofota je količina ročnega dela zelo majhna.

Časovno primerjavo med postopkom izdelave klasičnega ortofota in obema postopkoma izdelave popolnega ortofota predstavlja izračunani količnik. Popolni ortofoto, izdelan na podlagi DMR in DMZ, ima v primerjavi s klasičnim ortofotom časovni količnik 2,75, samodejno izdelan popolni ortofoto pa ima v primerjavi s klasičnim ortofotom časovni količnik 0,27. To pomeni, da za samodejno izdelavo popolnega ortofota porabimo le približno tretjino časa za ročno delo kot pri izdelavi klasičnega ortofota. Za izdelavo popolnega ortofota, izdelanega na podlagi DMR in DMZ, potrebujemo skoraj trikrat več časa za ročno delo kot pri izdelavi klasičnega ortofota. Te časovne ocene se nanašajo le na naš študijski primer, vendar so ugotovitve vseeno relevantne.

Preglednica 2: Čas ročne obdelave za posamezne korake za obe testni območji skupaj; kjer ni podatka, je izvedba samodejna.

	Klasični ortofoto	Popolni ortofoto, izdelan na podlagi DMR in DMZ	Samodejno izdelan popolni ortofoto
Priprava fotografij	30 min	30 min	30 min
Orientacija fotografij	3 h	3 h	3 h
Klasifikacija točk – DMR	30 min	30 min	–
Poprava šivnih linij	30 min	30 min	–
Radiometrična poprava	10 min	10 min	–
Vektorizacija mostov	10 min	10 min	–
Klasifikacija streh	–	1 h	–
Vektorizacija streh zgradb	–	6 h	–
Grafične izboljšave	30 min	30 min	30 min
Skupaj	1 h 50 min	8 h	30 min
Količnik	1	2,75	0,27

Če strnemo, je prednosti samodejno izdelanega ortofota precej. Njegova izdelava je visoko avtomatiziran postopek, ki za dober vsebinski in estetski rezultat potrebuje le manjši vložek ročne obdelave. Dodaten izdelek, ki ga dobimo v okviru samega procesa, je fotogrametrični oblak točk oziroma iz njega izdelan DMP v obliki nepravilne trikotniške mreže. Na samodejno izdelanem ortofotu je tako rekoč celotna vsebina vidna in prikazana na pravilnem ravninskem položaju. Seveda so v zvezi s tem izdelkom povezane tudi nekatere slabosti. Potrebujemo zmogljivo strojno in programsko opremo, zelo dobro moramo poznati vse tehnične dele postopkov, ki so precej kompleksni, tudi strojna obdelava je dolgotrajnejša kot pri izdelavi klasičnega ortofota. Potrebujemo višje prekrivanje aerofotografij, kar pomeni daljši čas aerofotografiranja in s tem višje fiksne stroške projekta. Na območjih steklenih objektov in pri zelo strnjeni gradnji so rezultati slikovnega ujemanja lahko slabši, zato moramo DMP na teh mestih popraviti ročno. Kljub vsemu, če pretehtamo vse pred-

nosti in slabosti, je s sodobnimi orodji samodejno izdelan popolni ortofoto vsebinsko in estetsko kakovosten ter konkurenčen izdelek.

5 SKLEPNE UGOTOVITVE

Čeprav popolni ortofoto ni novost, se zaradi različnih razlogov še vedno izdeluje redkeje kot klasični ortofoto. Naročniki in uporabniki verjetno ne poznajo vseh njegovih prednosti, predvsem pa je uveljavljeno prepričanje, da je izdelava popolnega ortofota precej dražja od klasičnega ortofota. V zadnjih nekaj letih so algoritmi in računalniški programi za izdelavo popolnega ortofota zelo napredovali, vendar so dobri programi razmeroma dragi, zato njihova uporaba še ni razširjena. Z raziskavo smo želeli objektivno preveriti, kako zahtevni so postopki izdelave popolnega ortofota v primerjavi s klasičnim ortofotom, kakšna je vsebinska in estetska kakovost samodejno izdelanega popolnega ortofota, in različne postopke tudi časovno ovrednotiti. V nam dostopni znanstveni literaturi namreč nismo našli ustreznih odgovorov na ta vprašanja.

Raziskavo smo izvedli na dveh študijskih območjih v mestni občini Ljubljana. Za vsako smo izdelali po tri vrste ortofota: klasični ortofoto, popolni ortofoto, izdelan na podlagi DMR in DMZ, in samodejno izdelani popolni ortofoto. Postopke obdelave in izdelke smo med seboj primerjali. Za izdelavo popolnega ortofota potrebujemo aerofotografije z večjim prekrivanjem kot za izdelavo klasičnega ortofota, kar pomeni približno 25 % več časa pri snemanju. Samodejni postopki nedvomno zahtevajo visoke procesorske zmogljivosti in daljši čas računalniške obdelave, potrebujemo tudi ustrezno programsko opremo. Po drugi strani s postopkom samodejne izdelave popolnega ortofota veliko prihranimo pri času ročne obdelave, ki pomeni konkreten strošek dela v posameznem projektu. Na samodejno izdelanem popolnem ortofotu je na pravilnem ravninskem položaju, kot ga lahko ocenimo vizualno, upodobljena tudi vsebina nad reliefom, kot na primer drevesa, ograje ipd., kar ne velja za klasični ortofoto niti za popolni ortofoto, ki je izdelan na podlagi DMR in DMZ. Z vizualno analizo izdelkov smo ugotovili, da je estetski videz samodejno izdelanega popolnega ortofota, v primerjavi s popolnim ortofotom, izdelanim na podlagi DMR in DMZ, nekoliko slabši le na robovih streh zgradb, ki so rahlo nazobčane. Če strnemo vse ugotovitve, ima samodejno izdelan popolni ortofoto tako v primerjavi s klasičnim ortofotom kot v primerjavi s popolnim ortofotom, izdelanim na podlagi DMR in DMZ, več prednosti kot slabosti.

Vsebinsko je popolni ortofoto nepogrešljiv izdelek na gosto poseljenih območjih, predvsem na območjih visokih zgradb in strnjene pozidave, kar velja za vsa večja mesta. Na njem ni zakrite vsebine v bližini zgradb, kot je to na klasičnem ortofotu, zato menimo, da bi na urbanih območjih takšen izdelek pravzaprav moral postati standarden. Popolni ortofoto se lahko v povezavi z obdelavo prostorskih podatkov v GIS-orodjih in načrtovanjem posegov v prostoru uporabi tudi za fotorealistično vizualizacijo 3D-modelov mest, kar je v nekaterih državah že precej uveljavljeno.

Zahvala

Raziskovalno delo je bilo opravljeno v okviru raziskovalnega programa P2-0406: Opazovanje Zemlje in geoinformatika, ki ga financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

Raziskava študijskega primera je bila izvedena na aerofotografijah in lidarskih podatkih, ki jih je financirala Mestna občina Ljubljana, snemanje je izvedlo podjetje Flycom Technologies d.o.o. Mestni občini Ljubljana se zahvaljujemo za dovoljenje za uporabo teh podatkov. Zahvaljujemo se tudi podjetju Flycom Technologies d.o.o., ki je s tehnološko opremo omogočilo izvedbo študije.

Literatura in viri:

- Amhar, F., Jansa, J., Ries, C. (1998). The Generation of True Orthophotos Using a 3D Building Model in Conjunction with Conventional DTM. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 32 (4), 16–22. DOI: 10.1.1.462.6150
- Andresen, H. (2004). Efficient and Well-documented Digital Orthophoto Production from Airborne Photogrammetry. V *3rd FIG Regional Conference*, 3.–7. oktober 2004, Džakarta, Indonezija. https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/jakarta/papers/ts_22/ts_22_7_andresen.pdf, pridobljeno: 2. 11. 2020.
- Baltrusch, S. (2017). TrueDOP – A new quality step for official orthophotos. V *European Spatial Data Research, Official Publication* (str. 11–27). Leuven, EuroSDR.
- Biasion, A., Dequal, S., Lingua, A. (2004). A new procedure for the automatic production of true orthophotos. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. https://www.researchgate.net/publication/228555318_A_new_procedure_for_the_automatic_production_of_true_orthophotos, pridobljeno 30. 10. 2020.
- Disa, M. N., Maarof, I., Latif, Z. A., Samad, A. M. (2011). LiDAR: A review on generating digital true orthophoto. V *IEEE, 7th International Colloquium on Signal Processing and its Applications*. 4.–6. marec 2011, Penang, Malezija. DOI: <https://doi.org/10.1109/CSPA.2011.5759899>
- Geodetska uprava Republike Slovenije, portal Prostor: Ortofoto. <https://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/topografski-in-kartografski-podatki/ortofoto/>, pridobljeno: 2. 11. 2020.
- Gharibi, H., Habib, A. (2018). True Orthophoto Generation from Aerial Frame Images and LiDAR Data: An Update. *Remote Sensing*, 10 (581), 1–28. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs10040581>
- Habib, A., Kim, C. (2006). LIDAR-Aided True Orthophoto and DBM Generation System. V A. Abdul-Rahman (ur.), S. Zlatanova (ur.), V. Coors (ur.). *Innovations in 3D Information Systems* (str. 47–66). Berlin Heidelberg: Springer.
- Haggag, M., Zahran, M., Salah, M. (2018). Towards Automated Generation of True Orthoimages for Urban Areas. *American Journal of Geographic Information System*, 7 (2), 67–74. DOI: 10.5923/j.ajgis.20180702.03
- Kosmatin Fras, M. (2004). Vpliv kakovosti vhodnih podatkov na kakovost ortofota. *Geodetski vestnik*, 48 (2), 167–178. http://www.geodetski-vestnik.com/48/2/gv48-2_168-178.pdf, pridobljeno 2. 11. 2020.
- Kosmatin Fras, M., Fabiani, N., Triglav Čekada, M. (2014). Kakovost državnega ortofota v različnih letnikih njegove izdelave. *Geodetski vestnik*, 58 (4), 695–709. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.04.695-709>
- Kraus, K. (2007). *Photogrammetry: Geometry from Images and Laser Scans*. 2nd Edition. Berlin/New York; Walter de Gruyter.
- Li, T., Jiang, C., Bian, Z., Wang, M., Niu, X. (2020). A Review of True Orthophoto Rectification Algorithms. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/780/2/022035>
- Marsetič, A., Oštr, K., Kosmatin Fras, M. (2015). Automatic orthorectification of high-resolution optical satellite images using vector roads. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, 53 (11), 6035–6047. DOI: <https://doi.org/10.1109/TGRS.2015.2431434>
- Marsetič, A., Pehani, P. (2019). Towards sub-pixel automatic geometric corrections of very-high resolution panchromatic satellite data of urban areas. *Remote sensing*, 11 (9), 1–21. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11091097>
- Nex, F., Remondino, F. (2014). UAV for 3D mapping applications: A review. *Applied Geomatics*, 6 (1), 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x>
- Nielsen, M. O. (2004). True orthophoto generation. Master Thesis. Lyngby: Technical University of Denmark, Informatics and Mathematical Modelling. http://www.close-range.com/docs/True_Orthophoto_Generation.pdf, pridobljeno 2. 11. 2020.
- Schickler, W., Thorpe, A. (1998). Operational Procedure for Automatic True Orthophoto Generation. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 32 (4), 527–532. <https://www.isprs.org/proceedings/XXXII/part4/schickler58.pdf>, pridobljeno 2. 11. 2020.
- SURE aerial, nFrames. <https://www.nframes.com/products/sure-aerial/>, pridobljeno 20. 4. 2020.
- Šašić Kežul, A. (2020). Primerjava klasičnega in popolnega ortofota z vidika kakovosti in ekonomičnosti izdelave [Quality and cost-efficiency assessment of classical and true orthophoto]. Magistrsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. <https://repozitorij.uni-lj.si>, pridobljeno 30. 10. 2020.
- Triglav Čekada, M. (2016). Navidezna zvrženost objektov na državnem ortofotu ali kaj moramo vedeti, ko uporabljamo državni ortofoto?. *Geografski vestnik*, 88 (1), 121–135. DOI: <https://doi.org/10.3986/GV88107>



Kosmatin Fras M., Šušteršič K., Šašić Kežul A. (2021). Popolni ortofoto v urbanih okoljih.
Geodetski vestnik, 65 (1), 27-45. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2021.01.27-45>

doc. dr. Mojca Kosmatin Fras, univ. dipl. inž. geod.

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

Aleksandar Šašić Kežul, mag. inž. geod. geoinf.

Flycom Technologies d.o.o.
Ljubljanska cesta 24a, SI-4000 Kranj, Slovenija
e-naslov: sandi.sasic@flycom.si

Katja Šušteršič, univ. dipl. inž. geod.

Flycom Technologies d.o.o.
Ljubljanska cesta 24a, SI-4000 Kranj, Slovenija
e-naslov: katja.sustersic@flycom.si

PREDLOG ZA IZBOLJŠAVO MNOŽIČNEGA VREDNOTENJA NEPREMIČNIN V SLOVENIJI NA PODLAGI PRISTOPA GENERALIZIRANIH ADITIVNIH MODELOV

PROPOSAL OF REAL ESTATE MASS VALUATION IN SLOVENIA BASED ON GENERALISED ADDITIVE MODELLING APPROACH

Melita Ulbl, Miroslav Verbič, Anka Lisec, Marko Pahor

UDK: 004.652:332.6(497.5)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 10. 8. 2020
Sprejeto: 1. 12. 2020

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2021.01.46-81
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 10. 8. 2020
Accepted: 1. 12. 2020

IZVLEČEK

V prispevku obravnavamo množično določitev vrednosti stanovanj, za kar smo na podlagi podatkov trga nepremičnin razvili model množičnega vrednotenja stanovanj v Republiki Sloveniji. Pri tem smo uporabili generalizirane aditivne modele. V prispevku podrobneje predstavljamo izgradnjo tega modela, v eksperimentalnem delu raziskave pa je izvedena analiza rezultatov ocenjevanja tržnih vrednosti stanovanj dveh modelov, pri katerih je odvisna spremenljivka (cena stanovanja) porazdeljena po Gaussovi ter gama porazdelitvi. Posebej smo obravnavali vpliv trenutka prodaje stanovanja na transakcijsko ceno. Rezultate modela smo primerjali tudi z rezultati modela množičnega vrednotenja v Republiki Sloveniji, ki se izvaja ciklično, iterativno in katerega rezultati so odvisni od rezultatov (in modelov množičnega vrednotenja) predhodnih ciklov vrednotenja.

ABSTRACT

The present paper discusses the heterogeneity of the apartment market. For this purpose, we have developed the model for the mass valuation of apartments in the Republic of Slovenia. The construction of the mass valuation model is based on the generalised additive model approach. In this paper, the development of the model is presented. In the experimental part, the analysis of the results of the two models is performed. The dependent variable (the price of an apartment) is distributed according to the Gaussian and the gamma distributions. Particular attention has been paid to the impact of the transaction time on the apartments' transaction value. The results of the model are also compared with the results of the mass valuation model in the Republic of Slovenia, which is carried out cyclically and iteratively, the results of which depend on the results (and mass valuation models) of previous cycles.

KLJUČNE BESEDE

tržna vrednost, trg nepremičnin, množično vrednotenje, GAM, SPAR, cena stanovanj

KEY WORDS

market value, real property market, mass valuation, GAM, SPAR, sale price, apartments

1 INTRODUCTION

Mass appraisal of real estate is defined as the process of valuing a group of properties as of a given date and using common data, standardised methods and statistical testing (IAAO, 1978, 2017). Valuation of real estate is usually considered from two perspectives: individual and mass (Renigier-Bilozor, Janowski and d'Amato, 2019). Individual real estate valuation is based on the individual treatment of real estate, taking into account a small amount of transaction data and a large amount of descriptive data on real estate and transaction circumstances. On the other hand, mass valuation relies on real estate databases with a large amount of data and automatic processing. Many authors emphasised the importance of mass valuation for pricing, investment decisions, taxation, mortgages, insurance, portfolios and risk analysis, spatial planning, trends of real estate market, etc. (Yousfi et al., 2020). Recently, the real estate market has been extremely thoroughly studied, mainly due to the past economic crisis (Twaroch et al., 2015; McCluskey, 2018; Arribas et al., 2016), but a comprehensive and effective real estate market analyses are still lacking (Renigier-Bilozor, Janowski and d'Amato, 2019). Adequate real estate market analysis requires selecting appropriate methods to analyse the available data and information (D'Amato and Kauko, 2017). The goal of real estate mass valuation is to determine, how the real estate market works and design an appropriate representative mathematical model for assessing real estate market values based on market data and data on real estates (McCluskey and Adair, 1997, 2018). The importance of automated real estate valuation situations is also emphasised by Renigier-Bilozor, Janowski and Walacik (2019).

Widely accepted mass valuation models belong to a group of hedonic models. Here, the real estate price appears as a dependant variable (Borst, 2007; Helbich et al., 2014; Renigier-Bilozor, Janowski and Walacik, 2019; Yousfi et al., 2020). The sale date, location, and quality parameters of the real estate appear in the hedonic model as explanatory variables. Relationship between real estate price and its quality, taking the location into account, is valued through hedonic regression (Rosen, 1974). Among the most important variables that define the real estate value is a location (Orford, 1999; Peterl, 2017). The date of the real estate sale and real estate properties have the next significant impact on the real estate market value. This is also reflected in the residential real estate market (Čeh, Viitanen and Peruš, 2012; Owusu-Ansah, 2012; Arribas et al., 2016; Ulbl, Štembal and Smodiš, 2016; Abdullahi, Usman, Ibrahim, 2018; Čeh et al., 2018). According to Peterl (2017), we expect the impact of the area of real estate on its price to be logarithmic, the construction year of the building will be considered as a spline or polynomial of a higher degree.

Slovenian real estate market covers a large area, for which the real estate market reports show that trends of real estate prices change over different price areas (GURS, 2019; GURS, 2018a; GURS, 2018b). Thus, from the report on the real estate market for 2018 (GURS, 2018b), we find that the growth of apartments prices between 2015 and 2018 was the highest for the Ljubljana area (in 2018, the average price per m² of an apartment was 36 % higher than in 2015), for the area of Maribor this percentage is much lower (20 %), while for the area of Nova Gorica the growth was only 10 %. In other European countries, researches are increasingly highlighting the temporal-spatial relationship between the behaviour of the residential market in general. Helbich et al. (2014) found the differences in price growth trends between different regions in Austria. Kuntz and Helbich (2014) emphasised the importance of considering the temporal and spatial component when dealing with real estate market through literature review. In the mentioned research, they used geostatistical methods for modelling real estate prices and thus paid attention to modelling price variation in space. From the temporal and spatial point of view

on apartment prices in a larger area, there is a very interesting study. It was published by Palma et al. (2018) and is focused on the spatio-temporal modelling of the residential real estate market in Italy. There have been published several studies dealing with spatio-temporal aspect of modelling residential prices in the real estate market, but most of them refer to the area of one city or smaller rounded areas, starting with one of the first in this field (Nappi-Choulet and Maury, 2011).

In this research, which deals with the residential real estate market for the whole of Slovenia, we pay special attention to the temporal and spatial aspects of changes in apartment prices, by taking into account the moment of sale of the apartment in different price areas. The price areas are formed according to the knowledge of the real estate market's behaviour in Slovenia. An individual price area is formed based on the same forces of demand and supply within the price area, as proposed in the context of real estate mass valuation from Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia (Figure 3). The experimental part of the research was performed on the entire Slovenian residential real estate market data, which belongs to heterogeneous markets. As noted in Helbich et al. (2014), the properties of real estate are very special. Among other things, this speciality is due to the unique position in space, so real estate is most often considered a heterogeneous good. Besides, the Slovenian residential real estate market is considered to be very diverse, even in seemingly homogeneous neighbourhoods. According to Draksler (2009), in most residential neighbourhoods, mixed construction of both low and high buildings, as well as different ways of building, predominate. Additionally, due to the large share of owner-occupied dwellings in Slovenia (Lagonja, 2010), dwellings in the same apartment building are very differently maintained. All this is reflected in the heterogeneity of the real estate market. The same is true for many real estate markets in Europe (Renigier-Bilozor, Janowski and Walacik, 2019), so the results of the survey will be of interest to the broader international level. Renigier-Bilozor, Janowski and Walacik (2019) used data mining methods to analyse such a market.

In this research, the method of generalised additive models will be used to address the heterogeneous real estate market for the whole country. Many European countries do not systematically collect real estate market data (Twaroch et al., 2015). This makes model construction extremely difficult. Thus, the nationwide analysis of the real estate market relies on data collected by real estate agencies, banks, web portals with advertisements for the sale and rental of real estate (Helbich et al., 2014; Twaroch et al., 2015). The Slovenian example of a mass real estate valuation system, within which data on the real estate market is systematically collected (see Ulbl, Štembal and Smodiš, 2016; Ulbl and Smodiš, 2019), enables a systematic analysis of such a heterogeneous real estate market. Takats (2012) states that state-level real estate heterogeneity is a really interesting area for future research.

The purpose of the research is to check the possibility of simultaneously taking into account the variables that we assume to have the greatest impact on residential real estate price. These variables primarily include the location of the property (Peterl, 2017; Orford, 1999). The next significant impact on the price of residential real estate has the moment of sale of the property and its physical properties (Čeh, Viitanen and Peruš, 2012; Owusu-Ansah, 2012; Arribas et al., 2016; Ulbl, Štembal and Smodiš, 2016; Abdullahi, Usman and Ibrahim, 2018; Čeh et al., 2018). Nahtigal and Grum (2014) also identified the location, namely micro-location, as the most crucial impact on residential real estate price. Location was followed by the impact of residential real estate's physical characteristics, among which size and age proved to be the most important. Socio-economic factors and functional and relative apartment size factors also proved to be important, but these factors had a significantly smaller impact (Nahtigal and Grum, 2014).

In the research, the building's location data will be considered according to the spatial reference system (coordinates of the centroid for the building in which the apartment is located). The moment of sale is the information that represents the date of the conclusion of the contract in the Real Estate Market Record (hereinafter: ETN). Regarding the physical characteristics of the real estate, we will focus on the size of the apartment and the age of the building. These are variables that, based on recent extracts and the literature review, among all parameters of the properties best describe the properties of the real estates. The apartment's size has been determined in the same way as in the Slovenian mass valuation system. The size of the apartment is thus determined as the sum of living space, office space, storage, drying room or laundry, 25 % of the garage or garage parking space, 3 % of the basement area, 20 % of the terrace, balconies and loggias, 50 % limited use rooms and 70 % of unfinished premises (EMV, 2020). Age is taken into account with data on the year of construction of the building. The impact of years of renewal on residential apartment price is not taken into account in this analysis. Given all the above, we assume that the apartment price in Slovenia will be affected by the location as well as the size and age of the apartment and the time of sale in different price areas.

The article initially presents the data and used methodology. The central part refers to the presentation of the results of the evaluation of two models developed for the purpose of estimating the generalised market value of dwellings. In addition, a comparison of the models' results with the current model of mass valuation in Slovenia is performed. We conclude the article with conclusions.

2 DATA

The analysis is performed on the Slovenian real estate market data. The Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia has been systematically monitoring the achieved contract prices of real estate on the Slovenian market since the beginning of 2007. The concluded real estate sale transactions for which real estate transfer tax is charged are provided by the Financial Administration of the Republic of Slovenia. The sellers provide transactions for which value-added tax (VAT) is charged. The data is kept in the Real Estate Market Record (ETN, 2020). The Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia checks the data from the ETN and, if necessary, corrects them to the actual situation in the area. The data for each transaction is checked and, if necessary, supplemented based on data from various sources. Thus, the data from the ETN are first systematically supplemented with data from the Real Estate Record (REN), the building cadastre and the data from the land cadastre. Besides, the marketability of the transaction (connection of the contracting parties) is individually checked based on all available records (e.g. data from the Agency of the Republic Slovenia for Public Legal Records and Related Services - AJPES, Central Population Register) and from various data that can be checked online (real estate sales articles, available sales advertisements on sales portals, advertisements for renting flats on websites, etc.). Each transaction is also verified by a field trip and additionally with a virtual tour in Google Street View. Based on all available data, the transaction is checked and, if necessary, the transaction's marketability, the size of the property, the year of construction, and the quality of the apartment are corrected. It is also being examined whether the price could be speculatively reduced or increased. All this is assessed in the context of the sales review process. In doing so, each transaction is appropriately defined according to the condition in which it was sold. The conditions for sales marketability and data on real estate that is subject of a legal transaction are checked. Verified and supplemented data on con-

sidered real estate of a purchase and sale transaction are kept linked to the ETN internally. The analysis was performed for data on sales of apartments in Slovenia in the period from 1 January 2015 to 31 December 2019 are in the ETN (2020) defined as market transactions (relevant transactions). In this way, suitable apartment transactions are defined as transactions performed on the secondary market, that are marketable, construction is completed and which quality corresponds to the population of all apartments. The total number of such relevant apartment sales is 35,309 (Table 1). All calculations in this paper are performed on these data.

Table 1: Descriptive data statistics.

	Minimum	1 st quartile	Median	Average	3 rd quartile	Maximum
Sale price [€]	3.500	53.000	80.000	98.986	127.897	1.150.000
Area [m ²]	15.00	41.44	55.24	58.21	69.76	705.00
Construction year	1435	1965	1978	1975	2003	2019

Data source: ETN (2020); own calculations.

Table 1 shows that the data also includes an apartment with an area of 705 m², which probably does not represent an apartment but a house or even a multiapartment building. As a result, due to errors, we exclude sales of apartments larger than 300 m² (3 examples). We also exclude sales with sale price higher than € 1,000,000 (1 such sale). We assume that this is an error due to real estate record error or error in reviewing real estate sales data. The total number of analysed apartments is thus reduced by 4, to 35,305 (Table 2).

Table 2: Descriptive statistics of data suitable for calculations.

	Minimum	1 st quartile	Median	Average	3 rd quartile	Maximum
Sale price [€]	3.500	53.000	80.000	98.954	127.841	695.000
Area [m ²]	15.00	41.44	55.24	58.16	69.75	230.00
Construction year	1435	1965	1978	1975	2003	2019

Data source: ETN (2020); own calculations.

The contract price of the apartments ranged between € 3,500 and almost € 700,000. The price of € 3,500 seems unrealistic for an apartment, so sales of apartments with a price lower than € 5,000 were checked. It was found that the sales of such apartments are three, one from the year 2016, one from the year 2018 and one from the year 2019. All have 15.9 m² and are located in the same multi-apartment building in Trbovlje. Despite the very low price, these sales are not excluded from the analysis because they are relevant. The median apartment price is € 80,000, and the average is almost € 100,000. Apartments with the area between 15 m² and 230 m² with a median of 55 m² and an average of 58 m² were sold. From the point of view of the apartments' area, the sales sample is representative for the population of all apartments in Slovenia, where the median for the area is 53.6 m² (EMV, 2020). Apartments built between 1435 and 2019 were sold, with an average of 1975 and a median of 1978. The median for the construction year of apartments in the population is 1975 (EMV, 2020). The sales sample is also representative of the population of all dwellings in Slovenia from the construction year's point of view.

The economic lifespan of apartments is about 80-100 years (Polajnar, 2006), which means that only buildings constructed after 1920 are economically justified. The year of construction is therefore corrected by attributing the corrected year of construction 1900 to all buildings built before 1900, as they must be regularly maintained

to still be usable. Figure 3 shows price areas, which are areas for which the same demand and supply forces are assumed. Table 3 lists descriptive statistics by price ranges. Figure 1 shows the boxplots for prices by price areas.

Table 3: Descriptive statistics of sale prices of apartments by price areas.

The label of price area	Number of sales	Median of prices (rounded to 1000)	Average of prices (rounded to 1000)	Median of area	Median of construction year
Alpe in idrijsko območje	359	52,000	55,000	53.1	1974
Celje	1,382	58,000	62,000	51.8	1971
Dolenjsko območje in Posavje	1,759	55,000	59,000	51.8	1978
Gorenjsko območje	2,016	74,000	83,000	50.6	1977
Koroško območje s Pohorjem	927	50,000	52,000	52.9	1975
Ljubljana	10,204	130,000	147,000	55.7	1977
Maribor	4,376	58,000	64,000	52.0	1971
Nova Gorica	518	85,000	86,000	57.0	1975
Obala in slovenska Istra	3,193	125,000	136,000	55.1	1989
Okolica Celja	2,133	56,700	60,000	54.1	1977
Okolica Maribora	813	55,000	57,000	53.8	1985
Osrednjeslovensko območje brez Ljubljane	3,690	105,000	114,000	56.4	2001
Postojnsko in Kočevsko območje	959	53,000	57,000	54.1	1973
Prekmursko območje	526	43,000	52,000	51.7	1977
Slovenske gorice, Haloze in Kozjansko	1,068	49,000	52,000	54.0	1977
Zaledje obale, Kras in Vipavska dolina	590	70,000	72,000	55.4	1978
Zasavsko območje	792	40,000	42,000	52.0	1969

Data source: ETN (2020); own calculations.

The highest prices of apartments are in Ljubljana's price area, which includes the area of Ljubljana within the ring bounded by the bypass motorway. This is also the area with the most apartments and consequently the most sales of them. Prices from the coast with Slovenian Istria (*Obala in slovenska Istra*) and the surroundings of Ljubljana (*Osrednjeslovensko območje brez Ljubljane*) are followed. These areas have many new apartments in the structure of sold apartments (median of construction year is 2001). Prices are comparable in the Gorenjska area (*Gorenjsko območje*), Nova Gorica and the hinterland of the coast, the Karst and the Vipava Valley (*Zaledje obale, Kras in Vipavska dolina*). Prices in Maribor, Celje, their surroundings (*Okolica Maribora, Okolica Celja*) and in the Dolenjska area (*Dolenjsko območje in Posavje*) are also comparable. Other areas have comparatively lower contract prices.

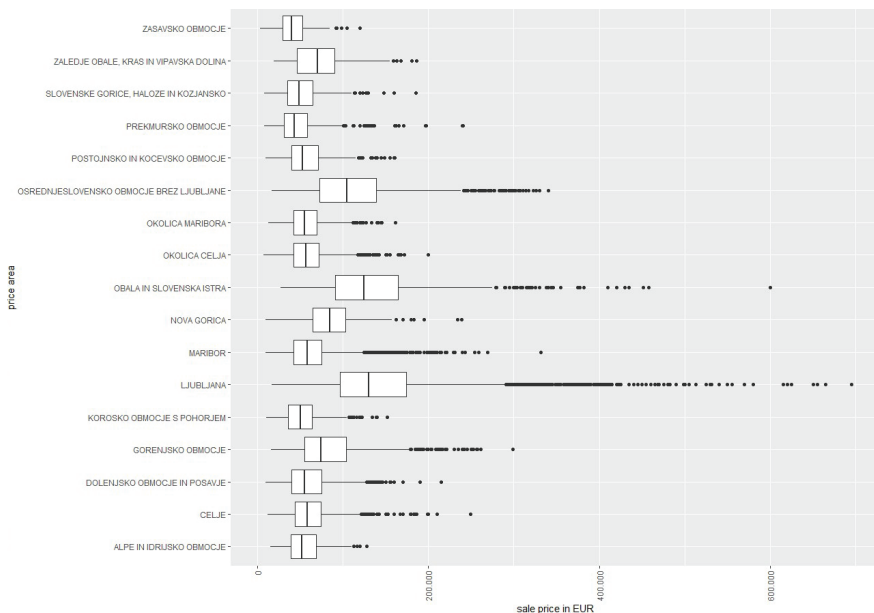


Figure 1: Box plots for prices by price areas (Data source: ETN (2020); own graphics).

The distribution of the contract price as a dependent variable is shown in Figure 2.

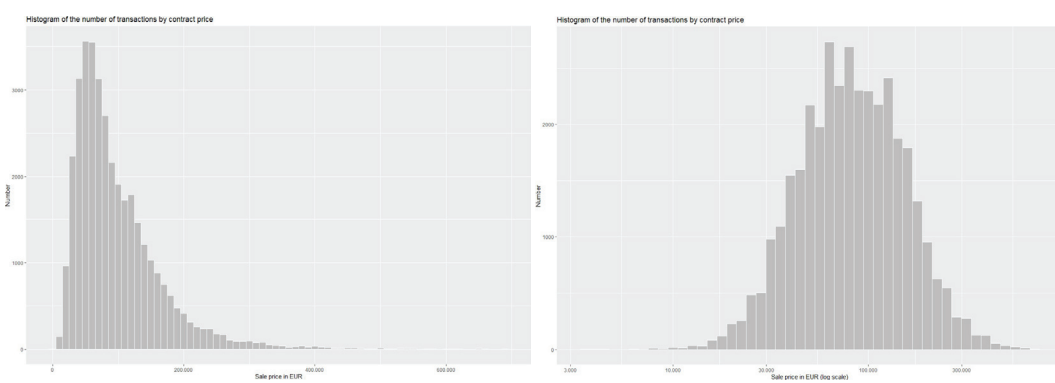


Figure 2: Histogram of the number of transactions by sale price; left: basic data; right: logarithmic data (Data source: ETN (2020); own graphics).

The distribution of the sale price shows that there is an asymmetry of the data, so the data are also shown on the logarithmic scale (Figure 2, on the right).

3 METHODOLOGY

The generalised additive model (GAM) approach is used to build the model, where the sale price of apartments (*pog_cena*) appears as a dependent variable. The explanatory variables are location given by cartesian coordinates of the centroid of the building in states reference coordinate system (x, y), date of sale of the apartment (*time*), corrected year construction (*leto_izg_cor*) and the area of the

apartment (*izmera_pop*). Due to the distribution of residential real estate prices (Figure 2), the price is transformed by a logarithm in the model. Explanatory variables are also transformed, for which splines are used.

The lognormal and gamma distributions of the dependent variable and generalised additive models with splines are used. According to Wood (2010), smoothing parameters are selected to calculate splines according to two groups of criteria. The first group (asymptotic methods) attempts to minimise the error of the predictive model by optimising criteria such as the Akaike Information Criterion (AIC), cross-checking, or generalised cross-validation (GCV) (Craven and Wahba, 1979). The second group treats smooth functions as random effects (Kimeldorf and Wahba, 1970), so that smoothing parameters are parameters of variance that can be estimated by the maximum likelihood estimator (ML; Anderssen and Bloomfield, 1974), restricted maximum likelihood or generalised maximum likelihood (REML/GML; Wahba, 1985). It turns out that GCV develops more minima and gives more variable smoothing parameters (Wood, 2010). It only weakly punishes the predetermination of the model, with the minimum being low in terms of sample variability during smoothing. This can lead to the predetermination of the model. REML, on the other hand, penalises predetermination more strongly, which gives a more pronounced optimum given the variability of the sample.

Extreme smoothing can be avoided by using a synthetic measure of suitability, such as Akaike's information criterion (AIC; Hurvich, Simonoff and Tsai, 1998). In practice, the use of low to intermediate ranges for smoothing parameters inhibits overdetermination, resulting in AIC offering only a few additional benefits relative to GCV. Greater resistance to predetermination, less variability of smoothing parameters, and reduced tendency to more minima give preference to REML and ML methods over GCV and AIC methods. However, these advantages must be weighed against the fact that the REML and ML methods are less reliable compared to GCV and AIC. Due to all the above, the fREML (fast stable restricted maximum likelihood) method was used to determine an individual model optimally. The percentage of explained deviance or the variability of the dependent variable (Greenacre and Primicerio, 2014), and AIC are used to compare final models. The explained deviance represents the generalisation of the determination coefficient for the case of generalised models, such as GLM – generalised linear model and GAM – generalised additive model. It serves to compare the differences between the models according to their ability to explain the variability of the dependent variable. The simplified equation of the model is (1):

$$\log(\text{pog_cena}) \approx f_{t_co}(\text{time}, \text{ime_co}) + f_{xy}(x, y) + f_i(\text{izmera_pop}) + f_l(\text{leto_izg_cor}) + \varepsilon \quad (1)$$

Here are:

- f_i and f_l : splines for influences of area and construction year on the sale price,
- f_{t_co} : splines for the influence of date of sale by each price area on the sale price and
- f_{xy} 2d spline for location influence on the sale price of an apartment.

Price areas (Figure 3) are designed to anticipate the same supply and demand forces within them and on the basis of multi-year monitoring of Slovenia's real estate market (Ulbl, Štembal and Smodiš, 2016).

The results for the trends of such models will be compared with the trends calculated based on of the SPAR method for each price area. Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia uses

the SPAR method to determine the impact of the date of sale on the residential real estate price. The Sale Price Appraisal Ratio Method (SPAR) is used in New Zealand, Sweden, Denmark, and the Netherlands (Vries et al., 2009) to determine the impact of the sale date on the price of the real estate. Bourassa, Hoesli and Sun (2006) presented the SPAR method as a method for generating real estate price indices. The SPAR method takes quotient between the real estate price and the previously estimated value for calculating the real estate price index.

According to Eurostat (2013), the SPAR method refers to all data on purchase and sale transactions and is only applicable where reliable estimated real estate values are available. Based on the already formed valuation models, the calculated value based on the current model is assigned to the sold real estate. The generalised value for apartments serves for calculating the trend according to the SPAR method. It is calculated as the product of value from value tables (influence of location, size, and year of construction), a factor of renovations, a factor of properties, a factor of additional spaces, a factor of position, and factor of distance from line objects of public infrastructure (EMV, 2020). All data on the calculation of values are presented on the web site for Valuation Models Register under the tab description and quality of the model, value table and factors and other parameters.

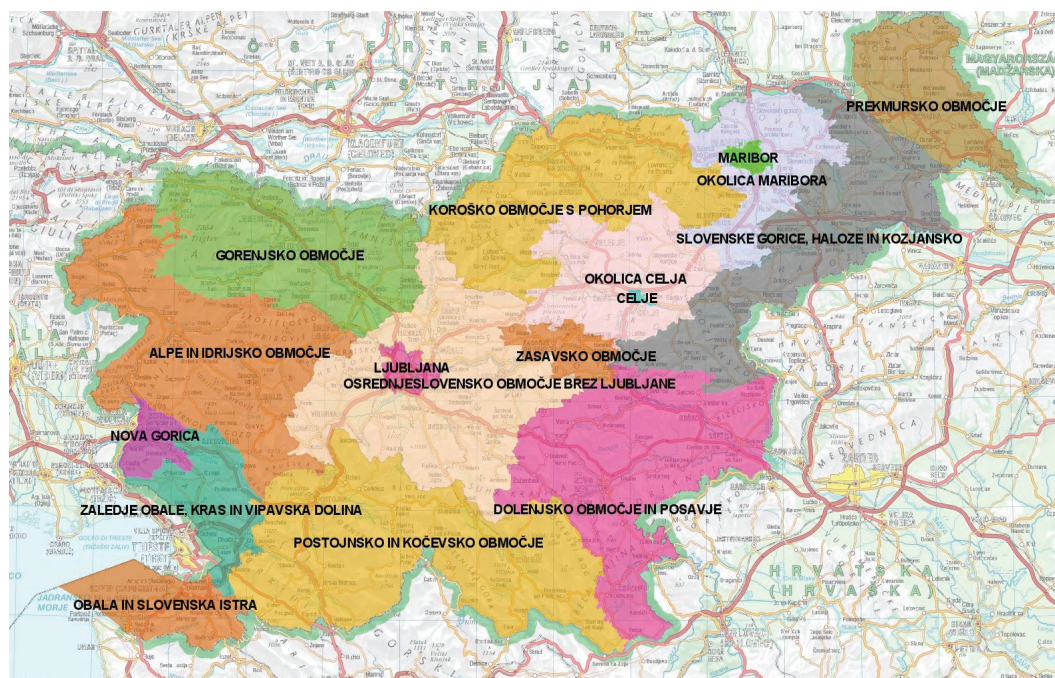


Figure 3: Price areas (Data source: ETN (2020); own graphics).

To present the impact of the date on the price of real estate in the model, which takes all variables at the same time into account, we additionally add presentations of trends used by Surveying and Mapping Authority of Slovenia (SPAR method with moving average method where the geometric mean is used for average ratio between price and calculated value for the sales period 120 days before and 90 days after the date for which the trend is calculated). The location will affect the price with a spatial spline. This will

be compared with the value zones published in the Valuation Models Register (Figure 4). The Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia takes the impact of the location into account through value zones (Ulbl, Štembal, and Smodiš, 2016, Ulbl and Smodiš, 2019). These are areas where properties with the same data have the same generalised value. Each value zone has a defined value level that represents the value of the valuation reference unit. In the case of apartments, this apartment is in a building with 6 to 50 dwellings, 50 m² in area, built between 1975 and 1983, not renovated, no lift provided, located on the ground, first, second or third floor and not located within the influential areas of linear facilities of public infrastructure. Figure 4 shows the value zones that are coloured according to the value levels assigned to each value zone.

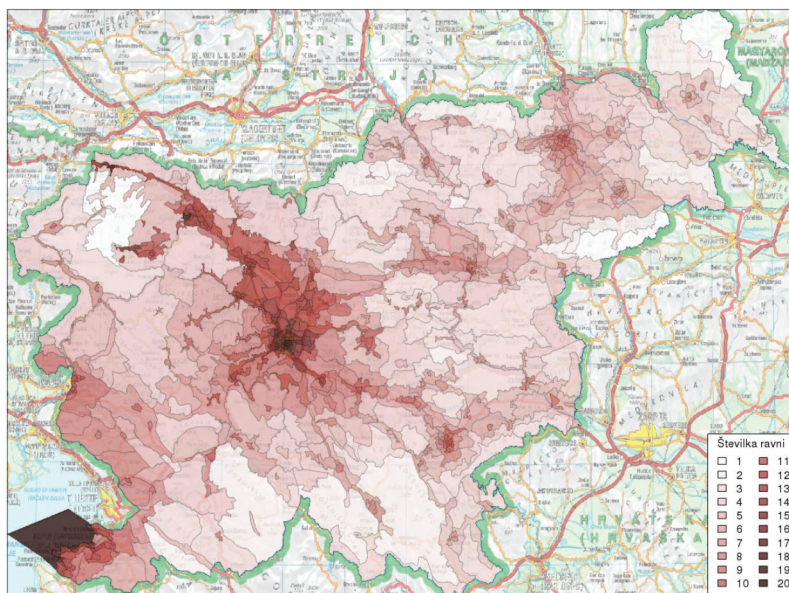


Figure 4: Value zone for apartments (Data source: Record of valuation models (EMV, 2020)).

4 RESULTS

In this chapter, we present the research results. First, the results of estimating the market value of apartments according to developed models and assessing the suitability of models are presented, followed by the impact analysis results of the moment (time) of sale on the transaction price.

4.1 Results of model estimation

Generalised additive models are used to calculate the estimated real estate values. The dependent variable is taken into account by gamma and lognormal distribution. In both cases, the logarithmic transformation of the dependent variable is used.

Family: gaussian Link function: log				
Formula: pog_cena ~ s(time, bs = »cr«, by = as.factor(ime_co), k = 6) + s(x, y, bs = »tp«, k = 100) + s(izmera_pop, bs = »cr«, k = 20) + s(leto_izg_cor, bs = »cr«, k = 10)				
Parametric coefficients: Estimate Std. Error t value Pr(> t) (Intercept) 11.331127 0.001791 6328 <2e-16 ***				
Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Approximate significance of smooth terms:				
	edf	Ref.df	F	p-value
s(time):as.factor(ime_co)ALPE IN IDRIJSKO OBMOČJE	3.262	3.886	2.707	0.04011 *
s(time):as.factor(ime_co)CELJE	1.900	2.359	31.980	5.55e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)DOLENJSKO OBMOČJE IN POSAVJE	2.118	2.617	43.267	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)GORENJSKO OBMOČJE	3.192	3.833	71.247	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)KOROSKO OBMOČJE S POHORJEM	1.559	1.921	6.209	0.00241 **
s(time):as.factor(ime_co)LJUBLJANA	4.977	5.000	1164.922	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)MARIBOR	3.252	3.899	60.458	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)NOVA GORICA	3.265	3.909	14.095	4.95e-11 ***
s(time):as.factor(ime_co)OBALA IN SLOVENSKA ISTR	4.822	4.984	129.699	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)OKOLICA CELJA	3.225	3.869	22.343	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)OKOLICA MARIBORA	2.040	2.529	10.071	1.17e-05 ***
s(time):as.factor(ime_co)OSREDNJESLOVENSKO OBMOČJE BREZ LJUBLJANE	4.109	4.654	185.696	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)POSTOJNSKO IN KOČEVSKO OBMOČJE	1.985	2.457	22.831	6.04e-12 ***
s(time):as.factor(ime_co)PREKMURSKO OBMOČJE	3.196	3.828	7.430	1.00e-05 ***
s(time):as.factor(ime_co)SLOVENSKE GORICE, HALOZE IN KOZJANSKO	2.100	2.603	4.449	0.00671 **
s(time):as.factor(ime_co)ZALEDJJE OBALE, KRAS IN VIPAVSKA DOLINA	1.685	2.093	11.977	4.88e-06 ***
s(time):as.factor(ime_co)ZASAVSKO OBMOČJE	2.298	2.829	7.567	8.82e-05 ***
s(x,y)	95.162	98.549	680.691	< 2e-16 ***
s(izmera_pop)	11.621	13.468	6532.887	< 2e-16 ***
s(leto_izg_cor)	8.211	8.784	845.058	< 2e-16 ***
Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
R-sq.(adj) = 0.888 Deviance explained = 88.9% fREML = -4.0398e+05 Scale est. = 4.9836e+08 n = 35305				

Figure 5: Results of a model in which the dependent variable appears as lognormally distributed (Data source: ETN (2020); own calculations).

The model in which the dependent variable occurs with a lognormal distribution (Gaussian with logarithmic transformation) explains almost 89 % of the variability of the dependent variable. All variables have a statistically significant impact on price (Figure 5).

Family: Gamma Link function: log				
Formula: pog_cena ~ s(time, bs = »cr«, by = as.factor(ime_co), k = 6) + s(x, y, bs = »tp«, k = 100) + s(izmera_pop, bs = »cr«, k = 20) + s(leto_izg_cor, bs = »cr«, k = 10)				
Parametric coefficients: Estimate Std. Error t value Pr(> t) (Intercept) 1.132e+01 9.868e-04 11474 <2e-16 ***				
Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				

Approximate significance of smooth terms:				
	edf	Ref.df	F	p-value
s(time):as.factor(ime_co)ALPE IN IDRIJSKO OBMOČJE	4.604	4.923	12.88	1.86e-11 ***
s(time):as.factor(ime_co)CELJE	2.086	2.584	94.01	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)DOLENJSKO OBMOČJE IN POSAVJE	3.436	4.084	102.39	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)GORENJSKO OBMOČJE	2.972	3.602	150.36	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)KOROSKO OBMOČJE S POHORJEM	1.000	1.000	70.74	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)LJUBLJANA	4.853	4.989	954.08	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)MARIBOR	3.950	4.538	271.53	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)NOVA GORICA	2.658	3.245	33.35	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)OBALA IN SLOVENSKA ISTR	4.381	4.822	131.82	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)OKOLICA CELJA	4.242	4.743	49.93	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)OKOLICA MARIBORA	2.037	2.527	31.78	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)OSREDNJESLOVENSKO OBMOČJE BREZ LJUBLJANE	4.009	4.584	237.29	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)POSTOJNSKO IN KOČEVSKO OBMOČJE	2.112	2.607	69.56	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)PREKMURSKO OBMOČJE	3.569	4.203	25.03	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)SLOVENSKE GORICE, HALOZE IN KOZJANSKO	1.000	1.000	34.96	3.39e-09 ***
s(time):as.factor(ime_co)ZALEDJE OBALE, KRAS IN VIPAVSKA DOLINA	1.000	1.000	60.43	7.78e-15 ***
s(time):as.factor(ime_co)ZASAVSKO OBMOČJE	3.516	4.160	32.34	< 2e-16 ***
s(x,y)	97.674	98.953	1373.64	< 2e-16 ***
s(izmera_pop)	13.395	15.303	7220.64	< 2e-16 ***
s(leto_izg_cor)	7.950	8.640	1236.00	< 2e-16 ***
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
R-sq.(adj) = 0.879 Deviance explained = 91.1%				
fREML = -9334.6 Scale est. = 0.033707 n = 35305				

Figure 6: Results of a model in which the dependent variable occurs with a gamma distribution (Data source: ETN (2020); own calculations).

The model in which the dependent variable occurs with a gamma distribution explains more than 91 % of the dependent variable. All variables have estimated values of regression coefficients that are statistically significantly different from zero (Figure 6). Table 4 provides data for comparison between the results of models in which the dependent variable was modelled according to the Gaussian and gamma distributions.

Table 4: Comparison of the explained variability of the dependent variable and AIC for both models.

Model	Explained variability of the dependent variable	AIC
Gauss distribution	88.9 %	807432.1
gamma distribution	91.1 %	780502.2

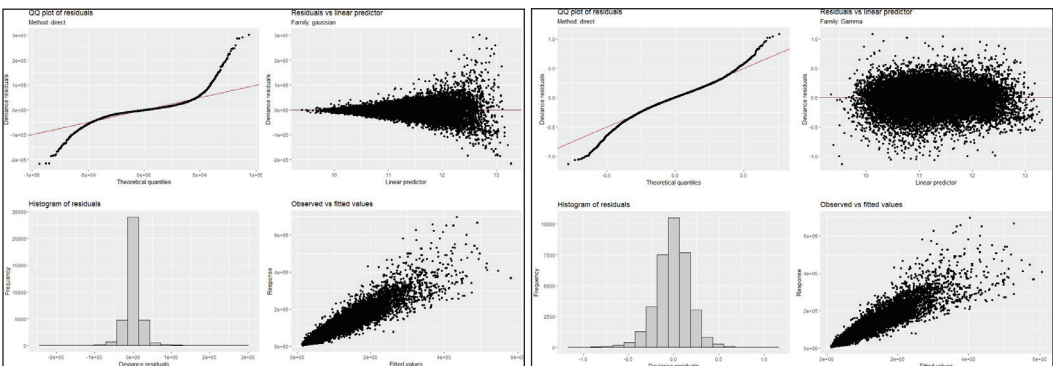


Figure 7: Image of residuals; left: distribution of the dependent variable according to the Gaussian distribution; right: distribution of the dependent variable according to the gamma distribution (Data source: ETN (2020); own calculations).

From the table, we see that the model that uses the gamma distribution with logarithmic transformation for the dependent variable is better. It explains more variability of the dependent variable, AIC is also lower. Figure 7 shows the residuals of models in which the dependent variable was modelled according to Gaussian (4 left plots) and gamma distribution (4 right plots).

A similar situation, as in Table 4, in which a model with a gamma distribution turns out to be a better model, is also shown by the image of residuals. It shows a less appropriate distribution of residuals for a model with a Gaussian distribution of the dependant variable. Residuals are inappropriately better distributed in the case of the gamma distribution. The QQ plot suggests that even a model with a gamma distribution of the dependent variable still has a potential for improvement. The results of both models are presented in continuation. The partial effects of each variable on the calculated value are shown. A comparison with the current evaluation model will also be performed.

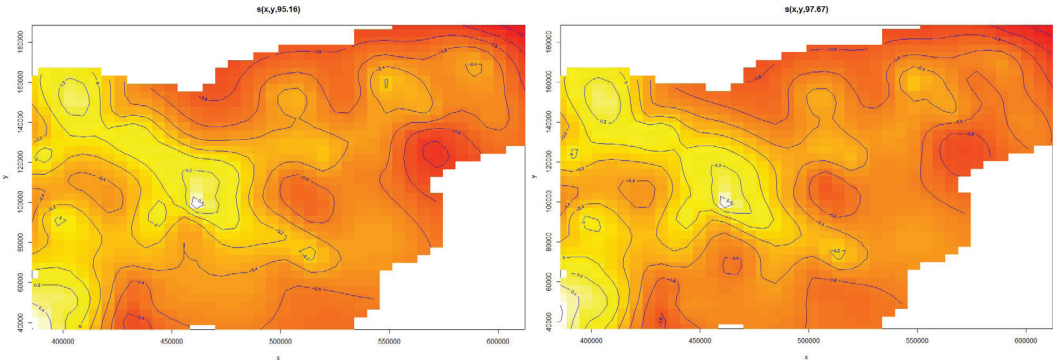


Figure 8: Partial residuals of a model for location; left: distribution of the dependent variable according to the Gaussian distribution; right: distribution of the dependent variable according to the gamma distribution (Data source: ETN (2020); own calculations).

Figure 8 shows the residential real estate values according to the location within Slovenia. Both models give very similar results. The model, which takes the dependent variable's distribution according to the gamma distribution into account, shows a slightly lower estimated value in the north-east of Slovenia, and there is also some difference in Carinthia (north) and the south-east (Haloze). The lowest prices and consequently the values are in Prekmurje (red) and Haloze, and the highest in Ljubljana and on the coast. High prices are also observed in Gorenjska, slightly lower in Nova Gorica. Maribor and Novo mesto have approximately the same prices or values. Somewhat lower prices are in Celje and its surroundings and Slovenj Gradec. All this corresponds to the relationship between the prices published in the semi-annual report on the Slovenian real estate market (GURS, 2019). This result can be further compared with the value zones published in the Valuation Models Register (Figure 4), which reflects the impact of the location on the price of the property. Figure 9 shows the partial influence of size on the price of apartments. The shaded part represents the 95% confidence interval for the mean.

We can see (Figure 9) that the apartment area in the model could be taken into account by logarithmic transformation. Both models give a very similar result for the area effect. More significant variability is observed for larger apartments in the case of the gamma distribution of the dependent variable.

Figure 10 shows the partial impact of the year of construction on the price of apartments

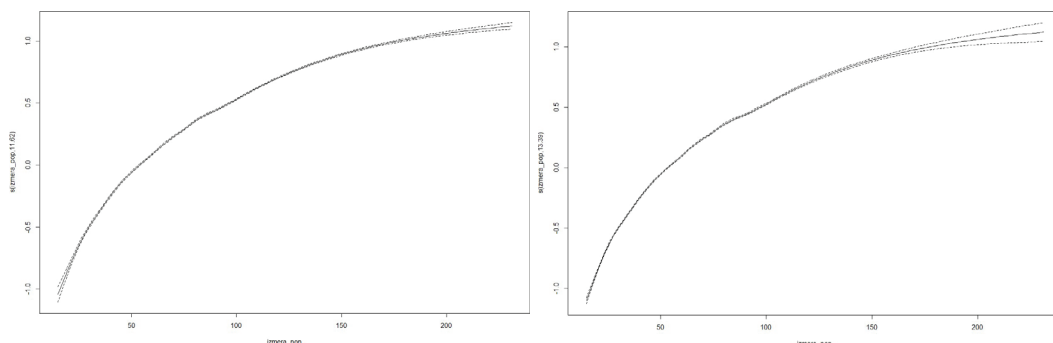


Figure 9: Partial residuals of the model for area; left: distribution of the dependent variable according to the Gaussian distribution; right: distribution of the dependent variable according to the gamma distribution (Data source: ETN (2020); own calculations).

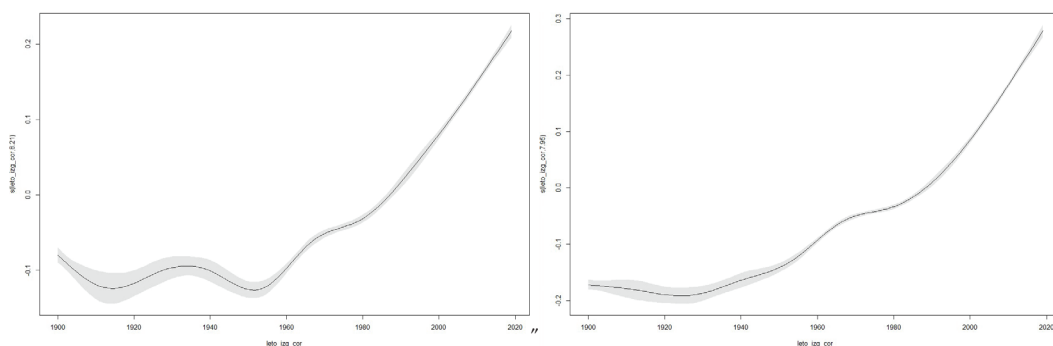
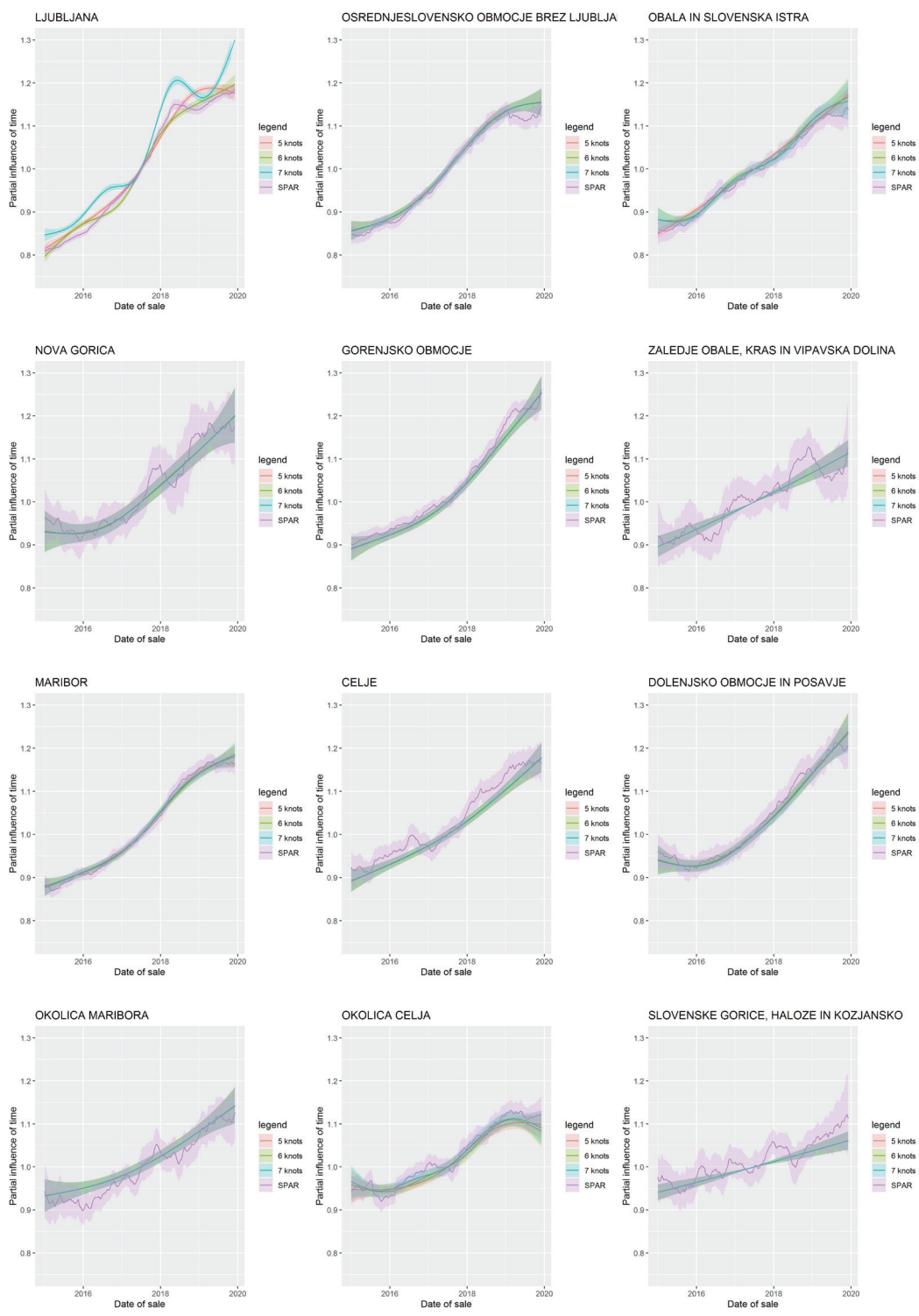


Figure 10: Partial residuals of a model for the corrected year of construction; left: distribution of the dependent variable according to the Gaussian distribution; right: distribution of the dependent variable according to the gamma distribution (Data source: ETN (2020); own calculations).

The lowest prices for apartments are for those that were built around 1925. Older apartments have a slightly higher price. The residential real estate price by the year of construction increases almost linearly from 1925 to about 1955, then the price increase according to the year of construction is somewhat steeper. Apartments built between 1970 and 1985 have nearly the same prices. This is also the period in which most apartments in Slovenia were built (EMV, 2020). The rise in prices of apartments built after 1985 is very steep. In thirty years it reaches a 30% higher value. The most significant variability in the data can be observed for apartments built before 1955. The price of these apartments is highly dependent on apartment maintenance, which is why it would make sense to include apartment maintenance data in the model in future research.

4.2 Partial impact of the date of sale on the price of apartments

The partial impact of the date of sale from the model is for each price area compared with the trend calculated by the moving average method based on the SPAR ratio. The geometric mean is used as a measure to calculate the mean value. Data with up to 120 days before the day and 90 days after the day on which the mean is calculated are taken into account for the calculation of price-to-value ratios. Several models with different numbers of knots (3, 5, 6, 7, and 10) are assembled to determine the appropriate number of knots in the splines. Below (Figure 11), trends for price areas are shown to compare 5, 6, and 7 knots and for the trend according to the SPAR method.



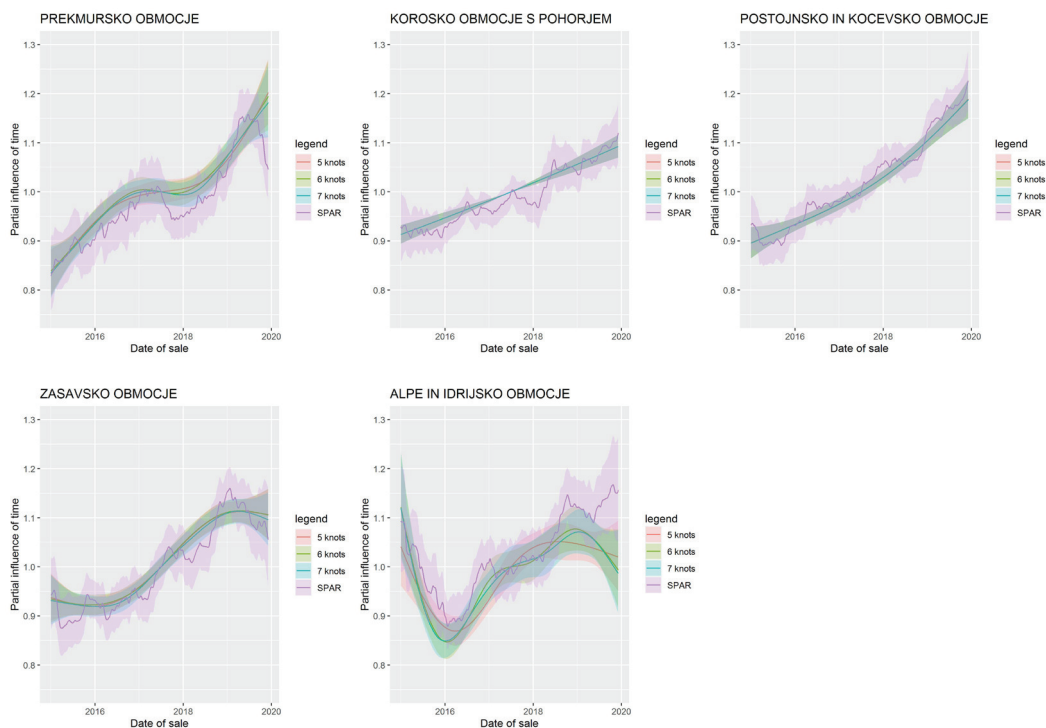


Figure 11: Trends by price areas (Data source: ETN (2020); own calculations).

There are no significant differences in the results between models with different numbers of knots to influence sale date. The most notable differences were shown only in the price area of Ljubljana. This is the price area with the largest amount of data. It turns out that the 6-knots model is the most sensible.

In all price areas, the use of a model that takes the date of sale into account at the same time as other variables proves to make sense. According to the SPAR method, the trend fluctuates more, but the real estate market prices do not change so quickly in a short time. The fluctuation is due to seasonal trends and, above all, the small amount of data by area. The small amount of data results in a high sensitivity of the trend to all deviations in the data. At some point, more apartments can be sold in better condition, with better equipment, leading to a higher price, and the next moment, apartments in worse condition are sold, leading to lower prices. As the data on quality of apartments and equipment are not available, it is not considered in the model. Consequently, its impact on price is not taken into account. Such short-term effects are detected and displayed by the SPAR method, while a spline with fewer knots does not detect such oscillations.

5 CONCLUSIONS

The paper presents an innovative approach to modelling the estimated market value of apartments. At the same time, the location, the area, year of construction, the date of the sale, and the property's location have been taken into account. The research has focused on the analyses, whether all of these impacts can be identified and considered at the same time. The Surveying and Mapping Authority of the Republic of

Slovenia currently carries out calibrating the model cyclically. Based on the currently valid model and real estate prices, the real estate price trend is calculated for each price area. All prices are then adjusted based on the time adjustment factor. This is followed by calculating the model parameters, especially the area of apartment and year of construction. Based on the new models, the impact of the location, which is defined in the model by value zones and appropriate value levels, is checked and corrected if necessary. A recalculation of the trend follows. This cycle is repeated until the result is satisfactory. A model error is observed.

The approach presented in this paper simultaneously considers the impact of the following variables: location, date of sale by price area, area, and year of construction. Such an approach is significantly more economical and enables better control over the results. It turns out that taking into account the dependent variable distributed by the gamma distribution is better than taking into account the lognormal distribution. This is shown by both the results of calculations as well as the graphical representation of the residuals. The residuals indicate that the gamma distribution is not optimal either. Thus, in future research, it would make sense to upgrade the model with generalised additive models for location, scale and shape (Ulbl, Štembal and Smodiš, 2016).

We have further compared the results of the developed model with the current model of mass valuation in Slovenia. It turns out that the results of the influence of the location between the two models are similar. Also, the impact of the date of sale between the models is comparable for all price areas. The number of relevant fractures in the spline for the effect of the date of sale was also analysed. Six knots proved to be the optimal number.

A model that takes all impacts simultaneously into account could improve the model of mass valuation in Slovenia since all variables are considered at the same time. As implemented by the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, the result of the cyclical method depends on the result of previous cycles and on the subjective opinion, based on which the influence of the location within the value zones is taken into account. Thus, this research brings an innovative approach to defining a uniform model at the level of the entire country. An essential advantage of this approach is the consideration of the impact of the variables considered at the same time, the consideration of location as a continuous variable and the continuous consideration of the year of construction without prior assumptions about the corresponding impact curve. A major advantage of the proposed approach is certainly the monitoring of the distribution of the dependent variable.

Literature and references:

- Abdullahi, A., Usman, H., Ibrahim, I. (2018). Determining House Price for Mass Appraisal Using Multiple Regression Analysis Modeling in Kaduna North, Nigeria. *ATBU Journal of Environmental Technology*, 11 (1), 26–40.
- Anderssen, R., Bloomfield, P. (1974). A time series approach to numerical differentiation. *Technometrics*, 16 (1), 69–75. DOI: <https://doi.org/10.1080/00401706.1974.10489151>
- Arribas, I., Garcia, F., Guijarro, F., Oliver, J., Tamošiūnienė, R. (2016). Mass appraisal of residential real estate using multilevel modeling. *International Journal of Strategic Property Management*, 20 (1), 77–87. DOI: <https://doi.org/10.3846/1648715x.2015.1134702>
- Borst, R. A. (2007). Discovering and Applying Location Influence Patterns in the Mass Valuation of Domestic Real Property. Submitted for the degree of Doctor of Technology. Ulster: Faculty of Engineering of the University of Ulster.
- Bourassa, S. C., Hoesli, M., Sun, J. (2006). A Simple Alternative House Price Index Method. *Journal of Housing Economics*, 15 (1), 80–97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhe.2006.03.001>
- Craven, P., Wahba, G. (1978). Smoothing noisy data with spline functions. *Numerische Mathematik*, 31 (4), 377–403. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf01404567>
- Čeh, M., Kilibarda, M., Lisec, A., Bajat, B. (2018). Estimating the performance of random forest versus multiple regression for predicting prices of the apartments.

- ISPRS international journal of geo-information, 7 (5), 168. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi7050168>
- Čeh, M., Viitanen, K., Peruš, I. (2012). A non-parametric CAE approach to office rents: Identification of Helsinki metropolitan area submarkets. *Expert Systems with Applications*, 39 (1), 460–471. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.07.037>
- D'Amato, M., Kauko, T. (2017). *Advances in Automated Valuation Modeling. AVM After the Non-Agency Mortgages Crisis*. Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49746-4>
- Drakslar, V. (2009). *Prestrukturiranje odprtega prostora stanovanjskih sosesk zgrajenih od 1960 do 1980 v Ljubljani*. Diploma thesis. Ljubljana: University of Ljubljana, Biotechnical Faculty.
- EMV (2020). Opis in kakovost modela (= The presentation and quality of the model). Portal e-prostor. https://eprostor.gov.si/EV_EMV/emv/data?action=getDocFile&ID=3, accessed 20. 5. 2020.
- Eurostat (2013). *Handbook on residential property price indices (RPPIs)*. Eurostat. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5925925/KS-RA-12-022-EN.PDF>, accessed 15. 2. 2020.
- ETN (2020). *Evidenca trga nepremičnin (= Real Estate Market Records)*. Ljubljana, Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia. <http://prostor3.gov.si/zvn/spremljanje.html>, accessed 19. 1. 2020.
- GURS. (2018a). *Poročilo o slovenskem nepremičninskem trgu za I. polletje 2018 (= Slovenian Real Estate Market Report for the first half of 2018)*. Ljubljana, Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia. http://www.trgnepremicnin.si/media/polletno_porocilo_2019_i.pdf, accessed 19. 1. 2020.
- GURS. (2018b). *Poročilo o slovenskem nepremičninskem trgu za leto 2018 (= Slovenian Real Estate Market Report for 2018)*. Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia. http://www.trgnepremicnin.si/media/porocilo_za_letno_2018.pdf, accessed 19. 1. 2020.
- GURS. (2019). *Poročilo o slovenskem nepremičninskem trgu za I. polletje 2019 (= Slovenian Real Estate Market Report for the first half of 2019)*. Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia. http://www.trgnepremicnin.si/media/polletno_porocilo_2019_i.pdf, accessed 19. 1. 2020.
- Greenacre, M., Primericio, R. (2014). *Multivariate Analysis of Ecological Data*. Bilbao: Fundacion BBVA.
- Hurvich, C. M., Siminoff, J. S., Tsai, C-L (1998). Smoothing parameter selection in nonparametric regression using an improved Akaike information criterion. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 60 (2), 271–293. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-9868.00125>
- Helbich, M., Brunauer, W., Vaz, E., Nijkamp, P. (2014). Spatial Heterogeneity in Hedonic House Price Models: The Case of Austria. *Urban Studies*, 51 (2), 390–411. DOI: <https://doi.org/10.1177/0042098013492234>
- IAAO. (1978). *Improving Real Property Assessment: A Reference Manual*. Chicago: International Association of Assessing Officers.
- IAAO. (2017). *Standard on Mass Appraisal of real Property*. Kansas City: International Association of Assessing Officers.
- Kimeldorf, G. S., Wahba, G. (1970). A correspondence between Bayesian estimation on stochastic processes and smoothing by splines. *The Annals of Mathematical Statistics*, 41 (2), 495–502. DOI: <https://doi.org/10.1214/aoms/1177697089>
- Kuntz, M., Helbich, M. (2014). Geostatistical mapping of real estate prices: an empirical comparison of kriging and cokriging. *International Journal of Geographical Information Science*, 29, 1904–1921. DOI: <https://doi.org/10.1080/13658816.2014.906041>
- McCluskey, W. J., Adair, A. S. (1997). *Computer Assisted Mass Appraisal*. An International review. New York: Ashgate Publishing.
- McCluskey, W. J., Adair, A. S. (2018). *Computer Assisted Mass Appraisal*. An International review. New York: Ashgate Publishing. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780429461699>
- McCluskey, W. J. (2018). *Property Tax*. An International Comparative Review. New York: Ashgate Publishing. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780429431845>
- Nahtigal, D., Grum, B. (2014). Segmentacija in vrednostni okvir preferenc potencialnih kupcev stanovanj. *Geodetski vestnik*, 59 (1), 71–101. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.01.071-101>
- Nappi-Choulet, I., Maury, T. P. (2011). A spatial and temporal autoregressive local estimation for the Paris housing market. *Journal of Regional Science*, 51 (4), 732–750. DOI: <https://doi.org/10.1111/jors.2011.51>
- Owusu-Ansah, A. (2012). Examination of determinants of housing values in urban Ghana and implications for policy makers. *Journal of African Real Estate Research*, 2 (1), 58–85.
- Orford, S. (1999). *Valuing the Build Environment*. Bristol: Ashgate Publishing Ltd.
- Palma, M., Cappello, C., De Iaco, S., Pellegrino, D., (2018). The residential real estate market in Italy: a spatio-temporal analysis. *Qual Quant*, 53, 2451–2472. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11135-018-0768-8>
- Peterl, S. (2017). *Smooth Spatial and Time Effect Models for Forecast House Prices in Sydney*. Master thesis. Graz: Graz University of Technology.
- Polajnar, M. (2006). *Vpliv starosti in vzdrževanosti stavbe in stanovanja na vrednost stanovanja*. Diploma thesis. Ljubljana: University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering.
- Renigier-Bilozor, M., Janowski, A., d'Amato, M. (2019). Automated Valuation Model based on fuzzy and rough set theory for real estate market with insufficient source data. *Land Use Policy*, 87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104021>
- Renigier-Bilozor, M., Janowski, A., Walacik, M. (2019). Geoscience methods in real estate market analysis subjectivity decrease. *Geoscience*, 9 (3), 130. DOI: <https://doi.org/10.3390/geosciences9030130>
- Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy*, 82, 34–55. DOI: <https://doi.org/10.1086/260169>
- Takats, E. (2012). Aging and house prices, *Journal of Housing Economics*, 21 (2), 131–141. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhe.2012.04.001>
- Twaroch, Ch., Wessely, R., Ernst, J., Lisec, A., Mansberger, R., Muggenhuber, G., Navratil, G., Unger, E.-M., (2015). *Liegenschaft und Wert: Geodaten als Grundlage einer österreichweiten Liegenschaftsbewertung : mit einem Vergleich der Wertermittlung von Liegenschaften in ausgewählten Ländern Europas*. Wien; Graz: NWV, Neuer Wissenschaftlicher Verlag, 215 p.
- Ulbi, M., Smodiš, M. (2019). Razvojni model množične ocene vrednosti tržnih najemnin za pisarne. *Geodetski vestnik*, 63 (3), 325–343. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.03.325-343>
- Ulbi, M., Štembal, R., Smodiš, M. (2016). *Prenova sistema množičnega vrednotenja*

nepremičnin v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 60 (3), 627–643. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2016.04.627-643>

Yousfi, S., Dubé, J., Legros, D., Legros, D. (2020) Mass appraisal without statistical estimation: a simplified comparable sales approach based on a spatiotemporal matrix. *The Annals of Regional Science*, 64 (2), 349–365. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00168-019-00959-2>

Vries, P., Haan, J., Wal, E., Mariën. (2009) A house price index on the SPAR method. *Journal of Housing Economics*, 18 (3), 214–223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhe.2009.07.002>

jhe.2009.07.002

Wahba, G. (1985). A comparison of GCV and GML for choosing the smoothing parameter in the generalised spline smoothing problem. *The Annals of Statistics*, 13 (4), 1378–1402. DOI: <https://doi.org/10.1214/aos/1176349743>

Willenborg, L., Scholtus, S. (2018). The SPAR index and some alternative house price indices.

Wood, S. (2010). Fast stable REML and ML estimation of semiparametric GLMs. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Statistical Methodology)*, 73 (1), 3–36.

Ulbi M., Verbič M., Lisec A., Pahor M. (2021). Proposal of real estate mass valuation in Slovenia based on generalised additive modelling approach. *Geodetski vestnik*, 65 (1), 46–81.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2021.01.46-81>

PREDLOG ZA IZBOLJŠAVO MNOŽIČNEGA VREDNOTENJA NEPREMIČNIN V SLOVENIJI NA PODLAGI PRISTOPA GENERALIZIRANIH ADITIVNIH MODELOV

OSNOVNE INFORMACIJE O ČLANKU:
GLEJ STRAN 46

1 UVOD

Množično vrednotenje nepremičnin je opredeljeno kot sistematična ocena tržne vrednosti skupine nepremičnin na določen datum z uporabo standardiziranih metod in statističnih analiz (IAAO, 1978, 2017). Po Renigier-Bilozor, Janowski in d'Amato (2019) je vrednotenje nepremičnin običajno obravnavano z dveh vidikov: individualnega oziroma posamičnega in množičnega. Posamično vrednotenje sloni na posamični obravnavi nepremičnine ob upoštevanju velikega števila opisnih podatkov o nepremičninah in okoliščinah transakcij, a se pri tem v splošnem srečujemo z majhno količino podatkov, medtem ko množično vrednotenje sloni na nepremičninskih evidencah z veliko količino podatkov in njihovi samodejni obdelavi, pri tem pa praviloma obravnavamo množico nepremičnin, a manjše število dejavnikov, ki vplivajo na tržno vrednost nepremičnine. Številni avtorji (Yousfi et al., 2020) poudarjajo pomen množičnega vrednotenja, ki se uporablja za spremljanje cen in ocenjevanje tržnih vrednosti nepremičnin, tudi v podporo pri odločanju glede investicij in aktivnostih na hipotekarnem trgu, pri obdavčenju, zavarovanjih, portfeljih in analizah tveganja, pri prostorskem planiranju, za namene izračunov trendov na področju tržnih vrednosti nepremičnin ipd. V zadnjem obdobju se v številnih državah nepremičninski trg izredno temeljito preučuje, kar je posledica predvsem pretekle gospodarske krize (Twaroch et al., 2015; McCluskey, 2018; Arribas et al., 2016), celovite in učinkovite analize trga nepremičnin pa še vedno manjkajo (Renigier-Bilozor, Janowski in d'Amato, 2019). Ustrezna analiza nepremičninskega trga zahteva izbiro ustreznih metod za analizo razpoložljivih podatkov in informacij (D'Amato in Kauko, 2017). Po McCluskey in Adair (1997, 2018) je pri množičnem vrednotenju cilj ugotoviti, kako deluje trg nepremičnin, ter oblikovati ustrezen reprezentativni matematični model za ocenjevanje najverjetnejše cene nepremičnine na trgu na podlagi tržnih podatkov in podatkov o nepremičninah. Tudi Renigier-Bilozor, Janowski in Walacik (2019) poudarjajo pomen samodejnih rešitev na področju vrednotenja nepremičnin.

Zelo široko sprejeti modeli za množično vrednotenje nepremičnin spadajo v kategorijo tako imenovanih hedoničnih modelov (Borst, 2007; Helbich et al., 2014; Renigier-Bilozor, Janowski in Walacik, 2019; Yousfi et al., 2020). V njih kot odvisna spremenljivka nastopa cena nepremičnine, trenutek prodaje, lokacija in parametri kakovosti nepremičnine pa v modelu nastopajo kot pojasnjevalne spremenljivke. Razmerje med ceno in kakovostjo nepremičnine ob upoštevanju lokacije se ocenjuje v obliki hedonične regresije (Rosen, 1974). Med pomembnejšimi spremenljivkami, ki opredeljujejo vrednost nepremičnin,

je lokacija (Orford, 1999; Peterl, 2017). Naslednji bistven vpliv na vrednost nepremičnin imajo trenutek prodaje nepremičnine ter njene lastnosti, kar se kaže tudi na trgu stanovanjskih nepremičnin (Čeh, Viitanen in Peruš, 2012; Owusu-Ansah, 2012; Arribas et al., 2016; Ulbl, Štembal in Smodiš, 2016; Abdullahi, Usman, Ibrahim, 2018; Čeh et al., 2018) in je tudi predmet obravnave v tej raziskavi. Po Peterl (2017) pričakujemo, da bo vpliv velikosti stanovanja na ceno nepremičnine logaritemski, leto izgradnje stavbe pa bo upoštevano kot zlepek ali polinom višje stopnje.

Slovenski trg stanovanjskih nepremičnin obsega veliko območje, za katero iz poročil o trgu nepremičnin (GURS, 2019; GURS, 2018a; GURS, 2018b) ugotavljamo, da so trendi spreminjanja cen po različnih območjih različni. Tako iz poročila o trgu nepremičnin za leto 2018 (GURS, 2018b) ugotavljamo, da je bila rast cen stanovanj med letoma 2015 in 2018 največja za območje Ljubljane (leta 2018 je bila povprečna cena na kvadratni meter stanovanja 36 % višja kot leta 2015), za območje Maribora je ta odstotek precej nižji (20 %), za območje Nove Gorice pa je rast znašala le 10 %. Tudi v drugih evropskih državah raziskovalci vse bolj izpostavljajo časovno-prostorsko povezanost obnašanja stanovanjskega in na splošno nepremičninskega trga. Helbich et al. (2014) so ugotavljali razlike v trendih rasti cen med različnimi regijami v Avstriji. Kuntz in Helbich (2014) sta v pregledu literature poudarila pomen upoštevanja časovne in prostorske komponente pri obravnavi trga nepremičnin; v navedeni raziskavi sta uporabila geostatistične metode za modeliranje cen nepremičnin in s tem pozornost namenila modeliranju variacije cen v prostoru. Z vidika preučevanja časovnega in prostorskega spreminjanja cen stanovanj na večjem območju je zagotovo zanimiva študija, katere rezultate so objavili Palma et al. (2018), ki so se posvetili časovno-prostorskemu modeliranju trga stanovanjskih nepremičnin na primeru Italije. Študij, v katerih obravnavajo prostorsko-časovni vidik pri modeliranju cen stanovanj na nepremičninskem trgu, je sicer več, a se večina nanaša na območje enega mesta oziroma manjša zaokrožena območja, začenši z eno prvih študij na tem področju (Nappi-Choulet in Maury, 2011).

V raziskavi, v kateri obravnavamo trg stanovanj za celotno Slovenijo, bomo posebno pozornost namenili časovnemu in prostorskemu vidiku spreminjanja cen stanovanj, in sicer tako, da bomo trenutek prodaje stanovanja različno upoštevali po različnih cenovnih območjih. Pri tem bodo cenovna območja oblikovana glede na poznavanje obnašanja trga nepremičnin v Sloveniji. Posamezno cenovno območje je oblikovano na podlagi predpostavke enakih silnic povpraševanja in ponudbe v cenovnem območju, kot je predlagano v okviru množičnega vrednotenja nepremičnin na Geodetski upravi Republike Slovenije (GURS) (slika 3). Eksperimentalni del raziskave je opravljen na podatkih celotnega slovenskega stanovanjskega nepremičninskega trga, ki spada med heterogene trge. Kot je navedeno v Helbich et al. (2014), so lastnosti nepremičnin zelo posebne, med drugim že zaradi unikatnega položaja v prostoru, zaradi česar se nepremičnine najpogosteje upoštevajo kot heterogena dobrina. Poleg tega za slovenski stanovanjski nepremičninski trg velja, da so nepremičnine zelo raznolike tudi v na videz homogenih soseskah. Po Draksler (2009) v večini stanovanjskih sosesk prevladuje mešana zazidava tako nizkih kot visokih objektov kakor tudi različen način zazidave. Dodatno so zaradi velikega deleža lastniških stanovanj v Sloveniji (Lagonja, 2010) stanovanja v istem bloku zelo različno vzdrževana. Vse to se odraža v heterogenosti nepremičninskega trga. Podobno velja za mnoge nepremičninske trge v Evropi (Renigier-Bilozor, Janowski in Walacik, 2019), zato bodo rezultati raziskave zanimivi za širšo mednarodno raven. Renigier-Bilozor, Janowski in Walacik (2019) so za analizo takšnega trga uporabili metode rudarjenja podatkov.

V raziskavi smo za obravnavanje heterogenega nepremičninskega trga za območje celotne države uporabili metodo generaliziranih aditivnih modelov. Mnoge evropske države podatkov o trgu nepremičnin ne spremljajo sistematično (Twaroch et al., 2015), zaradi česar je izgradnja modela množičnega vrednotenja izredno zahtevna. Analiza trga nepremičnin na ravni celotne države se tako naslanja na podatke, ki jih o prodajah zbirajo nepremičninske agencije, banke, spletni portali z oglasi za prodajo in najem nepremičnin (Helbich et al., 2014; Twaroch et al., 2015). Slovenski primer sistema množičnega vrednotenja nepremičnin, v okviru katerega se sistematično zbirajo podatki o trgu nepremičnin (glej Ulbl, Štembal in Smodiš, 2016; Ulbl in Smodiš, 2019), omogoča sistematično analizo tako heterogenega trga nepremičnin. Takats (2012) navaja, da je heterogenost nepremičnin na ravni države resnično zanimivo področje prihodnjega raziskovanja.

Namen raziskave je preveriti, ali je mogoče hkrati upoštevati spremenljivke, za katere predvidevamo, da imajo največji vpliv na ceno stanovanja. Mednje spada predvsem lokacija nepremičnine (Peterl, 2017; Orford, 1999). Naslednji bistven vpliv na ceno stanovanjskih nepremičnin imajo trenutek prodaje nepremičnine ter njene fizične lastnosti (Čeh, Viitanen in Peruš, 2012; Owusu-Ansah, 2012; Arribas et al., 2016; Ulbl, Štembal in Smodiš, 2016; Abdullahi, Usman in Ibrahim, 2018; Čeh et al., 2018). Tudi Nahtigal in Grum (2014) sta kot najpomembnejši vpliv na ceno stanovanj opredelila lokacijo, in sicer mikrolokacijo, sledil je vpliv fizičnih lastnosti stanovanj, med katerimi sta se kot najpomembnejša izkazala velikost in starost. Kot pomembni so se pokazali še družbeno-ekonomski dejavniki ter dejavniki funkcionalne in relativne velikosti stanovanja, vendar je bil njihov vpliv bistveno manjši (Nahtigal in Grum, 2014).

V raziskavi bomo lokacijo upoštevali s podatkom o položaju stavbe v referenčnem prostorskem sistemu (položajne koordinate centroida stavbe, v kateri je stanovanje). Trenutek prodaje je podatek, ki je v evidenci trga nepremičnin (v nadaljevanju: ETN) naveden kot datum sklenitve pogodbe. Glede lastnosti nepremičnine se bomo osredotočili na spremenljivki, ki na podlagi lastnih izkustev in pregledane literature med parametri lastnosti kvantitativno najbolj pojasnita ceno nepremičnin; to sta velikost stanovanja in starost stavbe. Velikost stanovanja v tem prispevku opredelimo enako, kot ga obravnava geodetska uprava v sistemu množičnega vrednotenja. Velikost stanovanja je tako določena kot vsota bivalne površine, površine poslovnega prostora, shrambe, sušilnice oziroma pralnice, 25 % površine garaže oziroma garažnega parkirnega prostora, 3 % površine kleti, 20 % površine teras, balkonov in lož, 50 % prostorov z omejeno uporabo ter 70 % nedokončanih prostorov (EMV, 2020). Starost je upoštevana s podatkom o letu izgradnje stavbe. Vpliv let obnov na ceno stanovanja v tej analizi ni upoštevan. Glede na vse navedeno domnevamo, da bodo na ceno stanovanj v Sloveniji vplivali tako lokacija kot tudi velikost in starost stanovanja ter trenutek prodaje po različnih cenovnih območjih.

V članku so najprej predstavljeni uporabljeni podatki in metodologija. Osrednji del se nanaša na predstavitev rezultatov vrednotenja dveh modelov, ki smo ju razvili za namen ocenjevanja posplošene tržne vrednosti stanovanj. Dodatno je izvedena primerjava rezultatov modelov z aktualnim modelom množičnega vrednotenja v Sloveniji. Članek zaključujemo s sklepnimi ugotovitvami.

2 UPORABLJENI PODATKI

Analizo trga stanovanj smo opravili na podatkih slovenskega nepremičninskega trga. GURS sistematično spremlja dosežene pogodbene cene nepremičnin na slovenskem trgu od začetka leta 2007. Podatke o

sklenjenih kupoprodajnih poslih z nepremičninami, za katere je obračunan davek na promet nepremičnin (DDV/DPN), posreduje Finančna uprava Republike Slovenije (FURS), medtem ko prodajalci posredujejo podatke za posle, za katere se obračuna davek na dodano vrednost (DDV). Ti podatki se hranijo in vzdržujejo v evidenci trga nepremičnin (ETN, 2020). Geodetska uprava podatke iz ETN preverja in jih po potrebi popravi na dejansko stanje v prostoru, po potrebi jih tudi dopolni s podatki iz različnih evidenc. Tako se podatki iz ETN najprej sistemsko dopolnijo s podatki registra nepremičnin (REN), katastra stavb in zemljiškega katastra. Dodatno se tržnost posla (povezanost pogodbenih strank) posamično preverja na podlagi vseh razpoložljivih evidenc (na primer podatkov Agencije Republike Slovenije za javnopravne evidence in storitve – AJPES, centralnega registra prebivalstva) ter različnih podatkov, ki jih je mogoče preveriti na spletu (članki na temo prodaje nepremičnine, dostopni oglasi za prodajo na prodajnih portalih, oglasi za najeme stanovanj na spletnih straneh ipd.). Vsaka transakcija se preveri tudi s terenskim ali še z virtualnim ogledom v rešitvi *Google Street View*. Transakcija se torej preveri na podlagi vseh dostopnih podatkov, po potrebi se popravi tržnost posla, velikost nepremičnine, leto izgradnje, kakovost stanovanja. Prav tako se preveri, ali bi bila cena lahko špekulativno znižana ali zvišana. Vse to se presoja v okviru postopka pregleda prodaj. Pri tem se vsaka transakcija glede na stanje, v kakršnem je bila prodana, ustrezno opredeli. Preverjajo se pogoji za tržno prodajo in podatki o nepremičninah, ki so predmet kupoprodajnega pravnega posla. Preverjeni in dopolnjeni podatki o nepremičninah, ki so predmet kupoprodajnega pravnega posla, se povezani z ETN interno shranjujejo. Analizo smo opravili za podatke prodaj stanovanj v Sloveniji v obdobju od 1. 1. 2015 do 31. 12. 2019, ki so bili predhodno preverjeni in dopolnjeni ter opredeljeni kot ustrezni za uporabo v modelu (ustrezne transakcije). Kot ustrezne transakcije stanovanj se za to analizo upoštevajo transakcije na sekundarnem trgu, ki so tržne, katerih gradnja je končana in katerih kakovost ustreza populaciji vseh nepremičnin. Skupno število tako ustreznih prodaj stanovanj je 35.309 (preglednica 1). Vsi izračuni v tem prispevku so izvedeni na teh podatkih.

Preglednica 1: Opisne statistike uporabljenih podatkov o trgu stanovanj.

	Minimum	1. kvartil	Mediana	Povprečje	3. kvartil	Maksimum
Pogodbena cena [€]	3.500	53.000	80.000	98.986	127.897	1.150.000
Velikost [m ²]	15,00	41,44	55,24	58,21	69,76	705,00
Leto izgradnje	1435	1965	1978	1975	2003	2019

Vir podatkov: ETN (2020), lastni izračuni.

Preglednica 2: Opisne statistike uporabljenih podatkov, ustreznih za nadaljnje analize.

	Minimum	1. kvartil	Mediana	Povprečje	3. kvartil	Maksimum
Pogodbena cena [€]	3.500	53.000	80.000	98.954	127.841	695.000
Velikost [m ²]	15,00	41,44	55,24	58,16	69,75	230,00
Leto izgradnje	1435	1965	1978	1975	2003	2019

Vir podatkov: ETN (2020), lastni izračuni.

Preglednica 1 prikazuje, da je med podatki tudi stanovanje, veliko 705 m², kar najbrž ni stanovanje, temveč hiša. Zaradi takih napak izločimo prodaje stanovanj, večjih od 300 m² (tri takšne prodaje). Prav tako izločimo prodaje, pri katerih je cena presegala 1.000.000 € (ena takšna prodaja). Predpostavljamo, da gre za napako pri evidentiranju nepremičnin ter pregledu podatkov o prodajah. Skupno število analiziranih stanovanj se tako zmanjša za 4, in sicer na 35.305 (preglednica 2).

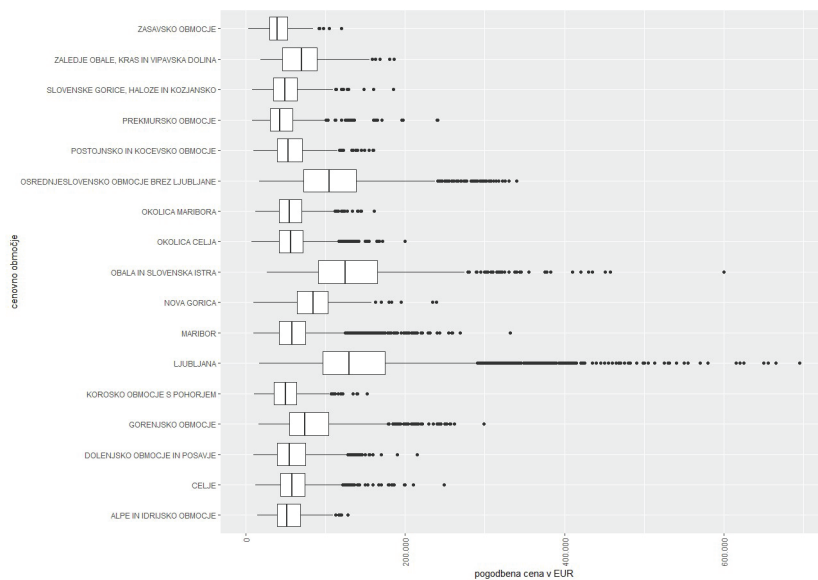
Pogodbena cena stanovanj se je gibala med 3.500 € in skoraj 700.000 €. Cena 3.500 € se za stanovanje zdi nerealna, zato so bile preverjene prodaje stanovanj z nižjo ceno od 5.000 €. Ugotovljeno je bilo, da so prodaje takšnih stanovanj tri, ena iz leta 2016, ena iz 2018 in ena iz 2019. Vsa so velika le 15,9 m² in so v istem bloku v Trbovljah. Kljub zelo nizki ceni teh prodaj iz analize ne izločimo, ker so ustrezne. Mediana cen stanovanj znaša 80.000 €, povprečje pa skoraj 100.000 €. Prodana so bila stanovanja, velika med 15 m² in 230 m², z mediano 55 m² ter povprečjem 58 m². Vzorec prodaj je s stališča velikosti stanovanj reprezentativen za populacijo vseh stanovanj v Sloveniji, kjer mediana za velikost znaša 53,6 m² (EMV, 2020). Prodana so bila stanovanja, zgrajena med letoma 1435 in 2019, s povprečjem leta izgradnje v letu 1975 ter mediano 1978. Mediana za leto izgradnje prodanih stanovanj v populaciji znaša 1975 (EMV, 2020). Vzorec prodaj je tako tudi s stališča letnice izgradnje reprezentativen za populacijo vseh stanovanj v Sloveniji.

Ekonomska življenjska doba stanovanj je približno 80–100 let (Polajnar, 2006), kar pomeni, da so v letu 2020 ekonomsko upravičene le stavbe, mlajše od leta 1920. Leto izgradnje zaradi tega popravimo tako, da vsem stavbam, ki so zgrajene pred letom 1900, pripišemo korigirano leto izgradnje 1900, saj morajo biti redno vzdrževane, da so še vedno uporabne. Cenovna območja, torej območja, za katera predpostavljamo enake silnice povpraševanja in ponudbe, so v nadaljevanju predstavljena na sliki 3. Preglednica 3 navaja opisne statistike po cenovnih območjih. Slika 1 prikazuje opisne statistike z okvirji z ročaji za cene po cenovnih območjih.

Preglednica 3: Opisne statistike prodaj stanovanj v Sloveniji po cenovnih območjih za obdobje od 1. 1. 2015 do 31. 12. 2019.

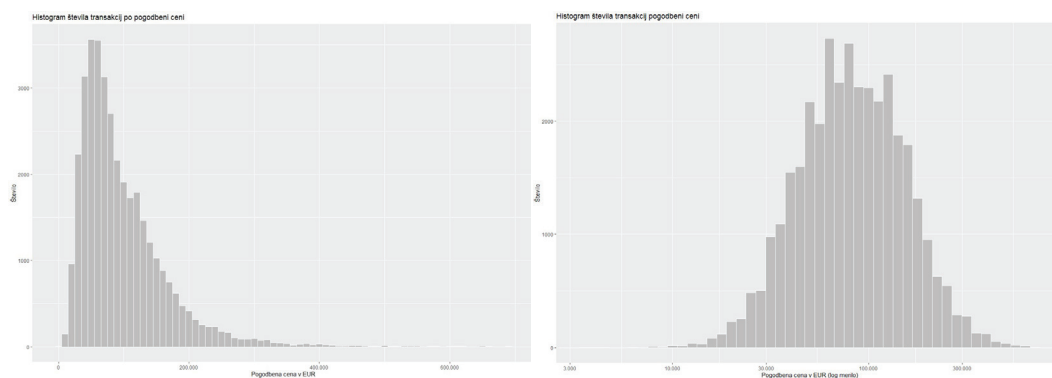
Oznaka cenovnega območja	Število prodaj	Mediana cene [€] (zaokroženo na 1000)	Povprečje cene [€] (zaokroženo na 1000)	Mediana velikosti [m ²]	Mediana leta izgradnje
Alpe in idrijsko območje	359	52.000	55.000	53,1	1974
Celje	1.382	58.000	62.000	51,8	1971
Dolenjsko območje in Posavje	1.759	55.000	59.000	51,8	1978
Gorenjsko območje	2.016	74.000	83.000	50,6	1977
Koroško območje s Pohorjem	927	50.000	52.000	52,9	1975
Ljubljana	10.204	130.000	147.000	55,7	1977
Maribor	4.376	58.000	64.000	52,0	1971
Nova Gorica	518	85.000	86.000	57,0	1975
Obala in slovenska Istra	3.193	125.000	136.000	55,1	1989
Okolica Celja	2.133	56.700	60.000	54,1	1977
Okolica Maribora	813	55.000	57.000	53,8	1985
Osrednjeslovensko območje brez Ljubljane	3.690	105.000	114.000	56,4	2001
Postojnsko in kočevsko območje	959	53.000	57.000	54,1	1973
Prekmursko območje	526	43.000	52.000	51,7	1977
Slovenske gorice, Haloze in Kozjansko	1.068	49.000	52.000	54,0	1977
Zaledje Obale, Kras in Vipavska dolina	590	70.000	72.000	55,4	1978
Zasavsko območje	792	40.000	42.000	52,0	1969

Vir podatkov: ETN (2020), lastni izračuni.



Slika 1: Okvirji z ročaji za ceno po cenovnih območjih (vir podatkov: ETN (2020), lastni izračuni).

Najvišje cene stanovanj so v cenovnem območju Ljubljana, ki obsega območje Ljubljane znotraj obroča obvozne avtoceste. To je tudi območje z največ stanovanji in posledično največ prodajami v Sloveniji. Po cenah sledita Obala s slovensko Istro ter okolica Ljubljane, ki pa ima v strukturi prodanih stanovanj veliko novjših stanovanj (mediana je leto 2001). Medsebojno so primerljive cene na gorenjskem območju, v Novi Gorici ter zaledju Obale, na Krasu in v Vipavski dolini. Prav tako so medsebojno primerljive cene v Mariboru, Celju, njunih okolica ter na dolenskem območju. Ostala območja imajo primerljivo nižje pogodbene cene. Porazdelitev pogodbene cene kot odvisne spremenljivke prikazuje slika 2.



Slika 2: Histogram števila transakcij po pogodbeni ceni: (1) osnovni podatki (levo) in (2) logaritmirani podatki (desno) (vir podatkov: ETN (2020), lastni izračuni).

Porazdelitev pogodbene cene kaže na asimetrijo podatkov, zato podatke prikazujemo tudi v logaritmski skali (slika 2, desno).

3 METODOLOGIJA RAZISKAVE

Za izgradnjo modela množičnega vrednotenja nepremičnin smo uporabili pristop generaliziranih aditivnih modelov (GAM), kjer kot odvisna spremenljivka nastopa pogodbeni cena stanovanj (*pog_cena*), pojasnjevalne spremenljivke pa so lokacija, podana z ravninskima koordinatama centroida stavbe v državnem referenčnem koordinatnem sistemu (x, y), čas prodaje stanovanja (*time*), korigirano leto izgradnje (*leto_izg_cor*) ter velikost stanovanja (*izmera_pop*). Cena v modelu zaradi porazdelitve cen stanovanj (slika 2) nastopa v logaritmčni transformirani obliki. Tudi pojasnjevalne spremenljivke so transformirane, za kar so uporabljeni zleпки.

V raziskavi sta uporabljeni Gaussova in gama porazdelitev odvisne spremenljivke ter generalizirani aditivni modeli z zlepkami. Po Wood (2010) poteka izbira parametrov glajenja za potrebe izračuna zlepkov po dveh skupinah kriterijev. V prvi (asimptotične metode) se poskuša čim bolj zmanjšati napaka napovednega modela z optimizacijo kriterijev, kot so Akaikejev informacijski kriterij (AIC), navzkrižna kontrola ali posplošena navzkrižna kontrola (GCV) (Craven in Wahba, 1979). Druga skupina obravnava gladke funkcije kot naključne učinke (Kimeldorf in Wahba, 1970), tako da so parametri glajenja parametri variance, ki jo je mogoče oceniti s cenilko največjega verjetja (angl. *maximum likelihood* oziroma *ML* po Anderssen in Bloomfield, 1974) ali omejeno cenilko največjega verjetja oziroma generaliziranega maksimalnega verjetja (*REML/GML*; Wahba, 1985). Izkaže se, da GCV razvije več minimumov ter poda bolj variabilne parametre glajenja (Wood, 2010). Predoločenost modela kaznuje le šibko, pri čemer je minimum glede na variabilnost vzorca pri glajenju nizek. To lahko vodi do predoločenosti modela. REML na drugi strani predoločenost močnejše kaznuje, zaradi česar glede na spremenljivost vzorca podaja izrazitejši optimum.

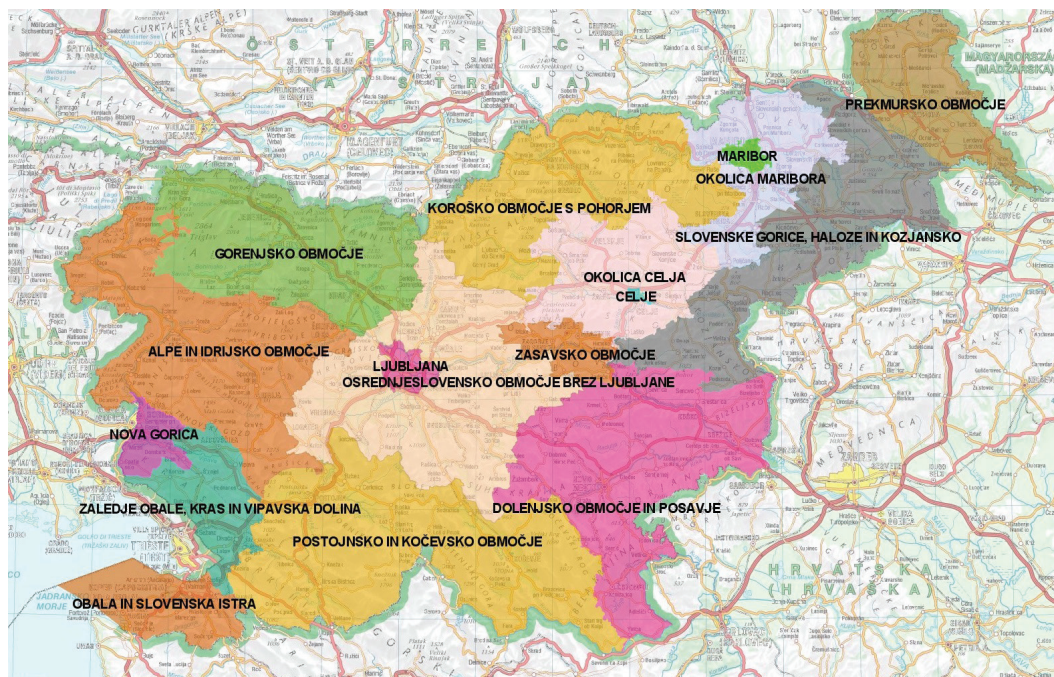
Ekstremnemu (pod)glajenju se je mogoče izogniti z uporabo sintetične mere primernosti, kot je Akaikejev informacijski kriterij AIC (Hurvich, Simonoff in Tsai, 1998), vendar v praksi uporaba nizkih do vmesnih rangov za parametre glajenja zavira prekomerno določenost, zaradi česar AIC ponuja le redke dodatne koristi glede na GCV. Večja odpornost proti predoločenosti, manjša variabilnost parametrov glajenja in zmanjšana tendenca k več minimumom dajejo prednost metodama REML in ML pred metodama GCV in AIC. Te prednosti pa morajo biti tehtane s tem, da sta metodi REML in ML v primerjavi z GCV in AIC manj zanesljivi. Zaradi vsega navedenega je za optimalno določitev posameznega modela ob iteracijah pri iskanju najboljših parametrov uporabljena metoda fREML (angl. *fast stable restricted maximum likelihood*), za primerjavo med končnimi modeli pa se uporablja odstotek pojasnjene deviance oziroma variabilnosti odvisne spremenljivke (Greenacre in Primicerio, 2014) ter AIC. Pojasnjena deviacija predstavlja generalizacijo determinacijskega koeficienta za primer generaliziranih modelov, kot sta GLM, to je generalizirani linearni model, ter GAM, to je generalizirani aditivni model. Služi primerjavi razlik med modeli glede na njihovo sposobnost pojasnjevanja variabilnosti odvisne spremenljivke. Poenostavljena enačba modela se glasi (1):

$$\log(pog_cena) \approx f_{t_co}(time, ime_co) + f_{xy}(x, y) + f_i(izmera_pop) + f_l(leto_izg_cor) + \varepsilon \quad (1)$$

Pri tem so:

- f_i in f_l zlepkata po vplivu velikosti in letu izgradnje,
- f_{t_co} zlepkata za vpliv datuma prodaje po posameznem cenovnem območju ter
- f_{xy} dvodimenzionalni zlepek, ki odraža vpliv lokacije na vrednost stanovanja.

Cenovna območja (slika 3) so oblikovana tako, da se v njih predvidevajo enake silnice ponudbe in povpraševanja, razvite na podlagi večletnega spremljanja nepremičninskega trga v Sloveniji (Ulbl, Štembal in Smodiš, 2016).

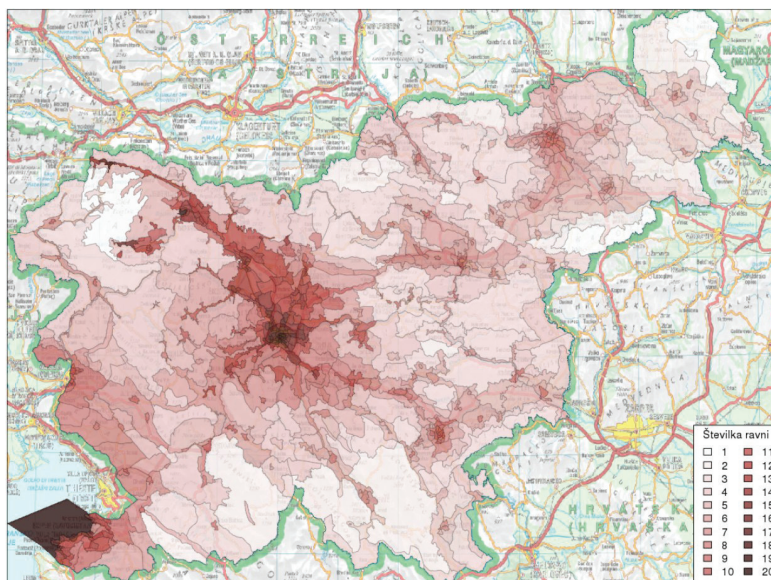


Slika 3: Prikaz cenovnih območij trga stanovanj v Sloveniji (vir podatkov: ETN (2020), lastni prikaz).

Rezultate za trende tako izračunanih modelov bomo za vsako cenovno območje primerjali s trendi, izračunanimi z metodo SPAR, ki jo pri delu uporablja geodetska uprava za določitev vpliva datuma prodaje na ceno stanovanja. Metoda SPAR (angl. *sale price appraisal ratio*) se v sistemih množičnega vrednotenja uporablja tudi na Novi Zelandiji, Švedskem, Danskem ter Nizozemskem (Vries et al., 2009). Bourassa, Hoesli in Sun (2006) so jo predstavili kot metodo za oblikovanje indeksov cen nepremičnin. Pri metodi SPAR se za izračun indeksa cen nepremičnin upošteva kvocient med ceno nepremičnine in predhodno ocenjeno vrednostjo.

Kot navaja Eurostat (2013), se metoda SPAR nanaša na vse podatke o kupoprodajnih poslih in je uporabna le tam, kjer so na voljo zanesljive ocenjene vrednosti nepremičnin. Pri tem je na podlagi že oblikovanih modelov vrednotenja prodanim nepremičninam pripisana izračunana vrednost v skladu z veljavnim modelom. Po podatkih evidence modelov vrednotenja (EMV, 2020) je splošena tržna vrednost za stanovanja, na podlagi katere GURS izračunava trend po metodi SPAR, zmnožek ocenjene vrednosti iz vrednostne tabele (kjer se upošteva vpliv lokacije, velikosti in leta izgradnje), faktorja obnov, faktorja lastnosti, faktorja dodatnih prostorov, faktorja lege ter faktorja oddaljenosti od linijskih objektov gospodarske javne infrastrukture. Vsi podatki o izračunu vrednosti so predstavljeni na portalu Evidenca modelov vrednotenja pod zavihkom opis in kakovost modela, starost in velikost ter kakovost (EMV, 2020).

Pri prikazih vpliva datuma na ceno nepremičnine v modelu, ki vse spremenljivke upošteva hkrati, so za primerjavo dodani tudi prikazi trendov, ki jih geodetska uprava uporablja za časovno prilagajanje transakcij (metoda SPAR z metodo drsečih sredin, pri čemer je kot sredina uporabljeno geometrično povprečje razmerij med ceno in izračunano vrednostjo za obdobje prodaj 120 dni pred in 90 dni po datumu, za katerega se trend računa). Vpliv lokacije smo v modelu upoštevali s prostorskim zlepkom in ga primerjali z vrednostnimi conami, objavljenimi v evidenci modelov vrednotenja (slika 4). Geodetska uprava v okviru množičnega vrednotenja nepremičnin vpliv lokacije namreč upošteva na podlagi vrednostnih con (Ulbl, Štembal in Smodiš, 2016; Ulbl in Smodiš, 2019). To so območja, znotraj katerih imajo nepremičnine z enakimi opisnimi podatki enako posplošeno vrednost. Vsaki vrednostni coni je pripisana vrednostna raven, ki predstavlja vrednost referenčne enote vrednotenja. Pri stanovanjih je to stanovanje v stavbi z od 6 do 50 stanovanji, veliko je 50 m², zgrajeno med letoma 1975 in 1983, ni obnovljeno, nima dvigala, stoji v pritličju ali prvem, drugem ali tretjem nadstropju in ne stoji na vplivnem območju linijskih objektov gospodarske javne infrastrukture. Slika 4 prikazuje vrednostne cone, ki so obarvane glede na vrednostne ravni, pripisane posamezni vrednostni coni.



Slika 4: Prikaz vrednostnih con za stanovanja (vir: EMV, 2020).

4 REZULTATI

V tem poglavju podajamo rezultate analize izračunov. Najprej so predstavljeni rezultati ocenjevanja tržnih vrednosti stanovanj po razvitih modelih in ocenjevanje primernosti modelov, sledi predstavitev rezultatov analize vpliva trenutka prodaje na ceno stanovanj kot predviden pomemben dejavnik na višino transakcijske vrednosti.

4.1 Rezultati ocenjevanja modelov

Za izračun ocenjene vrednosti so uporabljeni generalizirani aditivni modeli. Pri tem je odvisna spremenljivka upoštevana z gama ter z Gaussovo porazdelitvijo. V obeh primerih je uporabljena logaritemska transformacija odvisne spremenljivke.

Family: gaussian Link function: log				
Formula: pog_cena ~ s(time, bs = »cr«, by = as.factor(ime_co), k = 6) + s(x, y, bs = »tp«, k = 100) + s(izmera_pop, bs = »cr«, k = 20) + s(leto_izg_cor, bs = »cr«, k = 10)				
Parametric coefficients: Estimate Std. Error t value Pr(> t) (Intercept) 11.331127 0.001791 6328 <2e-16 ***				
Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Approximate significance of smooth terms:				
	edf	Ref.df	F	p-value
s(time):as.factor(ime_co)ALPE IN IDRIJSKO OBMOČJE	3.262	3.886	2.707	0.04011 *
s(time):as.factor(ime_co)CELJE	1.900	2.359	31.980	5.55e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)DOLENJSKO OBMOČJE IN POSAVJE	2.118	2.617	43.267	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)GORENJSKO OBMOČJE	3.192	3.833	71.247	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)KOROSKO OBMOČJE S POHORJEM	1.559	1.921	6.209	0.00241 **
s(time):as.factor(ime_co)LJUBLJANA	4.977	5.000	1164.922	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)MARIBOR	3.252	3.899	60.458	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)NOVA GORICA	3.265	3.909	14.095	4.95e-11 ***
s(time):as.factor(ime_co)OBALA IN SLOVENSKA ISTR	4.822	4.984	129.699	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)OKOLICA CELJA	3.225	3.869	22.343	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)OKOLICA MARIBORA	2.040	2.529	10.071	1.17e-05 ***
s(time):as.factor(ime_co)OSREDNJESLOVENSKO OBMOČJE BREZ LJUBLJANE	4.109	4.654	185.696	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)POSTOJNSKO IN KOČEVSKO OBMOČJE	1.985	2.457	22.831	6.04e-12 ***
s(time):as.factor(ime_co)PREKMURSKO OBMOČJE	3.196	3.828	7.430	1.00e-05 ***
s(time):as.factor(ime_co)SLOVENSKE GORICE, HALOZE IN KOZJANSKO	2.100	2.603	4.449	0.00671 **
s(time):as.factor(ime_co)ZALEDJE OBALE, KRAS IN VIPAVSKA DOLINA	1.685	2.093	11.977	4.88e-06 ***
s(time):as.factor(ime_co)ZASAVSKO OBMOČJE	2.298	2.829	7.567	8.82e-05 ***
s(x,y)	95.162	98.549	680.691	< 2e-16 ***
s(izmera_pop)	11.621	13.468	6532.887	< 2e-16 ***
s(leto_izg_cor)	8.211	8.784	845.058	< 2e-16 ***
Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
R-sq.(adj) = 0.888 Deviance explained = 88.9% fREML = -4.0398e+05 Scale est. = 4.9836e+08 n = 35305				

Slika 5: Rezultati modela, pri katerem odvisna spremenljivka nastopa kot porazdeljena po Gaussovi porazdelitvi (vir podatkov: ETN (2020), lastni izračuni).

Model, v katerem odvisna spremenljivka nastopa z lognormalno porazdelitvijo (Gaussova z logaritemsko transformacijo), pojasni skoraj 89 % variabilnosti odvisne spremenljivke. Vse spremenljivke statistično značilno vplivajo na ceno (slika 5).

Family: Gamma Link function: log				
Formula: pog_cena ~ s(time, bs = »cr«, by = as.factor(ime_co), k = 6) + s(x, y, bs = »tp«, k = 100) + s(izmera_pop, bs = »cr«, k = 20) + s(leto_izg_cor, bs = »cr«, k = 10)				
Parametric coefficients: Estimate Std. Error t value Pr(> t) (Intercept) 1.132e+01 9.868e-04 11474 <2e-16 ***				
Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				

Approximate significance of smooth terms:				
	edf	Ref.df	F	p-value
s(time):as.factor(ime_co)ALPE IN IDRIJSKO OBMOČJE	4.604	4.923	12.88	1.86e-11 ***
s(time):as.factor(ime_co)CELJE	2.086	2.584	94.01	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)DOLENJSKO OBMOČJE IN POSAVJE	3.436	4.084	102.39	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)GORENJSKO OBMOČJE	2.972	3.602	150.36	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)KOROSKO OBMOČJE S POHORJEM	1.000	1.000	70.74	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)LJUBLJANA	4.853	4.989	954.08	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)MARIBOR	3.950	4.538	271.53	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)NOVA GORICA	2.658	3.245	33.35	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)OBALA IN SLOVENSKA ISTR	4.381	4.822	131.82	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)OKOLICA CELJA	4.242	4.743	49.93	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)OKOLICA MARIBORA	2.037	2.527	31.78	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)OSREDNJSLOVENSKO OBMOČJE BREZ LJUBLJANE	4.009	4.584	237.29	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)POSTOJNSKO IN KOČEVSKO OBMOČJE	2.112	2.607	69.56	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)PREKMURSKO OBMOČJE	3.569	4.203	25.03	< 2e-16 ***
s(time):as.factor(ime_co)SLOVENSKE GORICE, HALOZE IN KOZJANSKO	1.000	1.000	34.96	3.39e-09 ***
s(time):as.factor(ime_co)ZALEĐJE OBALE, KRAS IN VIPAVSKA DOLINA	1.000	1.000	60.43	7.78e-15 ***
s(time):as.factor(ime_co)ZASAVSKO OBMOČJE	3.516	4.160	32.34	< 2e-16 ***
s(x,y)	97.674	98.953	1373.64	< 2e-16 ***
s(izmera_pop)	13.395	15.303	7220.64	< 2e-16 ***
s(leto_izg_cor)	7.950	8.640	1236.00	< 2e-16 ***
Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
R-sq.(adj) = 0.879 Deviance explained = 91.1% fREML = -9334.6 Scale est. = 0.033707 n = 35305				

Slika 6: Rezultati modela, pri katerem odvisna spremenljivka nastopa z gama porazdelitvijo (vir podatkov: ETN (2020), lastni izračuni).

Model, v katerem odvisna spremenljivka nastopa z gama porazdelitvijo, pojasni več kot 91 % odvisne spremenljivke. Vse spremenljivke imajo ocenjene vrednosti regresijskih koeficientov, ki so statistično značilno različne od nič (slika 6). V preglednici 4 so navedeni rezultati primerjave modelov, pri katerih je bila odvisna spremenljivka modelirana po Gaussovi ter po gama porazdelitvi.

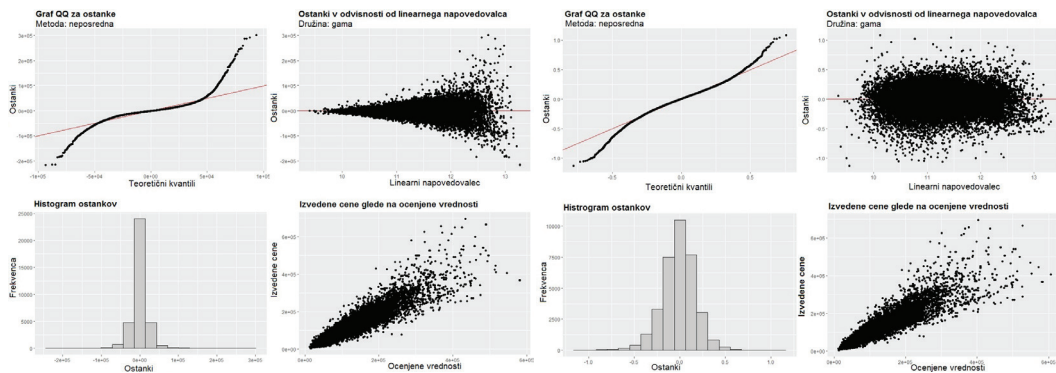
Preglednica 4: Primerjava pojasnjene variabilnosti odvisne spremenljivke in AIC za oba modela.

Model	Pojasnjena variabilnost odvisne spremenljivke	AIC
Gaussova porazdelitev	88,9 %	807.432,1
gama porazdelitev	91,1 %	780.502,2

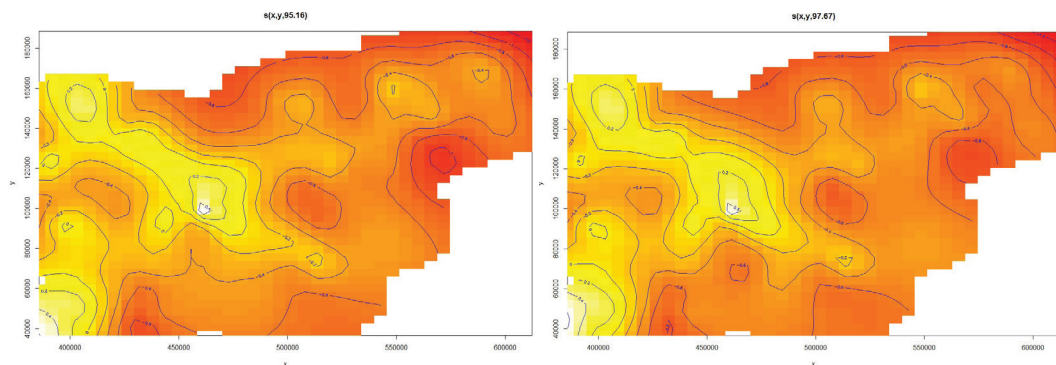
Iz preglednice 4 razberemo, da je model, pri katerem se za odvisno spremenljivko uporabi gama porazdelitev z logaritemsko transformacijo, boljši. Pojasni več variabilnosti odvisne spremenljivke, nižji pa je tudi AIC. Na sliki 7 so prikazani ostanki modelov, pri katerih je bila odvisna spremenljivka modelirana po Gaussovi (4 izrisi zgoraj) ter po gama porazdelitvi (4 izrisi spodaj).

Podobno, kot je navedeno v preglednici 4, v kateri se kot boljši model izkaže model z gama porazdelitvijo, kaže tudi slika ostankov, ki za model z Gaussovo porazdelitvijo odvisne spremenljivke kaže na manj ustrezno porazdelitev ostankov. Ostanke so pri gama porazdelitvi neprimerno bolj porazdeljeni. Pri tem graf QQ za ostanke kaže, da ima tudi model z gama porazdelitvijo odvisne spremenljivke še potencial za izboljšanje.

V nadaljevanju so prikazani rezultati obeh modelov. Prikazani so delni vplivi posamezne spremenljivke na izračunano vrednost. Dodatno je izvedena primerjava z rezultati aktualnega modela množičnega vrednotenja.



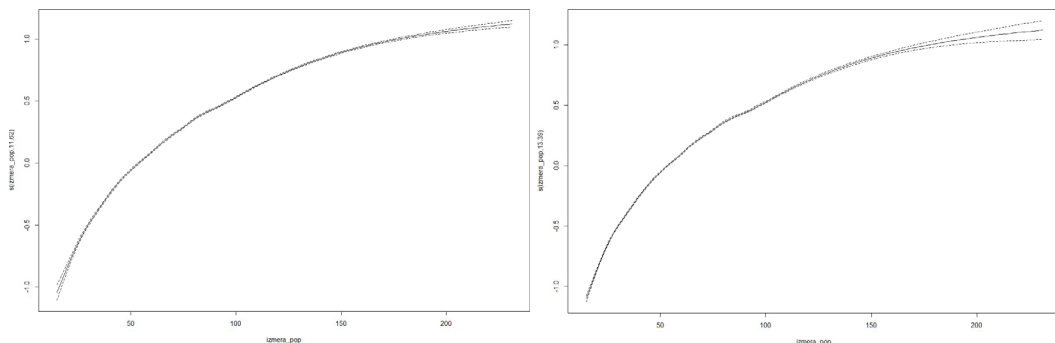
Slika 7: Slika ostankov: porazdelitev odvisne spremenljivke po Gaussovi porazdelitvi (zgoraj levo) in porazdelitev odvisne spremenljivke po gama porazdelitvi (spodaj desno) (vir podatkov: ETN (2020), lastni izračuni).



Slika 8: Parcialni ostanki modela za lokacijo: porazdelitev odvisne spremenljivke po Gaussovi porazdelitvi (levo) in porazdelitev odvisne spremenljivke po gama porazdelitvi (desno) (vir podatkov: ETN (2020), lastni izračuni).

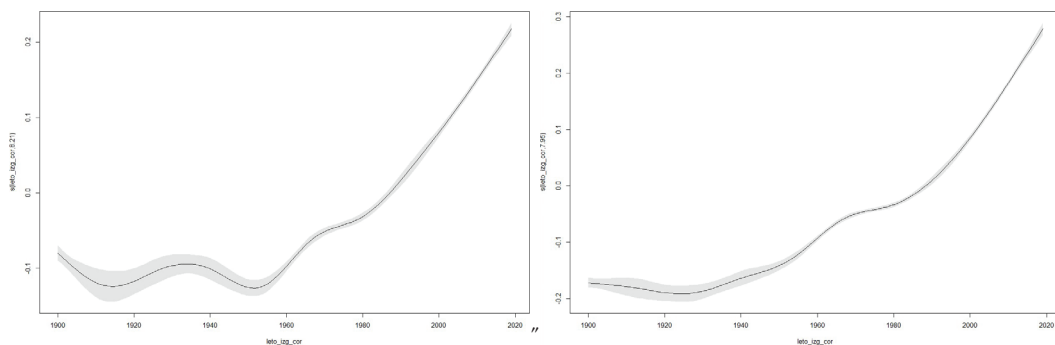
Na sliki 8 so prikazane ocenjene tržne vrednosti stanovanj glede na lokacijo v Sloveniji. Oba modela podata zelo podobne rezultate. Model, ki upošteva porazdelitev odvisne spremenljivke po gama porazdelitvi, kaže na nekaj nižjo ocenjeno vrednost čisto na severovzhodu Slovenije, nekaj razlike je tudi na Koroškem (sever) ter na jugovzhodu (Haloze). Najnižje cene in posledično ocenjene tržne vrednosti so v Prekmurju (rdeča barva) in Halozah, najvišje pa v Ljubljani in na Obali. Visoke cene opazimo tudi na Gorenjskem, nekaj nižje v Novi Gorici. Maribor in Novo mesto imata približno enake cene oziroma vrednosti. Nekaj nižje cene so v Celju in njegovi okolici ter Slovenj Gradcu. Vse to ustreza odnosu med cenami, objavljenimi v polletnem poročilu o slovenskem nepremičninskem trgu (GURS, 2019). Ta rezultat lahko dodatno primerjamo z vrednostnimi conami, objavljenimi v evidenci modelov vrednotenja (slika 4), ki odražajo vpliv lokacije na ceno nepremičnine. Slika 9 prikazuje delni vpliv velikosti na ceno stanovanja. Osenčeni del predstavlja 95-odstotne intervale zaupanja za srednjo vrednost.

Opazimo lahko (slika 9), da bi velikost stanovanja v modelu lahko upoštevali z logaritmsko transformacijo. Oba modela podata zelo podoben rezultat za vpliv velikosti. Opazna je večja variabilnost za večja stanovanja pri gama porazdelitvi odvisne spremenljivke.



Slika 9: Delni ostanki modela za velikost stanovanja: porazdelitev odvisne spremenljivke po Gaussovi porazdelitvi (levo) in porazdelitev odvisne spremenljivke po gama porazdelitvi (desno) (vir podatkov: ETN (2020), lastni izračuni).

Slika 10 prikazuje delni vpliv leta izgradnje na ceno stanovanj.

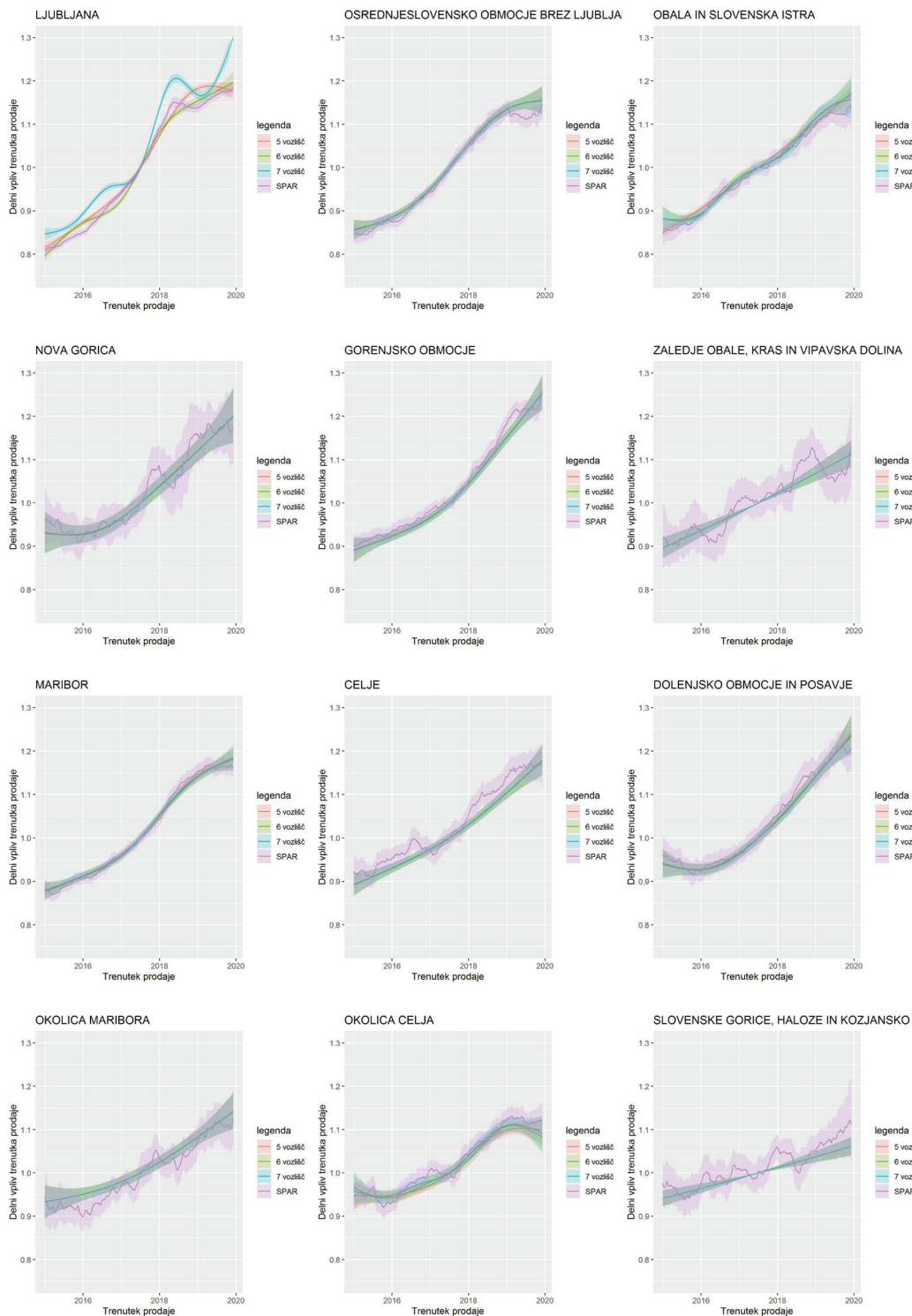


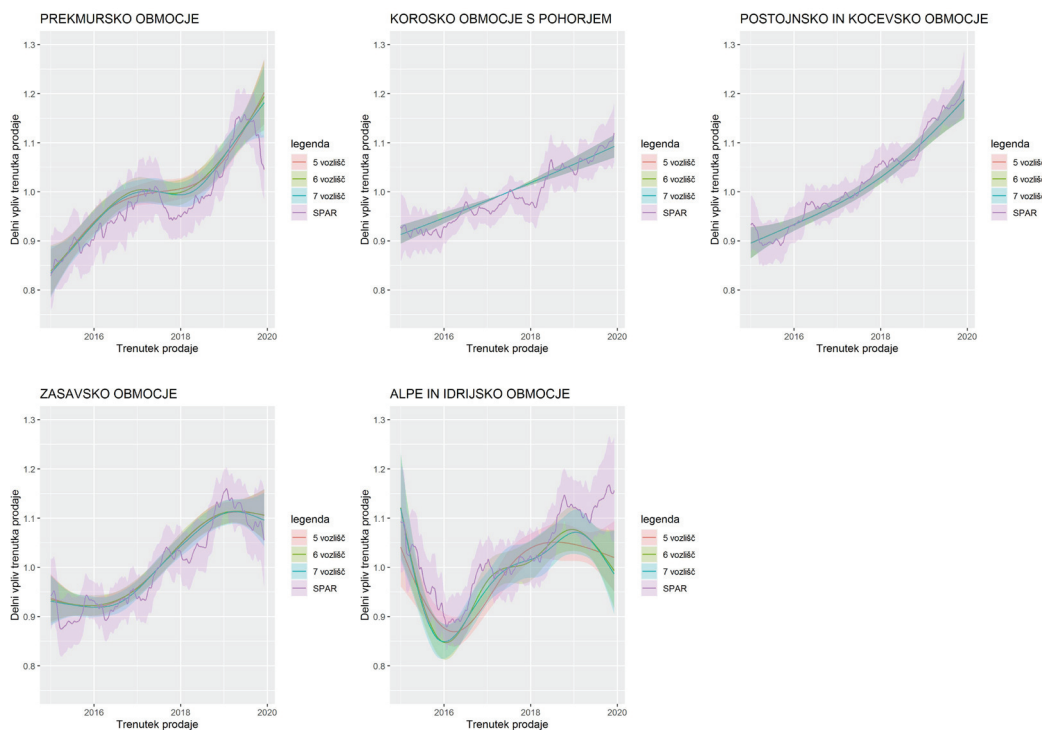
Slika 10: Delni ostanki modela za popravljeno leto izgradnje: porazdelitev odvisne spremenljivke po Gaussovi porazdelitvi (levo) in porazdelitev odvisne spremenljivke po gama porazdelitvi (desno) (vir podatkov: ETN (2020), lastni izračuni).

Najnižje so cene za stanovanja, zgrajena približno leta 1925. Starejša stanovanja imajo nekaj višjo ceno. Cena stanovanj z letnico izgradnje od leta 1925 do približno leta 1955 skoraj linearno narašča, potem je rast cene glede na leto izgradnje nekaj strmejša. Stanovanja, zgrajena med letoma 1970 in 1985, imajo skoraj enake cene. To je tudi obdobje, v katerem je zgrajenih največ stanovanj v Sloveniji (EMV, 2020). Rast cen stanovanj, zgrajenih po letu 1985, je glede na leto izgradnje zelo strma. V tridesetih letih doseže 30 % višjo vrednost. Največjo variabilnost v podatkih je mogoče opaziti za stanovanja, starejša od leta 1955. Cena teh stanovanj je zelo odvisna od vzdrževanja, zaradi česar bi bilo v prihodnje v model smiselno vključiti podatke o vzdrževanju stanovanja.

4.2 Delni vpliv trenutka prodaje na ceno stanovanj

Delni vpliv trenutka prodaje iz modela je za vsako cenovno območje primerjan s trendom, izračunanim po metodi drsečih sredin na podlagi razmerja po metodi SPAR. Pri tem je kot mera za izračun sredine uporabljeno geometrično povprečje. Upoštevani so podatki za razmerja med ceno in izračunano vrednostjo z datumi do 120 dni pred dnevom in 90 dni za dnevom, na katerega je računana sredina. Za potrebe ugotavljanja ustreznega števila vozlišč v zlepkah je bilo sestavljenih več modelov z različnim številom vozlišč (3, 5, 6, 7 in 10). V nadaljevanju (slika 11) so prikazani trendi po cenovnih območjih, primerjaje za 5, 6 in 7 vozlišč ter za trend po metodi SPAR.





Slika 11: Trendi cen stanovanj po cenovnih območjih (vir podatkov: ETN (2020), lastni izračuni).

Med modeli z različnim številom vozlišč za vpliv trenutka prodaje v rezultatih ni bistvenih razlik. Največje razlike so se pokazale le v cenovnem območju Ljubljana, in sicer je to cenovno območje z največjim številom podatkov. Izkaže se, da je najbolj smiselni model s šestimi vozlišči.

V vseh cenovnih območjih se izkaže kot smiselna uporaba modela, pri katerem se trenutek prodaje upošteva hkrati z ostalimi spremenljivkami. Trend po metodi SPAR bolj niha, na trgu pa se vrednosti nepremičnin v kratkem časovnem intervalu ne spreminjajo tako hitro. Nihanje je posledica sezonskih trendov ter predvsem majhnega števila podatkov po območjih. Majhno število podatkov ima za posledico veliko občutljivost trenda za vsa odstopanja v podatkih. V nekem trenutku se lahko proda več stanovanj v boljšem stanju, z boljšo opremo, zaradi česar dosežejo višjo ceno, v naslednjem trenutku pa so prodana stanovanja v slabšem stanju, zaradi česar so cene nižje. Ker kakovost stanovanj, vključno z informacijo o prodaji stanovanj z opremo, v podatkovnih zbirkah ni na voljo, v modelu ni upoštevana. Posledično ni upoštevan niti njen vpliv na ceno. Takšne kratkoročne vplive metoda SPAR zazna in jih prikazuje, medtem ko zlepek z manj vozlišči takšnih nihanj ne zazna.

5 SKLEPNE UGOTOVITVE

V prispevku je predstavljen inovativen pristop k modeliranju tržne vrednosti stanovanj. Upoštevani so bili lokacija, velikost, leto izgradnje ter trenutek prodaje glede na lokacijo nepremičnine.

Prispevek se osredotoča na ugotavljanje, ali je mogoče hkrati ugotoviti in upoštevati vse navedene vplive. Geodetska uprava RS pri svojem delu umerjanje modela za zdaj izvaja ciklično. Na podlagi veljavnega modela in cen nepremičnin se za vsako cenovno območje izračuna trend cen nepremičnin. Nato se vse cene popravijo na podlagi faktorja časovne prilagoditve. Temu sledi izračun parametrov modela, predvsem velikosti in leta izgradnje. Na podlagi novih modelov se preveri vpliv lokacije, ki je v modelu opredeljen z vrednostnimi conami in ustreznimi vrednostnimi ravnmi, po potrebi se model popravi. Sledi ponovni izračun trenda. Ta cikel se ponavlja, dokler rezultat ni zadovoljiv. Pri tem se opazuje napaka modela.

Pri pristopu, prikazanem v tem prispevku, se hkrati upoštevajo vplivi naslednjih spremenljivk: lokacije, trenutka prodaje po cenovnih območjih, velikosti in leta izgradnje. Takšen pristop je bistveno bolj ekonomičen in omogoča kakovostnejši nadzor nad rezultati. Izkaže se, da je upoštevanje odvisne spremenljivke, porazdeljene po gama porazdelitvi, boljše od upoštevanja lognormalne porazdelitve. To kažejo tako rezultati izračunov kot tudi grafični prikaz ostankov. Ostanki sicer kažejo, da tudi gama porazdelitev ni optimalna. Tako bi bila v prihodnje smiselna uporaba generaliziranih aditivnih modelov za lokacijo, merilo in obliko (Ulbl, Štembal in Smodiš, 2016).

V prispevku smo predstavili tudi rezultate razvitega modela z aktualnim modelom množičnega vrednotenja v Sloveniji. Izkaže se, da so rezultati vpliva lokacije med modeloma podobni. Prav tako je vpliv trenutka prodaje med modeloma primerljiv za vsa cenovna območja. Analizirano je bilo tudi število ustreznih lomov v zlepku za vpliv trenutka prodaje. Kot optimalno število se je izkazalo šest vozlišč.

Z modelom, pri katerem se upoštevajo vsi navedeni vplivi na tržno vrednost stanovanj, bi lahko ustrezno izboljšali model množičnega vrednotenja v Sloveniji, saj se obravnavane spremenljivke upoštevajo hkrati. Rezultat cikličnega načina, kot ga izvaja GURS, je namreč odvisen od rezultata predhodnih ciklov in subjektivnega mnenja, na podlagi katerega je upoštevan vpliv lokacije v okviru vrednostnih con. Opisani postopek je torej inovativen pristop k določanju enovitega modela na ravni celotne države. Njegova bistvena prednost je hkratno upoštevanje vpliva obravnavanih spremenljivk, upoštevanje lokacije kot zvezne spremenljivke ter zvezno upoštevanje leta izgradnje brez predhodnih predpostavk o ustrezni krivulji vpliva. Velika prednost predlaganega pristopa je zagotovo tudi spremljanje porazdelitve odvisne spremenljivke.

Literatura in viri:

Glej literaturo na strani 62.



Ulbl M., Verbič M., Lisec A., Pahor M. (2021). Predlog za izboljšavo množičnega vrednotenja nepremičnin v Sloveniji na podlagi pristopa generaliziranih aditivnih modelov. Proposal of real estate mass valuation in Slovenia based on generalised additive modelling approach. Geodetski vestnik, 65 (1), 46–81. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2021.01.46-81>

mag. Melita Ulbl, univ. dipl. inž. geod.

Geodetska uprava Republike Slovenije
Ulica Heroja Tomšiča 2, SI-2000 Maribor
e-naslov: melita.ulbl@gov.si

izr. prof. dr. Anka Lisec, univ. dipl. inž. geod.

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

prof. dr. Miroslav Verbič

Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta
Kardeljeva ploščad 17, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: miroslav.verbic@ef.uni-lj.si

prof. dr. Marko Pahor

Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta
Kardeljeva ploščad 17, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: marko.pahor@ef.uni-lj.si

VARSTVENE OMEJITVE PRI PRIDOBIVANJU KMETIJSKIH ZEMLJIŠČ: VPLIV NA ZEMLJIŠKI TRG V LITVI

PROTECTIVE RESTRICTIONS ON THE ACQUISITION OF AGRICULTURAL LAND: THE IMPACT ON THE LAND MARKET ON THE EXAMPLE OF LITHUANIA

Marius Aleknavičius, Audrius Aleknavičius, Jolanta Valciukiene

UDK: 332.74(497.5)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 19. 6. 2020
Sprejeto: 8. 2. 2021

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2021.01.82-93
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 19. 6. 2020
Accepted: 8. 2. 2021

IZVLEČEK

V preteklih petnajstih letih je bilo v Litvi več poizkusov vzpostavitve nadzora nad pravicami na zemljiščih, predvsem s spreminjanjem postopkov pridobivanja zemljišč in uvedbo nekaterih omejevalnih ukrepov pri pridobivanju kmetijskih zemljišč. Glavni cilj te raziskave je bil preučiti vpliv teh omejitvenih ukrepov na zemljiški trg. V članku so predstavljeni rezultati analize statističnih podatkov o lastninjenju kmetijskih zemljišč in tržnih prodajah v odvisnosti od spreminjajočega se pravnega okvirja. Rezultati so pokazali, da zakonodajne spremembe, ki so se nanašale na postopek transakcij z zemljišči, niso negativno vplivale na postopek zasebnega lastninjenja zemljišč pa tudi ne na obseg tržnih transakcij z zemljišči v obdobju 2004–2014, ko je za kmetijski zemljiški trg v Litvi veljajo prehodno obdobje z omejenim dostopom do zemljiškega trga za tujce. Nestanovitnost prodaje zemljišč v tem prehodnem obdobju je mogoče pojasniti s cikličnostjo naravnega trga, medtem ko stalna rast cen kaže, da zemljiški trg še ni dosegel dolgoročnega ravnovesja. Konec prehodnega obdobja, to je leta 2014, so bile sprejete nove določbe glede regulacije trga, s katerimi so želeli preprečiti lastniško koncentracijo kmetijskih zemljišč, kar je imelo pozitivne posledice, tudi z vidika ponudbe kmetijskih zemljišč na trgu. V tem obdobju je sicer zaznati porast cen kmetijskih zemljišč, tudi zaradi nestalne ponudbe zemljišč trgu s strani države ter še drugih dejavnikov, ki pa jih v tej raziskavi nismo podrobneje analizirali.

KLJUČNE BESEDE

upravljanje kmetijskih zemljišč, trg kmetijskih zemljišč, omejitve zemljiškega trga, regulacija trga, zasebno lastninjenje zemljišč, Litva

ABSTRACT

During the period of about 15 years, there were several attempts to regulate the process of land tenures forming in Lithuania by changing the procedure of land acquisition and imposing some restrictive measures for the acquisition of agricultural land. This research aimed to determine the impact of those restrictive measures on the land market. This article represents the analytical results of the statistical data on agricultural land privatisation and market sales in respect of changes in legal acts. According to the analysis, changes in land acquisition procedure had no negative effect on land privatisation and volumes of land sales nor on land sale prices during the transitional period of limited access for foreign buyers in 2004–2014. The volatility of land sales during the transitional period can be explained by the natural market cyclicity, while the steady growth of prices indicates that the land market has not yet reached its long-run equilibrium. The new regulative provisions adopted in 2014 after the transitional period was over were intended to prevent land concentration and had a positive, yet momentary, effect on the supply of private agricultural land. A significant increase in land prices after introducing those provisions was caused by the ceased supply of state land and some other causes that were not analysed in this paper.

KEY WORDS

land management, agricultural land market, land market restrictions, market regulation, land privatisation, Lithuania

1 INTRODUCTION

Legal acts usually serve as the main instrument for the government of any country to harmonise the relationship between various groups of interests in the society by systematising those interests or social phenomena and establishing a legal framework of various institutions and procedures for their interaction with other entities. Making some minor adjustments to those legal acts is a common practice when trying to improve their performance. Still, significant amendments are usually issued only when some structural changes happen in the legal system or the society, e.g. in the structure of ownership, in the political system, in the economics or in the face of some scientific innovations. Some of those legal acts are intentionally made provisional since they are intended to regulate some transitional situations or relationships, just like the acts that regulate the acquisition of agricultural land in Lithuania.

Most of the Central and Eastern Europe (CEE) countries faced changes in the political and economic system in the last decades of the 20th century. One thing in common for those countries was the significant changes in agricultural land ownership structure. Most of those countries undertook large-scale privatisation schemes or some land reforms, the implementation of which sometimes lasted for decades. Another major event for those countries was the European Union (EU) accession in 2004. Besides the changes in legislation for its conformance to the EU rules, CEE countries had to rearrange their markets by giving access to them for a wide range of investors residing outside their economies. Although this is a key element for the integration of different economies, some economic sectors, which are related to agriculture and employment of the rural population in CEE countries, could not be recomposed instantly due to the on-going land reforms with their aims and to the large-scale rearrangements of land ownership related to the on-going processes of land tenures building in some countries. In this respect, it is understandable that some outside entities express a strong willingness to take part in these processes. Yet, it is unjustifiable to treat it as a maulbltter of market integration because this is instead a land management issue of each country, as long as those processes have not levelled out. Acknowledging this, the EU agreed upon the transitional period for the EU citizens' access to national agricultural land markets, which eventually had lasted till 2014 for most of the new member states.

Swinnen and Vranken (2009) did the first large-scale study of the transitional restrictions applied by the new member states on acquiring agricultural real estate in 2009, i.e. after five years of the EU accession by those states. The study was carried out considering the coming end of the agreed transitional period of 7 years for the restrictions for the EU citizens to buy agricultural land, and the possibility to have it prolonged for three more years till 2014. Economic data, land sales and rental prices, as well as data on farm structures and their behaviour in the land market, were analysed, giving an obvious picture of the situation in all seven new member states, who have agreed upon the transitional period for the land acquisition by foreigners. The authors concluded that the restrictions, in general, have affected the efficiency of land exchanges and land allocation and productivity growth, but not that much because of several reasons they have explained. On the other hand, they have also discovered that a concern of the new member states about the possible massive takeover of land by foreigners diminished slightly, i.e. this issue became less important for them.

Another research was carried out by scientists in the Economics and Econometrics Research Institute (EERI) in Brussels in 2016 (Ciaian et al., 2016). It was focused on analysing changes in the land market regulation system in the new member states after all the restrictions for foreigners were waived in 2014

or 2016 (in Poland). The study involved only three out of the seven countries which were analysed in the previous research, namely Slovakia, Poland and Latvia, all from the EU expansion in 2004, and also Romania, a country that joined the EU a bit later in 2007. The comparison of after the transitional period newly introduced regulative rules in the new member states between themselves and the old member states showed that the regulative provisions in the analysed new member states are similar to those in the old member states despite the different underlying goals. At the same time, all those measures differ among those analysed countries, both old member states and new. The authors considered Romania to be the most liberal and Slovakia the most restrictive in this respect among the analysed new member states. Based on this comparison, the authors also provide their insights about the possible impacts of new regulations for those countries; based only on institutional analysis and not on empiric data, they are a bit speculative. Concluding the study, the authors emphasise that the main element of those new regulations in all countries was the introduction of preemptive rights and the increase of transaction costs to market participants and the increased market transparency as a result of those new introductions. No calculations were made, however, to evaluate the negative effects of that cost increase.

Many other researchers, such as Raugalaît (2012) or Humblet (2013), and the researchers they cite, were also focusing on the problem of agricultural land ownership by foreigners when the restrictions were put on it. However, all those studies focus more on legal aspects and the problem of compliance with those restrictions on the principle of free movement of capital and readiness to waive them in the nearest future. Even after those restrictions were waived, Ciaian et al. (2016), in their research, insist that newly adopted regulations were also indirectly aimed to discourage foreign buyers from accessing the agricultural land market. Analysis of land acquisitions by foreigners could be problematic if researchers do not trust the official statistics data if it somehow contradicts the unofficial data sources, like in the case of Ciaian et al. (2016). However, there are studies that rely on the official data; for instance, Marks-Bielska and Zielińska (2015) analysed land acquisition by foreigners in Poland in 2000–2013.

A more contemporary problem in the sense of possible new land market regulations in CEE countries after the transitional period is the problem of so called 'land grabbing', or land concentration in the hands of a small group of subjects. Zoomers (2010) notices a global nature of this phenomenon, apparent in many countries in Africa, Asia and Latin America, and accentuates its seven driving processes, namely, (1) offshore farming, (2) foreign direct investments in non-agricultural commodities and biofuels, (3) development of nature protected areas, (4) investments in special economic zones, large-scale infrastructure works or in urban extension, (5) large-scale tourist complexes, (6) residential migration abroad after retirement, (7) land purchases by emigrants to more developed countries. Nevertheless, the phenomenon of land concentration is also present in European countries, as in the new member states and in Ukraine, so in the old member states, too (Franco and Borrás, 2013). Ciaian et al. (2016), in their analysis, also admit that the new regulations of the land market in the new member states were most likely intended to deal with land grabbing. Hence, one of the criteria to evaluate the overall performance of new regulations could be a success in dealing with the problem of agricultural land concentration.

However, if we are more interested not in the outcome but in the process itself and want to be aware of all the changes in the market that it might involve, monitoring the land market development over time provides the necessary data. Researchers often pay more attention to the price development of land sales

and rental prices and neglect land market activity indicators. The reason is that in many old EU member states, the extent of land transfers in land sale markets are rather low (0.5–2 % of the utilised agricultural area) and do not change much for a long time. Ciaian, Kancs, and Swinnen (2010) distinguish only three older member states, namely, Finland, the Netherlands and the UK, where the intensity of land market during the whole period of 15 years since 1992 featured more significant fluctuations. Economic theory suggests that such a situation of low intensity of land sales is more likely to happen in countries where the distribution of land ownership, as well as land use, is close to optimal. Yet, in the new member states, we face quite the opposite situation, where land reforms are not yet complete and land use is not optimal. Speaking about the land market, politicians often emphasise land sale prices and how their decisions might affect them. However, the land is a non-producible asset. Hence the main function of the agricultural land market is not a supply of land parcels for the market to fulfil the demand, but it is rather a provision of possibilities for the redistribution of land resources and maintaining the value of land assets. In this sense, market activity indicators or market intensity are more important than prices since they allow assessing the land redistribution process's performance and efficiency. This is especially important to know in the new member states, where land use is not yet optimal, as mentioned before.

Although theoretical models, which are sometimes used to support political decisions, explain the interaction of various players in a market or their behaviour in a society, they are not suitable for forecasting. Namely, they do not consider the economic and social surroundings of the specific market and its multiple linkages with other markets and forces of influence, which can not be only local but also national or global. Nevertheless, the empiric models might be pretty accurate. For instance, modelling of land sales intensity in Lithuanian municipalities performed by Aleknavičius (2003) using the empiric data before the EU accession revealed its dependency on (1) share of private agricultural land in the municipality, which was continually increasing, (2) livestock production, (3–4) density of registered farmers and all rural inhabitants, and (5) share of commercial crops in arable land. Despite the heterogeneity of land use and farming in those municipalities, the model's goodness of fit was ~62 %.

The intensity of the land market could be affected by various external factors such as direct payments under the common agricultural policy (CAP), economic cycles, fluctuations of prices in markets of agricultural production and in the other real estate related markets, such as the housing market, or the influence of various global financial crises like that in 2007–2008. The duration of market cycles, as well as their current phase, is also important. No studies concerning the duration of cycles in Lithuania's agricultural land market have been done yet, but there were researchers who were examining cycles in the housing markets. In most countries, including the Baltic States, housing markets, which are more exposed to the financial markets situation than the agricultural land markets, reached their peaks at the end of 2007. However, in some countries, like in Poland, Slovakia or Russia, the peak was reached a bit later, i.e. in 2008 (Igan and Loungani, 2012). According to that study, till the end of 2009, the average duration of the cycle in housing markets in Lithuania took 2.5–2.75 years. However, Jadevičius and Parsa (2014) examined the prices in the Lithuanian housing market. They noticed that the duration of cycles there kept growing over time, and in the middle of 2013, it could make as much as about 3–4 years.

The fluctuations of prices in the market of agricultural land are less responsive to the moods of potential buyers than in the housing market since they are driven more by the rational expectations of buyers who are directly involved in farming. Hence, it is even possible to apply mathematical-statistical methods

in this market to estimate price development. Aleknavičius (2011) showed the possibility of modelling land market sale prices with acceptable accuracy at a nationwide level in the EU countries, using the descriptive economic data from the official statistics of 2000–2008 in 18 different EU countries. The models revealed direct dependency of those prices on the indicators describing (1) the overall economic performance of a country (GDP per capita in PPS), (2) use of agricultural labour over the utilised agricultural area, (3) costs of production, which were irrelevant for the old member states, and (4) the time factor, representing the annual growth of land prices. Analysis performed by Kriščiukaitienė, Namiotko, and Jedik (2011), showed that at least the first two indicators were strongly affected by the financial crisis in 2008–2009 in all 14 member states, which were analysed. According to their study, the Lithuanian agricultural sector suffered the most in comparison to the other countries. However, the use of labour in agriculture has increased, unlike in other countries. Those findings could be critical while looking for an explanation of why Lithuania's agricultural land prices have not decreased much during the crisis.

The aim of this research has been to examine the possible impacts of legal acts regulating land acquisition on the performance of the agricultural land market in Lithuania in 2001–2017. To achieve this goal, the following tasks were set:

1. To determine the possible impacts of legal acts regulating the agricultural land acquisition on the privatisation of agricultural land in Lithuania.
2. To determine the possible impacts of legal acts regulating the agricultural land acquisition on the volumes of agricultural land sales, both private and state land.
3. To determine the possible impacts of legal acts regulating the agricultural land acquisition on the sale prices of private agricultural land.

2 METHODOLOGY OF RESEARCH AND MATERIALS

The following methods were used in this paper: the analysis of legal acts amendments in time and the time series analysis of land sales data and land stock data.

Firstly, the analysis of the main legal act, i.e. *Law on an acquisition of agricultural land (28/01/2003, No. IX-1314)* and all of its seven amendments, was performed on a time scale basis to determine the key turning points in the regulation of acquisition of agricultural land in Lithuania.

Secondly, a time series analysis of land stock data was implemented to determine the land ownership structure's key turning points due to the on-going land privatisation in Lithuania. The data sources for the development of land stock volumes over time were the annual reports of the state enterprise *Registru centras* (Eng. Centre of Registers), which manages the real property register.

Finally, a time series analysis of agricultural land market activity was performed, which involved the construction and graphical representation of agricultural land sales volumes both for private and state land, as well as the extent of land purchased by legal persons, and the sale prices of private agricultural land. The time span of the analysis is 17 years (2001–2017). The main data sources for the land sales volumes or their estimations were quarterly reports of *Registru centras*. Due to the data inconsistency, sales volumes of agricultural land in the private market for some years (2004–2014) were estimated by own calculations based on the ratio of the sold land area of all land types to all private land transfers. Land prices for 2001–2013 are based on the own observations and analyses, while the rest of them (2014–2016) is from the reports of the Institute

of Agricultural and Food Economics – National Research Institute (IAFE-NRI) in Poland. In these reports, figures for Lithuania, most likely, are based on data from the state enterprise *Žemės ūkio informacijos ir kaimo verslo centras* (ŽŪIKVC) (Eng. Agricultural Information and Rural Business Centre) in Lithuania.

3 RESULTS AND DISCUSSION

During the whole period of study, *Law on acquisition of agricultural land*, i.e. the main legal act regulating the agricultural land acquisition, since its adoption at the beginning of 2003 till 2018, was changed seven times (Table 1).

Table 1: Amendments to the “Law on an acquisition of agricultural land”.

No.	Type of act	Date of adoption	Validity
1.	The original act marked as provisional in the title (28/01/2003, No. IX-1314)	28/01/2003	24/02/2003–29/05/2003
2.	Amendment	20/05/2003	30/05/2003–06/08/2004
3.	Major amendment	15/07/2004	07/08/2004–03/04/2006
4.	Amendment	13/07/2006	27/07/2006–30/12/2010
5.	Amendment	22/12/2010	31/12/2010–31/12/2013
6.	Major amendment	27/06/2013, 02/07/2013	01/01/2014–30/04/2014
7.	Comprehensive revision intended for the permanent law	24/04/2014	01/05/2014–31/12/2017
8.	Amendment	23/11/2017	Since 01/01/2018

Initially, this law was created for two reasons. The first one was a need to regulate the land tenure forming process and land use in land restitution and privatisation. As the area of privately owned agricultural land exceeded the area of state-owned land, which happened about 1.5 years ago, land exchanges became more active. The preconditions arose for the emergence of a permanent, rather than sporadic, land market throughout the country’s whole territory, and it was necessary to guide the direction of its development by a separate law. The second reason was even more important. It was related to the preparation for the upcoming EU accession in about 1.5 years, knowing that after the accession, it wouldn’t be possible to involve any additional encumbrances for land market players if they contradict the EU regulations, even if they were needed. By the time of adoption of this law, it was unclear what impact those regulations would have on the agricultural land market since the market itself passed its initial forming stage just at the end of 2000, i.e. just two years before the regulations were introduced.

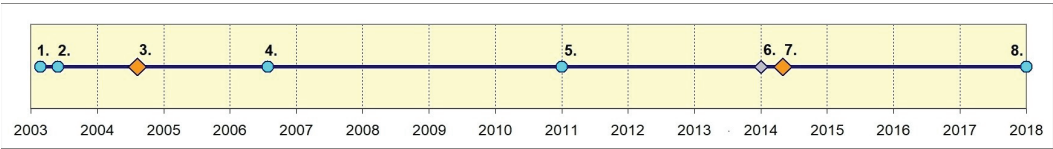
The end of this initial forming stage was reached when those agricultural structures, which had survived the restructuring of agriculture, i.e. various agricultural companies established based on former collective farms, recovered their land tenures to the extents featured in 1993 by leasing land back from the private owners and the state, as they could not yet legally own agricultural land. At the same time, the share of agricultural land in private ownership of natural persons was approaching 50 % of the total area of such land.

The next stage in agricultural land market development started in 2001, featuring a sharp increase in the number of land sales by more than a third. It was preceded and partially encouraged by changes in the legislation which provided financial support to legally registered private farmers for running their business. For the following two years market retained similar levels of activity up till the EU accession in 2004, which coincided with the start of a new market burst.

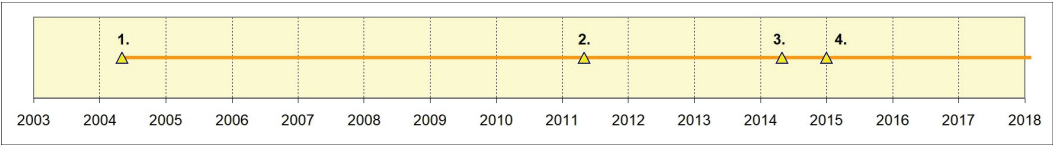
Regulations provided in 2003 in the *Law on acquisition of agricultural land* and its further amendments have basically opened the land market for the legal persons and capacitated the privatisation of vacant state-owned land, which was not intended to be restituted to its previous owners or be granted as a replacement in the process of restitution of their property rights. Additionally, there were introduced preemption rights for various groups of subjects in cases when private or state-owned land was sold, and the maximal limits for the amount of agricultural land that could be purchased from the state or could be overall owned. Later on, starting with edition No.3 of this law, there were installed provisions on state support for the acquisition of agricultural land, which were removed only after the transitional period was over, i.e. in 2014, in edition No.7 (see Table 1).

Due to a rush or a failure in practice, or for some other reasons, some newly adopted amendments were changed once again within several months after their adoption, like in 2003 (No.1) or 2014 (No.6). However, the major amendments were just two (not taking into consideration No.6), namely edition No.3 adopted in 2004, prior to the EU accession, and edition No.7, which came into force in 2014, after the transitional period was over. Edition No.3 was the basis for some minor adjustments during the whole transitional period that were oriented to the adjustment of maximal limits of land which can be owned (up to 500 ha) or to the composition of groups of preemptive right holders. Edition No.7, however, was aimed at prevention of land concentration or ‘land grabbing’; thus, it has established more complex procedures for legal persons or professional farmers and, especially, for associate companies or family members who were treated as if they all were one person, but it has simplified the procedure for non-farming individuals to buy land, although at a very limited amount (up to 10 ha). In addition to this, new provisions were included in this amendment, which was intended to ensure the agricultural use of acquired land plots and discourage its neglect. The new provisions have also restricted further privatisation of vacant state-owned land, other than in cases of land granted for personal farming, land needed for the exploitation of agricultural constructions and small land plots located in between of landholdings of a potential buyer.

Looking at the time span of changes in regulations on agricultural land acquisition (Figure 1a) we may notice its close relationship to significant transformations in the land market functioning or in the economics (Figure 1b). Those transformations in the given period of time were the following: (1) the EU accession, (2) the end of the first transitional period of land market access restrictions for foreigners, (3) the end of the prolonged transitional period, (4) adopting euro as the national currency. All of them, except for No.4, were preceded by the changes in regulations on the acquisition of agricultural land.



a. Changes in regulations on the acquisition of agricultural land.



b. Major transformations in land market functioning or in economics.

Figure 1: Time scale of events having an impact on the agricultural land market in Lithuania.

Very similar time points denoting different stages of land privatisation could be observed in changes of the area of private agricultural land over time (Figure 2). The main changes here have also occurred in 2004 and in 2015.

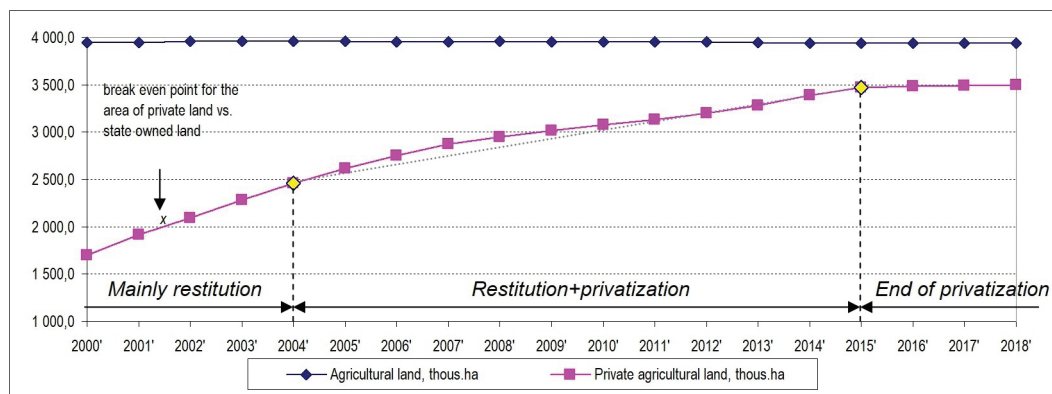


Figure 2: Area of private agricultural land in Lithuania at the beginning of each year, in 2000–2018 (Data source: *Registru centras*).

Although it seems like the curve changes its slope and slows down only in 2007, the restitution has actually slowed down earlier, in 2004. However, the privatisation of state land allowed preserving the former rate of growth in 2005–2007. By the end of 2006, the restitution of property rights on agricultural land for their previous owners was complete by ~95 %, hence since 2007, the growth of the area of private agricultural land was mostly driven by the privatisation of state-owned land.

Similarly, by the end of 2014, after the adoption of new law provisions that have restricted the privatisation of vacant state land, the area of private agricultural land was approaching 3.5 million ha, i.e. very close to the volume which was initially intended to be privatised during the land reform. This explains why during the last three years of the research period (2015–2017), the increase of private agricultural land was minimal and kept decreasing further. Rather smooth growth of the area of private agricultural land in 2004–2014 (i.e. throughout the entire transitional period) indicates that the regulations on an acquisition of agricultural land which were in force at that time did not hinder this process in any way.

The volume of land sales (Figure 3), however, developed not that smooth as the process of land privatisation. We can observe cyclic fluctuations in the market's behaviour. Private land market activity was peaking throughout 2005–2007 and 2013, while the volumes of sold state-owned land reached their highs in 2006 and 2013. Thus we might think about cycles of ~7 years duration from peak to peak with a troughs happening in three years after the peak, like in 2009, which coincided with a financial crisis, and, most likely, another in 2016 or the whole period of 2015–2017. However, the situation in 2016 seems different due to the new regulations on land acquisition that came into force just a year and a half ago, in 2014, and due to the ceased supply of state land for sale.

After the volume of sales in the private land market has levelled in 2015–2017, we may notice that the amount of sold land is similar to that of 2004 (or 2009 if we reckon in the state land), which can be explained by the natural market cyclicity. This means that those newly introduced regulations against land concentration had no effect on sales volumes in the market. However, those regulations had a great impact on the behaviour of legal persons in the market. Volumes of agricultural land bought by legal

persons dropped dramatically right after the new regulations came into force in May 2014. Moreover, by the end of the year, the total land area owned by legal persons has decreased, as some of them were forced to sell out their land to comply with the new regulations. This land complemented the existing supply, giving farmers a chance to keep on forming their land tenures.

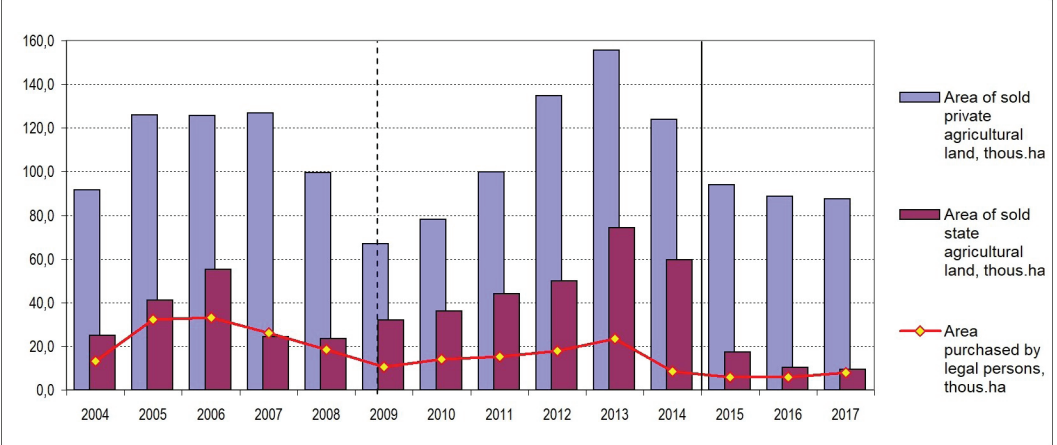


Figure 3: Agricultural land sales structure in 2004–2017 in Lithuania (*Data source: Registrų centras, own calculations*).

Looking at the buying activity of legal persons, we may notice its close correlation with sales of state-owned agricultural land and even similarities in the extent, especially in the first 5 years of the transitional period, starting from May 2004, and in 2015–2017, i.e. after the transitional period was over and the new regulations on land acquisition came into force. A correlation coefficient between those two data sets was 0.80 for 2004–2008 and 0.72 for 2009–2015. This infers that a significant decrease in volumes of land purchased by legal persons in 2015–2017 is more related to the ceased supply of state land for sale rather than to the other reasons.

Some of the legal persons acquired their first own land parcels from private persons even earlier, in 2003, right after the law has allowed for it, but during the whole period 2004–2017, they were buying from the state the land which they were actually using. Natural persons also took part in this process, but their actions were more noticeable in the last six years of the transitional period, starting from 2009.

Nevertheless, the land market intensity, which could be expressed as the ratio of land that was sold during the year to the area of all private land, amounted to 3.7 % even in 2017; this was after the market has calmed down and it is 2–8 times more than in the old member states. In the years when the market was peaking, i.e. in 2006–2007, and in 2013, the land market intensity was even higher and amounted to 6.3–6.5 % and 5.8 %, respectively.

Despite the fluctuations of market activity, the average market prices of private agricultural land kept instantly growing over the entire period of investigation starting from 2005, i.e. the following year after the EU accession, with the exception of 2009, when the prices decreased by 5.4 % (Figure 4). Having in mind that this has occurred in the time of the global financial crisis of 2008–2009, this was just a small market correction in comparison to the drop of GDP per capita by 14.8 % that year.

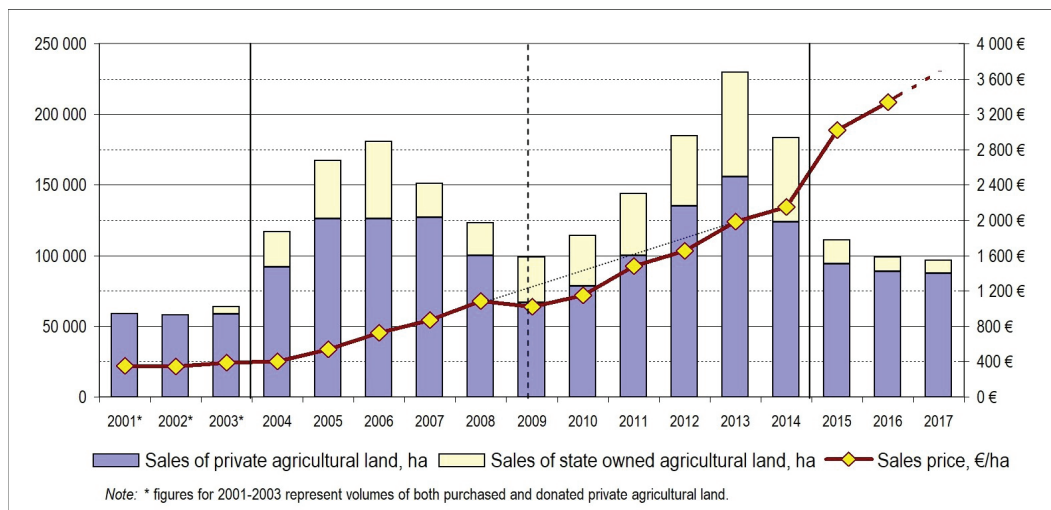


Figure 4. Development of market prices of agricultural land in Lithuania in comparison to the volumes of land sales in 2001–2017 (Data source: own calculations, IAFE-NRI, ŽŪIKVC, Registrų centras).

Nevertheless, after this pause, land prices had fully recovered to their former trend line only in 2013. One of the reasons for this was the privatisation of large volumes of state-owned agricultural land in 2009–2014, which has satisfied a significant part of the demand for such land. The absence of cyclical fluctuations in market prices development indicates that Lithuania's agricultural land market has not yet reached its long-run equilibrium. The land tenure building process is not complete for most farmers. Hence, they will pay a higher price for the right parcel even when the market is in a downturn.

Before the new regulations restricting access to the agricultural land market for non-farming investors were introduced, there were speculations that the absence of those buyers on the demand side would force land prices down. That did not happen. On the contrary, after those regulations came into force, market prices boosted by more than 40 % in 2015 and kept increasing in the following years faster than before.

We might think about several reasons for this. Firstly, it was the narrowing supply of agricultural land due to the privatisation of state land, which almost ended in 2015, and due to the activity of farmers in forming their land tenures based on their own land. As long as a farmer keeps on farming, the land stays in his land tenures and is not offered for the market, thus narrowing the adequate supply. The second group of reasons might be related to the continuous growth of the national economy, which has a direct influence on the agricultural land market prices, as proved by Aleknavičius (2011), and, most likely, to the adoption of the euro as the national currency in 2015, since this was the major economic event which affected all sectors of the economy in the forthcoming years.

4 CONCLUSIONS AND PROPOSALS

Our main conclusions are as follows.

1. Regulations on an acquisition of agricultural land did not have a negative effect on the land privatisation process, but, on the contrary, maintained the steady pace of privatisation during the entire transitional period during which the access to the agricultural land market was restricted for foreign buyers.

2. During the entire transitional period and after it, when new regulations were adopted, the imposed restrictions did not have a negative impact on land sales intensity in the market, while its volatility was the result of natural market fluctuations.
3. New restrictions of 2014, which to a certain extent have restricted market access for non-farming buyers, have had a momentary positive impact on the market supply of agricultural land as some amount of land was returned to the market. Although market players' number and capabilities on the demand side have decreased, this has not affected market prices.
4. A significant decrease in volumes of agricultural land bought by legal persons after adopting new regulations in 2014 was determined not by the restrictions on the maximum size of land holdings for the entire group of associate companies but rather by the ceased supply of state agricultural land.
5. Cyclical fluctuations in the agricultural land market had a minimal effect on the development of sales prices for land throughout the entire transitional period, which means that the market's long-run equilibrium has not yet been reached. After the end of the transitional period, when the privatisation of agricultural land was over, and the share of land offered in the market has decreased, land sales prices began to increase faster than before.

Literature and references:

- Aleknavičius, M. (2003). Žemės ūkio paskirties žemės rinką sąlygojantys veiksniai (Factors influencing the agricultural land market). In *Globalizacijos ir integracijos iššūkis Lietuvos kaimui. Pranešimų rinkinys. Kaimo pletra 2003 (The challenge of globalisation and integration for the Lithuanian countryside. Proceedings of scientific conference Rural development 2003)*, 56–57 (in Lithuanian).
- Aleknavičius, M. (2011). Determinants of agricultural land prices at macro level. In *Proceedings of the International Scientific Conference: Rural Development*, 5 (2), 385–390.
- Ciaian, P., Kancs, D. A., Swinnen, J. F. (2010). *EU land markets and the common agricultural policy*. CEPS Paperbacks, February 2010, Brussels.
- Ciaian, P., Drabik, D., Falkowski, J., Kancs, D. A. (2016). *Market Impacts of New Land Market Regulations in Eastern EU Member States* (No. EERI RP 2016/02). Brussels: Economics and Econometrics Research Institute (EERI).
- Franco, J., Borras Jr, S. M. (Eds.) (2013). *Land concentration, land grabbing and people's struggles in Europe*. Amsterdam: Transnational Institute, European Coordination Via Campesina.
- Humblet, F. (2013). Foreign land ownership: Why are the Polish and Hungarian measures in discrimination with EU citizens' right to acquire agricultural land within the European Union? *MaRBL*, 4, 239–293. DOI: <https://doi.org/10.26481/marble.2013.v4.164>
- Igan, D., Loungani, P. (2012). *Global Housing Cycles* (No. 12/217). IMF Working paper. International Monetary Fund.
- Jadevičius, A., Parsa, A. (2014). An empirical analysis of real estate cycles in the Lithuanian housing market. *Journal of Real Estate Literature*, 22 (1), 69–81.
- Kriščiukaitienė, I., Namiotko, V., Jedik, A. (2011). Pasaulinės ekonominės krizės įtakos žemės ūkio sektoriui ES šalyse vertinimas 2008–2009 m. (Assessment of the impact of the global economic crisis on the agricultural sector in the EU countries in 2008–2009). *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 5 (29), 105–115 (in Lithuanian).
- Marks-Bielska, R., Zielińska, A. (2015). Farmland acquisition by foreigners in Poland in years 2000–2013. In *Proceedings of international scientific conference Rural Development*. DOI: <http://doi.org/10.15544/RD.2015.100>
- Raugalaitė, J. (2012). *The Acquisition of Agricultural Land in Lithuania by Foreigners: Case Study of Lithuania*. Thesis (under the supervision of Per Lunde). Aalborg Universitet.
- Swinnen, J. F., Vranken, L. (2009). Land & EU Accession: Review of the transitional restrictions by New Member States on the acquisition of agricultural real estate. CEPS Paperbacks, January 2009, Brussels.
- Zoomers, A. (2010). Globalisation and the foreignisation of space: seven processes driving the current global land grab. *The Journal of Peasant Studies*, 37 (2), 429–447. DOI: <https://doi.org/10.1080/03066151003595325>



Aleknavičius M., Aleknavičius A., Valciukiene J. (2021). Protective restrictions on the acquisition of agricultural land: the impact on the land market on the example of Lithuania. *Geodetski vestnik*, 65 (1), 82–93.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2021.01.82-93>

Assoc. Prof. Marius Aleknavičius, Ph.D.

UAB "Almidėjus"

Svajonių 24-15, LT-10100 Vilnius, Lithuania

e-mail: marius.aleknavicius.001@gmail.com

Assoc. prof. Jolanta Valciukiene, Ph.D.

Vytautas Magnus University, Agricultural Academy

Universiteto str. 10, LT-53361 Akademija, Kaunas, Lithuania

e-mail: jolanta.valciukiene@vdu.lt

Assoc. Prof. Audrius Aleknavičius, Ph.D.

Vytautas Magnus University

Universiteto str. 10, LT-53361 Akademija, Kaunas, Lithuania

e-mail: audriusa11@gmail.com

KAJ SMO SE NAUČILI PRI SPREMLJANJU LEDENEGA POKROVA NA GRENLANDIJI Z ICESAT IN KAJ LAHKO PRIČAKUJEMO OD ICESAT-2

WHAT HAVE WE LEARNT FROM ICESAT ON GREENLAND ICE SHEET CHANGE AND WHAT TO EXPECT FROM CURRENT ICESAT-2

Blaženka Bukač, Marijan Grgić, Tomislav Bašić

UDK: 528.716.2(292.24)

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02

Prispelo: 29. 10. 2019

Sprejeto: 15. 1. 2021

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2021.01.94-109

REVIEW ARTICLE

Received: 29. 10. 2019

Accepted: 15. 1. 2021

IZVLEČEK

Obseg ledenikov in spremembe v njihovi masi je mogoče učinkovito spremljati s tehnologijo laserskega satelitskega daljinskega zaznavanja, to je s satelitskim laserskim višinomerstvom, in/ali satelitsko gravimetrijo. ICESat, ki je bil izstreljen leta 2003, je prvi satelit za lasersko višinomerstvo, s katerim je zbranih mnogo podatkov o višinah na površju Zemlje z visoko časovno in prostorsko ločljivostjo, kar se uporablja tudi za spremljanje ledenikov. ICESat-2 je bil izstreljen leta 2018. Na primeru Grenlandije podajamo oceno o spreminjanju njenega ledenega pokrova na podlagi podatkov ICESat, kar primerjamo z ocenami o spremembi ledeniške mase na podlagi sprememb težnostnega polja na tem območju z uporabo podatkov satelita za spremljanje težnostnega polja Zemlje GRACE. Analiza podatkov ICESat za obdobje 2004–2008 kaže, da je povprečna sprememba višine ledu na Grenlandiji $\pm 0,60$ m na leto. Večje izgube mase ledu so zaznavne na južnih obalnih predelih otoka, v notranjosti otoka v tem obdobju spremembe v masi ledenega pokrova skoraj niso nezaznavne. Za isto obdobje so tudi gravitacijski satelitski podatki pokazali, da ustrezajo spremembe težnostnega polja spremembi v masi ledenega pokrova na južni obali Grenlandije od nekaj centimetrov do $-0,36$ metrov vodnega ekvivalenta na leto (angl. water equivalent per year), medtem ko spremembe v masni bilanci v notranjosti otoka kažejo pozitivni trend. Na podlagi podatkov GRACE se tudi v obdobju 2009–2017 kaže negativen trend letne masne bilance ledenikov na obalnih območjih.

KLJUČNE BESEDE

GRACE, Grenlandija, ledeniški pokrov, ICESat, ICESat-2, lasersko višinomerstvo, satelitska gravimetrija

ABSTRACT

Ice-sheet mass balance and ice behaviour have been effectively monitored remotely by space-borne laser ranging technology, i.e. satellite laser altimetry, and/or satellite gravimetry. ICESat mission launched in 2003 has pioneered laser altimetry providing a large amount of elevation data related to ice sheet change with high spatial and temporal resolution. ICESat-2, the successor to the ICESat mission, was launched in 2018, continuing the legacy of its predecessor. This paper presents an overview of the satellite laser altimetry and a review of Greenland ice sheet change estimated from ICESat data and compared against estimates derived from satellite gravimetry, i.e. changes of the Earth's gravity field obtained from the GRACE data. In addition to that, it provides an insight into the characteristics and possibilities of ice sheet monitoring with renewed mission ICESat-2, which was compared against ICESat for the examination of ice height changes on the Jakobshavn glacier. ICESat comparison (2004–2008) shows that an average elevation change in different areas on Greenland varies up to ± 0.60 m yr⁻¹. Island's coastal southern regions are most affected by ice loss, while inland areas record near-balance state. In the same period, gravity anomaly measurements showed negative annual mass balance trends in coastal regions ranging from a few cm up to -0.36 m yr⁻¹ w.e. (water equivalent), while inland records show slightly positive trends. According to GRACE observations, in the following years (2009–2017), negative annual mass balance trends on the coast continued.

KEY WORDS

GRACE, Greenland, ice-sheet, ICESat, ICESat-2, laser altimetry, satellite gravimetry

1 INTRODUCTION

Changes in the glaciers and ice sheet directly influence the balance between the solar radiation reflected and absorbed by the Earth system, affecting the Earth's energy budget and, consequently, the global climate (Budyko, 1969). Climate changes then further affect the ice sheet in a closed loop. Changes of the ice-covered areas can be quantified with respect to the area changes, elevation changes due to the seasonal variations, and by analysing the mass balance change. The latter describes new ice formation from snowfall and ice loss through melting and iceberg calving. Recent studies have shown significant deviation from the normal ice loss-gain cycle due to the rapid glacial melt in Antarctica and Greenland (e.g. Velicogna and Wahr, 2006; Rignot et al., 2008; Paolo et al., 2015; Gomez et al., 2015). Simultaneously, the global sea level is rising caused by seawater thermal expansion and melting of the ice sheets (Zou and Jin, 2018). According to Mouginot et al. (2019), glacial melt in Greenland has raised global sea level by 13.7 mm since the early 1970s, half of which has taken place between 2010 and 2018. Besides causing the sea level rise that endangers coastal zones, ice loss influences ocean currents (Joughin et al., 2012), threatens animal habitats (e.g. Amstrup et al., 2010), destroys historical data on the environmental conditions of the Earth captured inside ice (e.g. Bintanja et al., 2013), and likely provokes new outbreaks of diseases (Wu et al., 2016).

Remote sensing methods are commonly used to observe large-scale changes in ice-sheet related studies providing high spatial and temporal resolution data. Space-borne laser ranging technology has been designed to enable the assessment of ice sheet mass balance changes and monitor the ice spatial-temporal behaviour. This technology was first used in 2003 within ICESat (*Ice, Cloud, and land Elevation Satellite*) mission, which provided laser measurements captured by GLAS (*Geoscience Laser Altimeter System*) instrument operating as a space-based lidar (Schutz et al., 2005). Following the success of the first mission that ended in 2009, its successor, ICESat-2, was launched in 2018 (Markus et al., 2017). The renewed mission retained the same general goals and focused on delivering the data of higher accuracy and reliability using the redesigned Advanced Topographic Laser Altimeter System (ATLAS) instrument. Beside satellite laser altimetry, the satellite gravimetry, especially GRACE (*Gravity Recovery and Climate Experiment*) mission, proved to be very efficient in detecting and quantifying the ice mass balance change (see, e.g. Chen et al., 2006; Velicogna and Wahr, 2006; Wouters et al., 2008; Loomis et al., 2019).

This study presents a review of the ICESat satellite laser altimetry mission and a summary of studies and their findings regarding the ice sheet change in Greenland. Furthermore, it gives an insight into ICESat-2, enlightening the possibilities and future perspectives of laser altimetry data applications.

2 SATELLITE LASER ALTIMETRY CONCEPTS

The basic principles of satellite laser altimetry originate from aerial laser scanning, which provides detailed information about the Earth's surface (Fras et al., 2007). It measures the travelling time of the light pulse to calculate range, angle and intensity. The calculated range is the slant range from the satellite position at the time of pulse emission to the target and back. The spatial position of the measured points in the reference coordinate system can be determined if the position and orientation of the satellite are known. This concept was implemented on space-borne satellites so ICESat can be considered as a satellite lidar system (Cohen, 1987; Fras et al., 2007; Wang et al., 2011).

2.1 Technology

ICESat marked a milestone in ice sheet observation in the field of laser altimetry using a single beam profiling laser altimeter called GLAS (Schutz et al., 2005). The main science objectives of ICESat mission were determination of the ice sheet mass balance and estimation of the present and future contributions of the ice sheets to global sea-level rise (Zwally et al., 2002). However, ICESat data demonstrated interdisciplinary applications providing global measurements of cloud heights and the vertical structure of clouds and aerosols; precise measurements of land topography and vegetation canopy heights; measurements of sea ice roughness and thickness, ocean surface elevations, as well as surface reflectivity. GLAS provided global, high-quality data using three lasers that operated alternately throughout the mission (Wang et al., 2011). However, due to a series of laser malfunctions, the mission terminated in 2009 (Wang et al., 2011).

ICESat-2 is built upon the heritage of the previous mission. Still, many improvements were integrated into the design to meet the science objectives and requirements, such as quantifying polar ice-sheet contributions to recent and current sea-level change, estimating sea-ice thickness (Neumann et al., 2019), and measuring vegetation canopy height for estimation of large-scale biomass change (Narine et al., 2019). The most notable improvement is increasing the number of laser beams from three that worked alternately to six, which work simultaneously, enabling necessary accuracy and precision for monitoring rapidly changing polar regions (Markus et al., 2017). The arrangement of the beams allows measurement of the surface slope in along- and across-track directions with a single pass (Neumann et al., 2019). Thereat, beam pair separation is set at approx. 3.3 km and beams within a pair at approx. 90 m (Smith et al., 2019). Smaller footprint size and higher pulse repetition frequency result in overlapping footprints which ensures better coverage and represents a significant enhancement compared to ICESat. Technical characteristics and differences between the two satellites are summarised in Table 1.

Table 1: Characteristics of ICESat and ICESat-2 (Zwally et al., 2002; Abshire et al., 2003; Markus et al., 2017; Neumann et al., 2019).

	ICESat	ICESat-2
Instrument	GLAS	ATLAS
Operational period	2003–2009	2018–present
Number of lasers	3	6
Laser wavelength	1064 nm, 532 nm	532 nm
Laser pulse width	6 ns	1.5 ns
Laser pulse energy	75 mJ, 35 mJ	0.2 to 1.2 mJ
Orbital altitude	600 km	500 km
Inclination	94°	92°
Coverage	up to 86° N and S	up to 88° N and S
Track repeat period	183-day	91-day
Pulse repetition rate	40 Hz	10 kHz
Footprint diameter	60 m	17 m
Sampling interval	172 m	0.7 m
Telescope diameter	1 m	0.8 m

Consequently, various designs of spacecraft and different methods of collecting elevation data are reflected in error budgets. Table 2 presents the single pulse error budget for ICESat elevation measurements as well as the estimated error budget for ICESat-2 measurements.

Table 2: Single-shot error budget for ICESat and ICESat-2 elevation measurements (Zwally et al., 2002; Abdalati et al., 2010; Markus et al., 2017; Ma et al., 2018; Neumann et al., 2019).

GLAS (ICESat)		ATLAS (ICESat-2)	
Range measurement precision	10 cm	Range measurement precision	7.5 cm
Precision orbit determination (POD)	5 cm	Precision orbit determination (POD)	2 cm
Pointing determination (PAD)	7.5 cm	Ocean loading	6 cm
Atmospheric delay	2 cm	Solid Earth pole tide	1.5 cm
Atmospheric forward scattering	2 cm	Ocean pole tide	0.2 cm
Other (tides, etc.)	1 cm	Total atmospheric correction	2.6 cm
Residual sum of squares (RSS)	13.8 cm		

2.2 ICESat data acquisition

NSIDC (National Snow and Ice Data Center) distributes 15 different data products from the GLAS instrument. The most significant one regarding the ice sheet monitoring is GLAH 12 level 2 altimetry data set in HDF5 (Hierarchical Data Format) format. It contains surface elevations for ice sheets of polar regions (Greenland and Antarctica) above the “TOPEX/Poseidon” ellipsoid after instrument corrections, atmospheric delays and tide corrections have been applied. Each elevation estimate has been flagged for quality, which can later be used for data filtering (Zwally et al., 2014). A significant number of ICESat observations were impacted by GLAS detector saturation due to stronger than expected received laser energy, resulting in deviated range measurements. Hence NSIDC recommends applying the provided saturation correction to the flagged measurements for the studies of high-albedo targets as it is not automatically applied to elevation data (for details, see Sun et al., 2017).

2.3 ICESat-2 data acquisition

Currently, there are ten different data sets available that can be used for a variety of applications. For ice sheet studying, the ATL06 level 3A data set is the most interesting one since it provides land-ice surface heights derived from ATL03 containing global geolocated photon data and can be omitted and expressed above the WGS84 ellipsoid in the ITRF2014 reference frame (Smith et al., 2019). Within the data file, each granule contains segments of each individual satellite track over a specific area on the Earth’s surface for a specific RGT (Reference Ground Track) with associated data for all six laser beams. Standard surface elevations within the ATL06 product are, by default, corrected for tidal and atmospheric corrections except for the ocean tide and dynamic atmospheric correction. Ocean tide and dynamic atmospheric correction should be carefully applied because the locations of ice-sheet grounding lines are not always precisely known and also may change over time. The data also contain additional parameters that can help in the assessment of the quality of the elevation estimates, among which the most frequently used is quality summary (ibid.).

2.4 Related data

Ice sheet mass balance change influences the gravity field strongly, so the common validation of the ICESat data is performed by comparisons to the satellite gravity data. GRACE was specially designed to provide global gravimetric measurements with a spatial resolution of 400 km to 40,000 km every 30

days (Tapley et al., 2004). It consisted of two identical satellites in an almost circular, near-polar orbit at approximately 500 km altitude with an inclination of 89.5°. The satellites were separated by 220 ± 50 km along the path and were connected by a highly accurate K-band microwave ranging system whose purpose was to continuously determine the distance between two satellites with one micron precision. When moving around the Earth, they accelerate and slow down depending on the gravity field anomalies. These perturbations are observed as changes in the distance between the two satellites and can be used to determine the Earth's gravitational field and, consequently, the mass of ice on polar ice sheets (ibid.). In May 2018, a successor mission GRACE-FO was launched (Kornfeld et al., 2019). The primary goal of this mission is to continue the successful legacy of the previous mission built on the original GRACE design. However, it counts with several improvements based on learned lessons from GRACE mission. GRACE-FO is the first-ever inter-satellite interferometric mission since it contains a laser ranging interferometer, which was added as a technology demonstration to serve as a pathfinder for future gravity mapping missions.

Gravity field monitoring using GRACE data relies on the utilisation of standard along-track data and usage of the mascons (mass concentrations). The mascons used in this study represent discrete cells covering the entire surface of the Earth and, when observed as a whole, they form the gravitational field of the Earth. Each mascon represents a gravitational signal of a particular area and indicates an addition or reduction of water/snow/ice given in units height of water equivalent (Luthcke et al., 2013). Mascon solutions computed by GSFC (*Goddard Space Flight Center*) were derived from GRACE K-band range rate (KBRR) observations taking into account full Stokes noise covariance and are used to estimate global mass change. Firstly, mascon parameters are calculated as a set of (differential) potential coefficients representing a change in the gravitational potential. The estimated height of water equivalent can be equated from known surface mass density and represents a scale factor on the set of differential Stokes coefficients. Therefore, the result gives a surface mass change in centimetres of water equivalent (for details, see, e.g. Luthcke et al., 2013; Croteau et al., 2020). The estimation of the mascons is done with a temporal resolution of 30 days and spatial resolution of 1 arc degree in both latitude and longitude. One degree of longitude at 60° latitude (south of Greenland) equals 56 km, while at 80° latitude (north of Greenland) it is equal to 19 km. Due to the modest spatial resolution of the derived gravity products, which is essentially the same as the other GRACE solutions (~300 km), mascons show averaged values for a certain area.

3 AN OVERVIEW OF THE PREVIOUS RESEARCH OVER GREENLAND

Due to the vast size of ice sheets, inhospitable environment and harsh climate, complete monitoring of these ice-covered regions is possible only using airborne and satellite remote sensing technologies (Zwally and Schuman, 2002). The concepts of the satellite laser altimetry/ranging technology were designed in the 1980s, shortly after significant improvements were seen in Satellite Laser Ranging (SLR), Very-Long-Baseline-Interferometry (VLBI) and Global Navigation Satellite Systems (GNSS) (Cohen et al., 1987). At the same time, the ice-sheet mass balance on the Earth started to deviate from its natural variability (Mouginot et al., 2019). Observations show that the cryosphere has been in transition during the last few decades and that the strong and significant changes, which are the result of an integrated response to climate, have continued, and in many cases, accelerated (Mouginot et al., 2019).

3.1 Greenland ice sheet change

Greenland is the largest island globally, and almost 80 % of its area is covered by ice, while coastal regions are mostly ice-free (Statistics Greenland, 2008). It is characterised by an arctic climate with strong spatial and temporal variations. Therefore, significant climatic differences between coastal and inland areas are observed. These differences are caused by the cold and ice-filled water, temperature inversions, precipitation, the circulations of surface waters and ice transport. Also, there is a difference in climate between north and south as well as large imbalances between the east and west coasts, caused by a different pattern of sea currents (Nielsen, 2010). Most of Greenland’s features are geographically dependent; for instance, central parts of Greenland are less sensitive to ice melt since temperatures in that part are never above freezing due to the higher elevation and high albedo effect of the snow surface. Therefore, the response of different regions on the island to climate changes depends on their location. Satellite missions served as a great source of information regarding Greenland’s ice sheet change, and since its launch, a number of research studies were published on the ice loss on Greenland. Table 3 presents some of the most significant studies conducted using ICESat data with or without GRACE satellite gravimetric data and their most important findings.

Table 3: Ice-sheet related studies based on ICESat data and their findings on Greenland.

Study	Period considered	Additional data used	Important findings
Slobbe et al., 2008	2003–2007	-	Positive elevation change rate of 0.02 m yr ⁻¹ is detected for the regions above 2000 m; for the other areas, the estimated rate is -0.24 m yr ⁻¹ .
Slobbe et al., 2009	2003–2007	GRACE	Estimation of the elevation change rate from ICESat equals -0.09±0.04* m yr ⁻¹ and from GRACE ranges between -0.08* and -0.14* m yr ⁻¹ .
Sandberg Sørensen et al., 2011	2003–2008	-	Using three different methods, annual elevation change estimates ranging from -0.11±0.01* m yr ⁻¹ to -0.14±0.02* m yr ⁻¹ are obtained. Thinning is recorded along the margin of the ice sheet, while interior parts indicate a slight elevation increase.
Ewert et al., 2012	2003–2008	GRACE	ICESat shows a rate of a mean surface elevation change of -0.12±0.006 m yr ⁻¹ , but the most significant changes could be identified at coastal areas, with rates of more than -2 m yr ⁻¹ . GRACE shows an overall elevation change of -0.12±0.01* m yr ⁻¹ .
Sasgen et al., 2012	2003–2009	GRACE	Both ICESat and GRACE indicate an elevation change for all the basins in Greenland of -0.16±0.01* m yr ⁻¹ .
Forsberg et al., 2013	2002–2012	Radar altimetry (CryoSat), GRACE	GRACE, ICESat and CryoSat show consistent estimates of elevation change with average values around -0.14* m yr ⁻¹ . Also, variations from year to year are large, but 2012 proved to be another record melt year in Greenland.
Bolch et al., 2013	2003–2008	-	The results indicate a mean surface lowering of around -0.45 m yr ⁻¹ ; the most significant values are recorded in the south with -0.90 m yr ⁻¹ and the smallest in the north with -0.18 m yr ⁻¹ .

Study	Period considered	Additional data used	Important findings
Sørensen et al., 2015	2002–2010	Radar altimetry (Envisat)	Envisat shows an average elevation change between -1 m yr^{-1} and 1 m yr^{-1} . The parts that experience the most significant thinning are located near great outlet glaciers. However, in some parts of the island, laser and radar altimetry results are in contradict.
Zou and Jin, 2018	2003–2008	-	The elevation change varies from about -2 m yr^{-1} up to 1.5 m yr^{-1} . The elevation change rate is around zero in the northern parts of the island, while in most of the inland, the values are slightly positive with about 0.02 m yr^{-1} . Height decrease is visible in the western and southeastern areas where the elevation change rate reaches a value of -2 m yr^{-1} .
Smith et al., 2020	2003–2019	ICESat-2	The largest thinning is observed in Jakobshavn and Kangerdlungssuaq glaciers ranging from $4\text{ to }6\text{ m yr}^{-1}$, while the largest thickening of less than 0.15 m yr^{-1} is detected inland.

*Rates recomputed from gigatons to meters of ice thickness.

3.1.1 Regional studies over Greenland – Jakobshavn glacier example

Although the ice sheet change is rather a large-scale phenomenon, it is often studied for the local, smaller area. Many studies have thus reported on the Jakobshavn glacier change. The Jakobshavn glacier is a large, fast-moving outlet glacier that currently flows approx. 1250 m yr^{-1} (Lemos et al., 2018). It is located on the west coast of Greenland, where it ends at a floating, calving front extending from 10 to 14 km beyond the grounding zone that drains about 6.5 % of the area of the Greenland ice sheet (Echelmeyer et al., 1991). Its surface is very steep (0.01–0.03) and thick (2600 km) with relatively high driving stresses (200–300 kPa). This area has been the single largest source of Greenland’s mass loss over the past two decades. In this period, it exhibited a persistent pattern of frontal retreat, flow acceleration and thinning (Moon et al., 2012). During 1986–2016 Jakobshavn retreated by more than 15 km. It retreated slightly during 1986–1997 with a rate of 66.13 m yr^{-1} . The fastest retreat happened between 1998 and 2016, with a much faster rate of 1337.6 m yr^{-1} (Wang et al., 2018). From 2003 to 2016, the surface of the lower parts of the glacier dropped by approx. 160 m and only between 2000 and 2010, the Jakobshavn contributed the equivalent of nearly a millimetre to global sea-level rise. However, since 2014, thinning has slowed down, and the glacier significantly thickened between 2016 and 2018 (Khazendar et al., 2019). Between 2016 and 2017, it thickened by 20 to 30 m, and the measurements from 2018 confirm that its thickening continued at a similar rate. Scientists explain that the ocean temperatures have cooled by nearly 2°C in the vicinity of the glacier over the last several years (Gladish et al., 2015a; Gladish et al., 2015b). As a result, colder water is not melting the ice from the front and underneath the glacier as quickly as the warmer water did before. Despite the slowdown retreat and thickening, glacier flow still exceeds the velocities of the early 1990s when the mass balance of Jakobshavn was nearly in equilibrium and continues to contribute to Greenland’s net ice mass loss (ibid.).

4 GREENLAND CASE STUDY – ICESAT RECOMPUTED OVER GREENLAND

This study encompasses the recomputation of the ICESat data over Greenland, which illustrates laser altimetry data use and related methodology. Here we describe the data processing methods and obtained results

which were afterwards compared against satellite gravity data. In addition to that, we compared ICESat and ICESat-2 data as a part of a regional study on the Jakobshavn glacier since it has been the focal point of many researchers for its significance in Greenland's discharge and dynamic changes observed over the years.

As previously said, before any analysis, it was crucial to exclude outliers and insufficient quality data. Preprocessing of ICESat data was done using the parameters obtained empirically by an iterative procedure conducted in order to remove the data points affected by scattering or saturation. Table 4 presents data filtering parameters used in this study. In total, 14 % of the measurements were excluded by omitting the data from L1, L2E and L2F campaigns, and 35 % were eliminated by the data filtering (see Table 5).

Table 4: Data filtering parameters.

Parameter	Description	Value
d_IceSVar	The standard deviation of the difference between the functional fit and the received echo using standard parameters	≤ 0.035 Volts
i_gval_rcv	The gain value used for a received pulse – uncalibrated	≤ 200
d_reflectUC	Reflectivity, not corrected for atmospheric effects	< 1
i_numPk	The number of peaks in the return echo found by the Gaussian fitting procedure, using standard parameters	$= 1$
elv_cloud_flg	Cloud contamination	$= 0$

Table 5: Number of measured elevations after applying each filtering criteria.

	Amount of input measurements	Percentage of remained dana
All data	10,126,258	100 %
After excluding L1, L2E, and L2F data	8,721,852	86 %
After filtering	5,653,389	51 %

Since the individual ICESat tracks are not precisely repeated and can be up to several hundred metres apart, a strict analysis of repeated measurements on the same locations could not be performed (Sandberg Sørensen et al., 2011). Instead, elevation variation was computed with respect to the digital elevation model (DEM), which integrates SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) and GTOPO30 (*Global 30 Arc-Second Elevation*) along with the DEM data derived from aerial photogrammetry and GNSS measurements (Zwally et al., 2014). SRTM provides data with a 1 arc second resolution (about 30 m) and GTOPO30 with 30 arc second resolution (about 1 km). Filtered and processed data were divided into month-solutions for the ICESat operational periods. The month-solutions were afterwards gridded into grids with 30" $\times$ 30" resolution using the Inverse Distance to a Power Interpolation method. That resulted in several grids representing Greenland elevation change during the considered period. Due to the data outage during some periods of the year, for each operational year, elevation representations were computed for February, March, April, May, June, September, October, November and December. After that, combined models were computed based on spotted seasonal effects on Greenland driven by temperature changes (see, e.g. Zwally and Jun, 2002). As a result, three combined models were computed per year. The first one refers to the period between February and April, the second to May and June, and the third one to the winter months between September and December. Also, Greenland DEM was calculated using the same resolution (30" $\times$ 30") and interpolation method (Inverse Distance to a Power) and was compared to the available DEM by subtracting the latter values from the values obtained with ICESat.

In order to enable direct comparison of ICESat and GRACE data, grids containing ICESat data were extracted to match the mascon locations. Afterwards, the mean surface elevation change was calculated for these specific parts. Since ICESat provides elevation measurements expressed in meters and GRACE shows the mass balance (change in mass per unit time) expressed in the change of height of water equivalent, the recomputations have to be done. Various approaches can be used to convert the estimated elevation change with ICESat to the mass change. The main problem is the fact that information about the density of snow/ice is needed, but the density of newly fallen snow is about three times smaller than the density of ice (Slobbe et al., 2009). According to Thomas et al. (2006), different densities can be used depending on the average elevation. For the region with an elevation below 2000 m, they used a density of $900 \pm 300 \text{ kg m}^{-3}$ since the mass is primarily lost by ice discharge and melting. On the other side, for the region with elevations above 2000 m, a density of $600 \pm 300 \text{ kg m}^{-3}$ was used because elevation changes are mainly caused by snowfall. Their approach was confirmed by observations indicating that the volume variations in regions with elevations below 2000 m are caused by fluctuations in flow velocity, which consequently provoke variations in the amount of ice (Howat et al., 2007). We adopted this approach for recomputations from elevation change derived from ICESat to mass change to compare the results.

For the study concerning the Jakobshavn glacier, we used ICESat-2 data, which was afterwards compared to ICESat data. The first step is filtering using the ATL06_quality_summary parameter, which identifies potential problems for each segment. ICESat-2 data processing was done using the same interpolation method as in the case of ICESat data but with $1'' \times 1''$ resolution, which is equal to $11.06 \text{ m} \times 11.06 \text{ m}$ at the latitude of 69° (Jakobshavn area). Produced DEM was used to inspect the changes that happened on the glacier between the two ICESats and enable direct comparison of elevations. To allow that, we derived another DEM of the Jakobshavn glacier from ICESat data. Additionally, ICESat data were recomputed from TOPEX/Poseidon to WGS84 ellipsoid, which was used as the reference for ICESat-2 measurements (for details, see, e.g. Bhang et al., 2007; Xie et al., 2019).

4.1 Results

We have estimated elevation changes on Greenland using satellite laser altimetry data from ICESat mission. Figure 1 shows elevation change derived from ICESat during 2004–2008 for the three defined periods of the year.

Greenland's ice sheet experiences the most significant negative elevation change during summer months, especially in the southern coastal regions (Fig. 1, B). This is expected because the south is characterised by milder climate conditions and more significant temperature changes compared to northern areas. On the other hand, during colder months, ice loss is less notable but still significant in some parts of the island (Figure 1, A, C). Inland areas show certain stability and do not indicate more significant ice loss as much as margins of the ice sheet do.

Obtained results were compared against satellite gravimetry data derived from the GRACE mission. The first selection of mascons for this analysis is based on the division of Greenland into seven weather- and climate regions. Cappelen et al. (2001), as cited in Nielsen (2010), divided the island into the following climate regions: North (N), Northeast (NE), Northwest (NW), Southeast (SE), Southwest (SW), South (S) and Ice cap. Additionally, we divided the Ice cap region into the Center/North (C/N) and Center/

South (C/S) region. Moreover, in the second case, we divided Greenland into two regions, above and below 2000 m. Figure 2 presents selected mascon locations on Greenland for the analysis based on two previous divisions.

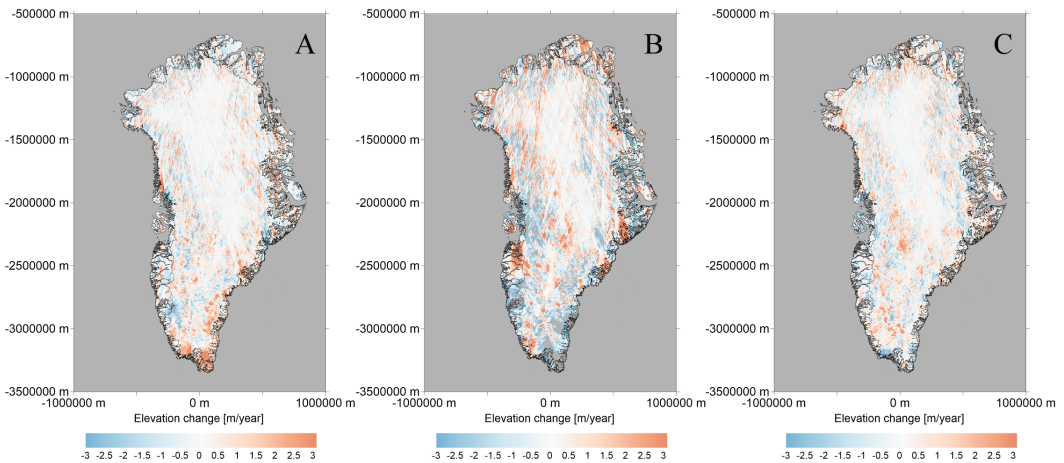


Figure 1: Average annual change in elevation for February, March and April (A); May and June (B); September, October, November and December (C) over the period 2004–2008 derived from ICESat data.

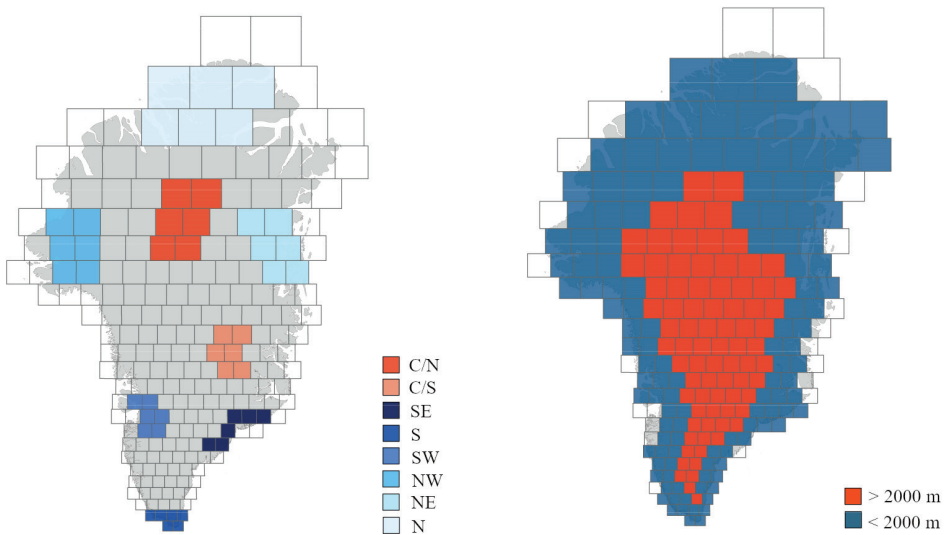


Figure 2: Selected areas for mascon analysis in different climate regions (left); Selected areas for mascon analysis in regions with elevations above and below 2000 m (right).

Table 6 presents the mean surface annual mass balance computed from ICESat and GRACE observations. ICESat recorded the most significant value of negative annual mass balance in the south of -0.34 m yr^{-1} w.e. (e.g., water equivalent) in 2004–2008, while inland parts show positive mass balance values reaching up to 0.36 m yr^{-1} w.e (Figure 2, left). In the same period, GRACE observations show that southern parts indicate negative values of annual mass balance where the greatest value is recorded in the south-east of -0.36 m yr^{-1} w.e. Still, both ICESat and GRACE show that coastal regions record negative mass

balance, while inland parts indicate positive mass balance values. All of the above leads to a conclusion that inland and coastal areas have different patterns of behaviour regarding snow and ice accumulation.

Table 6: Comparison of results obtained by ICESat and GRACE for the selected mascons based on the spatial and climatic variability in the period 2004–2008.

Location	Mean surface annual elevation change (m)	Mean surface annual mass balance* (m yr ⁻¹ w.e.)	Surface annual mass balance (m yr ⁻¹ w.e.)	Surface mass change (Gt yr ⁻¹)
	ICESat	ICESat	GRACE	GRACE
Center – north (C/N)	2.40	0.36±0.18	0.06	0.73
Center – south (C/S)	1.59	0.24±0.12	0.03	0.34
Southwest (SW)	-1.41	-0.32±0.11	-0.24	-4.84
South (S)	-1.51	-0.34±0.11	-0.25	-3.14
Southeast (SE)	-0.16	-0.04±0.01	-0.36	-3.02
Northeast (NE)	-0.74	-0.17±0.06	-0.04	-2.11
Northwest (NW)	1.17	0.26±0.09	-0.17	-0.45
North (N)	-0.53	-0.12±0.04	-0.04	-0.42

* Mean surface annual mass balance computed from mean surface elevation change for period 2004–2008.

Table 7 shows the results obtained using ICESat and GRACE observations for the regions below and above 2000 m. ICESat records a negative annual mass balance in the regions below 2000 m of -0.15 m yr⁻¹ w.e. while at the same time GRACE notes a mass balance of -0.17 m yr⁻¹ w.e. (Figure 2, right). On the other hand, in the regions above 2000 m, ICESat shows a positive annual mass balance of 0.35 m yr⁻¹ w.e and GRACE of 0.01 m yr⁻¹ w.e.

Table 7: Comparison of results obtained by ICESat and GRACE for the selected mascons in regions above and below 2000 m in the period 2004–2008.

Location	Mean surface elevation change (m)	Mean surface annual mass balance* (m yr ⁻¹ w.e.)	Surface annual mass balance (m yr ⁻¹ w.e.)	Surface mass change (Gt yr ⁻¹)
	ICESat	ICESat	GRACE	GRACE
> 2000 m	2.35	0.35±0.18	0.01	9.41
< 2000 m	-0.67	-0.15±0.05	-0.17	-266.30

* Mean annual surface mass balance computed from mean surface elevation change 2004–2008.

Since the GRACE mission was active until 2017, we analysed the changes that happened on Greenland's ice sheet between 2009 and 2017 in the regions below and above 2000 m (Figure 3).

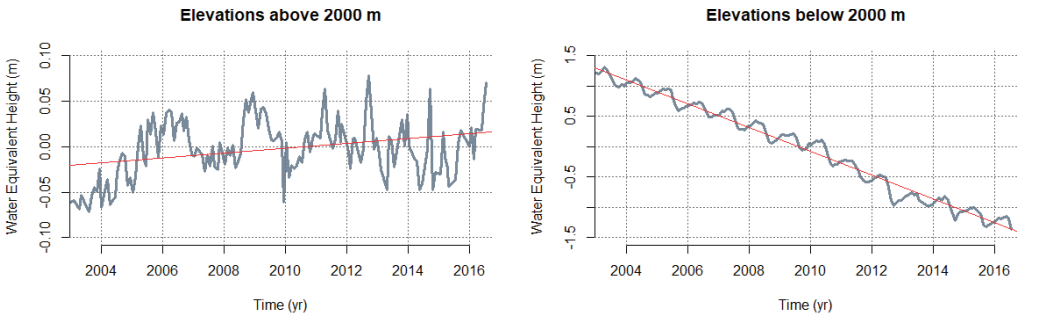


Figure 3: Cumulative mass balance in the basin with elevations above 2000 m derived from GRACE data during 2003–2017 (left); mass balance in the basin with elevations below 2000 m (right).

As we said before, in the period between 2004–2008, GRACE shows that areas above 2000 m register a slightly positive annual mass balance of 0.01 m yr^{-1} w.e. Looking only at the GRACE data from 2009 to 2017, it can be seen that annual mass balance is less than 1 cm yr^{-1} w.e. Taking into consideration all available data for the region above 2000 m, the annual trend of mass balance is still below 1 cm yr^{-1} w.e (Figure 3, left). This area shows a certain balance between accumulation and ablation. On the other hand, for the period between 2004 and 2008, GRACE recorded negative mass balance values of -0.17 m yr^{-1} w.e. while between 2009 and 2017, this value was -0.21 m yr^{-1} w.e, which means that mass loss accelerated in this period of time (Figure 3, right).

4.1.1 Jakobshavn glacier change

The recently launched mission, ICESat-2, promises some breakthroughs in comparison to ICESat due to a number of technical improvements incorporated in its design. Figure 4 presents four elevation profiles on four locations on the Jakobshavn glacier derived from ICESat and ICESat-2 data to compare the two missions and elucidate the topographic changes that happened in the area.

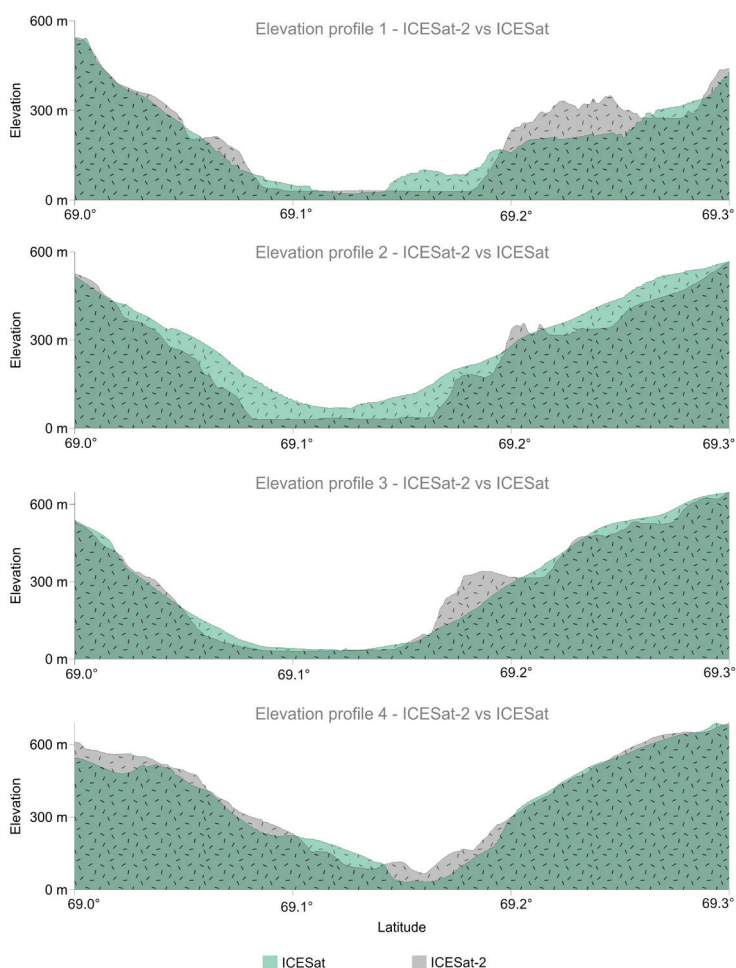


Figure 4: Elevation profiles along the Jakobshavn glacier derived from ICESat (2008) and ICESat-2 data (2018).

Elevation profiles show that in ten years (2008–2018), the topography of glacier has been significantly modified. The glacier has been in constant downward movement under its own weight, and the participation patterns changed due to changes in the temperature of the surrounding waters. ICESat-2 shows that some parts of Jakobshavn gained mass (cross-sections 3 and 4) which is in line with the latest research showing that the glacier thickened in the last few years (e.g. Lemos et al., 2018). On the other hand, cross-sections 1 and 2, which are located closer to the sea, indicate mass loss probably due to the ice calving and glacier's overall retreat.

5 DISCUSSION AND CONCLUSION

Greenland ice sheet has been the focus of many scientists because of its potential contribution to global sea-level rise, and in the last few decades, it experienced substantial changes (results summarised in Table 3). ICESat data (2004–2008) revealed that thinning is observed along the margin of the ice sheet, mainly in the western and southeastern parts, reaching the values of -2 m yr^{-1} (e.g. Ewert et al., 2012; Zou and Jin, 2018). However, inland regions above 2000 m record a positive elevation change rate of a few cm yr^{-1} (Slobbe et al., 2008). According to Bolch et al. (2013), the mean surface lowering is around -0.45 m yr^{-1} . The results we obtained using ICESat showed that the region that records the biggest negative annual mean surface elevation change is south of the island with -0.38 m yr^{-1} . Since strong spatial and temporal variations characterise Greenland, elevation change rates vary depending on the location on the island. The thinning is most evident along the coastline, especially during summer months, which decreases inland at elevations above 2000 m.

The results of GRACE analysis for the period 2004–2008 show that the overall annual elevation change rate ranges from -0.08 to -0.16 m yr^{-1} (e.g. Slobbe et al., 2009; Ewert et al., 2012; Sasgen et al., 2012). Our analysis confirms that coastal areas experience melting with surface annual mass balance values from a few cm to -36 cm yr^{-1} w.e., while the highest parts of the island indicate a balance between mass accumulation and ablation with slightly positive values reaching up to 0.06 m yr^{-1} w.e. Comparing the results from ICESat (-0.15 m yr^{-1} w.e.) and GRACE (-0.17 m yr^{-1} w.e) for the regions below 2000 m, we obtained similar values from the two missions. Looking at more recent GRACE data (2009–2017), it is visible that in coastal areas, the negative trend of annual mass balance reduction is continuing, while inland is still stable.

The greatest mass loss is observed in coastal regions, particularly in the vicinity of glaciers. A recent study of comparison between ICESat and ICESat-2 data shows that in the period 2003–2019, the largest thinning is observed in the Jakobshavn glacier with values from 4 to 6 m yr^{-1} (Smith et al., 2020). However, taking into account only the last few years, studies show that from 2016 to 2018, Jakobshavn significantly thickened (Khazendar et al., 2019) due to the cooling of surrounding waters (Gladish et al., 2015a; Gladish et al., 2015b). We confirmed this fact for the upper part of the glacier. Nevertheless, calving and retreat are still visible in the parts closer to the sea, and even though thinning has slowed down, the Jakobshavn glacier continues to contribute to Greenland's discharge significantly.

To conclude, in a constantly changing world, there is a need for continuous monitoring, peculiarly of polar regions. Satellite data have provided the ability to observe large-scale decadal changes in the cryosphere at a high temporal and spatial resolution as well as to determine the contribution of glaciers and ice sheet

to global sea-level rise. In addition, they have been demonstrated as a very useful tool for examining and understanding these changes. However, a longer record of measurements will increase the confidence in the results, reduce uncertainties in the long-term trends, and bring more insights into the geophysical and other processes controlling the changes, which is exactly what ICESat-2 and GRACE-FO aim to do.

Acknowledgements

We thank the anonymous Reviewers and the Editor-in-chief for their invested time and effort as well as a very constructive discussion during the review process.

Literature and references:

- Abdalati, W., Zwally, H. J., Bindenschadler, R., Csatho, B., Farrell, S. L., Fricker, H. A., Harding, D., Kwok, R., Lefsky, M., Markus, T., Marshak, A., Neumann, T., Palm, S., Schutz, B., Smith, B., Spinhirne, J., Webb, C. (2010). The ICESat-2 laser altimetry mission. *Proceedings of the IEEE*, 98 (5), 735–751. DOI: <https://doi.org/10.1109/JPROC.2009.2034765>
- Abshire, J. B., Sun, X., Riris, H., Sirota, M., McGarry, J., Palm, S. (2003). Geoscience Laser Altimeter System (GLAS) on the ICESat Mission: Initial Science Measurement Performance. In *AGU Fall Meeting Abstracts*. DOI: <https://doi.org/10.1029/2005GL024028>
- Amstrup, S. C., DeWeaver, E. T., Douglas, D. C., Marcot, B. G., Durner, G. M., Bitz, C. M., Bailey, D. A. (2010). Greenhouse gas mitigation can reduce sea-ice loss and increase polar bear persistence. *Nature*, 468(7326), 955. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature09653>
- Bhang, K. J., Schwartz, F. W., Braun, A. (2006). Verification of the vertical error in C-band SRTM DEM using ICESat and Landsat-7, Otter Tail County, MN. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45 (1), 36–44. DOI: <https://doi.org/10.1109/TGRS.2006.885401>
- Bintanja, R., Van Oldenborgh, G. J., Drijfhout, S. S., Wouters, B., Katsman, C. A. (2013). Important role for ocean warming and increased ice-shelf melt in Antarctic sea-ice expansion. *Nature Geoscience*, 6 (5), 376. DOI: <https://doi.org/10.1038/ngeo1767>
- Bolch, T., Sandberg Sørensen, L., Simonsen, S. B., Mölg, N., Machguth, H., Rastner, P., Paul, F. (2013). Mass loss of Greenland's glaciers and ice caps 2003–2008 revealed from ICESat laser altimetry data. *Geophysical Research Letters*, 40 (5), 875–881. DOI: <https://doi.org/10.1038/NGEO1767>
- Budyko, M. I. (1969). The effect of solar radiation variations on the climate of the Earth. *Tellus*, 21 (5), 611–619. DOI: <https://doi.org/10.3402/tellusa.v21i5.10109>
- Cappelen, J., Jørgensen, B.V., Laursen, E.V., Stannius, L.S. and Thomsen, R.S., (2001). The Observed Climate of Greenland, 1958–99 – with Climatological Standard Normals, 1961–90. Technical Report 00-18, Danish Meteorological Institute, Copenhagen.
- Chen, J. L., Wilson, C. R., Tapley, B. D. (2006). Satellite gravity measurements confirm accelerated melting of Greenland ice sheet. *science*, 313 (5795), 1958–1960. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1129007>
- Cohen, S. C., Degnan, J. J., Bufton, J. L., Garvin, J. B., Abshire, J. B. (1987). The geoscience laser altimetry/ranging system. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, (5), 581–592. DOI: <https://doi.org/10.1109/TGRS.1987.289837>
- Croteau, M. J., Nerem, R. S., Loomis, B. D., Sabaka, T. J. (2020). Development of a Daily GRACE Mascon Solution for Terrestrial Water Storage. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, e2019JB018468. DOI: <https://doi.org/10.1029/2019JB018468>
- Echelmeyer, K., Clarke, T. S., & Harrison, W. D. (1991). Surficial glaciology of Jakobshavn isbræ, west greenland: Part i. surface morphology. *Journal of Glaciology*, 37(127), 368–382. DOI: <https://doi.org/10.3189/S0022143000005803>
- Ewert, H., Groh, A., Dietrich, R. (2012). Volume and mass changes of the Greenland ice sheet inferred from ICESat and GRACE. *Journal of Geodynamics*, 59, 111–123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jog.2011.06.003>
- Forsberg, R., Sørensen, L. S., Levinsen, J. F., Nilsson, J. (2013). Mass loss of Greenland from GRACE, IceSat and CryoSat. In *CryoSat Third User Workshop*. European Space Agency.
- Fras, M. K., Attwenger, M., Bitenc, M. (2007). Land use classification based on the intensity value of the reflected laser beam. *Geodetski vestnik*, 51, 3.
- Gladish, C. V., Holland, D. M., Rosing-Asvid, A., Behrens, J. W., Boje, J. (2015a). Oceanic boundary conditions for Jakobshavn Glacier. Part I: Variability and renewal of Ilulissat Icefjord waters, 2001–14. *Journal of Physical Oceanography*, 45 (1), 3–32. DOI: <https://doi.org/10.1175/JPO-D-14-0044.1>
- Gladish, C. V., Holland, D. M., Lee, C. M. (2015b). Oceanic boundary conditions for Jakobshavn Glacier. Part II: Provenance and sources of variability of Disko Bay and Ilulissat icefjord waters, 1990–2011. *Journal of Physical Oceanography*, 45 (1), 33–63. DOI: <https://doi.org/10.1175/JPO-D-14-0045.1>
- Gomez, N., Pollard, D., Holland, D. (2015). Sea-level feedback lowers projections of future Antarctic Ice-Sheet mass loss. *Nature communications*, 6, 8798. DOI: <https://doi.org/10.1038/ncomms9798>
- Howat, I.M., Joughin, I., Scambos, T.A., 2007. Rapid changes in ice discharge from Greenland outlet glaciers, *Science*, 315 (5818), 1559–1561. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1138478>
- Joughin, I., Alley, R. B., Holland, D. M. (2012). Ice-sheet response to oceanic forcing. *Science*, 338 (6111), 1172–1176. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1226481>
- Lemos, A., Shepherd, A., McMillan, M., Hogg, A. E., Hatton, E., Joughin, I. (2018). Ice velocity of Jakobshavn Isbræ, Petermann Glacier, Nioghalvfjærdsfjorden, and Zachariæ Isstrøm, 2015–2017, from Sentinel 1-a/b SAR imagery. *The Cryosphere*, 12 (6), 2087–2097. DOI: <https://doi.org/10.5194/tc-12-2087-2018>

- Loomis, B. D., Rachlin, K. E., Luthcke, S. B. (2019). Improved Earth oblateness rate reveals increased ice sheet losses and mass-driven sea level rise. *Geophysical Research Letters*. DOI: <https://doi.org/10.1029/2019GL082929>
- Luthcke, S.B., T.J. Sabaka, B.D. Loomis, et al. (2013). Antarctica, Greenland and Gulf of Alaska land ice evolution from an iterated GRACE global mascon solution. *Journal of Glaciology*, 59 (216), 613–631. DOI: <https://doi.org/10.3189/2013jogl012147>
- Khazendar, A., Fenty, I. G., Carroll, D., Gardner, A., Lee, C. M., Fukumori, I., Noël, B. P. (2019). Interruption of two decades of Jakobshavn Isbrae acceleration and thinning as regional ocean cools. *Nature Geoscience*, 12 (4), 277–283. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0329-3>
- Kornfeld, R. P., Arnold, B. W., Gross, M. A., Dahya, N. T., Klipstein, W. M., Gath, P. F., Bettadpur, S. (2019). GRACE-FO: the gravity recovery and climate experiment follow-on mission. *Journal of Spacecraft and Rockets*, 56 (3), 931–951. DOI: <https://doi.org/10.2514/1.A34326>
- Ma, Y., Li, S., Zhang, W., Zhang, Z., Liu, R., Wang, X. H. (2018). Theoretical ranging performance model and range walk error correction for photon-counting lidars with multiple detectors. *Optics express*, 26 (12), 15924–15934. DOI: <https://doi.org/10.1364/OE.26.015924>
- Markus, T., Neumann, T., Martino, A., Abdalati, W., Brunt, K., Csatho, B., Farrell, S., Fricker, H., Gardner, A., Harding, D., Jasinski, M., Kwok, R., Magruder, R., Lubin, D., Luthcke, S., Morison, J., Nelson, R., Neuenschwander, A., Palm, S., Popescu, S., Shum, C.K., Schutz, B., Smith, B., Yang, Y., Zwally, J. (2017). The Ice, Cloud, and land Elevation Satellite-2 (ICESat-2): Science requirements, concept, and implementation. *Remote sensing of environment*, 190, 260–273. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.12.029>
- Moon, T., Joughin, I., Smith, B., Howat, I. (2012). 21st-century evolution of Greenland outlet glacier velocities. *Science*, 336 (6081), 576–578. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1219985>
- Mouginot, J., Rignot, E., Björk, A. A., van den Broeke, M., Millan, R., Morlighem, M., Noel, B., Scheuchl, B., Wood, M. (2019). Forty-six years of Greenland Ice Sheet mass balance from 1972 to 2018. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116 (19), 9239–9244. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1904242116>
- Narine, L. L., Popescu, S., Neuenschwander, A., Zhou, T., Srinivasan, S., Harbeck, K. (2019). Estimating aboveground biomass and forest canopy cover with simulated ICESat-2 data. *Remote Sensing of Environment*, 224, 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.01.037>
- Neumann, T.A., Martino, A.J., Markus, T., Bae, S., Bock, M. R., Brenner, A. C., Harbeck, K. (2019). The Ice, Cloud, and Land Elevation Satellite-2 mission: A global geolocated photon product derived from the Advanced Topographic Laser Altimeter System. *Remote sensing of environment*, 233, 111325. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111325>
- Nielsen, A. B. (2010). Present conditions in Greenland and the Kangerlussuaq area (No. POSIVA-WR--10-07). Posiva Oy.
- Paolo, F. S., Fricker, H. A., Padman, L. (2015). Volume loss from Antarctic ice shelves is accelerating. *Science*, 348 (6232), 327–331. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaa0940>
- Rignot, E., Bamber, J. L., Van Den Broeke, M. R., Davis, C., Li, Y., Van De Berg, W. J., Van Meijgaard, E. (2008). Recent Antarctic ice mass loss from radar interferometry and regional climate modelling. *Nature geoscience*, 1 (2), 106. DOI: <https://doi.org/10.1038/ngeo102>
- Sasgen, I., van den Broeke, M., Bamber, J. L., Rignot, E., Sørensen, L. S., Wouters, B., Martinez, Z., Velicogna, I., Simonsen, S. B. (2012). Timing and origin of recent regional ice-mass loss in Greenland. *Earth and Planetary Science Letters*, 333, 293–303. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2012.03.033>
- Sandberg Sørensen, L., Simonsen, S. B., Nielsen, K., Lucas-Picher, P., Spada, G., Adalgeirsdottir, G., Forsberg, R., Hvidberg, C. (2011). Mass balance of the Greenland ice sheet (2003–2008) from ICESat data—the impact of interpolation, sampling and firn density. *The Cryosphere*, 5, 173–186. DOI: <https://doi.org/10.5194/tc-5-173-2011>
- Sørensen, L. S., Simonsen, S. B., Meister, R., Forsberg, R., Levinsen, J. F., Flament, T. (2015). Envisat-derived elevation changes of the Greenland ice sheet, and a comparison with ICESat results in the accumulation area. *Remote Sensing of Environment*, 160, 56–62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.12.022>
- Schutz, B. E., Zwally, H. J., Shuman, C. A., Hancock, D., DiMarzio, J. P. (2005). Overview of the ICESat mission. *Geophysical Research Letters*, 32 (21). DOI: <https://doi.org/10.1029/2005GL024009>
- Slobbe, D. C., Lindenbergh, R. C., Ditmar, P. (2008). Estimation of volume change rates of Greenland's ice sheet from ICESat data using overlapping footprints. *Remote Sensing of Environment*, 112 (12), 4204–4213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.07.004>
- Slobbe, D. C., Ditmar, P., Lindenbergh, R. C. (2009). Estimating the rates of mass change, ice volume change and snow volume change in Greenland from ICESat and GRACE data. *Geophysical Journal International*, 176 (1), 95–106. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2008.03978.x>
- Smith, B., H. A. Fricker, A. Gardner, M. R. Siegfried, S. Adusumilli, B. M. Csathó, N. Holschuh, J. Nilsson, F. S. Paolo, and the ICESat-2 Science Team (2019). ATLAS/ICESat-2 L3A Land Ice Height, Version 1. [ATL06]. Boulder, Colorado USA. NSIDC: National Snow and Ice Data Center. DOI: <https://doi.org/10.5067/ATLAS/ATL06.001>
- Smith, B., Fricker, H. A., Gardner, A. S., Medley, B., Nilsson, J., Paolo, F. S., ... & Harbeck, K. (2020). Pervasive ice sheet mass loss reflects competing ocean and atmosphere processes. *Science*, 368(6496), 1239–1242. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaz5845>
- Statistics Greenland (2008). Greenland in Figures 2008. 5th revised edition, Statistics Greenland, Greenland Home Rule Government, Nuuk.
- Sun, X., Abshire, J. B., Borsa, A. A., Fricker, H. A., Yi, D., DiMarzio, J. P., ... & Neumann, G. A. (2017). ICESat/GLAS altimetry measurements: Received signal dynamic range and saturation correction. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55(10), 5440–5454. DOI: <https://doi.org/10.1109/TGRS.2017.2702126>
- Tapley, B. D., Bettadpur, S., Ries, J. C., Thompson, P. F., Watkins, M. M. (2004). GRACE measurements of mass variability in the Earth system. *Science*, 305 (5683), 503–505. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1099192>
- Thomas, R., Frederick, E., Krabill, W., Manizade, S., Martin, C. (2006). Progressive increase in ice loss from Greenland. *Geophysical Research Letters*, 33 (10). DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118782033.ch8>

- Velicogna, I., Wahr, J. (2006). Acceleration of Greenland ice mass loss in spring 2004. *Nature*, 443 (7109), 329. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature05168>
- Wang, X., Cheng, X., Gong, P., Huang, H., Li, Z., Li, X. (2011). Earth science applications of ICESat/GLAS: a review. *International journal of remote sensing*, 32 (23), 8837–8864. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.547533>
- Wang, K., Chen, Z., Hui, F., Cheng, X. (2018). Calving Front Dynamics and the drive mechanisms of Jakobshavn Glacier in recent 30 years. In EGU General Assembly Conference Abstracts (Vol. 20, p. 17317).
- Wouters, B., Chambers, D., Schrama, E. J. O. (2008). GRACE observes small-scale mass loss in Greenland. *Geophysical Research Letters*, 35 (20). DOI: <https://doi.org/10.1029/2008GL034816>
- Wu, X., Lu, Y., Zhou, S., Chen, L., Xu, B. (2016). Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. *Environment international*, 86, 14–23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.09.007>
- Xie, Y., Zhang, A., Liu, H., Feng, L. (Eds.). (2019). *Geo-informatics in Sustainable Ecosystem and Society: 6th International Conference, GSES 2018, Handan, China, September 25–26, 2018, Revised Selected Papers (Vol. 980)*. Springer.
- Zou, F., Jin, S. (2018). Re-Estimation of the Greenland Ice Sheet Changes from ICESat Measurements with Slope Correction. In 2018 26th International Conference on Geoinformatics (pp. 1–4). IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/GEOINFORMATICS.2018.8557165>
- Zwally, H. J., Jun, L. (2002). Seasonal and interannual variations of firn densification and ice-sheet surface elevation at the Greenland summit. *Journal of Glaciology*, 48 (161), 199–207. DOI: <https://doi.org/10.3189/172756502781831403>
- Zwally, H. J., Schutz, B., Abdalati, W., Abshire, J., Bentley, C., Brenner, A., Bufton, J., Dezio, J., Hancock, D., Harding, D., Herring, T., Minster, B., Quinn, K., Palm, S., Thomas, R. (2002). ICESat's laser measurements of polar ice, atmosphere, ocean, and land. *Journal of Geodynamics*, 34 (3–4), 405–445. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0264-3707\(02\)00042-X](https://doi.org/10.1016/S0264-3707(02)00042-X)
- Zwally, H.J., Shuman, C. (2002). ICESat: Ice, Cloud, and land Elevation Satellite, NASA GSFC, Greenbelt, MD, Brochure FS-2002-9-047-GSFC.
- Zwally, H. J., R. Schutz, D. Hancock, and J. Dimarzio (2014). GLAS/ICESat L2 Global Antarctic and Greenland Ice Sheet Altimetry Data (HDF5), Version 34. [GLAH12]. Boulder, Colorado USA. NASA National Snow and Ice Data Center Distributed Active Archive Center. DOI: <https://doi.org/10.5067/ICESAT/GLAS/DATA209>



Bukač B., Grgić M., Bašić T. (2021). What have we learnt from ICESat on Greenland ice sheet change and what to expect from current ICESat-2. *Geodetski vestnik*, 65 (1), 94–109. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2021.01.94-109>

Blaženka Bukač, mag. ing. geod. et geoinf.

University of Zagreb, Faculty of Geodesy
Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Croatia
e-mail: bbukac@geof.hr (corresponding author)

prof. dr. sc. Tomislav Bašić, Full Professor

University of Zagreb, Faculty of Geodesy
Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Croatia
e-mail: tbasic@geof.hr

dr. sc. Marijan Grgić, Research Associate

University of Zagreb, Faculty of Geodesy
Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Croatia
e-mail: mgrgic@geof.hr

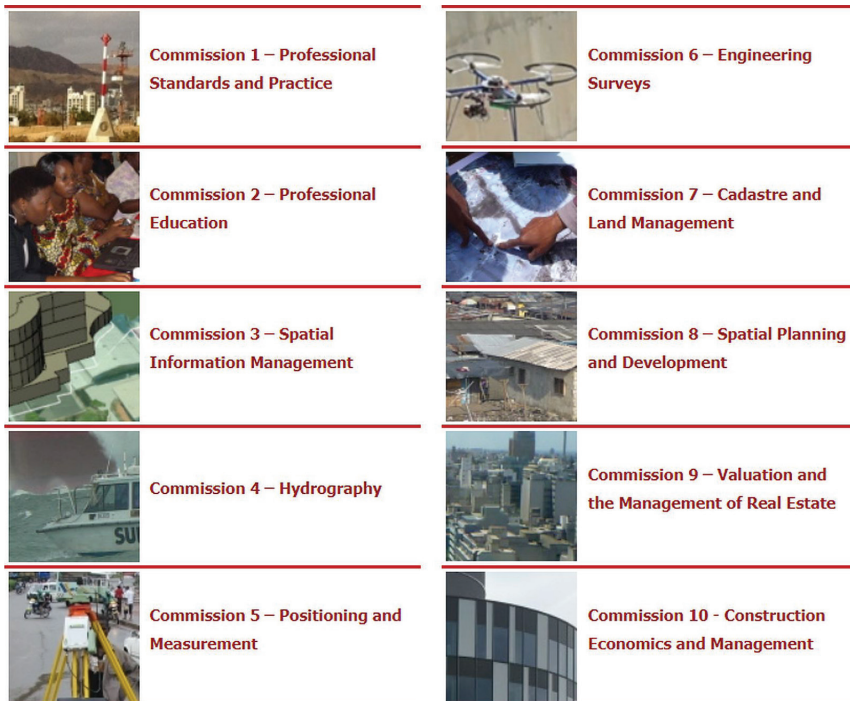
GEODETSKA REFERENČNA KNJIŽNICA FIG

FIG SURVEYORS REFERENCE LIBRARY

Joc Triglav

1 UVOD

Živimo v času, ko je vse bolj ključno, da znamo čim hitreje priti do ciljnih in verodostojnih informacij, pa naj bodo to strokovne informacije ali različne informacije z drugih področij našega življenja. Marsikdaj pa je tako, da nam dobesedno »ležijo pred nosom« in sploh ne vemo zanje ali jih ne znamo poiskati, ali pa celo mislimo, da so nekoristne in nima smisla izgubljati časa z njimi. Z namenom, da geodetom in geodetkam pogled iz domačih logov usmerimo tudi skozi okno v globalno dogajanje, bo v nadaljevanju za vzorec na kratko opisana samo ena od možnosti enostavnega brezplačnega ciljnega dostopa do kakovostnih globalnih strokovnih informacij z vseh področij geodetske stroke, ki jih pokriva mednarodna zveza geodetov FIG (slika 1).



Slika 1: Vodenje tehničnih nalog FIG je razdeljeno v deset komisij (vir: <https://www.fig.net/organisation/comm/>).

2 GEODETSKA REFERENČNA KNJIŽNICA FIG

Poleg drugih obsežnih informacij, ki so dostopne na spletnih straneh FIG, je pred kratkim zaživela geodetska referenčna knjižnica FIG (FIG Library, 2021), ki vključuje prispevke s kongresov FIG, delovnih tednov in drugih dogodkov FIG. To je bližnjica do vseh prispevkov glavnih konferenc, vsebuje pa tudi tako imenovane priporočene članke, ki jih posebej izbere deset komisij FIG. Ideja pri izbiri priporočenih člankov je, da bi morali biti v skupnem interesu ter ponujati dobre primere in izkušnje iz različnih geodetskih disciplin. Članke lahko iščete na podlagi dogodkov, avtorjev in vnaprej izbranih ključnih besed. Prav tako lahko navedete dokumente, ki temeljijo na strukturi komisije FIG. Nekateri prispevki vključujejo tudi dodatne ključne besede, ki vam lahko pomagajo pri iskanju. Dokumenti so shranjeni v obliki pdf-datotek. Sem spadajo celotni članki in v nekaterih primerih tudi izročki predstavitev PowerPoint v obliki pdf-datotek.

V geodetsko referenčno knjižnico FIG so že vključeni in prosto dostopni vsi prispevki z naslednjih konferenc (razvrščeno od najnovejših navzdol):

- FIG Working Week 2019 in Hanoi, Hanoi, Vietnam, 22.–26. april 2019
- FIG Congress 2018 in Istanbul, Carigrad, Turčija, 6.–11. maj 2018
- FIG Working Week 2017 in Helsinki, Finska, 29. maj–2. junij 2017
- FIG Working Week 2016 in Christchurch, Nova Zelandija, 2.–6. maj 2016
- FIG Working Week 2015 in Sofia, Sofija, Bolgarija, 17.–21. maj 2015
- The XXV FIG International Congress 2014 in Kuala Lumpur, Malezija, 16.–21. junij 2014
- FIG Working Week 2013 in Abuja, Nigerija, 6.–10. maj 2013
- 8th FIG Regional Conference in Montevideo, Urugvaj, 26.–29. november 2012
- First FIG Young Surveyors Conference in Rome, Rim, Italija, 4.–5. maj 2012
- FIG Working Week 2012 in Rome, Rim, Italija, 6.–10. maj 2012
- FIG Working Week 2011 in Marrakech, Marakeš, Maroko, 18.–22. maj 2011
- XXIV International FIG Congress in Sydney, Avstralija, 11.–16. april 2010
- 7th FIG Regional Conference in Hanoi, Hanoi, Vietnam, 18.–22. oktober 2009
- FIG Working Week 2009 in Eilat, Izrael, 3.–8. maj 2009
- 13th FIG Symposium on Deformation Measurements and Analysis and 4th IAG Symposium on Geodesy..., Lizbona, Portugalska, 12.–15. maj 2008
- FIG Working Week 2008 in Stockholm, Švedska, 14.–19. junij 2008
- 6th FIG Regional Conference in San José, Kostarika, 12.–15. november 2007
- FIG Working Week 2007 in Hong Kong, Kitajska, 13.–17. maj 2007
- XXIII International FIG Congress in Munich, München, Nemčija, 8.–13. oktober 2006
- 5th FIG Regional Conference for Africa in Accra, Akra, Gana, 8.–11. marec 2006
- FIG Working Week 2005 in Cairo, Kairo, Egipt, 16.–21. april 2005
- 3rd FIG Regional Conference for Asia and the Pacific in Jakarta, Džakarta, Indonezija, 3.–7. oktober 2004
- FIG Working Week 2004 in Athens, Atene, Grčija, 22.–25. maj 2004
- 2nd FIG Regional Conference for the Arab Countries and Francophone Africa in Marrakech, Marakeš, Maroko, 2.–5. december 2003

3 MOŽNOSTI CILJNEGA ISKANJA INFORMACIJ

Različne možnosti iskanja informacij in izbire kriterijev so razvidne s slike 2. Kriterije iskanja določamo s klikli miške na izbrana področja našega iskanja po posameznih komisijah ali značilnih ključnih besedah, imamo pa tudi možnost vnosa dodatnih ključnih besed, naslova dokumenta ali avtorja dokumenta in vrste konference. Določimo tudi, kako želimo imeti prikazane rezultate iskanja.

FIG Surveyors Reference Library

[Back] [Search]

Commissions involved:

(check all that apply;
the search condition is 'OR')

- ☐ Commission 1
- ☐ Commission 2
- ☐ Commission 3
- ☐ Commission 4

- ☐ Commission 5
- ☐ Commission 6
- ☐ Commission 7
- ☐ Commission 8

- ☐ Commission 9
- ☐ Commission 10
- ☐ History
- ☐ Young Surveyors

Keywords:

(check all that apply;
the search condition is 'OR')

- ☐ Access to land
- ☐ Affordable housing
- ☐ Bridge surveying
- ☐ Cadastre
- ☐ Capacity building
- ☐ Cartography
- ☐ Coastal Zone Management
- ☐ Cost management
- ☐ CPD
- ☐ Curricula
- ☐ Deformation measurement
- ☐ Digital cadastre
- ☐ Education
- ☐ e-Governance
- ☐ Engineering survey

- ☐ Geoinformation/GI
- ☐ GIM
- ☐ GPS
- ☐ GSDI
- ☐ History
- ☐ Hydrography
- ☐ Implementation of plans
- ☐ Informal settlements
- ☐ Land distribution
- ☐ Land management
- ☐ Land readjustment
- ☐ Laser scanning
- ☐ Legislation
- ☐ Low cost technology
- ☐ Marine cadastre

- ☐ Mine surveying
- ☐ Photogrammetry
- ☐ Positioning
- ☐ Professional practice
- ☐ Property taxes
- ☐ Quantity surveying
- ☐ Real estate development
- ☐ Remote sensing
- ☐ Risk management
- ☐ Security of tenure
- ☐ Spatial planning
- ☐ Standards
- ☐ Tunnel surveying
- ☐ Urban renewal
- ☐ Valuation

Other keywords:

(please enter only one
keyword per field;
the search condition is 'OR')

1.
2.
3.
4.
5.

Title of the document:

(the specified string is search
anywhere within the title):

Author (separate multiple criteria

with a semicolon; the search
condition is 'OR')

Congress:

Not selected

Sort results by:

Commission + Title

Show documents of type:

All

- ☐ Show peer-reviewed papers only
- ☒ Show congress information
- ☐ Show document category
- ☒ Show keywords

Note: You might need to restrict the search because of server limitations (there is a limit on number of results that can be shown at a time).

Slika 2: Vstopna stran v iskalnik geodetske referenčne knjižnice FIG, kjer določimo pogoje iskanja in način, kako želimo imeti prikazane rezultate iskanja (vir: <https://www.fig.net/resources/databases/srl/search.asp>). Glede na naše izbire v vstopnem oknu se nam izpiše seznam rezultatov iskanja v zeleni obliki. Od tu naprej pa sledi hiter pregled rezultatov in izbira vsebin, ki nas podrobneje in konkretno zanimajo. Včasih bomo želeli takoj prebrati cel članek, včasih nam bo za začetek dovolj povzetek ali pa nas bo takoj zanimala PowerPointova predstavitev (če je izdelana), ki je običajno bolj slikovno bogata in primerna za hitro dojetje osnovnih informacij predstavljene teme.

4 KAJ PA ČE NE ZNAM ANGLEŠČINE?

Pogosto kdo reče, da mu viri informacij, ki so v angleščini ali drugih tujih jezikih, nič ne pomagajo, ker ne zna tujih jezikov. Ta izgovor že nekaj časa ni več upravičen. Spletni strojni prevajalniki, kot je Googlov (<https://translate.google.si/>) in nekateri drugi, so danes z uporabo tehnik umetne inteligence (angl. *artificial intelligence*) in globokega učenja (angl. *deep learning*) že tako napredovali, da je besedilo v tujem jeziku, ki ga prevedemo v slovenščino, že »znosno« berljivo in vsebinsko dovolj razumljivo. Le prehudo občutljivi ne smemo biti na kakšen vrstni red, sklone, vejice ipd. Podarjenemu konju se ne gleda v zobe, ampak se ga vpreže v delo, poleg tega se kakovost prevodov postopoma izboljšuje in z leti bo tovrstnih težav vse manj.

Torej, če ne znamo angleščine, lahko spletni prevajalnik uporabimo v obe smeri. Najprej vanj vnesemo slovenske ključne besede, ki nas zanimajo, in jih prevedemo v angleščino. Te ključne besede potem poiščemo in kliknemo v seznamu ključnih besed v vstopni strani iskalnika geodetske referenčne knjižnice FIG ali jih ročno vnesemo v pripravljena polja iskalnika. Ko dobimo rezultat iskanja, pa uporabimo obratni postopek in si prevedemo angleški naslov v slovenščino. Če ustreza kriterijem našega zanimanja, v naslednjih korakih s spletnim prevajalnikom prevedemo še vsebino povzetka ali članka.

Ena od možnosti je tudi, da poiščete kakovostne strokovne informacije vsaj na domačem vrtilčku, torej v slovenskem jeziku. Digitalna knjižnica Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (Digitalna knjižnica UL FGG, 2021) ponuja v obliki pdf-datotek obilje diplomskih in magistrskih nalog ter doktorskih disertacij in nekaterih drugih digitalnih publikacij iz zadnjih dveh desetletij. V iskalno polje (slika 3) je treba vnesti le ključne besede oziroma iskalni niz in v hipu se nam odpre seznam z rezultati. Potem pa smo samo še za en klik oddaljeni od vsebine izbranega dokumenta. Še to: v iskalniku nismo omejeni na FGG, temveč lahko iz spustnega seznama izberemo katerokoli fakulteto Univerze v Ljubljani.

Iskalni niz:	zemljiški kataster
Išči po:	FGG - Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo ▼
Opcije:	☐ Prikaži samo zadetke s polnim besedilom
Išči	

Slika 3: Vstopno polje iskalnika digitalne knjižnice Univerze v Ljubljani (vir: <https://www.fgg.uni-lj.si/digitalna-knjiznica/>).

5 ZAKLJUČEK

Leta 2006 sem v članku v tej reviji sanjal o Slovenski digitalni knjižnici geodezije GeoDiLib (Triglav, 2006). Sanje se v slovenskem okolju sicer uresničujejo postopoma in le po delih, a že ti uresničeni deli nam

geodetom ponujajo obilje kakovostnih informacij, ki nam lahko koristijo pri vsakdanjem delu. Možnost prostega dostopa do brezplačnih informacij vse premalo uporabljamo. Prepogosto zato po nepotrebnem vedno znova zgolj »odkrivamo toplo vodo«, namesto da bi koristno uporabili obstoječe vire informacij ter jih nadgradili s svojimi idejami in dosežki. Ta zapis je le skromen poskus v smeri spoznanja, da iskanje tujih in domačih virov obstoječega geodetskega znanja ni izguba časa, saj so obsežna strokovna znanja in dosežki, ki so opisani v zgoraj navedenih, vsem prosto dostopnih virih, v resnici oddaljeni le za nekaj klikov miške našega računalnika.

Literatura in viri:

Digitalna knjižnica UL FGG (2021). Digitalna knjižnica Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, <https://www.fgg.uni-lj.si/digitalna-knjiznica/> (dostop 15. 2. 2021).

FIG Library (2021). FIG Surveyors Reference Library, <https://www.fig.net/resources/>

[databases/srl/search.asp](https://databases.srl/search.asp) (dostop 15. 2. 2021).

Triglav, J. (2006). GeoDiLib – slovenska digitalna knjižnica geodezije. Geodetski vestnik, 50 (2), 337–345, http://www.geodetski-vestnik.com/50/2/gv50-2_337-345.pdf (dostop 15. 2. 2021).

dr. Joc Triglav, univ. dipl. inž. geod.

Območna geodetska uprava Murska Sobota

Murska Sobota, Lendavska ulica 18, SI-9000 Murska Sobota

e-naslov: joc.triglav@gov.si

PRAVNE SMERNICE ZA KOMASACIJE LEGAL GUIDE ON LAND CONSOLIDATION

Anka Lisec

Junija 2020 je Organizacija za prehrano in kmetijstvo Združenih narodov – FAO (angl. *Food and Agricultural Organization*) izdala pravne smernice za komasacije, ki se nanašajo predvsem na komasacije kmetijskih in drugih zemljišč na podeželju (Veršinskas in sod., 2020). Publikacija je rezultat mnogih dejavnosti za promocijo in razvoj sodobnih komasacij na mednarodni ravni, katerih namen je zagotavljanje boljših pogojev za kmetijsko pridelavo in s tem prehransko varnost ob hkratnem usklajevanju različnih interesov v prostoru, kot so pridobivanje zemljišč za infrastrukturne projekte, preurejanje zemljišč za izvajanje ukrepov okoljskih politik ipd.



Slika 1: Naslovnica Pravnih smernic za komasacije (Veršinskas in sod., 2020).

Geografsko so smernice namenjene predvsem evropskim in srednjeazijskim državam, kjer se je v preteklih desetletjih razvila neformalna mednarodna mreža javnih institucij, ki so zadolžene za komasacije v posameznih državah – LANDNET. Pri tem je treba poudariti, da so smernice zasnovane na ideji izmenjave dobrih praks in so namenjene tako državam z dolgo tradicijo komasacij kot državam z manj izkušnjami oziroma državam, ki še iščejo prve pravne in operativne rešitve za izvedbo sodobnih komasacij.

1 OZADJE POBUDE

Organizacija za prehrano in kmetijstvo Združenih narodov (FAO) se že od 50. let preteklega stoletja dejavno ukvarja z izzivi zemljiških preureditev z namenom zagotavljanja prehranske varnosti. Pristopi h komasacijam, s tem pa tudi priporočila za pravno ureditev in samo izvedbo, so se v tem dolgem obdobju spreminjali. Sprva ozko usmerjene komasacije v podporo intenzivnemu kmetijstvu so že v 70. in 80. letih preteklega stoletja začele postajati pomemben instrument smotrnega upravljanja zemljišč in prostorskega razvoja skladno s smernicami trajnostnega razvoja (Veršinskas in sod., 2020). Slednje smo takrat zaznali tudi v slovenskem prostoru (Prosen, 1993), a žal le v zelo omenjenem akademskem okolju.

Medtem ko so se na evropski ravni dejavnosti FAO v povojnem obdobju osredotočale predvsem na razvoj komasacij v zahodnoevropskih državah, je tematika kmalu postala zanimiva tudi v južni Evropi (na primer v Španiji, Grčiji in na Cipru). Veliko prelomnico je v 90. letih preteklega stoletja prinesla tranzicija vzhodnoevropskih držav iz nekdanjih družbeno-planskih v tržna gospodarstva. Strukturne reforme so med drugim vključevale obsežne zemljiške reforme, kjer smo se srečevali z velikimi izzivi na področju preurejanja kmetijskih zemljišč zaradi denacionalizacijskih procesov na eni strani in zaradi izredno razdrobljene zemljiške strukture kmetij, ki ni ustrezala sodobnim zahtevam kmetovanja, na drugi strani (Csaki in Lerman, 2000; Giovarelli in Bledsoe, 2001). Kot odgovor na te izzive je bila leta 2002 v okviru odmevnega simpozija, ki sta ga organizirala FAO in mednarodna zveza geodetov FIG, sprejeta Münchenska izjava o komasacijah (angl. *The Munich Statement on Land Consolidation*). Izjava je bila namenjena spodbujanju držav območja srednje in vzhodne Evrope, da v svoje institucionalne okvirje in prakso komasacije umestijo kot instrument celovitega urejanja podeželskega prostora (FAO in FIG, 2002; Prosen, 2002).

Z letom 2002 so se predvsem na pobudo *Regionalne pisarne za Evropo in Srednjo Azijo* FAO začeli bolj ciljno povezovati institucionalni deležniki, ki so v svojih državah pristojni za področje komasacij. V prvem obdobju delovanja te sicer neuradne pobude, ki je od leta 2010 poznana pod imenom LANDNET, so se teme delavnic, pilotnih projektov in publikacij nanašale na izzive komasacij v takratnih tranzicijskih državah (FAO, 2003, 2004 in 2008). Oblikovana priporočila, predvsem pa pilotni projekti ter redna srečanja predstavnikov vladnih in raziskovalnih institucij ciljnih držav, so močno vplivali na razvoj sodobnih komasacij v srednje- in vzhodnoevropskih državah – odvisno seveda od prizadevanj in razumevanja pomena komasacij v posamezni državi. Mnoge države žal tega potenciala (še) niso izkoristile, in čaka jih veliko dela – tako z vidika vzpostavitve institucionalnega okvirja kot z vidika usposabljanja ustreznega kadra in nato promoviranja komasacij preko dobrih praks (Hartvigsen, 2015, 2019).

V zadnjem desetletju je (ponovno) zaznati trend razvoja sodobnih komasacij kot celovitega instrumenta preurejanja ruralnega prostora v celotni Evropi. Demografske spremembe, okoljski izzivi s prilagajanjem rabe zemljišč podnebnim spremembam, vse več navzkrižnih interesov v (ruralnem) prostoru itd. zahtevajo tudi v državah z bogato tradicijo komasacij in na splošno z zelo urejenim sistemom zemljiške administra-

cije strukturne spremembe. Med pomembnejšimi mednarodnimi pobudami velja omeniti Smernice za odgovorno upravljanje ter urejanje pravic na zemljiščih, na ribolovnih območjih in v gozdovih z vidika zagotavljanja nacionalne prehranske varnosti VGGT (angl. *Voluntary guidelines on the responsible governance of tenure of land, fisheries and forests in the context of national food security*), ki so bile sprejete maja 2012 (FAO, 2012). V smernicah je posebej poudarjen pomen kakovostne javne zemljiške administracije, ki mora med drugim zagotavljati podporo kompleksnim zemljiškim preureditvam, kot so komasacije. Na podlagi navedenih smernic in upoštevajoč usmeritve dokumenta Spremenimo svet: Agenda za trajnostni razvoj do leta 2030 (angl. *Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development*; OZN, 2015) ter Nove urbane agende (angl. *New Urban Agenda – Quito Declaration on Sustainable Cities and Human Settlements for All*; OZN, 2016) je bila leta 2016 sprejeta *Apeldoornska deklaracija o komasacijah in preurejanju zemljišč za trajnostni razvoj*, o kateri smo že poročali (Lisec, 2017). V deklaraciji je med drugim poudarjeno, da lahko s komasacijami pripomoremo h kakovosti življenja in bivanjskih razmer na ruralnih in urbanih območjih, prispevamo h kakovosti in učinkovitosti infrastrukturnih projektov, izboljšamo razmere za pridelavo hrane in upravljanje drugih naravnih virov ter prispevamo k varovanju naravnega okolja. Še več, v razvitih državah so se komasacije izkazale kot ključen instrument za pridobivanje zemljišč v javno korist. Pomemben pogoj za uspešno izvajanje teh instrumentov je urejen pravni, institucionalni in izvedbeno-normativni okvir, je še zapisano v deklaraciji iz leta 2016.

Kot odgovor na navedene aktualne izzive upravljanja kmetijskih zemljišč je FAO leta 2014 začel izvajati regionalno pobudo (Evropa in Srednja Azija) za krepitev vloge malih kmetov in družinskih kmetij, usmerjeno v izboljšanje kakovost bivanja in zmanjšanje revščine na podeželju (angl. *Regional Initiative on Empowering Smallholders and Family Farms for Improved Rural Livelihood and Poverty Reduction*). V okviru te pobude deluje regionalni program za komasacije (angl. *Regional Land Consolidation Programme*), ki tesno sodeluje z več mednarodno prepoznavnimi institucijami, kot so Delovna skupina za zemljiško administracijo UNECE WPLA (angl. *Working Party on Land Administration*), Svetovna banka in mednarodna zveza geodetov FIG. Da bi prispevali k razvoju in uvajanju sodobnih komasacij, je skupina strokovnjakov pri FAO pripravila Pravne smernice za komasacije (Veršinskas in sod., 2020), ki smo jih recenzirali neodvisni strokovnjaki iz različnih evropskih držav. Tako so poskušali čim bolj nasloviti tudi lokalne posebnosti izzivov in praks na področju komasacij v posameznih državah ter s tem prispevati k višji uporabni vrednosti smernic.

2 VSEBINA SMERNIC

Pravne smernice za komasacije (Veršinskas in sod., 2020) obravnavajo komasacije kot učinkovit instrument upravljanja zemljišč, ki omogoča izboljšavo zemljiške in lastniške strukture kmetijskih gospodarstev, kar prispeva k učinkovitosti kmetijstva, koristi pa so prepoznane tako za kmetijska gospodarstva kot za družbo nasploh. Ker komasacije predvidevajo tudi možnost prenosa lastniške in drugih pravic na zemljiščih, se lahko instrument uporabi za pridobivanje zemljišč za posebne namene, ki niso kmetijske narave; taki primeri so pridobivanje zemljišč za gradnjo objektov javne gospodarske infrastrukture, za izvajanje okoljskih in naravovarstvenih ukrepov ipd. Ne glede na namen komasacij so izkušnje mnogih evropskih držav pokazale, da morajo imeti sodobne komasacije v prvi vrsti jasno zakonsko podlago in kakovostno podporo javnih služb, ki zahtevajo interdisciplinarne operativne skupine. Pri tem se ne izključuje zasebni sektor kot izvajalec (delov) postopkov. Toda javna služba mora predvsem v primerih, kjer ne gre za komasacije s popolnim soglasjem komasacijskih udeležencev, te koordinirati tudi vsebinsko in ne le postopkovno.

Komasacije naj bi bile, ne glede na zahtevan delež soglasij komasacijskih udeležencev, strogo pravno regulirane, sam postopek pa bi moral voditi pristojen organ javne uprave. Skupni cilj vseh komasacij je s celovitim parcelnim in lastniškim preurejanjem zemljišč prilagoditi zemljiško strukturo podeželskih območij na način, da se uskladijo interesi med vsemi nosilci pravic na komasacijskem območju, da se zmanjša zemljiška (parcelna) razdrobljenost kmetijskih gospodarstev, da se omogoči širitev dejavnih kmetij in/ali da se dosežejo drugi javni cilji na obravnavanem območju (Veršinkas in sod., 2020). Smernice obravnavajo različne oblike komasacij na podeželju (slika 2), s poudarkom na prostovoljnih komasacijah (angl. *voluntary land consolidation*), v Sloveniji poznanih tudi kot pogodbene komasacije, in na komasacijah z večinskim soglasjem (angl. *majority-based land consolidation*), pri nas poznanih kot upravnih komasacijah. Deloma se smernice dotikajo tudi obveznih komasacij (angl. *mandatory land consolidation*), ki pa jih ne priporočajo; teh tudi ne poznamo v slovenskem pravnem redu. Avtorji izrecno poudarjajo, da smernice ne obsegajo drugih oblik transakcij zemljišč, s katerimi je prav tako mogoče reševati izzive zemljiške razdrobljenosti kmetij (na primer prostovoljne menjave zemljišč) ali izzive pridobivanja zemljišč za javne namene (na primer razlastitve).

	Komasacije			Razlastitev
	Prostovoljne (pogodbene) <i>Voluntary</i>	Z večinskim soglasjem (upravne) <i>Majority-based</i>	Obvezne <i>Mandatory</i>	
Prostovoljna menjava <i>Voluntary exchange</i>				<i>Expropriation</i>
Regulirani in neregulirani postopki	Regulirani postopki	Regulirani postopki	Regulirani postopki	Uvedeni s strani države
	Odločitve so prostovoljne	Odločitve so sprejete na osnovi večinskega soglasja	Odločitve sprejme javni organ, brez možnosti glasovanja	Odločitve sprejme država, brez možnosti glasovanja
Brez koordinacije strokovnjakov za upravljanje zemljišč	Koordinirano s strani strokovnjakov za upravljanje zemljišč	Koordinirano s strani strokovnjakov za upravljanje zemljišč	Koordinirano s strani strokovnjakov za upravljanje zemljišč	
Zemljiške transakcije na trgu				Kompensacija (odškodnina)

Slika 2: Vrste komasacij, ki so zajete v Pravnih smernicah za komasacije (prevedeno po Veršinkas in sod., 2020).

Pravne smernice za komasacije so razmeroma obsežne, a pregleden dokument, kjer je vsebina predstavljena v enajstih vsebinsko povezanih poglavjih. Uvodnemu delu z motivom in ozadjem nastanka smernic sledi predstavitev praks v izbranih državah – tako v državah z bogato tradicijo komasacij kot v državah, ki so se še pred kratkim srečevale z izzivi tranzicije na tem področju, a so uspešno vključile sodobne komasacije v svoj pravni red, to so Danska, Finska, Nemčija, Litva, Nizozemska, Srbija, Španija (Galicija) in Turčija. Pri tem so posebej obravnavani vidiki participacije deležnikov, komasacije kot izvedbeni prostorski razvojni instrument v posamezni državi ter financiranje projektov.

Sledi sklop poglavij, ki obravnavajo cilje in načela sodobnih komasacij, deležnike komasacij ter vlogo javnih institucij pri samem načrtovanju in izvajanju komasacij. Posebno poglavje je namenjeno programu izvajanja komasacij oziroma študiji upravičenosti uvedbe komasacij kot pomembni fazi pred samo

izvedbo. Nekoliko obsežnejše poglavje je namenjeno izvedbenim fazam komasacije – od uradne odločitve o uvedbi komasacije, načrtovanja zemljiških preureditev, vrednotenja zemljišč do priprave in potrditve tako imenovanega komasacijskega načrta z novo parcelno in lastniško strukturo komasacijskega območja in vsemi prostorskimi ureditvami, načrtovanimi v okviru komasacij.

V sklepnem delu smernic so posebej obravnavani: (i) faza registracije novega stanja, (ii) faza spremljanja in ocenjevanja učinkov komasacij, (iii) pravna sredstva za deležnike komasacij ter (iv) priložnosti kombiniranja komasacij z aktivno zemljiško politiko zemljiških skladov. V zaključnem poglavju so komasacije predstavljene tudi z globalnega vidika, kjer so na kratko orisane pobude in izzivi komasacij v svetovnem merilu.

3 GLAVNE USMERITVE PRI OBLIKOVANJU ZAKONA ZA KOMASACIJE

Kot že omenjeno, je dokument razmeroma obsežen, a je lepo strukturiran in pregleden. Za vsak vsebinski sklop so pripravljena ključna priporočila v posebnih razdelkih publikacije, kot primer podajamo priporočila, ki se nanašajo splošno na zakon o komasacijah (preglednica 1) ter na financiranje komasacij (preglednica 2) iz drugega poglavja dokumenta. Pri tem uporabljamo neposredni prevod »zakon o komasacijah«, čeravno v Sloveniji to področje regulira več zakonov in bi bilo primerneje pisati »zakonodaja o komasacijah«. Posredno s tem nakazujemo na izziv, povezan z razpršenim in nepreglednim zakonskim okvirjem za komasacije v Sloveniji.

Preglednica 1: Primer priporočil: ključne lastnosti zakona o komasacijah (prevedeno po Veršinkas in sod., 2020).

✓	Ključna priporočila 2.1: Ključne lastnosti zakona o komasacijah (angl. <i>key features of land consolidation law</i>):
1.	Zakon o komasacijah bi moral upoštevati vse temeljne človekove pravice , ki izhajajo iz mednarodnih, nadnacionalnih in nacionalnih pravnih aktov in dokumentov.
2.	Zakon o komasacijah bi moral kar najbolj slediti smernicam trajnostnega razvoja in tako prispevati k doseganju ciljev trajnostnega razvoja, kot določa Agenda 2030 (OZN, 2015).
3.	Zakon o komasacijah bi moral biti skladen z načeli Smernic za odgovorno upravljanje ter urejanje pravic na zemljiščih, na ribolovnih območjih in v gozdovih z vidika zagotavljanja nacionalne prehranske varnosti VGGT (FAO, 2012) in še posebej z usmeritvami za komasacije , ki so del VGGT.
4.	Zakon o komasacijah bi moral zagotoviti ustrezno pravno varnost in omogočiti, da se zakonite pravice vseh deležnikov komasacije upoštevajo in spoštujejo.
5.	Zakon o komasacijah bi moral biti enostaven, celovit in vsebinsko uravnotežen , z izogibanjem prekomerni regulaciji. Dopolnjevati ga morajo izvedbeni predpisi (sekundarni pravni akti) in tehnična dokumentacija (kot so priporočila, navodila, priročniki in standardi), ki obravnava posamezne vidike komasacije.
6.	Regulativni okvir za komasacije bi moral biti razvit na temelju strateškega pristopa, usklajenega s splošnimi nacionalnimi in mednarodnimi razvojnimi cilji. Priporočljivo je sprejeti ločeno nacionalno strategijo za komasacije , kjer so opredeljeni strateški cilji komasacij za posamezno obdobje.
7.	Uvajanje instrumenta komasacij v državi zahteva tudi spremenbe pravnih aktov za področja, ki so tesno povezana s komasacijami , kot so regulacija zemljiškega trga, vrednotenje zemljišč, zavarovana območja, prostorsko načrtovanje, okoljska zakonodaja, obdavlčevanje, lastninska in druge stvarne pravice na nepremičninah, družinska in nasledstvena vprašanja ipd.
8.	Zakon o komasacijah bi moral spodbujati uporabo že poznanih pristopov v državi (prostovoljne komasacije, komasacije na podlagi večinskega odločanja ali oba pristopa).
9.	Če pravni sistem to omogoča, mora zakon o komasacijah opredeliti komasacije kot instrument v javnem interesu . To je še posebej pomembno pri komasacijah na podlagi večinskega odločanja.
10.	Postopek uvajanja komasacij v državi in priprave zakonskega okvirja bi moral vključevati posvetovanja s potencialnimi deležniki komasacij , kot so civilna družba in združenja, ki zastopajo interese lastnikov, kmetov, prebivalcev podeželja, naravovarstvenikov, okoljevarstvenikov ipd.

Preglednica 2: Primer priporočil: Financiranje komasacij (prevedeno po Veršinskas in sod., 2020)

✓	Ključna priporočila 2.2: Financiranje komasacij (angl. <i>funding of land consolidation</i>)
1.	Pravni akti, ki regulirajo financiranje nacionalnega programa za komasacije , bi morali predvideti sredstva za najmanj 2–5 let, tako da je mogoče zagotoviti sredstva za celoten potek projektov komasacij.
2.	Pravni akti, ki regulirajo financiranje nacionalnega programa za komasacije, bi morali zahtevati, da se izmed potencialnih projektov izberejo projekti na podlagi prednostnih nalog, opredeljenih v okviru splošnih ciljev nacionalnega programa za komasacije .
3.	Razen če družbeno-gospodarske razmere tega ne dovoljujejo, se priporoča, da se vsi stroški komasacij krijejo iz javnih sredstev , da bi tako spodbudili lastnike zemljišč k sodelovanju v projektih.
4.	Če je komasacijski projekt del velikega prostorskega projekta, kot je na primer izgradnja avtoceste, bi bilo treba zahtevati, da stroške komasacije krijejo tudi subjekti, zadolženi za investicijo .
5.	Pri večnamenskih komasacijah bi se morali stroški posameznih delov projekta financirati iz različnih virov , vključujoč sofinanciranje projektov s strani države, subjektov, ki so zadolženi za izvedbo infrastrukturnih projektov, ipd.
6.	Pravni akti, ki regulirajo financiranje projektov komasacij, bi morali omogočati morebitne prilagoditve proračuna posameznega projekta .

V nadaljevanju je naveden celoten seznam priporočil, ki so del pravnih smernic za komasacije in so v dokumentu podrobneje opredeljena, kot smo prikazali za primer priporočil v preglednicah 1 in 2 (Veršinskas in sod., 2020):

- Ključna priporočila 2.1: Ključne lastnosti zakona o komasacijah (angl. *key features of land consolidation law*);
- Ključna priporočila 2.2: Financiranje komasacij (angl. *funding of land consolidation*);
- Ključna priporočila 3.1: Cilji komasacij (angl. *objectives of land consolidation*);
- Ključna priporočila 3.2: Načela komasacij (angl. *principles of land consolidation*);
- Ključna priporočila 4.1: Javni in javno-zasebni subjekti (angl. *public and semi-public entities*);
- Ključna priporočila 4.2: Vloga storitev zasebnikov (angl. *private service providers*);
- Ključna priporočila 4.3: Nosilci pravic in drugi deležniki komasacij (angl. *right holders and other land consolidation stakeholders*);
- Ključna priporočila 4.4: Javna srečanja deležnikov in voljeni odbori (angl. *public meetings of stakeholders and elected collective bodies*);
- Ključna priporočila 5.1: Odločitev za začetek študije izvedljivosti projekta (angl. *decision to start a feasibility phase*);
- Ključna priporočila 5.2: Študija izvedljivosti projekta (angl. *feasibility study*);
- Ključna priporočila 6.1: Odločitev o začetku parcelnega preurejanja (angl. *decision to launch the re-allotment phase*);
- Ključna priporočila 6.2: Posvetovanje o parcelnem preurejanju in pogajanja (angl. *re-allotment planning consultations and negotiations*);
- Ključna priporočila 6.3: Preverjanje in registracija zakonitih lastninskih pravic (angl. *facilitation of the recognition and registration of legitimate ownership rights*);
- Ključna priporočila 6.4: Vrednotenje zemljišč (angl. *valuation of land*);
- Ključna priporočila 6.5: Načrtovanje nove razdelitve (angl. *re-allotment planning*);
- Ključna priporočila 6.6: Komasacijski načrt (angl. *the land consolidation plan*);

- Ključna priporočila 7.1: Izmera zemljišč (angl. *cadastral surveying*);
- Ključna priporočila 7.2: Registracija parcel in prenos posesti (angl. *registration of parcels and transfer of possession*);
- Ključna priporočila 7.3: Finančne poravnave (angl. *financial settlements*);
- Ključna priporočila 7.4: Izvedba infrastrukturnih in drugih del (angl. *implementation of infrastructure and other works*);
- Ključna priporočila 8.1: Spremljanje in ocenjevanje (angl. *monitoring and evaluation*);
- Ključna priporočila 9.1: Pravna sredstva (angl. *legal remedies*);
- Ključna priporočila 10.1: Komasacije in zemljiški skladi (angl. *combining land consolidation with land banking*).

Z vidika kakovostne zakonodaje je zelo pomembno priporočilo, da bi bilo treba v zakonu o komasacijah opredeliti široke cilje komasacij, ki odražajo trajnostni in večnamenski pristop, ob hkratnem upoštevanju posebnosti države. Cilji komasacije bi morali presegati ozke cilje odpravljanja zemljiške razdrobljenosti kmetij. Tako bi morali cilji, opredeljeni v zakonu, prinašati rešitve za kmetijske izzive in tudi druge ustrezne javne interese, ki so povezani z javno gospodarsko infrastrukturo, upravljanjem okolja in družbeno-gospodarskim razvojem. Posebej je poudarjeno, da mora biti zakon jasen, pregleden in ne preobsežen. To tudi pomeni, da bi morale biti na primer podrobne prednostne naloge komasacij opredeljene v izvedbenih operativnih predpisih in podobnih pravnih dokumentih ter ne v zakonu samem. Slednje je pomembno z vidika periodičnega posodabljanja podzakonskih predpisov brez zapletenih pravnih postopkov spreminjanja krovne zakonodaje.

5 IZZIVI ZA SLOVENIJO

V uvodnem delu omenjena mednarodna mreža institucij v okviru regionalne pobude FAO, katere začetki segajo v leto 2002, je veliko prispevala k napredku pri načrtovanju in izvajanju komasacij tudi v Sloveniji. Če so bile dejavnosti Slovenije v prvotnem obdobju delovanja te mreže zelo omejene, pa smo v zadnjem desetletju postali prepoznavna država z mnogimi izkušnjami na področju komasacij kmetijskih zemljišč. Te izkušnje so sicer predvsem rezultat dela mnogih entuziastov v zasebnem in javnem sektorju (Triglav, 2008; Triglav, 2013; Lisec, Prosen in Čeh, 2014; Novak, Ratek in Bovha, 2014; Triglav, 2014; Umbrecht in Krošelj, 2014; Triglav, 2019), ne pa sistemskih strukturnih rešitev. Tako smo v Sloveniji predvsem kot rezultat angažiranja posameznikov, ki so verjeli v komasacije, vendarle sledili smernicam sodobnih komasacij in že v programskem obdobju 2007–2013 v okviru programov razvoja podeželja pridobili vir financiranja za komasacije in spremljajoče ukrepe. Nekoliko spremenjene pogoje za financiranje komasacij kmetijskih zemljišč je prineslo programsko obdobje 2014–2020 (glej tudi Lisec in sod., 2013; Lisec in sod., 2015a).

V preteklem desetletju je ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano poskušalo pripraviti temelje za posodobitev zakonskega okvirja in najti rešitev za komasacije kot večnamenski instrument urejanja podeželskega prostora (Lisec in sod., 2011; Lisec in sod., 2015b), a zakonodaja, predvsem pa pravilniki, so še vedno zastareli. Opažanja iz prakse kažejo, da je treba sistematično pristopiti k oblikovanju institucionalnih rešitev za komasacije, ki bolj kot kadarkoli prej zahtevajo povezovanje javnih institucij. Sodobne komasacije – naj bodo to komasacije s pretežnimi kmetijskimi in gozdnimi zemljišči ali pa tako imenovane urbane komasacije – predvsem zahtevajo celovit zakonski okvir in osrednji javni organ, ki

bo vsebinsko in postopkovno zadolžen za načrtovanje in koordiniranje del pri komasacijah, pa tudi pri drugih kompleksnih zemljiških preureditvah, kot so nove izmere in nastavitev katastra.



Slika 3: Sodobno kmetijstvo s prilagoditvami na podnebne razmere, vključujoč protitočno zaščito in namakalne sisteme, zahteva skupaj z drugimi interesi v prostoru bolj sistematični pristop h komasacijam (Loka pri Zidanem Mostu, Posavje; foto: A. Lisec).

6 NAMESTO ZAKLJUČKA PREDLOG ZA RAZMISLEK

Medtem ko zahodnoevropske države vse bolj uporabljajo komasacije tudi kot instrument za izvajanje različnih okoljskih ukrepov in ukrepov prilagajanja rabe zemljišč podnebnim spremembam, se države z manj izkušnjami s komasacijami še vedno srečujejo z zelo temeljnimi težavami, kot so pomanjkanje ustreznih kadrov in izkušenj, slabe prakse uvajanja takih ukrepov in posledično velik odpor tako lastnikov zemljišč kot različnih sektorjev, šibka institucionalna podpora komasacijam ipd. Neverjetno je, da ravno države, ki se srečujejo na eni strani z neustrezno parcelno strukturo kmetij za sodobno kmetijsko pridelavo, na drugi strani pa s težavo slabe kakovosti katastrskih podatkov, nikakor ne prepoznajo komasacij kot naprednega instrumenta katastrskega in zemljiškega preurejanja, ki hkrati rešuje obe navedeni težavi. Zakaj imajo države, kot so Švedska, Nizozemska, Nemčija, Norveška, močne interdisciplinarne skupine strokovnjakov v okviru javne (geodetske) uprave za promocijo, načrtovanje in izvajanje komasacij, medtem ko se v državah z več izzivi na teh področjih nikakor ne najde volja, da bi sistemsko uredili področje?

Ta opažanja so bila pravzaprav glavni motiv za objavo tega prispevka. Vsekakor moramo verjeti, da Pravne smernice za komasacije FAO ne bodo le »en dokument«, ki bo ostal nekje v arhivu, ampak da s skupnimi močmi končno najdemo energijo in voljo za sistemsko ureditev komasacij v Sloveniji – ne le kmetijskih, ampak tudi tistih na urbanih območjih. Ob tej priložnosti, kot že večkrat do sedaj, pozivam geodetsko stroko in predvsem Geodetsko upravo Republike Slovenije, da izkoristimo to izjemno priložnost, ki med drugim ponuja konkretne rešitve za izboljšavo sistema zemljiške administracije (katastra).

Hkrati bi se (ponovno) okrepila vloga geodetske službe in geodetske stroke na sploh v družbi – tako na državni, regionalni kot lokalni ravni. Navsezadnje je ta vloga državne geodetske službe v Sloveniji predvidena že v zasnovi Strategije javne geodetske službe v Sloveniji do 2025 (Lisec in sod., 2018). In leto 2025 se zelo hitro približuje ...

Viri in literatura:

- Csaki, C., Lerman, Z. (2000). Structural Change in the Farming Sectors in Central and Eastern Europe, Lessons for EU Accession. 2nd WB/FAO Workshop, 27.–29. junij 1999, 245 str.
- FAO (2003). The design of land consolidation pilot projects in Central and Eastern Europe. FAO Land Tenure Studies 6. Rim: FAO. <http://www.fao.org/3/Y4954E/Y4954E.pdf>, pridobljeno 15. 2. 2021.
- FAO (2004). Operations manual for land consolidation pilot projects in Central and Eastern Europe. FAO Land Tenure Manuals no. 1. Rim: FAO. http://www.fao.org/nr/lten/abst/iten_071001_en.htm, pridobljeno 15. 2. 2021.
- FAO (2008). Opportunities to mainstream land consolidation in rural development programmes of the European Union. FAO Land Tenure Policy Series 2. Rim: FAO. <http://www.fao.org/3/i0091e/i0091e00.htm>, pridobljeno 15. 2. 2021.
- FAO (2012). Voluntary guidelines on the responsible governance of tenure of land, fisheries and forests in the context of national food security. Rim: Organizacija združenih narodov, Organizacija za prehrano in kmetijstvo. www.fao.org/nr/tenure/voluntary-guidelines/en, pridobljeno 15. 2. 2021.
- FAO, FIG (2002). Land Fragmentation and Land Consolidation in CEEC: A gate towards sustainable rural development in the new millennium. 25.–28. februar 2002, München: FAO, FIG (The Munich Statement on Land Consolidation).
- Giovarelli, R., Bledsoe, D. (2001). Land Reform in Eastern Europe – Western CIS, Transcaucuses, Balkans, and EU Accession Countries. FAO, Seattle, Washington: Rural Development Institute: 114 str.
- Hartvigsen, M. (2015). Land Reform and Land Consolidation in Central and Eastern Europe After 1989: Experiences and Perspectives. Doktorska disertacija. Aalborg: Univerza v Aalborgu. https://vbn.aau.dk/ws/files/316449007/Morten_B._Hartvigsen_EPUB.pdf, pridobljeno 15. 2. 2021.
- Hartvigsen, M. (2019). FAO support to land consolidation in Europe and Central Asia from 2002–2018, Experiences and way forward. FAO Land Tenure Journal, 1. <http://www.fao.org/3/CA3184EN/ca3184en.pdf>, pridobljeno 15. 2. 2021.
- Lisec, A. (2017). Apeldoomska deklaracija o komasacijah in preurejanju zemljišč za trajnostni razvoj. Geodetski vestnik, 61 (1), 132–135. http://www.geodetski-vestnik.com/61/1/gv61-1_lisec2.pdf, pridobljeno 15. 2. 2021.
- Lisec, A., Čeh, M., Stopar, B., Krivic, M., Tekavec, J., Trobec, B. (2018). Izdelava akcijskega načrta za izvedbo in spremljanje strateških projektov. Končno poročilo s Strategijo javne geodetske službe 2025. Naročnik: Geodetska uprava RS. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Lisec, A., Ferlan, M., Trobec, B., Primožič, T., Umbrecht, B., Bovha, D. (2015a). Izvedba agromelioracij na komasacijskih območjih v okviru programa razvoja podeželja Republike Slovenije 2014–2020. Informacijska zloženska. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. <https://www.program-podezelja.si/sl/knjiznica/33-izvedba-agromelioracij-na-komasacijskih-obmocjih-v-okviru-programa-razvoja-podezelja-republike-slovenije-2014-2020/file>, pridobljeno 15. 2. 2021.
- Lisec, A., Pinter, M., Bovha, D., Ferlan, M., Šumrada, R., Drobne, S., Zavodnik Lamovšek, A., Foški, M., Prosen, A., Prus, T., Grčman, H., Recko Novak, P., Čeh, M., Trobec, B. (2011). Komasačije in celovito urejanje podeželskega prostora. Končno poročilo, CRP »Konkurenčnost Slovenije 2006–2013« v letu 2010, raziskovalni projekt št. V4-1057. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo in Biotehniška fakulteta; Celje: Geodetski zavod Celje, 150 str.
- Lisec, A., Pinter, M., Bovha, D., Golobič, M., Cvejič, R., Penko Seidl, N., Ferlan, M., Recko Novak, P., Jevšnik, D., Čater, L., Gnilšek, J., Prus, T., Grčman, H., Perpar, A., Udovč, A., Zavodnik Lamovšek, A., Foški, M., Šumrada, R., Drobne, S., Čeh, M., Trobec, B. (2015b). Študija možnosti izvajanja zemljiških operacij na zavarovanih in varovanih območjih. Končno poročilo, CRP »Zagotovimo si hrano za jutri« v letu 2014. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo in Biotehniška fakulteta; Celje: Geodetski zavod Celje, 165 str.
- Lisec, A., Primožič, T., Pinter, M., Bovha, D., Ferlan, M., Prosen, A., Šumrada, R., Čeh, M., Drobne, S. (2013). Analiza stanja in izzivi na področju komasacij kmetijskih zemljišč v Sloveniji. Geodetski vestnik 57 (4), 673–690. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2013.04.673-690>
- Lisec, A., Prosen, A., Čeh, M. (2014). Preurejanje zemljišč kot izziv. Zbornik posveta 42. geodetskega dne. Ljubljana: Zveza geodetov Slovenije in Ljubljansko geodetsko društvo, 120 str. http://issuu.com/mfoski/docs/zbornik_pdf/1, pridobljeno 15. 2. 2021.
- Novak, P., Ratek, E., Bovha, D. (2014). Komasačije – izkušnje in izzivi na ruralnih in urbanih območjih. V A. Lisec (ur.), A. Prosen (ur.), M. Čeh (ur.). Preurejanje zemljišč kot izziv. Zbornik posveta 42. geodetskega dne. Ljubljana: Zveza geodetov Slovenije in Ljubljansko geodetsko društvo (str. 105–113). http://issuu.com/mfoski/docs/zbornik_pdf/1, pridobljeno 15. 2. 2021.
- OZN (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. OZN. <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>, pridobljeno 15. 2. 2021.
- OZN (2016). New Urban Agenda. OZN. <https://habitat3.org/the-new-urban-agenda>, pridobljeno 15. 2. 2021.
- Primožič, T., Lisec, A. (2015). Komasačije in druge zemljiške operacije v Programu razvoja podeželja Slovenije 2014–2020. Geodetski vestnik, 59 (4), 814–822. http://www.geodetski-vestnik.com/59/4/gv59-4_primoiz.pdf, pridobljeno 15. 2. 2021.
- Prosen, A. (1993). Sonaravno urejanje podeželskega prostora. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo: 180 str.
- Prosen, A. (2002). Münchenska izjava o komasaciji kot orodje za razvoj podeželja v državah srednje in vzhodne Evrope ter v Skupnosti neodvisnih držav (prevod), Geodetski vestnik, 46 (1-2), 145–149.

- Prosen, A. (2003). Stanje in perspektive izvajanja komasacij kmetijskih zemljišč v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 47 (1–2), 64–74. http://www.geodetski-vestnik.com/47/12/gv47-1_064-074.pdf, pridobljeno 15. 2. 2021.
- Triglav, J. (2008). Komasacije zemljišč ob gradnji infrastrukturnih objektov v Prekmurju. *Geodetski vestnik*, 52 (4), 795–811. http://www.geodetski-vestnik.com/52/4/gv52-4_795-811.pdf, pridobljeno 15. 2. 2021.
- Triglav, J. (2013). Koordinatni kataster Prekmurju in digitalni katastrski načrti. *Geodetski vestnik*, 57 (3), 600–612. http://www.geodetski-vestnik.com/cms/images/57/3/gv57-3_mnenja1.pdf, pridobljeno 15. 2. 2021.
- Triglav, J. (2014). Komasacije kot prostorska in lastninskoppravna metla. V A. Lisec (ur.), A. Prosen (ur.), M. Čeh (ur). *Preurejanje zemljišč kot izziv*. Zbornik posveta 42. geodetskega dne. Ljubljana: Zveza geodetov Slovenije in Ljubljansko geodetsko društvo (str. 81–90). http://issuu.com/mfoski/docs/zbornik_pdf/1, pridobljeno 15. 2. 2021.
- Triglav, J. (2019). Katastrski digitalni arhiv na krožniku. *Geodetski vestnik*, 63 (4), 568–578. http://www.geodetski-vestnik.com/63/4/gv63-4_triglav.pdf, pridobljeno 15. 2. 2021.
- Umbrecht, B., Krošelj, M. (2014). Preurejanje kmetijskih zemljišč pri večjih posegih v prostor – izkušnje Občine Krško. V A. Lisec (ur.), A. Prosen (ur.), M. Čeh (ur). *Preurejanje zemljišč kot izziv*. Zbornik posveta 42. geodetskega dne. Ljubljana: Zveza geodetov Slovenije in Ljubljansko geodetsko društvo (str. 69–80). http://issuu.com/mfoski/docs/zbornik_pdf/1, pridobljeno 15. 2. 2021.
- Veršinskas, T., Vidar, M., Hartvigsen, M., Mitic Arsova, K., van Holst, F., Gorgan, M. (2020). Legal guide on land consolidation. Based on regulatory practices in Europe. *FAO Legal Guide*, No. 3. Rim: FAO. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca9520en>

izr. prof. dr. Anka Lisec, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: anka.lisec@fgg.uni-lj.si

AKTIVNI GEOPODATKI GEODATA IN ACTION

Andreja Švab Lenarčič

1 UVOD

V teh časih, ko se v glavnem zadržujemo doma, večinoma več kuhamo. Uporabljamo različne sestavine, različne recepture. Iz sestavin, ki jih imamo na voljo, nam običajno uspe narediti kakšno dobro jed. Več sestavin kot imamo, več možnosti je za eksperimentiranje. Za primer vzemimo tri osnovne sestavine: moko, mleko in jajca (slika 1). Z njihovimi različnimi kombinacijami lahko naredimo testo, omleto, testenine in palačinke. Skupaj z drugimi sestavinami pa še množico drugih jedi. Sestavine lahko mešamo ročno, lahko si pomagamo z različnimi elektronskimi aparati, ki prevzamejo manjši del ali pa celotno pripravo jedi. Če imamo vse sestavine in so le-te tudi kakovostne, je pripravljena jed pri vsaj povprečnem kuharju dobra. Težave nastanejo, če so sestavine pokvarjene ali pa jih sploh nimamo. Velika škoda bi bila tudi, če bi imeli doma kakovostno osnovno sestavino, a je ne bi uporabili v nobeni jedi. Kar pa se zgodi res redko, tako rekoč nikoli.



Slika 1: Moka, mleko in jajca kot prispodoba za prostorske podatke (vir: Freepik, 2021).

Ta prispevek seveda ni namenjen kuhanju. Sestavine so prispodoba za različne podatke, pri čemer so prostorski podatki osnovna sestavina tako rekoč vseh prostorskih analiz in prikazov. V nasprotju z osnovnimi prehrabnimi sestavinami pa se prostorski podatki žal ne uporabljajo tako množično, kot bi se lahko. Zato so v nadaljevanju prispevka predlagani različni načini deljenja podatkov z javnostjo, predstavljene so koristi razširjanja podatkov in informacij, podan je nabor aplikacij za vizualizacijo podatkov ter praktični primer interaktivne spletne zgodbe, ki smo jo zelo enostavno izdelali z brezplačno spletno aplikacijo.

2 KAKOVOSTNIH PODATKOV ŽELJNE APLIKACIJE

Obstajajo številne aplikacije za obdelavo raznovrstnih podatkov. Tudi prostorskih podatkov. Samostojno ali v kombinaciji z drugimi podatki. Podatke lahko obdelujemo z množico različnih metod, tehnik in modelov. Od najpreprostejših do zelo kompleksnih in računalniško zahtevnih. Z analizo in obdelavo podatkov lahko tako dobimo zelo veliko različnih rezultatov, sklepov, kart, tabel, grafov ... za zelo različne tematike. Da bi nam podatki lahko kar najbolj koristili, je veliko aplikacij spletnih in tako poenostavljenih, da jih lahko v svoj prid uporabi tako rekoč vsak, ki ima povprečno zmogljivo programsko opremo. Pri tem ne potrebuje specifične programske opreme in mu, pomembno, ni treba obvladati uporabljenih algoritmov. Je pa seveda priporočljivo, da postopek vsaj deloma razume.

Aplikacije torej so, prav tako uporabniki. Kaj pa podatki, »osnovne sestavine«? Glede podatkov bi v tem prispevku rada izpostavila dve težavi, na kateri lahko naletimo.

1. Podatki niso kakovostni.

2. Podatkov nimamo:

- podatki ne obstajajo,
- podatki obstajajo, vendar zanje ne vemo,
- podatki obstajajo in zanje vemo, vendar jih ne moremo oziroma jih je prezahtevno uporabiti.

Glede programiranja, analize podatkov in njihove kakovosti sem zasledila nekaj mesecev staro objavo, ki jo je na Twitterju »čivknil« Ben Hamner (Hamner, 2020). Zapisal je: »Programiranje: 10 % pisanje kode, 90 % ugotavljanje, zakaj koda ne deluje. Analiziranje podatkov in strojno učenje: 1 % pisanje kode, 9 % ugotavljanje, zakaj koda ne deluje, 90 % ugotavljanje, kaj je narobe s podatki.« Izjava ima skoraj deset tisoč všečkov in blizu dva tisoč komentarjev drugih programerjev, ki jo potrjujejo. Številke so verjetno namensko pretirane, a dejstvo je, da so kakovostni podatki bistvenega pomena za njihovo dobro analizo ter pridobitev zanesljivih in uporabnih rezultatov.

Poleg tega Shafei (2020) pri svojem razglabljanju, kako pomembna je kakovost podatkov, zapisuje, da so orodja za strojno obdelavo povsem neuporabna, če so podatki slabi. Velja rek: smeti noter, smeti ven. Navaja, da imajo analitiki le redko takšno srečo, da dobijo čiste in pripravljene nabore podatkov. Iz zanesljivih virov povzema, da slabi podatki povzročajo velike stroške. Odgovorni naj bi bili za neuspeh 40 % vseh poslovnih pobud, za 20 % naj bi zniževali produktivnost dela. Sedaj verjetno mislite, da s temi navedbami namigujem na slabo kakovost prostorskih podatkov. Vendar ne. Ravno nasprotno! Na Geodetski upravi Republike Slovenije leta in desetletja zajemamo in na zelo visoki kakovostni ravni vzdržujemo različne prostorske podatke. To je ena naših osnovnih dejavnosti. Za podatke sistemsko dnevno skrbi veliko ljudi. In naši podatki so čudovita osnova, h kateri lahko dodamo veliko množico drugih podatkov: zdravstvenih, zgodovinskih, ekonomskih, naravovarstvenih ... samo nebo je meja. Res je sicer, da vzdrževanje kakovostnih podatkov ni tako vznemirljivo kot treniranje modela strojnega učenja, a se moramo zavedati, da opravljamo najpomembnejši del vsake analize.

Na voljo je torej množica zelo kakovostnih prostorskih podatkov. Na njihovi podlagi je mogoče opravljati analize. Kako pa je s prepoznavnostjo podatkov? Ali različni uporabniki vedo zanje? Se podatki uporabljajo? Brez dvoma se in so eden od osnovnih postulatov za normalno delovanje države. Uporabljajo se za odločanje v upravnih zadevah, uporabljajo jih državni organi in lokalne skupnosti. Služijo davčnemu in pravnemu namenu, so temelj za načrtovanje posegov v prostor, načrtovanje in udejanjenje različnih

ukrepov zemljiške politike ter nadzor nad izvajanjem pravic, omejitev in obveznosti na zemljiščih. Čeprav obstajajo primeri učinkovite uporabe podatkov geodetskih evidenc tudi v drugih gospodarskih in negospodarskih dejavnostih, žal ta uporaba ni tako množična, kot bi lahko bila. Tovrstni podatki so namreč osnovni element v geografskih informacijskih sistemih, ti pa so močno orodje za odločanje v katerem koli podjetju ali panogi.

Tate (2021) na kratko opisuje dvajset najpogostejših področij uporabe prostorskih podatkov pri poslovanju in v vsakdanjem življenju. Navaja: kartiranje (vizualno interpretacijo), telekomunikacijske in omrežne storitve, analize prometnih nesreč in žarišč, urbanistično načrtovanje, načrtovanje prevoza, analizo vplivov na okolje, kmetijske aplikacije, obvladovanje in ublažitev naravnih nesreč, navigacijo, oceno škode poplav, upravljanje naravnih virov, bančništvo, obdavčitev, geologijo, upravljanje in vzdrževanje premoženja, načrtovanje in razvoj skupnosti, mlečno industrijo, upravljanje namakalnih voda ter zatiranje škodljivcev. Dodamo lahko družboslovne aplikacije (kartiranje kriminala, razumevanje prostorskih neenakosti ...), kulturno in naravno dediščino, zdravstvo, šolstvo, trgovske in storitvene dejavnosti, turizem, industrijo, gozdarstvo, energetiko, navidežno resničnost in še in še.

Kako in koliko bo posamezen uporabnik uporabil prostorske podatke, je odvisno od njega samega. Mi (GURS) pa lahko vplivamo na to, da bo informiran o podatkih geodetskih evidenc, da mu bodo enostavno dosegljive in da bodo na voljo v obliki, v kateri jih bo zlahka uporabil.

Od prej navedenih aplikacij, ki so željne podatkov, je množica takšnih, ki so namenjene vizualizaciji. Podatke geodetskih evidenc lahko z njimi obogatimo in za njihovo takojšnjo informativnost. To omogočajo različni prikazi, tabele, spletne aplikacije ali povzetki. Zakaj bi to storili? Podatki, objavljeni na spletu, so namenjeni informiranju drugih o njihovi vsebini. Toda samo objavljane podatkovnih nizov za prenos ali dostop prek uporabniškega vmesnika bremeni uporabnike, da jih interpretirajo sami. Splet ponuja veliko priložnosti za predstavitev podatkov na načine, ki uporabnikom omogočajo učenje in raziskovanje, ne da bi morali ustvarjati ali uporabljati svoja orodja. Kakšni so predvideni rezultati? V komplementarnih predstavitvah so podatki predstavljeni na način, ki je zlahka razumljiv, s čimer (človeškim) uporabnikom omogočajo takojšen vpogled v podatke.

Kakšni so pristopi k implementaciji? Zelo preprost način za takojšen vpogled je objava analitičnega povzetka na strani HTML. Vključitev povzetkov podatkov v grafe ali tabele lahko uporabnikom pomaga preleteti povzetek in hitro razumeti pomen podatkov. Če imamo namen ustvariti interaktivne vizualizacije ali spletne aplikacije, ki uporabljajo podatke, lahko uporabnikom svojih podatkov omogočimo, da jih bolje razumejo in v njih odkrijejo vzorce. Ti pristopi dokazujejo tudi njihovo primernost za obdelavo in spodbujajo ponovno uporabo.

Obstaja precej vizualizacijskih orodij, tudi brezplačnih. Najboljša so med drugimi povzeli PAT Research (2021), Chapman (2020), Sychyk (2019) in Rist (2018). Navedimo samo nekatere: Tableau, Someka heat maps, Infogram, Roambi, Qlik, Google Charts, FusionCharts, Zoho Analytics, Grafana, Sigmajs, Infogram, Sisence, Google Data Studio, OpenHeatMap, Leaflet, Datawrapper, ChartBuilder, Open Refine, Information is Beautiful, ChartBlocks, Polymaps, InstantAtlas, QGIS. Od navedenih programov ne omogočajo vsi vizualne predstavitve interaktivnih kart, zato dodajam še: Google Maps Platform (Google, 2021), HERE (HERE, 2021), Flourish (Flourish, 2021), Carto (Carto, 2021) in ArcGIS Online (Esri, 2021a).

3 ZGODBA O KOMASACIJAH

Aplikacijam za vizualizacijo podatkov smo namenili veliko besed. A predstavo o njih bomo izostrili, če od teorije preidemo k praksi. Zato je v tem poglavju predstavljen primer vizualizacije območij komasacij v GP Murska Sobota. Na slikah 2, 3 in 4 so prikazane zgolj slike zaslona spletne zgodbe. Za polno doživetje se povežite na <https://www.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=71d175cf0e9b4d-04bfe910ef8b6cbf62>.

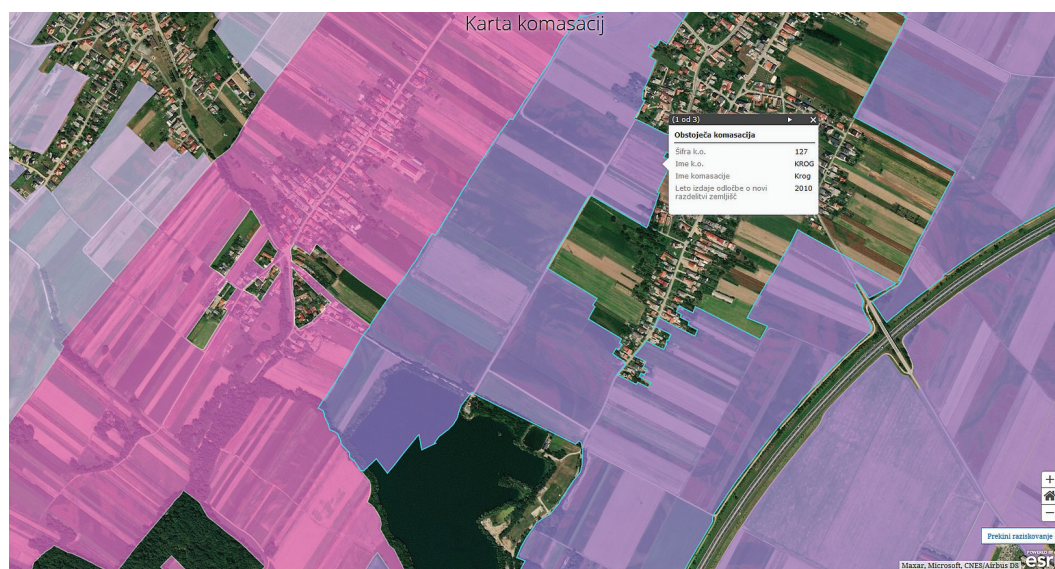


Slika 2: Izsek iz spletne zgodbe Komasacija – naslov.

Izdelavo zgodbe smo začeli s spletno aplikacijo ArcGIS Online (Esri, 2021a), s katero smo izdelali interaktivno karto. Gre za uporabnikom zelo prijazno spletno aplikacijo. Omogoča ustvarjanje interaktivnih kart, ki spodbujajo sodelovanje. Izbiramo lahko med mnogimi topografskimi podlagami, dodamo svoje ali druge podatke, podatkom dodamo kontekst in jih prikažemo z različnimi načini vizualizacije. Uporabljamo lahko intuitivna orodja za analizo. Omogočeno je dodajanje preglednic, slik, geolociranih datotek. Karto lahko delimo zasebno s svojimi skupinami ali javno z vsemi. Aplikacija je za nekomercialno rabo in z nekaterimi omejitvami brezplačna, zato se z njo kar pogumno poigrajte. Najdete jo na povezavi: <https://www.arcgis.com/index.html>.

Izdelano karto smo potem uporabili v spletni aplikaciji ArcGIS StoryMaps (Esri, 2021b), s katero smo jo nadgradili v zgodbo. Z zgodbo lahko zelo enostavno informiramo in navdihnemo ciljno občinstvo. Zgodba lahko vpliva na spremembe, vpliva na mnenje in ustvarja zavest. In karte so sestavni del pripovedovanja zgodb. Naši pripovedi dajo močnejši občutek kraja, ponazarjajo prostorske odnose ter dodajajo vizualno privlačnost in verodostojnost našim idejam. Poleg karte lahko v zgodbo, izdelano z ArcGIS StoryMaps, dodamo poljubno besedilo, fotografije, videoposnetke, tudi glasbo. Za slednje je na voljo bogata knjižnica avtorsko nezaščitenih elementov, kar izdelavo zgodbe dodatno olajša. Interaktivno zgodbo lahko enostavno objavimo in delimo z drugimi v svoji skupini ali s širšo javnostjo. Če vas je zamikalo

ustvariti svojo zgodbo, jo lahko izdelate na povezavi: <https://storymaps.arcgis.com/>. Mi smo karto in zgodbo izdelali v brezplačni različici. Pri plačilu zgolj 100 USD/leto pa bi lahko uporabili še vse dodatne funkcionalnosti. Vsebino za zgodbo smo povzeli iz člankov Triglava (2006 in 2008).



Slika 3: Izsek iz spletne zgodbe Komasacija – primer prikaza interaktivne karte v večjem merilu.



Slika 4: Izsek iz spletne zgodbe Komasacija – primer prikaza dela vsebine in interaktivne karte v manjšem merilu.

Podobno (na voljo je veliko različnih predlog) lahko prikažemo katerekoli druge podatke, na primer vse podatke, ki jih brezplačno ponuja geodetska uprava. S spletno geozgodbo bi bilo smiselno predstaviti tudi ključne vsebine in rezultate raziskovalnih nalog. V primerjavi z obsežnimi pisnimi poročili izvajalcev

so zgodbe primernejše orodje za hitro in nazorno seznanitev strokovne in splošne javnosti. Z zgodbami bi povečali odmevnost in izboljšali javno podobo geodetske službe.

4 NAJBOLJŠE PRAKSE SPLETNIH PODATKOV

Pri razmišljanju, da je treba podatke geodetskih evidenc predstaviti javnosti z vizualizacijskimi orodji, še zdaleč nisem sama. Takšen način prikaza je namreč ena izmed najboljših praks, ki pomagajo podpirati samozadosten ekosistem podatkov. Sistem, v katerem uporabniki (ljudje in računalniki) čim lažje odkrijejo, razumejo in uporabijo podatke, proizvajalec podatkov pa lahko na podlagi povratnih informacij podatke in njihovo pripravo izboljša. O kakšnih najboljših praksah je govor?

Proizvajalci podatkov se vse bolj zavedajo, da je podatke, v pripravo katerih so vložili trud, smiselno dati v uporabo različnim skupinam uporabnikov, s čimer se bo povečalo število koristnih informacij, ki temeljijo na teh podatkih. Zato je v zadnjih letih zaznati veliko povečanje spletnih objav in izmenjave podatkov: rast spletne izmenjave odprtih podatkov s strani vlad po vsem svetu, vse pogostejše spletno objavljane raziskovalnih podatkov, zbiranje, analizo in spletno objavljane podatkov socialnih medijev, množično zunanje pridobivanje informacij (angl. *crowdsourcing*), vse večjo prisotnost pomembnih zbirk na spletu (na primer kulturne dediščine) in trajno rast v oblaku povezanih odprtih podatkov. Ta množica spletnih podatkov žal s sabo prinaša tudi slogovne nedoslednosti in marsikdaj ne izkorišča celotnega potenciala odprte spletne platforme, da poveže eno dejstvo z drugim, odkrije sorodne vire in ustvari interaktivne vizualizacije. Izkazala se je temeljna potreba po skupnem razumevanju med proizvajalci in uporabniki podatkov. Brez takšnega sporazuma so lahko prizadevanja proizvajalcev nezdružljiva z željami uporabnikov. Odprtost in prilagodljivost spleta torej ustvarjata nove izzive tako za proizvajalce kot uporabnike podatkov. V tem kontekstu je torej ključno zagotoviti smernice, ki bodo izboljšale doslednost pri upravljanju podatkov. Smernice, ki bi pomagale premagati različne izzive, spodbujale ponovno uporabo podatkov in zaupanje v podatke med uporabniki ter povečale potencial za inovacije.

Zato je za spodbujanje nadaljnje širitve spleta kot medija za izmenjavo podatkov Konzorcij za svetovni splet (*World Wide Web Consortium* – W3C) – mednarodna skupnost, ki razvija odprte standarde za zagotavljanje dolgoročne rasti spleta – v začetku leta 2017 napisal seznam petintridesetih najboljših praks glede podatkov na spletu. Vsaka od teh praks pripomore k vsaj eni izmed v nadaljevanju navedenih koristi, ki predstavljajo izboljšavo v smislu dostopnosti na spletu.

1. RAZUMEVANJE: ljudje bodo bolje razumeli strukturo podatkov, pomen podatkov, metapodatkov in naravo podatkov.
2. ZMOŽNOST PROCESNE OBDELAVE: računalniki bodo sposobni samodejno obdelati in upravljati podatke v naboru podatkov.
3. ODKRIVNOST: računalniki bodo sposobni samodejno odkriti nabor podatkov ali podatke v naboru podatkov.
4. PONOVRNA UPORABA: povečale se bodo priložnosti za različne skupine uporabnikov, da ponovno uporabijo nabor podatkov.
5. ZAUPANJE: okrepilo se bo zaupanje uporabnikov v nabor podatkov.
6. POVEZLJIVOST: omogočeno bo ustvarjanje povezav med različnimi podatkovnimi viri.
7. DOSTOP: ljudem in računalnikom bo omogočen dostop do ažurnih podatkov v različnih oblikah.
8. MEDOPRAVILNOST: lažje bo doseči soglasje med proizvajalci in uporabniki.

Naj zaradi boljše vsebinske ponazoritve nekaj praks tudi navedem: zagotovite metapodatke (opisne in strukturne); zagotovite informacije o licenci podatkov, o izvoru in kakovosti podatkov, o različici podatkov; uporabite statične URI-identifikatorje podatkov; uporabite strojno berljive standardizirane formate podatkov; zagotovite podatke v več formatih; zagotovite prenos velikega obsega podatkov; zagotovite dostop v realnem času; zagotovite razlago za podatke, ki niso dostopni; omogočite dostopnost podatkov prek vmesnika uporabniškega programa; zberite povratne informacije od uporabnikov podatkov idr.

V prejšnjem poglavju prikazana vizualizacija podatkov komasacije je primer prakse, navedene pod številko 32: zagotovite dopolnilne predstavitve.

Obstoj najboljših praks ter izkušnje številnih proizvajalcev in uporabnikov nas lahko dodatno spodbudijo k odločitvi za večjo prepoznavnost podatkov geodetskih evidenc.

5 SKLEP

Omogočimo podatkom, da postanejo živi, aktivni, uporabljeni, delujoči. Naredimo korak proti podatkom, ki ne bodo zgolj omogočili videti kje, temveč razumeti zakaj. Dolgo smo za podatke delali mi. Čas je, da začnejo tudi podatki aktivneje delati za nas. Omogočimo različnim »kuharjem« dostop do »osnovnih sestavin« in uživajmo v »vrhunskih palačinkah« (slika 5).



Slika 5: Vrhunske palačinke (Busy Business, 2021) kot prispevka za nadgrajeno uporabo prostorskih podatkov.

Literatura in viri:

- Busy Business (2021). Pancake with blueberry and blackberry ice cream. https://miro.medium.com/max/700/1*xEAt76hP1jPbFtmilzj3Pw.jpeg, pridobljeno 10. 2. 2021.
- Carto (2021). Carto. <https://carto.com/>, pridobljeno 5. 2. 2021.
- Chapman, C. (2020). A complete overview of the best data visualization tools. <https://www.toptal.com/designers/data-visualization/data-visualization-tools>, pridobljeno 15. 2. 2021.
- Esri (2021a). ArcGIS Online. <https://www.arcgis.com/index.html>, pridobljeno 8. 2. 2021.
- Esri (2021b). ArcGIS StoryMaps. <https://storymaps.arcgis.com/>, pridobljeno 8. 2. 2021.
- Flourish (2021). Flourish. <https://flourish.studio/>, pridobljeno 5. 2. 2021.
- Freepik (2021). Kitchen photo created by azerbaijan stockers. https://www.freepik.com/free-photo/bowl-flour-eggs-milk-marble-table_11943267.htm, pridobljeno 10. 2. 2021.
- Google (2021). Google Maps Platform. <https://cloud.google.com/maps-platform>, pridobljeno 5. 2. 2021.
- Hamner (2020). Twitter, objava avtorja Ben Hamner, dne 9. 10. 2020. <https://twitter.com>, pridobljeno 8. 2. 2021.
- HERE (2021). HERE Studio. <https://www.here.com/platform/studio>, pridobljeno 5. 2. 2021.

- PAT Research (2021). Topo 42 data visualization software. <https://www.predictiveanalyticstoday.com/top-data-visualization-software/>, pridobljeno 16. 2. 2021.
- Rist, O. (2018). 10 free data visualization tools. <https://www.pcmag.com/news/10-free-data-visualization-tools>, pridobljeno 16. 2. 2021.
- Sychyk, A. (2019). Top 10 web applications for data visualization. <https://www.supermonitoring.com/blog/10-web-apps-for-data-visualization/>, pridobljeno 16. 2. 2021.
- Shafei, S. (2020). Data quality for everyday analysis. <https://towardsdatascience.com/data-quality-for-everyday-analysis-d3aa1442c31>, pridobljeno 5. 2. 2020.
- Tate, L. (2021). Nobel systems: 20 Ways GIS data is used in business and everyday life. <https://nobelsystemsblog.com/gis-data-business/>, pridobljeno 15. 2. 2021.
- Triglav, J. (2006). Razvoj podeželja s pomočjo komasacij kmetijskih zemljišč. Geodetski vestnik, 50 (1), 44–59. http://www.geodetski-vestnik.com/50/1/gv50-1_044-059.pdf, pridobljeno 6. 2. 2021.
- Triglav, J. (2008). Komasacije zemljišč ob gradnji infrastrukturnih objektov v Prekmurju. Geodetski vestnik, 52 (4), 795–811. http://www.geodetski-vestnik.com/52/4/gv52-4_795-811.pdf, pridobljeno 6. 2. 2021.
- W3C (2017). Data on the Web Best Practices. <https://www.w3.org/TR/dwbp/>, pridobljeno 10. 2. 2021.

dr. Andreja Švab Lenarčič, univ. dipl. inž. geod.

Območna geodetska uprava Murska Sobota
Murska Sobota, Lendavska ulica 18, SI-9000 Murska Sobota
e-naslov: andreja.svab-lenarcic@gov.si

DIGITIZACIJA KULTURNE DEDIŠČINE VIPAVSKE DOLINE

DIGITIZATION OF CULTURAL HERITAGE IN VIPAVSKA DOLINA (VIPAVA VALLEY)

Matej Plešnar, Matija Uršič

UVOD

V prispevku je predstavljen projekt Digitalizacija kulturne dediščine, ki ga v letih 2020 in 2021 izvaja Javni zavod za turizem Nova Gorica in Vipavska dolina. Projekt vključuje štiri objekte kulturne dediščine, rezultati pa bodo obiskovalcu pomagali razumeti zgodovinske prelomnice z zgodbami, v katere ga bodo popeljali (slike 1–4):

- solkanski železniški most – zgodba povezovanja kultur,
- grad Rihemberk v Braniku – zgodba razvojno naravnanih fevdalcev,
- grad v Vipavskem Križu – zgodba srednjeveškega trženja vin,
- Castra v Ajdovščini – zgodba rimskega vojaka.

Digitalizacija (ang. *digitalization*) je proces spreminjanja poslovnih procesov z uporabo digitalnih tehnologij. V prispevku se osredotočamo predvsem na digitizacijo (angl. *digitization*), ki je proces ustvarjanja digitalne kopije gradiva z vsemi pripadajočimi podatki. Glavni izvajalec digitizacije kulturne dediščine za naročnika je visokotehnološko podjetje ARCTUR, računalniški inženiring, d. o. o., iz Nove Gorice, ki v okviru lastnega programa Heritage+ razvija rešitve za digitalno interpretacijo kulturne dediščine. 3D-digitizacijo navedenih štirih objektov z uporabo metod 3D-terestričnega laserskega skeniranja in fotogrametrije je izvedlo podjetje DEZIS, geodetske storitve in daljinsko zaznavanje, d. o. o.



Slika 1: Solkanski železniški most (enotna identifikacija dediščine EŠD: 673).



Slika 2: Grad Rihemberk v Braniku (enotna identifikacija dediščine EŠD: 40).



Slika 3: Grad v Vipavskem Križu (enotna identifikacija dediščine EŠD: 7471).



Slika 4: Castra v Ajdovščini (enotna identifikacija dediščine EŠD: 3).

ZAJEM PODATKOV

V okviru projekta Digitalizacija kulturne dediščine so bili izdelani štirje 3D-fotorealistični modeli. Na njihovi podlagi sta bili izdelani 3D-rekonstrukciji nekdanjega stanja gradov Vipavski Križ in Rihemberk, 360-stopinjske fotografije ter dodatni 3D-elementi, ki bodo uporabljeni za pripravo spletne aplikacije za samostojno odkrivanje kulturne dediščine ter turističnih promocijskih filmov. Modeli bodo uporabljeni v videih in prilagojeni za različne digitalne kanale, ki bodo dosegljivi prek spletnih brskalnikov na različnih napravah (telefoni, računalniki, tablice ...).

Fotorealistični 3D-modeli objektov so geolocirani v državnem koordinatnem sistemu z natančnostjo, ocenjeno na kontrolnih točkah, ki je enaka ali boljša od 18 milimetrov. Izdelani 3D-digitalni modeli obravnavanih enot kulturne dediščine tako upoštevajo tehnične smernice za digitizacijo kulturne dediščine T4.0 (T4.0, 2020), ki so bile oblikovane v okviru partnerstva za Turizem 4.0. Oblake točk, ki so podlaga za izdelavo 3D-modela, smo pridobili z metodami terestričnega laserskega skeniranja in fotogrametrije.

Prva faza digitizacije na posameznem objektu je vključevala postavitve in izmero tarč, ki so bile oslonilne in kontrolne točke za georeferenciranje oblakov točk. V tej fazi je bilo treba predvideti način zajema podatkov in njihovo nadaljnjo obdelavo ter temu ustrezno prilagoditi položaj in število tarč. Te smo nato tahimetrično izmerili, izhodišča pa določili z metodo izmere GNSS RTK. Vsaka tarča je bila določena s parom koordinat v državnem koordinatnem sistemu D96/TM in višino, izračunano v državnem višinskem sistemu SVS2010.

Sledilo je lasersko skeniranje objektov. Zanj smo se odločili zaradi visoke zahtevane natančnosti zajema podatkov in omejitev, ki jih postavlja Uredba o sistemih brezpilotnih zrakoplovov (Uredba, 2016) glede letenja v bližini objektov. Uporabili smo terestrični laserski skener Leica RTC360 in namenski program, v katerem smo zajete podatke obdelali. Na vsakem stojišču smo v dveh minutah zajeli po dva milijona točk na sekundo in HDR sferično fotografijo, s katero se točkam dodeli RGB-vrednost. Natančnost 3D-položaja tako zajetih točk znaša 1,9 milimetra na razdalji 10 metrov. Za izbrani skener smo se odločili zaradi visoke natančnosti in hitrosti skeniranja ter samodejne predhodne registracije stojišč, s čimer se občutno skrajša čas dela na terenu in v pisarni.

Zaradi členjenosti in razgibanosti objektov je kljub velikemu številu stojišč s to metodo nemogoče zajeti vse površine. Posebno težavne so strehe, vrhovi višjih zidov in različne odprtine, ki jih je v starejših objektih in ruševinah veliko. Zato je bil ključen podroben zajem vseh objektov z metodo bližnjefotogrametrije. V ta namen smo uporabili brezžični digitalni fotoaparati formata DX s 16-milimetrskim objektivom (Nikon Z50) in daljinsko vodenim letalnikom s senzorjem RGB (DJI Mavic II Pro). Ločljivost kamer je večja od 20 milijonov slikovnih pik.

Vsak objekt je zaradi velikosti, oblike in omejitev zahteval svoj pristop. Najprej smo naredili grob načrt zajema, pri čemer smo objekte razdelili na segmente, ki smo jih zajeli posebej in obdelali do stopnje očiščenega gostega oblaka točk. Vsak segment je moral vsebovati zadostno število oslonilnih točk in hkrati ne več kot 500 fotografij. Fotografiranje smo najprej izvedli z digitalnim fotoaparatom. Tako smo lahko od bliže zajeli geometrijsko zahtevnejše detajle, kot so portali, stopnišča, strešni konstrukcijski les in podobno, ter dele objektov, ki so zaradi zaraščenosti nedostopni z daljinsko vodenim letalnikom. Nazadnje smo izvedli še zajem objektov iz zraka z daljinsko vodenim letalnikom. V nasprotju z običajnim

zajemom za potrebe izdelave ortofota, ta ni potekal samodejno po prej pripravljenem načrtu letenja, ampak je zahteval ročno upravljanje in prilagajanje geometriji objektov. Izziv tako pri zajemu s fotoaparatom kot z daljinsko vodenim letalnikom je bilo zagotavljanje enakomernega prekrivanja posnetkov in hkrati zajemanje vseh potrebnih detajlov. Poleg tega je bilo ključno, da so bile fotografije zajete v enakih svetlobnih in vremenskih razmerah, kar neposredno vpliva na končni videz tekstur modelov. To je za nekatere dele objektov pomenilo zajem ob točno določenih urah dneva.

OBDELAVA PODATKOV

Terenskemu delu je sledila obdelava podatkov s programsko opremo Leica Cyclone Register 360 in AgiSoft Metashape PRO. Fotografije in koordinate oslonilnih točk smo uvozili v programsko okolje in podatke, zajete na posameznem objektu, po segmentih procesirali do gostega oblaka točk. Tako smo optimizirali delo in se izognili strojno zahtevni obdelavi prevelikega števila fotografij naenkrat. Če smo v tej fazi ugotovili, da je na nekem segmentu kakšna oslonilna točka premalo, se je kot zelo uporaben izkazal oblak točk laserskega skeniranja, saj smo lahko iz njega razbrali koordinato poljubnega detajla in jo uporabili kot oslonilno ali kontrolno točko.

Ko smo pridobili goste oblake točk vseh segmentov objekta, jih je bilo treba očistiti šumov in neželenih detajlov, predvsem vegetacije, kar zahteva veliko potrpežljivega ročnega dela. Tako pripravljene oblake smo združili in uvozili še oblak točk laserskega skeniranja. Tega je bilo treba v nekaterih primerih zaradi velikega števila točk najprej reducirati, da smo dobili obvladljivo količino podatkov. Ko smo imeli pripravljena oba oblaka točk, torej laserskega in fotogrametričnega, smo določili, kateri deli enega ali drugega bodo uporabljeni za izdelavo končnega modela. Tako smo lahko izkoristili prednosti obeh tehnologij in za posamezne dele objektov uporabili najkakovostnejše podatke. Izkazalo se je, da so za ravne površine z ostrimi robovi, kar so praviloma zidani objekti brez vegetacije, primernejši podatki laserskega skeniranja. Modeliranje površin z veliko vegetacije, kot so zelenice, krošnje dreves in z bršljanom porasle fasade, pa je bolj smiselno modelirati z uporabo fotogrametričnih oblakov točk, saj je v takšnih primerih model z uporabo laserskih oblakov točk luknjast.

Ko smo bili z oblakom točk zadovoljni, smo izdelali trikotniški model – TIN (angl. *triangulated irregular network*). Pri tem smo morali določiti optimalno število trikotnikov glede na gostoto točk ter velikost in obliko objekta (preglednica 1). Sledila je zadnja faza, to je tvorba texture poljubne ločljivosti, ki smo jo definirali skladno z velikostjo površine objekta. Pred tem smo iz procesa izločili vse fotografije, ki bi lahko kvarile končen videz. Če na terenu ni bilo mogoče posneti vseh fotografij v enakih svetlobnih razmerah, smo to skušali odpraviti z retuširanjem.

Preglednica 1: Osnovni podatki o zajemu in izdelanih modelih.

	Castra v Ajdovščini	Grad v Vipavskem Križu	Solkanski železniški most	Grad Rihemberk v Braniku
Št. stojišč skenerja	60	50	26	90
Št. fotografij	1862	2643	1927	8187
Št. točk v oblaku	63.543.068	440.938.086	107.498.474	253.156.799
Št. oslonilnih točk	33	77	23	121
Št. trikotnikov v modelu	1,5 M	10 M	1 M	8 M

Tako izdelani modeli niso uporabni le v turistične in predstavitvene namene, ampak iz njih izdelujemo natančne 2D-arhitekturne načrte, natančne 3D-mrežne modele, modele objektov za nadaljnjo obdelavo v BIM-okoljih in 3D-tisku.

SKLEP

Teksturirani 3D-modeli objektov kulturne dediščine bodo predani Zavodu za turizem Nova Gorica in Vipavska dolina, vključenim občinam in njihovim službam, ministrstvu za gospodarski razvoj in tehnologijo, Slovenski turistični organizaciji ter Zavodu za varstvo kulturne dediščine Slovenije. Modeli služijo kot digitalne kopije obstoječega stanja, na podlagi katerih se pripravlja digitalno obogatena turistična izkušnja kulturne dediščine, ki vključuje 3D-rekonstruirane podobe nekdanjega stanja gradov Vipavski Križ in Rihemberk, 360-stopinjske fotografije z vgrajenimi 3D-rekonstrukcijami, štiri promocijske filme ter spletno aplikacijo za samostojno raziskovanje bogate kulturne dediščine. Izdelani 3D-modeli bodo objavljeni na spletni strani (Turizem 4.0, 2021), računu T4.0 Heritage+ na portalu Sketchfab (T4.0 Heritage+, 2021) in bodo sestavni del turističnih produktov, ki se bodo tržili na destinacijah Nova Gorica in Vipavska dolina.

Literatura in viri:

T4.0 (2020). Tehnične smernice za digitizacijo kulturne dediščine, verzija 1.2, https://tourism4-0.org/wp-content/uploads/2020/01/T40_tehnicne-smernice_digi-kult-dediscina_v1_2.pdf, pridobljeno 10. 3. 2021.

T4.0 Heritage+ (2021). T4.0 Heritage+, <https://sketchfab.com/heritageplus>, pridobljeno 10. 3. 2021.

Turizem 4.0 (2021). Tourism 4.0: Enriched Tourism Experience, <https://tourism4-0.org/>, pridobljeno 10. 3. 2021.

Uredba (2016). Uredba o sistemih brezpilotnih zrakoplovov, Uradni list RS, št. 52/16, 81/16 – popr., in 195/20, <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED7317>, pridobljeno 10. 3. 2021.

Matej Plešnar, inž. geod.

DEZIS, geodetske storitve in daljinsko zaznavanje, d. o. o.
Goriška cesta 12, SI-5270 Ajdovščina
e-naslov: matej.plesnar@dezis.si

Matija Uršič, univ. dipl. inž. geod.

DEZIS, geodetske storitve in daljinsko zaznavanje, d. o. o.
Goriška cesta 12, SI-5270 Ajdovščina
e-naslov: matija.ursic@dezis.si

NOVICE IZ STROKE NEWS FROM THE FIELD



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

GEODETSKA UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE

NOVICE GEODETSKE UPRAVE REPUBLIKE SLOVENIJE

SIMPOZIJ EUREF V SLOVENIJI

EUREF je evropska podkomisija za referenčni sestav mednarodnega združenja za geodezijo IAG (angl. *International Association of Geodesy*). Osnovno Eurefovo poslanstvo je definicija, realizacija in vzdrževanje skupnega evropskega referenčnega koordinatnega sistema. Od leta 1990 se organizirajo letni simpoziji članic, ki delujejo v okviru Eurefa in se jih običajno udeležijo predstavniki kakšnih tridesetih držav iz vse Evrope. Slovenija tovrstnega simpozija še ni organizirala, zato lahko s ponosom objavimo, da je letos lokalni organizator tega dogodka Geodetska uprava Republika Slovenija v sodelovanju z Geodetskim inštitutom Slovenije in Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani. Simpozij bi sicer morali imeti že lani, a je bil zaradi epidemije SARS-CoV-2 prestavljen v leto 2021. Ker tudi letos ni mogoče izvesti dogodka v živo, bo v celoti potekal prek spleta.

International Association of Geodesy
a Constituent Association of IUGG

IAG ACTIVITES PUBLICATIONS

2021-05-26 - 2021-05-28

EUREF 2021 Symposium

Slika 1: Novica o simpoziju EUREF 2021 na spletnih straneh IAG.

Simpozij EUREF 2021 bo med 26. in 28. majem 2021, več podrobnosti je na voljo na spletni strani (<https://euref2021.si>). Glavne teme simpozija so: referenčni sistemi (ETRS89, EVRS, geoid in povezani modeli), geodetske mreže (EPN, UELN, zgostitvene), merske tehnike (GNSS, niveliranje, kombinacija),

nacionalna poročila, aplikacije (geoznanost, geoinformacije). Med simpozijem bo čas tudi za razpravo, sprejetje resolucij in pregled drugih aktivnosti, povezanih z evropskim referenčnim sistemom. Glavni namen je tako seznanitev z aktualnim stanjem, novostmi in smernicami za prihodnost na področju osnovnega geodetskega sistema.

Zavedamo se, da spletni dogodki ne morejo nadomestiti srečanj v živo. Kljub temu upamo, da bodo udeleženci s svojo prisotnostjo potrdili pomembnost tovrstnih vsebin in predvsem izboljšali svoje znanje s tega področja dela.

*Zapisal: mag. Klemen Medved, za GURS
e-naslov: klemen.medved@gov.si*

VZDRŽEVALNA DELA NA ITALIJANSKI, AVSTRIJSKI IN MADŽARSKI MEJI V LETU 2020

V letu 2020 je bila na državni meji z Italijo dokončana redna kontrola v I. mejnem sektorju. Ob pomoči slovenske policije je bilo obnovljenih 25 mejnih znakov v visokogorju. V III. mejnem sektorju je bilo dokončno obnovljenih 95 mejnih znakov. V V. mejnem sektorju je bil izveden pregled vseh 573 mejnih znakov v dolžini približno 25 kilometrov. Izvedle so se meritve GNSS na 263 mejnih znakih. Opravljeno je bilo čiščenje vegetacije na več odsekih v skupni dolžini približno 5,6 kilometra in širini 1,5 metra na vsako stran državne meje. V VI. mejnem sektorju je bil izveden pregled, čiščenje vegetacije in čiščenje 16 mejnih znakov. V VII. mejnem sektorju je bila izvedena obnova desetih poškodovanih mejnih znakov.

Na državni meji z Avstrijo so bila opravljena dela v okviru 7. redne kontrole mejnih znakov v XIX. in XX. delu mejnega sektorja, skupaj v dolžini približno 12 kilometrov in s 350 mejnimi znaki. Po opozorilu organov za nadzor državne meje je bil opravljen pregled mejnih znakov ter ustrezna označevalna in meritvena dela za skupno deset mejnih znakov v VIII. in IX. sektorju. Zaradi gradnje protipoplavnega zidu na slovenski strani reke Mure v IV. mejnem sektorju (Gornja Radgona) je bil marca 2020 opravljen pregled mejnih znakov in ustrezna označevalna ter meritvena dela na več mejnih sektorjih za sedem mejnih znakov.

Na državni meji z Madžarsko je bila opravljena 8. periodična kontrola od mejnega znaka A443 do A559 (približno 25 kilometrov in 302 mejna znaka). Po opozorilu organov za nadzor državne meje je bila izvedena obnova in postavitve dveh poškodovanih mejnih znakov v Lendavskih Goricah.



Slika 2: Obnova mejnega znaka v gorskem svetu na meji z Italijo.

*Zapisala: Janez Narobe, Marjana Duhovnik, za GURS
e-naslov: janez.narobe@gov.si, marjana.duhovnik@gov.si*

SANACIJA MESTNIH NIVELMANSKIH MREŽ

Slovenska višinska (nivelmanska) mreža je sestavljena iz nivelmanskih poligonov, ki so bili izmerjeni v različnih časovnih obdobjih. Nekatere višine reperjev temeljijo celo na več kot 70 let starih izmerah. Pred kratkim smo v Sloveniji uvedli nov državni višinski sistem z oznako SVS2010/Koper. Temelji na novi/sanirani nivelmanski mreži 1. reda, ki je bila v celoti izmerjena. Mreže nizkih redov pa se niso ponovno izmerile, ampak so uporabljeni izvorni merski podatki.

Pri preračunu nivelmanskih poligonov iz višinskega sistema SVS2000/Trst v SVS2010/Koper so se tako pojavili primeri, kjer je odstopanje danih višinskih razlik (meritve) presegalo dovoljena (dopustna) odstopanja. Tako nekaterih nivelmanskih poligonov oziroma mrež ni bilo mogoče preračunati, zato ostajajo reperji brez višin v državnem višinskem sistemu oziroma so njihove višine zelo slabe (oznaka PP). Poleg tega je veliko reperjev na terenu tudi uničenih, v grobem lahko rečemo, da je takšnih približno 30 %. Vse to so razlogi, da smo se odločili za manjše sanacije nekaterih mestnih mrež, saj na terenu obstajajo območja brez kakovostnih višin. Tako smo že v letu 2020 izvedli izmero (sanacijo) mestne nivelmanske mreže Izola (NMN-75). V letu 2021 načrtujemo še sanacijo mestne nivelmanske mreže Novo mesto (NMN-PP5) in Črnomelj (NMN-PP15). S tem bomo zagotovili kakovostno višinsko osnovo tudi v mestih, kjer še ni na voljo ustreznih višin v državnem višinskem sistemu.



Slika 3: Izmera mestne nivelmanske mreže Izola (foto: Goran Tisak).

Zapisal: mag. Klemen Medved, za GURS
e-naslov: klemen.medved@gov.si

VEKTORIZACIJA ETAŽNIH NAČRTOV

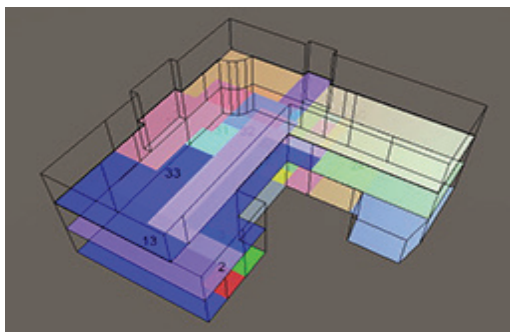
Projekt informacijska prenova nepremičninskih evidenc v okviru projektov eProstor vključuje tudi urejanje in pripravo podatkov, da se čim bolj olajša elektronsko poslovanje. Za takšno poslovanje so pomembni tudi podatki v ustreznih digitalni obliki. Geodetska uprava je tako s 3. 4. 2018 uvedla sprotno oddajo vektorskih etažnih načrtov ob vsakem elaboratu vpisa ali spremembi podatkov katastra stavb. Pravna podlaga za shranjevanje etažnih načrtov v vektorski obliki je 10.a člen Pravilnika o vpisih v kataster stavb

(Uradni list RS, št. 73/2012, 87/2014 in 66/2016). Za stavbe, ki so bile vpisane v kataster stavb pred 3. 4. 2018, so bili shranjeni načrti etaž na papirju po posameznih etažah. Etažni načrti so bili v projektu eProstor v okviru skeniranja arhiva geodetske uprave že v celoti poskenirani. To je prva oblika digitalizacije, ki pa potrebuje nadaljnjo obdelavo, to je vektorizacijo etažnih načrtov. Uporabnost vektorskih etažnih načrtov je predvsem v:

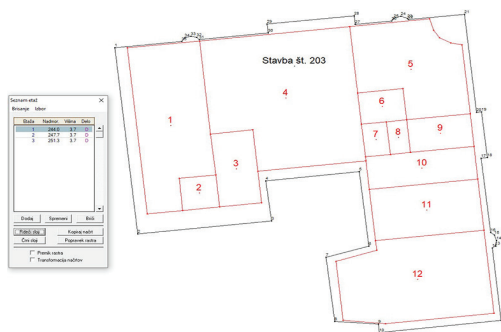
- lažjem in nadzorovanem spreminjanju etažnih načrtov in s tem zagotovljeni večji kakovosti podatkov. Ob izdelavi vektorskega etažnega načrta in njegovega 3D-pregleda se lažje in hitreje ugotovijo morebitne napake;
- lažji in hitrejši identifikaciji posameznega dela stavbe, še posebej v stavbah z več deli. Takšen način identifikacije delov stavb je pomemben prispevek k natančnejši opredelitvi in preglednosti nepremičnin v prostoru.

V letu 2017 je geodetska uprava za zagotovitev tehničnih pogojev vektorizacije etažnih načrtov v okviru projekta eProstor – informacijske prenovne nepremičninskih evidenc izdelala programsko opremo za vektorizacijo etažnih načrtov in prilagoditev obstoječe programske opreme katastra stavb. Za množično vektorizacijo etažnih načrtov v prihodnje je geodetska uprava v okviru projekta eProstor začela pilotno vektorizirati etažne načrte. V pilotno izvedbo je vključenih 574 stavb s skupaj 47.318 deli stavb. Ker naj bi v pilotni izvedbi zaznali tudi morebitne težave pri množični vektorizaciji, so v pilotno vektorizacijo vključeni etažni načrti iz različnih časovnih obdobj, izdelani na podlagi predpisov iz različnih časovnih obdobj. Vključeni so primeri etažnih načrtov po Zakonu o evidentiranju nepremičnin, državne meje in prostorskih enot (ZENDMPE), tako redni vpisi stavb po ZENDMPE kot tudi etažni načrti, prevzeti iz zemljiške knjige, in etažni načrti, izdelani v skladu z Zakonom o evidentiranju nepremičnin – ZEN. V pilotno vektorizacijo so vključene predvsem stavbe z vsaj nekaj spremembami glede lege in oblike etaž ter delov stavb.

Zaradi lokalnega poznavanja problematike in reševanja zaznanih težav pri vektorizaciji so v izvedbo naloge vključeni predstavniki vseh območnih geodetskih uprav. Pilotna izvedba poteka do konca aprila 2021. V njej pridobljene rezultate in izkušnje bo geodetska uprava uporabila v postopkih pregleda oddanih etažnih načrtov ob vpisih in spremembah podatkov o stavbah in delih stavb, predvsem pa ob množičnih vektorizacijah v prihodnje.



Slika 4: Primer 3D-prikaza stavbe.



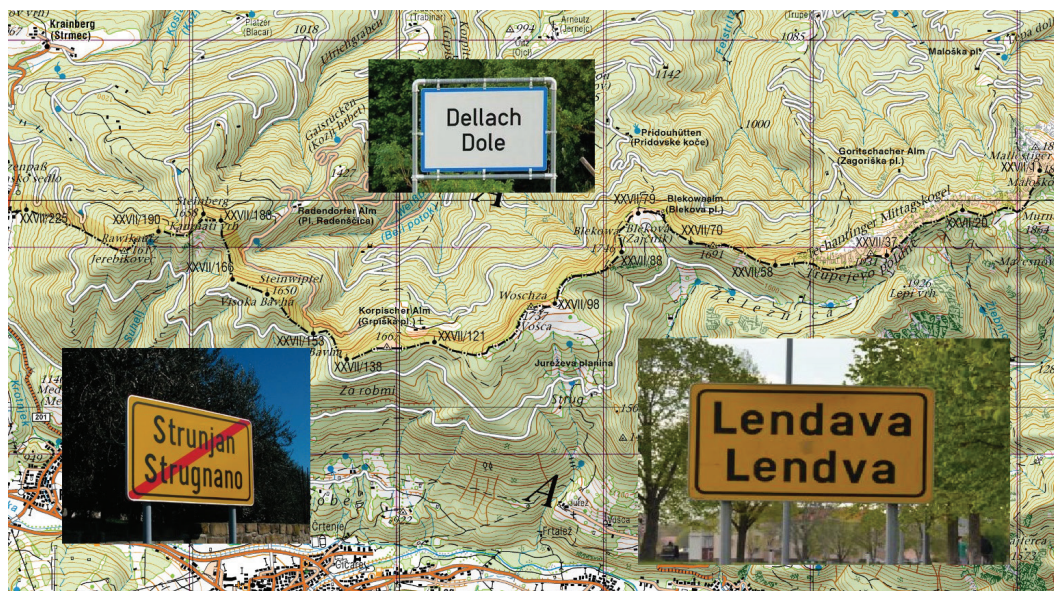
Slika 5: Primer vektorskega etažnega načrta ene etaže.

Zapisala: *Emma Pogorelčnik, za GURS*
e-naslov: *emma.pogorelcnik@gov.si*

REGISTER ZEMLJEPISNIH IMEN (REZI) V LETU 2020

V letu 2020 so bila standardizirana slovenska in italijanska zemljepisna imena ravni merila 1 : 25.000 (REZI 25) na območju, kjer živita slovenska in italijanska narodna skupnost. Povod za standardizacijo oziroma pripravo seznama italijanskih zemljepisnih imen na narodnostno mešanem območju je bilo sprejetje Uredbe o načinu pisanja zemljepisnih imen na državnih kartah na narodnostno mešanih območjih v RS (Uradni list RS, št. 57/2014), ki med drugim določa, da se na državnih zemljevidih, ki se vodijo za ozemlje Republike Slovenije, v skladu s predpisi, ki urejajo državni topografski sistem, na narodnostno mešanih območjih v Republiki Sloveniji zemljepisna imena pišejo v slovenskem jeziku in italijanskem ali madžarskem jeziku.

Pri izvedbi naloge so sodelovali Geodetska uprava Republike Slovenije, Obalna samoupravna skupnost italijanske narodnosti (OSSIN) in Komisija za standardizacijo zemljepisnih imen (KSZI). Geodetska uprava je pripravila seznam zemljepisnih imen iz REZI 25 ter ga v pregled in dopolnitev italijanskih imen poslala OSSIN. Pomagala jim je tudi z nasveti in različnimi viri, tudi arhivskimi katastrskimi načrti. Ko je bil seznam pripravljen, je vsa imena (tudi slovenska) pregledala KSZI in jih v končni fazi tudi standardizirala. Pri standardizaciji italijanskih imen so sodelovali italijanski jezikoslovci in drugi strokovnjaki iz Slovenije, saj v Italiji nimajo komisije za standardizacijo zemljepisnih imen na državni ravni. Naloga se nadaljuje s pripravo seznama italijanskih imen za raven merila 1 : 5000 (REZI 5).



Slika 6: Zemljepisna imena na krajevnih tablah.

Na področju zemljepisnih imen se izvaja še ena pomembna naloga, in sicer usklajevanje zemljepisnih imen vzdolž celotne državne meje med Slovenijo in Avstrijo. Pri tej nalogi GU in KSZI sodelujeta z avstrijsko komisijo za standardizacijo zemljepisnih imen in s Slovenskim narodopisnim inštitutom Urban Jarnik iz Celovca. Meddržavna uskladitev zemljepisnih imen na mejah je ena prednostnih nalog, ki jo državam nalaga skupina UNGEGN (angl. *United Nations Group of Experts on Geographical Names*).

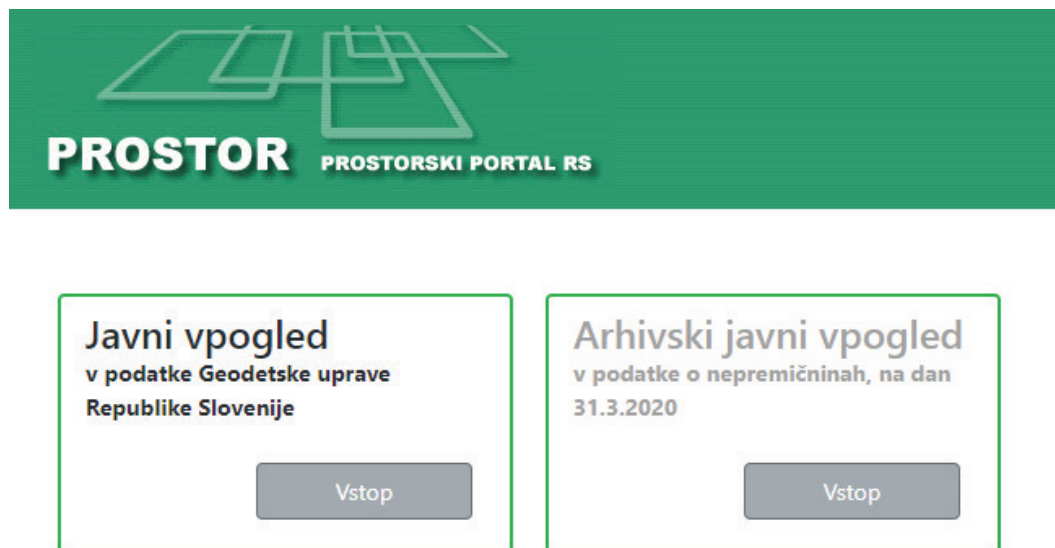
Seznam imen je narejen (podatki REZI in zemljepisna imena iz avstrijske državne topografske karte v merilu 1 : 50.000), zdaj pa potekajo nadaljnja usklajevanja. V končni fazi bo pripravljen poenoten seznam, imena pa bosta standardizirali obe komisiji.

Zapisali: Marija Brnot, Marjana Duhovnik, za GURS
e-naslov: marija.brnot@gov.si, marjana.duhovnik@gov.si

VOGLEDI V PODATKE GEODETSKE UPRAVE REPUBLIKE SLOVENIJE

Geodetska uprava že vrsto let ponuja uporabnikom širok nabor storitev ter različne načine dostopov do podatkov, ki jih vodi v svojih evidencah. Načine dostopa do podatkov lahko razdelimo na prevzem podatkov, vpoglede v podatke, spletne storitve in potrdila iz zbirk geodetskih podatkov. **Javni vpogled v podatke o nepremičninah**, ki uporabnikom že dobrih deset let ponuja ažurne podatke o nepremičninah, je konec januarja 2021 doživel tako vizualno kot vsebinsko prenovo. Po novem lahko uporabnik prek znanega identifikatorja (številke parcele, stavbe, dela stavbe, stanovanja ali naslova) še naprej hitro najde podatke o iskani nepremičnini ter nepremičninah, ki so z njo povezane. Dodatno je izboljššan grafični prikaz, v katerem so poleg pomanjševanja, povečevanja in pomikanja dodane funkcije merjenja razdalj, priprave slike za tiskanje, kot tudi identifikacije o posamezni nepremičnini. Grafično okno prav tako ponuja veliko več različnih slojev, da si lahko vsak uporabnik pripravi sebi primeren prikaz.

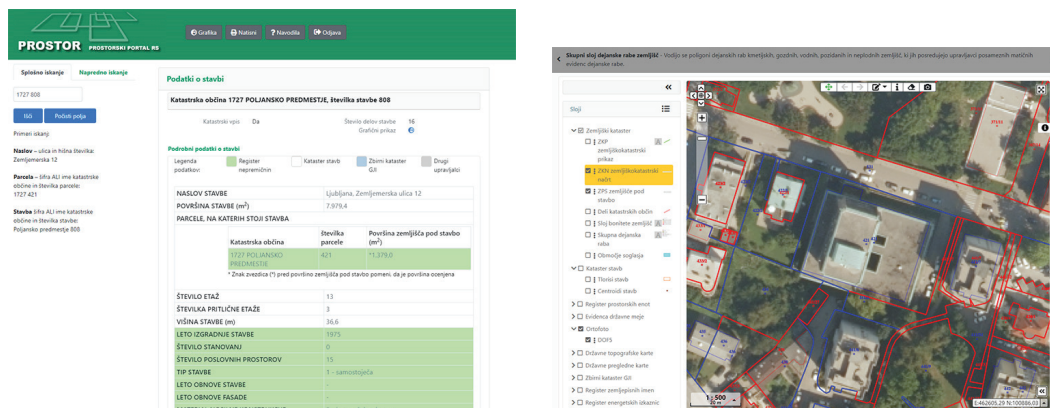
Predlagamo, da se prepičate kar sami. Prenovljen javni vpogled v podatke Geodetske uprave Republike Slovenije najdete na spletnem naslovu: <https://eprostor.gov.si/javni/>.



Slika 7: Vstopna stran prenovljenega javnega vpogleda v podatke geodetske uprave.

V začetku marca 2021 je geodetska uprava spet vzpostavila **osebni vpogled v podatke o lastnih nepremičninah**, ki omogoča posamezniku brezplačen vpogled v grafične in opisne podatke o nepremičninah, ki so v njegovi lasti in kot take vodene v geodetskih evidencah. Z osebnim vpogledom lahko vsakdo, ob izkazu identitete z ustreznim digitalnim spletnim potrdilom (SIGEN-CA, SIGOV-CA, AC-NLB,

POSTA-CA ali HALCOM), registracijo SI-PASS ali mobilno identiteto smsPASS, vpogleda v podatke o lastnih nepremičninah, ki jih vodi geodetska uprava. S tem lahko uporabnik preveri pravilnost vpisanih podatkov ter se ob morebiti ugotovljenih pomanjkljivostih obrne na eno izmed enot geodetske uprave. V osebni vpogledu si lahko vsak lastnik ustvari tudi izpis seznama nepremičnin iz evidenc GURS ter izris parcele.



Slika 8: Primer notranje strani ter grafičnega okna prenovljenega javnega vpogleda v podatke geodetske uprave.

Povezava do aplikacije <https://eprostor.gov.si/osebni/>



Slika 9: Vstopna in notranja stran osebnega vpogleda v podatke o lastnih nepremičninah.

Podrobne informacije o vsebini evidenc in načinih dostopa so na voljo na prostorskem portalu <https://www.e-prostor.gov.si> in v metapodatkovnih opisih <https://eprostor.gov.si/imps/srv/slv/catalog.search/#/> home.

Za pomoč pri dostopu do podatkov in prijavo napak ima geodetska uprava vzpostavljeno uporabniško pomoč na telefonski številki 08 205 27 30 ali elektronskem naslovu gurs@assist.si.

Zapisala: Kristina Perko, za GURS

e-naslov: kristina.perko@gov.si



NOVICE FAKULTETE ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO UNIVERZE V LJUBLJANI

ŠTUDIJ V IZREDNIH RAZMERAH NA UL FGG

Delo na fakulteti že eno leto močno zaznamuje epidemija, ki zahteva izvedbo večine vsebin študijskih programov na daljavo. Kljub vsem sodobnim tehnologijam pa je v študijskih programih na oddelku za geodezijo veliko takih, ki jih na daljavo ne moremo izvajati. Šele konec februarja smo tako spet dobili možnost, da v majhnih skupinah izvajamo laboratorijske in terenske vaje. Upamo vsekakor, da se razmere vendarle epidemiološko toliko izboljšajo, da bomo lahko te obvezne kontaktne vsebine izvajali v živo. Kakovost pouka na daljavo predvsem v inženirskih poklicih žal ni primerljiva z izvedbo v živo. Z nadaljevanjem tovrstnega načina pouka bodo ogrožene specifične predmetne kompetence naših študentov. Dodatno je velik izziv motivacija študentov, ki s poukom na daljavo zagotovo pada. Ob pomanjkanju socialnih stikov se pojavljajo številne stiske, ki zmanjšujejo proaktivnost in učinkovitost študija. Da bi študentom pomagali ohraniti psiho-fizično kondicijo, jih spodbujamo k športnim aktivnostim v okviru akcije *Naredi korak, stopi na zrak*. Upamo torej, da se študentje čim prej vrnejo na fakultete in tako zopet dobijo ustrezne razmere za študij in družbeno udejstvovanje.



Slika 1: Promocija zdravega življenja na UL FGG med epidemijo.

Omejitev našega delovanja zaradi epidemije so vplivale tudi na različne promocijske dogodke. Med drugim smo se srečali z izzivi pri organizaciji letošnjih informativnih dni. Dijakom smo se predstavili na Virtualnem kariernem sejmu, na sejmu Informativa ter na spletnem dogodku Uspešni FGJ-jevci v tujini. Vsi dogodki so potekali virtualno, obisk pa je bil zelo dober. Veseli smo, da je zanimanje za inženirske poklice med dijaki veliko, in se že veselimo nove generacije bodočih inženirjev gradbeništva, geodezije in vodarstva.



Slika 2: V okviru informativnih dni smo predstavili zanimive zgodbe naših diplomantov doma in v tujini – ekipa, ki je zaposlena v podjetju Leica v Švici (vir: Nejc Krašovec).

Vir: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, <https://www.fgg.uni-lj.si/>

FAKULTETI ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJU ZA ENO LETO PODALJŠALI CERTIFIKAT ŠPORTNIKOM PRIJAZNO IZOBRAŽEVANJE

Olimpijski komite Slovenije – Združenje športnih zvez (OKS – ZŠZ) je Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani podaljšal veljavnost certifikata *Športnikom prijazno izobraževanje*. Gre za certifikat za spodbudo aktivnosti na področju dvojne kariere športnikov na ravni srednješolskega ter višje- in visokošolskega izobraževanja.

Na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo želimo športnikom omogočiti, da so lahko uspešni tako pri izobraževanju na fakulteti kot na izbranem športnem področju. Zato jim s prilagojenim programom izobraževanja, kot je individualni študijski načrt, omogočamo uspešen zaključek študija ter uspešno karierno pot na profesionalnem področju po koncu športne kariere. Takšno spodbudno podporno okolje je zelo pomembno za vsakega športnika, kar s podelitvijo certifikata potrjujejo tudi na Olimpijskem komiteju Slovenije. Prvič smo certifikat Športnikom prijazno izobraževanje prejeli leta 2019, ko smo dokazali, da imamo dober pristop k spodbujanju dvojne kariere in zagotavljanju športnikom prijaznega izobraževanja, ter ga tudi uspešno udejanjamo v praksi. S takšnim pristopom nadaljujemo tudi v prihodnje.

Certifikat nam je OKS – ZŠZ podaljšal za eno leto, v vmesnem času pa bodo na novo evalvirali pogoje za podaljšanje certifikata. Verjamemo, da nas bodo tudi tokrat prepoznali kot fakulteto, ki omogoča športnikom prijazno izobraževanje.

Vir: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, <https://www.fgg.uni-lj.si/>

DOC. DR. ALMA ZAVODNIK LAMOVŠEK JE BILA IZVOLJENA ZA PREDSEDNICO DUPPS

Doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek je bila izvoljena za predsednico Društva urbanistov in prostorskih planerjev Slovenije (DUPPS) za mandatno obdobje 2021–2023.

Društvo urbanistov in prostorskih planerjev Slovenije je prostovoljno, samostojno, nepridobitno združenje fizičnih oseb, ki so se povezale z namenom druženja, izmenjave izkušenj in strokovnih informacij s področja urbanizma in prostorskega planiranja (<http://www.dupps.si/o-druscarontvu.html>). Najpomembnejši dogodek je vsako leto Sedlarjevo srečanje, na katerem se obravnavajo najbolj aktualne teme s področja prostorskega načrtovanja. Društvo deluje tudi v javnem interesu na področju urejanja prostora in kulture.

Poleg tega DUPPS skupaj z ustanovo Maks Fabiani ter v sodelovanju z ministrstvom za kulturo ter ministrstvom za okolje in prostor RS vsako drugo leto podeljuje nagrado Maks Fabiani za izjemna dela na področju urbanističnega, regionalnega in prostorskega načrtovanja. Prvonagrajena dela so nato nominirana tudi za evropsko nagrado ECTP-EU (European Council of Spatial Planners).

Vir: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, <https://www.fgg.uni-lj.si/>

DRUŠTVENE NOVICE NEWS FROM SOCIETIES



NOVICI ZVEZE GEODETOV SLOVENIJE

OSREDNJA DOGODKA ZDRUŽENJ FIG IN ISPRS BOSTA LETOS VIRTUALNA

Zveza geodetov Slovenije je kot članica mednarodne zveze geodetov FIG (angl. *International Federation of Surveyors*; www.fig.net) ter mednarodnega združenja za fotogrametrijo in daljinsko zaznavanje ISPRS (angl. *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*; <https://www.isprs.org>) v preteklih letih prek svojih predstavnikov dejavno zastopala Slovenijo na mednarodni ravni. Poleg sodelovanja na letnih skupščinah so na dogodkih teh dveh združenj slovenski avtorji predstavljali zanimive raziskovalne in strokovne dosežke. Letos so se morali organizatorji številnih predvidenih dogodkov v okviru FIG in ISPRS prilagoditi razmeram v svetu zaradi pandemije. Tako bodo osrednji dogodki organizirani zgolj virtualno ali hibridno. Morda pa je to tudi priložnost, da se udeležimo kakšnega dogodka, ki se ga sicer zaradi pogosto visokih stroškov potovanj v preteklosti nismo mogli. Navsezadnje je zaradi nižjih stroškov organizacije tudi kotizacija zelo ugodna, zato vabljeni, da izkoristite priložnost in se seznanim z novostmi in strokovnimi dosežki na mednarodni ravni.

Letošnji delovni teden bo FIG organiziral v sodelovanju z nizozemskimi partnerji, ki so ga že lani nenačrtovano v izvedbi na daljavo gostili na Nizozemskem. Tema strokovnega dela srečanja, ki bo potekalo med 12. in 25. junijem, bo vloga sodobne geodezije pri upravljanju zemljišč in voda. Več informacij najdete na <https://www.fig.net/fig2021/>. V okviru delovnega tedna bo potekala letna generalna skupščina FIG, na kateri bo kot polnopravna članica sodelovala tudi ZGS.



eWORKING WEEK 2021 20-25 JUNE
**SMART SURVEYORS FOR LAND
 AND WATER MANAGEMENT**
CHALLENGES IN A NEW REALITY

Slika 1: Logotip letnega delovnega tedna FIG (vir: FIG, <https://www.fig.net/fig2021>).

Največji dogodek, ki ga poznamo pod okriljem združenja ISPRS, je kongres, ki ga organizirajo vsake štiri leta. Načrtovani lanski kongres, ki bi moral potekati v Nici v Franciji, pa se bo glede na objavljeno sporočilo predsednika ISPRS z začetka februarja zamaknil še za eno leto. Letos bo dogodek tako spet virtualen, in sicer bo izveden med 4. in 10. julijem 2021, sam kongres pa je prestavljen na julij 2022. Več informacij najdete na <http://www.isprs2020-nice.com>.



Slika 2: Najava mednarodnega kongresa ISPRS, ki je bil iz leta 2020 prestavljen v leto 2022 (vir: ISPRS, <http://www.isprs2020-nice.com>).

Dodatno velja povabilo k sodelovanju študentom in mlajši generaciji strokovnjakov, ki se lahko vključite v mednarodno mrežo mladih strokovnjakov v okviru zveze FIG – *Young Surveyors* (<https://www.fig.net/organisation/networks/ys>) in združenja ISPRS – *Student Conortium* (<http://sc.isprs.org/home.html>).

Zapisala: izr. prof. dr. Anka Liseč, za Zvezo geodetov Slovenije
e-naslov: anka.lisec@fgg.uni-lj.si

DEJAVNOSTI IN PRILOŽNOSTI NA PODROČJU KARTOGRAFIJE

Kartografija je bila od nekdaj ena od bolj prepoznavnih in v splošni javnosti bolj izpostavljenih področij širše geodetske stroke – navsezadnje pri vsakodnevni poklicni ali prostočasnih aktivnostih mnogi potrebujemo podatke o stanju prostora, ti pa so tradicionalno učinkovito grafično predstavljeni na kartah različnih vrst, meril, vsebin in oblik. Ker so karte v različnih oblikah tako vseprisotne, se včasih sploh ne zavedamo njihove razširjenosti, razvoja metod kartografije in širitve ponudbe. Prav v zadnjih mesecih smo lahko spremljali širitev virusnih okužb po državi in svetu, pa tudi preverjali meje območij, po katerih se nam je bilo dovoljeno gibati. Kot marsikdo po svetu smo tudi uporabniki v Sloveniji v zadnjem desetletju uživali v bogati ponudbi kakovostnih ter sodobnih kart in drugih oblik prostorskih podatkov.

Sodobna kartografija nikakor ne zajema več zgolj izdelave fizičnih kart, temveč prinaša široke možnosti komunikacije med posredovalci in uporabniki prostorskih podatkov. Še pred desetletji je najpodrobnejše in najpopolnejše karte praviloma zagotavljala državna geodetska služba, tako smo v Sloveniji že pred pol stoletja imeli izjemni TTN, ki ga danes nadomeščajo podatki državnega topografskega modela, sistem državnih topografskih kart, kjer si morda v prihodnjih letih spet lahko obetamo prenovljeno nekoč zelo razširjeno uporabno DTK 25, ter sistem preglednih kart. Tržno kartografijo so v preteklosti pokrivala turistične karte, danes pa imamo izjemno ponudbo različnih kartografskih spletnih portalov, večpredstavnostnih in večrazsežnih kartografskih upodobitev, zgrajenih na podlagi množično pridobljenih podatkov z UAV-fotogrametrijo in različnimi drugimi sodobnimi metodami daljinskega zaznavanja. Ob tem je zanimivo, da se je tudi izdelava in prodaja v Sloveniji tradicionalno privlačnih planinskih kart v tiskani obliki v zadnjih letih občutno povečala. Upabniki se ne zadovoljujejo več le s končnimi izdelki, vse bolj jih želijo sooblikovati v interaktivnih spletnih pregledovalnikih ali celo sami ustvarjati v okviru prostovoljno vzpostavljenih pobud zbiranja prostorskih podatkov, kot je *OpenStreetMap*.

Na mednarodni ravni za razvoj kartografije skrbi predvsem mednarodno kartografsko združenje ICA, katerega članica je prek Zveze geodetov Slovenije tudi Slovenija. V slovenski geodetski stroki je morda najbolj odmevalo mednarodno leto kart, ki mu je bil posvečen pomemben del Geodetskega dneva leta

2016 v Laškem. Prav tako marsikomu ostajajo v spominu priznanja za slovenske karte na mednarodni razstavi, še bolj pa najbrž v zadnjih letih kar trikrat nagrajene izjemne kartografske risbe otrok iz vrtca ali začetnih razredov osnovne šole.

Mednarodno kartografsko združenje, ki vključuje več kot trideset komisij, redno organizira regionalne konference ter bienalno svetovne kartografske konference. Sodelovanje slovenskih kartografov je bilo zadnja desetletja precej skopo, čeprav še vedno vodimo *komisijo za planinsko kartografijo* in se na konferencah redno pojavljamo s strokovnimi in znanstvenimi prispevki. Aktivnosti so se sicer v zadnjih mesecih izvajale pretežno na daljavo. Se pa letos kljub še zelo negotovim razmeram širši slovenski geodetski in kartografski stroki ponuja možnost za dejavnejšo vključitev, saj bo svetovna kartografska konferenca potekala v bližnjih Firencah (<https://www.icc2021.net/>). Termin izvedbe je bil sicer v upanju na možnost sprostitve razmer in fizične prisotnosti udeležencev iz prvotno predvidenega poletja prestavljen v drugo polovico decembra. Zaradi bližine in, vsaj upajmo, nižjih stroškov udeležbe in potovanja bo konferenca lepa priložnost za vse, ki se v Sloveniji ukvarjamo s kartografijo, da predstavimo svoje izdelke, ostanemo v toku z novostmi in navežemo nove stike. Poleg sodelovanja z znanstvenimi in strokovnimi prispevki ponovno predvidevamo sodelovanje na mednarodni razstavi kart ter razstavi otroških risb, h kateremu bomo vse, ki ste sodelovali ali pokazali interes za to v prejšnjih letih, posebej povabili.



Slika 3: Logotip mednarodne kartografske konference 2021 Firenze.

Zapisal: doc. dr. Dušan Petrovič, za Zvezo geodetov Slovenije
e-naslov: dusan.petrovic@fgg.uni-lj.si



NOVICI LJUBLJANSKEGA GEODETSKEGA DRUŠTVA

MILOŠ ŠUŠTERŠIČ – OSEMDESETLETNIK

Dolgoletni predsednik Ljubljanskega geodetskega društva, zaslužni in še vedno izjemno aktivni član organov društva Miloš Šušteršič je v januarju tega leta smelo zakoračil še med staroste društva! (Op. p.: Starosta društva postane član ob izpolnitvi 80 let starosti in ob pogoju najmanj 20-letnega članstva v društvu.)

Miloš je popotovanje do sedanjega stanu upokojenega geodetskega strokovnjaka začel v Ljubljani. Pravzaprav je otrok vojne, saj se je leta 1941 rodil še v Kraljevini Jugoslaviji, kot prvi otrok Kamile iz Črnomlja in Franca, ki je rodom izhajal iz nekdanje gostilne Slepí Janez v Ljubljani. Tako je Miloš podedoval iskriv in prešeren značaj, ki ga danes poznamo vsi člani društva. Razburkana vojna in povojna leta so značaj dopolnila z delavnostjo, vztrajnostjo in globokim občutkom za sočloveka.

Da je res predan delu, se je kazalo že v mladosti, saj je poleg drugih aktivnosti v srednji šoli sodeloval v mladinski delovni brigadi pri delih na avtocesti bratstva in enotnosti, ki se je takrat gradila. Njihov vod je bil dvakrat udarni, Miloš pa je bil njegov normirec (op. p.: normirec – kdor določa delovno normo in nadzoruje njeno izpolnjevanje). S pohvalo so bili zadovoljni vsi v vođu, ki so ga sestavljali predstavniki prav vseh tedanjih jugoslovanskih nacij, tako da so ga kar metali v zrak, po končani izmeni pa ga nikakor niso pustili domov. Prepotoval je skoraj vso Jugoslavijo, saj je bil dobrodošel pri vseh kolegih. Teh prigradov ni pozabil in še vedno rad obuja spomine na mlada leta za dobre poslušalce.



Slika 1: Miloš v mladih letih.

Po končani srednji šoli se je leta 1959 zaposlil na Geodetskem zavodu Slovenije, ki je bil tedaj nosilec skoraj vseh večjih geodetskih del v državi. Tako je pogosto sodeloval v izmerah v Prekmurju, bil določen za dela v Črni gori in bil v letih od 1979 do 1981 s sodelavci tudi v Libiji in Alžiriji. Ob delu je uspešno končal študij kartografije, predvsem pa je v službenem okolju spoznal bodočo ženo Lijo in jo leta 1969 popeljal pred matičarja (pa že čez dva dni odhitel na teren in medene tedne preživel na daljavo – op. p.: izkušnja mu očitno močno koristi v današnjih epidemičnih časih, ko društveno delo brez težav in zelo aktivno opravlja kar izza domače mize). Kariero na »zavodu« (kot smo nekdane podjetje pogovorno imenovali geodeti) je zaključil kot dolgoletni vodja oddelka za ekspropriacije.

V januarju leta 1991 ga je prijatelj vzbudil, da se je odločil za samostojno pot, tako je med prvimi geodeti odprl svoje podjetje Expro d.o.o. Najprej se je seveda usmeril v ekspropriacije, torej izmere cest, kasneje pa še v ostale geodetske storitve. Zaoral je ledino zasebnitva v geodeziji in vztrajno preskakoval sicer nepričakovano veliko ovir pri vzpostavljanju podjetja. V letu 2000 je bilo v njem zaposlenih že deset sodelavcev. Pod njegovim vodstvom so uspešno kot prvi izvajali celovite storitve, to je vsa geodetska in pravna dela, skupaj z odkupi zemljišč, izdelavo pogodb in vpisi v zemljiško knjigo. Letos bo podjetje slavilo že trideset let delovanja.

Miloš je športnik od peta do glave že od rane mladosti. Težko je z gotovostjo določiti njegov najljubši šport (mislim, da bi se celo sam težko odločil), pa vendar ga društveni kolegi najbolj poznamo kot smučarskega zanesenjaka. Kot neutrujen organizator je poleg športnih izletov organiziral vrsto stanovskih tekmovanj, pa naj bo v nogometu, košarki, odbojki ali smučanju. Tudi športni del druženj ob geodetski točki 1. reda na Krimu vedno poteka pod njegovim budnim očesom (in s štoparico, ki jo skrbno nadzira). Če je medalje nekdaj delil tudi danes renomiranim športnikom (Mateji Svet, Juretu Koširju in še komu), jih danes najraje deli najmlajšim udeležencem naših športnih podvigov – njegove »krimske medalje« so postale legendarna obveza organizatorjev ter veselje mladih pohodnikov in kolesarjev.



Sliki 2 in 3: Miloš je zaslužni organizator krimskih srečanj.



Slika 4: Utrinek s Krima.



Slika 5: Miloš poroča občnemu zboru LGD.

Kot prepričan družbeno odgovoren prostovoljec je vedno pripravljen na nesebično in zagnano delo v skupno dobro. Deloval je in še zelo aktivno deluje v vrsti društev. V dveh mandatih na položaju predsednika Ljubljanskega geodetskega društva je izkazal velike organizacijske sposobnosti in poskrbel za mnogo ur prijetnega druženja članov. Društvu je zvest tako rekoč od ustanovitve in že dolgo vrsto let deluje na različnih funkcijah v njegovih organih ter skrbno bdi nad njegovim delovanjem pod vodstvom mlajših kolegov.

Ob upokojitvi se je iz Ljubljane umaknil v svojo vikend hiško, a tam nikakor ni »postal zapečkar«. Že od leta 1986, ko je bilo ustanovljeno Turistično društvo Polzevo, je tudi njegov član. A Miloš ne bi bil Miloš, če bi ostal le član! Že od leta 1991 je predsednik društva in predan turistični delavec, ki obilo ur namenja organizaciji odmevnih lokalnih prireditev – vedno po dobro znanem načelu, tako imenovanem milošizmu: »Bolje vreči eno lopato več kot eno premalo!«

Miloš, veseli smo, da lahko delamo ob tebi, in si želimo še veliko veselih druženj, tebi pa iz srca vse najboljše ob visokem jubileju.

*Slikovno gradivo: domači arhiv in Miha Muck, Ljubljansko geodetsko društvo
Zapisal: Milan Brajnik, za Ljubljansko geodetsko društvo
e-naslov: milan.brajnik@gis.si*

OBČNI ZBOR DRUŠTVA NA DALJAVO

Po preizkušnjah preteklega leta tudi v uvodu v leto 2021 nismo ubežali velikim spremembam naših navad. Namesto običajno toplih stiskov rok, objemov in živahnih pozdravov ob srečanju smo bili prvič v zgodovini delovanja Ljubljanskega geodetskega društva prisiljeni v izvedbo občnega zbora na daljavo!

Če smo se pred letom dni, tik pred izbruhom epidemije covid-19, kot že tolikokrat prej srečali v nam dobro znani restavraciji Marjetice v prostorih nekdanje Tobačne tovarne Ljubljana, kjer smo v živahnih razpravah obujali spomine, reševali geodetske zagate in dorekli ter tudi nazdravili smelemu letnemu programu aktivnosti, ki si jih je zadalo takrat novo izvoljeno vodstvo društva, smo tokrat obsedeli za zaslonski informacijsko-komunikacijskih naprav, daleč narazen, večinoma doma. Leti 2020 in 2021 si bomo nedvomno prav vsi zapomnili kot leti velikih in neprijetnih omejitev.

Epidemiološka slika v državi je v začetnih mesecih leta narekovala ohranjanje osebne distance, možnost

druženja večjega števila oseb pa tudi v bližnji prihodnosti ni bila verjetna, in tako sklic občnega zbora društva v donedavno običajni obliki ni bil mogoč. Izvršni odbor društva je, v skrbi za zdravje članov in tudi na podlagi izkušenj z organizacijo 48. Geodetskega dneva, ki je navkljub večinoma spletnemu sodelovanju udeležencev požel velik odziv in vrsto priznanj, sklenil občni zbor izvesti v predpisanem roku za sprejem letnega poročila o poslovanju, a brezstično, na daljavo, z uporabo spletne platforme Zoom.



Slika 6: Utrinek z občnega zbora LGD v februarju 2020.

Vabilo s povezavo za dostop na spletno srečanje so vsi člani prejeli na osebne naslove, objavljeno pa je bilo tudi na spletni strani društva. Pred samo izvedbo zbora je društvo člane ponovno opomnilo z dodatnim e-sporočilom. Vabilu so bila priložena navodila za uporabo aplikacije Zoom, navodila za dostop do srečanja in tudi navodila za aktivno sodelovanje ter glasovanje o predlogih sklepov.

Napovedani program občnega zbora društva je bil v celoti izveden v sredo, 11. marca 2021. Ob 17. uri sem kot sklicatelj ugotovil, da zbor ni sklepčen, saj se je ob določeni uri na spletno srečanje povezala manj kot tretjina članov. V skladu s pravili društva smo začetek zamaknili za pol ure. Čas smo si krajšali ob (za tak primer pripravljenem) animiranem prikazu fotografij in ob njih obudili spomine na geodetske izlete v organizaciji društva vse od leta 2000 naprej – spominov je res veliko. Ob 17.30 je bilo preko spleta navzočih 38 članov, ko smo izvolili predsedstvo zbora in predsedujoči je takoj prevzel vodenje ter pristopil k izvedbi preostalih točk programa. Poročevalci so v nadaljevanju najprej predstavili lansko poslovanje.

Letno poročilo o aktivnostih je bilo podprto s slikovnim gradivom za lažje spremljanje. Obudili smo spomine na sprejete ukrepe, predstavitve terminov in spremembe v načinu izvedbe nekaterih, navkljub omejitvam, izvedenih aktivnosti. Uspešno delo v nezavidljivih okoliščinah, pozitivno poslovanje in izvedbo velikega dela zastavljenega programa so pohvalili nadzorni odbor, častno razsodišče in tudi prisotni člani.

Platforma Zoom, ki sicer omogoča aktivno izmenjavo mnenj prek videa, avdia oziroma klepetalnice, se je izkazala kot primerna za izvedbo takšnega srečanja. Večjih nevšečnosti predsedstvo zbora ni zaznalo. Tudi glasovanje je, po ponovitvi navodil pred samim začetkom, potekalo brez težav. Zapisničarka je vestno

zapisala vsa dejstva in sprejete sklepe, prisotni so se strinjali z izvedbo skladno s pravili društva, overovatelji so potrdili pravilnost zapisa – izvršni odbor društva je dobil odvezo za izvedbo programa v letu 2020 in prejel obvezo za aktivno delo v letu 2021, pravzaprav bi bili lahko kar ponosni ob zaključku, če ...



Slika 7: Utrinek z občnega zbora LGD v marcu 2021.

V življenju nas velikokrat ali kar praviloma spremlja kakšen »če« in s tem smo se v večini že nekako sprijaznili, a tokrat je tako otipljiv in moteč, da bo treba čimprej popraviti nelagodje, ki nas je obhajalo med izvedbo, še bolj pa ob zaključku srečanja, ko smo onemeli s »cmokom v ustih«. Kje so nasmehi, trepljanja in že omenjene vroče razprave, pa šale in plodno kovanje novih idej za društvene podvige, ki ob prigrizku in dobri kapljici vzniknejo tako spontano!?

Ne, tega na daljavo ni moč pričarati in zato Zoom ostaja le izhod v sili – naj velja: kmalu nasvidenje v živo!

Slikovno gradivo: Miha Muck, Ljubljansko geodetsko društvo
Zapisal: Milan Brajnik, za Ljubljansko geodetsko društvo
e-naslov: milan.brajnik@gis.si

IN MEMORIAM MILAN NAPRUDNIK



(1927–2021)

Na pragu pomladi nas je v 94. letu zapustil ugleden slovenski geodet in univerzitetni profesor v pokoju dr. Milan Naprudnik. Rodil se je v Celju in tako kot mnoge družine iz tega dela Slovenije so bili tudi Naprudnikovi med drugo svetovno vojno izgnani v Bosno, od koder so se vrnili šele po koncu vojne. Po maturi na celjski gimnaziji se je vpisal na Tehniško fakulteto Univerze v Ljubljani, na oddelek za geodezijo, kjer je diplomiral leta 1954.

Poklicno pot geodeta je Milan Naprudnik začel že med študijem in jo po diplomi nadaljeval na Geodetskem zavodu Celje, nabiral si je izkušnje na terenskih meritvah in napredoval do direktorja te ustanove. Leta 1964 je postal direktor Geodetskega zavoda Republike Slovenije, leta 1967 pa direktor Geodetske uprave Republike Slovenije.

Leta 1970 je Milan Naprudnik prevzel vodenje Zavoda za regionalno-prostorsko planiranje Republike Slovenije. V svojo delovno skupino je znal pritegniti različne strokovnjake, ki so se ukvarjali s prostorskim in urbanističnim načrtovanjem, tedaj pri nas še dokaj nove znanstvene in strokovne vede. Z izsledki raziskovalnega in strokovnega dela je Milanu Naprudniku in njegovi skupini uspelo prepričati tako strokovno javnost kot tudi tedanje vodstvo Slovenije, da je treba preprečiti stihijske procese urbanizacije v slovenskem prostoru in vpeljati politiko policentričnega prostorskega in gospodarskega razvoja Slovenije. Ker pa je vključitev prostorskega in regionalnega planiranja v sistem samoupravnega družbenega planiranja leta 1976 pomenila opustitev ter s tem degradacijo znanstvenega in strokovnega dela na področju urejanja prostora, je bil Milan Naprudnik decembra istega leta odstavljen z vodilnega položaja na področju prostorskega planiranja. Po enoletnem premoru je prevzel vodenje Geodetske uprave Republike Slovenije, leta 1984 pa zasedel mesto glavnega republiškega urbanističnega inšpektorja in republiški urbanistični inšpektorat vodil do upokojitve leta 1993.

Leta 1994, ko je Republika Slovenija prevzela predsedovanje Alpski konvenciji, pa se je na povabilo vlade ponovno aktiviral ter na ministrstvu za okolje in prostor prevzel predsedovanje stalnemu odboru Alpske konference do leta 1998 ter s svojimi organizacijskimi in strokovnimi izkušnjami ter odličnim vodenjem interdisciplinarnih mednarodnih ekip pomembno prispeval k uveljavljanju Sporazuma o varstvu Alp, ki so ga ratificirale države na območju Alp in Evropska unija. V mednarodnem okolju je

razvijal pomembne zamisli za trajnostni razvoj. Nastali so protokoli Urejanje prostora in trajnostni razvoj, Energija, Gorski gozd, Hribovsko kmetijstvo, Varstvo narave in urejanje krajine, Promet, Varstvo tal in Turizem, ustanovljena je bila mednarodna mreža za zavarovana območja v Alpah.

Od upokojitve naprej je ljubiteljsko deloval v nevladnih organizacijah na področju urejanja prostora, varstva okolja in narave (na primer CIPRA International, PANGEO, PZS ipd).

Milan Naprudnik je od nekdaj menil, da geodetski strokovnjak potrebuje izredno široko, ne le tehnično, temveč tudi naravoslovno in družboslovno znanje, in se je v tej smeri tudi sam izobraževal. Leta 1979 je magistriral, leta 1986 pa tudi doktoriral na interdisciplinarnem podiplomskem študiju prostorskega in urbanističnega planiranja (IPŠPUP FAGG).

Pedagoško univerzitetno kariero je začel leta 1976 in jo dolga leta opravljal kot honorarni sodelavec. Mnogim študentom je bil mentor ali somentor pri diplomskih in magistrskih nalogah ter doktorskih disertacijah. Prizadeval si je za pretok znanja iz univerzitetnih krogov v strokovno prakso ter interdisciplinarnost in to poslanstvo nenehno udejanjal. Objavil je veliko strokovnih člankov in publikacij, predvsem s področja prostorskega načrtovanja ter soodvisnosti geodezije in prostorskega načrtovanja, ter se neutrudno zavzemal za to, da se v Sloveniji okrepi regionalno načrtovanje in udejanji smotrna raba prostora.

Da njegovo delo ni ostalo neopaženo, dokazujejo številna priznanja, odlikovanja in častna članstva, naj omenimo le red dela z zlatim vencem (1970) in red zaslug za narod s srebrnimi žarki (1985) (odlikovanje SFRJ za posebne zasluge pri razvoju družbe), prav tako pa tudi priznanja drugih stanovskih združenj (Atletske zveze Slovenije, Planinske zveze Slovenije, Zveze geodetov Slovenije, Urbanistične zveze Jugoslavije, Zveze geodetskih inženirjev in geometrov Jugoslavije itd).

Prof. dr. Milan Naprudnik je slovenski geodeziji pa tudi regionalnemu prostorskemu planiranju dal svetovljanstvo in širšo družbeno težo. Pod njegovim vodstvom se je slovenska geodezija po zgledu drugih zahodnih držav izredno hitro razvijala iz zemljemerske vede v pomembno znanstveno disciplino, ki poleg drugega zagotavlja strokovne podlage za načrtovanje posegov v prostor in gospodarjenje z njim.

Njegova karizma, značaj in jasnost misli so skozi leta navdihovali vrsto generacij slovenskih geodetskih in drugih strokovnjakov. S svojim delovanjem v stroki ter uveljavljanjem geodezije in prostorskega planiranja v družbi nam pušča bogato zapuščino, na kateri lahko gradimo nadaljnje razvojne usmeritve na vseh področjih delovanja geodetske stroke. Za vse to se mu slovenski geodeti iskreno zahvaljujemo in obljublamo, da bomo z njegovo dediščino skrbno ravnali ter upoštevali vse nasvete in sugestije, ki nam jih je dajal vso svojo bogato in dolgo strokovno kariero. Zaradi svojega delovanja in prijateljskega odnosa nam ostaja v trajnem zgodovinskem spominu.

Anton Prosen

MILANU V SPOMIN



(1927–2021)

Erazem Rotterdamski je nekoč dejal: »So ljudje, ki živijo v svetu sanj, in so ljudje, ki se soočajo z resničnostjo. In so tudi tisti, ki en svet spreminjajo v drugega.« Dr. Milan Naprudnik je bil nedvomno človek, ki je spadal v kategorijo slednjih. Vse življenje je en svet spreminjal v drugega. Svet geodetske dejavnosti in svet geodetske stroke je zaznamoval s svojim strokovnim delom in z neizčrpnim virom življenjske energije, s katero si je prizadeval ta svet spremeniti v drug, boljši, sodobnejši svet geodetske dejavnosti in prostorskega načrtovanja.

Ko danes prebiramo gradiva in zapise, ki jih je v sedemdesetih in osemdesetih letih prejšnjega stoletja oziroma celo prejšnjega tisočletja zapisal Milan Naprudnik, se nam zazdi, da beremo aktualne strateške usmeritve državne geodetske službe, usmeritve s področja inventarizacije prostora, regionalnega planiranja in informacijskih sistemov. Pred več kot štiridesetimi leti zastavljena vizija je namreč še vedno aktualna, saj nam čisto vseh takrat zapisanih ciljev še vedno ni uspelo v celoti izpolniti.

Letos mineva osemnajst let od Milanovega zapisa v Geodetskem vestniku, v katerem nas je opozarjal na vlogo geodetov in geodetske dejavnosti v razmerju do takrat uveljavljene Agende 21 ter evropske prostorske razvojne perspektive. Osem let po upokojitvi je natančno opredeljeval izzive jutrišnjega dne ter pisal o globalizaciji družbe in s tem tudi o globalizaciji gospodarjenja z zemljišči, ter o izzivu, ki ga je poimenoval z geslom »Danes kataster zemljišč, jutri statistika nepremičnin«.

O vizionarstvu Milana Naprudnika nas prepriča primerjava današnjih zapisov v evropskem zelenem dogovoru in skupnem evropskem podatkovnem prostoru, ki vključujejo povsem enake teme. Kljub jasnim usmeritvam, ki jih je Milan postavil pred državno geodetsko službo že v obdobju, ko je vodil republiško geodetsko upravo (1967–1970 in 1977–1984), nam jih vsem skupaj vse do danes ni uspelo v celoti izpolniti. Šele z dokončanjem programa projektov eProstor bo slovenska državna geodetska služba skupaj z direktoratom za prostor, graditev in stanovanja MOP izpolnila zamisel o medopravilnih in večnamenskih nepremičninskih evidencah, povezanih z inštrumenti zemljiške politike in prostorskega načrtovanja.

Milan Naprudnik je bil skupaj s Tomažem Banovcem in drugimi vizionarji slovenske geodezije zaslužen, da smo slovenski geodeti že v 70. letih ponujali globalne evidence o rabi zemljišč, onesnaženosti, nara-

vovarstveni in okoljski vrednosti, tržni vrednosti in drugo. Vse naštetu zasledujemo Milanovi nasledniki na čelu Geodetske uprave Republike Slovenije vse do današnjih dni, ko že lahko s ponosom poročamo na evropski in svetovni ravni, da je v Sloveniji že vzpostavljen integriran okvir za učinkovito upravljanje prostorskih podatkov za potrebe doseganja ciljev trajnostnega razvoja in Agende 2030, s čimer se trenutno ukvarjata OZN in Svetovna banka.

Leta 2003 se je Milan spraševal, ali lahko takšne drzne misli in razvoj privedejo do slovesa od starega, dobrega zemljiškega katastra kot temeljne evidence geodetske upravne dejavnosti? V teh dneh državni zbor sprejema Zakon o katastru nepremičnin, v katerem najdemo odgovor na prej zapisno vprašanje. Kataster ostaja temeljna evidenca geodetske upravne dejavnosti, vendar hkrati postaja jedro sistema povezanih zbirk podatkov in spletnih storitev na podlagi teh podatkov, ki bodo v globalizirani družbi služili za sprejemanje kakovostnih odločitev in pripomogli k hitrejšemu, vendar trajnejšemu družbenemu razvoju. Marsičesa od doseženega v Sloveniji še ne bi imeli, če ne bi imeli v svojih vrstah vsestranskega entuziasta, vizionarja in strokovnjaka z neizmerno energijo, kakršen je bil prof. dr. Milan Naprudnik.

Bolečina ob izgubi s časom izgine, a spomini ostanejo za večno. Milanova večna mladostna energija nas bo vse skupaj še dolgo navdihovala, da si vsi skupaj prizadevamo, da bi mu čim bolj sledili in ta svet spremenili v drug, boljši svet. Milan, pogrešali te bomo.

Tomaž Petek

generalni direktor Geodetske uprave Republike Slovenije

DIPLOME IN MAGISTERIJI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

OD 1. 11. 2020 DO 31. 1. 2021

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA

Sabina Glavič Navidezni prelet izbranega odseka kolesarske poti

Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič

Somentor: doc. dr. Klemen Kozmus Trajkovski

URL <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=124055>

Andrej Hlača Geodetska izmera triangulacijsko-trilateracijske mikromreže HE Brežice

Mentor: doc. dr. Aleš Marjetič

URL <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=122257>

Natali Komadina Analiza postopkov in geodetskih elaboratov v Republiki Hrvaški za evidentiranje stavb

Mentorica: izr. prof. dr. Anka Lisec

Somentor: viš. pred. dr. Miran Ferlan

URL <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=122258>

Lara Letnar Geodetsko spremljanje stabilnosti pregrade Drtiščica na Gradiškem jezeru

Mentor: izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Somentor: asist. dr. Klemen Kregar

URL <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=121975>

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE PROSTORSKO NAČRTOVANJE

Jana Breznik Analiza dinamike voda z uporabo časovne vrste satelitskih posnetkov Sentinel-1

Mentor: prof. dr. Krištof Oštir

Somentorja: doc. dr. Gašper Rak, mag. Matjaž Ivačič

URL <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=124538>

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE TEHNIČNO UPRAVLJANJE NEPREMIČNIN

Sandra Humar Primerjava postopkov nove izmere na izbranih območjih
 Mentorica: izr. prof. dr. Anka Lisec
 Somentorja: doc. dr. Marjan Čeh, Ksenija Simčič
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=124583>

Anže Kovačič Določitev geometričnih lastnosti nedokončanega železniškega predora v Godoviču
 Mentor: doc. dr. Božo Koler
 Somentor: asist. dr. Tilen Urbančič
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=124584>

*Vir: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo UL FGG
 Za študijski referat: Teja Japelj*

NAGOVOR OB SLAVNOSTNI PODELITVI DIPLOMSKIH IN MAGISTRSKIH LISTIN DIPLOMANTOM UL FGG V LETU 2020

Gregor Klemenčič

Spoštovane diplomantke in diplomanti, magistrantke in magistranti Fakultete za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani, spoštovani mentorji in somentorji, cenjeni profesorski zbor.

V veselje in zadovoljstvo mi je, da vas nagovorim ob tako pomembnem dogodku v življenju in vas s pozitivnimi mislimi pospremim na vašo poklicno pot.

Ob razmišljanju o vsebini nagovora so mi privreli na površje občutki, ko sem bil sam diplomant in sem pred natanko dvajsetimi leti na slavnostnem dogodku prejel diplomu za končan univerzitetni študij geodezije. Zagotovo eni od najlepših občutkov v življenju, predvsem zaradi zavedanja, da je diploma zelo pomembna odskočna deska za uspešno poklicno pot. Ko se obrnem na svojo dosedanje prehojeno poslovno pot, vedno znova ugotavljam, kako pomemben temelj mi je dal kakovosten študij na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo, ki sem ga leta 2016 nadgradil s končanim magistrskim študijem na IPŠPUP. Diplomanti vseh študijskih programov Fakultete za gradbeništvo in geodezijo imamo resnično neizmerne možnosti za poslovno pot oziroma zaposlitev, saj pridobimo veliko interdisciplinarnega znanja. Če pogledamo samo nekaj desetletij nazaj, so bila strokovna področja dela precej omejena na ožja področja dela posamezne strokovne smeri izobrazbe, kjer so posamezne državne inštitucije in zasebna podjetja potrebovali specialna znanja. Če izhajam iz svojih dosedanjih delovnih izkušenj na področju gospodarskih javnih služb varstva okolja, projektiranja infrastrukture, izdelave prostorskih aktov, vodenja komunalnega podjetja in sedaj vodenja direktorata za okolje na ministrstvu za okolje in prostor, lahko z gotovostjo trdim, da mi je to omogočilo ravno že prej omenjeno interdisciplinarno znanje.

Diplomanti sedanjih študijskih programov na FGG imate resnično neizmerne možnosti glede svojega področja dela. Ravno med pisanjem tega nagovora sem dobil povezavo na predstavitveni film FGG. Po ogledu sem bil neizmerno ponosen, da sem študiral na FGG, in izjemno presenečen nad kakovostjo vsebin študijskih programov. Prepričan sem, da imamo še veliko neizkoriščenih potencialov pri aktivnejšem vključevanju na področju varstva okolja, podnebnih sprememb in krožnega gospodarstva. To so področja, ki so ključna za nadaljnji človekov razvoj in tudi obstoj. Trenutna situacija glede epidemije covida ni nič novega, nepričakanega. Je samo eno od jasnih sporočil vsemu človeštvu, da bo treba v prihodnje prevrednotiti svoje vrednote ter postaviti okolje pred interese kapitala in ustvarjanje lažnega občutka, da se lahko kot družba neomejeno razvijamo. Sledi zelo pomembno obdobje, ko bo vaša vloga neobhodno potrebna, zato se ne bojte prevzeti odgovornih nalog, ki vas čakajo. V prihodnjih letih bo ogromno sredstev iz tako imenovanega Sklada za okrevanje in odpornost namenjenih za okoljske, infrastrukturne in druge projekte, kjer bo vaše znanje še kako potrebno. Izkoristite te možnosti, pridobite si čim več izkušenj in jih v prihodnje nadgradite s tem, da boste ambiciozno prevzemali vodilne in vodstvene položaje. Le tako boste imeli možnost odločanja, da bo stroka zasedla vidnejše in pomembnejše

mesto v družbi. Velikokrat imam občutek, da smo pri tem zaradi svoje tehnične usmerjenosti premalo ambiciozni in se premalo izpostavljamo. Možnosti in priložnosti imate več kot dovolj, izkoristite to in bodite pogumni. Prepričan sem, da se boste vsak na svojem področju aktivno vključili tudi v strokovna združenja (zbornice, zveze, društva, sekcije) in s tem zelo veliko prispevali k razvoju stroke. Naj mi bo kot predsedniku Zveze geodetov Slovenije dovoljeno, da vse geodete, z veseljem pa tudi ostale, povabim, da se včlanite v regijska geodetska društva. Društveno udejstvovanje je na resni preizkušnji, saj je vedno manj pripravljenosti delati na prostovoljni ravni, ki je za prepoznavnost in utrjevanje položaja stroke v družbi ključnega pomena.

Verjamem, da se bo večina od vas odločila tudi za nadaljevanje študija ter pridobivanje novih teoretičnih in praktičnih znanj. Pomembno je, da svoj študij kar se da prepletate z delom v realnem sektorju. Učenje se nikoli ne konča z diplomom, ampak se takrat resnično šele začne. Nikoli se ne nehajte učiti, pridno prenašajte pridobljeno znanje v prakso, bodite kreativni in jasno sledite svojim strokovnim ciljem. Odločno utirajte poti za doseg ciljev, pri tem spoštujte različnost ljudi, s katerimi boste sodelovali, in iz tega črpajte moč za razvoj svojih potencialov, ki naj vodijo v skupne uspešne zgodbe. Nikoli ne pozabite na pravo mero srčnosti, vaše vodilo pa naj bo pozitivna energija in zavedanje, da se dobro z dobrim vrača.

Izrekam vam iskrene čestitke ob zaključku študija in želim izpolnitve še veliko življenjskih ciljev. Srečno na vaših življenjskih poteh.

Ljubljana, 2. februar 2021



Zveza geodetov Slovenije in Primorsko geodetsko društvo
najavljata termin spletne izvedbe strokovnega posveta

49. Geodetski dan

z delovnim naslovom

Izzivi digitalne preobrazbe katastra,

ki bo **16. septembra 2021** v Gledališču Koper, Verdijeva ulica 3, 6000 Koper.

Prostor potrebuje strokovno in trajnostno upravljanje, pri čemer je izrednega pomena kakovosten večnamenski kataster. Kataster, trdno vpet v sodoben državni koordinatni sistem, je večnamensko digitalno jedro vira informacij prostorske podatkovne infrastrukture, ki omogoča vsem drugim deležnikom nadgrajevanje z lastnimi podatki o naravnem in grajenem prostoru. Edinstvena lastnost katastra je povezava lege, oblike in lastnosti parcel in stavb s podatki o lastništvu. Te lastnosti nima in je ne more nadomestiti nobena druga evidenca. Pri tem ima pomembno vlogo geodetska stroka, ki skrbi za kakovost katastra in zagotavlja temelje za informacijsko podporo upravljanju prostora. Izrednega pomena je trdno družbeno razumevanje vloge katastra in vsestranska podpora vseh deležnikov. Geodetska stroka pa mora spremljati družbene izzive pri upravljanju prostora ter se aktivno odzivati z rešitvami in izboljšavami.

V zadnjih letih smo v Sloveniji priča pomembnim procesom, ki vplivajo na kataster nepremičnin. Med temi velja omeniti nov sistem množičnega vrednotenja nepremičnin z neuspešnim poskusom modernizacije obdavčitve nepremičnin. Sprejeta je bila nova zakonodaja na področjih urejanja prostora in graditve objektov. Vzpostavljene so bile nove evidence s podatki o dejanski rabi zemljišč. Program projektov eProstor prinaša nove informacijske rešitve – ne le v katastru, ampak tudi na področju prostorskega načrtovanja in gradnje. Pred vrati je nov zakon o katastru nepremičnin. Na evropski ravni je Evropska komisija pripravila strategijo za digitalno preobrazbo in vzpostavitev trajnostnega gospodarstva EU, ki je vodilo za naslednjo finančno perspektivo Evropske unije.

Vse te novosti prinašajo geodetski stroki številne znanstvene, strokovne, tehnološke in družbene izzive. Od uspešnega soočenja z njimi je odvisna uspešnost geodetske stroke v prihodnosti. Ti izzivi so tema letošnjega Geodetskega dneva! Obravnavali jih bomo tako, da bomo preobrazbo katastra in razloge zanjo osvetlili z različnih perspektiv – domače in tuje, geodetske in drugih strok ter različnih vej geodetske službe. Več informacij najdete na spletni strani ZGS <https://www.zveza-geodetov.si/>.

Vljudno vabljeni k sodelovanju in udeležbi!

dr. Joc Triglav
Predsednik programskega odbora

mag. Gregor Klemenčič
Predsednik Zveze geodetov Slovenije

Aleš Novak, dipl. inž. geod.
Predsednik organizacijskega odbora



The Association of Surveyors of Slovenia and the Society of Surveyors of the Primorska region
announce the date of the

49th Slovenian Land Surveying Day

with the working title

Challenges of Digital Renovation of Cadastre

to be held on **16th September 2021** in Koper Theatre, Verdijeva ulica 3, Koper.

Land requires professional and sustainable management, in which a multi-purpose and high-quality cadastre plays a fundamental role. A cadastre that is tightly integrated into a modern national coordinate system serves as a multi-purpose digital core that provides information for spatial data infrastructure that enables other stakeholders to build on it with their own data in the natural and built environments. Cadastre uniquely unites the position, shape, and characteristics of plots and buildings with ownership data. No other record offers this attribute, and no other record is able to replace it. The surveying profession, with its calling to maintain the quality of the cadastre and to provide foundations for information support in space management, is essential here. It is highly recommended that our society be aware of the cadastre's role and that the latter enjoys broad support from all its stakeholders. In contrast, the surveying profession is bound to follow society's challenges in space management and respond actively with solutions and improvements.

Recent years in Slovenia have been significantly marked by processes that influence land cadastre. One should not forget to mention the mass appraisal of real estate with a failed attempt to modernise the system of real-estate taxation. Also, new legislation in the fields of space management and construction has been introduced. New records with the data on land use have been established. The eProstor project programme offers new information solutions – not only cadastral but also in the fields of spatial management and construction. A new law on land cadastre is to be passed soon. On the EU level, the European Commission has adopted a strategy for the digital transformation and shaping of a sustainable EU economy, which is the stepping stone for the next EU financial perspective.

All these innovations bring about numerous scientific, professional, technological, and societal challenges. The future of surveying depends on how successfully the profession will be able to meet them. So, it is these challenges that are the topic of this year's Surveyors' Day! We will attempt to shed light on them from different perspectives – with input by experts from Slovenia and abroad, from surveying and other professions, and from different branches of the surveying service. For more information, please visit the website <https://www.zveza-geodetov.si/>.

You are cordially invited to participate and attend.

Joc Triglav Ph.D.

Chair of the Programme Committee

Gregor Klemenčič M.Sc.

*President of the Association of
Surveyors of Slovenia*

Aleš Novak B.Sc.

Chair of the Organising Committee

SEZNAM RECENZENTOV ZNAJSTVENIH IN STROKOVNIH ČLANKOV, OBRAVNAVANIH V UREDNIŠTVU GEODETSKEGA VESTNIKA V LETU 2020

LIST OF PEER REVIEWERS OF ACADEMIC AND PROFESSIONAL ARTICLES ASSESSED BY THE GEODETSKI VESTNIK EDITORIAL BOARD IN 2020

prof. dr. Ivan R. Aleksić (Univerza v Beogradu, Fakulteta za gradbeništvo, Srbija)	Prof. Ivan R. Aleksić, Ph.D. (University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Serbia)
izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assoc. Prof. Tomaž Ambrožič, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
dr. Richard A. Anthes (University Corporation for Atmospheric Research, Boulder, Kolorado, ZDA)	Dr. Richard A. Anthes (University Corporation for Atmospheric Research, Boulder, Colorado, USA)
prof. dr. Željko Bačić (Univerza v Zagrebu, Fakulteta za geodezijo, Hrvaška)	Prof. Željko Bačić, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Croatia)
Sandi Berk (Geodetska uprava Republike Slovenije, Ljubljana, Slovenija)	Sandi Berk (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)
prof. dr. Mario Brkić (Univerza v Zagrebu, Fakulteta za geodezijo, Hrvaška)	Prof. Mario Brkić, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Croatia)
mag. Gašper Cerar (Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije)	Gašper Cerar, M.Sc. (Chamber of Agriculture and Forestry of Slovenia)
prof. dr. Andreja Cirman (Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, Slovenija)	Prof. Andreja Cirman, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Economics, Slovenia)
doc. dr. Franc Dimc (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet, Slovenija)	Assist. Prof. Franc Dimc, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Maritime Studies and Transport, Slovenia)
doc. dr. Samo Drobne (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assist. Prof. Samo Drobne, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
Marko Fatur (Ljubljanski urbanistični zavod d. d., Ljubljana, Slovenija)	Marko Fatur (Ljubljanski urbanistični zavod d. d., Ljubljana, Slovenia)
Bujar Fetai (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Bujar Fetai (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
prof. dr. Dušan Gleich (Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Slovenija)	Prof. Dušan Gleich, Ph.D. (University of Maribor, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Slovenia)
dr. Lidija Globevnik (Inštitut za vode Republike Slovenije)	Lidija Globevnik, Ph.D. (Institute for Water of the Republic of Slovenia)
prof. dr. Mojca Golobič (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Slovenija)	Prof. Mojca Golobič, Ph.D. (University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Slovenia)
doc. dr. Dejan Grigillo (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assist. Prof. Dejan Grigillo, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)

Urša Kanjir (Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Ljubljana, Slovenija)	Urša Kanjir (Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, Ljubljana, Slovenia)
mag. Vesna Kolar Planinšič (Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije)	Vesna Kolar Planinšič, M.Sc. (Ministry of the Environment and Spatial Planning of the Republic of Slovenia)
doc. dr. Božo Koler (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assist. Prof. Božo Koler, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
dr. Miha Konjar (Locus d.o.o., Domžale, Slovenija)	Miha Konjar, Ph.D. (Locus d.o.o., Domžale, Slovenia)
doc. dr. Mojca Kosmatin Fras (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assist. Prof. Mojca Kosmatin Fras, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
dr. Klemen Kregar (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Klemen Kregar, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
doc. dr. Miran Kuhar (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assist. Prof. Miran Kuhar, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
doc. dr. Božena Lipej (Nova Univerza, Evropska pravna fakulteta, Slovenija)	Assist. Prof. Božena Lipej, Ph.D. (Nova University, European Faculty of Law, Slovenia)
izr. prof. dr. Anka Lisec (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assoc. Prof. Anka Lisec, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
doc. dr. Ante Marendić (Univerza v Zagrebu, Fakulteta za geodezijo, Hrvaška)	Assist. Prof. Ante Marendić, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Croatia)
dr. Marijan Marjanović (Državna geodetska uprava Republike Hrvaške, Zagreb, Hrvaška)	Marijan Marjanović, Ph.D. (Geodetic Administration of the Republic of Croatia, Zagreb, Croatia)
doc. dr. Aleš Marjetič (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assist. Prof. Aleš Marjetič, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
dr. Aleš Marsetič (Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Ljubljana, Slovenija)	Aleš Marsetič, Ph.D. (Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, Ljubljana, Slovenia)
mag. Klemen Medved (Geodetska uprava Republike Slovenije, Ljubljana, Slovenija)	Klemen Medved, M.Sc. (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)
doc. dr. Gerhard Navratil (Tehniška univerza Dunaj, Oddelek za geodezijo in geoinformatiko, Avstrija)	Privatdoz. Dr.techn. Gerhard Navratil (TU Vienna, Department of Geodesy and Geoinformation, Austria)
prof. dr. Kristof Oštir (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Prof. Kristof Oštir, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
doc. dr. Rinaldo Paar (Univerza v Zagrebu, Fakulteta za geodezijo, Hrvaška)	Assist. Prof. Rinaldo Paar, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Croatia)
doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assist. Prof. Polona Pavlovčič Prešeren, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
Tomaž Primožič (Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije)	Tomaž Primožič (Ministry of Agriculture, Forestry and Food of the Republic of Slovenia)
doc. dr. Simon Rusjan (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assist. Prof. Simon Rusjan, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
dr. Dalibor Radovan (Geodetski inštitut Slovenije)	Dalibor Radovan, Ph.D. (Geodetic Institute of Slovenia)
asist. Klemen Ritlop (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assist. Klemen Ritlop (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
dr. Mitja Skudnik (Gozdarski inštitut Slovenije)	Mitja Skudnik, Ph.D. (Slovenian Forestry Institute)

doc. dr. Oskar Sterle (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assist. Prof. Oskar Sterle, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
prof. dr. Bojan Stopar (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Prof. Bojan Stopar, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
dr. Bojan Šavrič (ESRI Redlands, Kalifornija, ZDA)	Bojan Šavrič, Ph.D. (ESRI Redlands, California, USA)
mag. Milan Torkar (Tekos d.o.o., Slovenija)	Milan Torkar, M.Sc. (Tekos d.o.o., Slovenia)
doc. dr. Mihaela Triglav Čekada (Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija)	Assist. Prof. Mihaela Triglav Čekada (Geodetic Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)
doc. dr. Nedim Tumo (Univerza v Sarajevu, Fakulteta za gradbeništvo, Bosna in Hercegovina)	Assist. Prof. Nedim Tumo, Ph.D. (University of Sarajevo, Faculty of Civil Engineering, Bosnia and Herzegovina)
dr. Tilen Urbančič (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Tilen Urbančič, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
dr. Tatjana Veljanovski (Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Ljubljana, Slovenija)	Tatjana Veljanovski, Ph.D. (Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, Ljubljana, Slovenia)
dr. Petra Vertelj Nared (Ljubljanski urbanistični zavod d.d., Ljubljana, Slovenija)	Petra Vertelj Nared, Ph.D. (Ljubljanski urbanistični zavod d. d., Ljubljana, Slovenia)
dr. Rok Vezočnik (Zavod za gradbeništvo Slovenije)	Rok Vezočnik, Ph.D. (Slovenian National Building and Civil Engineering Institute)
izr. prof. dr. Milivoj Vulić [†] (Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Slovenija)	Assoc. Prof. Milivoj Vulić [†] , Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Natural Science and Engineering, Slovenia)
doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Assist. Prof. Alma Zavodnik Lamovšek, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)
prof. dr. Dejan Zupan (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija)	Prof. Dejan Zupan, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia)



GEO SERVIS
Izzive spreminjamo v rešitve

- when it has to be **right**

Leica
Geosystems

Merilna oprema in rešitve za zajem in obvladovanje prostorskih podatkov
Pooblaščen prodajalec in certificirani servisni center **Leica Geosystems**
Geoservis d.o.o. | (01) 586 38 30 | info@geoservis.si | www.geoservis.si



30 let

40 mio parcel v produkciji

4 države

30 years

40 mil cadastral parcels in production

4 countries

Upravljamo 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 FG 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.”

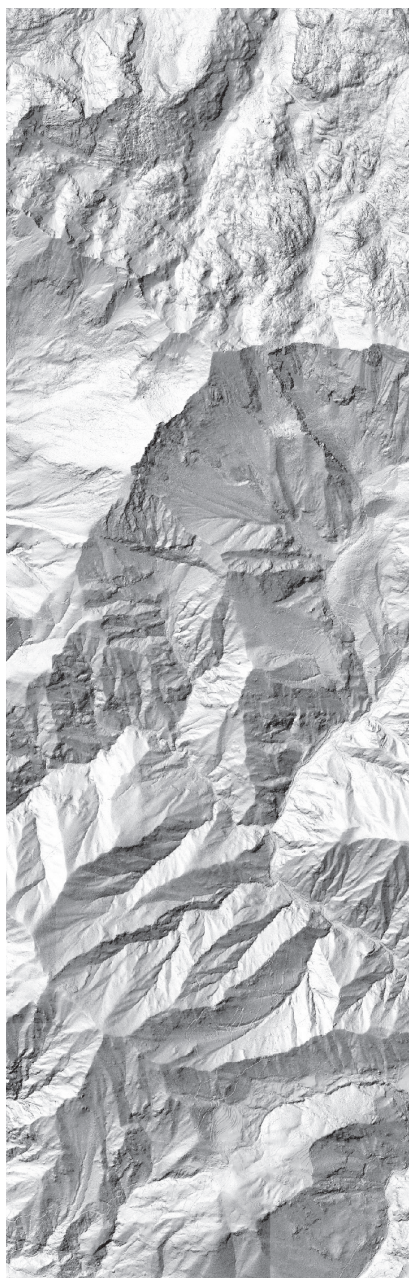
Ana Jeseničnik

univ. dipl. inž. geodezije, zaposlena v švicarskem podjetju Gemetris SA

Drugi prijavitni rok za vpis v vse prvostopenjske študijske programe bo odprt od 20. do 27. avgusta 2021.

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo





Podoba analitičnega senčenja DMR1
Laserskega skeniranja Slovenije 2014-2015



GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE

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

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

Spoštovani,
obveščamo vse deležnike, **da je delo s strankami** na lokacijah GI na Jamovi cesti 2 in Zemljemerski ulici 12 v Ljubljani **za čas grožnje z okužbo s koronavirusom COVID-19 omejeno na telefonsko komunikacijo in poslovanje preko spleta**. Dosegljivi smo na telefonski številki 01 200 29 00 in e-naslovu info@gis.si.



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.

