

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

G EODETSKI

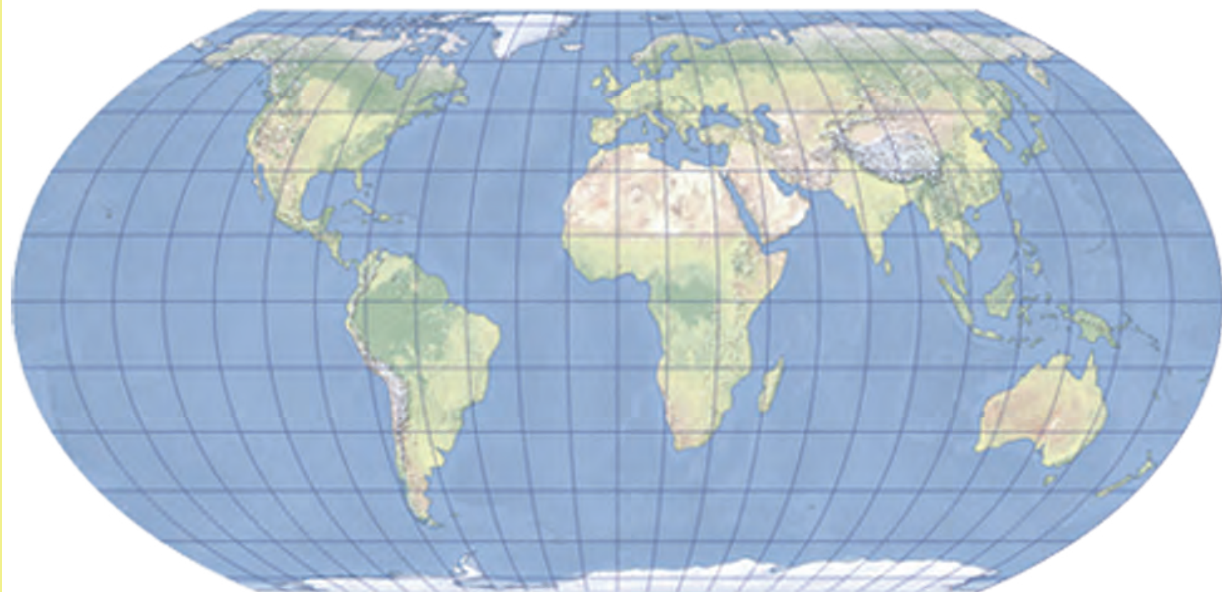
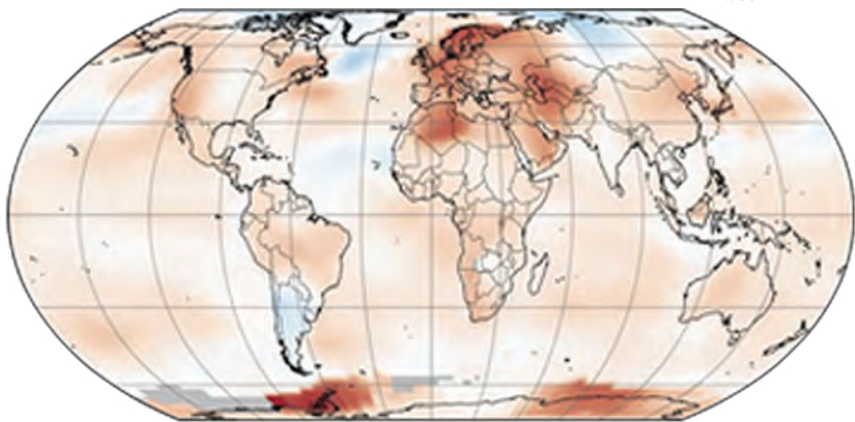
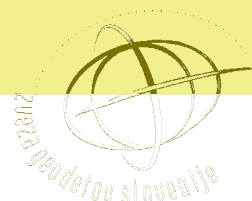
2018

V E S T N I K

ISSN 0351-0271

Letn. 62 | št. 3

Vol. 62 | No. 3



GEODETSKI VESTNIK

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



Letnik 62, št. 3, str. 369–554, Ljubljana, september 2018. Izidejo štiri številke na leto. Naklada te številke: 1200 izvodov.

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

Vol. 62, No. 3, pp. 369–554, Ljubljana, Slovenia, September 2018. Issued four times a year. Circulation: 1,200 copies.

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

IF JCR (2016): 0,337

IF SNIP (2016): 0,433



Geodetski vestnik je indeksiran in povzet v Social Sciences Citation Index (SSCI), Social Scisearch (SSS) in Journal Citation Reports/ Social Sciences Edition (JCR/SSE).

Indeksiran in povzet je tudi v naslednjih bibliografskih zbirkah:

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

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

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

Geodetski vestnik is indexed and abstracted in Social Sciences Citation Index (SSCI), Social Scisearch (SSS) and Journal Citation Reports/ Social Sciences Edition (JCR/SSE).

Indexed and abstracted is also in those bibliographic data bases:

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

Geodetski vestnik is partly subsidized by the Slovenian Research Agency.

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

GLAVNA IN ODGOVORNA UREDNICA

dr. Anka Lisec

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija

Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana

Tel.: +386 1 4768 560

e-naslov: urednik@geodetski-vestnik.com

PODROČNI UREDNIKI

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

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

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

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

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

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

MEDNARODNI UREDNIŠKI ODBOR

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

dr. Janja Avbelj (Eumetsat, Darmstadt, Nemčija)

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

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

Sandi Berk (Geodetska uprava RS, Ljubljana, Slovenija)

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

Miran Brumec (Inženirska zbornica Slovenije)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tomaž Petek (Geodetska uprava RS, Ljubljana, Slovenija)

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

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

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

dr. Anton Prosen (Ljubljana, Slovenija)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

EDITOR-IN-CHIEF

Anka Lisec, Ph.D.

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

Phone: +386 1 4768 560

E-mail: editor@geodetski-vestnik.com

FIELD AND SUB-FIELD EDITORS

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

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

Božena Lipej, Ph.D., field editor for Real Estate Management and Recording

Krištof Oštir, Ph.D., field editor for Remote Sensing and Geoinformatics

Bojan Stopar, Ph.D., field editor for Geodesy and Geophysics

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

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

Sandi Berk (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)

Giuseppe Borruso, Ph.D. (University of Trieste, DEAMS, Trieste, Italy)

Miran Brumec (Slovenian Chamber of Engineers)

Raffaella Cefalo, Ph.D. (University of Trieste, Department of Engineering and Architecture, Trieste, Italy)

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

Marjan Čeh, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)

Walter Timo de Vries, Ph.D. (Technical University of Munich, München, Germany)

Urška Demšar, Ph.D. (University of St. Andrews, St. Andrews, Scotland, United Kingdom)

Samo Drobne, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)

Erna Flogie Dolinar, M.Sc. (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)

Thomas Kalbro, Ph.D. (Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden)

Dušan Kogoj, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)

Žiga Kokalj, Ph.D. (ZRC SAZU, Institute of Anthropological and Spatial Studies)

Miran Kuhar, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)

Reinfried Mansberger, Ph.D. (University of Natural Resources and Life Sciences, IVFL, Vienna, Austria)

Leiv Bjarte Mjøs, Ph.D. (Bergen University College, Bergen, Norway)

Gerhard Navratil, Ph.D. (Vienna Technical University, Vienna, Austria)

Tomaž Petek (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia)

Dušan Petrovič, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)

Alenka Poplin, Ph.D. (Iowa State University, College of Design, Ames, Iowa, USA)

Andrea Pödör, Ph.D. (Óbuda University, Székesfehérvár, Hungary)

Anton Prosen, Ph.D. (Ljubljana, Slovenia)

Dalibor Radovan, Ph.D. (Geodetic Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)

Fabio Remondino, Ph.D. (Fondazione Bruno Kessler, 3DOM, Trento, Italy)

Miodrag Roić, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Zagreb, Croatia)

Balázs Székely, Ph.D. (Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary)

Bojan Šavrič, Ph.D. (ESRI Ltd, Redlands, California, USA)

Maruška Šubic Kovač, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)

Joc Triglav, Ph.D. (Surveying and Mapping Authority, Murska Sobota, Slovenia)

Mihaela Triglav Čekada, Ph.D. (Geodetic Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)

Arvo Vitikainen, Ph.D. (Aalto University, Aalto, Finland)

John C. Weber, Ph.D. (Grand Valley State College, Department of Geology, Allendale, Michigan, USA)

Klemen Zakšek, Ph.D. (Rosen Group, Lingen, Nemčija)

IZDAJATELJ

Zveza geodetov Slovenije

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

IZDAJATELJSKI SVET

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

TEHNIČNO UREJANJE IN OBLIKOVANJE

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

LEKTORIRANJE

Manica Baša

UREJANJE SPLETNIH STRANI

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

TISK

Geodetski inštitut Slovenije

DISTRIBUCIJA

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

TRŽENJE (OGLASNO TRŽENJE)

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

NAVODILA AVTORJEM

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

PUBLISHER

Association of Surveyors of Slovenia

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

PUBLISHING COUNCIL

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

TECHNICAL EDITOR AND DESIGN

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

SLOVENE PROOFREADING

Manica Baša

WEB PAGE EDITING

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

PRINT

Geodetic Institute of Slovenia

DISTRIBUTION

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

MARKETING (ADVERTISING)

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

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

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

VSEBINA CONTENTS

UVODNIK | EDITORIAL

<i>Anka Lisec</i>	VZAJEMNOST RECIPROCITY	377 378
<i>Blaž Mozetič</i>	GEODEZIJA O OBLAKU GEODETTIC CLOUD	379 380

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

<i>Andrej Udovč, Magda Rak Cizelj, Vesna Zupanc</i>	IZZIVI PRI IZRAČUNU TRŽNIH ZAKUPNIN KMETIJSKIH ZEMLJIŠČ CHALLENGES FOR THE CALCULATION OF MARKET RENT OF AGRICULTURAL LAND	381
<i>Jure Soldo, Tomaž Ambrožič</i>	DEFORMACIJSKA ANALIZA PO POSTOPKU MÜNCHEN DEFORMATION ANALYSIS: THE MÜNCHEN APPROACH	392
<i>Alenka Senica, Oskar Sterle, Polona Pavlovčič Prešeren</i>	DOLOČITEV VPLIVA TROPOSFERE NA OPAZOVANJA GNSS IZ NIZA RADIOSONDAŽNIH MERITEV V LJUBLJANI OD OKTOBRA DO DECEMBRA 2017 DETERMINATION OF TROPOSPHERIC GNSS IMPACTS FROM A RADIOSONDE DATA SERIES IN LJUBLJANA: CASE STUDY FROM OCTOBER TO DECEMBER 2017	415
<i>Katarzyna Pajak, Kamil Kowalczyk</i>	OCENA SPREMINJANJA NIVOJA MORSKE GLADINE TER FIZIKALNIH POJAVOV V BALTSKEM MORJU ASSESSMENT OF THE DYNAMICS OF SEA LEVEL AND PHYSICAL PHENOMENA IN THE BALTIC SEA	430
<i>Marcin Karabin, Krzysztof Bakula, Anna Fijałkowska, Magdalena Karabin-Zych</i>	ANALIZA IZVEDLJIVOSTI VZPOSTAVITVE 3D-KATASTRA IZ RAZLIČNIH VIROV PODATKOV NA PRIMERU PODZEMNE ŽELEZNICE V VARŠAVI	445

FEASIBILITY STUDY OF 3D CADASTRE IMPLEMENTATION USING VARIOUS DATA SOURCES –
THE CASE OF WARSAW SUBWAY

Tomasz Pirowski, Karolina Bartos 458

IZDELAVA PODROBNE POPULACIJSKE KARTE MESTA NA TEMELJU INFORMACIJ
NACIONALNE PODATKOVNE BAZE O STAVBAH
DETAILED MAPPING OF THE DISTRIBUTION OF A CITY POPULATION BASED ON
INFORMATION FROM THE NATIONAL DATABASE ON BUILDINGS

Tomasz Budzyński, Joanna Jaroszewicz, Wioleta Krupowicz, Anna Majewska, Natalia Sajnog 472

METODA ZA PREPOZNAVANJE PRIHODNIH OBMOČIJ SUBURBANIZACIJE
A METHOD FOR IDENTIFICATION OF FUTURE SUBURBANISATION AREAS

STROKOVNE RAZPRAVE | PROFESSIONAL DISCUSSIONS

Bojan Šavrič, Tom Patterson, Bernhard Jenny 487

EKVIVALENTNA ZEMLJINA KARTOGRAFSKA PROJEKCIJA
EQUAL EARTH PROJECTION

Joc Triglav 491

USKLADITEV ZEMLJIŠKEGA KATASTRA V PREKMURJU S PODATKI EVIDENCE DRŽAVNE MEJE
HARMONIZATION OF THE LAND CADASTRE IN PREKMURJE WITH THE STATE BORDER DO
CUMENTATION DATA

*Nika Mesner, Alen Mangafić, Katja Tič, Tatjana Veljanovski, Urška Kanjir, Nataša Đurić,
Mojca Foški, Mihaela Triglav Čekada* 501

REZULTATI PROJEKTA: SAMODEJNI POSTOPKI IDENTIFIKACIJE SPREMEMB DEJANSKE RABE
KMETIJSKIH ZEMLJIŠČ
PROJECT RESULTS: AUTOMATIC PROCEDURES FOR THE IDENTIFICATION OF CHANGES IN
THE ACTUAL USE OF AGRICULTURAL LAND

Joc Triglav 510

USKLADITEV SKUPNIH KATASTRSKIH PARCEL NA MEJAH UPRAVNIH OBČIN
HARMONIZATION OF COMMON CADASTRAL PARCELS AT MUNICIPAL BORDERS

NOVICE | NEWS

Tomaž Petek | OSMO PLENARNO ZASEDANJE SKUPINE STROKOVNJAKOV ZA GLOBALNO
UPRAVLJANJE GEOGRAFSKIH INFORMACIJ – UN-GGIM 519

Teja Japelj | SEZNAM DIPLOM NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG
OD 1. 5. 2018 DO 31. 7. 2018 523

Aleš Lazar, Klemen Kregar | GEO & IT NOVICE 530

DRUŠTVENE DEJAVNOSTI | ACTIVITIES OF THE PROFESSIONAL SOCIETY

Lija Šušteršič, Peter Golob | 24. TRADICIONALNO SREČANJE NA KRIMU 535

Miran Kuhar | STROKOVNA EKSURZIJA ZA ŠTUDENTE MAGISTRSKEGA ŠTUDIJA
GEODEZIJE IN GEOINFORMATIKE 2018 539

IN MEMORIAM – FLORIJAN VODOPIVEC 542

NAPOVED DOGODKOV | ANNOUNCEMENTS OF EVENTS

Aleš Lazar | KOLEDAR STROKOVNIH SIMPOZIJEV V OBDOBJU OKTOBER – DECEMBER 2018 544

SVETOVNI GRADBENI FORUM 2019 – ODPORNOST STAVB IN INFRASTRUKTURE 548

Slike na naslovnici:

Ekvivalentna Zemljina kartografska projekcija (ang. Equal Earth Projection) za zemljevide sveta avtorjev Bojana Šavriča, Toma Pattersona in Bernharda Jennyja (doi: 10.1080/13658816.2018.1504949).

VZAJEMNOST RECIPROCITY

Anka Lisec

glavna in odgovorna urednica Geodetskega vestnika | Editor-in-chief

Jesen je v teh dneh na široko odprla svoje duri. Poleg bogatih barv, ki se spogledujejo z nami ob jesenskih jutrih na poti v službo, z njo prihajajo tudi nekoliko krajši dnevi. Morda boste daljše večere izkoristili tudi za prebiranje Geodetskega vestnika, ki v letošnji jesenski izdaji ponuja zanimive članke tako na znanstveno-raziskovalnem kot na strokovnem področju.

Z nekoliko krajšimi dnevi prihaja tudi čas, ko se lahko bolj angažiramo na različnih strokovnih forumih. Ne le v naši stroki in ne le v Sloveniji – na splošno je dandanes pogosto slišati, da posamezniki nismo (več) zainteresirani za aktivno sodelovanje v strokovnih razpravah, težko nas je motivirati za sodelovanje pri oblikovanju standardov stroke ... Nizka raven zainteresiranosti strokovne javnosti skrbi predvsem, ko se oblikujejo strateške razvojne usmeritve, ko se pripravlja zakonodaja, ki neposredno vpliva na stroko in na naše delo. Do »reakcije« prihaja šele sedaj, ko so spremembe pravzaprav že pravno uveljavljene – to je odločno prepozno.

Odgovora na vprašanje, zakaj smo priča nizki motivaciji posameznikov za dejavno sodelovanje na tako pomembnih forumih, ni enostavno najti. Pogosto razloge iščemo v hitrem življenjskem tempu, prezaposlenosti in kroničnem pomanjkanju časa ... Zagotovo pa je eden izmed pomembnih razlogov v dejstvu, da tudi tisti, ki želijo sodelovati in sodelujejo, pogosto niso slišani in upoštevani. V socialni psihologiji je dobro poznan pojem recipročnosti oziroma vzajemnosti, ki kot družbena norma omogoča vzpostavitve stalnega sodelovanja, povezovanja. Slovar slovenskega knjižnega jezika vzajemnost opredeljuje kot »povezanost s čim enakim, ustreznim kot povračilom: vzajemna usluga; vzajemno priznavanje«. Verjamem, da bi k večji motiviranosti posameznikov za sodelovanje pri oblikovanju strateških razvojnih rešitev in »pravil igre« tako v naši stroki kot tudi splošno v družbi predvsem prispeval občutek, da smo slišani in da smo upoštevani.

Z vidika potenciala razvoja stroke in inovativnih rešitev moram za konec izpostaviti še pomen vzajemnega sodelovanja med javno upravo, zasebnim sektorjem in akademsko sfero. Če je bilo v Sloveniji še nedavno občutiti zadržanost glede povezovanja med institucijami iz javne, zasebne in akademske sfere, je na srečo danes v naši stroki opaziti močan trend v pozitivno smer. Slednje je zagotovo motivacija za naše delo. Veliko vlogo ima pri tem Zveza geodetov Slovenije. Zveza kot apolitično združenje s svojimi dejavnostmi in dejavnostmi regionalnih društev ponuja forum za izmenjavo mnenj in razpravo med strokovnjaki, ki delujemo v različnih sferah in zastopamo različne generacije. Zato lepo vabljen / vabljeni k sodelovanju, veseli bomo novih idej in pobud! Kot urednica strokovnega glasila zveze še posebej vabim vse, ki bi radi s širšo strokovno javnostjo delili svoje strokovno znanje ali utrinke iz strokovnih in društvenih dejavnosti, da se opogumite in s svojimi prispevki obogatite naše skupno glasilo. Zagotovo boste »slišani«.

Autumn has been opening its doors wide these days. Along with rich colours that wink at us on autumn mornings on our way to work, it brings slightly shorter days. You might use these longer evenings to read *Geodetski vestnik*, the autumn issue of which brings interesting submissions from research as well as professional fields.

Shorter days also create an opportunity to devote more of our time to different professional forums. Not only in our profession and not only in Slovenia – one can often come across the remark that we are not interested (any more) in active involvement in professional discussions, that we are hard to motivate to take part in the shaping of professional standards. Low levels of engagement from the expert community are especially worrying when strategic development guidelines are being developed, when new legislation with a direct impact on our profession and our work is being drafted. A ‘reaction’ has only been triggered now, when changes are actually implemented – too late, without any doubt.

It is not easy to find the answer as to why the motivation of individuals for active involvement in such important forums has been increasingly lower. We often search for reasons in the fast pace of life, overextension at work and a chronic lack of time ... Undoubtedly, one of the important reasons is the fact that even those who want to be and actually are involved often go unheard and considered. Social psychology is well-acquainted with the term of reciprocity or mutuality, a social norm that enables the establishment of constant cooperation, association. One of the modern dictionaries defines reciprocity as ‘the exchange of something between people or groups of people when each person or group gives or allows something to the other’. I am convinced that individuals would be more motivated to get involved in the shaping of strategic development solutions and ‘the rules of the game’ in the profession and in society as a whole if they had the feeling of being heard, of being taken seriously.

As far as the development of the profession and expert solutions are concerned, I have to underline the significance of mutual cooperation between public administration, the private sector and academia. Not so long ago, there was a reluctancy about connections between institutions from public, private and academic spheres; luckily, strong positive trends have been noted in our profession recently. Undoubtedly, this is a motivation for our future work – be it in public administration, research or academic institutions, or in a private undertaking.

The role of the Association of Surveyors of Slovenia has been and remains prominent. The activities of the Association and its regional societies, all of them being apolitical organizations, offer a forum for exchange of opinions and discussions between experts active in different spheres and representing different generations. So, dear reader, you are kindly invited to contribute, we will gladly accept new ideas and initiatives! As the editor of a professional journal, I especially address those of you who would like to share your expert knowledge or impressions from expert and societal activities, and invite you to gather your courage and enrich our common journal with your contributions. I promise that your voice will be ‘heard’.

GEODEZIJA O OBLAKU GEODETIC CLOUD

Blaž Mozetič

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

Obstajajo številne študije in analize, v katerih obravnavajo sodobne trende razvoja tehnologije in znanosti z vidika hitrosti zastaranja. Vse se dogaja tako hitro, da včasih še preden osvojimo novo znanje in tehnologijo – ne pozabimo še, koliko časa traja, da jo uvedemo v uporabo v velikih sistemih –, je slednja že zastarela oziroma je na voljo že novejša. V razmislek vam prepuščam, ali je tudi boljša. Ker je geodetska stroka močno vpeta, včasih celo odvisna od dogajanja na drugih področjih, se vsaj pri najbolj razširjenem osnovnem geodetskem delu srečata dva popolnoma različna svetova. Na eni strani mejno znamenje, fizično vkopano v zemljino večnost, na drugi strani pa od mladosti buhteče nove tehnologije in pristopi. Nekje vmes se znajdejo še z različnimi predpisi in navodili opredeljeni postopki izmere.

Ne moremo več pričakovati, da bomo nekatere postopke in storitve nespremenjene izvajali vso svojo geodetsko kariero, za katero upamo, da bo čim daljša in uspešnejša. Danes je otrokom nova tehnologija dobesedno položena v zibelko, medtem ko se je morajo/moramo starejši šele priučiti in navaditi. Vse je nekje tam v oblakih. Včasih imamo občutek, da nas druge stroke potiskajo sem ter tja kot vetrovi oblake po nebu. Geodetska stroka mora v takšnih okoliščinah izkoristiti svojo radovednost in podjetnost, da svojim uporabnikom ponudimo nove, boljše, hitrejše in celovitejše rešitve, ki jih lahko ponudi le stroka z znanjem povezovanja in koordinacije, geodezija ga ima, ter da na drugi strani potencialne uporabnike prepričamo, da bodo le z našo pomočjo boljši in uspešnejši.

Najbrž ni nikoli pravi čas za razvijanje novih storitev, produktov in prijemov, vendar je to smotrno početi takrat, ko gre stroki dobro, kar pomeni, da je na trgu veliko povpraševanja po našem znanju in storitvah, po mladih z najnovejšimi znanji in starejših z izkušnjami ter da imajo stranke in investitorji na voljo razmeroma dovolj sredstev ter seveda želje po uvajanju novosti in izboljšav v svoje poslovanje. Dokler optimizem poganja nove naložbe, lahko živimo tudi v oblakih. V takšnih idiličnih trenutkih se komaj najde dovolj časa za tradicionalno geodetsko delo in zato se razvijanje novosti žal potiska ob stran, saj vsi upamo, da se ne bo oblak nikoli razblinil. Upati, da bo geodetska stroka preživela samo od tradicije in po možnosti še napredovala ter si utrdila veljavo v družbi, je nespametno.

Spremembe, ki nam jih vpetost geodetske stroke v družbo in sodobne tokove ponuja, nam morajo biti podlaga za oblikovanje novih celovitih rešitev/storitev, ki presegajo geodetske vrtičke. Geodeti moramo najprej sami sebe prepričati – spet smo pri samozavesti –, da so nove zahteve trga in tudi države za nas izziv in ne moteči dejavnik, saj imamo rešitve, če jih slučajno še nimamo, pa jih bomo našli. Danes je že skoraj vse v oblaku, tudi geodezija. Do kdaj? Kolega mi je odgovoril: »Modrost nikoli ne pride pred starostjo.« Na srečo ni določil, koliko let ima starost.

Srečno!

Numerous studies and analyses are in place that look at how quickly modern trends in technological and scientific development are becoming obsolete. Things are moving with such rapidity that even before new knowledge and technology have been mastered – not to mention the time it takes to implement them in large systems – they become outdated or new variants emerge. I leave it to your consideration if these are also better. Geodesy as a science is strongly connected with, sometimes even dependent on, developments in other fields, which is why the most widely used basic geodetic tasks become a meeting point of two completely different worlds. A survey marker, physically sunk into our Earth's eternity, on one side and new technologies, bursting with youthful energy, on the other. Somewhere in between you will come across surveying procedures defined by different regulations and instructions.

One can no longer expect to stick to the same procedures and services throughout one's surveying career, hopefully a long and fruitful one. New technologies have been literally put into the cradle of today's children, while (we) older generations have to get acquainted with them and start applying them. Everything is high up in the clouds. Sometimes I get the feeling that other professions push us in all directions, like the wind blows clouds across the sky. In such circumstances, geodesy should make use of its inquisitive and entrepreneurial spirit and offer its users new, better, faster and more comprehensive solutions that can only be offered by a profession that knows how to connect and coordinate – geodesy has that ability. On the other hand we have to be able to persuade our users that only with our help can they become better and more successful.

I guess that the moment is never right to develop new services, products and approaches; nevertheless, it is worth doing in times of prosperity, when there is considerable market demand for our knowledge and services, for young professionals with state-of-the art knowledge and old professionals with experience, when clients and investors have relatively adequate funding and of course a desire to introduce novelties and improvements into their businesses. As long as new investments are driven by optimism, we may as well have our heads in the clouds. Such ideal moments hardly permit enough time for traditional geodetic work, which is the reason why the design of innovations is unfortunately pushed aside as everybody hopes the cloud will never disperse. A hope that tradition alone is sufficient for our profession to survive and ideally prosper and establish itself in society seems vain.

Only the changes offered by the bonds that link geodesy with society and modern trends should be our basis to develop new and comprehensive solutions/services that cross the borders of geodesy. We, land surveyors, are the first ones to be convinced – the question of confidence again – that new market and government demands are our challenge and not an obstacle; we have the answers and if it happens that they are not at hand at a given moment, we know how to find them. Everything is up in a cloud today, even geodesy. For how long will it remain so? A colleague of mine answered: 'Wisdom only comes with old age.' Luckily, he did not specify how old is old age.

Best of luck!

IZZIVI PRI IZRAČUNU
TRŽNIH ZAKUPNIN
KMETIJSKIH ZEMLJIŠČCHALLENGES FOR THE
CALCULATION OF MARKET
RENT OF AGRICULTURAL
LAND

Andrej Udovč, Magda Rak Cizelj, Vesna Zupanc

UDK: 332.6:631:711
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.04
Prispelo: 26. 1. 2018
Sprejeto: 13. 8. 2018

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.03.381-391>
PROFESSIONAL ARTICLE
Received: 26. 1. 2018
Accepted: 13. 8. 2018

IZVLEČEK

V upravnih, pravnih in nepravdnih postopkih se ugotavljajo tržne zakupnine za kmetijska zemljišča (na primer v denacionalizacijskih postopkih). Ker je Sklad kmetijskih zemljišč in gozdov Republike Slovenije (SKZG RS, v nadaljnjem besedilu: sklad) največji zakupodajalec kmetijskih zemljišč, je raven zakupnin iz njegovega cenika vodilo ali osnova za izračun tržnih zakupnin, ki jih na primer posamezne občine obračunavajo pri zakupu občinskih zemljišč. Prav tako se na skladov cenik sklicujejo pri pripravi cenilskih in izvedenskih mnenj. V prispevku obravnavamo primer izračuna tržnih zakupnin, ko cenika sklada ni mogoče uporabiti. Pri tem je največja težava pridobitev objektivnih in zanesljivih podatkov o ponudbi in povpraševanju za kmetijska zemljišča. V veliko pomoč bi bila boljša, enotna organizacija e-arhivov z enotno informacijsko podporo v obliki vzpostavljene baze ponudb za prodajo in nakup kmetijskih zemljišč pa tudi zakup in oddajo kmetijskih zemljišč v zakup. Tako dostopnost podatkov tudi ne bi bila ovirana zaradi roka hrambe uradnih dokumentov ob morebitni analizi preteklih obdobj.

KLJUČNE BESEDE

vrednotenje kmetijskih zemljišč, kmetijska zemljišča, tržne zakupnine, izračun tržnih zakupnin, evidence, elektronska hramba

ABSTRACT

The market rent of agricultural land is appraised in administrative, juridical processes and litigation, for example, in the denationalization process. The Farmland and Forest Fund of the Republic of Slovenia is the biggest agricultural land leasor, thus its market rent price list represents a price level which forms the basis for the market rent price used by, for example, municipalities for renting municipal land. The price list for the market rent of the Farmland and Forest Fund of the Republic of Slovenia is used for valuers/appraisers and expert reports. The case presented shows the calculation of the market rent for agricultural land when the Farmland and Forest Fund of the Republic of Slovenia is one of the litigating parties in the process, and its price list for the market rent of agricultural land cannot be used as a reference. The biggest obstacle is obtaining objective and reliable data regarding supply and demand. A substantial improvement would be a better, more unified organization of digital with unified information systems support for establishing a database with buying and selling offers, as well as renting and letting of and. This would also enable data access for analyses of past periods.

KEY WORDS

agricultural land appraisal, agricultural land, free market rent, calculation of free market rent, database, digital archives

1 UVOD

V upravnih, pravnih in nepravdnih postopkih se ugotavljajo tržne zakupnine za kmetijska zemljišča (na primer v denacionalizacijskih postopkih). Zakupna pogodba in zakupnine so obravnavne v X. poglavju Obligacijskega zakonika (Uradni list RS, št. 97/07 – uradno prečiščeno besedilo in 64/16 – odl. US). Zakup kmetijskih zemljišč je obravnavan v Zakonu o kmetijskih zemljiščih (v nadaljnjem besedilu: ZKme-1D, Uradni list RS, št. 71/11 – uradno prečiščeno besedilo, 58/12, 27/16 in 27/17), in sicer od 26. do 38. člena. Zakupnina je vrednost za zakup zemljišča, ki ga zakupnik obdeluje in z njega pobira kmetijske pridelke. Zakupnina ne vsebuje stroškov, kot so zavarovanje, davek, amortizacija, stroški vzdrževanja infrastrukture itd.

Razlika med najemom in zakupom je v tem, da se z najemno pogodbo kupi raba. Pri najemu najemnik predmet uporablja, ne izkorišča pa njegovih donosov, zakupna pogodba je pogodba o nakupu uživanja predmeta zakupa, zakupnik uživa donose, a ni nujno, da bi v zakupljeni predmet vlagal svoje delo. Kmetijska zemljišča (tudi gozd) se za kmetijsko rabo vedno zakupujejo, zakupnik lahko potem dejansko izkorišča ustvarjene donose (pridelke). Najem oziroma zakup je obligacijska pravica, določena v obligacijskem zakoniku, služnost pa je ena izmed petih stvarnih pravic, določena s Stvarnopravnim zakonikom. V praksi se za nezemljiško rabo, predvsem za krajše obdobje, sklepa najemna pogodba (obligacijsko razmerje).

V praksi se pri pripravi cenilskih in izvedenskih mnenj za izračun tržnih zakupnin zaradi dostopnosti in vloge sklada, kot največjega posameznega akterja na trgu s kmetijskimi nepremičninami, najpogosteje uporablja cenik zakupnin Sklada kmetijskih zemljišč in gozdov Republike Slovenije (SKZG RS), ki je izdelan za celotno območje Slovenije, za vsako leto posebej. Skladove tržne zakupnine obravnavamo v nadaljevanju.

1.1 Podatki o (prodaji in) zakupninah kmetijskih zemljišč

1.1.1 Skladove zakupnine kmetijskih zemljišč

Višina zakupnine je obravnavana v 23. členu Pravilnika o zakupih kmetijskih zemljišč in kmetij (http://www.s-kzg.si/static/uploaded/htmlarea/2018/Pravilnik_o_zakup_u_kmetij_in_kmetijskih_zemlji_sprejel_Svet_Sklada_14._junija_2018.pdf) (v nadaljnjem besedilu: pravilnik), kjer je navedeno, da »cenik zakupnin temelji na podatkih zemljiškega katastra. Zakupnine se obračunajo v skladu s katastrskimi podatki o zemljiščih, korigirajo pa glede na dejansko rabo in proizvodno sposobnost zemljišča.« S prilaganjem zakupnin do 20 % je v preteklosti sklad spodbujal koncentracijo ter povečevanje posestne in parcelne strukture.

V skladovem ceniku so cene zakupnin v skladu z gornjo metodologijo administrativno določene, medtem ko so na trgu na nekaterih, ekonomsko zanimivih lokacijah lahko dosežene veliko višje cene. V skladovih pravilih je predvidena tudi možnost licitacije, in sicer v primerih, ko je za isto ponudbo prijavljenih več sprejemnikov. Kdaj sklad licitira zemljišča, je natančno predpisano v 6. členu pravilnika, in sicer »(2) Če med sprejemniki ponudbe za zakup ni nikogar, ki uveljavlja prednostno pravico do zakupa po tem členu, Sklad zemljišče dodeli v zakup sprejemniku ponudbe, ki ponudi najvišjo zakupnino. Sklad izvede licitacijo zakupnine tudi v primeru, da so po posameznih točkah prednostnega vrstnega reda iz prejšnjega odstavka izenačeni dva ali več sprejemnikov ponudbe za zakup.«)

Pri odločitvi za licitacijo sklad nima diskrecijske pravice, ampak se licitacija izvede, ko sta dva ali več sprejemnikov ponudbe izenačenih glede na prednostni vrstni red, določen v 27. členu Zakona o kmetijskih zemljiščih (Uradni list RS, št. 71/11 – uradno prečiščeno besedilo, 58/12, 27/16 in 27/17 – ZKme-1D) in prvem odstavku 6. člena pravilnika. Pri licitacijah zakupnin so dosežene zakupnine lahko tudi za dvainpolkrat višje od izklicnih zakupnin, določenih v ceniku, kar nakazuje, da za posamezna območja zakupnine, določene v ceniku sklada, ne odražajo dobro razmer na trgu. Vendar podatki o licitiranih zakupninah niso javno dostopni, jih pa sklad vodi, in sicer od leta 2011 (Sklad KZGRS, osebna komunikacija, 2017), ko so bile s pravilnikom iz leta 2011 licitacije uvedene.

Dejstvo je, da je sklad največji zakupodajalec kmetijskih zemljišč, in tudi ko se v od petih do desetih odstotkih oddanih zemljišč cena določi z licitacijo, to ne izpodbija dejstva, da cene veljajo za veliko večino oddanih kmetijskih zemljišč, tudi če so administrativno določene, in so vodilo ali osnova za izračun tržnih zakupnin, ki jih na primer posamezne občine obračunavajo pri zakupu občinskih zemljišč.

Sklad cenik uporablja za izračun tržnih zakupnin in je merilo tudi vsem drugim upravljavcem za oddajanje kmetijskih zemljišč v zakup. V sodnih postopkih, v katerih je sklad stranka in denacionalizacijski upravičenci zahtevajo plačilo odškodnine za nemožnost uporabe zemljišč, vrnjenih v postopkih denacionalizacije po določbah 72. člena ZDen, po navodilih sodišča ni mogoče uporabiti skladovega cenika. Pri teh je treba upoštevati, da je sklad s kmetijskimi zemljišči gospodaril, kot določajo zakonski okviri, ki jih je država za sklad postavila drugače, kot gospodarijo s kmetijskimi zemljišči zasebni lastniki. Sklad lahko kmetijska zemljišča oddaja v zakup, ne more se pa sam ukvarjati s kmetijsko proizvodnjo.

Sklad je sicer največji upravljavec kmetijskih zemljišč v Sloveniji, ni pa edini. Drugi upravljavci kmetijskih ali državnih zemljišč se glede višine zakupnin (primer občina Rečica ob Savinji, Sklep o oblikovanju najemnin oziroma zakupnin za zemljišča v lasti Občine Rečica ob Savinji, Uradni list RS, št. 30/2013) ali z objavo na javnih razglasnih deskah (primer občina Komen, Pravilnik o oddajanju zemljišč v najem ali zakup, Uradni list RS, št. 94/2008) pogosto držijo cenika, ki ga oblikuje sklad. Dejanske formule oziroma algoritma za izračun osnove za zakupnino v pravilniku oziroma v objavljenih cenikih sklada ni, prav tako ni nikjer javno dostopna. Podana je samo formulacija, da cenik temelji na podatkih ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano o dejanski rabi zemljišč, podatkih geodetske uprave RS o boniteti zemljišč ter oceni sklada o možni dejanski kulturi glede na proizvodno sposobnost zemljišč. Zakupnina se obračuna v skladu s podatki dejanske rabe in bonitete zemljišča, korigira pa glede na dejansko rabo in proizvodno sposobnost zemljišča. Ob tem ni nikjer natančneje pojasnjeno, na podlagi česa je določena možna dejanska kultura za posamezen kakovostni razred zemljišč, ki so opredeljeni z razponom bonitetnih točk (na primer po ceniku iz leta 2016 znaša zakupnina za njivo od 65 do 100 bonitetnih točk 215,00 EUR/ha). Zapisani in opisani so posamezni faktorji, s katerimi se opisujejo lokalne posebnosti in vplivajo na višino zakupnine (Ceniki sklada KZGRS, 1994–2018). Po nekaterih navedbah v literaturi je osnova za zakupnino približno 2 % tržne vrednosti kmetijskih zemljišč (Streleček s sod., 2010).

V opisu določanja zakupnin je navedeno, da se »zakupnina za posamezno območje lahko prilagaja glede na ponudbo in povpraševanje, namen zakupa in naravne pogoje na zemljiščih. Višino zakupnine iz prejšnjega odstavka lahko na predlog direktorja sektorja za kmetijstvo določi direktor Sklada s sklepom, v katerem

je navedeno območje, za katerega velja spremenjena zakupnina, in razlogi za tako spremembo.« (Cenik zakupnin za kmetijska zemljišča za leto 1996, ki ga je sprejel svet sklada na 16. seji dne 10. 5. 1996).

V letu 2000 je bila pristojnost za spremembe zakupnin prenesena na komisijo, ki jo določi direktor sklada. Odstopanja zakupnin kmetijskih zemljišč sklada so torej mogoča tako navzdol kot navzgor. Nikjer ni izrecno navedeno, da se zakupnine zgolj nižajo, čeprav so v cenikih opisani le dejavniki, ki se upoštevajo pri nižanju zakupnin oziroma njihovem obročnem odplačevanju.

Vrednost kmetijskih zemljišč se v besedilu o zakupninah v ZKme-1D ne pojavlja. Parameter, ki se pojavlja in vpliva na vrednost kmetijskih zemljišč, je kakovost zemljišč (do leta 2008 so bili to podatki o katastrski klasifikaciji – tj. raba in razred, po letu 2008 pa je to boniteta tal), vendar je to le eden izmed parametrov, ki vpliva na dejansko določitev zakupnin kmetijskih zemljišč.

1.1.2 Tržne zakupnine kmetijskih zemljišč

Privednik »tržna« implicira, da se višina zakupnine oblikuje glede na ponudbo in povpraševanje med neodvisnimi strankami na trgu kmetijskih zemljišč (Mednarodni standardi določanja vrednosti, 2013). Za uporabo primerjalne metode ugotavljanja tržnih zakupnin potrebujemo podatke o višini zakupnin tudi tistih kmetijskih zemljišč, ki jih v zakup oddajajo fizične ali pravne osebe, ki niso sklad in ki tudi sestavljajo trg – ponudbo in povpraševanje – kmetijskih zemljišč.

Javno, sistematično vodenih in s tem dostopnih podatkov o vseh zakupninah v Sloveniji ni. Fizične ali pravne osebe morajo ponudbo za nakup ali prodajo oziroma za povpraševanje za ali oddajo v zakup kmetijskih zemljišč z navedbo vrednosti po ZKme-1D objaviti na javnih oglasnih deskah upravnih enot (UE) in portalu UE v Sloveniji. Ti podatki, če so dostopni, so podatki o ponudbi/povpraševanju, ki jo določi ponudnik/povpraševalec, in niso preverjeni podatki o dejansko izvedeni transakciji oziroma poslu. UE so bile ustanovljene leta 1995 z Zakonom o upravi (Uradni list RS, št. 67/94, 20/95 – odl. US, 29/95 – ZPDF, 80/99 – ZUP, 52/02 – ZDU-1 in 56/02 – ZIN), pred tem so podatke zbirale občine. Objavljeni podatki o ponudbi (prodaji in zakupnin kmetijskih zemljišč) se v arhivih hranijo do deset let. Tako je sistematično voden in javno dostopen podatek le cenik zakupnin sklada.

Praksa kaže, da je veliko zemljišč oddanih v zakup na podlagi ustnih dogovorov in se zanje plačuje zakupnina, o čemer pa ne obstaja nikakršna uradna evidenca. Zato je bilo s stališča pripravljavcev strokovnih podlag za prenovo ureditve kmetijske zemljiške politike (Udovč s sod., 2017) kot eden izmed pomembnih prenovitvenih predlogov predstavljeno ravno obvezno evidentiranje vseh zakupnih pogodb, kar je bilo kasneje v okviru javnih razprav tudi pozitivno sprejeto.

1.1.3 Izračun tržne zakupnine

V sodni praksi (sodba višjega sodišča v Ljubljani, II Cp 2839/2014) se uporabljajo bodisi metoda hipotetične oziroma dejanske najemnine bodisi metoda izgubljenega dohodka (če bi zemljišča v ustreznem obdobju upravičenec obdeloval sam).

V članku obravnavamo izzive in primere rešitev pri izračunu primerljivih tržnih zakupnin za zemljišča na območju Celja in okolice. Predstavljeni primer prikazuje pristop k izračunu tržnih zakupnin v preteklem časovnem obdobju, ko je sklad stranka v postopku in njegovega cenika ni mogoče upoštevati.

2 METODE IN RAZISKOVALNO GRADIVO

Primer izračuna tržnih zakupnin smo pripravili na podlagi konkretne cenitve na parcelah, ki so opredeljene kot kmetijska zemljišča na območju Celja in okolice, in sicer za hmeljišča ter travnike. Iz navedenega razloga v nadaljevanju ne podajamo konkretnjših identifikacijskih podatkov o ocenjevanih zemljiščih.

Lokacija in opis

Obravnavane parcele v naravi predstavljajo dve sklenjeni enoti kmetijskih zemljišč – eno v rabi kot kosni travnik, drugo kot hmeljišče. Kot takšni bi ju ponudnik tudi tržil v zakup, kar smo upoštevali pri izračunu zakupnin. Lastnosti zemljišč, dejanska raba in boniteta so navedeni v preglednicah 1–4.

Ena lokacija zemljišč (KO A) je v ravnini, v neposredni bližini ceste, ki vodi vzdolž reke. Po pedološki karti Slovenije so tam evtrična rjava tla, na ledenodobnih prodnatih in peščenih nasutinah rek in rečnem vršaju, tipična, srednje globoka 70 % in globoka 30 % (Pedološka karta Slovenije, Center za pedologijo in varstvo okolja, 2017). Severni del kompleksa hmeljišč je v neposredni bližini večjega kraja.

Druga lokacija zemljišč (KO B) je na približno deset metrov višji polici od zemljišč v KO A. Vse parcele so po dejanski rabi kosni travniki, območje prečijo trije odvodni jarki, ob katerih so se med rabo oblikovale blage do strme brežine. Na tem območju so distrična rjava tla, na magmatskih kamninah, tipična 80 % ter izprana 20 % (Pedološka karta Slovenije, Center za pedologijo in varstvo okolja, 2017).

Metode izračuna

Za podatke o ponudbah za zakupnine kmetijskih zemljišč smo povprašali na mestno občino Celje ter na tri upravne enote s širšega območja, in sicer UE Celje, UE Slovenske Konjice in UE Žalec.

Od treh povpraševanj smo podatke o zakupninah dobili le iz UE Žalec, in sicer za leta 2005, 2008, 2011 in 2013.

V obravnavanem obdobju (1991–2007) so to podatki za njivo, travnik in pašnik na primerljivem območju iz leta 2005, vendar je to enotna cena za vsa zemljišča, ponujena v zakup. Poleg tega to nista dve neodvisni stranki, temveč kmet v zakup ponuja le zemljišče, trajni nasad (intenziven sadovnjak) je v lasti zakupnika. To ponudbo smo izločili. Zaradi podobnega razloga (enovit znesek za več vrst zemljišč) smo izločili tudi ponudbo za leto 2008, ker ni bila podana višina zakupnine za posamezno parcelo, temveč znesek velja za skupek parcel.

Opis parcel v ponudbah iz let 2011 in 2013

Podatki v ponudbi iz leta 2011 ne ustrezajo sedaj dostopnim podatkom v javnih bazah, da bi lahko neposredno preverili lastnosti kmetijskih zemljišč. Za povezavo z današnjim stanjem smo tako morali uporabiti arhiv zemljiškega katastra (GURS, 2017), pri čemer smo ugotovili, da sta parceli številka 494/1 in 494/2 nastali z delitvijo parcele številka 494, ki je bila ukinjena (18. 10. 1958). Parcela št. 494/2 je bila ukinjena 13. 12. 2012, nastale so parcele št. 494/3, 494/4 in 494/5.

Zadnji podatek o površini parcele št. 494/1 je 1741 m², njiva 4. Zadnji podatek o površini parcele št. 494/2 je 991 m², travnik 5 (po ukinitvi se skupna površina in katastrska klasifikacija nista spremenili).

Zadnji podatek za površino parcelnih št. 495/1 je 9716 m², njiva 4 (po ukinitvi se skupna površina novonastalih parcel in katastrska klasifikacija prav tako nista spremenili).

Površina parcele št. 522 je 414 m², travnik 5; površina parcele št. 526 je 3255 m², travnik 5; površina parcele št. 538/4 je 94 m², njiva 5; površina parcele št. 538/5 je 75 m², njiva 5 (preglednica 1).

Vse parcele spadajo pod katastrski okraj Celje, katastrsko občino KO C.

V ponudbi iz leta 2013 iz KO D višine zakupnine niso podane za posamezno parcelo, temveč je podan znesek za skupek parcel (1620/0 in 1611/0, 3039 m² oziroma 3672 m²). Obe parceli sta primerljivi po kakovosti (njiva 3 po katastrski klasifikaciji oziroma boniteta 78), v naravi sta skupaj. Zato smo v izračunu tržne zakupnine upoštevali tudi to ponudbo za zakupnino.

Amortizacija žičnice

Po podatkih iz registra hmeljišč je na ocenjevani parceli hmeljska žičnica, ki je bila postavljena leta 1975. Stroška amortizacije žičnice zaradi starosti nismo upoštevali.

Izračun tržne zakupnine

Zemljišča smo opredelili po dejanski rabi, površini, boniteti (preglednica 1), nato na podlagi teh parametrov izdelali primerjavo predmetnih parcel, za katere smo računali tržne zakupnine (KO A in KO B), ter parcel v ponudbi v KO C in KO D (preglednica 2).

Upoštevali smo, da gre v prvem sklopu za sklenjeno enoto hmeljišča, ki bi jo lastnik ponudil zakupniku kot tako, zato je bil pri zakupnini upoštevan faktor 1,1. Razpon med njivo 4 in njivo 1–3 (kar predmetne parcele so) je za približno 10 % višja zakupnina. Pri parcelah v KO B smo upoštevali tržno zakupnino za travnik.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Pridobivanje podatkov

Širše območje Savinjske doline pokrivajo tri upravne enote (UE). Pri pridobivanju podatkov z upravnih enot se je pokazalo, da ni enotnega pristopa k shranjevanju oziroma evidentiranju podatkov, kar je ključna ovira. Z UE Celje so sporočili, da evidenc, iz katerih bi bili želeni podatki o zakupninah razvidni, ne vodijo, ker niso zakonsko predpisane. Od ustanovitve do danes so se na njihovi UE računalniški programi za vodenje upravnih zadev večkrat spremenili, zato je po njihovem kakršnokoli podajanje zelenih podatkov neobjektivno (osebna komunikacija, 2017). Na vprašanje, ali lahko podatke pridobimo osebno, je bilo rečeno, da do arhiva lahko dostopa le pooblaščen oseba, zaposlena na UE. Z UE Slovenske Konjice smo dobili odgovor, da podatkov v arhivu ne hranijo več kot deset let, kar pomeni, da so vse listine iz arhiva, datirane na ali pred letom 2007, zavrgli (osebna komunikacija, 2017). Z UE Žalec smo podatke dobili in jih uporabili pri izračunu. Glede na izkušnje, dobljene med komunikacijo s posameznimi UE, predvidevamo, da na dostopnost podatkov ne vpliva samo pristop k hranjenju objav z oglasne deske, temveč tudi velikost upravne enote. Izmed treh upravnih enot na zadevnem območju je UE Celje največja in ima največji arhiv, kar vpliva na časovno zahtevnost iskanja podatkov. UE Žalec

je manjša, hrani manjše število objav, iskanje po arhivu je časovno manj zahtevno, kar je pripomoglo k uspešnemu pridobivanju podatkov.

Odprto je tudi vprašanje objektivnosti podatkov z oglasnih desk upravnih enot. Ti podatki niso preverjeni, ponujene zakupnine so lahko previsoke ali prenizke, na podlagi že sklenjenega dogovora med ponudnikom in zakupnikom. Pri zakupu hmeljišč smo po poizvedovanju na terenu zabeležili naslednje ugotovitve: zaradi velikega povpraševanja hmeljarjev po hmeljiščih se dejansko dosega višja zakupnina, kot je v ceniku sklada, vendar se transakcije nikoli ne zavedejo v uradne evidence.

V nekaterih primerih sklad izbrana zemljišča licitira (opisano v poglavju 1.1.1). Mogoč pristop bi bila primerjava med zakupninami sklada in licitiranimi zakupninami, doseženimi na območjih območnih izpostav Celje in Žalec, ki bi odražale potencialne razmere na trgu na predmetnem območju za kmetijska zemljišča.

S podatki o izvedenih licitacijah in doseženih zakupninah bi dobili boljši opis tržnih razmer na lokacijah, kjer se kmetijska zemljišča licitirajo. Predvsem zanimiv bi bil podatek, kdaj so se tržne razmere oziroma razmere (pri pridelovalcih hmelja) toliko izoblikovale, da je bila potrebna licitacija. O spremembah v to smer priča že dodelanost cenikov sklada, ki so za leta do 1996 še zelo neizdelani, kasneje vse bolj natančni in obširni.

3.2 Izračun tržne zakupnine

Tržno zakupnino smo izračunali na podlagi podatkov o ponudbi iz let 2011 in 2013, za katere smo preverili tudi podatke o zemljiščih v javnih evidencah (preglednica 1). Za izračun tržne zakupnine smo upoštevali podatke za parcele, katerih površina je večja od 500 m². Izračuni tržne zakupnine so v preglednicah 2 in 3.

Za njivska zemljišča je bila zakupnina 0,04 EUR/m² (k. o. KO C) oziroma 0,05 EUR/m² (k. o. KO D), kar pomeni povprečno višino zakupnine 0,045 EUR/m². Glede na kakovost zemljišč v sklopu k. o. KO A smo zakupnino za njive zaokrožili na 0,05 EUR/m². Vrednost zakupnine za travnik je 0,03 EUR/m² (preglednica 2).

Pri hmeljiščih je bil pri zakupnini upoštevan faktor 1,1. Razpon med njivo 4 in njivo 1–3 (kar predmetne parcele na območju KO A in KO B so) je približno 10 % višja zakupnina (preglednica 3).

Za vse parcele v sklopu posamezne katastrske občine – tj. KO A, KO B in KO C – je po dejanski rabi upoštevana enovita zakupnina, saj je verjetno, da bi se lastnik dogovoril za celovit zakup sklopa zemljišč. Prav tako je iz ponudbe iz leta 2011 razvidno, da je za manjše parcele lahko dogovorjena pavšalna cena, ki je celo višja od cene zakupa za kvadratni meter večjih parcel. Pri parcelah v KO C smo upoštevali tržno zakupnino za travnik.

Investicijsko vzdrževanje (redno letno vzdrževanje) lesene žičnice je 2 % napravni stroškov. Po katalogu kalkulacij je to 244,00 EUR/ha letno (Katalog stroškov KGZS, 2011). Parcela iz KO A, ki je v celoti hmeljišče, je del večje hmeljske žičnice, ki je velika 2,91 hektarja. Iz registra hmeljišč izhaja uradni podatek, da je bilo leto zasaditve na celotnem GERK-u, torej na 2,91 hektarja, s sorto bobek 1996. Povprečna življenjska doba hmeljskega nasada je 18 let, pri izračunu smo upoštevali neamortizirano obdobje 7 let (stroški nasada 4.150,00 EUR/ha). Privzeli smo, da bi se stroški nasada odrazili pri ustrezno višji zakupnini (ob sklenitvi pogodbe za daljše obdobje bi se tudi obnova nasada prenesla na zakupnika).

Od osamosvojitve Republike Slovenije (RS) leta 1991 do konca obdobja izračuna leta 2006 je hmeljarstvo, kot tudi kmetijstvo na splošno, doživelo nekaj sprememb. Iz družinskih kmetij, ki so imele v posesti v povprečju od 2 do 4 hektarjev hmeljišč, so se v navedenem obdobju hmeljarske kmetije precej povečale, saj njihova sedanja povprečna velikost v RS znaša 8 hektarjev (osebna komunikacija, 2017). Iz podatkov Registra kmetijskih gospodarstev o številu registriranih kmetijskih gospodarstev s hmeljarsko dejavnostjo ter površinami v naseljih na obravnavanem območju je razvidno, da je v neposredni okolici (oddaljenost približno 20 kilometrov) registriranih 13 kmetijskih gospodarstev, ki obdelujejo približno 29 hektarjev hmeljišč. Iz tega lahko sklepamo, da je povpraševanje po zakupu hmeljišč prisotno.

Preglednica 1: Parcelne številke, dejanska raba boniteta, površine (m²) (vir: GURS), cena za parcelo ter cena na enoto površine (EUR/m²) za zemljišča z leta 2011 in 2013 iz ponudbe z oglasne deske v KO C in KO D (vir: UE Žalec).

Katastrska občina	Parcelna številka	Katastrska klasifikacija	Katastrski razred	Površina (m ²)	Cena EUR/parcelo	Cena EUR/m ²	Parcelna številka (2012)	Boniteta	Površina z boniteto	Površina parcele (m ²)
KO C	494/1	njiva	4	1741	70	0,040				
	494/2	travnik	5	991	30	0,030				
	495/1	njiva	4	9716	380	0,039				
							495/3	65		9127
							495/4	65		118
							495/5	65	240	349
								0	109	
		522	travnik	5	414	15	0,036		41	
		526	travnik	5	3255	100	0,031		41	
		538/4	njiva	5	94	10	0,106		52	
KO D	538/5	njiva	5	75	10	0,133		52		
	1620	njiva	3	78	151,95*	0,050		78		3039
	1611	njiva	3	78	183,6*	0,050		78		3672

*Cena za obe parceli v višini 500 EUR/ha, preračunano na površino parcele.

Preglednica 2: Primerjava namena rabe, razredov in območij bonitete za izračun tržnih zakupnin zadevnih parcel v KO A in KO B in parcel v ponudbah v KO C in KO D.

Namen uporabe	Razredi	Območje bonitete	Parcele KO A in KO B	Parcele KO C	Parcele KO D
njiva	1–3	65–100	xxx	xxx	xxx
	4–6	35–64			
	7–8	1–34			
travniki	1–2	50–100	xxx		
	3–4	40–49		xxx	
	5–6	25–39			
	7–8	1–24			

*Oznaka xxx označuje območje bonitete, v katero se zadevna zemljišča uvrščajo.

Preglednica 3: Podatki o parcelnih številkah, katastrski klasifikaciji, dejanski rabi, površini (vir: GURS), upoštevani ceni EUR/m², upoštevanem faktorju hmeljišče in razred ter izračun tržne zakupnine za ocenjevane parcele v KO A in KO B.

Katastrska občina	Parcelna številka	Katastrska kultura	Katastrski razred	Boniteta	Dejanska raba	Površina (m ²)	Površina (m ²)	Cena EUR/m ²	Faktor hmeljišče	Faktor razred	Zakupnina (EUR)	
KO A	391/3	Hmeljišče	1	95		445						
	391/4	Hmeljišče	1	95		3163	3492	0,05	1,1	1	192,06	
	391/5	Travnik	2	71		1	1	0,05	1,1	1	0,06	
	391/6	Travnik	2	71		917	917	0,05	1,1	1	50,44	
	391/7	Hmeljišče			95	Hmeljišče	124	124	0,05	1,1	1	6,82
						Travnik	196	196	0,05	1,1	1	10,78
	391/8	Cesta		0	Travnik	125	125	0,05	1,1	1	6,88	
	KO B	693/1	Njiva	4	62	Travnik	3034	3034	0,03	1	1,1	100,12
Sadovnjak			2	62	Travnik	2608	2608	0,03	1	1,1	86,06	
Travnik			3	62	Travnik	5648	5648	0,03	1	1,1	186,38	
693/2		Travnik	4	50	Travnik	6817	6817	0,03	1	1,1	224,96	
Skupaj						22962					864,56	
skupaj 1992–2006											12.968,34	
z obdobjem 7. 12. 1991–31. 12. 1991 (24 dni)											56,85	
brez obdobja 16. 11. 2006–31. 12. 2006 (45 dni)											– 106,59	
Skupaj											12.918,60	
Hmeljišča skupaj											2.971,76	
Travniki skupaj											9.946,84	

4 SKLEPNE UGOTOVITVE

Pri izračunu tržnih zakupnin za kmetijska zemljišča je največja težava pridobitev objektivnih in zanesljivih podatkov o ponudbi in povpraševanju. Izkazalo se je, da je zaradi odsotnosti pravil o poenotenem načinu shranjevanja ponudb z oglasnih desk kakršnekoli podatke o zakupninah zelo težko pridobiti. Ponudbe za zakup in prodajo niso vodene v ustreznem informacijskem sistemu, ki bi omogočal tudi analitiko in s tem pridobitev zelenih podatkov.

Primer, za katerega smo izračunali tržne zakupnine, je bil vzet z območja Celja in okolice. Poizvedovali smo na treh upravnih enotah, ki zajemajo širšo geografsko enoto – Savinjsko dolino. S pridobivanjem podatkov smo bili uspešni le pri eni. Za preteklo obdobje je ovira tudi rok hrambe, v skladu z Uredbo o upravnem poslovanju (Uradni list RS, št. 9/2018), ki določa rok hrambe dokumentarnega gradiva in način hranjenja dokumentarnega gradiva, namreč velja, da po pretečenem 10-letnem obdobju hramba ponudb ni več obvezna. Dodatna težava za pridobivanje podatkov iz obdobja po osamosvojitvi je prehod z občin na upravne enote leta 1995 (Zakon o upravi, Uradni list RS, št. 67/94).

Sklad je največji zakupodajalec kmetijskih zemljišč v Sloveniji, tako je cenovna raven na podlagi njegovega cenika zakupnin vodilo ali podlaga za izračun tržnih zakupnin, ki jih na primer posamezne občine

obračunavajo pri zakupu občinskih zemljišč. Prav tako se na skladov cenik sklicujejo pri pripravi cenilskih in izvedenskih mnenj. Tako je cenik zakupnin sklada, izdelan za celotno območje Slovenije, dejavnik, ki nedvomno vpliva na oblikovanje ravni cen zakupnin tudi na prostem trgu. Pravilnik o določanju zakupnin sklada omogoča odstopanja, ki so prilagojena lokalnim posebnostim. V nekaterih primerih sklad zemljišča licitira, vendar ti podatki niso javno dostopni, tako si z njimi ne moremo pomagati pri ugotavljanju lokalnih tržnih razmer. Obravnavani primer prikazuje situacijo, kjer je sklad stranka v postopku in informacije o licitiranih zakupninah niso dostopne. Večje povpraševanje po kmetijskih zemljiščih na posameznih območjih, kar nakazuje potreba po licitiranju zakupnin sklada, je odraz prestrukturiranja kmetijstva po vstopu v EU pa tudi krčenja obsega najboljših kmetijskih zemljišč zaradi pozidave.

Prikazani primer za izračun tržnih zakupnin, ko je sklad stranka v postopku, kaže na potrebo po posodobitvi predpisa o hrambi podatkov s področja prometa kmetijskih zemljišč. V veliko pomoč bi bila boljša organizacija arhiva z vsemi podatki (katastrska občina, parcelna številka, površina, dejanska raba, višina ponudbe oziroma povpraševanja ter ponudniki in sprejemniki ponudbe). Vodenje arhiva bi moralo biti v ustreznem, enotnem informacijskem sistemu, ki bi omogočal ne samo pridobitev želenih podatkov, temveč tudi izvedbo različnih analiz na ravni upravne enote in države.

ZAHVALA

Avtorji članka se zahvaljujejo anonimni recenzentki za pregled besedila in vsebinske pripombe, ki so pripomogle k boljši kakovosti prispevka.

Literatura in viri:

- Geodetska uprava Republike Slovenije (2017). Arhiv katastrskih podatkov. Osebna komunikacija.
- Mednarodni standardi določanja vrednosti (2013). Odbor za Mednarodne standarde ocenjevanja vrednosti, Slovenski inštitut za revizijo, Ljubljana. <http://www.si-revizija.si/sites/default/files/ocenjevalci/msov-2013.pdf>, pridobljeno 18. 1. 2018.
- Obligacijski zakonik (2007). Uradni list RS, št. 97/2007 – uradno prečiščeno besedilo in 64/2016 – odl. US.
- Pedološka karta Slovenije (2017). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Center za pedologijo in varstvo okolja Oddelek za agronomijo.
- Pravilnik o oddajanju zemljišč v najem ali zakup Občine Komen (2008). Uradni list RS, št. 94/2008.
- Pravilnik o zakupih kmetijskih zemljišč in kmetij (1995). Uradni list RS, št. 7/1994 in 65/1995 – odl. US.
- Pravilnik o zakupih kmetijskih zemljišč in kmetij (2018). http://www.s-kzg.si/static/uploaded/htmlarea/2018/Pravilnik_o_zakup_u_kmetij_in_kmetijskih_zemlji_sprejel_Svet_Sklada_14_junija_2018.pdf, pridobljeno 30. 6. 2018.
- Priporočila in sklepi Združenja sodnih izvedencev in cenilcev kmetijske stroke Slovenije. <http://www.zdruzenje-sickmet.si>, pridobljeno 18. 1. 2018.
- Sklad kmetijskih zemljišč in gozdov Republike Slovenije – SKZG RS (2017). Cenik zakupnin za kmetijska zemljišča za leta 1996–2006 in 2017. <http://www.s-kzg.si/si/delovna-podrocja/sektoz-za-kmetijstvo/arhiv-cenikov>, pridobljeno 18. 1. 2018.
- Sklad KZGRS (2017). Osebna komunikacija.
- Sklep o oblikovanju najemnin oziroma zakupnin za zemljišča v lasti Občine Rečica ob Savinji (2013). Uradni list RS, št. 30/2013.
- Streleček, F., Lososova, J., Zdenek, R. (2010). The relations between the rent and price of agricultural land in the EU countries. *Agricultural Economics (Zemědělská ekonomika)*, 56 (12), 558–568. DOI: <https://doi.org/10.17221/130/2010-agricecon>
- Udovč, A., Perpar, A., Glavan, M., Miličič, V. (2013). Dohodkovna metoda ocenjevanja vrednosti kmetijskih zemljišč na podlagi proizvodne sposobnosti. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 32 str.
- Upravna enota Celje (2017). Osebna komunikacija.
- Udovč, A., Erjavec, E., Miličič, V., Perpar, A., Turk, J., Rozman, Č., Rednak, M., Cunder, T., Juhart, M., Hrustel Verdev, D. (2017). Izdelava strokovne podlage za renovno ureditve kmetijske zemljiške politike: projektna naloga: zaključno poročilo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 56 str. http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/osnutki/2017/Zemljiska_politika_-_Revidirano_koncno_porocilo.pdf, zadnjič pridobljeno 15. 5. 2018.
- Upravna enota Slovenske Konjice (2017). Osebna komunikacija.

Upravna enota Žalec (2017). Osebna komunikacija.

Uredba o upravnem poslovanju (2018), Uradni list RS, št. 9/2018.

Višje sodišče v Ljubljani, Republika Slovenija (2014). Sklep višjega sodišča v Ljubljani Republike Slovenije št. II Cp 2839/2014.

Zakon o kmetijskih zemljiščih (2011). Uradni list RS, št. 71/2011 – uradno prečiščeno besedilo, 58/2012, 27/2016 in 27/2017 – ZKme-1D.

Zakon o upravi (1994). Uradni list RS, št. 67/1994, 20/1995 – odločba US, 29/1995 – ZPDF in 80/1999 – ZUP (ne velja več).



Udovč A., Rak Cizelj M., Zupanc V. (2018). Izzivi pri izračunu tržnih zakupnin kmetijskih zemljišč. Geodetski vestnik, 62 (3), 381-391.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.03.381-391>

Prof. dr. Andrej Udovč, univ. dipl. inž. kmet.

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
Jamnikarjeva ulica 101, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: andrej.udovc@bf.uni-lj.si

Doc. dr. Vesna Zupanc, univ. dipl. inž. kmet., mag. hidr. znan.

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
Jamnikarjeva ulica 101, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: vesna.zupanc@bf.uni-lj.si

Dr. Magda Rak Cizej

Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije
Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec
e-naslov: magda.rak-cizej@ihps.si

DEFORMACIJSKA ANALIZA PO POSTOPKU MÜNCHEN

DEFORMATION ANALYSIS: THE MÜNCHEN APPROACH

Jure Soldo, Tomaž Ambrožič

UDK: 528.3
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02
Prispelo: 7. 3. 2018
Sprejeto: 10. 8. 2018

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.03.392-414>
REVIEW ARTICLE
Received: 7. 3. 2018
Accepted: 10. 8. 2018

IZVLEČEK

V članku je opisan postopek München, ki je eden izmed postopkov deformacijske analize. Njegove značilnosti so testiranje skladnosti oziroma kongruence geodetske mreže, testiranje preoblikovanja geodetske mreže, izračun deformacijskih parametrov in določitev stabilnosti točk geodetske mreže. V članku je najprej podano teoretično ozadje postopka, nato je uporabljen na primeru simuliranih meritev v dveh terminskih izmerah. Rezultati postopka München na obravnavanem primeru niso bistveno odstopali od rezultatov postopkov Fredericton, Delft, Karlsruhe in Hannover.

ABSTRACT

In this article the München approach to deformation analysis is presented. The main characteristics of this process are testing of congruence of the geodetic network, testing of affinity of the geodetic network, calculation of deformation parameters and determination of the stability of points. First, the theoretical background of the approach is described. Then it is applied to simulated observations in two epochs. In the example presented, the results of the München approach differ only slightly from the results obtained from the Fredericton, Delft, Karlsruhe and Hannover approaches.

KLJUČNE BESEDE

deformacijska analiza, postopek München, računski primer

KEY WORDS

deformation analysis, München approach, numerical example

1 UVOD

Postopek München je razvil W. Welsch na Inštitutu za geodezijo Visoke vojaške šole v Münchnu v Nemčiji (Welsch, 1982; Welsch, 1983; Welsch in Zhang, 1983; Mihailović in Aleksić, 1994). Bistvo postopka München je analiza deformacij trikotnikov, ki imajo v ogliščih točke geodetske mreže (Sušič et al., 2016b). Parametri, ki opisujejo homogene deformacije objekta (homogene so tiste, ki predpostavljajo, da so na obravnavanem objektu deformacije in zasuki konstantni), so enaki parametrom afine transformacije, ki transformira telo iz deformiranega modela v originalni (Mihailović in Aleksić, 1994; Ašanin, 1986). Homogeno deformacijo objekta opišemo z elementi afine transformacije koordinat točk geodetske mreže, ki so se premaknile. Deformacijo objekta izračunamo na podlagi velikosti spremembe kotov in dolžin (obojni so neodvisni od koordinatnega sistema) in elipse deformacij (poznane tudi kot Tissotova indikatriša). Za analizo imamo dve možnosti.

- Metoda X temelji na primerjanju koordinat točk geodetske mreže dveh terminskih izmer, ki so pod vplivom geodetskega datuma. Vpliv datuma izločimo z datumskimi transformacijami ali transformacijo S.
- Metoda L se izogne težavam geodetskega datuma. Bistvo je v primerjavi količin, ki so neodvisne od geodetskega datuma, to so smeri oziroma koti in dolžine.

Celoten postopek München lahko razdelimo na šest korakov, ki so v nadaljevanju tudi podrobneje opisani (Ašanin, 1986):

1. izravnava geodetske mreže kot proste mreže za vsako terminsko izmero posebej in odkrivanje morebitnih grobih pogreškov med meritvami,
2. transformacija terminskih izmer v isti geodetski datum, če uporabimo metodo X,
3. testiranje skladnosti geodetske mreže,
4. testiranje preoblikovanja (nem. *Affinität*, angl. *strain analysis*) geodetske mreže,
5. izračun drugih deformacijskih parametrov in
6. analiza posamezne točke.

2 TEORETIČNO OZADJE

2.1 Izravnava geodetske mreže kot proste mreže za vsako terminsko izmero posebej in odkrivanje morebitnih grobih pogreškov med meritvami

Najprej moramo zagotoviti, da natančnosti meritev v terminskih izmerah nista statistično značilno različni. Tako moramo uskladiti natančnost kotnih in dolžinskih meritev (Ambrožič, 2004). Nato moramo iz meritev izločiti grobo pogrešena merjenja. V tem koraku uporabimo splošno poznane postopke določanja grobo pogrešenih meritev, kot so Baardova, Popeova, danska ali ustrezna druga metoda (Grigillo in Stopar, 2003; Caspary, 1988). Meritve vsake terminske izmere izravnamo kot prosto mrežo z minimalno sledjo matrike kofaktorjev neznank, kot velja za druge postopke deformacijske analize (Ambrožič, 2001). Seveda moramo orientacijske neznanke odstraniti z redukcijo neznank v enačbah popravkov, prav tako moramo reducirati morebitno neznanko zaradi faktorja merila mreže (Van Mierlo, 1978). Če se število točk mreže v terminski izmeri t_1 razlikuje od terminske izmere t_2 , izločimo koordinatne neznanke neodstičnih točk s transformacijo S – razloženo v podpoglavju 2.2 v nadaljevanju.

Rezultat prvega koraka so: ocenjena vektorja izravnanih koordinat točk \hat{x}_i s pripadajočima matrikama kofaktorjev koordinatnih neznank $\mathbf{Q}_{\hat{x}_i, \hat{x}_i}$, referenčni varianci a posteriori enote uteži $\hat{\sigma}_{0_i}^2 = s_i^2$ za posamezno izmero (oznako s_i^2 uporabimo v nadaljevanju članka), števili nadštevilnih meritev oziroma pripadajoči prostostni stopnji f_i in defekt datuma d za pravilno sestavo datumske matrike \mathbf{H} .

2.2 Transformacija terminskih izmer v isti datum, če uporabimo metodo X

Če geodetsko mrežo izmerimo v več terminskih izmerah, lahko med seboj primerjamo le identične točke. V obravnavanih izmerah moramo zato neidentične točke izločiti. V prosti mreži določajo geodetski datum vse v izravnavo vključene točke. Če te niso identične v izmerah, se rezultati izravnave posamezne izmere nanašajo na različne geodetske datume. Ker lahko primerjamo med seboj le izmere, ki se nanašajo na isti geodetski datum (pogoj, če uporabimo metodo X), moramo rezultate izmer, ki se nanašajo na drugi geodetski datum, preračunati tako, da datum določajo le identične točke (Ambrožič, 1996).

Za reševanje navedenih nalog lahko uporabimo transformacijo S , saj je uporabno matematično orodje za transformacijo rezultatov izravnave izmere geodetske mreže iz enega v drugi geodetski datum. Enačbe transformacije iz enega v drugi enolično določen datum so Van Mierlo (1978); Marjetič in Stopar (2007); Caspary (1988); Sušić et al. (2017):

$$\hat{\mathbf{x}}_i = \mathbf{S}_i \hat{\mathbf{x}}_j \quad \text{in} \quad (1)$$

$$\mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{x}}_i, \hat{\mathbf{x}}_i} = \mathbf{S}_i \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{x}}_j, \hat{\mathbf{x}}_j} \mathbf{S}_i^T, \quad (2)$$

kjer so:

$\hat{\mathbf{x}}_i$ in $\hat{\mathbf{x}}_j$... vektorja izravnanih koordinat točk v geodetskem datumu i in j ,

$\mathbf{S}_i = \mathbf{I} - \mathbf{H}(\mathbf{H}^T \mathbf{E}_i \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{E}_i$... matrika transformacije S velikosti $2m \times 2m$ (m je število točk v geodetskem datumu i), ki transformira rešitev iz geodetskega datuma j v rešitev v geodetskem datumu i ,

$\mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{x}}_i, \hat{\mathbf{x}}_i}$ in $\mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{x}}_j, \hat{\mathbf{x}}_j}$... matriki kofaktorjev koordinatnih neznank v geodetskem datumu i in j ,

\mathbf{I} ... enotska matrika velikosti $2m \times 2m$,

\mathbf{H} ... datumska matrika velikosti $2m \times d$ (d je defekt datuma) – njeno sestavo glej v Marjetič in Stopar (2007); Marjetič et al. (2012),

\mathbf{E}_i ... matrika velikosti $2m \times 2m$, ki ima izvendiagonalne elemente enake 0, na diagonali pa so vrednosti 1 samo na tistih mestih, ki pripadajo posamezni koordinatni komponenti točke v geodetskem datumu i , sicer so druge vrednosti tudi na diagonali tudi 0.

Ko imamo vse terminske izmere izravnane v istem geodetskem datumu, nadaljujemo deformacijsko analizo s testiranjem homogenosti natančnosti meritev obravnavanih izmer, kar naredimo s testiranjem hipoteze o homogenosti natančnosti meritev v dveh izmerah, kar je opisano v literaturi (Ambrožič, 2001; Ašanin, 1986; Mihailović in Aleksić, 1994; Sušić et al., 2015; Sušić et al., 2016a; Vrce, 2011). Po testiranju izračunamo novo oceno za referenčno varianco a posteriori (enotno vrednost iz obravnavanih terminskih izmer) z izrazom:

$$s^2 = \frac{\mathbf{v}_1^T \mathbf{P}_{\mathbf{u}_1} \mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_2^T \mathbf{P}_{\mathbf{u}_2} \mathbf{v}_2}{f_1 + f_2} = \frac{f_1 s_1^2 + f_2 s_2^2}{f} \tag{3}$$

kjer so:

\mathbf{v}_1 in $\mathbf{v}_2 \dots$ vektorja popravkov meritev po izravnavi predhodne in tekoče terminske izmere v trenutkih t_1 in t_2 ,

$\mathbf{P}_{\mathbf{u}_1}$ in $\mathbf{P}_{\mathbf{u}_2} \dots$ matriki uteži meritev v izravnavi predhodne in tekoče terminske izmere,

f_1 in $f_2 \dots$ števili nadštevilnih meritev v predhodni in tekoči terminski izmeri,

s_1^2 in $s_2^2 \dots$ referenčni varianci a posteriori po izravnavi predhodne in tekoče terminske izmere,

$f = f_1 + f_2 \dots$ skupno število nadštevilnosti meritev v obeh izmerah.

Rezultat drugega koraka so: ocenjena vektorja izravnanih koordinat **identičnih** točk $\hat{\mathbf{x}}_i$ s pripadajočima matrikama kofaktorjev koordinatnih neznank $\mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{x}}_i \hat{\mathbf{x}}_i}$, ki se nanašata na **isti** geodetski datum, in ocena za referenčno varianco a posteriori s^2 .

2.3 Testiranje skladnosti geodetske mreže

S testiranjem skladnosti oziroma kongruence geodetske mreže med obravnavanima terminskima izmerama poskušamo ugotoviti, ali je prišlo do premikov in deformacij objekta. Primerjani geodetski mreži sta skladni/kongruenčni, če lahko ob sicer identični geometriji mreže pojasnimo koordinatne razlike samo z upoštevanjem mej natančnosti geodetskih meritev. Testiranje skladnosti opravimo s testi matematične statistike (Ašanin, 1986; Mihailović in Aleksić, 1994).

Sestavimo ničelno in alternativno hipotezo, ki sta enaki pri metodah X in L (Welsch, 1983; Welsch in Zhang, 1983; Ašanin, 1986):

$H_0 : E(\hat{\mathbf{x}}_1) = E(\hat{\mathbf{x}}_2)$ oz. $E(\mathbf{u}) = 0 \dots$ koordinate vseh točk v mreži se med dvema terminskima izmerama niso spremenile oziroma se geodetska mreža, v obeh izmerah sestavljena iz identičnih točk, ujema v obeh izmerah in (4)

$H_a : E(\hat{\mathbf{x}}_1) \neq E(\hat{\mathbf{x}}_2)$ oz. $E(\mathbf{u}) \neq 0 \dots$ mreža, opisana v H_0 , je spremenila geometrijo in nastale so deformacije.

Metoda X

Z globalnim testom stabilnosti točk mreže (avtor metode imenuje ta test testiranje skladnosti) primerjamo varianco razlik koordinat točk s_u^2 z oceno za referenčno varianco a posteriori s^2 . Tvorimo kvadratno formo (Welsch, 1983; Welsch in Zhang, 1983):

$$q_u = \mathbf{u}^T \mathbf{Q}_u^- \mathbf{u} \tag{5}$$

Varianco razlik koordinat točk mreže izračunamo z enačbo:

$$s_u^2 = \frac{q_u}{f_u} = \frac{\mathbf{u}^T \mathbf{Q}_u^- \mathbf{u}}{\text{rang } \mathbf{Q}_u} \tag{6}$$

kjer so:

$\mathbf{u} = \hat{\mathbf{x}}_2 - \hat{\mathbf{x}}_1 \dots$ vektor razlik izravnanih koordinat točk oziroma vektor premikov točk,

$\mathbf{Q}_u = \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{x}}_1\hat{\mathbf{x}}_1} + \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{x}}_2\hat{\mathbf{x}}_2} \dots$ matriki kofaktorjev koordinatnih razlik,

$f_u = \text{rang } \mathbf{Q}_u = u - d \dots$ število linearno neodvisnih elementov v vektorju \mathbf{u} ,

$u = 2m \dots$ število koordinatnih neznank (m je število točk v geodetski mreži).

Sestavimo testno statistiko:

$$T_1^2 = \frac{s_u^2}{s^2}. \quad (7)$$

Testna statistika se porazdeljuje po Fisherjevi porazdelitvi z izbrano stopnjo zaupanja $1 - \alpha$, z f in f_u prostostnimi stopnjami. Če je vrednost testne statistike manjša ali enaka kritični vrednosti $T_1^2 \leq F_{f, f_u, 1-\alpha}$, potem ničelne hipoteze H_0 (4) ne moremo zavrnila in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da se niso pojavile statistično značilne deformacije v mreži. Če je vrednost testne statistike večja od kritične vrednosti, potem ničelno hipotezo zavrnemo in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da so se v mreži pojavile deformacije.

Metoda L

Dolžine in smeri oziroma koti so od geodetskega datuma neodvisne količine. Ta pristop je zasnovan na spremembah vrednosti meritev, ki jih izračunamo iz izravnanih koordinat točk predhodne in tekoče terminske izmere.

Spremembo vrednosti meritev lahko zapišemo kot (Welsch, 1983; Welsch in Zhang, 1983; Mihailović in Aleksić, 1994):

$$d\mathbf{l} = \mathbf{l}_2 - \mathbf{l}_1, \quad (8)$$

kjer sta:

\mathbf{l}_1 in $\mathbf{l}_2 \dots$ vrednosti meritev, izračunane iz izravnanih koordinat točk predhodne in tekoče terminske izmere v trenutkih t_1 in t_2 .

To spremembo (8) lahko zapišemo tudi kot funkcijo premikov točk:

$$d\mathbf{l} = \mathbf{L} \cdot \mathbf{u}, \quad (9)$$

s pripadajočo matriko kofaktorjev:

$$\mathbf{Q}_{d\mathbf{l}} = \mathbf{L} \mathbf{Q}_u \mathbf{L}^T, \quad (10)$$

kjer je:

$\mathbf{L} = \left[\frac{\partial \mathbf{l}}{\partial \hat{\mathbf{x}}} \right] \dots$ matrika parcialnih odvodov meritev (iz izravnanih koordinat točk) po koordinatnih neznankah.

Vrednosti elementov v matriki \mathbf{L} so odvisne od vrste meritve.

a) Če v mreži obravnavamo samo dolžine, so elementi matrike **L** in vektorja **dI** oblike:

$$\mathbf{L} = \mathbf{L}_{dD} = \begin{bmatrix} \frac{\partial D_{ij}}{\partial \hat{y}_i} & \frac{\partial D_{ij}}{\partial \hat{x}_i} & \frac{\partial D_{ij}}{\partial \hat{y}_j} & \frac{\partial D_{ij}}{\partial \hat{x}_j} & \cdots & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin t_{ij} & -\cos t_{ij} & \sin t_{ij} & \cos t_{ij} & \cdots & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \dots \text{ena}$$

vrstica v matriki **L**, ki se nanaša na dolžino D_{ij} , lega navedenih elementov v tej vrstici je določena z vrstnim redom pripadajočih elementov v matriki **Q_u** ter (11)

$$d\mathbf{I} = d\mathbf{I}_{dD} = \begin{bmatrix} D_{ij_2} - D_{ij_1} \\ \vdots \end{bmatrix} \dots \text{en element v vektorju } d\mathbf{I}, \text{ ki se nanaša na dolžino } D_{ij}, \quad (12)$$

kjer so:

$t_{ij} = (t_{ij_1} + t_{ij_2})/2 \dots$ srednja vrednost smernega kota,

$t_{ij_1} = \arctan \frac{\hat{y}_{j_1} - \hat{y}_{i_1}}{\hat{x}_{j_1} - \hat{x}_{i_1}}$ in $t_{ij_2} = \arctan \frac{\hat{y}_{j_2} - \hat{y}_{i_2}}{\hat{x}_{j_2} - \hat{x}_{i_2}} \dots$ smerna kota iz izravnanih koordinat med točkama P_i in P_j

P_j v predhodni in tekoči terminski izmeri,

$D_{ij_1} = \sqrt{(\hat{y}_{j_1} - \hat{y}_{i_1})^2 + (\hat{x}_{j_1} - \hat{x}_{i_1})^2}$ in $D_{ij_2} = \sqrt{(\hat{y}_{j_2} - \hat{y}_{i_2})^2 + (\hat{x}_{j_2} - \hat{x}_{i_2})^2} \dots$ dolžini iz izravnanih koordinat med točkama P_i in P_j v predhodni in tekoči terminski izmeri.

b) Če v mreži obravnavamo samo kote, so elementi matrike **L** in vektorja **dI** oblike:

$$\mathbf{L} = \mathbf{L}_{d\alpha} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \alpha_{ij}}{\partial \hat{y}_i} & \frac{\partial \alpha_{ij}}{\partial \hat{x}_i} & \frac{\partial \alpha_{ij}}{\partial \hat{y}_j} & \frac{\partial \alpha_{ij}}{\partial \hat{x}_j} & \frac{\partial \alpha_{ij}}{\partial \hat{y}_k} & \frac{\partial \alpha_{ij}}{\partial \hat{x}_k} & \cdots & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} \left(-\frac{\cos t_{ik}}{D_{ik}} + \frac{\cos t_{ij}}{D_{ij}} \right) & \left(\frac{\sin t_{ik}}{D_{ik}} - \frac{\sin t_{ij}}{D_{ij}} \right) & \left(-\frac{\cos t_{ij}}{D_{ij}} \right) & \left(\frac{\sin t_{ij}}{D_{ij}} \right) & \left(\frac{\cos t_{ik}}{D_{ik}} \right) & \left(-\frac{\sin t_{ik}}{D_{ik}} \right) & \cdots & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

\dots ena vrstica v matriki **L**, ki se nanaša na kot α_{ij} , lega navedenih elementov v tej vrstici je določena z vrstnim redom pripadajočih elementov v matriki **Q_u** ter (13)

$$d\mathbf{I} = d\mathbf{I}_{d\alpha} = \begin{bmatrix} \alpha_{ij_2} - \alpha_{ij_1} \\ \vdots \end{bmatrix} \dots \text{en element v vektorju } d\mathbf{I}, \text{ ki se nanaša na kot } \alpha_{ijk}, \quad (14)$$

kjer so:

$t_{ij} = (t_{ij_1} + t_{ij_2})/2$ in $t_{ik} = (t_{ik_1} + t_{ik_2})/2 \dots$ srednji vrednosti smernih kotov,

t_{ij_1} in t_{ik_1} ter t_{ij_2} in $t_{ik_2} \dots$ smerni koti iz izravnanih koordinat med točkama P_i in P_j ter P_i in P_k v predhodni in tekoči terminski izmeri,

$D_{ij} = (D_{ij_1} + D_{ij_2})/2$ in $t_{ik} = (D_{ik_1} + D_{ik_2})/2 \dots$ srednji vrednosti dolžin,

D_{ij_1} in D_{ik_1} ter D_{ij_2} in $D_{ik_2} \dots$ dolžine iz izravnanih koordinat med točkama P_i in P_j ter P_i in P_k v predhodni

in tekoči terminski izmeri,

$\alpha_{ijk_1} = t_{ik_1} - t_{ij_1}$ in $\alpha_{ijk_2} = t_{ik_2} - t_{ij_2} \dots$ kota na točki P_i v predhodni in tekoči terminski izmeri.

c) Če v mreži obravnavamo dolžine in kote, so elementi matrike \mathbf{L} in vektorja $d\mathbf{l}$ oblike:

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} \mathbf{L}_{dD} \\ \mathbf{L}_{d\alpha} \end{bmatrix} \text{ in} \tag{15}$$

$$d\mathbf{l} = \begin{bmatrix} d\mathbf{l}_{dD} \\ d\mathbf{l}_{d\alpha} \end{bmatrix}. \tag{16}$$

Tvorimo kvadratno formo:

$$q_{d\mathbf{l}} = d\mathbf{l}^T \mathbf{Q}_{d\mathbf{l}} d\mathbf{l}. \tag{17}$$

Če v kvadratno formo (17) vstavimo enačbi (9) in (10), dobimo:

$$q_{d\mathbf{l}} = \mathbf{u}^T \mathbf{L}^T (\mathbf{L} \mathbf{Q}_{d\mathbf{l}} \mathbf{L}^T)^{-1} \mathbf{L} \mathbf{u}. \tag{18}$$

Če matriko \mathbf{L} razcepimo s singularnim razcepom SVD na $\mathbf{L}_{m \times n} = \mathbf{U}_{m \times m} \Sigma_{m \times n} \mathbf{V}_{n \times n}^T$ (Plestenjak, 2015)

in jo vstavimo v enačbo (18), lahko zapišemo:

$$\begin{aligned} q_{d\mathbf{l}} &= \mathbf{u}^T (\mathbf{U} \Sigma \mathbf{V}^T)^T (\mathbf{U} \Sigma \mathbf{V}^T \mathbf{Q}_{d\mathbf{l}} (\mathbf{U} \Sigma \mathbf{V}^T)^T)^{-1} \mathbf{U} \Sigma \mathbf{V}^T \mathbf{u}, \\ q_{d\mathbf{l}} &= \mathbf{u}^T \mathbf{V} \Sigma^T \mathbf{U}^T (\mathbf{U} \Sigma \mathbf{V}^T \mathbf{Q}_{d\mathbf{l}} \mathbf{V} \Sigma^T \mathbf{U}^T)^{-1} \mathbf{U} \Sigma \mathbf{V}^T \mathbf{u}, \\ q_{d\mathbf{l}} &= \mathbf{u}^T \mathbf{V} \Sigma^T \mathbf{U}^T \mathbf{U}^T \Sigma^{-T} \mathbf{V}^{-1} \mathbf{Q}_{d\mathbf{l}}^{-1} \mathbf{V}^T \Sigma^{-1} \mathbf{U}^{-1} \mathbf{U} \Sigma \mathbf{V}^T \mathbf{u} \text{ in končno} \\ q_{d\mathbf{l}} &= \mathbf{u}^T \mathbf{Q}_{d\mathbf{l}}^{-1} \mathbf{u} = q_{\mathbf{u}}, \end{aligned} \tag{19}$$

kjer so:

$\mathbf{U}_{m \times m}$ in $\mathbf{V}_{n \times n} \dots$ ortogonalni kvadratni matriki velikosti $m \times m$ oziroma $n \times n$,

$$\Sigma_{m \times n} = \begin{bmatrix} \sigma_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \sigma_n \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \dots \text{pravokotna diagonalna matrika singularnih vrednosti matrike } \mathbf{L} \text{ velikosti } m \times n,$$

ki ima inverzno matriko $\Sigma_{n \times m}^{-1} = \begin{bmatrix} 1/\sigma_1 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 1/\sigma_n & \dots & 0 \end{bmatrix}$ velikosti $n \times m$ in

velja: $\mathbf{U}^T \mathbf{U}^T = \mathbf{I}$, $\Sigma^T \Sigma^T = \mathbf{I}$, $\mathbf{V} \mathbf{V} = \mathbf{I}$, $\mathbf{U}^{-1} \mathbf{U} = \mathbf{I}$, $\Sigma^{-1} \Sigma = \mathbf{I}$ in $\mathbf{V}^T \mathbf{V}^T = \mathbf{I}$.

Iz enačbe (19) vidimo, da dobimo enako vrednost za $q_{d\mathbf{l}}$ in $q_{\mathbf{u}}$, kvadratni formi (5) in (19) sta neodvisni od datuma mreže (Mihailović in Aleksić, 1994).

Analogno kot pri metodi X tudi pri metodi L primerjamo varianco spremembe vrednosti meritev s_{d1}^2 z oceno za referenčno varianco a posteriori s^2 z globalnim testom. Varianco spremembe vrednosti meritev v mreži izračunamo z enačbo (Welsch, 1983; Welsch in Zhang, 1983):

$$s_{d1}^2 = \frac{q_{d1}}{f_{d1}} = \frac{d1^T Q_{d1}^{-1} d1}{\text{rang } Q_{d1}}. \tag{20}$$

Sestavimo testno statistiko:

$$T_1^2 = \frac{s_{d1}^2}{s^2}. \tag{21}$$

Testna statistika se porazdeljuje po Fisherjevi porazdelitvi z izbrano stopnjo zaupanja $1 - \alpha$, z f in f_{d1} prostostnimi stopnjami. Če je vrednost testne statistike manjša ali enaka kritični vrednosti $T_1^2 \leq F_{f, f_{d1}, 1-\alpha}$ potem ničelne hipoteze H_0 (4) ne moremo zavrniti in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da se niso pojavile statistično značilne deformacije v mreži. Če je vrednost testne statistike večja od kritične vrednosti, potem ničelno hipotezo zavrnemo in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da so se pojavile deformacije v mreži.

Testirane skladnosti geodetskih mrež v metodi München je popolnoma enako kot globalni test stabilnosti točk mreže v dveh izmerah v metodi Hannover (Ambrožič, 2001; Ašanin, 1986; Mihailović in Aleksić, 1994; Sušić et al., 2015; Sušić et al., 2016a; Sušić et al., 2017; Vrce, 2011) in je enako, če uporabimo metodo X ali metodo L.

Če v tem koraku ugotovimo, da so nastale statistično značilne deformacije, lahko preidemo na naslednji korak deformacijske analize, sicer analizo končamo.

2.4 Testiranje preoblikovanja geodetske mreže

Za boljši vpogled v nastale deformacije moramo geodetsko mrežo deliti na trikotnike. Za testiranje preoblikovanja posameznega trikotnika (nem. *Affinität*, ang. *strain analysis*) uporabimo tehniko deformacijske analize (Ašanin, 1986). Primerjani geodetski mreži sta afini, ko lahko ob sicer identični konfiguraciji mreže pojasnimo koordinatne razlike samo z afinim preoblikovanjem mreže.

Sestavimo ničelno in alternativno hipotezo, ki sta enaki pri metodah X in L (Ašanin, 1986; Welsch in Zhang, 1983):

$$H_0: E(\mathbf{u} - \mathbf{H}_u \mathbf{p}) = 0 \dots \text{trikotnik ni spremenil oblike med obravnavanima izmerama in} \tag{22}$$

$$H_a: E(\mathbf{u} - \mathbf{H}_u \mathbf{p}) \neq 0 \dots \text{oblika trikotnika se je med obravnavanima izmerama spremenila.}$$

Metoda X

V skladu s teorijo homogenih deformacij za majhne premike in deformacije zapišemo linearno zvezo med koordinatami točk mreže iz dveh terminskih izmer kot (Welsch, 1983; Mihailović in Aleksić, 1994; Sušić et al., 2016b):

$$\hat{\mathbf{x}}_2 = \mathbf{F} \cdot \hat{\mathbf{x}}_1 + \mathbf{t}, \tag{23}$$

kjer so:

$\hat{\mathbf{x}}_1$ in $\hat{\mathbf{x}}_2 \dots$ vektorja izravnanih koordinat točk iz izravnave predhodne in tekoče izmere,

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \hat{\mathbf{x}}_2}{\partial \hat{\mathbf{x}}_1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \hat{\mathbf{x}}_2}{\partial \hat{\mathbf{x}}_1} & \frac{\partial \hat{\mathbf{x}}_2}{\partial \hat{\mathbf{y}}_1} \\ \frac{\partial \hat{\mathbf{y}}_2}{\partial \hat{\mathbf{x}}_1} & \frac{\partial \hat{\mathbf{y}}_2}{\partial \hat{\mathbf{y}}_1} \end{bmatrix} \dots \text{odvodi koordinat točk tekoče izmere glede na predhodno izmero,}$$

$$\mathbf{t} = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \end{bmatrix} \dots \text{vektor komponent translacije togega telesa (objekta) v smereh koordinatnih osi.}$$

Če od zgornje enačbe odštejemo vektor $\hat{\mathbf{x}}_1$, dobimo vektor premikov točk:

$$\mathbf{u} = \hat{\mathbf{x}}_2 - \hat{\mathbf{x}}_1 = (\mathbf{F} - \mathbf{I}) \cdot \hat{\mathbf{x}}_1 + \mathbf{t} \text{ in}$$

$$\mathbf{u} = d\mathbf{F} \cdot \hat{\mathbf{x}}_1 + \mathbf{t}, \tag{24}$$

kjer je:

$$d\mathbf{F} = (\mathbf{F} - \mathbf{I}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial \hat{\mathbf{x}}_1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \mathbf{u}_x}{\partial \hat{\mathbf{x}}_1} & \frac{\partial \mathbf{u}_x}{\partial \hat{\mathbf{y}}_1} \\ \frac{\partial \mathbf{u}_y}{\partial \hat{\mathbf{x}}_1} & \frac{\partial \mathbf{u}_y}{\partial \hat{\mathbf{y}}_1} \end{bmatrix} \dots \text{deformacijska matrika (gradient premikov).} \tag{25}$$

Gradient premikov $d\mathbf{F}$ je nesimetrična matrika, ki jo razstavimo na vsoto matrik \mathbf{E} in $d\mathbf{R}$:

$$d\mathbf{F} = \frac{1}{2}(d\mathbf{F} + d\mathbf{F}^T) + \frac{1}{2}(d\mathbf{F} - d\mathbf{F}^T) \text{ in}$$

$$d\mathbf{F} = \mathbf{E} + d\mathbf{R}, \tag{26}$$

kjer sta:

$$\mathbf{E} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \mathbf{u}_x}{\partial \hat{\mathbf{x}}_1} & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \mathbf{u}_x}{\partial \hat{\mathbf{y}}_1} + \frac{\partial \mathbf{u}_y}{\partial \hat{\mathbf{x}}_1} \right) \\ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \mathbf{u}_x}{\partial \hat{\mathbf{y}}_1} + \frac{\partial \mathbf{u}_y}{\partial \hat{\mathbf{x}}_1} \right) & \frac{\partial \mathbf{u}_y}{\partial \hat{\mathbf{y}}_1} \end{bmatrix} \dots \text{simetrična deformacijska matrika,}$$

$$d\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{2} \left(\frac{\partial \mathbf{u}_y}{\partial \hat{\mathbf{x}}_1} - \frac{\partial \mathbf{u}_x}{\partial \hat{\mathbf{y}}_1} \right) \\ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \mathbf{u}_y}{\partial \hat{\mathbf{x}}_1} - \frac{\partial \mathbf{u}_x}{\partial \hat{\mathbf{y}}_1} \right) & 0 \end{bmatrix} \dots \text{antisimetrična matrika rotacije.}$$

Zgornji matriki lahko zapišemo tudi drugače:

$$\mathbf{E} = \begin{bmatrix} e_{xx} & e_{xy} \\ e_{xy} & e_{yy} \end{bmatrix} \text{ in}$$

$$d\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 0 & -\omega \\ \omega & 0 \end{bmatrix}.$$

Če vstavimo enačbo (26) v enačbo (24), dobimo (Welsch, 1983; Welsch in Zhang, 1983; Labant et al., 2014):

$$\mathbf{u} = (\mathbf{E} + d\mathbf{R}) \cdot \hat{\mathbf{x}}_1 + \mathbf{t} \text{ oz.} \tag{27}$$

$$\begin{bmatrix} u_x \\ u_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{xx} & e_{xy} \\ e_{xy} & e_{yy} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -\omega \\ \omega & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \hat{x}_1 \\ \hat{y}_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \end{bmatrix}.$$

Komponenti premikov posamezne točke lahko zapišemo tudi kot:

$$u_x = \hat{x}_1 \cdot e_{xx} + \hat{y}_1 \cdot e_{xy} - \hat{y}_1 \cdot \omega + t_x \text{ in} \tag{28}$$

$$u_y = \hat{x}_1 \cdot e_{xy} + \hat{y}_1 \cdot e_{yy} + \hat{x}_1 \cdot \omega + t_y. \tag{29}$$

Te enačbe lahko zapišemo v matrični obliki:

$$\mathbf{u} = \mathbf{H}_u \cdot \mathbf{p}, \tag{30}$$

kjer so:

$$\mathbf{H}_u = \begin{bmatrix} \hat{x}_1 & \hat{y}_1 & 0 & -\hat{y}_1 & 1 & 0 \\ 0 & \hat{x}_1 & \hat{y}_1 & \hat{x}_1 & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \dots \text{matrika deformacijskega modela, ki povezuje deformacijske}$$

parametre s premiki točk, \tag{31}

$$\mathbf{p}^T = [e_{xx} \ e_{xy} \ e_{yy} \ \omega \ t_x \ t_y] \dots \text{vektor deformacijskih parametrov,} \tag{32}$$

e_{xx} in e_{yy} ... normalni deformaciji v smeri koordinatne osi x in y ,

e_{xy} ... strižna deformacija ($= e_{yx}$),

ω ... kot rotacije,

t_x in t_y ... translaciji v smeri koordinatne osi x in y .

Ko obravnavamo sistem (30), imamo tri možnosti:

a) Ko obravnavamo eno točko, imamo dve enačbi, torej (28) in (29) – (dve vrstici v \mathbf{H}_u v (31)), in šest neznank (deformacijskih parametrov v enačbi (32)). Takšen sistem (30) nima rešitve.

b) Ko obravnavamo trikotnik, imamo šest enačb (tri enačbe (28) in tri enačbe (29)) s šestimi neznankami in eno rešitev. Iz enačbe (30) izračunamo neznanke, torej deformacijske parametre, z naslednjo enačbo:

$$\mathbf{p} = \mathbf{H}_u^{-1} \cdot \mathbf{u}. \tag{33}$$

Tvorimo kvadratno formo:

$$q_u = \mathbf{u}^T \mathbf{Q}_u \mathbf{u}. \tag{34}$$

Varianco razlik koordinat točk trikotnika izračunamo z enačbo

$$s_u^2 = \frac{q_u}{f_u} = \frac{\mathbf{u}^T \mathbf{Q}_u \mathbf{u}}{\text{rang } \mathbf{Q}_u} = \frac{\mathbf{u}^T \mathbf{Q}_u \mathbf{u}}{n}, \tag{35}$$

kjer je:

n ... število stranic v trikotniku ($= 3$).

Sestavimo testno statistiko:

$$T_{21}^2 = \frac{s_u^2}{s^2}, \quad (36)$$

Testna statistika se porazdeljuje po Fisherjevi porazdelitvi iz izbrano stopnjo zaupanja $1 - \alpha$, z f in n prostostnimi stopnjami. Če je vrednost testne statistike manjša ali enaka kritični vrednosti $T_{21}^2 \leq F_{f,n,1-\alpha}$, potem ničelne hipoteze H_0 (22) ne moremo zavrniti in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da trikotnik statistično ni spremenil oblike. Če je vrednost testne statistike večja od kritične vrednosti, potem ničelno hipotezo zavrnemo in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da so se pojavile deformacije v trikotniku.

c) Ko obravnavamo večkotnik, imamo merjenih več količin (ki jih izračunamo iz izravnanih koordinat točk), kot je nujno potrebno (na primer vse dolžine in kote v večkotniku), potem imamo več enačb, kot je neznan. Rešitev dobimo z metodo najmanjših kvadratov (Welsch, 1983; Welsch in Zhang, 1983; Mihailović in Aleksić, 1994):

$$\mathbf{u} + \mathbf{v}_u = \mathbf{H}_u \cdot \mathbf{u} \text{ s pripadajočo } \mathbf{P}_u, \quad (37)$$

kjer sta:

\mathbf{v}_u ... vektor popravkov koordinatnih razlik točk,

$\mathbf{P}_u = \mathbf{Q}_u^-$... matrika uteži koordinatnih razlik točk.

Iz izravnave dobimo:

$$\mathbf{p} = (\mathbf{H}_u^T \mathbf{P}_u \mathbf{H}_u)^- \cdot \mathbf{H}_u^T \mathbf{P}_u \mathbf{u}. \quad (38)$$

Tvorimo kvadratno formo po naslednji enačbi:

$$q_{\mathbf{u}+\mathbf{v}_u} = (\mathbf{u} + \mathbf{v}_u)^T \mathbf{Q}_u^- (\mathbf{u} + \mathbf{v}_u) \quad (39)$$

in ne po enačbi $q_{\mathbf{v}_u} = \mathbf{v}_u^T \mathbf{P}_u \mathbf{v}_u$, ki jo zapišejo Welsch (1983) – enačba (19), Welsch in Zhang (1983) – enačba (3–8) in Mihailović in Aleksić (1994) – enačba (10.2.24), ter varianco popravljenih koordinatnih razlik točk:

$$s_p^2 = \frac{q_{\mathbf{u}+\mathbf{v}_u}}{f_p} = \frac{(\mathbf{u} + \mathbf{v}_u)^T \mathbf{Q}_u^- (\mathbf{u} + \mathbf{v}_u)}{\text{rang } \mathbf{Q}_u}. \quad (40)$$

Sestavimo testno statistiko:

$$T_{21}^2 = \frac{s_p^2}{s^2}. \quad (41)$$

Testna statistika se porazdeljuje po Fisherjevi porazdelitvi iz izbrano stopnjo zaupanja $1 - \alpha$, z f in f_p prostostnimi stopnjami. Če je vrednost testne statistike manjša ali enaka kritični vrednosti $T_{21}^2 \leq F_{f,f_p,1-\alpha}$, potem ničelne hipoteze H_0 (22) ne moremo zavrniti in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da večkotnik

statistično ni spremenil oblike. Če je vrednost testne statistike večja od kritične vrednosti, potem ničelno hipotezo zavrnilo in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da so se pojavile deformacije v večkotniku.

Metoda L

Uporabimo povezavo med dolžinskimi deformacijami e , kotnimi spremembami $d\alpha$ in deformacijskimi parametri (Welsch, 1983; Welsch in Zhang, 1983; Mihailović in Aleksić, 1994; Acar, 2010; Deniz in Ozener, 2010):

$$e_{ij} = e_{xx} \cos^2 t_{ij} + e_{xy} \sin 2t_{ij} + e_{yy} \sin^2 t_{ij} \text{ in} \tag{42}$$

$$d\alpha_{ijk} = e_{xy} (\cos 2t_{ik} - \cos 2t_{ij}) + \frac{1}{2} (e_{yy} - e_{xx}) (\sin 2t_{ik} - \sin 2t_{ij}), \tag{43}$$

kjer so:

$$e_{ij} = \frac{D_{ij_2} - D_{ij_1}}{D_{ij_1}} \dots \text{dolžinska deformacija (specifična sprememba dolžine),} \tag{44}$$

$$d\alpha_{ijk} = \alpha_{ijk_2} - \alpha_{ijk_1} \dots \text{kotna sprememba,} \tag{45}$$

$D_{ij_1} = \sqrt{(\hat{y}_{j_1} - \hat{y}_{i_1})^2 + (\hat{x}_{j_1} - \hat{x}_{i_1})^2}$ in $D_{ij_2} = \sqrt{(\hat{y}_{j_2} - \hat{y}_{i_2})^2 + (\hat{x}_{j_2} - \hat{x}_{i_2})^2} \dots$ dolžini iz izravnanih koordinat med točkama P_i in P_j v predhodni in tekoči terminski izmeri,

$\alpha_{ijk_1} = t_{ik_1} - t_{ij_1}$ in $\alpha_{ijk_2} = t_{ik_2} - t_{ij_2} \dots$ kota na točki P_i v predhodni in tekoči terminski izmeri,

t_{ij_1} in t_{ik_1} ter t_{ij_2} in $t_{ik_2} \dots$ smerni koti iz izravnanih koordinat med točkama P_i in P_j ter P_i in P_k v predhodni in tekoči terminski izmeri,

Enačbe (42) in (43) lahko zapišemo v matrični obliki:

$$\mathbf{e} = \mathbf{H}_e \cdot \mathbf{p}_1 \tag{46}$$

s pripadajočo matriko kofaktorjev:

$$\mathbf{Q}_e = \mathbf{LQ}_u \mathbf{L}^T = \mathbf{Q}_{d\alpha}, \tag{47}$$

kjer so:

$$\mathbf{e} = \mathbf{e}_e = \begin{bmatrix} e_{ij} \\ \vdots \end{bmatrix} \dots \text{en element v vektorju dolžinskih deformacij, če obravnavamo dolžine,} \tag{48}$$

$$\mathbf{e} = \mathbf{e}_{d\alpha} = \begin{bmatrix} d\alpha_{ijk} \\ \vdots \end{bmatrix} \dots \text{en element v vektorju kotnih sprememb, če obravnavamo kote,} \tag{49}$$

$$\mathbf{H}_e = \mathbf{H}_{e_e} = \begin{bmatrix} \cos^2 t_{ij} & \sin 2t_{ij} & \sin^2 t_{ij} \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \dots \text{ena vrstica v matriki deformacijskega modela, ki povezuje}$$

deformacijske parametre z dolžinskimi deformacijami, če obravnavamo dolžine, (50)

$$\mathbf{H}_e = \mathbf{H}_{e_{d\alpha}} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2}(-\sin 2t_{ik} + \sin 2t_{ij}) & (\cos 2t_{ik} - \cos 2t_{ij}) & \frac{1}{2}(\sin 2t_{ik} - \sin 2t_{ij}) \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \dots \text{ena vrstica v matriki}$$

deformacijskega modela, ki povezuje deformacijske parametre s kotnimi spremembami, če obravnavamo kote,

$$(51)$$

$\mathbf{p}_1^T = [e_{xx} \ e_{xy} \ e_{yy}] \dots$ vektor deformacijskih parametrov.

$$(52)$$

Ko obravnavamo sistem (46), imamo tri možnosti:

a) Ko obravnavamo eno dolžinsko deformacijo (44) ali eno kotno spremembo (45), imamo eno vrstico v matriki deformacijskega modela (50) oziroma (51). Takšen sistem (46) nima rešitve.

b1) Ko obravnavamo dolžinske deformacije v trikotniku, imamo tri vrstice v matriki deformacijskega modela (saj imamo tri neodvisne dolžine v trikotniku) in eno rešitev sistema (46), ki jo izračunamo z naslednjo enačbo:

$$\mathbf{p}_1 = \mathbf{H}_e^{-1} \cdot \mathbf{e}. \quad (53)$$

Tvorimo kvadratno formo:

$$q_e = d\mathbf{l}^T \mathbf{Q}_e^- d\mathbf{l} \quad (\text{ki je enaka kvadratni formi } q_{dl} - \text{enačba (17)}) \quad (54)$$

in varianco dolžinskih in kotnih sprememb

$$s_e^2 = \frac{q_e}{f_e} = \frac{d\mathbf{l}^T \mathbf{Q}_e^- d\mathbf{l}}{\text{rang } \mathbf{Q}_e} = \frac{d\mathbf{l}^T \mathbf{Q}_e^- d\mathbf{l}}{n} \quad (\text{ki je enaka varianci spremembe vrednosti meritev } s_{dl}^2 - \text{enačba (20)}), \quad (55)$$

kjer je:

$n \dots$ število stranic v trikotniku (= 3).

Sestavimo testno statistiko:

$$T_{22}^2 = \frac{s_e^2}{s^2} \quad (\text{ki je enaka testni statistiki } T_1^2 - \text{enačba (21)}). \quad (56)$$

Testna statistika se porazdeljuje po Fisherjevi porazdelitvi z izbrano stopnjo zaupanja $1 - \alpha$, z f in n prostostnimi stopnjami. Če je vrednost testne statistike manjša ali enaka kritični vrednosti $T_{22}^2 \leq F_{f,n,1-\alpha}$, potem ničelne hipoteze H_0 (22) ne moremo zavrniti in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da trikotnik statistično ni spremenil oblike. Če je vrednost testne statistike večja od kritične vrednosti, potem ničelno hipotezo zavrnemo in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da so se pojavile deformacije v trikotniku.

b2) Ko obravnavamo kotne spremembe v trikotniku, imamo samo dva neodvisna kota – tretji je od njiju odvisen, potem lahko za posamezen trikotnik zapišemo le dve enačbi (43) in sistem (46) še vedno nima rešitve. Matrika \mathbf{H}_e je singularna, njen rang $\mathbf{H}_e = 2$.

c) Če imamo več dolžinskih deformacij in kotnih sprememb, kot je nujno potrebno (na primer tri dolžinske deformacije in tri kotne sprememb v trikotniku), potem imamo več enačb, kot je neznan. Rešitev dobimo z metodo najmanjših kvadratov (Welsch, 1983; Welsch in Zhang, 1983; Mihailović in Aleksić, 1994)

$$\mathbf{e} + \mathbf{v}_e = \mathbf{H}_e \cdot \mathbf{p}_1 \text{ s pripadajočo } \mathbf{P}_e, \quad (57)$$

kjer sta:

\mathbf{v}_e ... vektor popravkov dolžinskih deformacij in kotnih sprememb,

$\mathbf{P}_e = \mathbf{Q}_e^-$... matrika uteži dolžinskih deformacij in kotnih sprememb.

Iz izravnave dobimo:

$$\mathbf{p}_1 = (\mathbf{H}_e^T \mathbf{P}_e \mathbf{H}_e)^{-1} \cdot \mathbf{H}_e^T \mathbf{P}_e \mathbf{e}. \tag{58}$$

Tvorimo kvadratno formo po naslednji enačbi:

$$q_{e+\mathbf{v}_e} = d\mathbf{1}^T \mathbf{Q}_e^- d\mathbf{1} = q_{\mathbf{u}+\mathbf{v}_u} \tag{59}$$

in ne po enačbi $q_{\mathbf{v}_{d1}} = \mathbf{v}_{d1}^T \mathbf{Q}_{d1}^- \mathbf{v}_{d1} = \mathbf{v}_{d1}^T \mathbf{P}_{d1} \mathbf{v}_{d1} = q_{\mathbf{v}_u}$, ki jo zapišejo Welsch (1983) – enačba (32), Welsch in Zhang (1983) – enačba (3–13) ter Mihailović in Aleksić (1994) – enačba med (10.3.17) in (10.3.18), ter varianco popravljenih dolžinskih in kotnih sprememb:

$$s_{\mathbf{p}_1}^2 = \frac{q_{e+\mathbf{v}_e}}{f_{\mathbf{p}_1}} = \frac{d\mathbf{1}^T \mathbf{Q}_e^- d\mathbf{1}}{\text{rang } \mathbf{Q}_e}. \tag{60}$$

Sestavimo testno statistiko:

$$T_{22}^2 = \frac{s_{\mathbf{p}_1}^2}{s^2}. \tag{61}$$

Testna statistika se porazdeljuje po Fisherjevi porazdelitvi z izbrano stopnjo zaupanja $1 - \alpha$, z f in $f_{\mathbf{p}_1}$ prostostnimi stopnjami. Če je vrednost testne statistike manjša ali enaka kritični vrednosti $T_{22}^2 \leq F_{ff_{\mathbf{p}_1}, 1-\alpha}$ potem ničelne hipoteze $H_0(22)$ ne moremo zavrniti in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da trikotnik statistično ni spremenil oblike. Če je vrednost testne statistike večja od kritične vrednosti, potem ničelno hipotezo zavrnemo in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da so se pojavile deformacije v trikotniku.

Rezultati, izračunani z metodo L, naj bi bili identični rezultatom, izračunanim z metodo X.

V tem koraku izračunamo osnovne deformacijske parametre v posameznem trikotniku. V tem koraku tudi ugotovimo, ali so nastale statistično značilne deformacije v trikotniku. Nato spremenimo oblike trikotnikov in ponovimo ta korak (testiranje preoblikovanja geodetske mreže). Tako lahko izračunamo osnovne deformacijske parametre za nekaj različnih oblik trikotnikov v obravnavani geodetski mreži. Na koncu za izbrano geometrijo geodetske mreže izračunamo še druge deformacijske parametre, ki so naslednji korak postopka München.

2.5 Izračun drugih deformacijskih parametrov

Druge deformacijske parametre izračunamo na podlagi osnovnih parametrov z naslednjimi enačbami Welsch (1983); Mihailović in Aleksić (1994); Ašanin (1986); Acar (2010); Labant et al. (2014):

$$\gamma_1 = e_{yy} - e_{xx} \dots \text{čista strižna deformacija,}$$

$$\gamma_2 = 2e_{xy} \dots \text{inženirska strižna deformacija,}$$

$$\Delta = e_{xx} + e_{yy} \dots \text{dilatacija,}$$

$$\text{oz. } \begin{bmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \\ \Delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e_{xx} \\ e_{xy} \\ e_{yy} \end{bmatrix} \text{ ali } \mathbf{p}_2 = \mathbf{H}_2 \cdot \mathbf{p}_1 \text{ in} \quad (62)$$

$\gamma = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_2^2} \dots$ skupna strižna deformacija,

$e_1 = \frac{1}{2}(e_{xx} + e_{yy} + ee) = \frac{1}{2}(\Delta + \gamma) \dots$ maksimalna normalna deformacija,

$e_2 = \frac{1}{2}(e_{xx} + e_{yy} - ee) = \frac{1}{2}(\Delta - \gamma) \dots$ minimalna normalna deformacija,

$ee^2 = (e_{xx} - e_{yy})^2 + 4e_{xy}^2$,

$$\text{oz. } \begin{bmatrix} \gamma \\ e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\gamma_1}{\gamma} & \frac{\gamma_2}{\gamma} & 0 \\ \frac{\gamma_1}{2\gamma} & \frac{\gamma_2}{2\gamma} & \frac{1}{2} \\ -\frac{\gamma_1}{2\gamma} & -\frac{\gamma_2}{2\gamma} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \\ \Delta \end{bmatrix} \text{ ali } \mathbf{p}_3 = \mathbf{H}_3 \cdot \mathbf{p}_2 \text{ ter} \quad (63)$$

$\tan 2\vartheta = \frac{2e_{xy}}{e_{xx} - e_{yy}} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \dots$ smerni kot maksimalne normalne deformacije,

$\Psi = \vartheta + 45^\circ \dots$ smerni kot maksimalne strižne deformacije.

Po analizi trikotnikov in izračunanih vseh deformacijskih parametrov opravimo za izbrano obliko trikotnikov še zadnji korak postopka München, to je analizo morebitne spremembe položaja posamezne točke v geodetski mreži.

2.5 Analiza posamezne točke

S testiranjem preoblikovanja geodetske mreže, ki jo razdelimo na trikotnike, ugotovimo, kateri trikotniki so statistično značilno spremenili obliko, medtem ko o samih točkah ne vemo veliko. Za odkrivanje točk, ki so se statistično značilno premaknile, testiramo točko po točko glede na preostale $n - 1$ točke geodetske mreže. Testiranje izvedemo s testiranjem sprememb vseh $n - 1$ (datumsko neodvisnih) dolžin, ki povezujejo posamezno točko s sosednjimi točkami (Ašanin, 1986).

Sestavimo ničelno in alternativno hipotezo (Welsch, 1982; Ašanin, 1986):

H_0 : identična točka v obeh izmerah ni spremenila položaja med dvema izmerama in (64)

H_a : identična točka v obeh izmerah je spremenila položaj med dvema izmerama.

Sestavimo testno statistiko (Welsch, 1982; Ašanin, 1986):

$$T_{23}^2 = \frac{\mathbf{dI}^T \mathbf{Q}_d^{-1} \mathbf{dI}}{(n-1)s^2}, \quad (65)$$

kjer so:

$\mathbf{dI} \dots$ vektor razlik dolžin med izbrano točko in preostalimi $n - 1$ točkami geodetske mreže – enačba (12),

$Q_{e1} = LQ_u L^T \dots$ pripadajoča matriko kofaktorjev – enačba (10),

$L = \left[\frac{\partial l}{\partial \hat{x}} \right] \dots$ matrika parcialnih odvodov meritev po koordinatnih neznankah z $n - 1$ vrsticami – enačba (11).

Testna statistika se porazdeljuje po Fisherjevi porazdelitvi z izbrano stopnjo zaupanja $1 - \alpha$, z f in $n - 1$ prostostnimi stopnjami. Če je vrednost testne statistike manjša ali enaka kritični vrednosti $T_{23}^2 \leq F_{f, n-1, 1-\alpha}$, potem ničelne hipoteze H_0 (64) ne moremo zavrniti in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da obravnavana točka ni spremenila položaja med dvema izmerama. Če je vrednost testne statistike večja od kritične vrednosti, potem ničelno hipotezo zavrnemo in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da je obravnavana točka spremenila položaj med dvema izmerama.

3 RAČUNSKI PRIMER

Postopek München uporabimo na podatkih iz literature (Mihailović in Aleksić, 1994). Na istih podatkih smo že preizkusili postopke Hannover (Ambrožič, 2001), Karlsruhe (Ambrožič, 2004), Delft (Marjetič et al., 2012) in Fredericton (Vrečko in Ambrožič, 2013), zato skice mreže, vhodnih podatkov za izravnavi ter izravnanih koordinat točk predhodne in tekoče izmere ne podajamo ponovno. Pri vseh testih izberemo stopnjo značilnosti testa $\alpha = 0,05$.

V prvem koraku postopka München moramo izravnati geodetski mreži kot prosti mreži za vsako terminsko izmero posebej in odkriti morebitno prisotne grobo pogrešene meritve. V preglednici 1 podajamo nekaj rezultatov izravnave, drugi so v Ambrožič (2001), Ambrožič (2004) in Marjetič et al. (2012). Ker smo uporabili simulirane meritve, nimamo prisotnih grobo pogrešenih meritev (glej tudi Marjetič et al., 2012).

Preglednica 1: Rezultati prvega koraka postopka München.

	Predhodna izmera	Tekoča izmera
	$i = 1$	$i = 2$
σ_{d_i}	5 mm	5 mm
σ_{f_i}	1"	1"
$\hat{\sigma}_{0_i}^2 = s_i^2$	0,9699	1,1562
n_i	48	48
u_i	14 + 7	14 + 7
d_i	3	3
f_i	30	30
s^2 ; enačba (3)	1,1387	
f ; enačba (3)	60	

Drugega koraka ne uporabimo, saj transformacija terminskih izmer v isti geodetski datum ni potrebna, ker primerjamo med seboj geodetski mreži z identičnimi točkami in izmeri, ki se nanašata na isti geodetski datum.

Postopek München nadaljujemo s testiranjem skladnosti obravnavane geodetske mreže, kar je tretji korak postopka. Testiranje skladnosti naredimo z metodama X in L.

Z metodo X izračunamo po enačbi (7) velikost testne statistike $T_1^2 = 141,29$. Ker je testna statistika večja od kritične vrednosti pri izbrani stopnji značilnosti testa ($F_{60,11,0,95} = 1,95$), zavrnilo ničelno hipotezo (4) in trdimo, da je mreža spremenila geometrijo med dvema terminskima izmerama.

Z metodo L izračunamo velikost testne statistike T_1^2 po enačbi (21) na nekaj načinov:

- v mreži upoštevamo samo dolžine: matriko \mathbf{L}_{dD} , velikosti 12×14 (saj imamo v mreži 12 dolžin), sestavimo po enačbi (11), vektor $d\mathbf{I}_{dD}$, velikosti 12×1 , sestavimo po enačbi (12),
- v mreži upoštevamo samo kote: matriko $\mathbf{L}_{d\alpha}$, velikosti 18×14 (saj imamo v mreži 18 kotov), sestavimo po enačbi (13), vektor $d\mathbf{I}_{d\alpha}$, velikosti 18×1 , sestavimo po enačbi (14),
- v mreži upoštevamo dolžine in kote: matriko \mathbf{L} , velikosti 30×14 (saj imamo v mreži 12 dolžin in 18 kotov), sestavimo po enačbi (15), vektor $d\mathbf{I}$, velikosti 30×1 , sestavimo po enačbi (16),

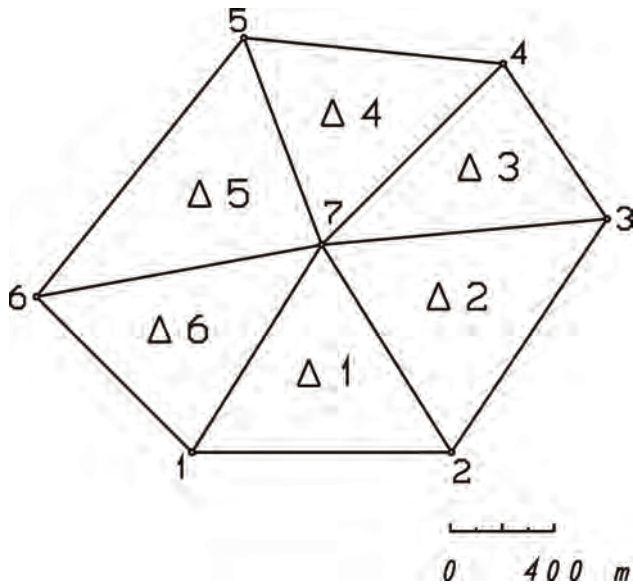
in dobimo po vseh treh načinih enak rezultat $T_1^2 = 141,29$ kot z metodo X. Ničelno hipotezo (4) seveda zavrnilo in trdimo, da je mreža spremenila geometrijo med dvema terminskima izmerama. Testna statistika T_1^2 je enaka globalnemu testu stabilnosti točk mreže v dveh izmerah v metodi Hannover (Ambrožič, 2001).

V četrtem koraku postopka München testiramo preoblikovanje geodetske mreže, izračunamo torej deformacije. Geodetsko mrežo razdelimo na trikotnike in testiramo vsakega zase.

Za izračun deformacij z metodo X tvorimo matriko \mathbf{H}_u – enačba (31) velikosti 6×6 (saj imamo v trikotniku tri točke s šestimi koordinatami), z njo izračunamo najprej deformacijske parametre po enačbi (33) in nato testno statistiko po enačbi (36). Rezultate obravnave prve geometrije trikotnikov podajamo v preglednici 2, sliko prve geometrije trikotnikov pa na sliki 1. Izračunamo tudi kritično vrednost $F_{60,3,0,95} = 2,76$ in jo primerjamo s testnimi statistikami. Ker so vrednosti testnih statistik v vseh trikotnikih večje od kritične vrednosti, ničelno hipotezo (22) zavrnilo in trdimo, da so se pojavile deformacije v vseh trikotnikih.

Preglednica 2: Deformacijski parametri, testna statistika in odločitev o zavrnitvi ničelne hipoteze (22) z uporabo metode X, ko obravnavamo prvo geometrijo trikotnikov.

	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 4$	$\Delta 5$	$\Delta 6$
$e_{xx} [10^{-6}]$	46,19	- 54,19	20,50	- 57,46	- 39,65	86,78
$e_{yy} [10^{-6}]$	76,48	- 0,77	- 57,18	- 17,02	11,85	33,96
$e_{xy} [10^{-6}]$	- 18,70	- 8,92	0,71	- 1,65	25,68	13,46
$\omega ["]$	- 4,0	13,2	3,0	- 4,8	- 8,7	0,6
$t_x [m]$	- 0,186	0,235	0,111	0,135	0,031	- 0,162
$t_y [m]$	- 0,049	- 0,075	0,102	0,101	0,041	- 0,061
T_{21}^2	336,48	62,03	116,79	95,96	56,68	229,98
H_0	zavrjnena	zavrjnena	zavrjnena	zavrjnena	zavrjnena	zavrjnena



Slika 1: Razpored trikotnikov v prvi geometriji geodetske mreže.

Enake vrednosti deformacijskih parametrov izračunamo, če uporabimo enačbo (38). Testna statistika po (41) je enaka testni statistiki (36).

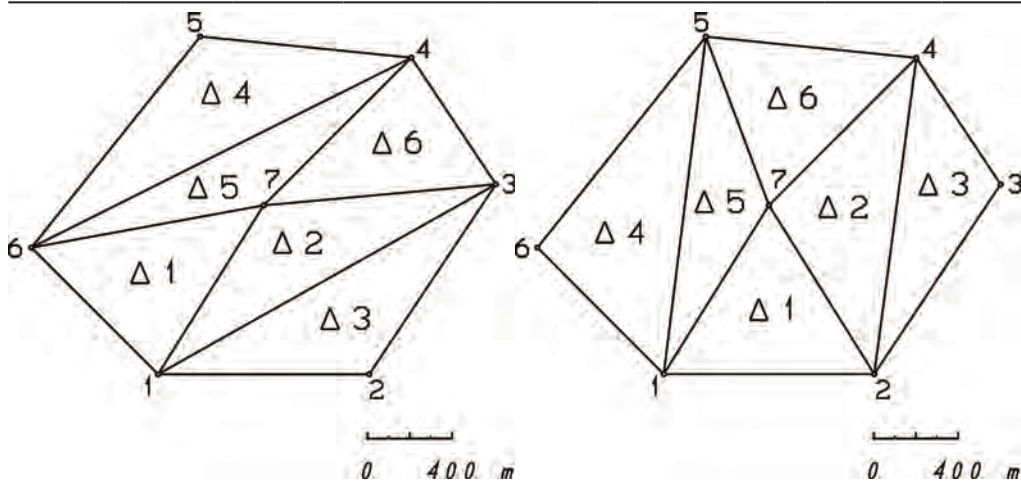
Izračun deformacij z metodo L naredimo na več načinov:

- v trikotniku upoštevamo samo dolžinske deformacije: deformacijske parametre \mathbf{p}_1 v enačbi (52) izračunamo z enačbo (53), tako da matriko $\mathbf{H}_e = \mathbf{H}_{e_e}$ velikosti 3×3 (saj imamo v trikotniku tri dolžine) sestavimo po enačbi (50), vektor $\mathbf{e} = \mathbf{e}_e$ velikosti 3×1 sestavimo po enačbi (48), testno statistiko T_{22}^2 pa po enačbi (56) – za posamezen trikotnik izračunamo deformacijske parametre in testno statistiko enake vrednosti kot z metodo X, kar prikazujemo v preglednici 2,
- v trikotniku upoštevamo samo kotne spremembe: treh deformacijskih parametrov \mathbf{p}_1 za posamezen trikotnik ne moremo izračunati, saj imamo v trikotniku samo dve neodvisni kotni spremembi v enačbi (49),
- v trikotniku upoštevamo dolžinske deformacije in kotne spremembe: če sestavimo matriko \mathbf{H}_e iz obeh delov \mathbf{H}_{e_e} (50) in $\mathbf{H}_{e_{d\alpha}}$ (51), je $\mathbf{H}_e = [\mathbf{H}_{e_e} \quad \mathbf{H}_{e_{d\alpha}}]^T$ velikosti 6×3 (saj imamo v trikotniku tri dolžine in tri kote), vektor \mathbf{e} prav tako iz obeh delov \mathbf{e}_e (48) in $\mathbf{e}_{d\alpha}$ (49), izračunamo deformacijske parametre z enačbo (58), testno statistiko pa po enačbi (61) – za posamezen trikotnik izračunamo deformacijske parametre in testno statistiko enake vrednosti kot z metodo X, kar prikazujemo v preglednici 2.

Trikotnike v geodetski mreži tvorimo še na več različnih načinov, v nadaljevanju prikazujemo na sliki 2 le dve geometriji trikotnikov, rezultate obravnave druge in tretje geometrije trikotnikov podajamo v preglednici 3. Ker sta trikotnika 1 in 6 v drugi geometriji enaka trikotnikoma 6 in 3 v prvi geometriji ter trikotnika 1 in 6 v tretji geometriji enaka trikotnikoma 1 in 4 v prvi geometriji, rezultatov ponavljajočih se trikotnikov v preglednici 3 ne prikazujemo.

Preglednica 3: Deformacijski parametri, testna statistika in odločitev o zavrnitvi ničelne hipoteze (22) z metodo X, ko obravnavamo drugo in tretjo geometrijo trikotnikov.

	Druga geometrija				Tretja geometrija			
	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 4$	$\Delta 5$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 4$	$\Delta 5$
e_{xx} [10^{-6}]	158,66	-161,27	-5,80	-140,75	-28,08	-14,58	26,76	2,38
e_{yy} [10^{-6}]	-16,92	82,79	0,43	-4,02	1,59	-58,59	-12,01	79,05
e_{xy} [10^{-6}]	-7,75	-18,70	1,32	34,79	-68,24	75,42	-18,44	85,25
ω ["]	13,8	-2,7	-2,3	-15,7	5,1	13,5	3,5	-17,9
t_x [m]	-0,119	0,021	-0,006	0,186	0,126	0,315	-0,042	-0,212
t_y [m]	-0,053	-0,062	0,020	0,118	0,081	-0,187	0,003	-0,088
T_{22}^2	278,24	286,17	0,37	98,21	110,69	136,29	33,96	249,07
H_0	zavrjnena	zavrjnena	NI zavrjnena	zavrjnena	zavrjnena	zavrjnena	zavrjnena	zavrjnena



Slika 2: Razpored trikotnikov v drugi in tretji geometriji geodetske mreže.

Na podlagi rezultatov, podanih v preglednicah 2 in 3, lahko ugotovimo, da četrti trikotnik v drugi geometriji geodetske mreže statistično ni spremenil oblike med obravnavanima izmerama.

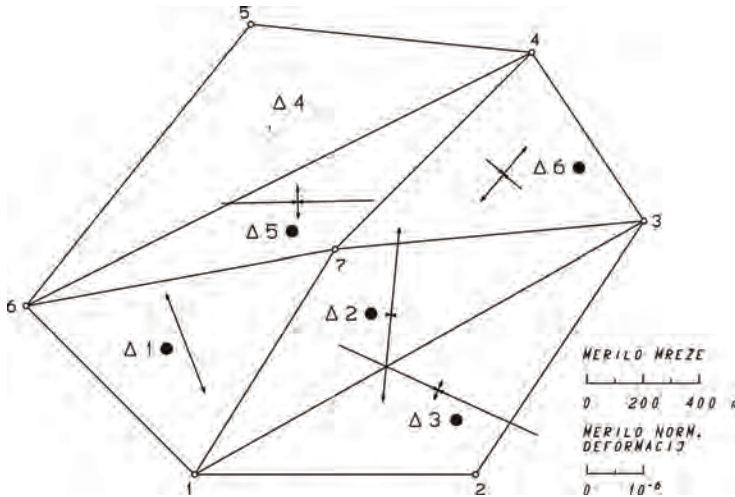
Preglednica 4: Drugi deformacijski parametri za drugo geometrijo geodetske mreže.

	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 4$	$\Delta 5$	$\Delta 6$
γ_1 [10^{-6}]	-73,32	-166,41	142,57	7,12	175,54	-19,79
γ_2 [10^{-6}]	67,91	-33,84	165,59	0,86	-8,05	-114,36
Δ [10^{-6}]	100,24	150,92	-179,97	-4,47	-105,95	21,21
γ [10^{-6}]	99,94	169,82	218,51	7,17	175,72	116,06
e_1 [10^{-6}]	100,09	160,37	19,27	1,35	34,89	68,63
e_2 [10^{-6}]	0,15	-9,45	-199,24	-5,82	-140,84	-47,42
ϑ [°]	159	5	24	3	179	40
Ψ [°]	24	50	69	48	44	85

V naslednjem, petem, koraku postopka München izračunamo še druge deformacijske parametre za drugo

geometrijo geodetske mreže, ki jih podajamo v preglednici 4.

Na sliki 3 grafično prikazujemo normalne deformacije za drugo geometrijo geodetske mreže (Talich, 2007). V trikotnikih, kjer se je oblika med obravnavanima izmerama statistično značilno spremenila, smo narisali piko – tako je trikotnike označil tudi avtor postopka (Welsch, 1982; Welsch, 1983; Welsch in Zhang, 1983).



Slika 3: Normalne deformacije v drugi geometriji geodetske mreže.

V zadnjem koraku opravimo analizo posamezne točke tako, da ugotovimo, ali se je točka statistično značilno premaknila. Izračunamo testne statistike (65) za posamezno točko glede na preostale $n - 1$ točke (izračunamo torej toliko testnih statistik, kolikor dolžin lahko izračunamo do posamezne točke). Za posamezen izračun testnih statistik imamo v vektorju \mathbf{d} in matriki \mathbf{L} le eno vrstico. Zapišemo jih v preglednico 5.

Preglednica 5: Testna statistika T_{23}^2 – enačba (65) med dvema točkama.

Točka	1	2	3	4	5	6	7
1	–	19,89	49,38	87,04	64,84	10,05	689,26
2	19,89	–	109,74	84,02	163,39	113,96	113,61
3	49,38	109,74	–	124,81	62,37	10,41	9,20
4	87,04	84,02	124,81	–	0,08	0,01	186,39
5	64,84	163,39	62,37	0,08	–	0,63	83,12
6	10,05	113,96	10,41	0,01	0,63	–	77,68
7	689,26	113,61	9,20	186,39	83,12	77,68	–

Testna statistika je med točko i in j enaka testni statistiki med j in i . Izračunamo tudi kritično vrednost $F_{60,1,0,95} = 4,00$ in jo primerjamo s testnimi statistikami v preglednici 5. Ker so le tri testne statistike manjše od kritične vrednosti (to so tiste, ki jih izračunamo med točkama 4 in 5, 4 in 6 ter 5 in 6), ne moremo zavrniti ničelne hipoteze (64) in trdimo, da te tri točke 4, 5 in 6 niso spremenile položaja med obravnavanima izmerama.

Če nadaljujemo analizo posameznih točk in izračunamo testne statistike (65) med točkami 5 1 6, 5 2 6, 5 3 6, 5 4 6 in 5 7 6 (za posamezen izračun testnih statistik imamo v vektorju $d\mathbf{I}$ in matriki \mathbf{L} le dve vrstici), dobimo za vse kombinacije testne statistike, večje od kritične vrednosti $F_{60,2,0,95} = 3,15$, le za kombinacijo med točkami 5 4 6 izračunamo $T_{23}^2 = 0,34$, kar je manj od kritične vrednosti. Le za to kombinacijo točk ne moremo zavrniti ničelne hipoteze (64) in trdimo, da tri točke 4, 5 in 6 niso spremenile položaja med obravnavanimi izmerama.

4 PRIMERJAVA REZULTATOV POSTOPKA MÜNCHEN Z REZULTATI DRUGIH POSTOPKOV

Obravnavan računski primer primerjamo tudi z drugimi postopki deformacijske analize. Rezultate podajamo v preglednici 6, ki je povzeta po Vrečko in Ambrožič (2013). Dodajamo rezultate postopka München.

Preglednica 6: Rezultati deformacijske analize po postopkih Hannover, Karlsruhe, Delft, Fredericton in München.

		Točka	1	2	3	4	5	6	7
Simulirano	d_y [mm]	-20,0	-30,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0
	d_x [mm]	-34,6	52,0	-43,3	0,0	0,0	0,0	0,0	43,3
	d [mm]	40,0	60,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0
	ν [°]	210	330	150	-	-	-	-	30
Hannover	d_y [mm]	-19,6	-38,7	20,6	-4,0	-6,4	3,3	23,6	
	d_x [mm]	-38,0	49,0	-44,3	5,1	-7,1	-10,6	42,9	
	d [mm]	42,8	62,4	48,9	6,5	10,0	11,1	49,0	
	ν [°]	207	322	155	322	222	163	29	
	Premik	da	da	da	ne	ne	ne	da	
Karlsruhe	d_y [mm]	-19,7	-38,8	20,6	-	-	-	23,6	
	d_x [mm]	-38,0	49,0	-44,4	-	-	-	42,9	
	d [mm]	42,8	62,5	48,9	-	-	-	49,0	
	ν [°]	207	322	155	-	-	-	29	
	Premik	da	da	da	ne	ne	ne	da	
Delft	d_y [mm]	-19,4	-38,1	21,4	0,7	-0,8	0,0	24,0	
	d_x [mm]	-37,5	49,5	-43,5	1,0	-2,3	1,3	42,9	
	d [mm]	42,2	62,5	48,5	1,2	2,4	1,3	49,2	
	ν [°]	207	322	154	35	199	0	29	
	Premik	da	da	da	ne	ne	ne	da	
Fredericton	d_y [mm]	-19,6	-38,7	20,6	-	-	-	23,6	
	d_x [mm]	-38,0	49,0	-44,3	-	-	-	42,9	
	d [mm]	42,8	62,5	48,9	-	-	-	48,9	
	ν [°]	207	322	155	-	-	-	29	
	Premik	da	da	da	ne	ne	ne	da	
München	d_y [mm]	-19,5	-38,2	21,4	0,7	-0,8	0,0	24,0	
	d_x [mm]	-37,6	49,5	-43,6	1,0	-2,2	1,4	42,9	
	d [mm]	42,4	62,5	48,6	1,2	2,3	1,4	49,2	
	ν [°]	207	322	154	35	200	0	29	
	Premik	da	da	da	ne	ne	ne	da	

Rezultate postopka München izračunamo tako, da obe izmeri transformiramo s transformacijo S v isti geodetski datum, ki ga določajo točke 4, 5 in 6 (saj smo v četrtem koraku ugotovili, da četrti trikotnik v drugi geometriji geodetske mreže, ki ga sestavljajo točke 4, 5 in 6, statistično ni spremenil oblike med obravnavanima izmerama in v šestem koraku potrdili, da te tri točke niso spremenile položaja med obravnavanima izmerama) ter izračunamo premike točk. Iz preglednice 6 vidimo, da so premiki, določeni po vseh postopkih, zelo podobni. Razlike med njimi so reda velikosti nekaj desetink milimetra za posamezno koordinatno komponento.

5 SKLEP

Deformacijska analiza po postopku München zaokrožuje serijo petih postopkov, ki jih je predlagala skupina za poenotenje postopkov, ustanovljena v okviru 6. komisije na II. kongresu deformacijskih merjenj v sklopu FIG v Bonnu (Chrzanowski et al., 1986). V članku podrobno opisujemo postopek deformacijske analize po postopku München, ki vsebuje izravnavo geodetske mreže z odkrivanjem grobih pogreškov, transformacijo terminskih izmer v isti datum, testiranje skladnosti in nato preoblikovanje trikotnikov po obeh pristopih – metodi X in metodi L med obravnavanima izmerama, izračun deformacijskih parametrov in določitev stabilnosti točk geodetske mreže. V članku obravnavamo skladnost in deformacije posameznih trikotnikov, ki jih sestavljajo geodetske točke. V literaturi (Welsch in Zhang, 1983; Mihailović in Aleksić, 1994) sicer obravnavajo in izračunajo deformacijske parametre vseh trikotnikov hkrati, vendar morajo pri sestavljanju enačb uporabiti določene pogoje, kar se nam zdi nepraktično (kot pogojna izravnavo nadštevilnih meritev).

Rezultati petih postopkov, ki jih medsebojno primerjamo v poglavju 4 na simuliranem primeru, se le nekoliko razlikujejo med seboj. Predvidevamo, da bi večje razlike med rezultati postopkov nastale, če bi obravnavali realne premike točk geodetskih mrež, pri katerih bi imeli tako manjše kot večje premike točk med obravnavanimi izmerami.

Literatura in viri:

- Acar, M. (2010). Determination of strain accumulation in landslide areas with GPS measurements. *Scientific Research and Essays*, 5 (8), 763–768.
- Ambrožič, T. (1996). Ocena stabilnosti točk v geodetski mreži. Magistrska naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Ambrožič, T. (2001). Deformacijska analiza po postopku Hannover. *Geodetski vestnik*, 45 (1-2), 38–53.
- Ambrožič, T. (2004). Deformacijska analiza po postopku Karlsruhe. *Geodetski vestnik*, 48 (3), 315–331.
- Ašanin, S. (1986). Prilog obradi i analizi geodetskih merjenja za odredjivanje pomeranja i deformacija objekta i tla. Doktorska disertacija. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Gradjevinski fakultet, Institut za geodeziju.
- Caspary, W. F. (1988). *Concepts of Network and Deformation Analysis*. Kensington: The University of New South Wales, School of Surveying.
- Chrzanowski, A., Chen, Y. Q., Secord, J. M. (1986). Geometrical analysis of deformation surveys. V: Y. Bock (ur.), *Proceedings of the Deformation Measurements Workshop*, 31 October–1 November, Boston (str. 170–206). Boston: Massachusetts Institute of Technology.
- Deniz, I., Ozener, H. (2010). Estimation of strain accumulation of densification network in Northern Marmara Region. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10, 2135–2143. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-10-2135-2010>, 2010
- Grigillo, D., Stopar, B. (2003). Metode odkrivanja grobih pogreškov v geodetskih opazovanjih. *Geodetski vestnik*, 47 (4), 387–403.
- Labant, S., Weiss, G., Zuzik, J., Baran, M. (2014). Graphical interpretation deformation analysis of stability area using of strain analysis. *Acta Montanistica Slovaca*, 19 (1), 31–40.
- Marjetič, A., Stopar, B. (2007). Geodetski datum in S-transformacija. *Geodetski vestnik*, 51 (3), 549–564.
- Marjetič, A., Zemljak, M., Ambrožič, T. (2012). Deformacijska analiza po

- postopku Delft. Geodetski vestnik, 56 (1), 9–26. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2012.01.009-026>
- Van Mierlo, J. (1978). A testing procedure for analysing geodetic deformation measurements. V: L. Hallermann (ur.), Proceedings of the II. International Symposium on Deformation Measurements by Geodetic Methods, Bonn, Germany (str. 321–353). Stuttgart: Konrad Wittwer.
- Mihailović, K., Aleksić, I. (1994). Deformaciona analiza geodetskih mreža. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Institut za geodeziju.
- Plestenjak, B. (2015). Razširjen uvod v numerične metode. Ljubljana: DFMA – založništvo.
- Sušić, Z., Batilović, M., Ninkov, T., Aleksić, I., Bulatović, V. (2015). Identification of movements using different geodetic methods of deformation analysis (Identifikacija premikov z uporabo različnih geodetskih metod deformacijske analize). Geodetski vestnik, 59 (3), 537–553. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.537-553>
- Sušić, Z., Toljić, M., Bulatović, V., Ninkov, T., Stojadinović, U. (2016a). Present-day horizontal mobility in the Serbian part of the Pannonian basin; Inferences from the geometric analysis of deformations. Acta Geophysica, 64 (5), 1626–1654. DOI: <https://doi.org/10.1515/acgeo-2016-0074>
- Sušić, Z., Ninkov, T., Batilović, M., Bulatović, V. (2016b). Primena geometrijske analize deformacionih merenja u praćenju geodinamičkih procesa. V: R. Folić (ur.), 5. međunarodno naučno-stručno savetovanje „Zemljotresno inženjerstvo i inženjerska seizmologija“, Sremski Karlovci (str. 471–478). Beograd: Savez građevinskih inženjera Srbije.
- Sušić, Z., Batilović, M., Ninkov, T., Bulatović, V., Aleksić, I., Nikolić, G. (2017). Geometric deformation analysis in free geodetic networks: case study for Fruška Gora in Serbia. Acta Geodynamica et Geomaterialia, 14 (3), 341–355. DOI: <https://doi.org/10.13168/AGG.2017.0017>
- Talich, M. (2007). Geometrical analysis of deformation measurement using continuum mechanics by web application. V: Strategic Integration of Surveying Services. The XXX FIG General Assembly and Working Week 2007, Hong Kong SAR, China (str. 1–13).
- Vrce, E. (2011). Deformacijska analiza mikrotriangulacijske mreže. Geodetski glasnik, 45 (40), 14–27.
- Vrečko, A., Ambrožič, T. (2013). Deformacijska analiza po postopku Fredericton. Geodetski vestnik, 57 (3), 479–497. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2013.03.479-497>
- Welsch, W. (1982). Einige Erweiterungen der Deformationsermittlung in geodätischen Netzen durch Methoden der Strainanalyse. V: I. Joó (ur.), A. Detrekői (ur.), Proceedings of the 3rd International Symposium on Deformation Measurements by Geodetic Methods, Budapest (str. 83–97). Budapest: Akademiai Kiadó.
- Welsch, W. (1983). Finite element analysis of strain patterns from geodetic observations across a plate margin. Tectonophysics, 97, 57–71.
- Welsch, W., Zhang, Y. (1983). Einige Methoden zur Untersuchung kongruenter und affiner Beziehungen in geodätischen Überwachungsnetzen zur Ermittlung von Deformationen. V: W. Welsch (ur.), Deformationsanalysen '83, Geometrische Analyse und Interpretation von Deformationen Geodätischer Netze. Beiträge zum Geodätischen Seminar 22. April 1983,



Soldo J., Ambrožič T. (2018). Deformacijska analiza po postopku München, 62 (3), 392–414.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.03.392-414>

Jure Soldo, univ. dipl. inž. geod.
Javno podjetje Komunala Slovenj Gradec d.o.o.
Pameče 177a, SI-2380 Slovenj Gradec
e-naslov: jure.soldo@komusg.si

Izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič, univ. dipl. inž. geod., univ. dipl. inž. rud.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: tomaz.ambrozic@fgg.uni-lj.si

DOLOČITEV VPLIVA TROPOSFERE NA OPAZOVANJA GNSS IZ NIZA RADIOSONDAŽNIH MERITEV V LJUBLJANI OD OKTOBRA DO DECEMBRA 2017

DETERMINATION OF TROPOSPHERIC GNSS IMPACTS FROM A RADIOSONDE DATA SERIES IN LJUBLJANA: CASE STUDY FROM OCTOBER TO DECEMBER 2017

Alenka Senica, Oskar Sterle, Polona Pavlovčič Prešeren

UDK: 528.28:551.510.52(497.451.1)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 5. 3. 2018
Sprejeto: 26. 8. 2018

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.03.415-429>
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 5. 3. 2018
Accepted: 26. 8. 2018

IZVLEČEK

V prispevku obravnavamo vpliv troposfere na opazovanja GNSS, ki smo ga določili iz niza radiosondažnih meritev v Ljubljani za jesensko-zimsko obdobje v letu 2017. Troposfera deluje na kodna in fazna opazovanja GNSS različnih frekvenc enako. Signal se lomi, kar povzroči daljšo pot razširjanja elektromagnetnega valovanja glede na geometrično. Za določitev vpliva bi morali po poti razširjanja signala pridobivati meteorološke parametre. Ker to ni mogoče, pri oceni vpliva uporabimo vrednosti količin iz standardne atmosfere oziroma drugih modelov, ki večinoma ne vključujejo podatkov o vlažnosti. Z radiosondažnimi meritvami lahko občasno preverimo ujemanje dejanskega stanja z modeli. V prispevku smo za oceno vpliva troposfere na opazovanja GNSS uporabili dnevne radiosondažne meritve Agencije Republike Slovenije za okolje ter posebej določili vpliv suhih plinov in vodne pare na razširjanje signalov GNSS. Pri primerjavi vrednosti za vpliv suhih plinov so dnevne razlike znašale več deset centimetrov. Prav tako očitne so bile dnevne in mesečne spremembe precej manjšega vpliva vodne pare, ki so znašale tudi do 25 centimetrov. Ugotovili smo, da vpliva troposfere iz opazovanj z modeli ne moremo v celoti odstraniti, zato je pri obdelavah z visokimi zahtevami po natančnosti določitve položaja treba vpliv troposfere ocenjevati kot dodatno neznaniko.

KLJUČNE BESEDE

opazovanja GNSS, vpliv troposfere, standardna atmosfera, radiosondažne meritve

ABSTRACT

This paper describes GNSS tropospheric impacts, acquired from radiosonde data in Ljubljana over the autumn-winter period in 2017. The tropospheric effect is the same for code and carrier-phase observations and is not frequency dependent. It appears as a bending path of the signal, which results in a propagation delay of the refracted GNSS-signal acquisition. Precise modelling of tropospheric slant delay requires knowledge of the meteorological parameters from the full signal's path, which is difficult to realize. In GNSS, we use standard atmosphere or other meteorological models as a substitute for the real meteorological data throughout the signal propagation although there is a lack of information on humidity in most cases. However, occasionally we can verify how the impacts from models match the actual impacts. For this, we used radiosonde measurements of the Slovenian Environment Agency to determine the hydrostatic and wet component of the effect. In the first component, the results differed from that of the standard atmosphere in a range of several decimeters. Daily and monthly changes in a much smaller wet component, which were up to 25 cm, were apparent as well. If in GNSS processing only the model removes the impact, the defective part will cause errors in coordinates. Therefore, in high-accuracy positioning requirements we have to estimate the tropospheric impact as an additional parameter.

KEY WORDS

GNSS observations, tropospheric impacts, standard atmosphere, radiosonde measurements

1 UVOD

Za kakovostno določitev položaja z GNSS (angl. *Global Navigation Satellite System*) moramo v obdelavi opazovanj odstraniti vpliv nabitih delcev v ionosferi in sprememb zaradi vremenskih dogajanj v troposferi. Atmosferski vplivi povzročijo spremembo v hitrosti razširjanja elektromagnetnega valovanja in posledično v dolžini poti razširjanja signala od satelita do sprejemnika. Vpliv ionosfere na razširjanje signalov GNSS smo podrobneje že opisali (Sterle, Stopar in Pavlovčič Prešeren, 2013), zato v danem prispevku obravnavamo vpliv troposfere. V troposferi se dogajajo prostorsko in časovno spremenljivi vremenski procesi, pri čemer so posebej problematične izrazite spremembe vodne pare. Za pravilno določitev vpliva bi morali imeti na voljo neprekinjene meritve meteoroloških parametrov vzdolž celotne poti razširjanja signala. To ni vedno izvedljivo, zato vpliv troposfere na opazovanja GNSS računamo z modeli, ki so zasnovani na podatkih iz standardne atmosfere ali iz niza večletnih meteoroloških opazovanj, kot so GPT (angl. *Global Pressure and Temperature*) (Böhm, Heinkelmann in Schuh, 2007), GPT2 (Lagler et al., 2013) in GPT2w (angl. *Global Pressure and Temperature 2 wet*) (Böhm et al., 2015). Z uporabo standardne atmosfere in modelov GPT ter GPT2, ki ne vključujejo vlažnosti, naredimo napako, ki se lahko prenese v končno določitev koordinat. Model GPT2w omogoča tudi računanje vlažnosti v odvisnosti od geografskega položaja, vendar se tudi ta lahko precej razlikuje od dejanskega stanja v atmosferi.

Kakovost izračunanega vpliva troposfere na opazovanja GNSS iz podatkov standardne atmosfere ali drugih modelov lahko občasno ovrednotimo z dejanskimi meritvami meteoroloških parametrov z radiosondami. V Sloveniji jih enkrat dnevno okrog 4. ure zjutraj po času UTC že vrsto let izvajajo na dvorišču *Agencije Republike Slovenije za okolje* (v nadaljevanju: ARSO) v Ljubljani. Balon potuje tudi do višine 25 kilometrov, kar pomeni dve uri leta in pridobivanja meteoroloških podatkov (temperatura, zračni tlak in vlažnost) v točkah vzdolž poti leta s spremembo višine približno 4 metre. Temperaturo meri termistor v razponu od $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ in z natančnostjo $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; meritve relativne vlažnosti so natančne do 5% in tlaka od $0,5\text{ hPa}$ do 2 hPa (Pogačar, 2007).

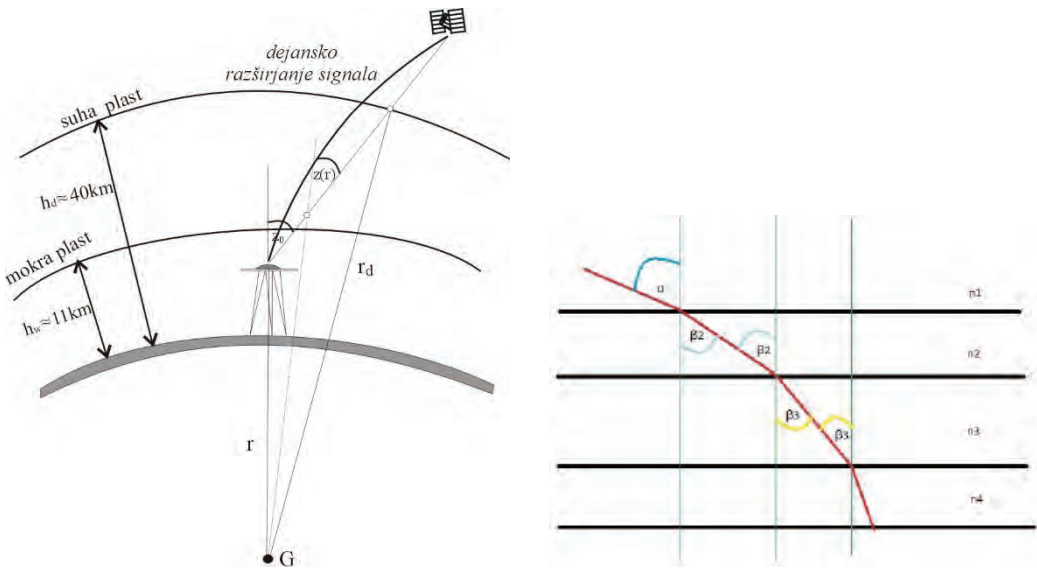
Določitev vpliva troposfere na opazovanja GNSS iz radiosondažnih meritev niso novost. V zadnjem času so raziskave potekale na Kitajskem (Liang et al., 2015), v Egiptu (Abdelfatah, Mousa in El-Fiky, 2015), Alžiriji (Namaoui et al., 2017) in bližini Lizbone na Portugalskem (Benevides et al., 2017) kot tudi na območju Tihega oceana v bližini Japonske (Shoji et al., 2017). Na območju Slovenije je obsežna študija celotnega vpliva atmosfere (troposfere in ionosfere), vendar le za opazovanja GPS (angl. *Global Positioning System*), potekala med izdelavo doktorske disertacije Andreje Sušnik (2013). V študiji so ocenjevali vpliv troposfere iz obdelave opazovanj GPS in ga primerjali z vrednostmi, ki so jih izračunali iz podatkov radiosondažnih meritev, meritev z Ramanskim lidarjem in vrednostmi, izračunanimi na podlagi podatkov meteoroloških opazovalnic na tleh. Glavni namen je bil pokazati način določanja vsebnosti vodne pare v stolpcu zraka iz obdelave opazovanj GPS.

Nasprotno smo v dani študiji želeli določiti velikostni red vpliva troposfere na opazovanja GNSS, ki ga določimo iz različnih modelov in ga pri geodetskih metodah določitve položaja z GNSS lahko uporabimo kot podlago za izbiro ustreznega modela odstranitve vpliva za kakovostno določitev koordinat. Programski paketi za obdelavo opazovanj namreč ne vsebujejo možnosti vključitve radiosondažnih meritev, vsebujejo pa modele, kot so Hopfield, Saastamoinen ali najnovejše predstavljeni VMF1 (angl. *Vienna Mapping Function*) v kombinaciji z modeloma za tlak in temperaturo, UNB3m in GPT2, ki temeljita na globalnih

podatkih centra ECMWF (angl. *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) (Böhm in Schuh, 2007). V obdelavah GNSS do določitve koordinat obstaja tudi možnost, da vpliv troposfere ocenjujemo kot dodatno neznanko. Odločitev glede izbire določitve vpliva troposfere je pri GNSS odvisna od več dejavnikov, na primer od metode izmere, števila satelitov na obzorju in trajanja opazovanj.

2 VPLIV ATMOSFERE NA OPAZOVANJA GNSS

Troposfera je Zemlji najbližja plast atmosfere in sega do višine od 9 do 16 kilometrov nad zemeljskim površjem, odvisno od geografskega položaja in letnega časa (Hofman-Wellenhof, Lichtenegger in Collins, 2001). Vsebuje 75 % celotne mase atmosfere in skorajda 99 % vodne pare ter aerosolov. Gre za nedisperziven medij razširjanja elektromagnetnega valovanja do frekvenc 15 GHz (Januszewski, 2013). Lom signala zaradi vpliva troposfere ni odvisen od frekvence valovanja ali tipa opazovanj (kodna ali fazna), ampak od meteoroloških dejavnikov. Signal zaradi vpliva troposfere potuje po daljši poti glede na geometrično in v fazni center instrumenta prispe kasneje, kot če bi potoval v vakuumu. Vpliv troposfere je najmanjši za signale s satelitov v zenitu in največji za signale, prispele s horizonta.



Slika 1: Optično podaljšanje poti razširjanja signala (levo) zaradi sprememb lomnosti v plasteh (desno).

V tuji literaturi za podaljšanje poti razširjanja signala uporabljajo pojem zenitna troposferska zakasnitev (angl. *zenith tropospheric delay*), čeprav jo izrazijo metrično. Dodatno je pri tem treba razlikovati med resničnim (drugi člen izraza (1)) in navideznim podaljšanjem poti razširjanja signala, ki nastane zaradi optične zakasnitve, saj je hitrost signala v zraku manjša kot v vakuumu. Seštevek resničnega in navideznega podaljšanja poti opišemo z enačbo (1).

Vpliv troposfere na opazovanja GNSS lahko opišemo kot (Awange, 2012):

- *optično podaljšanje poti razširjanja signala* (slika 1 levo): zmanjšanje hitrosti razširjanja valovanja v mediju z različno gostoto povzroči, da signal GNSS v fazni center prispe kasneje, kot če bi se razširjal v vakuumu,

- *geometrično podaljšanje poti* razširjanja signala (slika 1 desno): različne lastnosti v plasteh atmosfere povzročijo spremembe v lomnosti signala, zato signal potuje po ukrivljeni poti (Snellov zakon).

Oboje združimo v enačbo, ki opisuje seštevek navideznega in resničnega podaljšanja poti razširjanja signala glede na geometrično opredeljeno razdaljo (Awange, 2012):

$$\Delta^{Trop} = \int_L [n(s) - 1] ds + (S - G). \quad (1)$$

$n(s)$ je lomni količnik, ki je odvisen od položaja s (od geografske širine φ , dolžine λ in elipsoidne višine h) vzdolž ukrivljene poti razširjanja signala L , katere dolžino določimo kot $S = \int_L ds$. G je geometrična razdalja med satelitom in sprejemnikom, po kateri bi potoval signal, če bi bil medij razširjanja vakuum. Lomni količnik n je odvisen od gostote zraka, zato se vzdolž poti razširjanja signala spreminja. Poznamo približno oceno, da gre za premo sorazmerje: $n - 1 = A\rho$, kjer je A empirično pridobljena konstanta in ρ gostota zraka, ki se z višino približno eksponentno manjša. Prehod signala iz ene plasti v drugo opišemo z lomnim zakonom (slika 1):

$$n_1 \sin(\alpha) = n_2 \sin(\beta_2).$$

Pri prvem prehodu iz vakuumu je $n_1 = 1$, medtem ko za naslednje prehode velja:

$$n_2 \sin(\beta_2) = n_3 \sin(\beta_3)$$

$$n_3 \sin(\beta_3) = n_4 \sin(\beta_4)$$

....

$$n_{m-1} \sin(\beta_{m-1}) = n_m \sin(\beta_m). \quad (2)$$

Med lomnostjo N in lomnim količnikom n velja zveza: $N = 10^6 \cdot (n - 1)$. Pri obravnavanju vpliva troposfere na opazovanja GNSS lomnost predstavimo s funkcijo meteoroloških parametrov (Hobiger in Jakowski, 2017):

$$N = k_1 \frac{P_d}{T} Z_d^{-1} + k_2 \frac{e}{T} Z_w^{-1} + k_3 \frac{e}{T^2} Z_w^{-1}. \quad (3)$$

p_d predstavlja tlak suhih plinov in dipolne komponente vodne pare, T temperaturo in e delni tlak vodne pare. Z_d^{-1} ter Z_w^{-1} sta obratni vrednosti stisljivosti suhih plinov in vodne pare, medtem ko so koeficienti k_1 , k_2 in k_3 določeni empirično. Prvi člen izraza večkrat imenujemo suha komponenta (angl. *dry refractivity*) in preostala člena mokra komponenta (angl. *wet refractivity*) lomnosti. Strogo velja, da je izraz (3) še vedno odvisen od frekvence in bi moral vključevati tudi vpliv vode v drugih agregatnih stanjih. Vendar padavine podaljšajo pot razširjanja signala za frekvence, nižje od 40 GHz, največ za 1 milimeter. Zato predpostavimo, da enačba (3) vpliva vode v drugih agregatnih stanjih ne vključuje. Za vodno paro velja, da je prostorsko in časovno spremenljiva količina, vendar redko preseže 1 % celotne mase atmosfere. Z značilnim dipolnim momentom precej vpliva na razširjanje elektromagnetnega valovanja, zato je podatek o delnem tlaku vodne pare vzdolž poti razširjanja signala pomemben in ga ne smemo zanemariti.

V enačbo (3) so vključene tudi empirično določene konstante, katerih vrednosti se med različnimi avtorji

razlikujejo. V danem primeru smo jih privzeli po R ueger (2002):

$$k_1 = 77,695 \pm 0,013 \frac{\text{K}}{\text{hPa}}, k_2 = 71,97 \pm 10,5 \frac{\text{K}}{\text{hPa}} \text{ in } k_3 = 375.406 \pm 0,03 \cdot \frac{\text{K}^2}{\text{hPa}}. \tag{4}$$

Pri uporabi koeficientov k_1, k_2 in k_3 za signale GNSS predpostavimo, da niso odvisni od frekvence. Pravilna ocena vrednosti koeficientov je pomembna, ko iz obdelave opazovanj GNSS ocenimo podaljšanje poti razširjanja signala in potem iz tega računamo vsebnost vodne pare v stolpcu zraka.

S faktorjem stisljivosti Z_i opišemo razmerje med molarnim volumnom V_m plina i glede na idealni plin pri enakem tlaku p in temperaturi T (Hobiger in Jakowski, 2017):

$$Z_i = \frac{pV_{m,i}}{RT} = \frac{pM_i}{\rho_i RT}. \tag{5}$$

R je univerzalna plinska konstanta in M_i molarna masa plina z gostoto ρ_i ($i = d, w$), velja še $R_i = R/M_i$. V izračunu lomnosti uporabimo posebej faktor stisljivosti za suhe pline in vodno paro, saj imata zaradi različne gostote in molarne mase drugačne lastnosti glede na idealni plin. Računamo ju kot (Hobiger in Jakowski, 2017):

$$Z_d^{-1} = 1 + p_d \left(57,97 \cdot 10^{-8} \left(1 + \frac{0,52}{T} \right) - 9,4611 \cdot 10^{-4} \frac{T_C}{T^2} \right) \tag{6}$$

$$Z_w^{-1} = 1 + 1.650 \frac{p_w}{T^3} \left(1 - 0,0131 \cdot T_C + 1,75 \cdot 10^{-4} T_C^2 + 1,44 \cdot 10^{-6} T_C^3 \right).$$

p_d in p_w sta izražena v hPa, T_C je temperatura zraka v $^\circ\text{C}$ in T v kelvinih. Večkrat zasledimo tudi drugačen zapis enačbe za lomnost (3), in sicer:

$$N = k_1 R_d \rho + k_2' \frac{e}{T} Z_w^{-1} + k_3 \frac{e}{T^2} Z_w^{-1}, \tag{7}$$

kjer je $k_2' = k_2 - k_1 \frac{M_w}{M_d} = 22,1 \text{ K} / \text{hPa}$. M_w in M_d sta molarni masi vodne pare in suhih plinov. Vlažnost

RH je funkcija delnega tlaka vodne pare e : $RH = 100\% \cdot (e/e_s)$, kjer je e_s nasičen parni tlak. V povezavi z modeliranjem vpliva troposfere na opazovanja Younes (2016) med naborom različnih enačb za izračun nasičenega parnega tlaka, poimenovanih po avtorjih (Teten, Magnus, Buck, Wexler, Bolton in Goff-Gratch), navaja, da je izbor konkretne enačbe odvisen od atmosferskih razmer na dani lokaciji. Za območje Egipta je uporabil Boltonov pristop, in sicer $e_s = 6,112 \cdot \exp\left(\frac{17,67(T - 273,16)}{T - 29,66}\right)$.

Prvi člen v enačbi (7) predstavlja vsoto sprememb v porazdelitvi elektronov molekul suhih plinov in druga dva za vodno paro. Iz enačbe (7) izhajata hidrostatska lomnost N_d in lomnost zaradi vodne pare N_w :

$$N_d = k_1 \frac{p}{T} \tag{8}$$

$$N_w = k_2' \frac{e}{T} Z_w^{-1} + k_3 \frac{e}{T^2} Z_w^{-1},$$

da velja: $N = N_d + N_w$. Ločeno obravnavanje lomnosti nam omogoča, da določimo podaljšanje poti

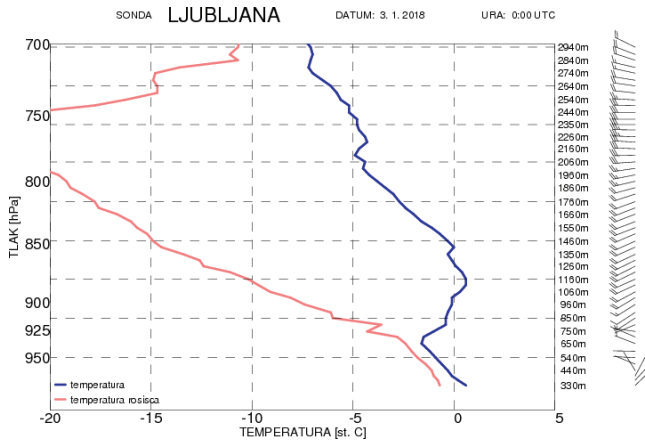
razširjanja signala GNSS glede na geometrično posebej zaradi vpliva suhih plinov in vodne pare. Vpliv pri GNSS najprej obravnavamo v zenitu, ki je izhodišče za izračun vpliva troposfere za signale satelitov zunaj zenita. V dolžinski enoti izraženo zakasnitev signala zaradi vpliva suhih plinov ZHD (angl. *zenith-hydrostatic delay*), kamor uvrščamo tudi dipolno komponento vodne pare (Bevis et al., 1992), in vodne pare ZWD (angl. *zenith-wet delay*) izračunamo z enačbama (Hobiger in Jakowski, 2017):

$$\text{ZHD} = 10^{-6} k_1 \int_{\infty}^h \frac{p}{T} dh \quad \text{ZWD} = 10^{-6} k_2 \int_{\infty}^h \frac{e}{T} Z_w^{-1} dh + 10^{-6} k_3 \int_{\infty}^h \frac{e}{T^2} Z_w^{-1} dh. \quad (9)$$

3 RADIOSONDAŽA IN STANDARDNA ATMOSFERA

Globalna porazdelitev vodne pare v ozračju je enaka plasti tekoče vode, ki bi ob popolni kondenzaciji vodne pare in nadaljnjih padavinah pokrila celotno Zemljo do višine približno 25 milimetrov (Seidel, 2001). To je celotna količina vodne pare v zraku na dani lokaciji (angl. *perceptible water*). Prostorska in časovna razporeditev vodne pare se spreminja z geografskim položajem. Koncentracije vodne pare so različne na polih (do 9 kilometrov) in ekvatorju (do 16 kilometrov). 50 % vodne pare je v pasu do višine od 1 do 2 kilometrov. Količina vodne pare, ki se kondenzira v dežne kaplje, je manj kot 5 milimetrov na polih in 50 milimetrov nad ekvatorjem (Randel et al., 1996). V meteorologiji se vsebnost vodne pare meri z radiometri vodne pare ali radiosondami. Slednje omogočajo tudi določitev vertikalnega profila vodne pare.

3.1 Radiosondažne meritve



Slika 2: Prikaz vertikalne sondaže v Ljubljani za 3. januar 2018 (ARSO, 2018).

Radiosonda je helijev balon s premerom 1,5 metra. Nanj je pritrjena sonda s senzori za merjenje višine in položaja ter meteoroloških parametrov, ki postaji na Zemlji posreduje podatke meritev. Balon se dviga s hitrostjo od 5 do 6 m/s in lahko doseže višino več kot 20 kilometrov. Tam se njegov premer poveča na od 5 do 6 metrov in zaradi redke atmosfere počí. Prve radiosondažne meritve v Sloveniji so občasno izvajali že v letu 1947 (Trontelj, 1995), od devetdesetih let naprej pa jih vsakodnevno izvajajo v Ljubljani.

Uporabljajo jih za izboljšanje prognostičnih meteoroloških modelov za celotno hemisfero. Na spletni strani službe ARSO lahko vsakodnevno pridobimo grafični vpogled v meritve. Na sliki 2 prikazujemo vertikalno sondažo za meglen dan. Na grafu se vidi naraščanje temperature od višine 650 do 1140 metrov. Z modro barvo je predstavljena temperatura zraka, z rdečo pa temperatura rosišča. Večja kot je razlika med njima, manjša je relativna vlažnost zraka. Na višini, kjer (če) se krivulji prekrivata ali sta zelo blizu skupaj, se pojavi oblačnost.

3.2 Standardna atmosfera

Mednarodna standardna atmosfera ISA (angl. *International Standard Atmosphere*) je atmosferski model, ki globalno opisuje spremembo tlaka, temperature, gostote in viskoznosti zraka Zemljine atmosfere v odvisnosti od geopotencialne višine. Iz modela lahko pridobimo referenčne vrednosti meteoroloških spremenljivk, ki se od dejanskih razlikujejo bolj ali manj. Mednarodna organizacija za standardizacijo ISO (angl. *International Organization for Standardization*) jo določa kot standard ISO 2533:1975, medtem ko druge organizacije za standardizacijo, na primer ICAO (angl. *International Civil Aviation Organization*), pod svojim okriljem podajajo razširjeno obliko istega atmosferskega modela. Leta 1993 so objavili model atmosfere ICAO, ki obsega modelirane vrednosti atmosferskih plasti do 80 kilometrov nad površjem Zemlje. V izpeljavah so uporabili geopotencialno višino H^{geo} :

$$H^{geo} = \frac{1}{g_0} \int_0^h g(h) dh \tag{10}$$

in privzeli vrednost težnega pospeška $g_0 = 9,80665 \text{ m/s}^2$. Iz enačbe (10) sledi, da moramo za povezavo geopotencialnih in elipsoidnih višin poznati funkcijo spremembe gravitacijskega pospeška v odvisnosti od elipsoidne višine h . Dejanska vrednost težnega pospeška in iz njega izpeljane geopotencialne višine je pomembna pri natančnih izračunih, medtem ko v manj natančnih za izhodišče privzamemo g_0 in predpostavimo kvadratično manjšanje pospeška z višino. Predpostavka temelji na izračunu geopotencialne višine H^{geo} iz enačbe:

$$H^{geo} = h \cdot R_z / (R_z + h). \tag{11}$$

Preglednica 1: Temperature T_0 in vertikalni temperaturni gradienti β do višine 80 kilometrov (ICAO, 1993).

Geopotencialna višina plasti H_0 [km]	Temperatura T [K]	Temperaturni gradient β [K/km]
-5,00	320,65	-6,50
0,00	288,15	-6,50
11,00	216,65	0,00
20,00	216,65	1,00
32,00	228,65	2,80
47,00	270,65	0,00
51,00	270,65	-2,80
71,00	214,65	-2,00
80,00	196,65	

Radij Zemlje R_z so v modelu ICAO privzeli za geografsko širino $\varphi = 45^\circ 32' 33'' \text{ N}$ in znaša 6356,766 kilometra. Iz enačbe (11) sledi, da se geopotencialna in elipsoidna višina na višini 1000 metrov razli-

kujeta za 0,15 metra in na višini 10 kilometrov za 15 metrov. Privzete vrednosti na višini $H^{geo} = 0,00$ m ob upoštevanju plinske konstante $R = 287,053$ J/kgK so: $T_0 = 288,15$ K, $p_0 = 1013,25$ hPa in $\rho_0 = 1,225$ kg/m³. Ob znanih vrednostih geoidnih višin (N_{geoid}) iz elipsoidnih višin izračunamo nadmorske višine H ($H = h - N_{geoid}$). V standardni atmosferi so plasti definirane z geopotencialno višino spodnje mejne plasti H_0 . Za posamezno plast so tabelirane vrednosti za temperaturo in temperaturni gradient (preglednica 1), da lahko naprej računamo temperaturo T in tlak p na poljubni višini H .

Temperaturo računamo kot linearno funkcijo geopotencialne višine:

$$T = T_0 + \beta(H - H_0). \quad (12)$$

Za situacije, ko velja: $\beta \neq 0$, računamo tlak kot:

$$p = p_0 \left[1 + \frac{\beta}{T_0}(H - H_0) \right]^{-g_0/\beta R} \quad (13)$$

in drugače z izrazom

$$p = p_0 \exp \left[-\frac{g_0}{RT}(H - H_0) \right]. \quad (14)$$

4 OBDELAVA MERITEV

Za analizo smo uporabili radiosondažne meritve v Ljubljani od oktobra 2017 do začetka januarja 2018. Meritve smo interpolirali, da smo pridobili podatke na vsakem metru (v izvorni datoteki so podatki dani na približno vsake štiri metre). Enačbi (9) smo rešili s trapeznim pravilom:

$$\text{ZHD} = 10^{-6} \sum_{i=1}^m \frac{N_{d_{i-1}} + N_d}{2} \Delta h_{i-1,i}, \quad (15)$$

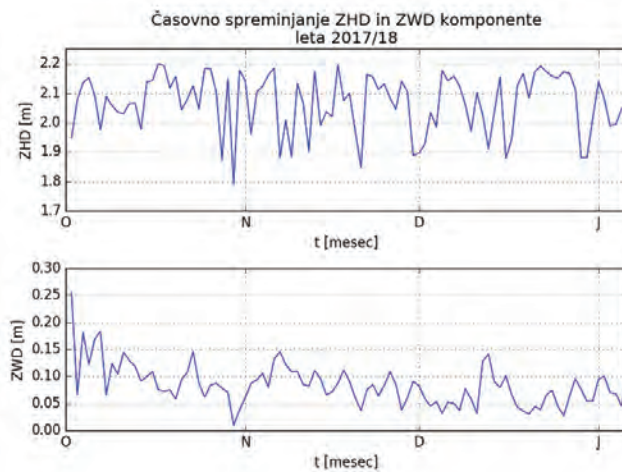
kjer je m število zaporednih radiosondažnih meritev. Enak postopek smo uporabili za vpliv vodne pare. Meje integriranja so se nanašale na višino, na kateri je bila sonda spuščena, in višino, na kateri je balon počil. Med izračunom zakasnitve signala v zenitu (v dolžinski enoti) zaradi vpliva troposfere smo predpostavili, da se je balon vseskozi premikal vertikalno, kar pomeni, da smo zanemarili vpliv vetrov. Velja poudariti, da lahko vetrovi balon zanesejo od deset do, v najslabšem primeru, sto kilometrov stran od izhodiščne točke. Enak postopek smo uporabili na podatkih iz standardne atmosfere ICAO, le da smo v danem primeru lahko računali le podaljšanje poti razširjanja signala za vpliv suhih plinov v troposferi.

5 REZULTATI IN RAZPRAVA

Za podrobnejšo oceno vpliva troposfere na opazovanja GNSS smo iz različnih podatkov (standardna atmosfera in radiosondaža) za tri mesece določili dnevne vrednosti vpliva za suhe pline in dipolno komponento vodne pare (ZHD) ter vodno paro (ZWD) v obliki izračuna daljše poti razširjanja signala GNSS glede na geometrično. Na sliki 3 prikazujemo rezultate za celotno obravnavano obdobje, medtem ko smo vpliv naprej obravnavali po mesecih (slike 4–9).

Izmed obravnavanih datotek radiosondaž so se najnižje meritve končale na višini 12,539 kilometra. V

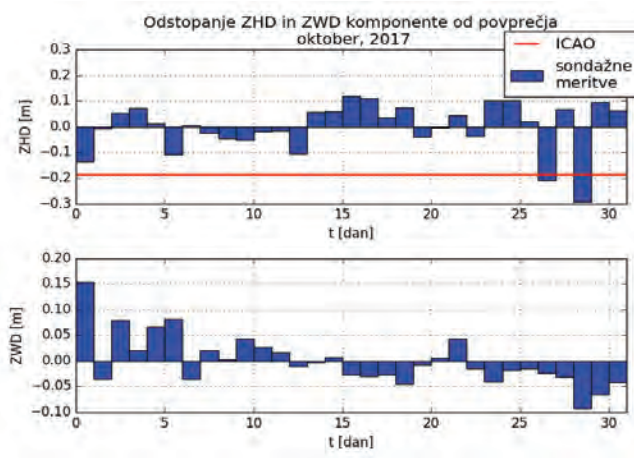
raziskavi smo se v vseh izračunih omejili na obravnavanje vpliva do te višine, zato da smo lahko primerjali izračunane vplive med zaporednimi dnevi. Razlike radiosondažnih meritev za posamezni mesec (slike 4, 6 in 8) so porazdeljene okrog srednje vrednosti za posamezni mesec. Če je bilo povprečje meseca večje od dnevnih vrednosti, so razlike negativne. V preglednicah 2–4 podajamo srednje vrednosti in standardne odklone za komponenti ZHD in ZWD, medtem ko je srednja vrednost na slikah 4, 6 in 8 označena z 0,00 metra. Iz podatkov ICAO smo do višine 13 kilometrov izračunali najnižjo vrednost ZHD (rdeča črta na slikah 4, 6 in 8), ki je znašala 1,899 metra. Ker ICAO ne vključuje podatkov o vlažnosti, rezultate prikazujemo le za komponento ZHD.



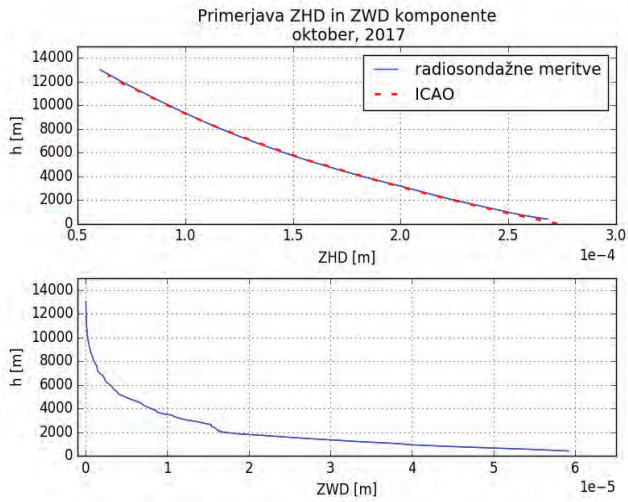
Slika 3: Vpliv troposfere na opazovanja GNSS od oktobra 2017 (O) do januarja (J) 2018 (vir podatkov: radiosondaža).

5.1 Rezultati izračunov vpliva troposfere za oktober 2017

S slike 4 je razvidno, da so vrednosti komponente ZHD, izračunane iz standardne atmosfere, za vse dni enake. Če ZHD računamo iz radiosondažnih meritev, so razlike med dnevi očitnejše. Od rezultatov standardne atmosfere se razlikujejo za več kot 20 centimetrov, medtem ko je največja razlika od povprečja v oktobru 30 centimetrov. Izrazite dnevne spremembe so vidne tudi v komponenti ZWD, katere največja razlika od povprečja meseca znaša 15 centimetrov. Na sliki 5 prikazujemo vpliv troposfere v odvisnosti od višine, česar splošno iz rezultatov obdelav opazovanj GNSS ne moremo določiti (v tem primeru dobimo le končni rezultat v obliki podaljšanja poti razširjanja signala GNSS). S spodnje slike 5 je očitno, da je večina vodne pare v nižjem delu atmosfere. Celotna vrednost vpliva troposfere na opazovanja GNSS, izračunana iz radiosondaže za oktober (vsota delnih vplivov, ki so izrisani na sliki 5 v odvisnosti od višine), znaša okrog $2,18 \text{ m} \pm 0,14 \text{ metra}$ (preglednica 2). Po velikosti precej manjša komponenta ZWD za oktober, ki je iz standardne atmosfere ne moremo določiti, je velikostnega reda $10,2 \text{ cm} \pm 0,048 \text{ centimetra}$.



Slika 4: Vpliv troposfere zaradi prisotnosti suhih plinov (ZHD) in vodne pare (ZWD) za oktober 2017.



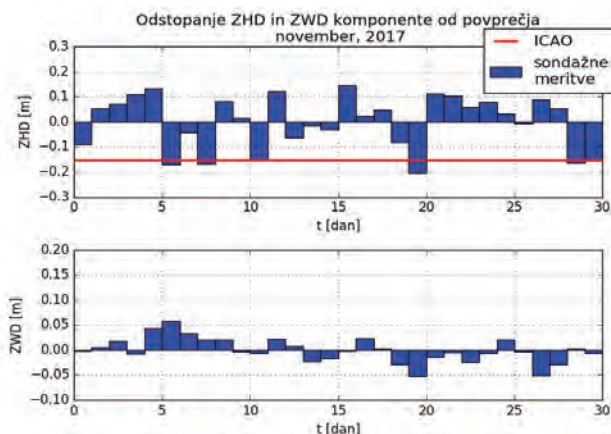
Slika 5: Spremembe vpliva troposfere v odvisnosti od višine, ločeno za vpliv suhih plinov (ZHD) in vodne pare (ZWD); oktober 2017.

Preglednica 2: Za oktober izračunane srednje vrednosti in standardni odkloni komponent ZHD in ZWD.

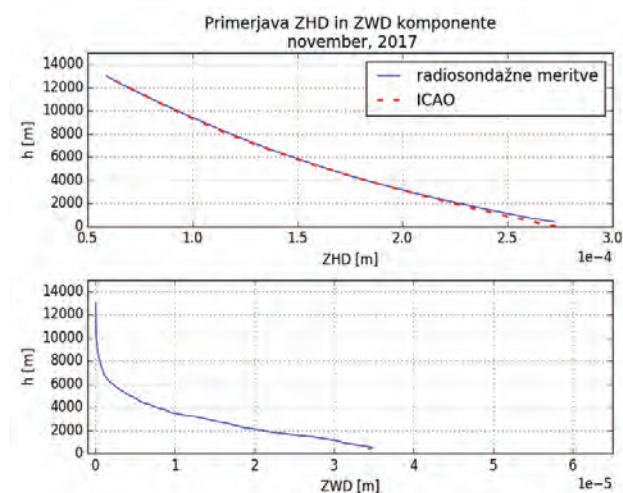
OKTOBER			
ZHD (m)		ZWD (m)	
srednja vrednost	standardni odklon	srednja vrednost	standardni odklon
2,082	0,093	0,102	0,048
2,082 ± 0,093		0,102 ± 0,048	

5.2 Rezultati izračunov vpliva troposfere za november 2017

Tudi iz rezultatov za november lahko vidimo očitne razlike v izračunanih vrednostih ZHD glede na ICAO ter razlike med izračunanimi vrednostmi po dnevih. Za november je podaljšanje poti razširjanja signala zaradi celotnega vpliva troposfere velikosti $2,14 \text{ m} \pm 0,12 \text{ metra}$, kar je nekoliko manj kot v oktobru. Precej manjše vrednosti glede na oktober dobimo pri izračunu komponente ZWD. Največje dnevne razlike od srednje vrednosti so v novembru manjše kot v oktobru in znašajo največ 6 centimetrov. To pomeni, da je ozračje med izvajanjem radiosondažnih meritev vsebovalo precej manj vodne pare kot predhodni mesec. Na sliki 7 lahko vidimo enakomernejši potek krivulje (glede na sliko 5), ki prikazuje odvisnost vpliva vodne pare glede na višino. V nižjih plasteh v oktobru je vpliv vodne pare izrazitejši kot v novembru, kar je razvidno iz zamika krivulje v nižjih plasteh glede na oktobrsk rezultate. Zopet lahko potrdimo, da je večina vodne pare v spodnjem delu atmosfere in da pri višini 10 kilometrov komponenta ZWD nima več bistvenega vpliva na rezultate izračuna.



Slika 6: Vpliv troposfere zaradi prisotnosti suhih plinov (ZHD) in vodne pare (ZWD) za november 2017.



Slika 7: Spremembe vpliva troposfere v odvisnosti od višine, ločeno za vpliv suhih plinov (ZHD) in vodne pare (ZWD); november 2017.

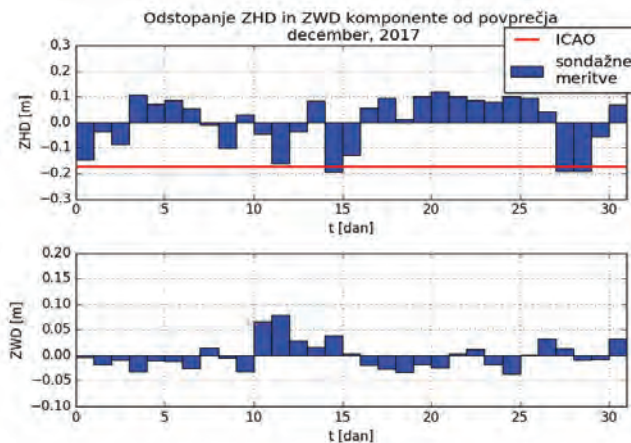
Preglednica 3: Za november izračunane srednje vrednosti in standardni odkloni komponent ZHD in ZWD

NOVEMBER			
ZHD (m)		ZWD (m)	
srednja vrednost	standardni odklon	srednja vrednost	standardni odklon
2,052	0,104	0,089	0,024
2,052 ± 0,104		0,089 ± 0,024	

5.3 Rezultati izračunov vpliva troposfere za december 2017

V decembru smo dobili podobne srednje vrednosti kot v novembru ($2,14 \text{ m} \pm 0,12 \text{ m}$). S slike 8 vidimo dnevne spremembe v komponenti ZHD, ki se od povprečne vrednosti meseca razlikujejo od -20 centimetrov do 10 centimetrov. Vpliv vodne pare je manjši glede na pretekla meseca in znaša $0,063 \text{ m} \pm 0,028$ metra. Enako kot pri rezultatih za prejšnja meseca vidimo, da se vpliv troposfere na opazovanja GNSS spreminja z višino in pri višini 10 kilometrov nima več izrazitega vpliva.

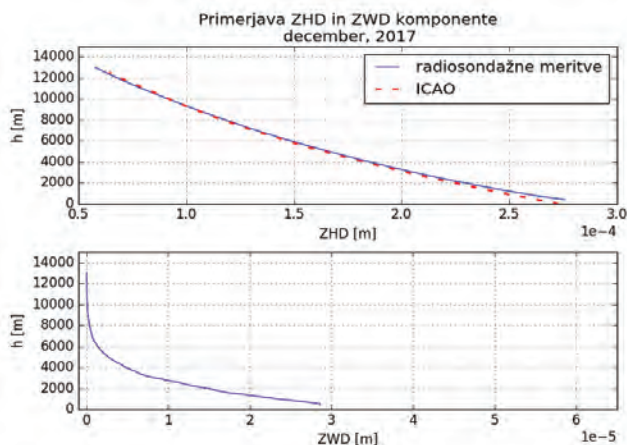
V decembru smo z izračunom pridobili precej manjše vrednosti vpliva vodne pare glede na prejšnja meseca, predvsem glede na oktober. To je verjetno povezano tudi z nižjimi temperaturami pozimi ter dejstvom, da lahko hladno ozračje vsebuje manj vodne pare kot v toplejših obdobjih. Hipoteze na danem mestu ne moremo povsem potrditi in je lahko podlaga za nadaljnje študije obravnavanja vpliva troposfere na opazovanja GNSS med celim letom.



Slika 8: Vpliv troposfere zaradi prisotnosti suhih plinov (ZHD) in vodne pare (ZWD) za december 2017.

Preglednica 4: Za december izračunane srednje vrednosti in standardni odkloni komponent ZHD in ZWD.

DECEMBER			
ZHD (m)		ZWD (m)	
srednja vrednost	standardni odklon	srednja vrednost	standardni odklon
2,072	0,102	0,063	0,028
2,072 ± 0,102		0,063 ± 0,028	



Slika 9: Spremembe vpliva troposfere v odvisnosti od višine, ločeno za vpliv suhih plinov (ZHD) in vodne pare (ZWD); december 2017.

Rezultati izračunov potrjujejo pravilo, da je pri obdelavah opazovanj GNSS z visokimi zahtevami po natančnosti določitev položaja vpliv troposfere primerneje ocenjevati kot dodatno neznanko kot uporabiti modele. Če med obdelavo vpliva troposfere sploh ne upoštevamo, se to prenese v kakovost določitev prostorskih koordinat, predvsem v določitev elipsoidne višine (razlike so reda velikosti več centimetrov). Vključitev radiosondažnih opazovanj v obdelavo opazovanj GNSS ima svoje prednosti in pomanjkljivosti. Ker so na voljo le enkrat dnevno in se končna meritev ne nanaša vedno na isto višino, jih moramo uporabiti ob uvedbi predpostavk. Ob tem pa so neprecenljiv vir meteoroloških podatkov o dejanskem stanju atmosfere v odvisnosti od višine in geografske lokacije, ki vključuje tudi podatke o vlažnosti. Zato jih uporabimo kot referenčni podatek za oceno kakovosti izračuna vplivov troposfere na opazovanja GNSS iz modelov ali iz njihove ocene na podlagi obdelave opazovanj GNSS.

6 SKLEP

Glavni namen prispevka je bil določiti velikostni red vpliva troposfere na opazovanja GNSS iz radiosondažnih meritev v Ljubljani za jesensko-zimsko obdobje 2017. V obdelavi opazovanj GNSS vpliv troposfere odpravimo z modeli, medtem ko ga v zahtevnejših nalogah ocenjujemo. To naredimo zato, ker z modeli vpliva v celoti ne moremo odstraniti, saj ne vključujejo dejanskega podatka o časovno in prostorsko spremenljivi vodni pari v ozračju. Uporaba radiosondažnih meritev pri določitvi vpliva je bila poseben izziv, saj teh podatkov v obdelavi opazovanj GNSS ne vključujemo. Z izračuni smo za niz trimesečnih dnevni meritev določili spremembe v velikosti vpliva, ločeno za prispevek suhih plinov in vodne pare. Poglavitni cilj je bil pripraviti podlago za morebitno možnost uporabe radiosondažnih meritev pri opredelitvi kakovosti določitev položaja z uporabo različnih troposferskih modelov, ki so vključeni v programske pakete obdelave opazovanj GNSS.

Vpliv smo ocenjevali kot podaljšanje poti razširjanja signala glede na geometrično za satelite v zenitu, podobno kot so zasnovani modeli vpliva troposfere na opazovanja GNSS. Ob tem smo predpostavili, da se radiosondažni balon giblje pretežno v vertikalni smeri, kar zaradi vpliva vetrov splošno ne velja. Druga pomanjkljivost radiosondažnih meritev je bila, da smo vpliv lahko določili do tam, kjer je balon počil. Vpliv vodne pare

tako vseeno lahko dobro ocenimo, saj je skoncentrirana do tropopavze, medtem ko vpliv suhih plinov lahko računamo iz standardne atmosfere. Vpliv suhih plinov in vodne pare smo predstavili ločeno in pri slednji do obravnavane višine zaznali dnevne spremembe velikostnega reda nekaj decimetrov. Pri prehodu iz jesenskega v zimsko obdobje smo ugotovili očitne spremembe v vplivu vodne pare na razširjanje signalov. V nadaljevanju, ob obravnavanju daljšega niza radiosondažnih meritev, bi bilo to mogoče lahko izhodišče za določitev značilnih lastnosti vpliva troposfere v odvisnosti od letnih časov, kar se odraža v kakovosti določitve položaja.

Glede na raziskavo Sušnikove (2013), ki je iz modeliranega vpliva troposfere primerjala določitev vodne pare z radiosondami in iz obdelave opazovanj GPS ter ugotovila, da različne parametrizacije srednje temperature vplivajo na končno vrednost določitve vpliva, je bil cilj danega prispevka drugačen. Pokazali smo, da se v dnevu velikost mokre komponente vpliva na opazovanja zelo spreminja, in s tem utemeljili, da je pri različnih strategijah določitve položaja, predvsem pri absolutni določitvi iz faznih opazovanj ali pri izrazitih višinskih razlikah krajišč baznega vektorja, v obdelavi opazovanj vpliv dobro ocenjevati kot dodatno neznanko. Zato želimo v nadaljevanju tudi empirično preveriti oceno kakovosti modeliranja vpliva troposfere na opazovanja GNSS v obliki natančnosti določitve položaja v različnih situacijah ter z različnimi metodami izmere GNSS.

Zahvali

Zahvaljujemo se Agenciji Republike Slovenije za okolje (Oddelku za kontrolo meteoroloških podatkov in arhiv) za posredovanje podatkov radiosondažnih meritev.

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

Literatura in viri:

- Abdefatah, M. A., Mousa, A., El-Fiky, G. (2015). Precise troposphere delay model for Egypt, as derived from radiosonde data. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, 4 (1), 16–24.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nriag.2015.01.002>
- Awange, J. L. (2012). *Environmental Monitoring using GNSS*. New York: Springer.
DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-88256-5>
- ARSO (2018). http://www.arso.gov.si/vreme/napovedi%20in%20podatki/vertikalna_sondaza.html, pridobljeno 3. 1. 2018.
- Bevis, M., Businger, S., Herring, T. A., Rocken, C., Anthes, R. A., Ware, R. H. (1992). GPS meteorology: remote sensing of water vapour using Global positioning system. *Journal of Geophysical Research*, 97, 15787–15801.
DOI: <https://doi.org/10.1029/92jd01517>
- Benevides, P., Nico, G., Catalão, J., Miranda, P. M. A. (2017). Analysis of Galileo and GPS integration for GNSS tomography. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 55 (4), 1936–1943. DOI: <https://doi.org/10.1109/TGRS.2016.2631449>
- Böhm, J., Heinkelmann, R., Schuh, H. (2007). Short Note: A global model of pressure and temperature for geodetic applications. *Journal of Geodesy*, 81 (10), 679–683.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-007-0135-3>
- Böhm, J., Schuh, H. (2007). Troposphere Gradients from the ECMWF in VLBI analysis. *Journal of Geodesy*, 81 (6–8), 409–421.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-006-0126-9>
- Böhm, J., Möller, J., Schindelegger, M., Pain, M., Weber, R. (2015). Development of and improved blind model for slant delays in the troposphere (GPT2w). *GPS Solutions*, 19 (3), 433–441.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10291-014-0403-7>
- Hobiger, T., Jakowski, N. (2017). *Atmospheric Signal Propagation*. V: P. J. G. Teunissen (ur.), O. Montenbruck (ur.), Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems (str. 165–193), Cham: Springer.
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-42928-1_6
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Collins, J. (2001). *GPS theory and practise*. Tretja izdaja. New York: Springer-Verlag.
- ICAO, International Civil Aviation Organisation (1993). *Manual of the ICAO standard atmosphere (extended to 80 kilometres)*, Doc 7488/, Secretary General of the International Civil Aviation Organization. Tretja izdaja, 305 str., http://code7700.com/pdfs/icao_doc_7488_standard_atmosphere.pdf, pridobljeno 26. 1. 2018.
- Januszewski, J. (2013). How the Troposphere Affects Positioning Solution Using Satellite Navigation Systems. V: J. Mikulski (ur.), *Activities of Transport Telematics, 13th International Conference of Transport Systems Telematics* (str. 275–283). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-41647-7_34
- Lagler, K., Schindelegger, M., Böhm, J., Krásná, H., Nilsson, T. (2013). GPT2: Empirical slant delay model for radio space geodetic techniques. *Geophysical Research*

Letters, 40 (6), 1069–1073. DOI: <https://doi.org/10.1002/grl.50288>

Liang, H., Cao, Y., Wan, X., Xu, Z., Wang, H., Hu, H. (2015). Meteorological applications of precipitable water vapor measurements retrieved by the national GNSS network of China. *Geodesy and geodynamics*, 6 (2), 135–142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geog.2015.03.001>

Namaoui, H., Kahlouche, S., Belbachir, A. H., Van Malderen, R., Brenot, H., Pottiaux, E. (2017). GPS Water Vapor and its comparison with radiosonde and ERA-Interim Data in Algeria. *Advances in atmospheric sciences*, 34 (5), 623–634. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00376-016-6111-1>

Pogačar, T. (2007). Vertikalna sondaža atmosfere. *Fizika v šoli*, 13 (1–2), 25–32.

Seidel, D. J. (2002). Water Vapor: Distribution and Trends. V: T. Munn (ur.), *Encyclopedia of Global Environmental Change*. Chichester, John Wiley & Sons. <https://www.wiley.com//legacy/wileychi/egec/pdf/GB085-W.PDF>, pridobljeno 28. 1. 2018.

Shoji, Y., Sato, K., Yabuki, M., Tsuda, T. (2017). Comparison of shipborne GNSS-derived precipitable water vapor with radiosonde in the western North Pacific in the seas adjacent to Japan. *Earth, Planets and Space*, 69 (153), 2–13. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40623-017-0740-1>

Sterle, O., Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P. (2013). Modeliranje ionosferske refrakcije za izboljšavo absolutnega GNSS-položaja s kodnimi instrumenti: priprava na 24. Sončev cikel. *Geodetski vestnik*, 57 (1), 9–24. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2013.01.009-024>

Randel, D. L., Vonder Haar, T. H., Ringerud, M. A., Stephens, G. L., Greenwald, T. J., Combs, C. L. (1996). A New Global Water Vapor Dataset. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77, 1233–1246. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<1233:ANGWVD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<1233:ANGWVD>2.0.CO;2)

Rüeger, J. M. (2002). Refractive Index Formulae for Radio Waves. *Proceedings. V XXII FIG International Congress: ACSM/ASPRS Annual Conference and Technology Exhibition 2002: congress/conference proceedings*. Washington D. C., American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig_2002/Js28/JS28_rueger.pdf, pridobljeno 28. 1. 2018.

Sušnik, A. (2013). Uporaba sistema globalnega določanja lege za raziskave vremena in vesoljskega vremena (GPS for weather and space weather studies). *Doktorska disertacija*. Nova Gorica: Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za podiplomski študij. <http://www.unig.si/~library/doktorati/fizika/16Susnik.pdf>, pridobljeno 4. 5. 2018.

Trontelj, M. (1995). Radiosondažne meritve tudi v Sloveniji. *Ujma*, 9, 190–193. http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/1995/190_193.pdf, pridobljeno 5. 1. 2018.

Younes, S. A.-M. (2016). Modeling investigation of wet tropospheric delay error and precipitable water vapor content in Egypt, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Spece Sciences*, 19, 333–342. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.05.002>



Senica A., Sterle O., Pavlovčič Prešeren P. (2018). Določitev vpliva troposfere na opazovanja GNSS iz niza radiosondažnih meritev v Ljubljani od oktobra do decembra 2017. *Geodetski vestnik*, 62 (3), 415–429. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.03.415-429>

Alenka Senica

Študentka na Univerzi v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
e-naslov: alenka.senica@student.fmf.uni-lj.si

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

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

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

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

OCENA SPREMINJANJA NIVOJA MORSKE GLADINE IN FIZIKALNIH POJAVOV V BALTSKEM MORJU

ASSESSMENT OF THE DYNAMICS OF SEA LEVEL AND PHYSICAL PHENOMENA IN THE BALTIC SEA

Katarzyna Pajak, Kamil Kowalczyk

UDK: 532.5:551.465(261.24)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 13. 2. 2018
Sprejeto: 15. 6. 2018

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.03.430-444>
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 13. 2. 2018
Accepted: 15. 6. 2018

IZVLEČEK

Povprečne spremembe morske gladine so v neposredni povezavi s fizikalni pojavi, kot so spremembe temperature, slanosti, kar hkrati povzročata spremembe v gostoti morske vode. Analiza sprememb nivoja morske gladine se pogosto uporablja kot sredstvo za raziskovanje obalne črte in podnebnih sprememb. Zvišanje ali znižanje temperature ter slanosti vode Baltskega morja lahko pomembno vpliva na ekosistem. Cilj raziskave je uporaba sezonskih kazalcev za oceno dinamike sprememb morske gladine in samih fizikalnih pojavov, ki močno vplivajo na te spremembe. V raziskavi smo uporabili podatke satelitske altimetrije in podatke satelitske misije GRACE (angl. Gravity Recovery and Climate Experiment). Opravili smo analizo sezonskih sprememb mesečnih časovnih vrst v obdobju januar 2010–december 2014. Podatki so bili s petih postaj na Baltskem morju. Absolutni in relativni kazalniki so pokazali, da so vrednosti danih fizikalnih pojavov, kot posledica vpliva sezonskih dejavnikov, manjši ali večji od ocenjenih z linearno funkcijo trenda. Slanost je največja jeseni in pozimi ter najmanjša poleti. Rezultati so koristni za prepoznavanje sprememb morske gladine, temperature in slanosti morske vode ter so lahko podlaga za nadaljnja opazovanja in raziskave teh dejavnikov.

KLJUČNE BESEDE

GRACE, nivo gladine morja, slanost, satelitska altimetrija, temperatura vode, Baltsko morje

ABSTRACT

The average sea level fluctuations are connected with the occurrence of physical phenomena, such as changes in temperature and salinity, which influence the changes in water density. The sea level change modelling is used widely to evaluate and study shoreline and climate changes. An increase or decrease in water temperature and salinity may have a very important effect on the ecosystem of the Baltic Sea. The aim of the paper is to use the seasonal indicators to estimate the dynamics of changes of sea level and the physical phenomena that have a substantial influence on this changes. Data from satellite altimetry and GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) satellite mission were used in the research. The analyses of seasonal fluctuations were made for time series for every month in the period between January 2010 and December 2014 in five stations of the Baltic Sea. The absolute and relative indicators showed that, as a consequence of the influence of seasonal factors, the values of the given phenomenon are lower or higher than those estimated with the linear trend function. Salinity is the highest in autumn and winter months but it is the lowest in summer months. The results are useful to identify the changes of sea level, water temperature and salinity and can serve as a basis for further improvement and development of tools and methodologies for monitoring these factors.

KEY WORDS

GRACE, sea level, salinity, satellite altimetry, water temperature, Baltic Sea

1 INTRODUCTION

The Baltic Sea is located in the northern part of the European continent. It is a shallow sea and its average depth is about 50 meters; its surface is about 415,000 km² (BACC, 2008). The Baltic Sea is cold, the water temperature and salinity depends on the latitude. It is an inland sea that is connected with the neighbouring North Sea only through narrow and shallow straits that hinder the flow of salty ocean water (Winsor et al., 2001). That aspect has the main influence on the salinity of the sea, which is rather low, in comparison to the ocean salinity (the average salinity amounts to only 7.4 ‰ (Janssen et al., 1999)). The Baltic Sea salinity is controlled by river runoff, net precipitation and water exchange through the North Sea (Meier, 2006). An essential feature of the Baltic Sea water is its stratification. There are two main strata: surface water and groundwater. Surface water has low salinity, it is well-mingled and oxygenated. Its temperature fluctuates depending on a season, from 0°C to 20°C. The temperature of the surface layer in the Baltic Sea varies essentially on the annual scale. The surface layer responds quickly to changes of the local atmospheric conditions (Stigebrandt and Gustafsson, 2002). Groundwater with the salinity of 12–22‰ has the almost stable temperature of 4–6 °C. In the halocline (at the depth of 40–80 m), there is a sudden increase in salinity and at the same time in water density. The temperature of the southern part of the Baltic Sea varies from 0°C (winter) to 8°C (summer), however, the average temperature in the bays is +22°C (Helsinki Commission, 2013). Surface water in the summer has on average between 15°C and 23°C, however, it is below 0°C in winter. Those and other physical phenomena have a great influence on sea level changes. The whole average change in the Baltic Sea level is connected with the consequences of post-glacial rebounds, the growth of global ocean mass mainly due to the melting of glaciers, the thermal expansion of sea water and regional factors (Peltier, 1998).

To determine the changes in sea level and water temperature, salinity and mass variations, statistical methods based on linear regression or multinomial regression are mainly used (Kryński and Zanimon-skiy, 2004). In the analyses of changes in sea level, water temperature and salinity, one can apply the ratio method. In the method, the seasonal indicators for particular phases of cycles are determined. If the fluctuation amplitudes, defined as differences between the real values and theoretical values gained from calculations of the linear trend estimation in analogical phases of the cycles, are more or less the same, then they are the absolute constant fluctuations. However, if the height of the amplitudes changes in some almost equal proportion, then those are the relative constant fluctuations (Issahaku et al., 2016; Australian Bureau of Statistics).

In the article the authors made the analysis of seasonal fluctuations in the Baltic Sea level and the physical phenomenon – water temperature, salinity and equivalent water height in selected stations distributed in various parts of the Baltic Sea. The main aim of the analysis was to estimate the parameters of the model of developing variables and the evaluation of the precision of the models fitting to empirical data with the use of the seasonal indicators method.

2 DATA SETS

The analysis was made between 2010 and 2014 and it concerned: water temperature, salinity, sea level anomaly (SLA) and equivalent water height (EWH). The spatial scope of the research engaged five selected stations in the Baltic Sea region as presented in Figure 1.

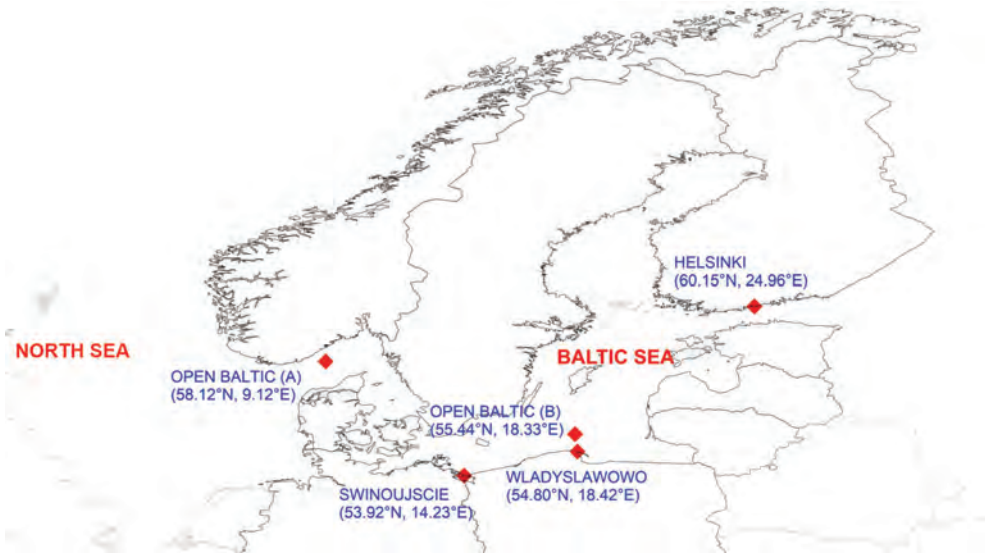


Figure 1: Spatial distribution of station in the Baltic Sea region (OPEN BALTIC A, OPEN BALTIC B, SWINOUJSCIE, WLADYSLAWOWO, HELSINKI).

The data used in the research on sea level changes are sea level anomaly (SLA) that were collected by satellite altimetry (Antonov et al., 2002). The altimetry data set used for this study are daily sea level anomalies provided by the Copernicus Marine and Environment Monitoring Service (CMEMS) (<http://marine.copernicus.eu>). This data set, a combined solution from the multi-mission, covers over a 20-year period from January 1993. Altimeters emit signals toward the Earth, and receive the echo from the sea surface, after the reaction. The sea surface height is obtained from the difference between the satellite's position relative to the reference ellipsoid and the satellite distance from the sea surface (range) (AVISO). The altimetric measurements are corrected for atmospheric effects (ionospheric delay and dry/wet tropospheric effects) and geophysical processes (solid, ocean, and pole tides, loading effect of the ocean tides, sea state bias, and the Inverted Barometer response of the ocean). Detailed information of the corrections can be found at the AVISO website www.aviso.oceanobs.com and www.marine.copernicus.eu. In this paper we used the data sets concerning water temperature and salinity that was also provided by the Copernicus Marine and Environment Monitoring Service (CMEMS).

The GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) was the second data set in the research. The Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE), is a joint USA and German satellite mission launched in 2002 (Tapley et al., 2004, Sakumura et al., 2014). The primary objective of the mission is to monitor gravity field variations (Tapley et al., 2004). Three centers are part of the GRACE Ground System and generate Level-2 data (spherical harmonic fields): CSR (U. Texas/Center for Space Research); GFZ (GeoForschungsZentrum Potsdam); and JPL (Jet Propulsion Laboratory).

Each global and regional change of gravity is caused by the Earth's mass variations. The mass variations occur due to processes in the interior of the Earth and on its surface (Wahr et al., 2006). Because the effects of the pole tide, the solid earth tide, and the ocean tide have been removed from the GRACE gravity field model, the GRACE solutions can reflect changes of continent water storages and ocean

water mass (Han et al., 2005; Kusche, 2007; Zhou et al., 2006; Eshagh et al., 2013). The mass changes can be expressed in terms of equivalent water height (EWH) (Wahr et al., 1998; Schrama et al., 2007). The GRACE data are widely used to estimate the mass changes in the global and regional scale, such as monitoring the terrestrial water changes in the Baltic Sea.

Their output include spherical harmonic coefficients of the gravity field and of the dealiasing fields used to compute them. For the purpose of the test RL05, product computed and processed by CSR center was used. GRACE ocean data were processed by Chambers, supported by the NASA MEaSUREs Program, and are available at <http://grace.jpl.nasa.gov> (Chambers, 2010; Chambers and Bonin, 2012).

3 METHODOLOGY

There are three groups of reasons that influence level changes in different types of phenomena in time:

- main reasons – they work permanently with constant intensity, they mark the main directions of changes (i.e. trends or linear trend estimation),
- seasonal reasons (temporary) – they work regularly but in short cycles; they are connected with the specificity of the researched phenomenon, they determine seasonal fluctuations,
- random reasons – they work irregularly, they are unpredictable considering both direction and force, they express the activity of random factors and they determine random fluctuations.

During the analysis of time ranges often, apart from determining the linear trend, seasonal fluctuations are identified (cyclical, temporary, short-time), i.e. changes in the intensity of the analysed phenomenon that repeat in a time interval (Eurostat, 2007). The four components of a time series (t: trend, s: seasonal, c: cyclical, r: random) can be combined in different ways. Accordingly, the time series model used to describe the observed data (Y) can be additive and multiplicative:

$$y_{ij} = t_{ij} + s_{ij} + c_{ij} + r_{ij} \tag{1}$$

$$y_{ij} = t_{ij} \times s_{ij} \times c_{ij} \times r_{ij} \tag{2}$$

where $i = 1, 2, \dots, 12$ indicates the months and $J = 1, 2, \dots, n$ the years. If the trend is linear, these two models look as follows:

$$y_{ij} = (a + bt) + s_{ij} + c_{ij} + r_{ij} \tag{3}$$

$$y_{ij} = (a + bt) \times s_{ij} \times c_{ij} \times r_{ij} \tag{4}$$

In an additive model the seasonal, cyclical and random variations are absolute deviations from the trend (they do not depend on the level of the trend). In a multiplicative model the seasonal, cyclical and random variations are relative (percentage) deviations from the trend (the higher the trend, the more intensive these variations are). Though in practice the multiplicative model is the more popular, both models have their own merits and, depending on the nature of the time series to be analysed, they are equally acceptable. In this paper we used additive and multiplicative model (Fase et al., 1973). The reasons for the occurrence of seasonal fluctuations are mostly natural. It means that their occurrence is closely connected with the course of the following seasons and also with changes in climate conditions.

The choice of a given method for distinguishing seasonal fluctuations, first of all depends on the course of the general linear trend estimation (particularly on the type of function that describes the tendency) and types of seasonal fluctuations (Australian Bureau of Statistics). There are two types of fluctuations (Ostasiewicz et al., 2008):

1. Absolute fluctuations, when the fluctuation amplitudes in corresponding phases of a cycle are more or less the same (additive model).
2. Relative fluctuations, when the heights of the fluctuation amplitudes change more or less in the same ratio in the corresponding phases of a cycle (multiplicative model).

In a ratio analysis, one can distinguish four stages of work:

- The selection of the linear trend estimation of the analysed phenomena (the linear trend model).
- The selection of seasonal fluctuations with the elimination of the linear trend estimation from the time series.
- In the case of the additive model, it is achieved by estimating the difference between the empirical value of the analysed variable and the theoretical value gained from the linear trend estimation model.
- In the case of the multiplicative model, by estimating the quotient of the empirical value of the analysed variable to theoretical values gained from the linear trend model. The gained values are independent of trends but they contain seasonal and random fluctuations.

In this paper, we estimated indigenous seasonal indicators for the investigation of the dynamics of changes of sea level and physical phenomena. For the purpose of seasonal adjustment, the time series was assumed to be observed monthly and consisted of distinct elements: the trend, the seasonal, cyclical and irregular components. In this paper, the objective of seasonal adjustment was to identify and estimate the seasonal effects, and to remove them from the time series. At the end of our investigation we estimated values in particular stations of the Baltic Sea for the random component, the coefficient of residual variation, the coefficient of convergence and the coefficient of determination for the additive model and multiplicative model.

4 RESULTS

In order to determine the pace and direction of changes in the average water temperature, salinity, sea level anomaly (SLA) and equivalent water height (EWH) in all the analysed stations of the Baltic Sea in the years 2010–2014, the linear trend function was determined. The change in water temperature is above zero, the salinity trend decreases or slightly increases, the sea level anomalies (SLA) trend grows in all the analysed stations of the Baltic Sea, equivalent water heights (EWH) trend decreases, with the exception of OPEN BALTIC B point, where the trend increases. Table 1 presents all the data.

Additionally, at each researched point, the correlation coefficient for trend between the different phenomena was computed (Jöreskog, 1978). The trends of salinity and water temperature are consistent with a correlation of -0.62 . The correlation of trend from water temperature and sea level anomaly is -0.59 . However, there is a very high linear correlation between equivalent water height (EWH) and water temperature (0.66). The trends of equivalent water height (EWH) and sea level anomaly had a very low linear correlation of -0.09 . The correlation between the trend for salinity and sea level anomaly is only 0.33 . Figure 2 shows the correlations for trend between salinity, water temperature, equivalent water height (EWH) and sea level anomaly (SLA) results.

Table 1: The trend value of water temperature, salinity, sea level anomalies and equivalent water heights in all the analysed station in the Baltic Sea; units are [°C] for water temperature, [‰] for salinity, [cm] for SLA, [cm] for EWH; data span January 2010–December 2014.

Point	Trend/year			
	Temperature	Salinity	EWH	SLA
OPEN BALTIC A	0.70	-0.10	-0.34	0.71
OPEN BALTIC B	0.72	-0.01	1.57	0.87
SWINOUJSCIE	0.77	0.13	-0.46	0.43
WLADYSLAWOWO	0.55	-0.01	-0.24	0.52
HELSINKI	0.36	0.27	-1.69	1.02

Additionally, at each researched point, the correlation coefficient for trend between the different phenomena was computed (Jöreskog, 1978). The trends of salinity and water temperature are consistent with a correlation of -0.62. The correlation of trend from water temperature and sea level anomaly is -0.59. However, there is a very high linear correlation between equivalent water height (EWH) and water temperature (0.66). The trends of equivalent water height (EWH) and sea level anomaly had a very low a linear correlation of -0.09. The correlation between the trend for salinity and sea level anomaly is only 0.33. Figure 2 shows the correlations for trend between salinity, water temperature, equivalent water height (EWH) and sea level anomaly (SLA) results.

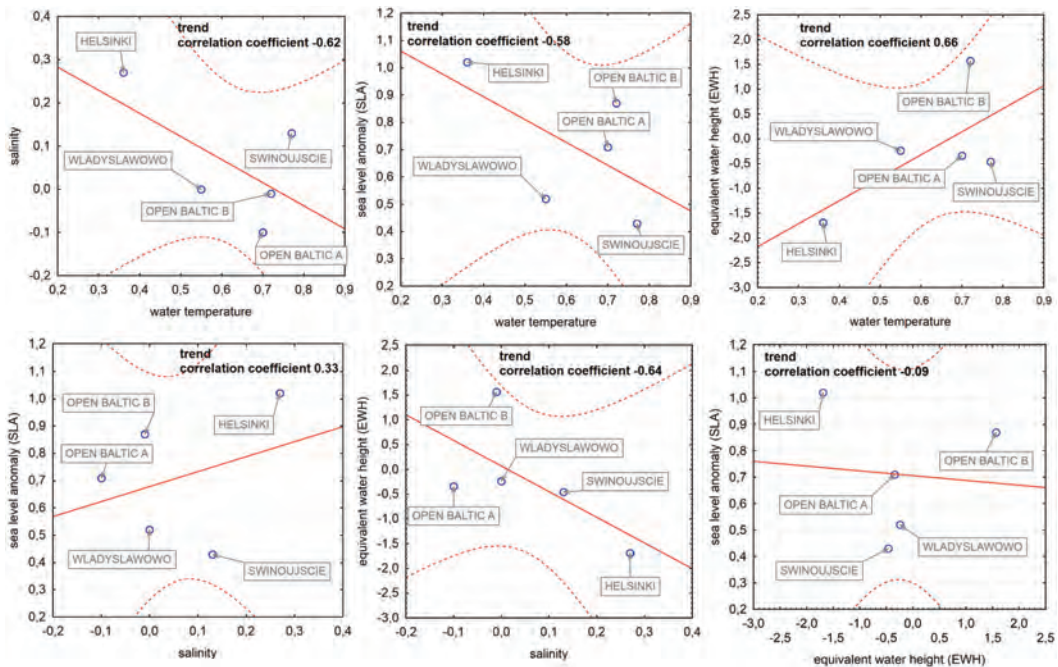


Figure 2: Correlation coefficients between for trend between salinity, water temperature, equivalent water height (EWH) and sea level anomaly (SLA).

4.1 Absolute fluctuations

The next step of the analysis was the estimation of the absolute seasonal indicators for a particular physical phenomenon in the selected stations of the Baltic Sea. The absolute indicators and the sum of all seasonal indicators were estimated. In the case of the absolute indicators, the sum coincided with the expected value, i.e. it was 0 (Ostasiewicz et al., 2008). Figure 3 presents the calculated seasonal indicators in relation to the estimated trend value. The indicators in the additive model show how much the level of the phenomenon is higher or lower in a given month than the estimated trend function.

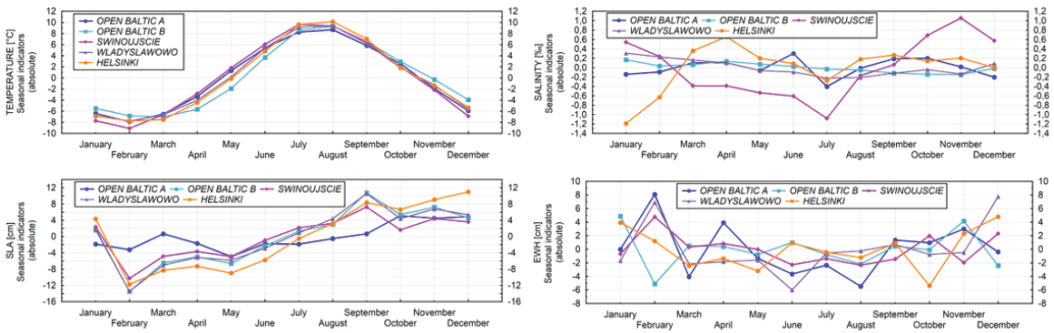


Figure 3: The graphs presents of seasonal indicators (absolute) of water temperature, salinity, sea level anomaly (SLA) and equivalent water height (EWH) in five researched station of the Baltic Sea.

From the estimated pure seasonal indicators (Figure 3) one can draw conclusions that as a result of the activity of seasonal factors, water temperature is the highest (it is higher than the value estimated with the linear trend function by about 7°C – 10°C) in July and August, however, it is the lowest in February. Salinity is (Figure 3), however, is usually the highest in November and January, and the lowest in July. In OPEN BALTIC A point, salinity is the highest in June and it is higher than the values estimated with the linear trend function, and it is the lowest in July. In HELSINKI point, there is also a change in salinity. The most significant changes occur in April and the least in January. In September and October (about 5–10 cm) sea level anomalies (SLA) (Figure 3) are the highest (they are higher than the estimated trend function) as a result of seasonal indicators activity. They are the lowest in February (about 10–13 cm) almost in all researched station of the Baltic Sea. In OPEN BALTIC A, SLA is the highest in May (about 5 cm), and the lowest in October. Equivalent water height (EWH) (Figure 3) in OPEN BALTIC A point is the highest in February (higher by about 8 cm than the estimated trend function) and the lowest (about 5.5 cm) in August. In OPEN BALTIC B point, EWH is the highest in January (about 5 cm higher than the linear trend function) and the lowest in February (about 5 cm). EWH in SWINOUJSKIE point is the highest in February (about 5 cm) and the lowest (about 2 cm) in August. In WLADYSLAWOWO point, the most significant changes in EWH occur in December (about 8 cm), and the least in June (about 6 cm). In HELSINKI point, EWH in the highest in December (about 5 cm) and the lowest in October (about 6 cm).

The next step of the analysis was the calculation of the theoretical values which include the linear trend estimation and seasonal fluctuations. Having added proper seasonal indicators, the theoretical values were estimated. The calculated values considered both the trend and their seasonality.

$$\hat{y}_{ij} = \hat{y}_{ij} + s_j \tag{5}$$

where, \hat{y}_{ij} is the linear trend and s_j is the seasonal fluctuations, which was calculated using the formula:

$$s_j = \frac{1}{n_i} \sum_1^{n_i} (y_{ij} - \hat{y}_{ij}) \tag{6}$$

where, y_{ij} is the real values, \hat{y}_{ij} is the linear trend and n_i is the number of observations.

The last element of the analysis was the calculation of the random component (S_ϵ) and the coefficient of residual variation (v_ϵ) which indicates random changes. The random component (S_ϵ) and the coefficient of residual variation (v_ϵ) were calculated using the formula:

$$S_\epsilon = \sqrt{\frac{\sum (y_{ij} - \hat{y}_{ij})^2}{n - 2}} \tag{7}$$

where, y_{ij} is the real values, \hat{y}_{ij} is the theoretical values and n is the number of observations.

$$V_\epsilon = \frac{S_\epsilon}{\bar{y}} \cdot 100 \tag{8}$$

where S_ϵ is the random component and \bar{y} is the average for the each time series.

The coefficient of variation (the coefficient of convergence) is a measure of fit (φ^2), which informs if the researched changes are explained by the changing in time (linear trend function) and by seasonal, and another factor. The coefficient of variations was calculated using the formula:

$$\varphi^2 = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y}_i)^2} \tag{9}$$

where y_i is the real values, \hat{y}_i is the theoretical values and \bar{y}_i is the average for the each time series.

The last measure of fit is the R^2 coefficient which informs if the changes are explained by the changes in time and seasonality, which was calculated using the formula:

$$R^2 = 1 - \varphi^2 \tag{10}$$

All estimations are presented in Table 2.

Table 2: The table presents the estimated values in a particular station of the Baltic Sea for the random component, the coefficient of residual variation, the coefficient of convergence and the coefficient of determination for the additive model; units are [°C] for water temperature, [‰] for salinity, [cm] for SLA, [cm] for EWH; data span January 2010–December 2014.

Point	Temperature				Salinity				SLA				EWH			
	S_ϵ	V_ϵ	R^2	φ^2	S_ϵ	V_ϵ	R^2	φ^2	S_ϵ	V_ϵ	R^2	φ^2	S_ϵ	V_ϵ	R^2	φ^2
OPEN BALTIC A	1.78	0.20	0.92	0.08	1.81	0.06	0.02	0.98	3.46	0.63	0.49	0.51	6.23	4.61	0.27	0.73
OPEN BALTIC B	0.98	0.10	0.97	0.03	0.11	0.02	0.44	0.56	11.48	3.42	0.26	0.74	4.09	1.23	0.32	0.68
SWINOUJSKIE	1.07	0.11	0.98	0.02	1.18	0.22	0.23	0.77	8.42	2.49	0.26	0.74	4.91	2.36	0.32	0.68
WLADYSLAWOWO	1.11	0.12	0.97	0.03	0.26	0.04	0.30	0.70	11.54	3.32	0.26	0.74	5.44	3.89	0.11	0.89
HELSINKI	1.17	0.15	0.97	0.03	0.62	0.13	0.50	0.50	12.23	3.45	0.30	0.70	5.60	1.26	0.20	0.80

The analysis of seasonal fluctuations showed (Table 2) that the observed changes in water temperature (real) differ from those estimated with the use of linear trend function and the relative seasonal indicator in a particular station of the Baltic Sea by between 0.98°C and 1.78°C. The significance of random fluctuations is moderate, only about 10% to 20%. The coefficient of variation showed that the changes in water temperature are not explained by time changes (linear trend function) and seasonality, but by other factors. It means that only a couple percent of fluctuations in water temperature are caused by other factors. The R2 coordinate, i.e. a measure of fit, showed that 92%–98% of changes in water temperature are explained by time changes and seasonality.

The observed changes in salinity (real) differ from those estimated with the use of linear trend function and relative seasonal indicators by between 0.11‰ and 1.81‰. Random variation of salinity in the Baltic Sea is low, between 2%–22%. The coefficient of variation, however, showed that changes in salinity are not explained by time changes (linear trend function) and seasonality, but they are caused by other factors. The R2 coordinate, i.e. a measure of fit, showed that in OPEN BALTIC A only 2% of water temperature changes are explained by time changes and seasonality. In OPEN BALTIC B station there are only 44%, in SWINOUJSKIE 23%, WLADYSLAWOWO 30% and HELSINKI it is 50%.

There is a great importance of random fluctuations in the analysis of sea level anomaly (SLA). Changes in SLA differ from the estimated ones by 3.46 cm–12.23 cm. The coefficient of variation is several dozen percent and it results from the fact that changes in SLA are caused by other factors; however, only between 26% and 49% of the changes are explained by time changes and seasonality. Changes in equivalent water height (EWH) differ from the estimated ones by 4.09 cm–6.23 cm. There is a great importance of random fluctuations. The coefficient of variation showed that in several dozen percent changes in EWH are caused by other factors; between 11% and 32% of the changes in EWH are explained by time changes and seasonality.

4.2 Relative fluctuations

The next step of the analysis was the estimation of the relative seasonal indicators for a particular physical phenomenon in a selected station of the Baltic Sea. The relative indicators and the sum of all seasonal indicators were estimated. In the case of the relative indicators, the sum of the seasonal indicators equals 12 as monthly data were researched in a year (Ostasiewicz et al., 2008). Figure 4 presents the calculated seasonal indicators in relation to the estimated trend value.

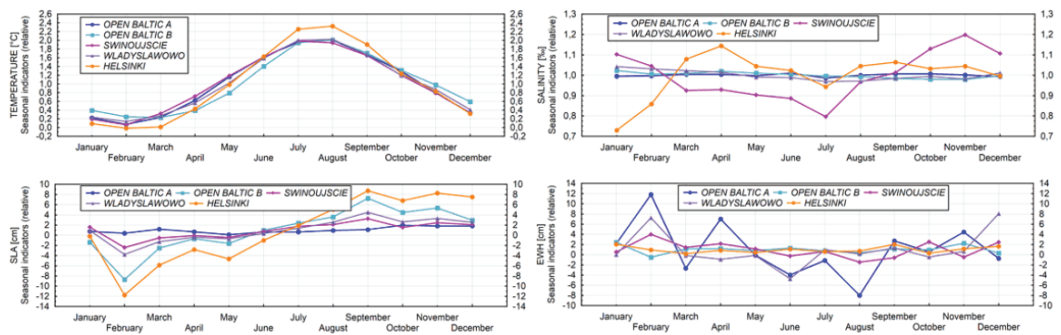


Figure 4: The graphs presents of seasonal indicators (relative) of water temperature, salinity, sea level anomaly (SLA) and equivalent water height (EWH) in five researched station of the Baltic Sea.

Seasonal indicators in the multiplicative model show by what percentage the level of the phenomenon in a given phase of the cycle is higher or lower than the level that would be reached if there were no fluctuations and the development occurred according to the trend. According to the estimated seasonal indicators, one can assume that as a consequence of seasonal factors, water temperature is the highest in July and August (about 100% higher than the average temperature); however, in February it is the lowest (about 90% lower than the average). Water salinity is usually higher than the average salinity in November, December and January, but it is the lowest in July. In September and October, as a consequence of the occurrence of seasonal factors, sea level anomalies (SLA) are higher than the average, however, they are the lowest in February. Equivalent water heights (EWH) are usually the highest in December, January and February, but they are the lowest in August.

The next step of the analysis was the calculation of the theoretical values that contained the development tendency and seasonal fluctuations that considered both the trend and seasonality. In order to fit the function that includes both the trend and seasonality, the random component (S_e), the coefficient of residual variation (V_e), the coefficient of variation (φ^2) and the coefficient of determination R^2 were estimated and presented in Table 3. All values were calculated similarly to additive variations, only seasonality indicators were calculated with a different formula, using the equation:

$$s_j = \frac{1}{n_i} \sum_1^{n_i} \left(\frac{y_{ij}}{\hat{y}_{ij}} \right) \tag{11}$$

where y_{ij} is the real values, \hat{y}_{ij} is the linear trend and n_i is the number of observations.

Table 3: The table presents the estimated values for a particular station of the Baltic Sea: the random component, the coefficient of residual variation, the coefficient of convergence and the coefficient of determination for the relative model; units are [°C] for water temperature, [‰] for salinity, [cm] for SLA, [cm] for EWH; data span January 2010–December 2014.

Point	Temperature				Salinity				SLA				EWH			
	S_e	V_e	R^2	φ^2	S_e	V_e	R^2	φ^2	S_e	V_e	R^2	φ^2	S_e	V_e	R^2	φ^2
OPEN BALTIC A	0.12	0.01	0.99	0.01	0.60	0.02	0.90	0.10	0.13	1.36	1.00	0.00	1.85	0.63	0.94	0.06
OPEN BALTIC B	0.09	0.01	0.99	0.01	0.04	0.01	0.93	0.07	2.57	0.06	1.00	0.00	0.19	0.77	0.99	0.01
SWINOUJSKIE	0.13	0.01	0.99	0.01	0.05	0.01	0.99	0.01	0.91	0.19	0.99	0.01	0.39	0.27	0.99	0.01
WLADYSLAWOWO	0.06	0.01	0.99	0.01	0.08	0.01	0.92	0.08	2.76	0.78	0.96	0.04	1.09	0.79	0.97	0.03
HELSINKI	0.05	0.01	0.99	0.01	0.13	0.03	0.98	0.02	1.78	0.57	0.98	0.02	2.51	0.50	0.82	0.18

In the multiplicative model, the authors noticed that water temperature changes (real) differ from those estimated with the use of linear trend function and relative seasonal indicator in a particular station of the Baltic Sea by the range of 0.05 °C–0.13 °C. The significance of random fluctuations is moderate, only 1%–3%. The coefficient of variation showed that water temperature changes are not connected with time changes (linear trend function) and seasonality, but they are caused by other factors. In other words, water temperature changes are influenced by other factors only in a couple percent. The R^2 coefficient, i.e. a measure of fit showed that in all the analysed stations, 99% of water temperature changes are caused by changes in time and seasonality.

Changes in salinity (real) differ from the estimated ones by 0.04‰–0.60‰. Random variation of the Baltic Sea salinity is really low (1%–3%). The coefficient of variation showed that changes in water salin-

ity are not explained by time changes and seasonality, but by other factors. The R^2 coefficient showed that in more than ninety percent, the changes in salinity are explained by time changes and seasonality.

Sea level anomaly (SLA) differs from the estimated values by an average of 0.13 cm–2.76 cm. The significance of random fluctuations is moderate to high (27%–79%). The coefficient of variation showed that between 1% and 4% changes in SLA are caused by other factors and almost 100% of changes in SLA are caused by time changes and seasonality.

Changes in equivalent water heights (EWH) differ from the estimated ones by an average of 0.19 cm–2.51 cm. The significance of random factors is very high. The coefficient of variation showed that between 1% and 18% changes in equivalent water heights (EWH) are caused by other factors. 18% to 99% changes in EWH are caused by time changes and seasonality.

5 DISCUSSION

One of the major concerns associated with global climate changes are future sea level variations. They may have a strong impact on coastal areas, ecosystems and human societies. At the regional scale the sea-level rise is determined largely by the heat up-take by the ocean, changes in salinity and changes in wind driven ocean circulation and water temperature. Therefore, a detailed understanding of the physical factors that contribute to the observed variability of sea level is necessary for a complete assessment of possible future sea-level changes.

Most of the studies of the Baltic Sea focus on its limited regions. For instance Ekman (e.g. 2003 and references therein) and Andersson (2002) based their studies on the 200-year long Stockholm sea level record, pointing out that the winter climate, in particular wind, plays the central role for the Baltic Sea level variations. Rak and Wieczorek (2012) argue in their studies that changes in the basic physical properties of selected areas of the Baltic Proper were analysed on the basis of the results of a 12-year series. In their study they focused on the seasonal to long-term variability of temperature and salinity in three basins of the southern Baltic: the Bornholm Deep, the Słupsk Furrow and the Gdańsk Deep. They observed that positive temperature trends of 0.11 and 0.16°C year⁻¹ were observed in the surface and deep layers respectively. The salinity trend was also positive. From the modelling study of Meier and Kauker (2003), the volume-average salinity in the Baltic Basin is 7.4 ‰, with decadal variations of the order of 1‰. It is very important check to dynamic of sea level changes and physical phenomena and thus still monitoring. In our paper we estimated of indigenous seasonal indicators to investigation this dynamics of changes. The aim of this paper was to remove the seasonal components from the time series. Many approaches of removing the seasonal variations can be taken. We used the seasonal indicators to estimate the dynamics of changes of sea level and physical phenomena.

Two different types of models have been used, namely the additive model and the multiplicative model. For each time series considered it was therefore necessary to clarify which of the two models described the data in the best way. In the additive model, the seasonal variation is independent of the absolute level of the time series, but it takes approximately the same magnitude each year.

In the multiplicative model, the seasonal variation takes the same relative magnitude each year. This means that the seasonal variation equals a certain percentage of the level of the time series. The amplitude of the

seasonal factor varies with the level of the time series. When comparing the absolute coefficients and the relative seasonal coefficients, one can state that the development tendency and relative seasonal indicators show the real situation in a better way. One may suggest that we have the multiplicative seasonality. The observations of the graphs prove that the authors gained the best fitting from the linear trend function and relative seasonal indicators.

The graphs in Figures 5, 6, 7, 8 show the fitted linear trend function with the absolute (additive model) and relative (multiplicative model) seasonality factors.

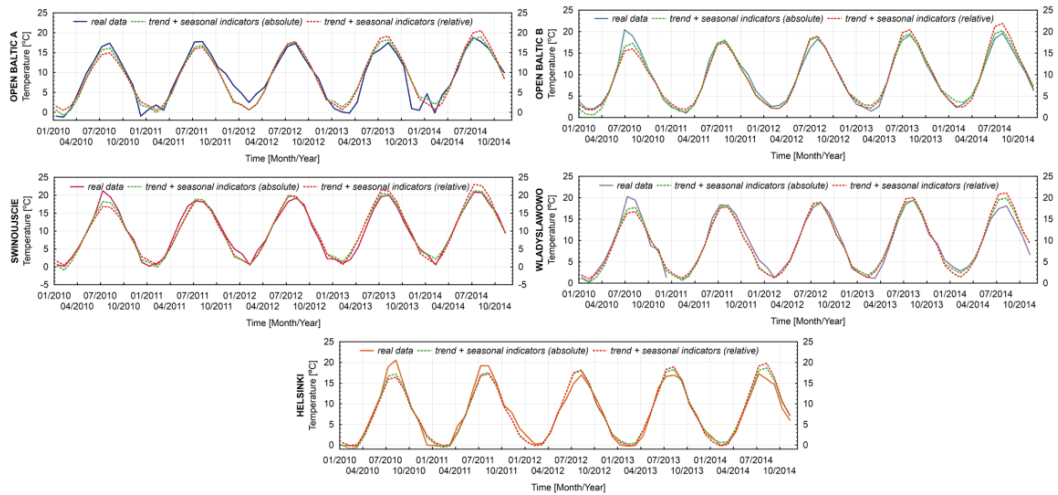


Figure 5: The graphs presents of the linear trend function with fitted absolute (additive model) and relative (multiplicative model) seasonal indicators for water temperature in five researched stations of the Baltic Sea: OPEN BALTIC A, OPEN BALTIC B, SWINOUJSCIE, WLADYSLAWOWO, HELSINKI.

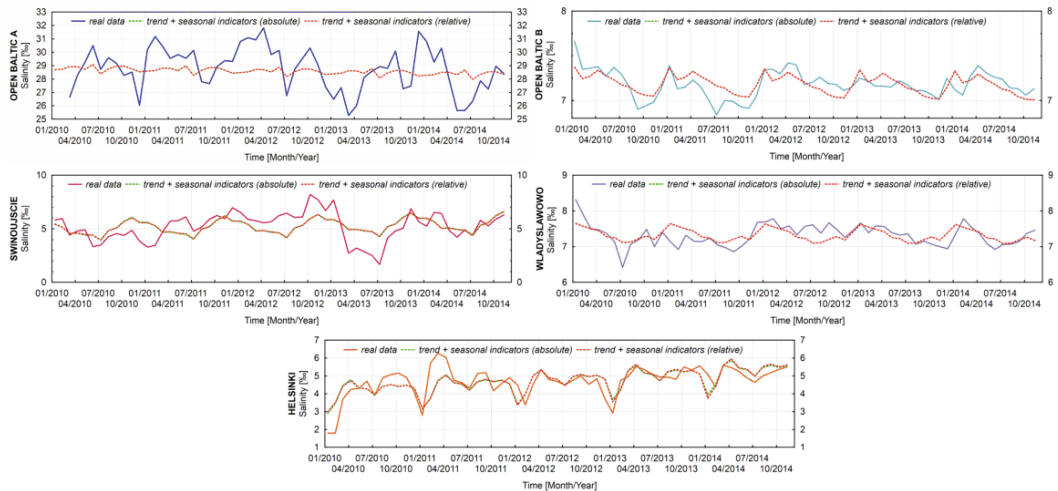


Figure 6: The graphs presents the linear trend function with fitted absolute (additive model) and relative (multiplicative model) seasonal indicators for salinity in five researched stations of the Baltic Sea: OPEN BALTIC A, OPEN BALTIC B, SWINOUJSCIE, WLADYSLAWOWO, HELSINKI.

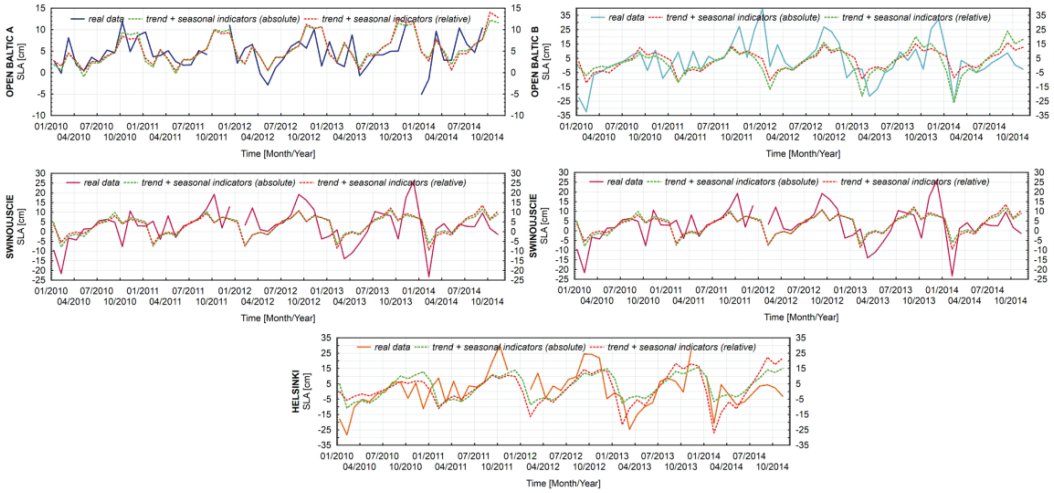


Figure 7: The graphs presents the linear trend function with fitted absolute (additive model) and relative (multiplicative model) seasonal indicators for sea level anomalies (SLA) in five researched stations of the Baltic Sea: OPEN BALTIC A, OPEN BALTIC B, SWINOUJSCIE, WŁADYSŁAWOWO, HELSINKI.

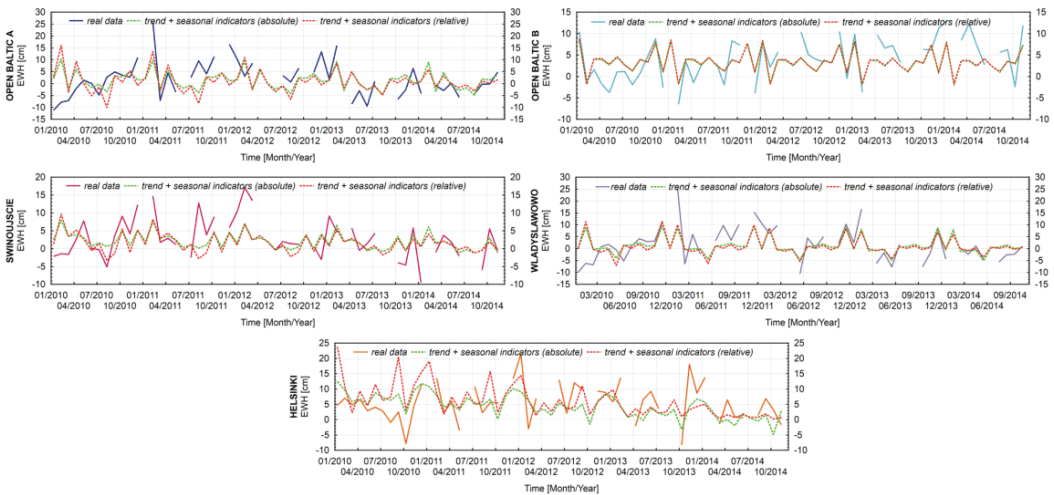


Figure 8: The graphs presents the linear trend function with fitted absolute (additive model) and relative (multiplicative model) seasonal indicators for equivalent water heights (EWH) in five researched stations of the Baltic Sea: OPEN BALTIC A, OPEN BALTIC B, SWINOUJSCIE, WŁADYSŁAWOWO, HELSINKI.

6 CONCLUSION

On the basis of the conducted analyses and investigations (the results were presented in diagrams and tables), the following main conclusions were drawn. The linear trend estimation of the researched phenomena was distinguished. The trend indicated that water temperature increases annually, salinity decreases or has the same level, sea level anomalies have an increasing tendency and EWH has a decreasing tendency (only in OPEN BALTIC B point the trends definitely grow).

We think that the complexity of the influence of the water temperature and salinity on changes in the sea level enable the water change during both a year period and during long-standing periods. The absolute and relative indicators showed that, as a consequence of the influence of seasonal factors, the water temperature in summer is the highest, whereas it is the lowest in February. Salinity is the highest in autumn and winter months but it is the lowest in summer months. In general, during winter-early spring (February) there is a significant monthly agreement between the decrease of water temperature and decrease of sea level. Baltic Sea level shows a mean annual cycle that usually peaks in the autumn-winter months (September–December) and attains its minimum in end winter-early spring (February). The equivalent water height is the highest in February, while it is the lowest in summer. The coefficient of determination of the models and the coefficient of convergence showed that the multiplicative model has the best-fitted function.

Literature and references:

- Andersson, H.C. (2002). Influence of long-term regional and large-scale atmospheric circulation on the Baltic sea level. *Tellus* 54A, 76–88. DOI: <https://doi.org/10.1034/j.1600-0870.2002.00288.x>
- Antonov, J. I., S. Levitus, and T. P. Boyer. (2002). Steric sea level variations during 1957–1994: Importance of salinity. *Journal of Geophysical Research*, 107 (C12), 8013, DOI: <https://doi.org/10.1029/2001JC000964>
- Australian Bureau of Statistics, Time Series Analysis: The Basics. <http://www.abs.gov.au/websitedbs/D3310114.nsf/home/Time+Series+Analysis:+The+Basics>, accessed 12. 10. 2017.
- AVISO, AVISO User Handbook: Merged TOPEX/Poseidon Products, Rononville St-Agne, France, 1996.
- BACC: The BACC author team. (2008). *Assessment of Climate Change in the Baltic Sea Basin*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
- Chambers, D. P., Bonin, J. A. (2012). Evaluation of Release 05 time-variable gravity coefficients over the ocean. *Ocean Science*, 8 (5), 859–868. DOI: <https://doi.org/10.5194/os-8-859-2012>
- Chambers, D. P., Willis, J. K. (2010). A Global Evaluation of Ocean Bottom Pressure from GRACE, OMCT, and Steric-Corrected Altimetry. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 27 (8), 1395–1402. DOI: <https://doi.org/10.1175/2010JTECH0738.1>
- Ekman, M. (2003). The World's Longest Sea Level Series and a Winter Oscillation Index for Northern Europe 1774–2000. *Small Publications in Historical Geophysics*. 12, 30 pp.
- Eshagh, M., Lemoine, J. M., Gegout, P., Biancale, R. (2013). On regularized time varying gravity field models based on GRACE data and their comparison with hydrological models, *Acta Geophysica*, 61 (1), 1–17. DOI: <https://doi.org/10.2478/s11600-012-0053-5>
- Eurostat. 2007. *Seasonal Adjustment Methods and Practices*. Hungarian Central Statistical Office.
- Fase, M. M. G., Koning, J., Volgenant, A. F. (1973). An Experimental Look at Seasonal Adjustment. *De Economist*, 121 (5), 441–480. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf01712804>
- Han, S.-C., Shum, C. K., Jekeli, C., Alsdorf, D. (2005). Improved estimation of terrestrial water storage changes from GRACE. *Geophysical Research Letters*, 32 (7), L0732. DOI: <https://doi.org/10.1029/2005gl022382>
- Helsinki Commission. 2013. *Baltic Marine Environment Protection Commission, Climate change in the Baltic Sea Area HELCOM thematic assessment in 2013*. Baltic Sea Environment Proceedings No. 137.
- Isshaku, A., Campion, B. B., Edziyie, R. (2016). Rainfall and temperature changes and variability in the Upper East Region of Ghana. *Earth and Space Science*, 3, 284–294. DOI: <https://doi.org/10.1002/2016EA000161>
- Janssen, F., Schrum, C., Backhaus, J. (1999). A climatological dataset of temperature and salinity for the North Sea and the Baltic Sea. *Deutsche Hydrographische Zeitschrift*, 51 (S9), 5–245. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf02933676>
- Jöreskog, K. G. (1978). Structural analysis of covariance and correlation matrices. *Psychometrika*, 43 (4), 443–477. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf02293808>
- Kalooop Mosbeh, R., Rabah, M., Elnabwy, M. (2016). Sea Level Change Analysis and Models Identification Based on Short Tidal Gauge Measurements in Alexandria, Egypt. *Marine Geodesy*, 39 (1), 1–20. <http://doi.org/10.1080/01490419.2015.1134735>
- Kryfiski, J., Zanimonoskiy, Y. (2004). Tide gauge records-derived of Baltic Sea Level in terms of geodynamics. *Geodesy and Cartography Warszawa*, 53 (2), 85–98.
- Kusche, J. (2007). Approximate decorrelation and non-isotropic smoothing of time variable GRACE-type gravity field models. *Journal of Geodesy*, 81 (11), 733–749, DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-007-0143-3>
- MacKenzie, B. R., Gislason, H., Möllmann, Ch., Köster, F.W. (2007). Impact of 21st century climate change on the Baltic Sea fish community and fisheries. *Global Change Biology*, 13 (7), 1348–1367, DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01369.x>
- Meier, H. E. M., Kauker, F. (2003). Sensitivity of the Baltic Sea salinity to the freshwater supply. *Climate Research*, 24, 231–242. DOI: <https://doi.org/10.3354/cr024231>
- Meier, H. E. M., Kauker, F. (2003). Modelling decadal variability of the Baltic Sea: 2. Role of fresh water inflow and large-scale atmospheric circulation for salinity. *Journal of Geophysical Research*, 108 (C8). DOI: <https://doi.org/10.1029/2003JC001799>

- Meier, H. E. M. (2006). Baltic Sea climate in the late twenty-first century: a dynamical downscaling approach using two global models and two emissions scenarios. *Climate Dynamics*, 27 (1), 39–68. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00382-006-0124-x>
- Rak, D., Wiczorek, P. (2012). Variability of temperature and salinity over the last decade in selected regions of the southern Baltic Sea. *Oceanologia*, 54 (3), 339–354. DOI: <https://doi.org/10.5697/oc.54-3.339>
- Sakumura, C., Bettadpur, S., Bruinsma, S. (2014). Ensemble prediction and intercomparison analysis of GRACE time-variable gravity field models. *Geophysical Research Letters*, 41 (5), 1389–1397. DOI: <https://doi.org/10.1002/2013GL058632>
- Tapley, B. D., Bettadpur, S., Ries John, C., Thompson, P. F., Watkins, M. M. (2004). GRACE Measurements of Mass Variability in the Earth System, 305 (5683), 503–505, DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1099192>
- Ostasiewicz, S., Rusnak, Z., Siedlecka, U. (2008). *Statistics. Elements of the theory and tasks*. Wrocław: University of Economics.
- Peltier, W. R. (1998). Postglacial variations in the level of the sea: implications for climate dynamics and solid-earth geophysics. *Reviews of Geophysics*, 36 (4), 603–689. DOI: <https://doi.org/10.1029/98rg02638>
- Schrama, E. J. O., Wouters, B., Lavallée, D. A. (2007). Signal and noise in Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) observed surface mass variations. *Journal of Geophysical Research*, 112 (B8), DOI: <https://doi.org/10.1029/2006jb004882>
- Stigebrandt, A., Gustafsson, Bo G. (2002). Response of the Baltic Sea to climate change—theory and observations. *Journal of Sea Research*, 49 (4), 243–256. DOI: [https://doi.org/10.1016/s1385-1101\(03\)00021-2](https://doi.org/10.1016/s1385-1101(03)00021-2)
- Wahr, J., Swenson, S., Velicogna, I. (2006). Accuracy of GRACE mass estimates. *Geophysical Research Letters*, 33 (6), L06401, DOI: <https://doi.org/10.1029/2005gl025305>
- Winsor, P., Rodhe, J., Omstedt, A. (2001). Baltic Sea ocean climate: an analysis of 100 yr of hydrographic data with focus on the freshwater budget. *Climate Research*, 18, 5–16. DOI: <https://doi.org/10.3354/cr018005>
- Zhou, X.-H., Wu, B., Peng, B.-B., Xsu, H.-Z. (2006). Detection of global water storage variation using GRACE. *Chinese Journal of Geophysics*, 49 (6), 1500–1507. DOI: <https://doi.org/10.1002/cjg2.977>



Pajak K., Kowalczyk K. (2018). Assessment of the Dynamics of Sea Level and Physical Phenomena in the Baltic Sea. *Geodetski vestnik*, 62 (3), 430–444. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.03.430-444>

Katarzyna Pajak, Ph. D.
 University of Warmia and Mazury in Olsztyn
 Faculty of Geodesy, Geospatial and Civil Engineering
 Oczapowskiego St. 2, Olsztyn, Poland
 e-mail: katarzyna.pajak@uwm.edu.pl

Prof. Kamil Kowalczyk, Ph. D.
 University of Warmia and Mazury in Olsztyn
 Faculty of Geodesy, Geospatial and Civil Engineering
 Oczapowskiego St. 2, Olsztyn, Poland
 e-mail: kamil.kowalczyk@uwm.edu.pl

ANALIZA IZVEDLJIVOSTI VZPOSTAVITVE 3D-KATASTRA IZ RAZLIČNIH VIROV PODATKOV NA PRIMERU PODZEMNE ŽELEZNICE V VARŠAVI

FEASIBILITY STUDY OF 3D CADASTRE IMPLEMENTATION USING VARIOUS DATA SOURCES – THE CASE OF WARSAW SUBWAY

Marcin Karabin, Krzysztof Bakula, Anna Fijałkowska, Magdalena Karabin-Zych

UDK: 528.44:625.42(483.111)

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01

Prispelo: 1. 12. 2017

Sprejeto: 3. 8. 2018

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.03.445-457>

SCIENTIFIC ARTICLE

Received: 1. 12. 2017

Accepted: 3. 8. 2018

IZVLEČEK

V članku je predstavljen primer prilagoditve podatkov dvorazsežnega (2D) katastra za vzpostavitev 3D-katastra, pri čemer smo v skupnem referenčnem prostorskem sistemu združili podatke katastrske izmere in podatke zračnega laserskega skeniranja, da bi na tej podlagi prišli do predloga rešitve za izvedbo 3D-katastra. Primer se nanaša na podzemno železnico v Varšavi. V članku predstavljamo zasnovano 3D-katastra za predmete posebnega interesa, pri katerih je takšna rešitev potrebna za transparentno registracijo lastnine. Z namenom opisati številne posebnosti nepremičnine v 3D-prostoru, ki so povezane z železniškimi predori, samimi zemljišči s stavbami, ki so umeščene nad podzemno železnico, smo pridobili podatke zračnega laserskega skeniranja. Podatke smo uporabili za 3D-modeliranje stavb ter določitev območij nepremičnine. Za poenostavljene 3D-modele predorov smo uporabili podatke terestričnega laserskega skeniranja. Za združevanje raznolikih podatkov smo opredelili referenčni koordinatni sistem. Predlagani način povezovanja različnih podatkov omogoča prikaz nepremičnin v treh razsežnostih, ki je uporabnikom prijazen, hkrati pa omogoča nadaljnjo uporabo podatkov za prostorske analize.

KLJUČNE BESEDE

kataster, 3D-kataster, nepremičnina, 3D GIS, 3D-prostorske analize, podzemna železnica, model stavbe

ABSTRACT

The paper presents the example of an adoption of 2D cadastral data to 3D data from inventory measurements and airborne laser scanning data in order to integrate them in a common spatial reference frame and propose the solution for the implementation of the 3D cadastre. The example is related to the subway in Warsaw. The paper introduces the idea of the 3D cadastre for objects of special interest that need this type of solution for transparent legal registration of the property. In order to describe a range of the 3D properties related to subway tunnels and land properties with buildings located over the subway, airborne laser scanning data were provided. The data were used for 3D modelling of buildings and to define the buffer for 3D properties. Terrestrial scanning data were used to prepare generalised 3D tunnels. Aiming to integrate various data, the reference coordinate system was also defined. Such an integration of various data allows the visualisation of 3D properties, which is user-friendly and provides opportunities for further spatial analyses.

KEY WORDS

cadastre, 3D cadastre, real property, 3D GIS, 3D spatial analysis, subway, building model

1 INTRODUCTION

In recent decades, 3D geospatial models generated from geodetic data have become very popular. In most cases, they are associated with the 3D visualisation of cities and landscape. As a result of the development of information technology, they are often applied in many other applications. It cannot be denied that demands for the cartographic representation of reality are constantly growing; in particular this may be observed in urban areas. It results from the intensity of urbanisation, which requires three-dimensional, detailed and updated geospatial data. 3D models are used for spatial management, allowing for analysing the effects of shading, calculating volumes, determining the impacts of new investments on existing structures, etc. At present, CityGML is the most popular standard for the representation and exchange of 3D city models, developed by Open Geospatial Consortium (OGC). It is the application scheme of the GM language (Kolbe et al., 2005). It divides 3D models by the level of details – LoD (Biljecki et al., 2016a). Those levels may appear in several variants, which are standardised and described in detail by their creators (Biljecki et al., 2016b). Buildings maintain topology and their elements are classified (e.g. roofs, facades, footings). The focus of CityGML is on the semantic aspects of 3D city models, its structures, taxonomies and aggregations, allowing for advanced analysis and visualization in many application domains such as urban planning, indoor/outdoor pedestrian navigation, environmental simulations, cultural heritage, or facility management. This is in contrast to purely geometrical/graphical models such as KML, COLLADA, VRML, X3D, or DXF, SHP and 3D PDF, which do not provide sufficient semantics (Gröger and Plümer 2012).

Various standards, which are sometimes considered only as the format of models, can be compared in many aspects. In Stoter et al. (2011), the most common 3D standards were compared with respect to geometry, topology, texture, level of details, distinguishing objects, semantics, possibility to incorporate attributes, considering if the standard is based on XML, if it is optimized for web use and if it includes georeferencing. From this comparison, it can be concluded that each 3D standard has its own characteristics due to specific purposes and it can be used referring to selected application. Because of the support of semantics, objects, attributes, georeferencing and web use, the selection of CityGML is justified when 3D city models and their effective usage within GIS and similar applications is considered.

Models of buildings may be generated from various data. The most popular and the most efficient ones include: airborne laser scanning data (ALS) (Elberink et al., 2011; Cisło-Lesicka et al., 2014; Jarząbek-Rychard and Borkowski, 2016) and automatic matching of aerial photographs (Förstner, 1999; Shi et al., 2011). The simpler solution, which requires only cadastral data to build a 3D model is the extrusion of a building outlines to the height corresponding to the assumed number of storeys and the average height of a storey or from the height attribute (if it has been assumed). However, this source will not make it possible to build models to a high level of details (Mróz et al., 2014). Other sources of data, which may be used for the generation of 3D models include time-consuming, manual stereoscopic measurements of photogrammetric photographs (Pasco and Gruber, 1996) or satellite images (Kocaman et al., 2006; Bujakiewicz and Holc, 2012), different model reconstructions based on the detection of corners and the analysis of aerial images (Fischer et al., 1998; Suveg and Vosselman, 2004), as well as radar data (Simonetto et al., 2005) or, finally, precise models and architectural designs and results of direct field measurements. However, 3D data may be more frequently found in different, urban, regional and national repositories of data once they have been prepared within various projects with mentioned techniques and now they can

be shared with potential end-user (see Drobež et al., 2016). Geoinformation has been rapidly expanding in recent times. Serious technical difficulties related to the generation of 3D models of large objects do not exist nowadays (if the reasonable level of generalisation is assumed); the same applies to the storage, visualisation or spatial analyses of such models. Users are more frequently and willingly searching for solutions that are connected with three-dimensional data.

As Karabin (2016) stated, the reduction of land real property resources required for the implementation of new investments may be often observed in big cities. This forces more reasonable operations performed by investors and the use of all accessible space of building lands in all their “layers”. The growing urbanisation and the necessity to use the urban space of high financial value, as well as the specific features of many urban investments (railway and subway tunnels, subway lines on viaducts etc.), which ensure that the city operates correctly, forces operations of the “layer” nature. In other words, this involves the construction of different objects on many levels, i.e. “layers” of the space of a land parcel. This in turn forces the introduction of new objects into the real property cadastre, i.e. spatial 3D real properties, which will include those layers and make it possible to assign the property rights to those layers. This depends on the implementation of the 3D real property cadastre, where also the legal aspect has to be considered (see. Paasch et al., 2016).

Karabin (2016) have noticed that in many cities, including Warsaw, the construction of subway tunnels encounters some obstacles since, in the process of construction, the investor is not always interested in gaining property rights to the entire land parcel, also including the underground part, where the discussed tunnel is to be located. If this space is not vertically divided (for example divided into layers) when the tunnel is constructed, it is not possible to sell the surface parcels located above the tunnel. Thus, in order to be prepared (from the technical perspective) for implementation of the 3D cadastre in Poland, in relation to the subway, the authors assumed it is necessary to geometrically represent objects located on the ground, above the subway tunnel: the cadastral data and geometric data of the subway tunnel. Data concerning the Warsaw Subway were used as a case study. The obtained results were presented as visualisations in the GIS environment, both as 2D views, and as 3D views, presenting possible interpretations of the results and the usefulness for the creation of a 3D cadastre. The paper discusses the analyses of the technical possibilities to use multisource geospatial data in order to collect additional information, which might be potentially utilised for developing a 3D cadastre in relation to the construction of the subway.

1.1 The concept of the 3D cadastre

According to Karabin (2013), the essence of the 3D cadastre is the registration of the third dimension of a real property in such a way that, besides parcel boundary lines in the horizontal plane, it is also defined in the vertical dimension. The 3D cadastre might be characterised by the possible registration of property rights in the system of “layers” (Karabin, 2013), while the definition of volume 3D units might also be an option. The necessity to define the range of property rights was also emphasized, among others, by Acharya (2011), Dimopoulou and Elia (2012), Erba and Graciani (2011).

In our research, we decided for the “layer approach”. As it was stressed in Karabin (2013), in order to solve the task of the “layer” reference of rights to real properties, the new type of cadastral objects should be registered in the 3D cadastre. They are real properties according to the three-dimensional approach,

the so-called 3D real properties (both, rights and extensions of those rights, i.e. the geometry of such real properties). As it may be inferred from the analyses of the 3D cadastres existing in the world, performed by Paulsson (2012), legal definitions in the horizontal and vertical planes are usually specified as the feature of a 3D real property. Paulsson (2012) quotes the classification of the types of rights to real properties, which concern the space. Predominantly the property right to an independent 3D real property is considered. Paulsson (2012) reviews the definitions concerned 3D real property used in on a global scale. Based on many publications the definition of the 3D spatial property, the so-called “independent 3D property” was developed by Paulsson. This term generally refers to the space of the specified volume, which is distinguished and separated from the space of the remaining part of the property. This leads to the registration of a separate cadastral object. It is not necessary to combine that object with a land parcel. The author distinguishes two types of such real properties, the first of which may include the air of the specified volume (“air-space parcel”), and the second must be referred to a building or another construction (“3D construction property”). The idea to distinguish 3D parcels which include a subterranean tunnel (from a space of ground parcels owned by different persons) – is presented in Figure 1. After subdivision process it will be possible to consolidate 3D parcel #4, 3D parcel #5 and 3D parcel #6 into one cadastral parcel (one owner of three subway’s parcels).

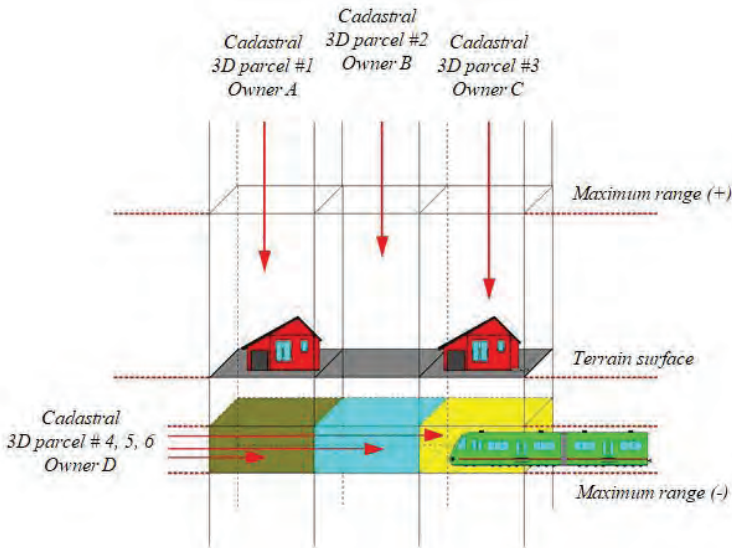


Figure 1. The concept of the 3D cadastre – an example of extraction of 3D parcels covering the underground tunnel. Source: Karabin (2013).

Ploeger (2011) stresses the inseparability of legal and technical aspects when the 3D cadastre is implemented. Ploeger (2011) states that if the legal instruments for the creation of 3D properties are not delivered by the legal system, there is no need to implement the 3D cadastre (in technological terms, i.e. implementation of required software tools). However, on the other hand, the implementation of the 3D cadastre itself (in technological terms, i.e. implementation of the required software tools) will not ensure the possibility to create both the 3D properties as well as the rights to those properties. Regardless of the

above opinions, the authors decided that it is worth indicating that, in technological terms, it is possible to register 3D objects in the cadastre and to effectively manage such information.

Development of the existing, two-dimensional cadastre towards the 3D cadastre may be performed according to three scenarios mentioned by Stoter and Salzmann (2003):

- The complete, 3D cadastral registration (True 3D cadastre) – as the final solution which will be characterised by the elimination of two-dimensional cadastral parcels and the substitution thereof with 3D parcels,
- The hybrid solution which assumes the co-existence of two-dimensional (existing 2D parcels) and three-dimensional (3D parcels) objects in the cadastre,
- Development of the existing solutions with the, so-called, “3D tags” which remain the existing, conventional 2D cadastral solution and create references to 3D objects, represented in digital documents (e.g. DGN files, DXF files etc.).

At present, according to the opinions of researchers who deal with the 3D cadastre issues, the most realistic solution would be to introduce the 3D cadastre in the hybrid form, which would ensure the integration of 3D objects with two-dimensional objects, registered in the existing 2D cadastral databases.

1.2 Underground tunnels in selected countries and their registration in the cadastre

In general, the 3D cadastre is maintained in those countries where the real property rights idea was not based on the Roman rule “superficies solo cedit”. In those countries, it is even possible to register the, so-called, “air space parcel” and, following van Oosterom et al. (2011) it concerns countries such as: Australia (Queensland, Australian Capital Territory, New South Wales, Northern Territory, South Australia, Tasmania, Victoria and Western Australia), and Canada (Quebec).

Similar solutions may also be found in China and Singapore. As it turns out from Guo et al. (2014), more than 800 3D real properties have been registered in Shenzhen, China since 2007 when the 3D cadastre was introduced. Advanced GIS tools, which allow for the 3D visualisation of objects were also implemented there.

In Singapore, The State Land Act and The Land Titles (Strata) Act provide for 5 main types of lots to define property ownership: land, airspace, subterranean, strata and accessory lots. The main reason of introducing the so-called airspace and subterranean lots in Singapore was in order to develop a subway system known as the Mass Rapid Transit (Khoo (2011).

According to Khoo (2011), in current cadastral survey practice, airspace and subterranean lots are defined by 2D coordinates. The height component, referenced to a stratum, is also developed. Multiple views depicting these lots are shown on the certified plans to enable a better visualisation of the lot under survey. As also resulted from Khoo (2011), in the cadastral software (2D GIS) all the parcels which include subterranean lots and airspace lots can be shown. Additionally, many cross-sectional views are needed to represent a 3D situation i.e. ground parcels with airspace or subterranean lots in their space. There are high demands for 3D visualisation in Singapore’s cadastre.

At present, when the processes of urbanisation and development of subterranean and overground buildings are rapidly developing all over the world, the task to register such objects has also occurred in Europe.

Some European countries have initiated legislative initiatives, which allowed for the registration of 3D properties in the cadastre and in the property registers of the countries.

As it was stated in Boncok and Kui (2017), current real property development trends and the growing demands for the identification and registration of objects constructed under or above the surface - that often overlap and cross each other - have forced the Hungarian legislator to introduce a 3D land registry in Hungary, expected to be effective from 1 July 2018. Boncok and Kui (2017) also stressed that in addition to introducing the 3D registration concept and setting out the general requirements the new legislation also proposed a concept for defining 3D properties. Under the proposed definition, underground and above ground objects and structures, which have single ownership, would be taken into account as separate properties and thus they would be registered in the land registry on separate land registry sheets.

According to Kitsakis et al. (2016), in Sweden, a 3D property is defined as a property unit, which in its entirety is delimited, both horizontally and vertically (Swedish Land Code, Chap. 1, Section 1a). It can be separated and play different functions, such as units consisting of several apartments or offices, commercial premises, but it also often consists of infrastructure objects, e.g. tunnels or other large underground facilities. The 3D unit must relate to the whole or a part of a built construction or another physical facility. The Swedish 3D property may extend under or over one or more ground parcels. It is therefore not bound to be located within the boundaries of a 2D property.

In the Netherlands (Ploeger and Stoter, 2004), according to the rule “superficies solo cedit” (vertical accession) as described in the Civil Code, the right of ownership contains all constructions that are permanently fixed to the land. So, the owner of the parcel becomes the owner of underground constructions, since they are permanently fixed to the land parcel (verticalenatrekking). In the case of a cross-boundary infrastructure, the horizontal accession may be important. In the case of a tunnel it can be upheld that the ownership of a tunnel must not be divided over the intersecting parcels, but that the owner of the tunnel itself is the owner of the point, and thus the parcel, where the main part of the tunnel is fixed to the surface.

As Ploeger and Stoter (2004) stipulated, for the metro, the right of long lease has been used. For instance, for a part of the Amsterdam subway network, the bare owner of the parcel (municipality of Amsterdam) is the ‘user’ of the subway tunnel. The leaseholder (a private party) has the right to use all of the parcel above the construction, but must tolerate the tunnel under the surface of his land. By means of the conditions imposed to the leaseholder (described in the deed), the use and protection of the construction can be arranged together with the dimensions to which the right of long lease applies and which cause a factual stratification of land ownership. Again, the geometry of the space where the right applies is not maintained in the cadastral registration and it can only be specified in a drawing attached to the deed.

In conclusion, in many countries, including Europe, the development of the 3D properties, including subterranean railway and subway tunnels, is permitted by the legislation of those countries. In some places such as Singapore it was the development of the underground transport system that forced the implementation of the 3D cadastral solutions. The basic issue which arises from the analyses performed by the authors is the registration of the geometry of such objects in existing cadastral databases and their effective 3D visualisation.

2. 3D MODELLING OF A SELECTED SUBWAY LINE - EXPERIMENTAL WORKS

In this section, an experiment which consisted of the analysis of possibilities to integrate different geodetic and cartographic data concerning subway tunnels and their neighbourhood, as well as possibilities for the 3D visualisation of such data, were described. The experiment was to answer the question whether the applied data were of the sufficient accuracy to use them for the future development of the 3D cadastre and for the delimitation of spatial parcels which covered the subway tunnels. Another important aspect concerned the analysis of the possibilities of visualisation of 3D analyses, including necessary analyses for the future geodetic-and-legal procedures in the 3D cadastre, such as the 3D division of real properties etc.

2.1 Datasets in experiment

Within the experiment, a 3D model of subway tunnels was created for selected sections of the subway lines. The basic surveying data, which exist at the Metro Warszawskie Company, are the data of the post-implementation inventory of the tunnels. The inventory was performed using the terrestrial laser scanning (TLS) method and it sought to determine the real deviations of the distance between the inner coating of the tunnel and the designed tunnel axis, i.e. deviations from the distance equal to 2.70 m (the inner radius of the subway tunnel). The measurements were performed using Imager 5006i of Zoller+Fröhlich GmbH with the reference to points of the geodetic control. Moreover, in order to reference scans into the height system, coordinates of centres of signalling targets were determined; thus the reference to the geodetic system was performed (PUH "GeoCad" Sp. z o.o. (2014)).

After referencing the point cloud into the geodetic system, one, common point cloud was obtained in the geodetic reference system. The obtained, maximum error of georeferencing of the point cloud into the geodetic system - on the tie point (the point of the geodetic control) equalled to 0.007 m. The mean standard error scans orientation into the geodetic system was 0.002m for the left tunnel and 0.003 m for the right tunnel. Then, the contractor generated sections orthogonal to the tunnel axis, every 1.5 m and in characteristic points of the tunnel (8 points on the circle for each section). For each point, the x,y,z coordinates were determined and the distance between the point and the theoretical tunnel axis (including the deviation from designed values) was calculated (PUH „GeoCad” Sp. z o.o. (2014)). x,y point coordinates were originally recorded in "Warszawa 75", the local coordinates system, and the z coordinate was recorded in the "0 Wisły", the height reference system.

Instead of a point cloud from the scanning of tunnels, only points from created sections (8 points for each circle) were used as initial data for the generation of the 3D tunnel model; the density of those points was sufficient (every 1.5 m or in characteristic points of the tunnel). The ArcGIS 10.5 and ArcGIS Pro software applications were used for the generation of the 3D tunnel models and for the spatial analyses.

In order to create the 3D representation of the terrain above the subway line, airborne laser scanning data were used. Data were acquired by the Head Office of Geodesy and Cartography within the framework of the project "IT System for Country Protection Against Extraordinary Hazards" – ISOK in 2012 (Kurczyński and Bakula, 2013). Point clouds were characterised by the average density of 12 points per square meter and by a height accuracy below 10 cm. Figure 2 presents the view of all data in the form of the Digital Terrain Model (DTM) and the Digital Surface Model (DSM) with the outlines of exterior edges of the subway tunnels.

Another data source for the experiment was the cadastral data; especially boundaries of parcels and outlines of buildings from cadastral map, delivered by the Office of Geodesy and the Cadastre of the Warsaw, were used for the experiment.

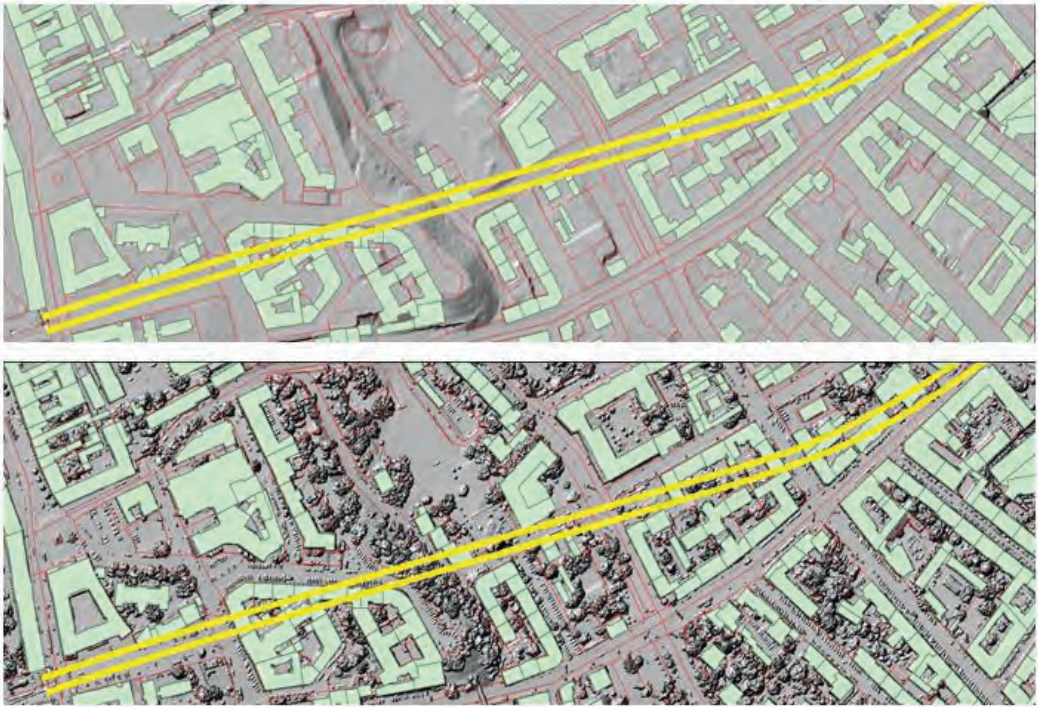


Figure 2. Visualisation of the ALS data in the form of the Digital Terrain Model (above) the Digital Surface Model (below) including the visible, geometric data on the subway tunnel (yellow lines) and cadastral parcel data (red lines) and buildings (green polygons). Source: with the use of data from “Metro Warszawskie Sp. z o.o.” and Head Office of Geodesy and Cartography. Figure 2. (below) published in Karabin et al. (2017).

The used data were characterised by very high accuracy, which exceeded the requirements of visualisation and possible analyses aiming at the use of 3D information for the 3D cadastre (see Navratil and Unger, 2011). Geodetic data from the inventory of the subway tunnel makes it possible to create the model of the tunnel interior with the accuracy below 1 cm. It should be stressed that - following PUH “GeoCad” Sp. z o.o. (2014) - points of the geodetic control which were the basis for scanner measurements were characterised by the horizontal error smaller than 3.5cm and vertical below 0.1 cm. Aerial data could be the basis for the generation of the 3D models of buildings of an accuracy similar to the points cloud accuracy, i.e. 10 cm. The accuracy of cadastral data plays the least important role since their accuracy characteristics may be improved in geodetic procedures (boundary marks and boundary traces are accessible for direct field measurements).

2.2 Methodology of 3D modelling

It was assumed that the created digital terrain model of neighbourhood might be generalised for the

implementation of the task of generation of the 3D cadastre including spatial parcels with the subway tunnels. Therefore generalisation was only applied for airborne laser scanning data, which were used to create the DTM and models of buildings with details corresponding to the CityGML LoD2 standards.

As a result of the performed processing of geodetic data from the inventory of subway tunnels, a solid model of the tunnel was generated. For that purpose, points were transformed to the state coordinates system PL-2000 and to the state height system Kronsztadt-86. Then the tunnel centre was determined for each profile (using 8 points which created a profile) and then the axis of each tunnel and two solids which represented tunnels were generated (Fig.3). The developed 3D model was generated with the average accuracy of 0.001m for both tunnels. The points of the sections were not located directly on circles which created the solids (the maximum deviations equalled to 0.015 m and 0.009 m for the right and the left tunnels, respectively). Considering the accuracy requirements of topographic and height measurements in Poland, as well as the requirements concerning cadastral data, in the authors' opinion, the achieved accuracy of 3D modelling was sufficient for further analyses.

Based on accessible references covering the issues of the accuracy of determination of the third coordinate which defines the extension of cadastral rights, it may be stated that only two authors, i.e. Navratil and Unger (2011) were dealing with those issues; they considered the use of an appropriate height system in the 3D cadastre and the accuracy requirements, depending on the type of a 3D object and its surroundings. For a railway line, located within an urban area, including a subway line, where the terrain above the tunnels was used for housing development, the accuracy at the level of 16 cm was estimated.



Figure 3: Points in profiles from the laser scanning of tunnels (left) and generated 3D objects representing tunnels (right); Source: with the use of data from "Metro Warszawskie Sp. z o.o."

Data processing also included the generation of models of buildings. Fig.4 presents the perspective projections of the generated models of buildings located on the DTM with the presentation of the subway tunnels location within the space of the cadastral parcels. The models were generated using the Terra-solid software from classified ALS point cloud by automatic solid models generation and their manual corrections providing product in accordance with CityGML standard. After that they were visualised in ArcGIS. The integration of data could be performed in the GIS environment through "on the fly" data transformation or as a result of changing the data reference system. Data integrated in one system of coordinates allows to visualise the data of the subway tunnels, proceed them in spatial analysis and it also creates the possibility to introduce the 3D cadastre.



Figure 4: Data visualisation - a perspective view generated with the use of data from "Metro Warszawskie Sp. z o.o." and models of buildings based on ALS data.

3. THE USE OF 3D MODELS OF SUBWAY TUNNELS IN THE DEVELOPMENT OF THE 3D CADASTRE IN POLAND

Standard, two-dimensional data concerning subterranean constructions, installations and infrastructure allow to determine the space of those parcels where those items are located. Their lengths and areas covered by projections of their edges on the horizontal plane may be specified. However, if the task aims at conducting comprehensive analyses of such items, it should be also noted that their locations are changing vertically. Therefore the use of two-dimensional maps and heights of characteristic points, i.e. the analysis in the 2D environment, is not full featured.



Figure 5. Spatial analysis of the minimum depth to the subway tunnel, performed for parcels where the subway tunnels are located; Source: with the use of data from "Metro Warszawskie Sp. z o.o." and ALS data from Head Office of Geodesy and Cartography.

The generation of 3D models of subterranean engineering constructions and installations allows not only to visualise the real location of such objects in 3D, but also to perform analyses which are not accessible in the 2D approach, such as the determination of the depths of the objects within the selected cadastral parcels, determination of minimum depths (see Fig.5), the maximum and average depths; such data

may be used to analyse the risks and impacts of subterranean objects on neighbouring buildings, as well as for the purpose of crisis management etc.

Such technological possibilities meet the requirements of the practical implementation of the idea of the three-dimensional cadastre. Based on models of the subway tunnel generated this way, it is possible to divide the space of conventional cadastral parcels and delineate 3D properties, which include subway tunnels. The space of the existing cadastral parcels, which remains after distinguishing those 3D properties will become the subject of sale to another entity than the owner of the tunnel. Therefore, the possibility to free the areas above the subway tunnels could be achieved; those areas could be used for the investment purposes of other entities, which are not the owners of the subway tunnel, giving them the strong right to the area - the property right.

The GIS software, which was used to integrate and visualise data, allows to perform complete, three-dimensional analyses, which may also be useful for designing other objects of the subterranean infrastructure, for crisis management etc. Figure 6 presents some insights into the spatial conditions of an individual parcel. As a result, the buffer may be designed around the subway tunnels or a prism may be created within the space of a given parcel, which would encompass the subway tunnels, i.e. the 3D property.

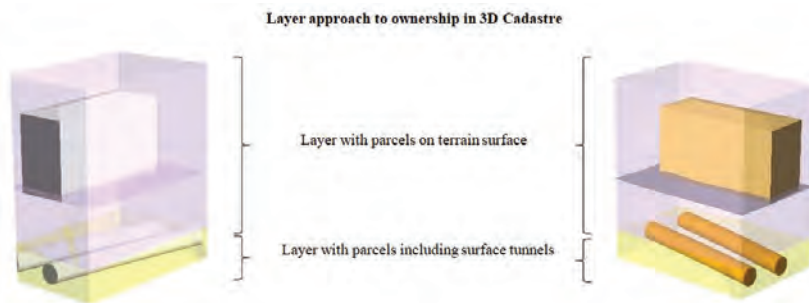


Figure 6: Visualisation of subway tunnels at the level of individual cadastral parcels; Source: with the use of data from "Metro Warszawskie Sp. z o.o." and ALS data.

4. CONCLUSIONS

The integration of cadastral data and 3D subway data makes it possible to enrich the state geodetic and cartographic resources with data which were not accessible in many cases. At present, data presenting locations of the subway tunnels are available in the form of lists of points, used for the discussed experiments (8 points in each cross section) and in the form of point cloud of from terrestrial laser scanning of the tunnel interior, acquired in the process of the post-implementation inventory. The original set of data (points in cross sections) does not allow for any analyses without transformation to the state coordinate system, which is obligatory in the cadastre. Also the "raw" data after transformation do not allow for a complete analysis of the 3D space within the area influenced by the subway tunnels. On the other hand, the second set of data - the point cloud from terrestrial laser scanning requires the use of photogrammetric software LIDAR (which is less available than the GIS software), large disk volumes and data processing skills. Data processing performed within the discussed experiment create the technological basis for the introduction of 3D cadastral parcels, which encompass the subway tunnels, including the possibility to

perform further spatial analyses and data visualisation required for effective operations of the 3D cadastre.

Acknowledgements

The presented research was financed by the statutory subsidies of the Polish Ministry of Science and Higher Education for Warsaw University of Technology, Faculty of Geodesy and Cartography. The authors would also like to thank Mr. Cezary Budrewicz from “Metro Warszawskie Sp. z o. o.” for the necessary documentation.

Literature and references:

- Acharya, B. R. (2011). Prospects of 3D Cadastre in Nepal. In 2nd International Workshop on 3D Cadastres, 16–18 November 2011, Delft, the Netherlands.
- Biljecki, F., Ledoux, H., Stoter, J. (2016a). An improved LOD specification for 3D building models. *Computers, Environment and Urban Systems*, 59, 25–37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.04.005>
- Biljecki, F., Ledoux, H., Stoter, J., Vosselman, G. (2016b). The variants of an LOD of a 3D building model and their influence on spatial analyses. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 116, 42–54. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.03.003>.
- Boncock, B., Kui, Sz. (2017). Hungary: 3D land registry – are we there yet? *Real Estate Gazette Series*, 2017.
- Bujakiewicz, A., Holc, M. (2012). VHRS stereo images for 3D modelling of buildings. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXIX-B4, 117–121. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXIX-B4-117-2012>
- Cisło-Lesicka, U., Borowiec, N., Marmol, U., Pyka, K. (2014). Analysis of usefulness of airborne laser scanning for preparation of 3D buildings model consistent with INSPIRE specification. *Archives of Photogrammetry, Cartography and Remote Sensing*, 26, 39–52. DOI: <https://doi.org/10.14681/aikit.2014.003>
- Dimopoulou, E., Elia, E. (2012). Legal Aspects of 3D Property Rights, Restrictions and Responsibilities in Greece and Cyprus. In 3rd International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices, 25–26 October 2012, Shenzhen, China.
- Drobež, P., Grigillo, D., Liseč, A., Kosmatin Fras, M. (2016). Remote sensing data as a potential source for establishment of the 3D cadastre in Slovenia. *Geodetski vestnik*, 60 (3), 392–422. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2016.03.392-422>
- Elberink, S. O., Vosselman, G. (2011). Quality analysis on 3D building models reconstructed from airborne laser scanning data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66 (2), 157–165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2010.09.009>
- Erba, D. A., Graciani, S. D. (2011). 3D Cadastre in Argentina: Maps and Future Perspectives. In 2nd International Workshop on 3D Cadastres, 16–18 November 2011, Delft, the Netherlands.
- Fischer, A., Kolbe, T. H., Lang, F., Cremers, A. B., Förstner, W., Plümer, L., Steinhage, V. (1998). Extracting buildings from aerial images using hierarchical aggregation in 2D and 3D. *Computer Vision and Image Understanding*, 72 (2), 185–203. DOI: <https://doi.org/10.1006/cviu.1998.0721>
- Förstner, W. (1999). 3D-city models: automatic and semiautomatic acquisition methods. In *Photogrammetric Week '99*, Wichmann Verlag, Heidelberg, pp. 291–303.
- Guo, R., Luo, F., Zhao, Z., He, B., Li, L., Luo, P., Ying, S. (2014). The Applications and Practices of 3D Cadastre in Shenzhen. In 4th FIG International 3D Cadastre Workshop, 9–11 November 2014, Dubai, United Arab Emirates.
- Gröger, G., Plümer, L. (2012). CityGML–Interoperable semantic 3D city models. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 71, 12–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.04.004>
- Jarząbek-Rychard, M., Borkowski, A. (2016). 3D building reconstruction from ALS data using unambiguous decomposition into elementary structures. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 118, 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.04.005>
- Karabin, M. (2013). A concept of a model approach to the 3D cadastre in Poland. D.Sc. Thesis. Warsaw University of Technology: Scientific Work – Geodesy Series, 51 (116 p.). Warsaw: Warsaw University of Technology Publishing House.
- Karabin, M. (2016). The 3D Cadastre – a legal instrument applied in a modern city development. In D. Gotlib, R. Olszewski (Eds.), *Smart City. Spatial Information in administration of a modern city*. Wydawnictwo Naukowe PWN SA, pp. 131–146.
- Karabin M., Olszewski R., Gotlib D., Bakula K., Fijałkowska A., (2017). The new methods of visualisation of the cadastral data in Poland. In FIG Working Week 2017, *Surveying the world of tomorrow – From digitalisation to augmented reality*, Helsinki, Finland 29 May–2 June 2017.
- Khoo, V. (2011). 3D Cadastre in Singapore. In 2nd FIG International 3D Cadastre Workshop, 16–18 November 2011, Delft, The Netherlands.
- Kitsakis, D., Paasch, J., Paulsson, J., Navratil, G., Vučić, N., Karabin, M., Tenório Carneiro, A. F., El-Mekawy, M. (2016). 3D Real Property Legal Concepts and Cadastre: A Comparative Study of Selected Countries to Propose a Way Forward. In 5th FIG International 3D Cadastre Workshop, 18–20 October 2016, Athens, Greece.
- Kocaman, S., Zhang, L., Gruen, A., Poli, D. (2006). 3D city modeling from high-resolution satellite images. In *Proceedings of ISPRS Workshop on Topographic Mapping from Space*, Ankara, Turkey, pp. 14–16.
- Kolbe, T. H., Gröger, G., Plümer, L. (2005). CityGML: Interoperable access to 3D City Models. In van Oosterom P., Zlatanova S., Fendel E.M. (Eds.), *Geo-information for Disaster Management*. Berlin, Heidelberg: Springer, pp. 883–899. DOI: https://doi.org/10.1007/3-540-27468-5_63
- Kurczyński, Z., Bakula, K. (2013). The selection of aerial laser scanning parameters for

- countrywide digital elevation model creation. In International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM: Surveying Geology & Mining Ecology Management, 2, 695–702. DOI: <https://doi.org/10.5593/SGEM2013/BB2.V2/S10.020>
- Mrólz, R., Wiśniewska, A., Fijałkowska, A. (2014). Converting a 2D digital base map to a 3D database for visualisation and spatial analysis of underground utilities. *Annals of Geomatics*, 12 (4(66)), 417–426.
- Navratil, G., Unger, E. M. (2011). Height Systems for 3D Cadastres. In 2nd International Workshop on 3D Cadastres, 16–18 November 2011, Delft, the Netherlands.
- van Oosterom, P. J. M., Stoter, J. E., Ploeger, H. D., Thompson, R. J., Karki, B. S. (2011). World-wide Inventory of the Status of 3D Cadastres in 2010 and Expectations for 2014. In FIG Working Week 2011 Bridging the Gap between Cultures, 18–22 May 2011, Marrakech, Morocco.
- Paasch, J. M., Paulsson, J., Navratil, G., Vučić, N., Kitsakis, D., Karabin, M., El-Mekawy, M. (2016). Building a modern cadastre: legal issues in describing real property in 3D. *Geodetski vestnik*, 60 (2), 256–268. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.256-268>
- Pasko, M., Gruber, M. (1996). Fusion of 2D GIS data and aerial images for 3D building reconstruction. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 31 (B3), 257–260.
- Paulsson, J. (2012). Swedish 3D Property in an International Comparison. In 3rd International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices, 25–26 October 2012, Shenzhen, China.
- Ploeger, H. (2011). Legal Framework 3D Cadastres. In 2nd International Workshop on 3D Cadastres, 16–18 November 2011, Delft, the Netherlands.
- Ploeger, H. D., Stoter, J. E. (2004). Cadastral registration of cross – boundary infrastructure objects. In FIG Working Week 2004, 22–27 May 2004, Athens, Greece.
- PUH, „GeoCad” Sp. z o. o. (2014). Dokumentacja inwentaryzacyjna – inwentaryzacja geodezyjna tunelu tarczowego metodą skaningu laserowego – II linia metra – Tunel d13 Lewy oraz Tunel D13 Prawy.”Inventory documentation - geodetic inventory of an underground tunnel using laser scanning – the 2nd subway line - the left tunnel d13 and the right tunnel D13”, Katowice, February 2014.
- Shi, F., Xi, Y., Li, X., Duan, Y. (2011). An automation system of rooftop detection and 3D building modeling from aerial images. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 62 (3–4), 383–396. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10846-010-9456-1>
- Simonetto, E., Oriot, H., Garello, R. (2005). Rectangular building extraction from stereoscopic airborne radar images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 43 (10), 2386–2395. DOI: <https://doi.org/10.1109/TGRS.2005.853570>
- Stoter, J. E., Salzmann, M. A. (2003). Towards a 3D cadastre: where do cadastral needs and technical possibilities meet? *Computers, Environment and Urban Systems*, 27 (4), 395–410. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(02\)00039-X](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(02)00039-X)
- Stoter, J., van den Brink, L., Vosselman, G., Goos, J., Zlatanova, S., Verbree, E., Kooser, R., van Berlo, L., Vestjens, G., Reuvers, M., Thorn, S. (2011). A generic approach for 3D SDI in the Netherlands. In Proceedings of the Joint ISPRS Workshop on 3D City Modelling & Applications and the 6th 3D GeoInfo Conference, Wuhan, China (pp. 26–28).
- Suveg, I., Vosselman, G. (2004). Reconstruction of 3D building models from aerial images and maps. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58 (3), 202–224. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2003.09.006>



Karabin M., Bakuła K., Fijałkowska A., Karabin-Zych M. (2018). Feasibility study of 3D cadastre implementation using various data sources – the case of Warsaw Subway. *Geodetski vestnik*, 62 (3), 445–457. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.03.445-457>

Marcin Karabin, Ph.D. D.Sc.

*Warsaw University of Technology, Faculty of Geodesy and Cartography,
Department of Cadastre and Land Management,
Plac Politechniki 1, 00-661 Warsaw, Poland
e-mail: marcin.karabin@pw.edu.pl*

Krzysztof Bakuła, Ph.D.

*Warsaw University of Technology, Faculty of Geodesy and Cartography,
Department of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial
Information Systems,
Plac Politechniki 1, 00-661 Warsaw, Poland
e-mail: krzysztof.bakula@pw.edu.pl*

Magdalena Karabin-Zych, Ph.D.

*Warsaw University of Technology, Faculty of Geodesy and Cartography,
Department of Cadastre and Land Management,
Plac Politechniki 1, 00-661 Warsaw, Poland
e-mail: M.karabin-zych@pw.edu.pl*

Anna Fijałkowska, M.Sc.

*Warsaw University of Technology, Faculty of Geodesy and Cartography,
Department of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial
Information Systems
Plac Politechniki 1, 00-661 Warsaw, Poland
e-mail: anna.fijalkowska@pw.edu.pl*

IZDELAVA PODROBNE POPULACIJSKE KARTE MESTA NA TEMELJU INFORMACIJ NACIONALNE PODATKOVNE BAZE O STAVBAH

DETAILED MAPPING OF THE DISTRIBUTION OF A CITY POPULATION BASED ON INFORMATION FROM THE NATIONAL DATABASE ON BUILDINGS

Tomasz Pirowski, Karolina Bartos

UDK: 314.1:528.45

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01

Prispelo: 30. 1. 2018

Sprejeto: 15. 6. 2018

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.03.458-471>

SCIENTIFIC ARTICLE

Received: 30. 1. 2018

Accepted: 15. 6. 2018

IZVLEČEK

V prispevku je predstavljena metodologija za dasimetrični razvoj podrobne populacijske karte za mestno okolje. Izračun prebivalstva temelji na povezavi nacionalne podatkovne baze o stavbah (BDOT) z razpoložljivimi statističnimi podatki o gostoti prebivalstva. Praktični primer smo izdelali za območje mesta Krakov, pri tem smo uporabili visokokakovostne demografske podatke, povezane s prostorskimi enotami mesta. Zemljevidi prebivalstva so bili izdelani na več načinov, pri čemer so bile upoštevane značilnosti in lokacije stavb. Faza optimizacije je temeljila na ustrezno prilagojeni površinsko uteženi metodi korelacije na podlagi globalnega števila prebivalcev v mestu, referenčni pa so bili statistični podatki 141 mestnih prostorskih enot. Dobljeni rezultati upravičujejo členitev območij enostanovanjskih in večstanovanjskih stavb. Prvotna opredelitev med številom prebivalcev in stanovanjsko površino stavbe (41 m²/osebo) se je po optimizaciji spremenila: za območja enostanovanjskih stavb (84 m²/osebo) in območja večstanovanjskih stavb (37 m²/osebo). Zaradi tega so se napake MAPE izboljšale z 48 % na 30 % in napake RMSE z 2896 na 2684. Po naknadni členitvi mestnih enot glede na povprečno površino na prebivalca so se parametri zmanjšali na: MAPE 10 %, RMSE 1146.

KLJUČNE BESEDE

demografski podatki, dasimetrično modeliranje, topografski podatki, nacionalna baza stavb

ABSTRACT

The paper proposed a methodology for dasymetric development of a detailed population map for a city environment. The recalculation of population is based on linking the national database on buildings (BDOT) with the available statistical information about population density. The experiment was conducted in the city of Cracow, using demographic data with a high level of detail, related to the urban units of the city. The generation of population maps was performed for several options, dividing the buildings depending on their characteristics and location. The optimisation stage was based on a properly adjusted surface-weight method of correlation, where the global number of people in the city was used, while the statistical data from 141 urban units was considered to be reference data. The obtained results justify the division into single-family and multi-family buildings. The original connection between the function of population and the inhabitable area of a building (41 m²/person) was differentiated during optimisation: for single-family houses (84 m²/person) and for multi-family houses (37 m²/person). Due to this, the MAPE errors were improved from 48% to 30%, and RMSE from 2896 to 2684. Having performed additional segmentation of urban units according to the average inhabitable areas per person recorded for them, the parameters dropped down to: MAPE 10%, RMSE 1146.

KEY WORDS

demographic data, dasymetric modelling, topographic data, national database on buildings

1. INTRODUCTION

Detailed data on the number of people and their distribution in the city are important for the local community and therefore an important element of local Geographic Information Systems (GIS). Numerous methods and proposals for the creation of population maps can be found in the literature. Until the mid-1950s, specific choropleth maps were one of the most popular and most frequently used methods of presentation. However, presenting the number of people in predetermined area units – usually corresponding to the administrative division – leads to the interpretation of information not corresponding to the real field situation. The dasymetric method reflects the spatial variability to a better extent, by introducing reference fields based on additional cartographic information. The first recognised document constituting a basis for this method is the population density map of the Cape Cod peninsula by Wright, 1936 (Mennis, 2003). The computerisation of cartography, the development of Geographic Information Systems and the increasing availability of digital spatial data over recent years have popularised this method of preparing population maps.

The selection of reference units in the dasymetric method is based on the assumption of the existence of areas characterised by an identical intensity of a given phenomenon. Due to the aggregated form, which is a typical feature of source data, it is necessary to use additional details, usually acquired from auxiliary maps, such as the cadaster or land use. For this reason, the dasymetric method is difficult to be automated – it requires the evaluation and association of many additional variables, and the recalculation of statistical data into new units must retain the condition of conformity with respect to basal statistical data (Tobler, 1979).

An important issue related to dasymetric maps is the division of variables into limiting variables and binding variables, introduced by Robinson et al. (1995). The role of limiting variables is to determine the absolute thresholds of values for a presented phenomenon. On the other hand, binding variables include geographic phenomena spatially related to the presented phenomenon. For population density maps, land use types are usually adopted as limiting variables, while land morphology, soil type, physical-geographical conditions and others constitute binding variables (Bielecka et al., 2005). An example of the use of satellite data for the determination of limiting variables is the paper of Harley (2002), however, its derivative products – land use and coverage maps (Eicher and Brewer, 2001; Gallego and Peedell, 2001; Mennis, 2003; Bielecka et al., 2005; Gallego, 2010; Pirowski and Pomietłowska, 2017), including the detection of impermeable surfaces – are used more commonly (Wu and Murray, 2005; Azar et al., 2010; Bajat et al., 2013).

The growing need for better-quality data is reflected by the development of population mapping methods. For example, new approaches to subpixel imperviousness prediction from remote sensing images are being developed to improve the estimation of impervious surfaces and their changes (Drzewiecki, 2016; Wang et al., 2017). Documents providing information on the diversity of population density keep emerging, for example related to daily commuting (Sleeter and Wood, 2006; Smith et al., 2015), including those using information originating from mobile devices (Horanont and Shibasaki, 2010). Important binding variables are sought to enable forecasting changes in the distribution of people (Bajat et al., 2011). The proposed methods allow obtaining higher spatial resolution, like those based on the detection of buildings using photographic interpretation methods (Pirowski and Drzewiecki, 2012), laser scanning (Sridharan

and Qiu, 2013), the complementary use of numerical land coverage model and aerial photographs CIR (Ural et al., 2011), using information on the taxation of parcels (Maantay et al., 2007, 2009), relation to the street network (Riebel and Bufalino, 2005; Zandbergen and Ignizio, 2010), the location of address points (Tapp, 2010; Bakillah, 2014), and using databases of buildings (Lwin and Murayama, 2009; Bajat et al., 2013; Całka et al., 2016). The increasing amount of additional data necessitates the development of algorithms that successfully use binding variables and return control-statistical information of the generated products of the dasymetric method. Intelligent Dasymetric Mapping is one example (Mennis and Hultgren, 2006; França et al., 2014).

The paper presents the recalculation of population numbers from 141 urban units (j.u.) of the city of Cracow. Smaller units, so-called urban units, were also introduced taking into account, among others, the old cadastral divisions belonging to the parish, the division into settlements or historical urban units (derived from cadastral municipalities, which in essence meant division of the city for tax purposes). At the same time, these are the best publicly available statistics on Cracow's population. The presented recalculation is based on information about the location of buildings, and their function and size, originating from the Polish domestic Topographic Objects Data Base 1:10 000 (referred to hereafter as BDOT10k). A similar approach, based on the so-called footprint of a building, was previously used, e.g. Lwin and Murayama (2009), and the division of buildings depending on the number of storeys was introduced into population estimation by Bajat et al. (2013). The proposal shown in the present paper is an extension and modification of the method used by Całka et al. (2016) for a scarcely populated area, whose result was a raster map in a 1 km grid. The novelty of the approach presented herein is the implementation of multi-option segmentation of buildings based on their height and location, in order to improve the credibility of estimating the number of people inhabiting them and producing a high-resolution city population map in a 5 m grid. In this approach, the population allocation is not directly related to the surface or size of the building, but it is additionally modified by the factor associated with the segmentation used.

2 METHODOLOGY

Within an urban and industrial agglomeration, the density of buildings and their character, height and functions are very diverse. In population mapping using the dasymetric method, spatial constraints, such as building categories from Corine Land Cover (CLC) and Urban Atlas (UA) are insufficient. Thus, the adopted method is based on an assumption that the number of people is closely related to the inhabitable area of buildings and houses (night population modelling). The research issues are related to answering the question of whether a simple association of any habitable surface area is sufficient, or whether the segmentation of buildings should be performed. How does one take into account shared surface areas in tenements and residential blocks (for example staircases), or service establishments, frequently present especially on ground floors? Is the function of assigning population to a habitable area constant throughout the city, or does it require introducing its local variability using binding variables? If so, how are they to be defined properly?

The simplest case adopted the solution used by Całka et al. (2016), which assumed a simple dependence between the size of a building (a product of the building's surface area and the number of its storeys) and the number of people originating from the statistical data provided by the Central Statistical Office

(hereafter referred as CSO, in Polish: GUS) involving the average area of a home and the number of people inhabiting it within the analysed area. Calka et al. (2016) reported high local discrepancies for the individual municipalities between the population calculated in this manner and the actual status (from an underestimation by -10% to an overestimation by + 25%). This is why in the next step the authors iteratively corrected the discrepancies, changing the initially adopted theoretical number of people in one apartment, so that the calculated volume of people could comply with the statistical data in the given municipality.

In order to avoid the abovementioned operations, the adopted solution of calculating the average surface area per one inhabitant of Cracow (in m²/person) was based on the globally calculated inhabitable area from the BDOT database and the total number of inhabitants resulting from the aggregation of data from 141 j.u. (1).

$$Av(m) = \frac{\sum_{i=1}^{km} (N(b) \times A(b))}{\sum_{i=1}^{141} Pop(ju)} \tag{1}$$

where: $N(b)$ - the number of storeys in a residential building, $A(b)$ - the footprint area of a residential building, $Av(m)$ - the average area per one inhabitant of the city, $Pop(ju)$ - the number of people in the i -th urban unit, km - the number of residential buildings in the city.

The population of the given urban unit may then be estimated (2):

$$Pop_e(ju_i) = \frac{\sum_{i=1}^{kju(i)} (N(b) \times A(b))}{Av(m)} \tag{2}$$

where: $Pop_e(ju_i)$ - the estimated sum of people in the i -th urban unit, kju - the number of residential buildings in the i -th urban unit.

The values calculated according to formula (1) differ from the real values originating from statistical data. Instead of correcting it iteratively, the authors propose the use of a coefficient (3):

$$K(ju_i) = \frac{Pop(ju_i)}{Pop_e(ju_i)} \tag{3}$$

The number of people per a specified building in the given j.u. then equals (4), and the presented sequence of operations allows fulfilling Tobler's condition (1979) i.e. preserve population totals in census enumeration units.

$$Pop_e(b_i) = \frac{N(b) \times A(b)}{Av(m)} \times K(ju_i) \tag{4}$$

where: $Pop_e(b_i)$ - the estimated number of people inhabiting a building in the i -th urban unit.

The calculated values of population for each building are added to a base of attribute data associated with the vector form of buildings from BDOT. In the following step, depending on the needs, it is possible to prepare generalised population maps, including those in the form of a raster model.

The presented course of action (1-5) allows, in a simpler manner compared to what was proposed by Calka et al. (2016), recalculating the quantity of the population from basic statistical data into new

spatial units. An additional advantage of the change in the algorithm is the possibility of a preliminary estimation of the product's credibility based on the input data in possession. This is important when there are no reference data allowing an independent evaluation of the process used for the recalculation of people. This is because it can be easily noticed that, based on the formula (4), excluding its correcting segment $K(ju)$, one can obtain a dasymetric map fulfilling Tobler's condition for the whole city, although not fulfilling it for the individual j.u. Considering the statistical data from j.u. as referential, local discrepancies can be considered as deviations δ (5).

$$\delta_i + Pop_e(ju_i) = Pop(ju_i) \quad (5)$$

At this stage, not using the $K(ju)$ coefficient, a decrease in the deviations may be caused by the segmentation of buildings based on their attributes from the BDOT base and/or the introduction of additional binding variables. Statistical values obtained in the process of optimisation could constitute a basis for an evaluation and choice of the best option. In order to accomplish this objective, use was made of the experience based on Land Use / Land Cover (LULC) data from Corine Land Cover (CLC) and Urban Atlas (UA), presented in the papers of Gallego and Peedell (2001), Bielecka (2005), and Pirowski and Pomietłowska (2017), in which surface-weight methods of correlation were used. In these methods, the weight coefficient differentiated the population density among various types of land coverage. In the case of using BDOT, this is related to the adopted inhabitable areas Av (the average usable area per one inhabitant), depending on the type of building and its location. The minimisation of the mean squared error calculated for 141 j.u. was chosen as the condition (6).

$$\sum_{i=1}^{141} (\delta_i)^2 \rightarrow \min \quad (6)$$

The authors of previous papers (Eicher and Brewer, 2001; Riebel and Bufalino, 2005; Tapp, 2010) also used the mean squared error (RMSE) when analysing the studied methods. The RMSE error allows easy interpretation, assuming the values to be the same units as the mapped variables. In this case, due to the high diversity of urban units with respect to the number of inhabitants, apart from RMSE, the following parameters were used to evaluate the options: R^2 (coefficient of determination), MPE (mean percentage error), and MAPE (mean absolute percentage error).

The demographic data related to Cracow, involving the whole city and divided into districts and urban units, are published on the website of Cracow City Hall supervised by the City Development Department (www.msip2.um.krakow.pl). The data are updated on a yearly basis and compiled based on the publications of the Statistical Office, the National Register of Entities of National Economy REGON database, the Regional and Local Data Bank of GUS, City Status Reports and the population register database supervised by Cracow City Hall.

Information about the location and characteristics of buildings was acquired from the national database of topographic objects BDOT10k of 2011, implemented on the scale of 1:10 000 for the whole country. From the population mapping point of view, this data has a very high level of detail. As reported by Bielecka (2015), the surveying error RMSE involving the location of a building amounts to 1.3 m. A graphical representation of buildings in a vector form is associated with a descriptive database, comprising data important from the standpoint of population calculation, involving features of buildings such as their functions, footprint areas and the numbers of storeys.

In order to differentiate between residential and non-residential buildings, information about the general function of the object was used, followed by proceeding with their selection, using information about the specific function of the building. Ultimately, single-family buildings, multi-family buildings and multi-residence buildings were approved for the analysis.

3 CHARACTERISTICS OF THE STUDY AREA

The study area is the city of Cracow (Figure 1). Its surface area is 326.80 km² and the number of registered inhabitants in 2012 was 758,334 people. Cracow is divided administratively into eighteen districts, which in turn are additionally divided into smaller j.u. They are derived from former cadastral units. The shapes of their boundaries are determined by natural barriers: roads, railways, and watercourses.

In terms of the types of buildings, their functions and population density, Cracow is highly diversified within its administrative borders. There are old houses (tenements, religious buildings), panel building neighbourhoods, low single-family houses, and large industrial areas.

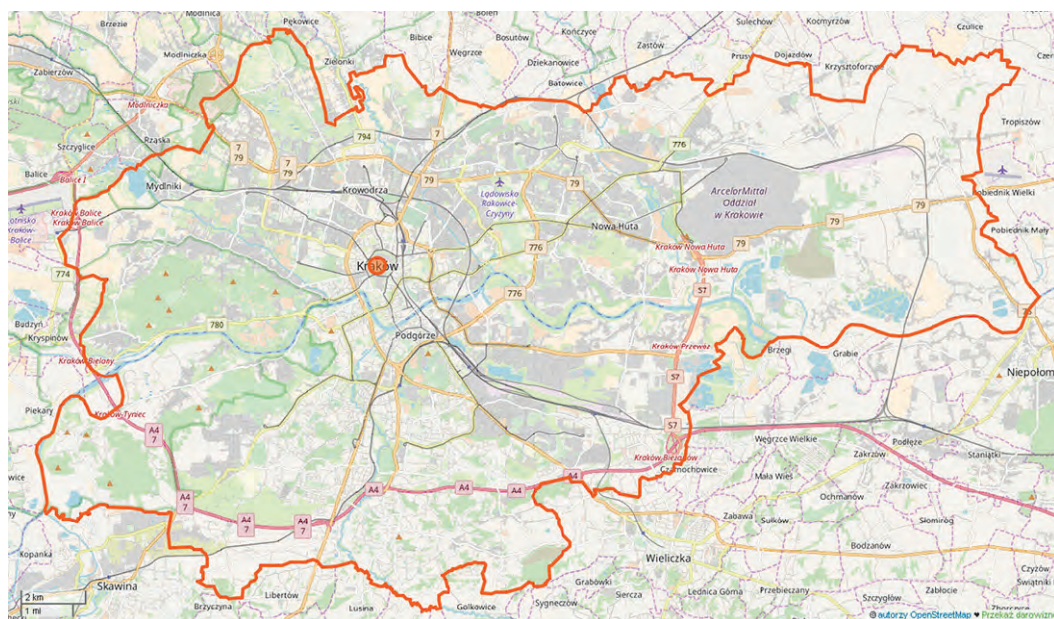


Figure 1: The study area – Cracow (source: © OpenStreetMap contributors, www.openstreetmap.org/copyright).

4 MULTI-OPTION ESTIMATION OF POPULATION DISTRIBUTION

Based on formulas (1-4), and subsequently minimising errors present in the individual j.u. by means of the least square method (5, 6), the theoretical area per one inhabitant was calculated for Cracow. The resulting value $A_b(m) = 41.14 \text{ m}^2/\text{person}$ is close to the one produced according to formula (1) (43.6 m^2) and much higher than indicated by the report on the results of the National Population and Housing Census of 2011 (23.8 m^2). This confirms the problems reported by Całka et al. (2016) with adopting the census value directly as a basis for calculations. Such a large discrepancy may be explained by the failure to take into account service and commercial spaces and shared spaces present in multi-family buildings.

Other options no. 2, 3, 4 allow assigning different areas per inhabitant depending on the characteristics of buildings. This results in the different values of $Av(m)$ for specified groups of buildings. Option 2 assumes that area per inhabitant may differ significantly for single-family and multi-family buildings. This requires expanding the formulas (1-5) into the form (7), so that in the next step the $Av(m)$ parameters could be calculated using the least squares method (6). Option 3, using the number of people per house, is a modification of option 2 (formula (8)). It is based on the assumption that the relationship between the area of a single-family house and the number of inhabitants is not as correlated as for apartments. This is because owning a house today is becoming a measure of the status of its owners, an intentional choice of lifestyle. Option 4 additionally introduces the division of multi-family houses into lower (I-V storeys) and higher buildings (more than V storeys) (formula (9)). The ultimately adopted segmentation was preceded by numerous tests, which considered other storey intervals and/or introducing specified constant values of the area correcting the surface area of buildings available for division between inhabitants. The ultimately adopted solution is a kind of prosthesis, making it possible, for higher and lower buildings separately, to take into account a different share of non-residential surfaces, such as the commercial and service areas commonly located on the ground floor.

$$\delta_i + \frac{\sum_1^{kju_jm(i)} (N(b) \times A(b))}{Av_{jm}(m)} + \frac{\sum_1^{kju_wm(i)} (N(b) \times A(b))}{Av_{wm}(m)} = Pop(ju_i) \tag{7}$$

$$\delta_i + kju_jm(i) \times Pop_{jm}(m) + \frac{\sum_1^{kju_wm(i)} (N(b) \times A(b))}{Av_{wm}(m)} = Pop(ju_i) \tag{8}$$

$$\delta_i + \frac{\sum_1^{kju_jm(i)} (N(b) \times A(b))}{Av_{jm}(m)} + \frac{\sum_1^{kju_wmn(i)} (N(b) \times A(b))}{Av_{wmn}(m)} + \frac{\sum_1^{kju_wmw(i)} (N(b) \times A(b))}{Av_{wmw}(m)} = Pop(ju_i) \tag{9}$$

where: kju_jm – a number in the i -th urban unit of single-family buildings, kju_wm – of multi-family buildings, $Av_{jm}(m)$ – the average area per one inhabitant in single-family buildings, $Av_{wm}(m)$ – in multi-family buildings, $Av_{wmn}(m)$ – in multi-family buildings up to V storeys, $Av_{wmw}(m)$ – in multi-family buildings exceeding V storeys, $Pop_{jm}(m)$ – the average number of inhabitants in one single-family building.

Table 1: Options 1, 2, 3, 4 and Av coefficients and errors produced for them, in relation to ju .

	Option 1	Option 2	Option 3	Option 4
	Av	Av_{jm} / Av_{wm}	Pop_{jm} / Av_{wm}	$Av_{jm} / Av_{wmn} / Av_{wmw}$
Surface area or the number of people Av	41.14	84.21 / 37.08	2.88 / 37.08	81.85/ 56.76/ 22.88
R2 [%]	82.69	84.78	84.98	88.66
MPE [%]	33.81	5.37	10.34	1.98
MAPE [%]	47.67	30.72	28.41	31.43

When searching for additional binding variables, the use of an artificial administrative division into 18 districts was assumed. Options 2a, 3a, 4a (table 2) were developed considering each district separately

and independently. Such a spatial segmentation sample is justified by different historical conditions related to the individual districts (the time of the construction of buildings, different social and economic growth associated with a historical context such as the time of partitions or the 1950s), as well as their functions served nowadays (scientific, cultural, residential, industrial), which – if they turn out to be significant – may affect the characteristics of population density.

Table 2: The list of Av results in districts - options 2a, 3a, 4a.

Segmentation by districts	Option 2a	Option 3a	Option 4a
	Av_{jm} / Av_{wm}	Pop_{jm} / Av_{wm}	$Av_{jm} / Av_{wm} / Av_{wmw}$
Stare Miasto	121.21 / 67.38	1.12 / 67.20	329.76 / 70.38 / 43.25
Grzegórzki	106.00 / 40.34	3.54 / 41.96	57.42 / 47.02 / 35.98
Prądnik Czerwony	33.50 / 41.20	6.82 / 41.23	222.16 / 24.15 / 56.91
Prądnik Biały	82.09 / 35.72	2.61 / 35.50	639.64 / 22.85 / 58.63
Krowodrza	5.98 / 54.63	34.74 / 50.57	5.95 / 66.60 / 40.70
Bronowice	57.51 / 58.47	3.62 / 54.36	48.87 / 468.15 / 34.35
Zwierzyniec	127.18 / 53.10	2.25 / 53.75	89.24 / 149.51 / 7.05
Dębniki	67.02 / 56.22	3.04 / 54.86	70.49 / 98.23 / 27.68
Łagiewniki - Borek Fał.	114.37 / 33.89	1.55 / 32.16	55.43 / 70.54 / 31.39
Swoszowice	72.78 / 54.87	3.34 / 69.06	69.91 / 112.95 / 30.00
Podgórze Duchackie	41.13 / 34.86	5.20 / 34.71	26.13 / 28.41 / 119.82
Bieżanów - Prokocim	78.62 / 25.83	2.88 / 25.84	77.87 / 23.67 / 29.54
Podgórze	53.86 / 46.66	4.39 / 46.70	53.40 / 46.98 / 45.34
Czyżyny	97.75 / 34.71	2.26 / 34.77	142.75 / 14.15 / 191.40
Mistrzejowice	13.94 / 30.96	-159.48 / 11.74	47.12 / 16.79 / 133.34
Bieńczyce	82.78 / 22.39	3.12 / 22.40	297.08 / 16.75 / 33.80
Wzg. Krzesławickie	63.91 / 23.48	2.99 / 22.33	66.56 / 22.47 / 30.44
Nowa Huta	67.68 / 30.21	2.88 / 30.18	69.11 / 29.27 / 32.90
R ² [%]	98.53	98.57	98,91
MPE [%]	4.58	5.58	2.50
MAPE [%]	18.84	17.17	16.15

Another step was an attempt at discerning areas of similar demographic and social characteristics, which would be better at performing the segmentation of j.u. compared to districts. No information helpful in carrying out such a division for Cracow has been found in the literature related to urbanism. Taking advantage of the capabilities of GIS, the data related to the surface areas of the individual j.u., their footprint areas, and population, the types and numbers of buildings were compared to each other, in order to search for mutual dependences. As it could be expected, only the footprint area and the number of people exhibited a relation. On this basis, j.u. were divided into four groups: with areas below 40 m², 40-60 m², 60-80 m² and above 80 m². The subsequent actions were analogical to the division into districts, resulting in options 2b, 3b, and 4b (table 3).

Table 3: A list of the results of Av in groups of j.u. according to their average area - options 2b, 3b, 4b.

Segmentation by average area in the j.u.	Option 2b	Option 3b	Option 4b
	Av_{jm} / Av_{wm}	Pop_{jm} / Av_{wm}	$Av_{jm} / Av_{wm} / Av_{wmw}$
below 40 m ²	98.06 / 28.21	1.94 / 28.03	228.60 / 24.00 / 34.17
40 m ² - 60 m ²	47.78 / 47.78	4.46 / 46.93	50.78 / 53.16 / 37.89
60 m ² - 80 m ²	66.75 / 64.00	3.40 / 63.40	68.51 / 72.15 / 47.42
above 80 m ²	95.24 / 103.42	2.81 / 100.62	95.28/103.39/101.50
R ² [%]	97.23	97.14	97.54
MPE [%]	2.13	6.43	1.51
MAPE [%]	9.90	13.86	10.19

In the final stage, taking into account the Av parameters calculated in the individual options, the correction of the population volume took place using the $K(ju)$ coefficient, followed by supplementing the building attribute database with the estimated numbers of inhabitants. In this manner, 10 city population maps were prepared as vector maps. Due to the limited space of the paper, the six most significant results are illustrated in Figure 2. The other results showed little significant differences or were characterized by unacceptable Av parameters (a detailed explanation of the factors of selection is presented in the discussion).

5 DISCUSSION

Considering the primary segmentation of buildings, it can be clearly seen that distinct treatment of single-family buildings in urban areas is justified. Option 1 (Table 1, Figure 2a), not taking into account the division, is characterised by bigger errors compared to the other ones (Figures 2b, 2c, 2d). The values of surface area per 1 person calculated in option 2 are approximately twice as high for single-family houses compared to multi-family buildings. The lack of a significant relation between the surface areas of single-family houses and the number of their inhabitants is confirmed by similar results for options 2 and 3 (Figures 2b, 2c). The introduction of additional division of multi-family buildings in option 4 has clearly distinguished the surface area for “skyscrapers” compared to lower houses and tenements. The lower share of joint spaces, commercial and service areas in the case of high buildings does not explain such large recorded differences. Two facts are probably decisive here: the presence of high block buildings mainly from the 1970s and 1980s, characterised by apartments with small rooms, densely inhabited, additionally lacking service premises on the ground floors, and – at the other end of the spectrum – depopulated tenements in the very centre, with large apartments, and numerous service and commercial premises. This is why the effect of an additional division is visible e.g. in the j.u. of the very centre of the city (Figure 2d), where the concentration of tenements is present. It should be pointed out that choropleth maps of fig. 2 reflect the values of $K(ju)$ necessary to be used in the individual j.u. at the final stage of the generation of population maps in order to retain Tobler’s condition.

Optimisation performed for division into districts (options “a”, Table 2) decreased the global errors recorded for all the options. Unfortunately, for several districts (Krowodrza, Mistrzejowice, Czyżyny, Zwierzyniec) the surface areas calculated iteratively are erroneous (even negative), which also challenges the credibility of the calculations for the remaining ones. This indicates that optimisation performed for small samples (for an average of approximately eight j.u. for each district) may produce good results globally

(fig. 2e), while locally the result is flawed. In order to correct such a result, additional limitations should be introduced into the iterative process, related to the detection of binding variables characterising the j.u. The division into four subcategories of urban units (options “b”, Table 3) produced more stable results compared to those recorded for districts. Only in a group of j.u. with average small surface areas per person does the surface area calculated in single-family houses change, even twofold depending on the option. Segmentation used in options “b” has merged “block estates” from various parts of Cracow with very high numbers of inhabitants, like Bieżanów, Kurdwanów, Prądnik, and Nowa Huta, which for options “b” resulted in the smallest MAPE errors among all the tested solutions, with the best result amounting to 9.9% (option 2b, Figure 2f).

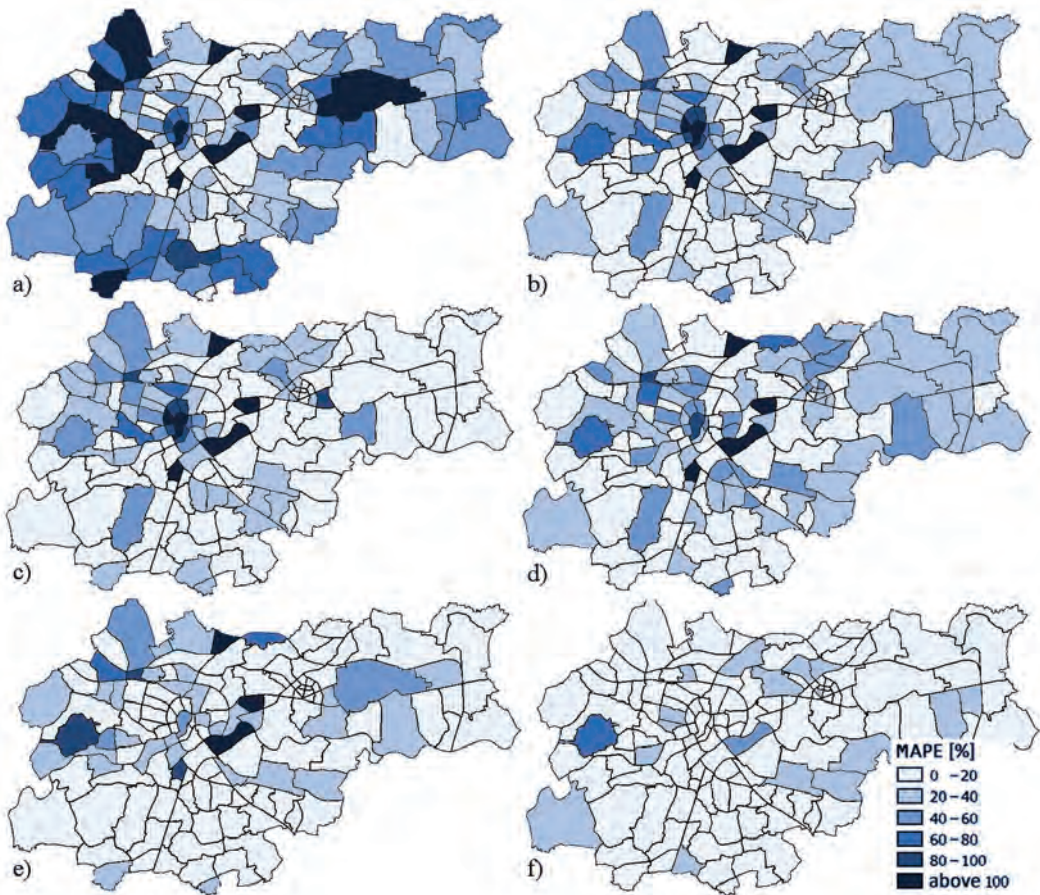


Figure 2: Distribution of the MAPE error for individual j.u. in options: a) 1, b) 2, c) 3, d) 4, e) 2a, f) 2b.

Among the presented statistical parameters, the MAPE error [%] is to be considered useful and easy to interpret. During the stage of selecting weights and the segmentation of data, it allows evaluating the level of estimation which can be reached locally (in j.u.), if the available statistical data involved only the scale of the whole city. The use of ME or MPE parameters mainly provides information on systematic errors.

On the other hand, the RMSE error, directly using the numbers of people, provides a misconception about the major mistakes of the dasymetric method. This results from the fact of the very high diversity of j.u. regarding the number of people living in them. The high squared errors recorded in several j.u. with high numbers of inhabitants determine the RMSE error for the whole city, although percentage-wise these errors do not deviate from the average value for j.u. The parameter R^2 is characterised by low variability (compared to MAPE, its sensitivity is much worse), nor can its value be used to describe errors in the individual j.u.

Based on the obtained results, it can be seen that the applied dasymetric method has limitations. When applying it, it should be taken into account that the input data is of major influence on the quality of the building segmentation process, and thus on population conversion. While the BDOT database is homogeneous across the country, the spatial distribution and character of the buildings may be locally quite different, for example in small-town or rural areas. On the national scale as well, individual census data on the population are very diverse, both in terms of area and volume of the population that lives in it. This is a big problem when trying to optimize the coefficients determining the average living space of the population (A_v), differentiated by segmentation per type and location of the building.

Another difficulty that has not been successfully solved by the methodology used is the diversification of non-residential space in multi-dwelling buildings of varying heights. This is important because a significant impact on the actual number of the building's population is to allocate its specific storeys (most often the ground floor) for commercial and service activities. Thus, another meaning is one floor for a low building, another one for a tall one. With automatic population conversion, the only effective solution would be to have this type of information in the building databases. This would also make it easier to model the daily movement of people related to work or the use of commercial and service outlets.

Despite the above reservations and limitations in the application of the method, the segmentation of buildings in the analyzed area has achieved the intended effect, confirmed by reduced errors recorded for census units. The effectiveness of the approach applied to areas of a different nature, for example rural, would require additional research.

6 CONCLUSIONS

The dasymetric method proposed for the recalculation of city population is based on the use of information on spatial location of buildings from BDOT as a limiting variable, and on their characteristics – type, size, and optionally location in a specific part of the city – which information constitutes a basis for introducing proper binding variables. The main result of these procedures was a proper assignment of residential surfaces per inhabitant.

The conducted analyses indicate a high potential of using BDOT to redistribute population at a high level of detail. However, the results produced in the research are ambiguous. Certainly, the division into single-family (single-dwelling) and multi-family (multi-dwelling) buildings affects the improvement of the result, while further particularisations raise doubts. This is why, among the proposed options, the authors considered options 2 and 2b to be the best compromise between the estimated level of erroneousousness and the credibility of the final product. The introduction of additional divisions increases the risk of the

equifinality phenomenon, as confirmed by the produced incorrect parameters of Av in options “a” and partially in “4”. Options 3, 3a and 3b produce results comparable to options 2, 2a, and 2b: however, it seems more intelligible to use one optimising measure – the area assigned per person, used by options “2”.

Among the applied global statistical parameters, MAPE proved to be the most useful. This is because the use of absolute values allows better error tracing in a set of census units with a very large spread of the population volume. Analysing the spatial distributions of PE provides intelligibility and it can also be one of the empirical methods of searching for further binding variables.

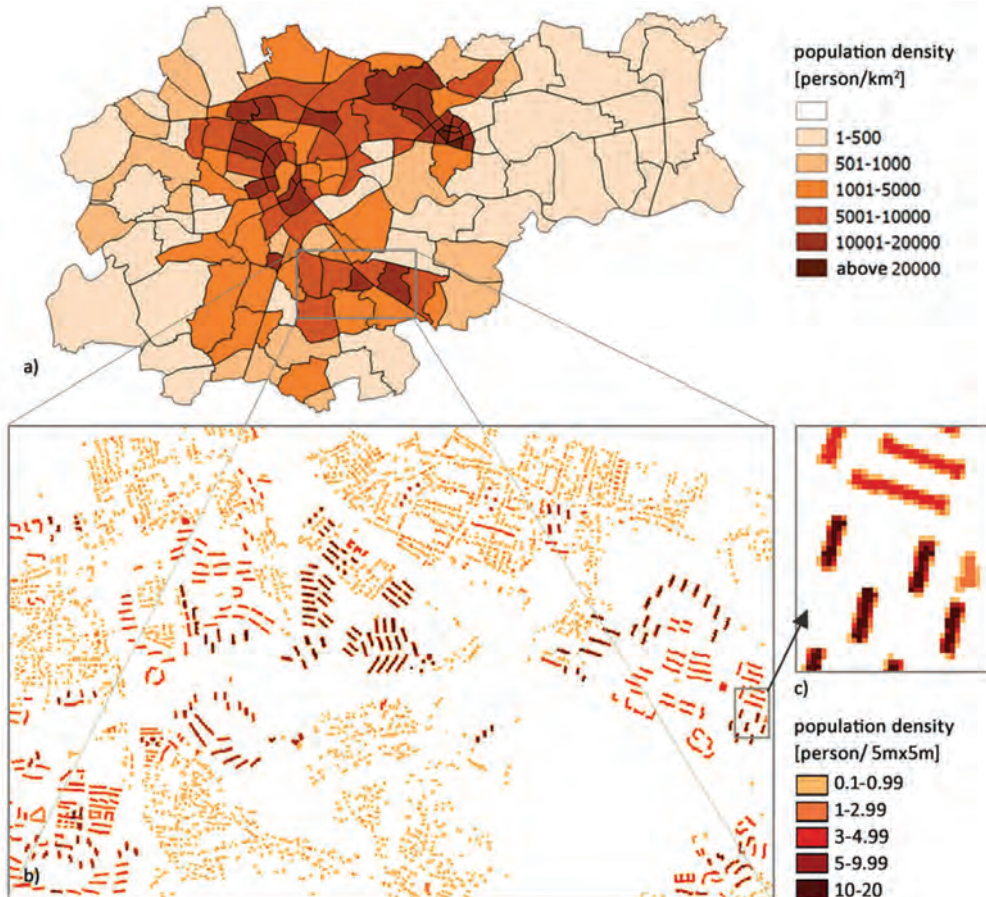


Figure 3: Population maps of Cracow: a) population density in j.u.; b) and c) dasymeric method in a 5 m grid (option 2b, a fragment of the city).

The initial association of habitable area with the number of people (option 1.41 m²/person) as a function, after dividing into single-family (84 m²/person) and multi-family (37 m²/person) buildings, caused the reduction of errors in option 2: MAPE from 48% to 31%, and MPE from 34% to 5%. Further division of multi-family buildings (option 4) simply decreased the MPE error to 2%. On the other hand, the use of segmentation of j.u. based on the average areas (associated with the structure of development in j.u.) in option 2b resulted in an MAPE of 10% and an MPE of 2%. It should be pointed out that

these values characterise only the intermediate stage of the developed population maps and are primarily intended to provide credibility of the correctness of weights calculated using the surface-weight correlation method. In the final stage, proper recalculation leads to the compliance of the population volume within each urban unit.

Figure 3 presents the effects of a multi-stage process. Fig. 3a presents the input statistical data in the form of a choropleth map. A dasymetric map of Cracow's population is compiled in option 2b, recalculated into a raster model with a resolution of 5 m (figs 3b, 3c). At this resolution, in dense urban development zones, the network of streets is correctly mapped as unoccupied zones, and scattered development differs from low terraced buildings.

The indicated problem of the equifinality phenomenon can be resolved unambiguously only via the verification of final products based on independent data. Because of the reference data, the presented evaluation of options could be confirmed, since there is no certainty whether options with smaller errors at a j.u. level actually reflect the distribution of people inside the units to a better extent. Such independent evidence would indirectly indicate statistical measures useful in optimising the selection of weights, followed by estimating the credibility of the final products. In order to answer these questions, it is planned to continue research in that area, by preparing and acquiring adequate additional data.

ACKNOWLEDGEMENTS

This article has been prepared within the scope of the AGH UST statutory research no. 11.11.150.949.

Literature and references:

- Azar, D., Graesser, J., Engstrom, R., Comenetz, J., Leddy JR, R. M., Schechtman, N. G., Andrews, T. (2010). Spatial refinement of census population distribution using remotely sensed estimates of impervious surfaces in Haiti. *International Journal of Remote Sensing*, 31 (21), 5635–5655. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.496799>
- Bajat, B., Krunic N., Samardžić Petrović, M., Kilibarda, M. (2013). Dasymetric modeling of population dynamics in urban areas, *Geodetski vestnik*, 57 (4), 777–792. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2013.04.777-792>
- Bajat, B., Krunic N., Kilibarda, M., Samardžić Petrović, M. (2011). Spatial Modelling of Population Concentration Using Geographically Weighted Regression Method. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijic" SASA*, 61 (3), 151–167. DOI: <https://doi.org/10.2298/IJGI1103151B>
- Bakillah, M., Liang, S., Mobasheri, A., Arsanjani, J. J., Zipf, A. (2014). Fine-resolution population mapping using OpenStreetMap points-of-interest. *International Journal of Geographical Information Science*, 28 (9), 1940–1963. DOI: <https://doi.org/10.1080/13658816.2014.909045>
- Barrozo, L. V., Pérez-Machado, R. P., Small, C., Cabral-Miranda, W. (2015). Changing spatial perception: dasymetric mapping to improve analysis of health outcomes in a megacity. *Journal of Maps*, 11, 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1080/17445647.2015.1101403>
- Bielecka, E. (2015). Geographical data sets fitness of use evaluation. *Geodetski vestnik*, 59 (2), 335–348. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.02.335-348>
- Bielecka, E., Kuczyk, A., Witkowska, E. (2005). Modelowanie powierzchni statystycznej przedstawiającej gęstość zaludnienia w Polsce przy pomocy metody dasymetrycznej. *Polskie Towarzystwo Informatyki Przestrzennej, Roczniki Geomatyki, Tom III, Zeszyt 2*, 9–16.
- Galga, B., Bielecka, E., Zdunkiewicz, K. (2016). Redistribution population data across a regular spatial grid according to buildings characteristics. *Geodesy and Cartography*, 65 (2), 149–162. DOI: <https://doi.org/10.1515/geocart-2016-0011>
- Drzewiecki, W. (2016). Improving sub-pixel imperviousness change prediction by ensembling heterogeneous non-linear regression models. *Geodesy and Cartography*, 65 (2), 193–218. DOI: <https://doi.org/10.1515/geocart-2016-0016>
- Eicher, C. L., Brewer, C. A. (2001). Dasymetric Mapping and Areal Interpolation: Implementation and Evaluation. *Cartography and Geographic Information Science*, 28 (2), 125–138. DOI: <https://doi.org/10.1559/152304001782173727>
- França, V. O., Strauch, J. C. M., Ajara, C. (2014). Intelligent Dasymetric Method: an Application in Mesoregião Metropolitana de Belém. *Revista Brasileira de Cartografica*, 66 (6), 1395–1411.
- Gallego, J. (2010). A population density grid of the European Union. *Population and Environment*, 31 (6), 460–473. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11111-010-0108-y>
- Gallego, F. J., Peedell, S. (2001). Using CORINE Land Cover to map population density.

- Towards agri-environmental indicators. EEA Topic report 6/2001, pp. 94–105.
- Horanont, T., Shibasaki, R. (2010). Estimate ambient population density: discovering the current flow of the city. https://www.academia.edu/2004297/estimate_ambient_population_density_discovering_the_current_flow_of_the_city, accessed 29. 5. 2017.
- Lwin, K., Murayama, Y. (2009). A GIS Approach to Estimation of Building Population for Micro-spatial Analysis. *Transactions in GIS*, 13 (4), 401–414. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2009.01171.x>
- Maantay, J. A., Maroko, A. R. (2009). The Cadastral-based Expert Dasymetric System (CEDS) for Mapping Population Distribution and Vulnerability in New York City. *Proceedings of the IUSSP International Population Science Conference, Marrakesh, Maroko*.
- Maantay, J. A., Maroko, A. R., Herrmann, Ch. (2007). Mapping Population Distribution in the Urban Environment: The Cadastral-based Expert Dasymetric System (CEDS). *Cartography and Geographic Information Science*, 34 (2), 77–102. DOI: <https://doi.org/10.1559/152304007781002190>
- Mennis, J. (2003). Generating Surface Models of Population Using Dasymetric Mapping. *The Professional Geographer*, 55 (1), 92–102. DOI: <https://doi.org/10.1080/00330124.2015.1033669>
- Mennis, J., Hultgren, T. (2006). Intelligent dasymetric mapping and its application to area interpolation. *Cartography and Geographic Information Science*, 33 (3), 179–194. DOI: <https://doi.org/10.1559/152304006779077309>
- Pirowski, T., Drzewiecki, W. (2012). Mapa gęstości zaludnienia Krakowa, propozycja metodyki opracowania oraz przykładowe zastosowania. *Roczniki Geomatki*, 10 (3).
- Pirowski, T., Pomietłowska, J. (2017). Modelowanie rozmieszczenia ludności Krakowa metodą dazytryczną z wykorzystaniem Urban Atlas i ogólnodostępnych danych statystycznych. *Geomatics and Environmental Engineering*, 11 (4), 83–95. DOI: <https://doi.org/10.7494/geom.2017.11.4.83>
- Reibel, M., Bufalino, M. (2005). Street-weighted interpolation techniques for demographic count estimates in incompatible zone systems. *Environment and Planning A*, 37 (1), 127–139. DOI: <https://doi.org/10.1068/a36202>
- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., Guptill, S. C., (1995). *Elements of cartography*. 6th edition. New York: John Wiley & Sons Inc
- Sleeter, R., Wood, N. (2006). Estimating daytime and night time population density for coastal communities in Oregon. *Urban and Regional Information Systems Association. Annual Conference, Proceedings, Vancouver, BC, September 26–29*.
- Smith, A., Newing, A., Quinn, N., Martin, D., Cockings, S., Neal, J. (2015). Assessing the Impact of Seasonal Population Fluctuation on Regional Flood Risk Management. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4 (3), 1118–1141. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi4031118>
- Sridharan, H., Qiu, F. (2013). A Spatially Disaggregated Areal Interpolation Model Using Light Detection and Ranging-Derived Building Volumes. *Geographical Analysis*, 45 (3), 238–258. DOI: <https://doi.org/10.1111/gean.12010>
- Tapp, A. F. (2010). Areal Interpolation and Dasymetric Mapping Methods Using Local Ancillary Data Sources. *Cartography and Geographic Information Science*, 37 (3), 215–228. DOI: <https://doi.org/10.1559/152304010792194976>
- Tobler, R. T. (1979). Smooth pycnophylactic interpolation for geographic regions. *Journal of the American Statistical Association*, 74 (367), 519. DOI: <https://doi.org/10.2307/2286968>
- Ural, S., Hussain, E., Shan, J. (2011). Building population mapping with aerial imagery and GIS data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13 (6), 841–852. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.06.004>
- Wang, J., Wu, Z., Wu, C., Cao, Z., Fan, W., Tarolli P. (2017). Improving impervious surface estimation: an integrated method of classification and regression trees (CART) and linear spectral mixture analysis (LSMA) based on error analysis. *GIScience & Remote Sensing*, 55 (4), 583–603. DOI: <https://doi.org/10.1080/15481603.2017.1417690>
- Wu, C., Murray, A. T. (2005). A cokriging method for estimating population density in urban areas. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29 (5), 558–579. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2005.01.006>
- Zandbergen, P., Ignizio, D. (2010). Comparison of dasymetric mapping techniques for small-area population estimates. *Cartography and Geographic Information Science*, 37 (3):199–214. DOI: <https://doi.org/10.1559/152304010792194985> www.msip2.um.krakow.pl/statkrak/, Web sites StatKrak, accessed 18. 9. 2017.



Pirowski T., Bartos K. (2018). Detailed mapping of the distribution of a city population based on information from the national database on buildings. *Geodetski vestnik*, 62 (3), 458–471. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.03.458-471>

Tomasz Pirowski, Ph.D.

AGH University of Science and Technology,
Faculty of Mining Surveying and Environmental Engineering
Al. Mickiewicza 30, C-4 p.211
PL-30-059 Kraków, Poland,
e-mail: pirowski@agh.edu.pl

Karolina Bartos, M.Sc.

AGH University of Science and Technology,
Faculty of Mining Surveying and Environmental Engineering
Al. Mickiewicza 30, C-4 p.211
PL-30-059 Kraków, Poland,
e-mail: karolinabartos23@gmail.com

METODA ZA PREPOZNAVANJE PRIHODNIJH OBMOČIJ SUBURBANIZACIJE

A METHOD FOR IDENTIFICATION OF FUTURE SUBURBANISATION AREAS

Tomasz Budzyński, Joanna Jaroszewicz, Wioleta Krupowicz, Anna Majewska, Natalia Sajnog

UDK: 332.21:711.4

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01

Prispelo: 25. 9. 2017

Sprejeto: 26. 8. 2018

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.03.472-486>

SCIENTIFIC ARTICLE

Received: 25. 9. 2017

Accepted: 26. 8. 2018

IZVLEČEK

V članku je obravnavan pojav suburbanizacije na globalni ravni, na Poljskem in podrobneje v okolici Varšave. Namen študije je analizirati možnosti uporabe informacij o transakcijah komunalno neopremljenih nepozidanih stavbnih zemljišč za prepoznavanje območij prihodnje pospešene suburbanizacije. Za verifikacijo soodvisnosti trga nepremičnin s kasnejšo suburbanizacijo smo izvedli splošno in podrobnejšo raziskavo. Za raziskavo na splošni ravni smo za obdobje 2009–2014 analizirali soodvisnost med skupnim številom transakcij in spremembo površin kmetijskih zemljišč v posameznih katastrskih občinah v okolici Varšave. Za podrobnejšo študijo smo izbrali dve občini, kjer smo za nepozidana stavbna zemljišča, ki so bila predmet transakcije, analizirali čas od transakcije do začetka investicije. Rezultati so pokazali, da je bilo 40 % na novo pozidanih stavbnih zemljišč predmet transakcije kot nepozidanih neopremljenih stavbnih zemljišč v zadnjih treh letih. Približno 30 % analiziranih nepozidanih in neopremljenih stavbnih zemljišč, ki so bila predmet transakcije, je bilo zatem predmet razvoja stavbnih zemljišč v obdobju treh let od transakcije. Na podlagi tega smo ugotovili, da so informacije o trgu nepozidanih stavbnih zemljišč pomembne za napoved suburbanizacije.

KLJUČNE BESEDE

zemljišče, stavbno zemljišče, suburbanizacija, neopremljeno stavbno zemljišče, promet nepremičnin

ABSTRACT

The article describes the suburbanisation around the globe, in Poland, and around Warsaw. The objective of the study is the analysis of possible uses of information on transactions regarding undeveloped land properties allocated for building development for the identification of areas of future intensification of the suburbanisation. For verification of the correlation of property turnover with later suburbanisation, research was conducted on the general and detailed level. On the general level, the research involved the verification of the correlation between the total number of transactions in particular cadastral units in the years 2009–2014 and a change in the area of arable land around Warsaw. On the detailed level, two selected communes were analysed in terms of percentage and time period during which land properties subject to transactions were designated for building development investments. 40% of the analysed developed properties were determined to be subject to a transaction as undeveloped properties up to three years before. Approximately 30% of the analysed land properties subject to transactions were also subject to building development within three years from the date of transaction. Therefore, information on turnover of land properties permits predicting the suburbanisation.

KEY WORDS

land, building land, suburbanisation, undeveloped land properties, real property turnover

1 INTRODUCTION

Sustainable development of suburban areas is a term referring to a number of issues, including rational management of space – a presumably renewable resource. The negative phenomenon of uncontrolled suburbanisation occurs around larger urban centres. It poses a threat to the sustainable development of suburban areas. Convenient location, close vicinity to the urban centre, and good transport accessibility are the primary factors determining allocation for building development of frequently the highest quality arable land of high agricultural usability, legally protected, and parcels with a shape making their optimum management difficult (Salamon, 2010; Bitner, 2011; Bielska, Budzyński and Krupowicz 2015; Przegon, Bacior and Sobolewska-Mikulska, 2016). In sustainable development, social, economic, and environmental elements should be harmonised. A disturbance of one of the systems results in loss of balance of the remaining ones (Bielnińska et al., 2014). Suburbanization is a threat to sustainable development and consequently it may reduce the territorial attractiveness described by Živković et al. (2015). Therefore, rational space management in suburban areas gains particular importance in reference to the essence of the doctrine.

Urbanisation in suburban zones, known as suburbanisation, are currently one of the primary problems in the development of large European cities and their peripheral zones, both in so-called “old Europe” (Penerai, 2008 Phelps and Wu, 2011; Phelps 2017) and in the majority of large cities in post-Communist countries (Sýkora, 1999; Tammaru, Kulu and Kask, 2004; Hirt, 2007; Sýkora and Ouředníček, 2007; Kährik and Tammaru, 2008; Pojani, 2011; Krišjāne and Bērziņš, 2012; Kubeš, 2013; Stanilov and Sýkora, 2014; Tanaš and Trojanek, 2014; Mihai, Nistor and Simion, 2015). Such processes cover further spatial development of cities, transformations of urban structures spatially arranged in loose groups of settlement units, spatial-functional integration leading to combining of neighbouring agglomerations, as well as urbanisation of typically rural areas leading to the disappearance of the dichotomy between urban and rural areas (Bański, 2008). The next stage of the suburbanisation is the most harmful in terms of rational space management. It involves desurbanisation, i.e. the process of dilution of urban structures. As a result of desurbanisation, internal areas of cities gain a structure resembling that of the suburbs through random parcellation of space, and reduction in population density. Suburban areas develop amorphous systems of building development, difficult to efficiently support by technical and service infrastructure (Chmielewski, 2005; Lorens, 2005). Such processes lead to the development of a new “dispersed city”, with “declining image of the traditional city, still regarded as a kind of an identification mark, spatial expression of urban identity” (Gzell, 2015, p. 22).

The first urban planning concepts striving for loosening urban building development and creating healthy residential conditions with green areas, as well as offering necessary services and workplaces, included among others the concept of garden cities by Howard, linear cities, idea of neighbourhood units by Perry, and the radiant city by Le Corbusier (Ostrowski, 1975). The ideas quickly gained interest of American urban planners. At the beginning, the process showed features of suburbanisation, but with time it developed into a phenomenon of a regional and supraregional scale. According to Jane Jacobs (1992, p. 25), designs of reorganisation of residential districts and construction of new ones at motorways far outside city boundaries “changed the urban and rural landscape into indigestible slurry”. In the 1970’s, for the first time since the population census in 1790, the number of residents of non-metropolitan

areas in the USA, i.e. rural areas and towns, grew faster than the number of population of metropolitan areas. As a result of rapid development of suburbs, cities began to lose their central role, and the share of people inhabiting central districts declined to 40.1% (Grzeszczak, 1996). Therefore, the United States have become a suburban society: more people lives around central districts of large cities than in the cities themselves (Węglański, 1988). In the second half of the 1980's, counterurbanisation processes in the USA declined, and the number of population of metropolitan areas began growing again, particularly in larger metropolises (op. cit. Grzeszczak, 1996). As mentioned earlier, the expansion of cities was also observed in European countries (Sýkora, 1999; Tammaru, Kulu and Kask, 2004; Sýkora and Ouředníček, 2007; Kährlik and Tammaru, 2008; Penerai, 2008; Pojani, 2011; Krišjāne and Bērziņš, 2012; Stanilov and Sýkora, 2014; Tanaš and Trojanek, 2014; Mihai, Nistor and Simion, 2015). It was considered socially harmful already at the beginning of the 20th century. In spite of similar background, suburbanisation in the United States and Europe were quite different. One of the primary factors differentiating European cities from American cities involved historically developed downtowns with high concentration of services, but with residential buildings with low standard. Suburbs surrounding the cities also included residential districts, however not at the scale encountered in the USA. Their demographic and social structure was also different (they were distinguished by lower population density, lower dependence on the car, and were much less extensive than the American counterparts) (Couch Couch, Leontidou and Petschel-Held, 2007, p. 16). In contrast to the urban development of urban centres (defined as the expansion of the population and increased urban planning activity) – urban growth, the urbanisation in suburbs – urban sprawl is best characterised by the coefficient of intensity of building development and density of population depending on the city centre. In urban sprawl processes, the intensity maintains considerable values at a large distance from the centre with a simultaneous decrease in population density in the city centre in comparison to urban centres before the transformation. According to Couch, Leontidou and Petschel-Held (2007), countries that prefer private property of apartments, and those in the period of transformations (Hungary, Czech Republic, Poland, Slovenia, and Croatia) turned out to be the most prone to suburbanisation processes. Such processes were activated particularly intensively also in the Mediterranean countries (particularly in Greece).

As a remedy for the process of urban sprawl, countries of the European Union undertook a number of economic-spatial activities. In many European cities, intensive revaluation processes of downtowns and spatially degraded areas commenced. This resulted in the return of wealthy residents to city centres, and activation of the central city. Another way to discipline dispersed building development in suburban zones was the construction of new satellite cities – districts or complexes of building development of various sizes equipped with basic elements of technical and social infrastructure (Mourard and Fourquet 2004). In modern times, however, in the era of energetic crisis and rules of sustainable urban planning, optimum indices of parameters of building development intensity for the compact pro-ecological city are sought for that would provide good living conditions with high concentration of building development, so that the city „does not devour valuable space” (Belliot, 2006, p. 15; Charlot-Valdieu and Outrequin, 2009, p. 102).

In the “old members” of the European Union, high importance is also ascribed to rationalisation of development of cities and land management. Control and monitoring of spatial processes is also conducted. In public systems of planning of spatial development, the steering role is played by governments.

Implementation tasks are entrusted with territorial, communal, and district self-governments. The foundation of statutory regulations is the rule of respect for common good, resulting in the implementation of separate laws for building development and land property. This means that as long as given land is not allocated by the commune for urbanisation or investment, as expressed in the preparation of a local plan and implementing infrastructure on given land, the owner is not entitled to change the form of land use or divide the property. Acting based on the law approving the development plans, the commune does not bear any legal-financial consequences in the case of refusal of change of land use in a property. Unlike in Poland, the issuance of a building permit can only occur for land for which a binding plan exists, land consolidation and parcellation was performed in accordance with the guidelines of the plan, and necessary infrastructure was introduced. Research is also conducted on consequences of changes in the state of land management, and social and economic effects of the conducted spatial policy. In many European countries, restrictive planning activities effectively hindered the dispersal of building development. A decrease in the growth of population or growth below the national average was recorded in peripheral areas, and an increase in central zones. This suggests that the general intensification of the counterurbanisation tendencies did not occur, and in the majority of countries the rate of de-concentration was reduced, or the tendency was reversed (op. cit. Grzeszczak, 1996).

Suburbanisation and desurbanisation, as processes dominating modern problems of urban and suburban development, are complex phenomena. They can be discussed in many aspects, among others in environmental, economic, and social (Echenique et al., 2012). In the environmental aspect, spreading of cities onto rural areas causes a number of unfavourable phenomena in relations between open and urbanised areas, such as others devastation of the cultural landscape of rural areas, loss of spatial order, planning residential development on land originally not predestined for such a purpose (Bontje, 2001; Zuziak, 2005; Degórska, 2007), defragmentation of local environmental relations, reduces biodiversity, increases greenhouse gas emission, and moving green areas (for potential recreation) further from residential areas in city centres (Rogers and Power, 2000).

In the economic aspect, consequences of the urbanisation of suburban areas include residential-investment building development not related to agricultural economy around cities. This results in an increase in the value of properties (Figure 1).

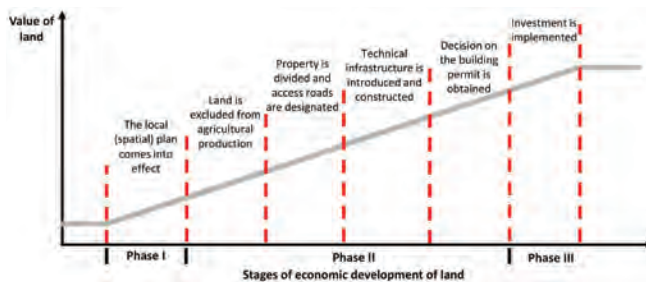


Figure 1: Stages of the investment process and its effect on the value of land.

Investments process causes an increase in demand for land, and income to commune budgets in the form of property tax (increase in investment of communal areas) and personal income tax (Smutek, 2012a), but also expenditures related among others to investment in technical infrastructure, particularly

transport and water-sewage systems (Smutek, 2012b). Excessive change in allocation of arable land, and replacing agricultural functions with other, more profitable ones (op. cit. Bański, 2008) also results in leaving considerable amounts of land fallow while awaiting their sale. This confirms a decline in interest in land cultivation (Degórska and Dereęowska, 2008). In the suburban zone, as a result of urbanisation, not only land use transformations occur, but also social-demographic changes. The processes result in the development of non-agricultural forms of land management, and inflow of new residents from the city. The mono-functionality development of suburbia, with only residential function, causes the phenomenon of “bedroom community” (Dinić and Mitković, 2016). New residents with specific preferences and expectations begin to transform the surrounding space in a manner frequently threatening the natural environment, making it more similar to the urban landscape (of residential areas). With migrations of urban population to rural areas, residents of the latter also adopt the city lifestyle, absorbing not always the best patterns from urban architecture and customs, and abandoning their regional roots. In spite of the improvement of life in such rural areas, the negative effects include a decline in interpersonal relations, conflicts between local and inflowing communities, and social segregation of residents (Topa and Zenou, 2015). New residents also show deterioration in the state of health resulting from every-day time-consuming commuting and travels to city centres for satisfying basic needs (Schweitzer and Zhou, 2010). Cost of the provision of utilities such as water supply, sewage system, and other services also increase (Chmielewski, 2002; Śleszyński, 2018).

One of the strategic objectives stipulated in the National Urban Policy 2023 (2015) adopted by the Council of Ministers on 20 October 2015 is counteracting negative phenomena of uncontrolled suburbanisation through striving for a reduction in the chaotic growth of dispersed building development, and greater care for the protection of the natural environment, land resources, and landscape quality. It is believed that data from the real estate market should be an important source of information in the scope, and particularly analyses based on the market of non-developed land properties which are or can be allocated for building development (Pęchorzewski, 2008; Radziszewska, Jaroszewicz and Szafranek, 2012; Gnat and Bas, 2013; Jaroszewicz, Krupowicz and Sajnog, 2014). Such properties reflect the complex environmental, economic, and social situation occurring in a given area. Furthermore the authors of this paper believe that in zones with more transactions, demand for land properties is increased, and more dynamic changes in land management will occur in the future (parcels will be subject to building development). The situation is the opposite where building development processes are already intensified. Such areas will also experience more activity on the property market. The presumption of the connection between property turnover and the future building development results from the fact that the majority of persons constructing residential buildings for own purposes or developers do it on parcels purchased earlier for this purpose. Apart from the general trend of increase in prices in the property market, an increase in average prices of undeveloped land properties can also mean building development in a given area. Unitary prices of land for building development are higher in areas already at least partially subject to such development than in undeveloped areas. Those analyses of buyer’s preferences are important for urban planners for the most cost-effective use of space (Nahtigal and Grum, 2015).

The objective of the study is the analysis of possible uses of information concerning transactions regarding undeveloped land properties allocated for building development (particularly the number of transactions concerning such properties, their spatial distribution, unitary prices, average prices of properties,

and their changes in a given area) for the identification of areas of future intensification of processes of building development in properties located in the suburban zone. We assume and verify the correlation of property turnover with later suburbanisation. Forecasting the occurrence of uncontrolled suburbanisation in particular locations can be helpful in planning activities reducing its negative effect with consideration of the principles of sustainable development of suburban areas.

2 SUBURBANISATION AROUND THE CAPITAL CITY OF POLAND

Spatial conflicts in European cities are particularly intensified in Polish cities which after the period of socialist economy entered the age of transformations completely unprepared for the new reality (Paszowski, 2011). With the introduction of market mechanisms, they did not become classic “capitalist” cities, but rather hybrids of both systems – “post-socialist cities” (Lorens, 2008, p. 31). Suburbanisation also took a specific form due to the conditions of development of settlement forms untypical in comparison to the neighbouring countries.

In the region of Warsaw (the capital city), spatial development in rural areas was determined by numerous political transformations, including three agricultural reforms, performed in 1864, 1920, 1944. They led to the liquidation of larger land properties and contributed to the fragmentation of farms and development of new agricultural settlements, frequently separated from complexes of rural development. After the 2nd World War, due to material losses in special structure and as a result of the destruction of bourgeois culture, cities lost their historical continuity. In the period of the People’s Republic of Poland (in years 1970’s and 1980’s), development of cities was particularly associated in the awareness of politicians with areal expansion: the size of cities was increased through incorporating the surrounding successively developed villages.

Urban space was not of economic character, and its development was subjected to political power. Development plans of the Warsaw Voivodship (passed in 1978) still did not identify the threat of expansion of building development outside urbanised areas, although the trend of single-family residential building development indicated a serious threat. Relatively easily accessible and therefore undeveloped areas, not planned for urbanisation in the plan, were allocated for complexes of detached houses (Majewska, 2012). Spatial development plans for communes in the vicinity of Warsaw stipulated building areas, also between places designates in the Voivodship plan by belts of spatial development. As a result of the transformations, the belt-node spatial structure of the agglomeration successively lost transparency, creating a chaotic cluster of dispersed building development, not only extending the settlement belts, but also encroaching on areas between them (Chmielewski, 2002, Śleszyński, 2012).

The crisis in many areas of the economy in the 1980’s particularly strongly affected residential development. A drastic decline in construction of residential buildings occurred in comparison to the growing needs. The availability of land and possibility of construction on arable land – so-called “settlements” contributed to a rapid increase in construction of single-family houses – usually for people not related to work in a rural homestead. The only criterion for selection of location was accessibility of the public road. The process of building development around roads commenced, involving quarters of buildings left with no road access.

After the political transformation in the 1990’s, the purpose of considerable amounts of arable land was changed in development plans passed in the period (particularly to housing development), exceeding

the actual needs and possibilities of building development in the areas (among others: Markowski, 2004; Strzelecki and Kucińska 2006; Degórska and Deręgowska, 2008; Śleszyński, 2012). The processes were also favoured by the extremely liberal approach to the ownership right – in contrast to the limited approach to ownership in the socialist period.

The created legal possibilities and the resulting functional-economic structures launched a process of dispersion of building development in Poland, particularly in regions where agriculture ceased to be the primary source of income. Such regions are areas around large cities where residents commute. In spite of attempts to manage planning processes through planning acts from 1994 and 2003, no legal measures currently exist in Poland permitting steering of the uncontrolled allocation of arable land for building development. The binding land use indices permitted urbanisation of increasingly more new areas excluded from agricultural production. Building development often occurs on plots with a layout characteristic of rural areas (narrow elongated plots) without conducting processes of plot structure transformation, which results in among others irrational parameters of roads and parcels (an example is presented in Figure 3).

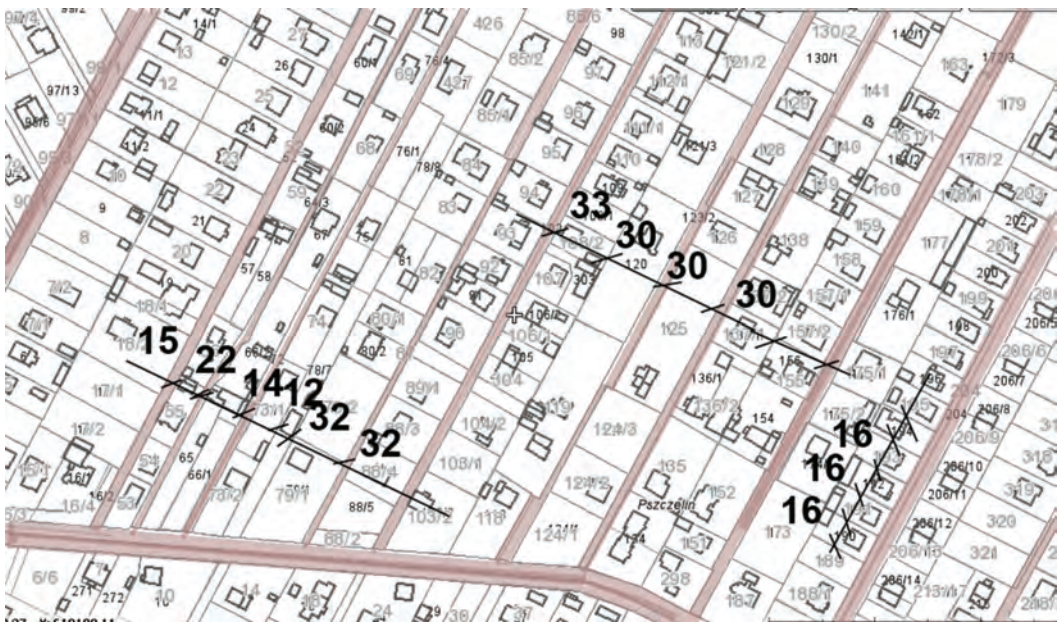


Figure 2: Brwinów city in the vicinity of Warsaw, new urbanisation areas in the territory of the former Pszczelin village.

New defective forms of spatial development of rural areas, and the accompanying emission of pollutants (to water, soil, and air) result in a decline of the quality of life of residents of the agglomeration. Service complexes with the commercial, logistics, and even entertainment functions were removed from the central zones. The phenomenon generates traffic of private cars on all transport routes between the city and rural areas (particularly exit from the city). This is a considerable inconvenience for users of the urban space. Defragmentation of local ecosystems and disturbance of environmental relations occur – conflicting with the rules of sustainable development. They also disturb spatial order in the suburban zone of the capital (op. cit. Chmielewski, 2005) and cause an increase in the costs of provision of infrastructure facilities (Chmielewski, 2002; Śleszyński, 2018).

4 METHODS

This paper presents a method of identification of future suburbanisation areas. It is based on the analysis of transactions regarding undeveloped land properties allocated for building development other than homestead development (so-called “*zabudowa siedliskowa*” an official category denoting construction either residential or non-residential, but intimately associated with the activity of farming – def. follow: Degórska, 2012 p. 91) at the studied locations. The method is based on the assumption that a major part of purchasers of undeveloped land properties will eventually commence the investment processes. For the purpose of verification of the assumed correlation of property turnover with later suburbanisation constituting the core of the proposed method, research was conducted on the general and detailed level.

The research was preceded by the analysis of relative changes of arable land area in cadastral units (urban and rural communes and urban and rural areas of urban-rural communes) in the period from 1. 1. 2009 to 1. 1. 2015 in districts directly neighbouring with the capital city of Warsaw, and nowodworski district located in close vicinity to the capital city – Figure 3. In the majority of cadastral units, the areas of the land decreased, although the intensity of the process is varied. For the detailed level of research we selected Jabłonna and Celestynów municipalities, also shown in Figure 3.

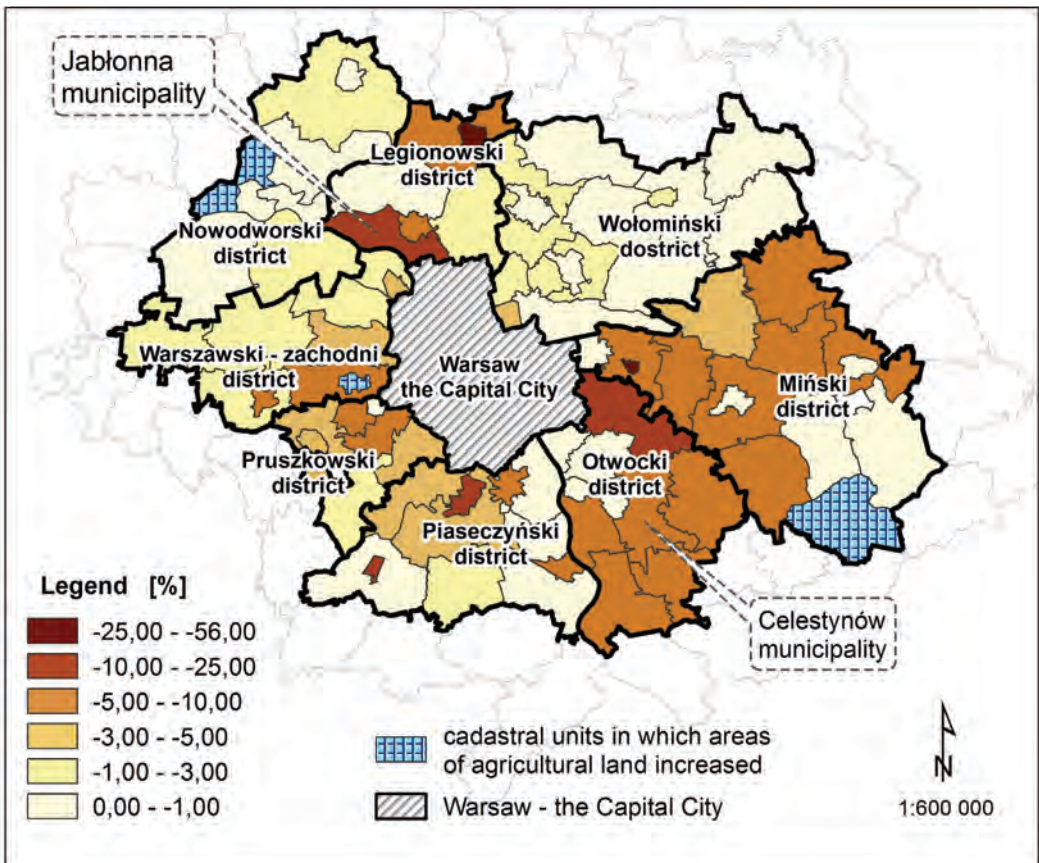


Figure 3: Changes (%) of the area of arable land in the surroundings of Warsaw in the period from 1. 1. 2009 to 1. 1. 2015.

On the general level, the research involved the verification of the correlation between the total number of transactions concerning undeveloped land properties allocated for building development other than homestead development in the analysed cadastral units in the years 2009–2014 and change in the area of arable land (the absolute change in ha) in such units in the same period. The data were obtained from registers of prices and values of properties and collections of data covered by the land and building registers (both are run by the *starost* – district office)

Pearson's coefficients of linear correlation were calculated for all cadastral units in all analyzed districts (value of coefficient r in result Table 1). Additionally, after excluding the most extreme outlier (that is cadastral unit lowering the absolute value of coefficient r to the highest degree), Pearson's coefficients of linear correlation were calculated again (value of coefficient r^* in result Table 1).

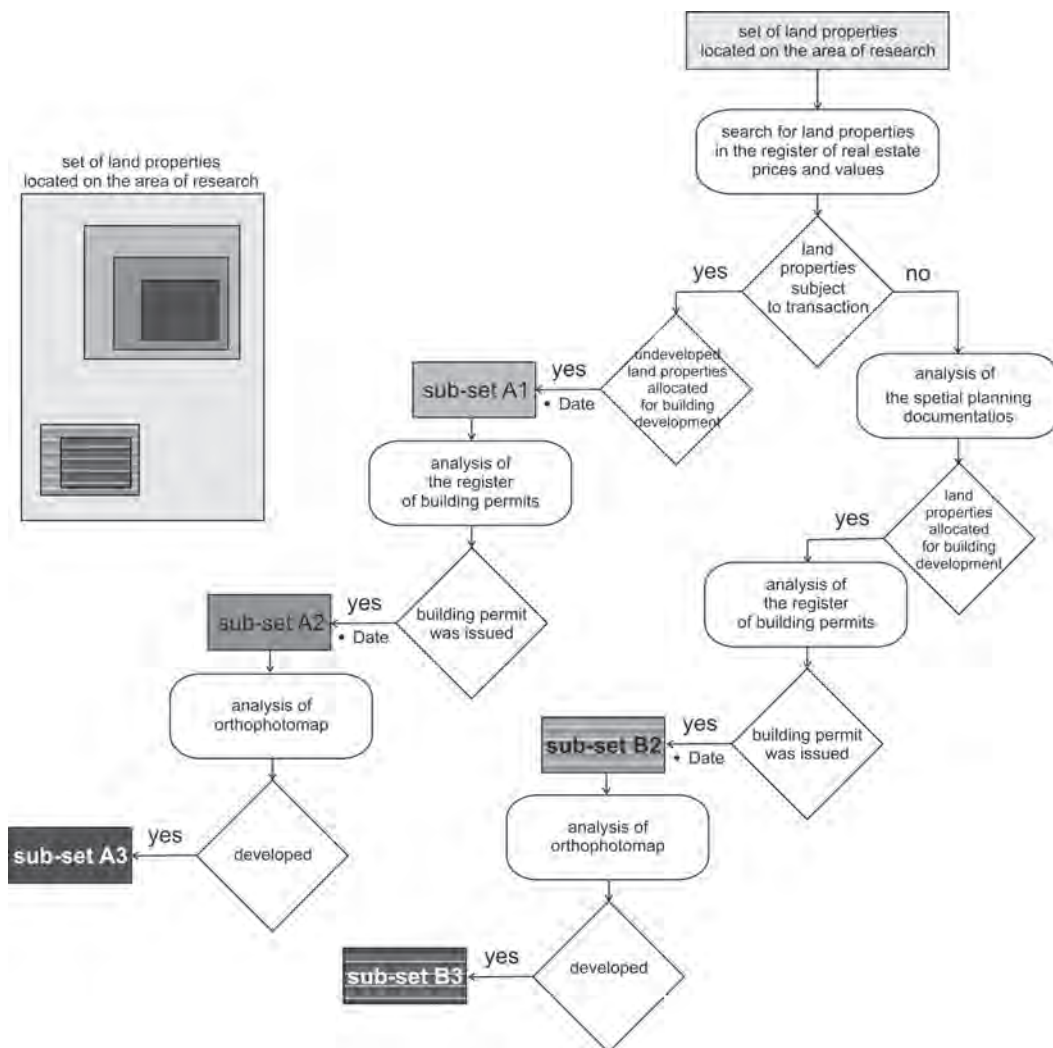


Figure 4: Diagram presenting the general idea of the detailed research.

On the detailed level, we conduct research in two selected rural communities. We adopted the obvious assumption that only a part of plots potentially designated for building development become subject to transactions. Furthermore, no building investments commence on part of them for many years. As a consequence, a building permit is obtained and implementation of an investment commences only in reference to some of them. The aforementioned phenomenon is presented in Figure 4. The analysis of the degree and time period in which building investments are implemented on plots subject to transactions permits the development of a prediction model of processes of actual urbanisation in the analysed suburban area. The conducted detailed analyses the general idea of which was presented in the figure (Fig. 4) permit the determination of the following:

- what percent of plots subject to sale in the analysed period is developed later, and in what period of time
- what percent of plots for which a building permit was issued in the analysed period was subject to transactions in the previous years (the study adopted a period of up to five years preceding the date of issuance of the building permit), and what percent of such plots was actually developed.

5 RESULTS

The results of verification of the method based on the general level analysis for 5 districts adjacent to the capital city of Warsaw are included in Table 1.

Table 1: Linear correlation coefficients for the number of transactions and change of the area of arable land based on all cadastral units – r , and without consideration of the cadastral unit lowering the value of the correlation coefficient to the highest degree – r^* .

District	Value of coefficient r / r^*	Name of cadastral unit not considered in the calculation of r^*
Legionowo	–0.39 / –0.94	Wieliszew
Mińsk	–0.19 / –0.30	Siennica
Otwock	–0.39 / –0.53	Józefów
Pruszków	–0.68 / –0.98	Nadarzyn
Warszawa-west	–0.65 / –0.83	Kampinos

The linear correlation coefficients allow the determination of the existence of correlation between the number of transactions concerning undeveloped land property allocated for building development other than homestead development, and a change in the area of arable land. Negative values of the aforementioned coefficients suggest that a higher number of transactions determined higher losses of area of arable land. The correlation is strong in the case of districts: Legionowo, Pruszków, and Warszawa-west. The correlation coefficient without consideration of the cadastral unit lowering the value of the coefficient to the highest degree varied from –0.83 to –0.94. Only for the Otwock district, the correlation showed mean strength r^* of –0.53, and for the Mińsk district it was weak – r^* reached a value of –0.30.

The verification of the method was conducted on the analysis on lower spatial level based on the example of two selected rural communes:

1. Jabłonna, distinguished by very high loss of arable land and very high increase in the area of building developed, including residential areas, as well as a very high number of transactions concerning properties allocated for building development;

2. Celestynów, distinguished by average loss of the area of arable land and increase in the area of developed and urbanised land, including residential areas, as well as an average number of transactions concerning properties allocated for building development.

We conducted slightly different research in two selected rural communities:

For the Jabłonna commune, the analysis of the register of building permits from the years 2011–2012 was performed. For 147 properties for which a decision of permission for construction of usually a residential building was issued, their construction was verified based on the cadastral map and orthophoto. 111 of them were constructed (i.e. 75%). It was also verified which of the properties had been subject to a transaction. It was determined that 43, i.e. 39% of developed properties had been subject to a transaction earlier, in the years 2009–2012 (Figure 5).

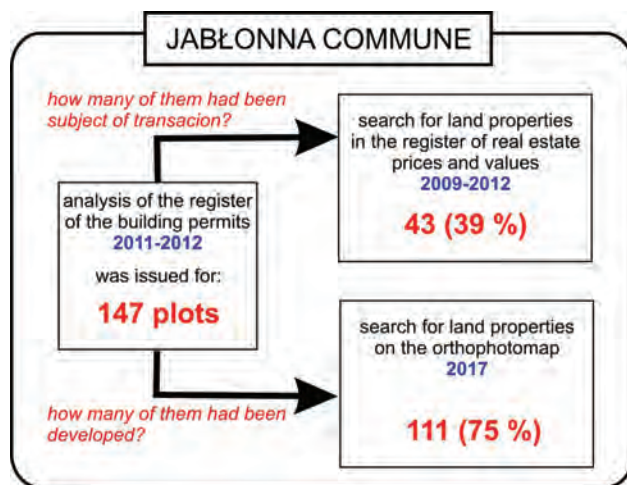


Figure 5: Results of detailed analyses for the Jabłonna commune.

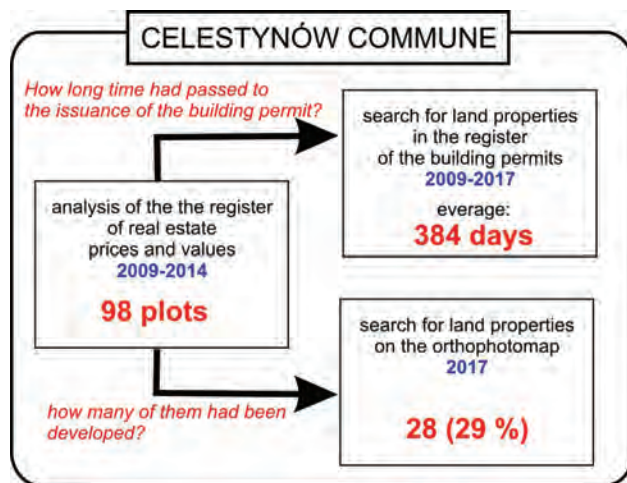


Figure 6: Results of detailed analyses for the Celestynów commune.

For the Celestynów commune, after the analysis of transactions concerning undeveloped land properties allocated for building development other than homestead development, the analysis of the register of building permits from the years 2009–2014 was performed. It was verified whether for a property subject to a transaction in the years 2009–2014 a building permit was then issued, and how long time had passed from the notarial deed of the sale of the property to the issuance of the building permit. The average time amounted to 384 days, i.e. slightly more than a year.

It was also determined that among 98 properties allocated for building development subject to transactions, 28, i.e. 29% of parcels were developed (Figure 6).

6 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

In the case of the majority of districts, the results showed a strong correlation between the loss of arable land and number of transactions concerning undeveloped land allocated for building development other than homestead development. This confirms the thesis that information on the number of transactions concerning undeveloped land allocated for building development other than homestead development is a good measure permitting predicting the intensity of processes related to new building development in suburban areas, and the related changes in land use.

It was also determined that a considerable part – 39% of the analysed developed properties had been subject to a transaction as undeveloped properties up to three years before. A part of undeveloped land properties allocated for building development other than homestead development, subject to transactions – 29% of the analysed cases, is subject to building development within three years from the date of transaction. This allows us to predict the intensity of building development. Summing up the discussed issue, notice a similar effect of restrictions on turnover of arable land on the intensity of the suburbanisation. Such restrictions were introduced based on the act of 14 April 2016 on withholding of the sale of properties of the Agriculture Property Stock of the State Treasury and on the amendment to certain acts which came into force on 30 April 2016 (ACT, 2016). Considering a decrease in the number of transactions concerning undeveloped land properties constituting arable land, slowing down of the suburbanisation in the suburban zone dominated by arable land can be expected in several years. Before this happens, however, the process will intensify, considering ongoing building development on properties purchased before 30 April 2016.

Literature and references:

- ACT (2016). Ustawa z dnia 14 kwietnia 2016 r. o wstrzymaniu sprzedaży nieruchomości Zasobu Własności Rolnej Skarbu Państwa oraz zmianie niektórych ustaw (Dz. U. z 2016 r., poz. 585.) (= Act of 14 April 2016 on withholding of the sale of properties of the Agricultural Properties Resource of the State Treasury and on the amendment of certain acts, *Journal of Laws of 2016*, item 585). (in Polish)
- Bański, J. (2008). Strefa podmiejska – już nie miasto, jeszcze nie wieś (= Suburban zone – between urban and rural). In A. Jezierska-Hole (Ed.), L. Kozłowski (Ed.), *Gospodarka przestrzenna w strefie kontinuum miejsko-wiejskiego w Polsce* (= Spatial management in the zone of urban-rural continuum in Poland) (pp. 29–44). Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. (in Polish)
- Belliot, M. (Ed.) (2006). *Habitat formes urbaines. Densités comparées et tendances d'évolution en France* (= Habitat: urban forms. Comparative densities and trends in France). Paris: Fédération Nationale des Agences d'Urbanisme, 272 p. (in French)
- Bielińska, E., Baran, S., Pawłowski, L., Józwiakowski, K., Futa, B., Bik-Małodzińska, M., Mucha, Z., Generowicz, A. (2014). Theoretical aspects of the integrated protection of suburban areas. *Problemy ekorozwoju – Problems of sustainable development*, 9 (1), 127–139. <http://ekorozwoj.pol.lublin.pl/no17/r.pdf>.
- Bielska, A., Budzyński, T., Krupowicz, W. (2015). The effects of defective spatial structure on the agricultural property market. *Folia Oeconomica Stetinensia*, 15 (1), 174–192. DOI: <https://doi.org/10.1515/foli-2015-0028>

- Bitner, A. (2011). Charakterystycy kształt działek ewidencyjnych na terenach zurbanizowanych – analiza struktury morfologicznej miast (= Characteristic shape of land parcels on the urbanized areas - the analysis of morphological structure of a city). *Acta Scientiarum Polonorum. Geodesia et Descriptio Terrarum*, 10 (1), 23–31. (in Polish)
- Bontje, M. A. (2001). The Challenge of Planned Urbanisation. Urbanisation and National Urbanisation Policy in the Netherlands in a Northwest-European Perspective. Amsterdam: AME, 309 p.
- Charlot-Valdieu, C., Outrequin, P. (2009). L'urbanisme durable. Concevoir un écoquartier (= Sustainable urban planning. Designing an eco-neighborhood). Paris: Le Moniteur Editions, 295 p. (in French)
- Chmielewski, J. M. (2002). Koncepcja rozwoju aglomeracji warszawskiej a jej stan obecny - osiągnięcia i perspektywy Warszawskiego Śródmieścia Urbanistów i Planistów Przestrzennych u progu 80 – lecia TUP. Warszawa, p. 58–66.
- Chmielewski, J. M. (2005). Problemy rozpraszania się zabudowy na obszarze metropolitalnym Warszawy (= Problems of building development dispersion in the metropolitan area of Warsaw). In P. Lorens (Ed.), *Problem suburbanizacji (= Problem of Suburbanisation)* (pp. 52–62). Biblioteka Urbanisty, Warszawa. (in Polish)
- Couch, Ch., Leontidou, L., Petschel-Held, G. (2007). *Urban Sprawl in Europe: Landscapes, Land-Use Change & Policy*. Blackwell Publishing, 296 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470692066>
- Degórska, B. (2007). Wybrane problemy zagospodarowania i ochrony środowiska związane z rozwojem suburbanizacji (= Selected problems of environmental management and protection related to the suburbanisation development). *Biuletyn KPZK PAN*, 230, 75–88. (in Polish)
- Degórska, B., Deregowska, A. (2008). Zmiany krajobrazu Obszaru Metropolitalnego Warszawy na przełomie XX i XXI wieku. *Atlas Warszawy (= Changes in the metropolitan landscape of Warsaw at the turn of the 20th and 21st century. Atlas of Warsaw)*. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, 150 p. (in Polish)
- Dinić, M., Mitković, P. (2016). Suburban design: from “bedroom communities” to sustainable neighborhoods. *Geodetski vestnik*, 60 (1), 98–113. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2016.01.98-113>
- Echenique, M. H., Hargreaves, A. J., Mitchell, G., Namdeo, A. (2012). Growing Cities Sustainably. *Journal of the American Planning Association*, 78 (2), 121–137. DOI: <https://doi.org/10.1080/01944363.2012.666731>
- Gnat, S., Bas, M., (2013). Statistical analysis of chosen aspects of suburbanisation process in Szczecin in 2006–2011. *Real Estate Management and Valuation*, 21 (3), 71–80. DOI: <https://doi.org/10.2478/remav-2013-0028>
- Grzeszczak, J. (1996). Tendencje kontrurbanizacyjne w krajach Europy Zachodniej (= Counterurbanization tendencies in Western European countries). Wrocław: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, 82 p. (in Polish)
- Gzell, S. (2015). Wykłady o współczesnej urbanistyce with English supplement on contemporary town planning (= Lectures on modern urban planning with English supplement on contemporary town planning). Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 208 p. (in Polish)
- Hirt, S. (2007). Suburbanizing Sofia: Characteristics of post-socialist peri-urban change. *Urban Geography*, 28 (8), 755–780. DOI: <https://doi.org/10.2747/0272-3638.28.8.755>
- Jacobs, J. (2002). *The Death and Life of Great American Cities*. Vintage Books, 480 p. (First published 1961).
- Jaroszewicz, J., Krupowicz, W., Sajnog, N. (2014). Monitoring of transaction prices of land involving spatial statistical analyses for the purposes of spatial management. In S. Żróbek (Ed.), *Analiza rynku i zarządzanie nieruchomościami (= Market analysis and property management)* (pp.23–39). Olsztyn: Towarzystwo Naukowe Nieruchomości.
- Kährnik, A., Tammaru, T. (2008). Population composition in new suburban settlements of the Tallinn metropolitan area. *Urban Studies*, 45 (5–6), 1055–1078. DOI: <https://doi.org/10.1177/0042098008089853>
- Krišjāne, Z., Bērziņš, M. (2012). Post-socialist urban trends: New patterns and motivations for migration in the suburban areas of Riga, Latvia. *Urban Studies*, 49 (2), 289–306. DOI: <https://doi.org/10.1177/0042098011402232>
- Kubeš, J. (2013). European post-socialist cities and their near hinterland in intra-urban geography literature. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series* 2013, 19, 19–43. DOI: <https://doi.org/10.2478/bog-2013-0002>
- Lorens, P. (2005). Dlaczego problem suburbanizacji? Wprowadzenie (= Why problem of suburbanisation? Introduction). In P. Lorens (Ed.), *Problem suburbanizacji (= Problem of Suburbanisation)* (pp. 6–8). Biblioteka Urbanisty 7, Warszawa. (in Polish)
- Lorens, P. (2008). Główne tendencje przemiany struktury funkcjonalno – przestrzennej współczesnych miast, (= Primary tendencies of transformations of the functional-spatial structure of modern cities). In P. Lorens (Ed.), E. Ratajczyk-Piątkowska (Ed.), *Komercjalizacja przestrzeni – charakterystyczne zjawiska (= Commercialisation of space – characteristic phenomena)*. Biblioteka Urbanisty 12, Warszawa. (in Polish)
- Majewska, A. (2012). Suburbanizacja w strefie metropolitarnej Warszawy, jako zagrożenie zrównoważonego rozwoju (= Suburbanisation in the Warsaw Metropolitan Area as a threat to sustainable development). In A. Maciejewska (Ed.), *Gospodarka przestrzenne w świetle wymagań strategii zrównoważonego rozwoju (= Spatial management in the context of requirements of the sustainable development strategy)* (pp. 308–320). *Studia vol. 42, Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju PAN, Warszawa.* (in Polish)
- Markowski, T. (2004). Miasta polskie w procesie transformacji (= Polish cities in the process of transformations). In M. Koczanowski (Ed.), P. Lorens (Ed.), *Miasto wspólne dobro i zbiorowy obowiązek (= City – common good and collective obligation)*. Biblioteka Urbanisty 2, Warszawa (in Polish)
- Mihai, B., Nistor, C., Simion, G. (2015). Post-Socialist Urban Growth of Bucharest, Romania-A Change Detection Analysis On Landsat Imagery (1984–2010). *Acta geographica Slovenica*, 55 (2), 223–234 DOI: <https://doi.org/10.3986/AGS.709>
- Nahtigal, D., Grum, B. (2015). Segmentation and the value frame of buyers of residential apartments. *Geodetski vestnik*, 59 (1), 71–101. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.01.071-101>
- National Urban Policy 2023 (2015). *Krajowa Polityka Miejska 2023. Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa.* (in Polish). https://www.mr.gov.pl/media/10252/Krajowa_Polityka_Miejska_20-10-2015.pdf

- Ostrowski, W. (1975). *Urbanistyka współczesna (= Modern urban planning)*. Warszawa: Wydawnictwo Arkady. (in Polish)
- Paszowski, Z. (2011). *Miasto idealne w perspektywie europejskiej i jego związki z urbanistyką współczesną (= Ideal city in the European perspective and its relations to modern urban planning)*. Kraków: Wydawnictwo Universitas, 324 p. (in Polish)
- Penerai, P. (2008). *Paris métropole. Forme et échelles du Grande-Paris*. Paris: Éditions de la Villette. (in French)
- Pęchorzewski, D. (2008). Comparative analysis of suburbanization in selected cities of Central and Eastern Europe in the years 1990-2007. In D. Popescu et. al. (ed.), *Environmental Problems And Development* (pp. 66–70). Bucharest, Romania.
- Phelps, N.A., Wu, F. (2011). *International perspectives on suburbanization: a post-suburban world?* Palgrave Macmillan UK, 289 p.
- Phelps, N.A. (2017). *Old Europe, new suburbanization?: governance, land, and infrastructure in European suburbanization*. University of Toronto Press, Scholarly Publishing Division, 280 p. DOI: <https://doi.org/10.3138/9781442616479>
- Pojani, D. (2011). Urban and suburban retail development in Albania's capital after socialism. *Land Use Policy*, 28 (4), 836-845. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.02.001>
- Przegon, W., Baciór, S., Sobolewska-Mikulska, K. (2016). Cartographic analysis of transformations of the spatial structure of lands of Podgórze in Krakow in Poland in the period of 1847–2016. *Geodetski vestnik*, 61 (2), 278–292. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2017.02.278-292>
- Radziszewska, W., Jaroszewicz, J., Szafranek, A. (2012). Rozkład przestrzenny wartości rynkowych gruntów przeznaczonych pod zabudowę mieszkaniową na obszarach wiejskich w sferze oddziaływania miasta (= Spatial distribution of market values of land for residential housing in rural areas in the zone of influence of urban areas). *Studia Obszarów Wiejskich*, 29, 105–128.
- Rogers, R., Power, A. (2000). *Cities for a Small Country*. London: Faber and Faber, 320 p.
- Salamon, J. (2010). Analiza czynników wpływających na ceny działek rolnych i budowlanych na przykładzie gminy Bochnia (= Analysis of factors affecting prices of agricultural and building plots on an example of Bochnia commune). *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 2, 185–191. (in Polish)
- Schweitzer, L., Zhou, J. (2010). Neighbourhood air quality, respiratory health, and vulnerable populations in compact and sprawled regions. *Journal of the American Planning Association*, 76 (3), 363–371. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01944363.2010.486623>
- Smutek, J. (2012a). Wpływ suburbanizacji w strefie oddziaływania wielkiego miasta na dochody gmin z tytułu udziału w podatku dochodowym od osób fizycznych w Polsce (= Effect of urbanisation in the zone of influence of a great city on the income of communes due to participation in personal income tax in Poland). *Buletyn Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna*, 1, 103–121. (in Polish)
- Smutek, J. (2012b). Suburbanizacja, rozwój niezrównoważony i jego konsekwencje dla wydatków gmin w Polsce (= Suburbanisation, sustainable development, and its consequences for expenditures of communes in Poland). *Handel Wewnętrzny*, 7 (2), 142–153. (in Polish)
- Strzelecki, Z., Kucińska, M. (2006) *Żywiotowe rozprzestrzenianie się metropolii warszawskiej*. In S. Kozłowski (Ed.), *Żywiotowe rozprzestrzenianie się miast*. Białystok – Lublin – Warszawa, pp. 128–129
- Sýkora, L. (1999). Changes in the internal spatial structure of post-communist Prague. *GeoJournal*, 49 (1), 79–89. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:100706000411>
- Sýkora, L., Ouředníček, M., (2007). *Sprawling post-communist metropolis: commercial and residential suburbanisation in Prague and Brno, the Czech Republic*. In E. Razin, Dijst, M., Vázquez, C. (Eds.), *Employment Deconcentration in European Metropolitan Areas: Market Forces versus Planning Regulations*, (pp. 209–233). Dordrecht: Springer.
- Sýkora, L., Stanilov, K. (2014). The Challenge of Postsocialist Suburbanization. In K. Stanilov (Ed.), L. Sýkora (Ed.), *Confronting Suburbanization: Urban Decentralization in Postsocialist Central and Eastern Europe* (pp. 1–32). Chichester: Wiley-Blackwell. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/9781118295861.ch1>
- Śleszyński, P. (2012). Warszawa i obszar metropolitalny Warszawy a rozwój Mazowsza. *Trendy Rozwojowe Mazowsza 8/2012*, p. XX. (in Polish)
- Śleszyński, P. (2018). Społeczno-ekonomiczne skutki chaosu przestrzennego dla osadnictwa i struktury funkcjonalnej terenów (= Socio-Economic Effects of the Spatial Chaos for the Settlement Systems and Functional Land Use Structure). *Studia KPZK PAN* pp. 29– 80. (in Polish)
- Tammaru, T., Kulu, H., Kask, I. (2004). Urbanization, suburbanization and counter-urbanization in Estonia. *Eurasian Geography and Economics*, 45 (3), 212–229. DOI: <https://doi.org/10.2747/1538-7216.45.3.212>
- Tanaś, J., Trojanek, M. (2014). Changes in land use structure in suburban zones in Poland after the 90. *Journal of International Studies*, 7 (3), 81–89. DOI: <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2014/7-3/7>
- Topa, G., Zenou, Y. (2015). Neighbourhood and Network Effects. In G. Duranton, J. V. Henderson (Ed.), W. C. Strange (Ed.), *Handbook of regional and urban economics* (Vol. 5, pp. 561-624). Amsterdam: The Netherlands: Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-59517-1.00009-x>
- Węgliński, J. (1988). *Metropolitalna Ameryka (= Metropolitan America)*. Warszawa: Wydawnictwo Wiedza Powszechna, 178 p. (in Polish)
- Zuziak, Z. (2005). Strefa podmiejska w architekturze miasta. W stronę nowej architektoniki regionu miejskiego (= Suburban zone in the architecture of the city). In P. Lorens (Ed.), *Problem suburbanizacji (= Problem of Suburbanisation)* (pp. 17-32). Biblioteka Urbanisty 7, Warszawa. (in Polish)
- Živković, L., Marani, S., Berk, S., Dežman Kete V., Trapani, F., Esposito, G., Špeh, N., Milić, Đ., Živanović, T., Barborič, B. (2015). Towards a monitoring information system for territorial attractiveness and policy management in South East Europe. *Geodetski vestnik*, 59 (4,752–766). DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.04.752-766>



Budzyński T., Jaroszewicz J., Krupowicz W., Majewska A., Sajnog N. (2018). A method for identification of future suburbanisation areas. *Geodetski vestnik*, 62 (3), 472-486. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.03.472-486>

Tomasz Budzyński, Ph.D.

*Warsaw University of Technology, Faculty of Geodesy and Cartography
Plac Politechniki 1, 00-661 Warsaw, Poland
e-mail: t.budzynski@gik.pw.edu.pl*

Anna Majewska, Ph. D.

*Warsaw University of Technology, Faculty of Geodesy and Cartography
Plac Politechniki 1, 00-661 Warsaw, Poland
e-mail: a.majewska@gik.pw.edu.pl*

Joanna Jaroszewicz, Ph.D.

*Warsaw University of Technology, Faculty of Geodesy and Cartography
Plac Politechniki 1, 00-661 Warsaw, Poland
e-mail: j.jaroszewicz@gik.pw.edu.pl*

Natalia Sajnog, Ph. D.

*Warsaw University of Technology, Faculty of Geodesy and Cartography
Plac Politechniki 1, 00-661 Warsaw, Poland
e-mail: n.sajnog@gik.pw.edu.pl*

Wioleta Krupowicz, Ph. D.

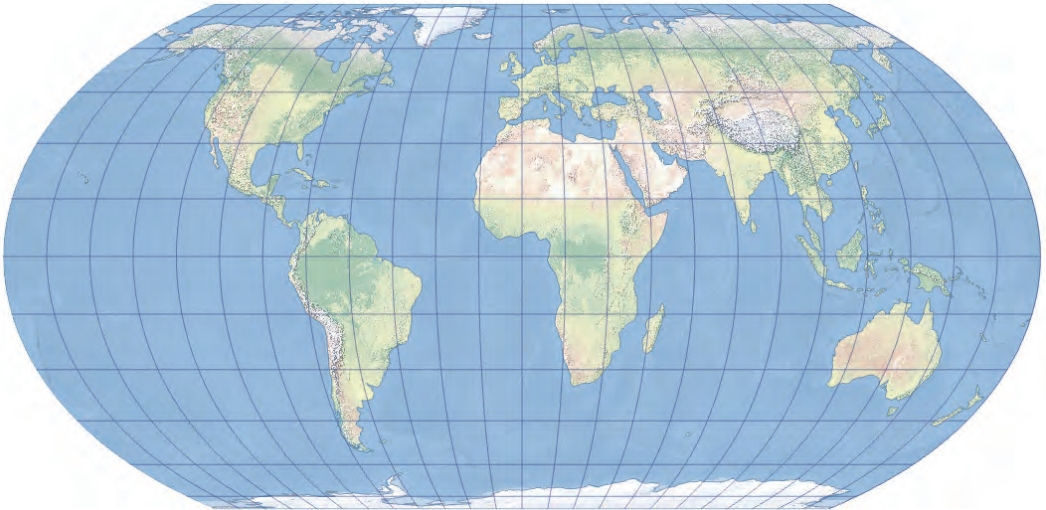
*Warsaw University of Technology, Faculty of Geodesy and Cartography
Plac Politechniki 1, 00-661 Warsaw, Poland
e-mail: w.krupowicz@gik.pw.edu.pl*

EKVIVALENTNA ZEMLJINA KARTOGRAFSKA PROJEKCIJA

EQUAL EARTH PROJECTION

Bojan Šavrič, Tom Patterson, Bernhard Jenny

Marca lani je javni šolski sistem v Bostonu objavil novico, da bodo odslej za šolske karte sveta uporabljali ekvivalentno Gall-Petersovo kartografsko projekcijo (Boston Public School, 2017). Novico so kmalu zatem povzeli ameriški in mednarodni mediji, kot so *The Guardian* (Walters, 2017), *The Huffington Post* (Workneh, 2017), *National Public Radio* (Dwyer, 2017) in *Newsweek* (Williams, 2017). Objavil jo je tudi slovenski spletni portal SiolNET (Tomšič, 2017). Večina člankov je povzemala že znana stališča: da je Merkatorjeva projekcija slaba izbira za karte sveta zaradi velikih deformacij območij, ki so oddaljena od ekvatorja (pravilen argument), da se Merkatorjeva projekcija uporablja kot standard za izdelavo kart sveta (napačen argument) ter da je ekvivalentna Gall-Petersova projekcija edina, s katero je mogoče to težavo odpraviti (napačen argument) (Sriskandarajah, 2003; Vujakovic, 2003; Monmonier, 2004; Šavrič et al., 2018).



Slika 1: Ekvivalentna Zemljina kartografska projekcija.

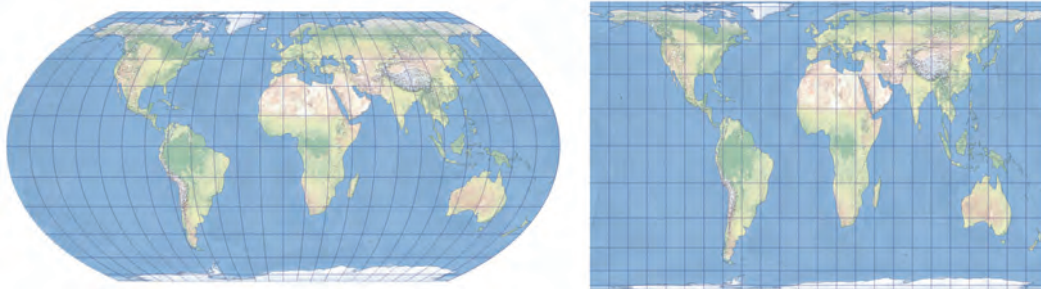
Strokovnjaki na področju kartografskih projekcij ter kartografi in geografi so se, tako kot pri podobnih preteklih objavah (Robinson, 1985; Vujakovic, 2003; Monmonier, 2004), odzvali z očitno frustracijo

(Crowe, 2017; Giaimo, 2017; Mahnken, 2017). V veliko objavljenih člankih mnenja strokovnjakov sploh niso bila navedena in dejstvo, da Gall-Petersova projekcija še zdaleč ni edina ekvivalentna kartografska projekcija, je ostalo povsem spregledano (Šavrič et al., 2018).

V odgovor na medijsko dogajanje v preteklem letu se je rodila zamisel, da ustvarimo povsem novo ekvivalentno kartografsko projekcijo za karto sveta, v kateri bodo upoštevani strokovni standardi (Robinson, 1990; Šavrič et al., 2015; Šavrič et al., 2018), in bo po obliki podobna slavni Robinsonovi projekciji ter privlačno poimenovana: ekvivalentna Zemljina projekcija (Šavrič et al., 2018).

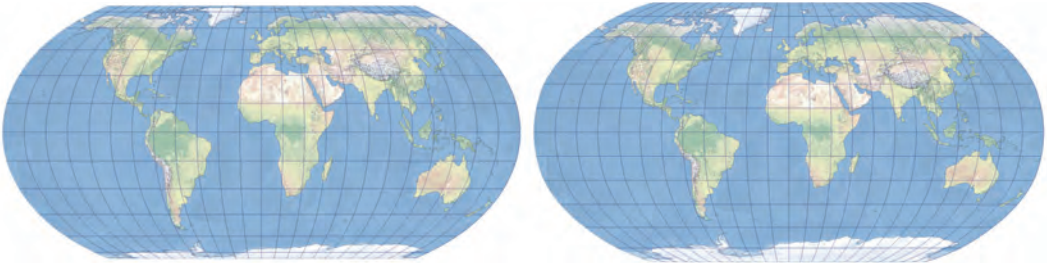
Ekvivalentna Zemljina projekcija (ang. *Equal Earth Projection*) (slika 1) je psevdocilindrična projekcija z enakomerno razporeditvijo poldnevnikov ter ravnimi vzporedniki. Mreža geografskih koordinat je simetrična glede na ekvator ter srednji poldnevnik. Razmerje med srednjim poldnevnikom in ekvatorjem znaša $1 : 2,05$ in je blizu naravnemu razmerju $1 : 2$. Pola se preslikata kot ravni črti (daljci) 0,59-kratnika dolžine ekvatorja. Poldnevniki so s konkavno stranjo obrnjeni proti srednjemu poldnevniku. Robni poldnevniki niso pretirano izbočeni ter ohlapno posnemajo eliptični lok, kar daje vtis dejanske oblike Zemlje (Šavrič et al., 2018).

Od Gall-Petersove projekcije se ekvivalentna Zemljina projekcija očitno razlikuje (slika 2). Slednja je psevdocilindrična, medtem kot je prva cilindrična, kar je lepo razvidno iz oblike mreže vzporednikov in poldnevnikov. Čeprav sta obe projekciji ekvivalentni, pa Gall-Petersova bolj popači oblike kopnega, tako na območju ekvatorja kot tudi v okolici obeh polov. Tako je na primer afriška celina na Gall-Petersovi projekciji raztegnjena v smeri sever–jug, medtem ko je Antarktika povsem sploščena. Tovrstne deformacije oblik so pri ekvivalentni Zemljini projekciji precej manjše.



Slika 2: Primerjava ekvivalentne Zemljine (levo) ter Gall-Petersove (desno) kartografske projekcije.

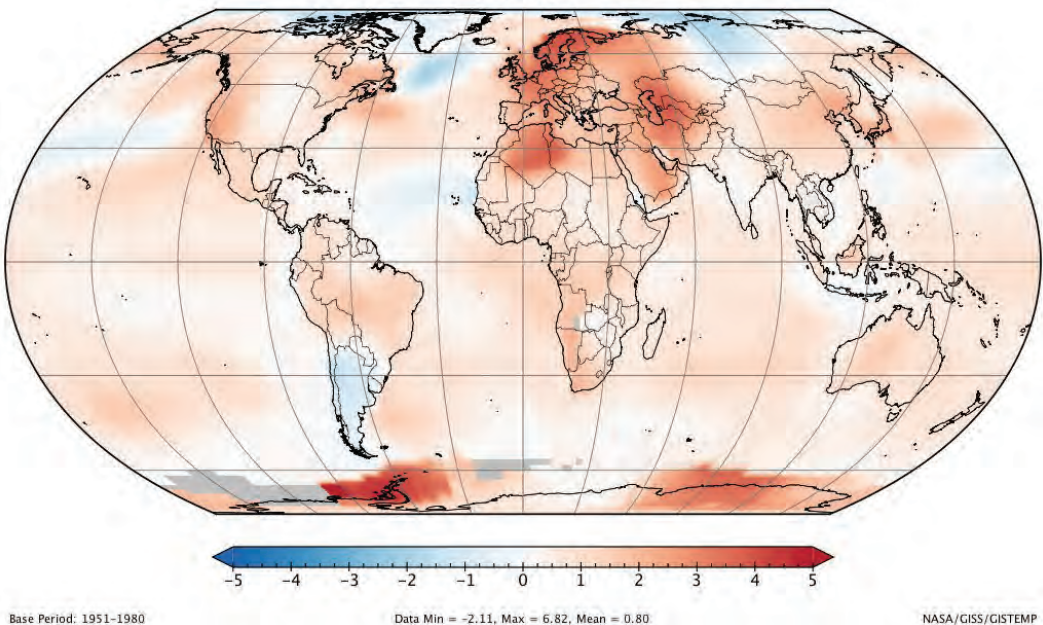
Robinsonova in ekvivalentna Zemljina projekciji imata zelo podobno obliko (slika 3). Ob podrobnejši analizi projekcij pa je mogoče opaziti razlike med njima. Robinsonova projekcija je nekoliko višja (razmerje med srednjim poldnevnikom in ekvatorjem znaša $1 : 1,97$), ekvivalentna Zemljina projekcija nekoliko bolj popači oblike celin v tropskem pasu ter na območju srednjih geografskih širin, polarna območja pa so nekoliko bolj sploščena. To je posledica tega, da ekvivalentna Zemljina projekcija ohranja razmerja med površinami, medtem ko se pri Robinsonovi projekciji deformacije površin z geografsko širino povečujejo (Šavrič et al., 2018).



Slika 3: Primerjava ekvivalentne Zemljine (levo) in Robinsonove (desno) kartografske projekcije.

Ekvivalentna Zemljina projekcija ima precej preprosto matematično enačbo in jo je mogoče preprosto vključevati v različne programske opreme (Šavrič et al., 2018). Njena implementacija v odprtokodne programe in knjižnice se je začela tako rekoč nemudoma po objavi članka avgusta letos v reviji *International Journal of Geographical Information Science* (Šavrič et al., 2018). Projekcija je tako že na voljo v FlexProjectorju (flexprojector.com), GeoServerju (geoserver.org) in D3-knjižnici (d3js.org). Ekvivalentna zemeljska projekcija je tudi že implementirana v knjižnici PROJ (proj4.org/operations/projections/eqearth.html), ki jo uporablja program QGIS. Izid nove verzije, PROJ 5.2.0, je predviden za 15. 9. 2018. Projekcijo je v svoj program G.Projector (giss.nasa.gov/tools/gprojector, verzija 2.3.1 je na voljo od 24. 8. 2018) implementirala tudi ameriška vesoljska agencija Nasa in kmalu po objavi je Nasin Goddardov inštitut za prostorske študije (ang. *Goddard Institute for Space Studies*) projekcijo uporabil za objavo podatkov o temperaturnih anomalijah v juliju (slika 4).

GISTEMP LOTI Anomaly (°C)
July 2018



Slika 4: Svetovne temperaturne anomalije za julij 2018, prikazane v ekvivalentni Zemljini projekciji. Vir: <https://twitter.com/NASAGISS/status/1029769823167963136>.

Avtorji upamo, da bo ekvivalentna Zemljina projekcija prinesla rešitev za javni šolski sistem v Bostonu ter jo bodo uporabili tudi drugi, ki želijo prikazati karto sveta s celinami in državami v njihovi resnični (ali vsaj pravi relativni) velikosti. Aktualno dogajanje in najnovejše karte v ekvivalentni Zemljini projekciji lahko spremljate na družbenih omrežjih (na primer Twitterju) pod oznako #EqualEarthProjection. Nekaj podrobnosti je na voljo tudi na spletni strani shadedrelief.com/ee_proj.

Viri:

- Boston Public Schools (2017). Boston Public Schools unveils culturally proficient maps in several classrooms (objava, 16. 3. 2017), <https://www.bostonpublicschools.org/site/default.aspx?PageType=3&DomainID=4&ViewID=047E6BE3-6D87-4130-8424-D8E4E9ED6C2A&FlexDataID=11934>, pridobljeno 1. 4. 2018.
- Crowe, J. (2017). The Peters projection comes to Boston's Public Schools. The Map Room (blog), <http://www.maproomblog.com/2017/03/the-peters-projection-comes-to-bostons-public-schools/>, pridobljeno 1. 4. 2018.
- Dwyer, C. (2017). Boston students get a glimpse of a whole new world, with different maps. National Public Radio NPR, <https://www.npr.org/sections/thetwo-way/2017/03/21/520938221/boston-students-get-a-glimpse-of-a-whole-new-world-with-different-maps>, pridobljeno 2. 4. 2018.
- Giaimo, C. (2017). Why map historians are annoyed with Boston Public Schools. Atlas Obscura, <https://www.atlasobscura.com/articles/mercator-peters-boston-map>, pridobljeno 2. 4. 2018.
- Robinson, A. H. (1985). Arno Peters and his new cartography. *The American Cartographer*, 12 (2), 103–111.
- Robinson, A. H. (1990). "Rectangular World Maps — No!" *The Professional Geographer*, 42 (1), 101–104. DOI:10.1111/j.0033-0124.1990.00101.x.
- Mahnken, K. (2017). Boston schools have vowed to combat 'racist' maps. Experts want a better geography curriculum. The 74, <https://www.the74million.org/?p=41611>, pridobljeno 2. 4. 2018.
- Monmonier, M. (2004). *Rhumb lines and map wars: A social history of the Mercator projection*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Sriskandarajah, D. (2003). Long underwear on a line? The Peters projection and thirty years of carto-controversy. *Geography*, 88 (3), 236–244.
- Šavrič, B., Jenny, B., White, D., in Strebe, D. R. (2015). User preferences for world map projections. *Cartography and Geographic Information Science*, 42 (5), 398–409. DOI:10.1080/15230406.2015.1014425
- Šavrič, B., Patterson, T., in Jenny, B. (2018). The Equal Earth map projection. *International Journal of Geographical Information Science*, 1–12. DOI:10.1080/013658816.2018.1504949
- Tomšič, M. (2017). Zemljevid sveta vam laže že vse življenje. SiolNET, <https://siol.net/digisvet/novice/zemljevid-sveta-vam-laze-ze-vse-zivljenje-zakaj-437899>, pridobljeno 27. 8. 2018.
- Walters, J. (2017). Boston public schools map switch aims to amend 500 years of distortion. *The Guardian*, <https://www.theguardian.com/education/2017/mar/19/boston-public-schools-world-map-mercator-peters-projection>, pridobljeno 1. 4. 2018.
- Workneh, L. (2017). Boston schools use modernized maps that enlarge Africa, depict world more accurately. *Huffington Post*, https://www.huffingtonpost.com/entry/boston-schools-use-modernized-maps-that-enlarge-africa-depict-world-accurately_us_58d163c2e4b00705db5339e0, pridobljeno 2. 4. 2018.
- Williams, J. (2017). Are maps accurate? Boston school maps depict Africa bigger than North America. *Newsweek*, <http://www.newsweek.com/world-map-mercator-projection-africa-north-america-boston-570920>, pridobljeno 2. 4. 2018.
- Vujakovic, P. (2003). Damn or be damned: Arno Peters and the struggle for the 'New Cartography'. *The Cartographic Journal*, 40 (1), 61–67. DOI:10.1179/000870403235002105

Bojan Šavrič

*Environmental Systems Research Institute, Inc.
Redlands, Kalifornija, Združene države Amerike
e-naslov: bsavric@esri.com*

Bernhard Jenny

*Faculty of Information Technology, Monash University
Melbourne, Avstralija
e-naslov: bernie.jenny@monash.edu*

Tom Patterson

*U. S. National Park Service
Harpers Ferry, Zahodna Virginija, Združene države Amerike
e-naslov: mtnmapper@gmail.com*

USKLADITEV ZEMLJIŠKEGA KATASTRA V PREKMURJU S PODATKI EVIDENCE DRŽAVNE MEJE

HARMONIZATION OF THE LAND CADASTRE IN PREKMURJE WITH THE STATE BORDER DOCUMENTATION DATA

Joc Triglav

1 UVOD

Ena od letošnjih nalog, ki jih izvajamo na Geodetski upravi RS, je uskladitev zemljiškega katastra s podatki o poteku državne meje s sosednjimi državami: Italijo, Avstrijo in Madžarsko. Nalogo izvajamo na območnih geodetskih upravah na podlagi digitalnih podatkov evidence državne meje (EDM), zemljiškega katastra in navodil, ki smo jih prejeli z glavnega urada geodetske uprave. V nadaljevanju je na kratko opisano nekaj podrobnosti in informacij o usklajevanju zemljiškega katastra s potekom državne meje na območju geodetske pisarne Murska Sobota (slika 1). Kratkemu zgodovinskemu opisu stanja skladnosti zemljiškega katastra z državno mejo sledi opis aktivnosti v sodobnem času in kontrolnih ter zaključnih aktivnosti v okviru naloge, ki smo jo dokončali avgusta letos.



Slika 1: Prikaz državne meje Slovenije z Avstrijo in Madžarsko na območju geodetske pisarne Murska Sobota (vir slikovne podlage: spletni portal Preg, 2018)

2 SKOK V ZGODOVINO

Geodetska dela na državni meji z Avstrijo na območju geodetske pisarne Murska Sobota sem v tej reviji že podrobneje opisal (na primer Triglav, 2008, 2012 in 2013). O delih na vzpostavitvi državne meje z Madžarsko pa lahko pridobimo nekaj osnovnih informacij »iz prve roke« v uradni publikaciji nekdanjega jugoslovanskega državnega Biroja za razmejitve. V Opisu mejne linije (MZZ-BR, 1933) med takratno Kraljevino Srbov, Hrvatov in Slovencev (SHS) ter Madžarsko lahko v uvodu preberemo, da je bila razmejitev med državama izvedena na podlagi mirovne pogodbe med antantnimi silami in njihovimi zaveznicami ter Madžarsko. Mirovna pogodba je bila podpisana 4. junija leta 1920 v Trianonu in ratificirana 17. junija leta 1921 v Beogradu. Določitev mejne linije na terenu je izvedla mednarodna komisija (fr. *Commission de Délimitation des Frontières Serbo-Croate-Slovene-Hongroise*), ki so jo antantne in zavezniške sile imenoval skladno z 29. členom Trianonske pogodbe.

Zaradi lažjega označevanja na terenu je bila celotna mejna linija razdeljena na šest sektorjev, kot je razvidno iz preglednice 1 in slike 2.

Preglednica 1: Sektorji državne meje med Kraljevino SHS in Madžarsko (MZZ-BR, 1933).

Ime sektorja	Dolžina mejne linije [m]
Sektor A (Prekmurje)	101.842,43
Sektor B (Međimurje)	179.001,33
Sektor C (Slavonija)	86.516,10
Sektor D (Baranja)	90.312,50
Sektor E (Bačka)	121.255,56
Sektor F (Banat)	44.315,71
Skupna dolžina meje [m]	623.243,63

V nadaljevanju navedene publikacije (MZZ-BR, 1933) je potem po vrsti po sektorjih od A do F z zaporedno navedbo oznak stebrov državnih mejnikov podrobno opisan potek državne meje po posameznih katastrskih občinah, z nekaterimi dodatnimi opisi in opombami. Mejno linijo so označevali z mejnimi stebri, oštevilčenimi in neoštevilčenimi, ter s kopicami zemlje (tako imenovanimi humkami) s količki na sredini in s kopicami brez količkov. Oblike in dimenzije mejnih stebrov so bile različnih tipov, a enotno določene s štirimi tipi z oznakami A, B, C in D, ki so v publikaciji podrobno opisani. Iz navedene publikacije je razvidno število postavljenih mejnih oznak po posameznih sekcijah.

V sektorju A, ki obsega celotno državno mejo v Prekmurju, so tako za označitev državne meje postavili:

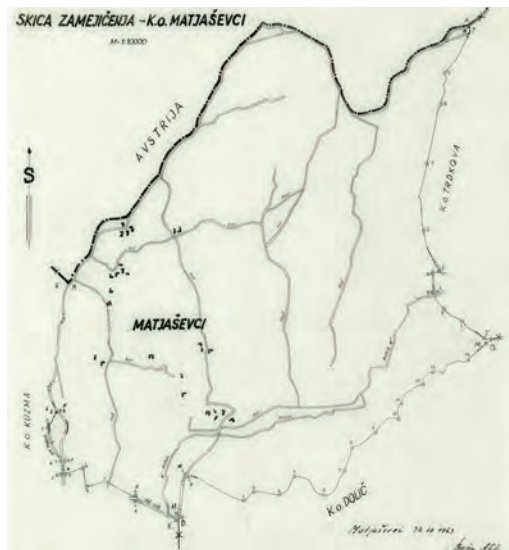
- 653 oštevilčenih betonskih stebrov,
- 220 neoštevilčenih betonskih stebrov,
- 194 poligonskih točk,
- 26 trigonometričnih točk in
- 1488 kopic.

Pri tem je po dogovoru Kraljevina SHS postavila mejne oznake v sektorjih A, C in E, Madžarska pa v sektorjih B, D in F.

Opisana označitev državne meje z vkopanimi stebri in postavljenimi kopicami je bila tudi temelj za upoštevanje in evidentiranje državne meje v načrtih zemljiškega katastra v desetletjih po 2. svetovni vojni, ko so slovenski geodeti v Prekmurju sistematično izvajali obsežne nove izmere.



Slika 2: Karta državne meje med Kraljevino SHS in Madžarsko s prikazom mejnih sektorjev. Sektor A v celoti obsega državno mejo v Prekmurju (MZZ-BR, 1933).

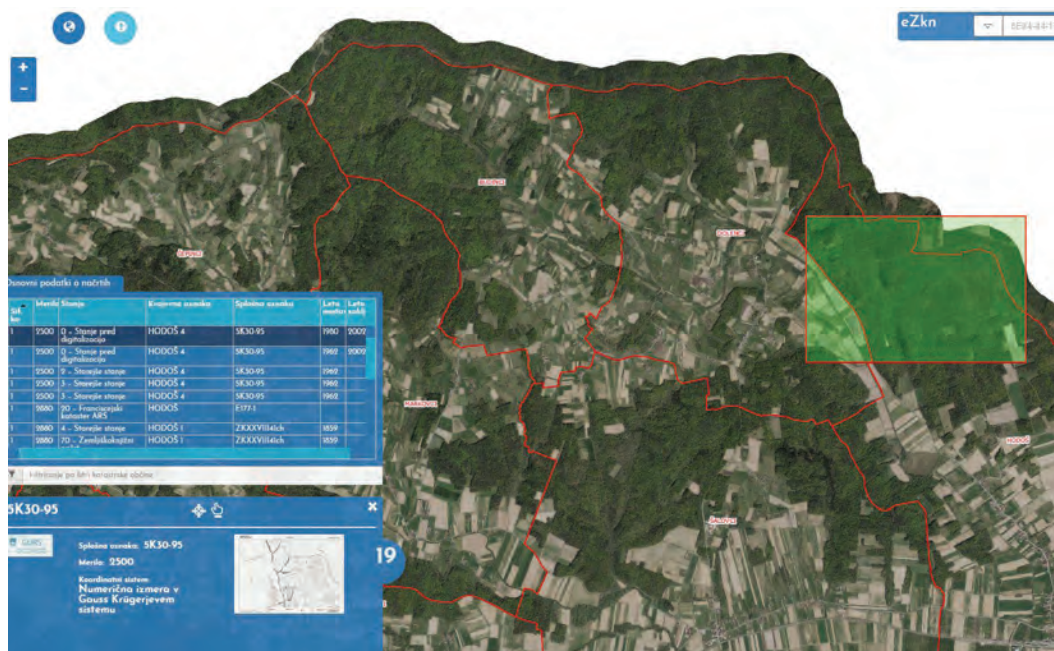


Slika 3: Primer skice iz zapisnika zamejčenja k. o. 24 Matjaševci iz leta 1963, kjer je z debelo linijo vrisana državna meja, ki je prevzeta tudi kot meja katastrske občine. Na notranjih mejah katastrske občine so na skici vidni označeni in oštevilčeni katastrski mejni kamni, postavljeni na ključnih lomnih točkah meje katastrske občine (vir: digitalni arhiv GURS, OGU MS).

Pred temi izmerami so bili v 50. in 60. letih prejšnjega stoletja sistematično izvedeni postopki določitve območij katastrskih občin in zamejčenja ključnih lomnih točk njihovih mej z velikimi betonskimi mejniki. Zapisniki teh postopkov in njihova grafična vsebina so bili za geodete v Prekmurju temeljna podlaga za upoštevanje območij novih izmer v posameznih katastrskih občinah. Državna meja v teh zapisnikih ni podrobno opisana, tako kot preostale meje katastrskih občin v državi, je pa iz opisov in grafične vsebine zapisnikov jasno razvidno, da se državna meja neposredno upošteva kot katastrska meja, kar je seveda logično. Primer skice zamejčenja iz takšnega zapisnika je na sliki 3.

3 DRŽAVNA MEJA V NOVIH ZEMLJIŠKOKATASTRSKIH IZMERAH

Pri izvajanju novih zemljiškokatastrskih izmer katastrskih občin, ki ležijo ob državni meji, so geodeti torej upoštevali mejno linijo državne meje kot prostorsko danost in kot skrajno mejo izmere ter so geodetsko skrbno izmerili tudi vse mejne stebre in kopice na državni meji in jih tudi vnesli v skice terenske izmere in v same zemljiškokatastrske načrte. V nadaljevanju si zgolj za vzorec pogledimo nekaj tovrstnih slikovnih primerov (slike od 4 do 8).



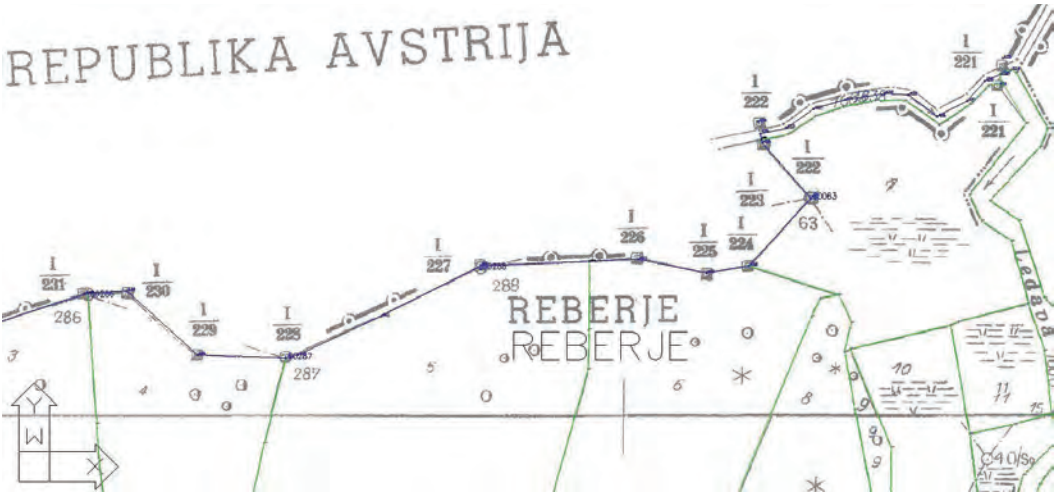
Slika 4: Primer izbora mejnega detailnega lista arhivskega zemljiškokatastrskega načrta za k. o. 1 Hodoš na spletnem portalu eZKN, ki deluje v državnem računalniškem oblaku in je brezplačno javno dostopen (vir: <https://gis.gov.si/ezkn/>).



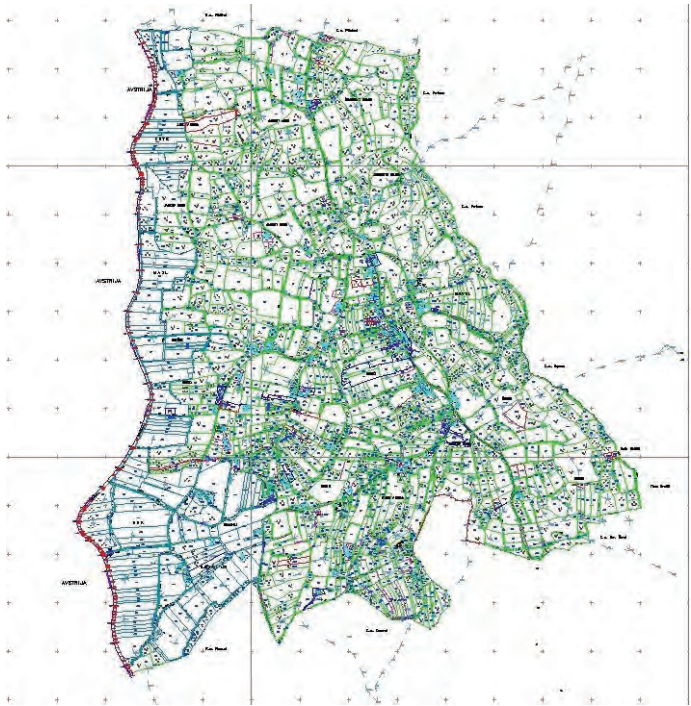
Slika 5: Primer grafičnega izseka iz zemljiškokatastrskega načrta k. o. 1 Hodoš, na katerem je vidna skladnost mej zemljiškokatastrske izmere iz leta 1959 z linijo državne meje. Vidne so oštevilčene kvadratne oznake mejnih stebrov in vmesne okrogle oznake mejnih kopic (tako imenovanih humk) na državni meji (vir: <https://gis.gov.si/ezkn/>).



Slika 6: Primer izseka iz merske skice nove zemljiškokatastrske izmere k. o. 29 Serdica, kjer je na državni meji vidna skladnost mej zemljiškokatastrske izmere iz leta 1961 z linijo državne meje. Vidne so tahimetrično posnete in oštevilčene oznake mejnih stebrov neposrednega in posrednega zamejničenja državne meje (vir: digitalni arhiv GURS, OGU MS).



Slika 7: Primer izseka iz digitalnega zemljiškokatastrskega načrta nove zemljiškokatastrske izmere k. o. 29 Serdica v vektorski obliki s podloženim geolociranim skenogramom v rastrski obliki. Vidna je skladnost katastra z državno mejo. Mejni stebri so evidentirani kot ZK-točke, katastrske meje na državni meji so evidentirane kot urejene meje (vir: GURS, OGU Murska Sobota).



Slika 8: Primer topološko-kartografskega modela zemljiškokatastrskega načrta k. o. 50 Gerlinci iz leta 1998, na katerem je na levi strani vidno območje komasacije in regulacije mejnega potoka Kučnica na državni meji z Avstrijo. V 80. in 90. letih prejšnjega stoletja je bil zemljiški kataster v celotni dolžini Kučnice v vektorski grafiki že digitalno usklajen z državno mejo (vir: GURS, OGU Murska Sobota).

Iz gornjih vzorčnih slik je razvidno, da je bila državni meji v zemljiškem katastru in skladnosti katastrskih mej z državno mejo pri geodetskih izmerah in izdelavi analognih zemljiškokatastrskih načrtov ob vsakokratnih izmerah in postopkih namenjena ustrezna strokovna skrb. Ko se je v 80. letih prejšnjega stoletja tudi v naših krajih začel razvoj digitalnih tehnologij računalniške grafike, se je skrb za skladnost podatkov katastrskih mej z državno mejo postopoma preselila tudi v digitalni svet. Skladnost zgolj na analognih načrtih namreč ni več zadoščala za kakovostno geodetsko delo, treba je bilo položajno in topološko uskladiti podatke tudi na ravni vektorske grafike in kasneje tudi na ravni atributnih podatkov ZK-točk in mej. To obsežno nalogo smo v katastrskih občinah na meji z Avstrijo in Madžarsko v geodetski pisarni Murska Sobota izvajali večinoma v 90. letih prejšnjega stoletja, v prejšnjem desetletju pa tudi v sodelovanju z Uradom za geodezijo.

Kontrolnemu primerjalnemu pregledu digitalnih zemljiškokatastrskih podatkov geodetske pisarne in podatkov evidence državne meje urada za geodezijo je sledil vnos ustreznih popravkov za uskladitev podatkov v sistemu D48/GK, ki smo jo dokončali z oštevilčenjem lomnih točk državne meje s številkami ZK-točk, s pripisom oznak točk iz evidence državne meje v polje opomb baze ZK-točk, z določitvijo linijskih ZK-točk presekov parcelnih mej z državno mejo, z določitvijo ustreznih upravnih statusov ZK-točk – lomne točke državne meje z upravnim statusom »9 – urejena« in linijske točke presekov parcelnih mej z upravnim statusom »0 – delno urejena« – ter z vnosom linije državne meje kot urejene meje v zemljiški kataster. Za državno mejo z Avstrijo je bilo to delo opravljeno v celoti, za državno mejo z Madžarsko pa je bila v celoti izvedena grafična topološka uskladitev mej, preostala zgoraj navedena opravila pa do letos še niso bila izvedena v celoti.

4 AKTUALNA NALOGA

Leta 2008 smo na geodetski upravi začeli voditi koordinate ZK-točk za nove zemljiškokatastrske meritve tudi v sistemu D96/TM. V začetku letošnjega leta smo za vse katastrske občine na območju geodetske pisarne Murska Sobota vsem ZK-točkam, ki dotlej še niso imele določenih koordinat D96/TM, izvedli pripis koordinat D96/TM, izračunanih z vsedrjavno trikotniško transformacijo, V4.0.

Kot je bilo navedeno že v uvodu, na geodetski upravi letos izvajamo nalogo *Uskladitev podatkov zemljiškega katastra z državno mejo*. Na območju geodetske pisarne Murska Sobota smo kontrole in usklajevanje zemljiškega katastra z državno mejo med majem in avgustom letos izvedli v celotni dolžini približno 90 kilometrov državne meje, in sicer v:

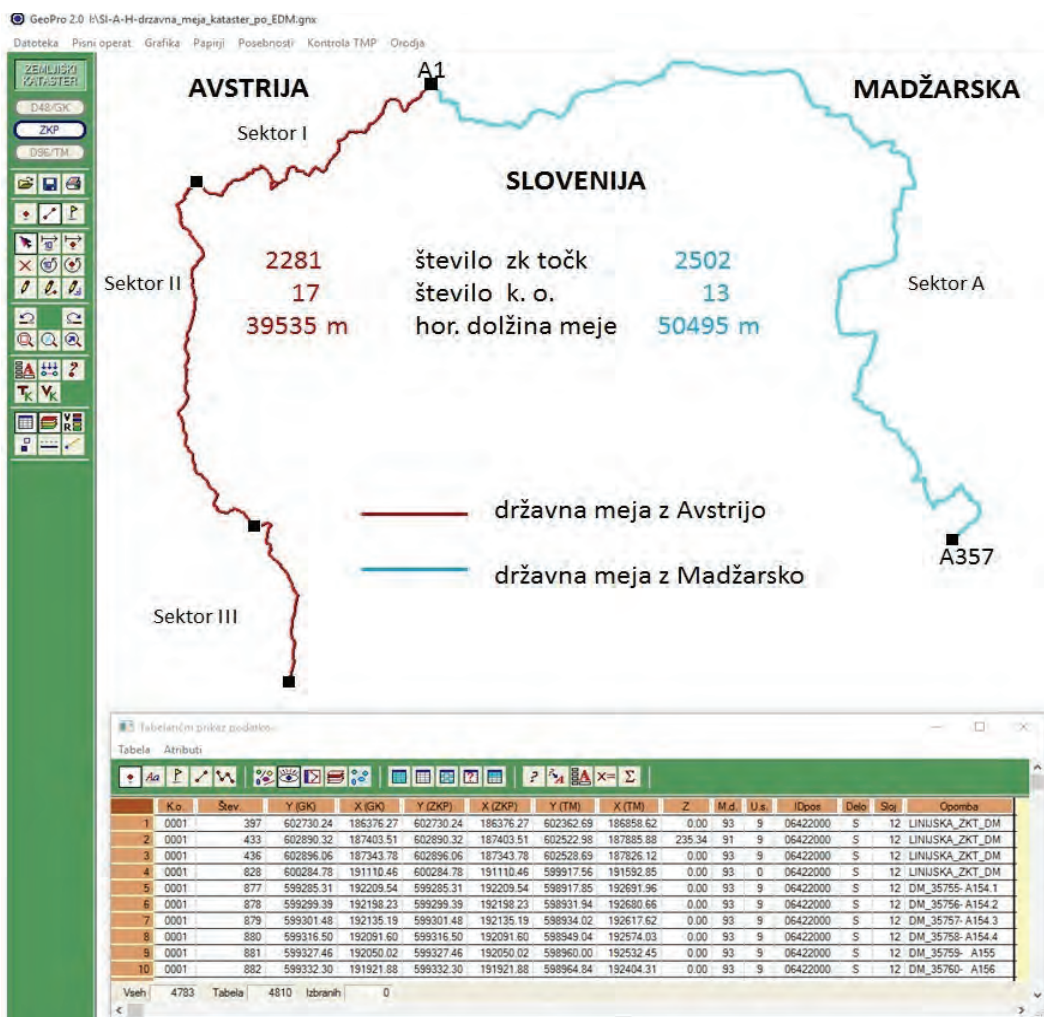
- sektorjih I, II, III na meji med Slovenijo in Avstrijo od reke Mure do državnega tromejnika I/1 (= A1),
- sektorju A med Slovenijo in Madžarsko med državnim tromejnikom A1 do državnega mejnika A357.

Naloga je bila izvedena v skladu z navodilom geodetske uprave št. 35311-26/2018-1 z dne 16. 4. 2018 in dopolnitvijo navodila št. 35311-26/2018-1A z dne 21. 6. 2018.

S primerjalnim pregledom podatkov in usklajevanjem je zagotovljeno, da so vsi lomi na državni meji v zemljiškem katastru evidentirani kot ZK-točke z določenimi numeričnimi koordinatami (D48/GK in D96/TM), ki so usklajene z državno mejo. ZK-točke, ki so tudi lomne točke državne meje, imajo določene enake koordinate, kot so koordinate lomnih točk državne meje (D48/GK in D96/TM). ZK-točke presekov parcelnih mej z državno mejo med lomnimi točkami državne meje so določene kot linijske točke v sistemih D48/GK in D96/TM.

Na državni meji z Madžarsko so bile v okviru te naloge prevzete koordinate D96/TM lomnih točk državne meje, potrjene v letu 2018 na meddržavni mejni komisiji, in so s tem nadomestile dosedanje koordinate D96/TM, ki so bile doslej izračunane s transformacijo numeričnih koordinat ZK-točk iz sistema D48/GK z uporabo državnega modela transformacije, V4.0. ZK-točke vseh presekov parcelnih mej z državno mejo so bile zato med lomnimi točkami državne meje v okviru te naloge ponovno določene kot linijske točke v sistemu D96/TM. V sistemu D48/GK se je ohranilo dosedanje identično stanje koordinat ZK-točk, tako za lomne točke državne meje kot za linijske točke presekov parcelnih mej z državno mejo.

Pregleden prikaz obsega uskladitve zemljiškega katastra z državno mejo na območju geodetske pisarne Murska Sobota je razviden s slike 9.



Slika 9: Pregledni prikaz podatkov o uskladitvi mej zemljiškega katastra z državno mejo s sosednjima državama Avstrijo in Madžarsko na območju geodetske pisarne Murska Sobota. V spodnjem tabelarnem delu slike je prikazan izsek iz obsežnega seznama ZK-točk s koordinatami v sistemih D48/GK in D96/TM, v polju opomb pa so vpisane oznake mejnih točk državne meje (vir: OGU Murska Sobota, 2018).

5 SKLEP

Kot zadnji korak smo za vse ZK-točke na državni meji izvedli še kontrolo koordinatnih odstopanj med koordinatami D96/TM, izračunanimi iz koordinat D48/GK z vsedrjavno trikotniško transformacijo, V4.0, in koordinatami D96/TM, prevzetimi iz evidence državne meje (za celotno državno mejo z Madžarsko), oziroma koordinatami D96/TM, določenimi v geodetskih elaboratih komasacij, ki smo jih evidentirali v zadnjih letih na območju občine Tišina (na delih državne meje z Avstrijo). Vzorčni prikaz primerov koordinatnih odstopanj je razviden s slike 10. Koordinatna odstopanja so v skladu s pričakovanji in okvirno skladna s predhodnimi analizami koordinatnih odstopanj, ki so bile za območje Prekmurja in Pomurja izvedene v preteklih letih in tudi opisane v Geodetskem vestniku (Berk, Komadina in Triglav, 2011; Triglav, 2017).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
SIFKO	ZK_TOCKA	YD96-TM_V4.0	XD96-TM_V4.0	OPOMBA	D	YD96-TM_EDM	XD96-TM_EDM	C-G[m]	D-H[m]
6	941	589953,73	191820,22	DM_35333-A71.3	S	589953,81	191820,27	-0,08	-0,05
6	942	589969,32	191839,77	DM_35334-A71.4	S	589969,40	191839,82	-0,08	-0,05
6	943	589991,40	191877,04	DM_35335-A71.5	S	589991,49	191877,09	-0,09	-0,05
6	944	590008,02	191918,80	DM_35336-A71.6	S	590008,09	191918,85	-0,07	-0,05
6	945	590020,75	191964,97	DM_35338-A72.1	S	590020,82	191965,03	-0,07	-0,06
6	946	590020,12	191979,05	DM_35339- 72.2	S	590020,19	191979,10	-0,07	-0,05
6	947	590021,95	191997,07	DM_35340- 72.3	S	590022,03	191997,12	-0,08	-0,05
6	948	590026,55	192020,16	DM_35341- 72.4	S	590026,62	192020,21	-0,07	-0,05
6	949	590030,94	192034,62	DM_35342- 72.5	S	590031,02	192034,68	-0,08	-0,06
6	950	590039,80	192054,29	DM_35343- 72.6	S	590039,86	192054,34	-0,06	-0,05

⋮

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
SIFKO	ZK_TOCKA	YD96-TM_V4.0	XD96-TM_V4.0	OPOMBA	D	YD96-TM_EDM	XD96-TM_EDM	C-G[m]	D-H[m]
117	7401	579664,34	172491,72	DM_13704- 74.01	S	579664,30	172491,72	0,04	0,00
117	7500	579669,74	172478,58	DM_13707- 75.00	S	579669,70	172478,58	0,04	0,00
117	7600	579676,40	172464,82	DM_13710- 76.00	S	579676,36	172464,82	0,04	0,00
117	7700	579684,36	172452,16	DM_13713- 77.00	S	579684,32	172452,15	0,04	0,01
117	7701	579697,59	172433,26	DM_13714- 77.01	S	579697,55	172433,25	0,04	0,01
117	7702	579709,66	172416,44	DM_13715- 77.02	S	579709,63	172416,43	0,03	0,01
117	7800	579723,61	172396,42	DM_13718- 78.00	S	579723,58	172396,40	0,03	0,02
117	7801	579731,16	172383,18	DM_13719- 78.01	S	579731,14	172383,16	0,02	0,02
117	7802	579735,51	172372,80	DM_13720- 78.02	S	579735,49	172372,78	0,02	0,02
117	7803	579738,99	172363,88	DM_13721- 78.03	S	579738,97	172363,86	0,02	0,02

Slika 10: Prikaz značilnih vrednosti odstopanj koordinat D96/TM na državni meji od koordinat D96/TM, izračunanih z vsedrjavno trikotniško transformacijo, V4.0. Zgoraj je primer odstopanj v k. o. 6 Čepinci na državni meji z Madžarsko, kjer so bile prevzete koordinate D96/TM, določene z lastno transformacijo za državno mejo in potrjene na meddržavni mejni komisiji. Spodaj je primer odstopanj v k. o. 117 Krajna na državni meji z Avstrijo, kjer so bile koordinate D96/TM določene v komasaciji (vir: OGU Murska Sobota, 2018).

Usklajevanje podatkov zemljiškega katastra s podatki evidence državne meje je s tem na območju geodetske pisarne Murska Sobota za sedaj dokončano. Ko bodo v prihodnosti koordinate D96/TM, določene z lastno transformacijo za državno mejo in potrjene na meddržavni mejni komisiji tudi za mejo Slovenije z Avstrijo, bo treba v zemljiškem katastru izvesti podobne usklajevalne postopke na podatkih in ponovni izračun koordinat linijskih ZK-točk presekov parcelnih mej z državno mejo, kot smo jih tokrat že izvedli za mejo z Madžarsko. Na meji z Madžarsko pa bo v prihodnje dodatno pozornost treba ciljno nameniti predvsem geodetskim meritvam na območjih mejnih točk, kjer lahko koordinatna odstopanja še zmanjšamo.

Literatura in viri:

- Berk, S., Komadina, Ž., Triglav, J. (2011). Analiza skladnosti D48/GK- in D96/TM-koordinat zemljiškokatastrskih točk v Pomurju. *Geodetski vestnik*, 55 (2), 269–283. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2011.02.269-283>
- MZZ-BR (1933). Opis granične linije između Kraljevine Srba, Hrvata i Slovenaca i Mađarske. Ministarstvo inostranih poslova, Biro za razgraničenje, Beograd, 25 str.
- 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
- Triglav, J. (2012). Vodna infrastruktura in zemljiški kataster. *Geodetski vestnik*, 56 (4), 674–690. http://www.geodetski-vestnik.com/56/4/gv56-4_674-690.pdf
- Triglav, J. (2013). Koordinatni kataster v Prekmurju in digitalni katastrski načrti. *Geodetski vestnik*, 57 (3), 600–612. http://geodetski-vestnik.com/cms/images/57/3/gv57-3_mnenja1.pdf
- Triglav, J. (2017). Analitra.si – a ne na litre ... *Geodetski vestnik*, 61 (3), 461–468. http://www.geodetski-vestnik.com/61/3/gv61-3_triglav.pdf

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

*Območna geodetska uprava Murska Sobota, Lendavska ulica 18, SI-9000 Murska Sobota
e-pošta: joc.triglav@gov.si, tel.: (02) 5351 565*

REZULTATI PROJEKTA: PROJECT RESULTS: SAMODEJNI POSTOPKI AUTOMATIC PROCEDURES IDENTIFIKACIJE SPREMEMB FOR THE IDENTIFICATION DEJANSKE RABE KMETIJSKIH OF CHANGES IN ZEMLJIŠČ THE ACTUAL USE OF AGRICULTURAL LAND

Nika Mesner, Alen Mangafić, Katja Tič, Tatjana Veljanovski, Urška Kanjir, Nataša Đurić, Mojca Foški, Mihaela Triglav Čekada

1 UVOD

Vzdrževanje dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, ki se izvaja pod okriljem ministrstva za kmetijstvo, gospodarstvo in prehrano (MKGP), temelji na vizualni fotointerpetaciji državnih ortofotov cikličnega aerofotografiranja Slovenije (CAS). Vzdrževanje podatkov sledi ciklu vzdrževanja CAS, zato so tudi podatki o dejanski rabi kmetijskih in gozdnih zemljišč (v nadaljevanju: dejanski rabi) vzdrževani enkrat na tri leta. Vzdrževanje poteka s fotointerpretacijo, tako da operater vizualno primerja skladnost stanja dejanske rabe v bazi in dejansko stanje v naravi na podlagi ažurnih ortofotov ter drugih pomožnih podatkov. Če podatki niso skladni z dejanskim stanjem, posodobi grafične in opisne podatke o dejanski rabi. Zaradi zagotavljanja visoke stopnje kakovosti podatkov dejanske rabe se vzdrževanje podatkov izvaja po tako imenovanem konceptu štirih oči. V prvi fazi operater posodobi podatke, v drugi fazi kontrolor izvede kontrolo nad vsemi podatki.

Sedanji postopek vzdrževanja podatkov dejanske rabe sicer zagotavlja visoko kakovost podatkov, vendar je kadrovsko, časovno in posledično tudi finančno izredno zahteven. Predvsem njegova časovna komponenta pomeni veliko težavo za upravljavca (ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano), je namreč edini vir podatkov o dejanski rabi v Sloveniji, ki zvezno pokriva celotno območje Slovenije in se redno vzdržuje. Zato podatke, ki so sicer primarno vzpostavljeni za izvajanje ukrepov skupne kmetijske politike, uporabljajo še v številne druge namene, med katerimi velja izpostaviti predvsem evidentiranje in vrednotenje nepremičnin.

Zaradi širokega spektra uporabe je seveda težnja po hitrejšem postopku vzdrževanja zelo visoka. Posodobljeni podatki o dejanski rabi naj bi bili tako na voljo v najkrajšem času po izvedbi aerosnemanja in izdelavi ortofotov. Kot eno izmed možnosti za optimizacijo postopka vzdrževanja avtorji članka vidimo v uporabi samodejnih postopkov identifikacije sprememb, ki temeljijo na podatkih daljinskega zaznavanja. Raziskavo smo izvedli med oktobrom 2016 in marcem 2018 v okviru raziskovalnega projekta V2-1620: Samodejni postopki identifikacije sprememb dejanske rabe kmetijskih zemljišč. V projektu smo sodelovali Geodetski inštitut Slovenije, Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU ter Katedra za prostorsko planiranje s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Naročnika sta bila

ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP) ter Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenija (ARRS).

Glavni cilji projekta so bili:

- proučitev možnosti za uporabo alternativnih optičnih podatkov daljinskega zaznavanja v procesu vzdrževanja podatkov dejanske rabe kot dopolnitev osnovnega vira podatkov (ortofota);
- razvoj metodologije za samodejno identifikacijo sprememb dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč;
- zasnova uporabe sloja samodejno identificiranih sprememb v sedanjem procesu vzdrževanja podatkov dejanske rabe, s katerim bi optimizirali postopek vzdrževanja podatkov dejanske rabe.

V sestavku bomo predstavili bistvene ugotovitve iz projekta, podrobne rezultate lahko najdete v poročilu o projektu (Triglav Čekada in drugi, 2018).

2 ANALIZA ALTERNATIVNIH PODATKOV DALJINSKEGA ZAZNAVANJA

Cilj analize alternativnih optičnih posnetkov je identifikacija podatkovnih virov, s katerimi bi lahko izboljšali tako ažurnost podatkov dejanske rabe med dvema zaporednima snemanja CAS (triletno obdobje) kot tudi fotointerpretacijo zahtevnih sprememb v prostoru (na primer zaraščanje kmetijskih zemljišč). Osredotočili smo se le na prosto dostopne in brezplačne podatke, ki še lahko ustrezajo metodologiji vzdrževanja podatkov dejanske rabe. Med takšnimi alternativnimi viri velja izpostaviti visokoločljive podatke Sentinel-2, ki zagotavljajo visoko časovno ločljivost (pet dni), a slabšo prostorsko ločljivost (10 m × 10 m). Zaradi nižje prostorske ločljivosti tako niso primerni za določitev prostorskega obsega posamezne vrste dejanske rabe (grafični podatki), vendar visoka spektralna ločljivost (12 spektralnih kanalov) omogoča zelo dobro razpoznavanje pokrovnosti in s tem različnih vrst dejanske rabe. Zelo visokoločljivi satelitski podatki (s prostorsko ločljivostjo 2 metra in boljšo) praviloma niso prosto in brezplačno dostopni, prav tako se v bližnji prihodnosti ne gre nadejati sprememb v politiki dostopanja do takšnih podatkov.

Edina prosto dostopna alternativa v tem trenutku, ki zagotavlja tudi redno obnovo na tri do pet let vsaj do leta 2020, so posnetki Pléiades v okviru storitve Copernicus DAP (angl. Copernicus Data Access Portofilo). Posnetki Pléiades imajo v pankromatskem spektru enako prostorsko ločljivost (0,5 m × 0,5 m) kot ortofoti, poleg tega ponujajo še štiri spektralne kanale (rdeč, zelen, moder in infrardeč) v ločljivosti 2 metra. Njihova uporaba je zaradi podobnih lastnosti podatkov in cikla zajema smiselna kot alternativa podatkom ortofota, predvsem kot dodatna časovna informacija v obdobju med dvema snemanjema CAS. Poleg potenciala optičnih satelitskih posnetkov smo proučili možnosti za izdelavo digitalnega modela površja iz aeroposnetkov CAS, za vpogled v prispevek informacije o višinah objektov površja pri identifikaciji sprememb rabe.

Izvedli smo tudi analizo tujih praks na področju uporabe samodejnih postopkov obdelave v postopkih vzdrževanja različnih dejanskih rab. Pregled bo objavljen v ločenem članku (Foški in drugi, 2018), zato ga tukaj ne predstavljamo.

3 METODOLOGIJA ZA SAMODEJNO IDENTIFIKACIJO SPREMOMB

Na podlagi analize sprememb dejanske rabe med posameznimi cikli vzdrževanja in praktičnih izkušenj operaterjev smo identificirali najpogostejše spremembe dejanske rabe na kmetijskih površinah v Sloveniji.

Pri razvoju metodologije smo se tako osredotočili na samodejno identifikacijo teh sprememb. Te so:

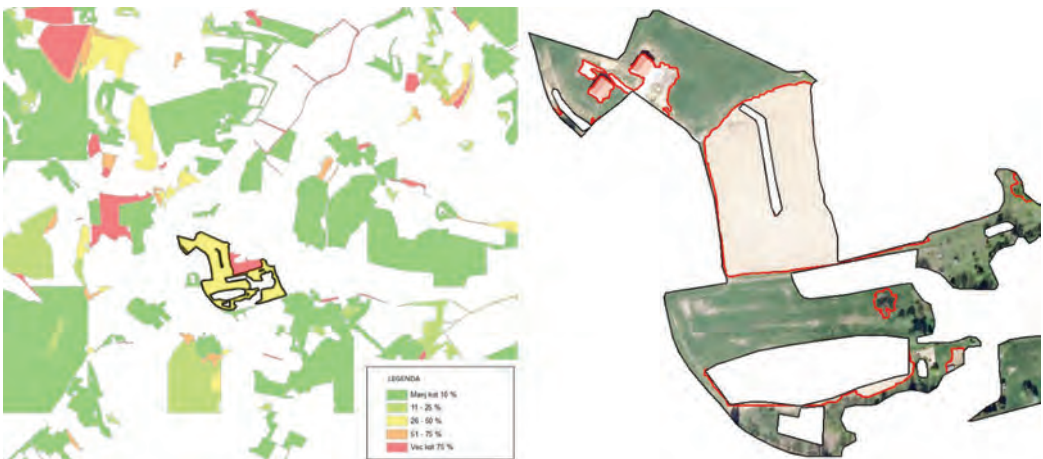
- zaraščanje trajnih travnikov,
- širjenje pozidanih površin na kmetijska zemljišča,
- krčitev gozda na meji s kmetijskimi zemljišči,
- krčitev vinogradov in sadovnjakov ter
- sprememba trajnega travnika v njivo in nasprotno.

Površinsko merilo za samodejno identifikacijo sprememb smo določili na podlagi pravil za vzdrževanje dejanske rabe (MKGP, 2013). Za zgoraj navedene vrste sprememb je minimalna površina zajema v postopku vzdrževanja dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč 100 m², za pozidane površine pa 25 m². Na podlagi testiranj smo ugotovili, da je minimalno površinsko merilo preveč podrobno za predlagani samodejni postopek razpoznave, zato smo ga za krčitev gozda in zaraščanje omilili. Študijsko območje so tri območja na gričevnatem, podeželskem območju v severovzhodni Sloveniji.

V okviru raziskave smo razvili in testirali tri različne pristope k samodejni identifikaciji sprememb, pri čemer smo želeli oceniti njihove prednosti in omejitve za postopek vzdrževanja rabe: analizo klasificiranih posnetkov, analizo neposredne primerjave para posnetkov in analizo časovnih vrst. Končni rezultat posameznega pristopa sta dva sloja podatkov:

- opozorilni sloj poligonov dejanske rabe, na katerih se je zgodila sprememba v naravi, skupaj s podatkom o površini in deležu spremembe rabe na posameznem poligonu,
- sloj identificiranih sprememb dejanske rabe v naravi z določitvijo vrste spremembe.

Namen opozorilnega sloja je usmeriti operaterja pri fotointerpretaciji zgolj na poligone, na katerih je zaznana sprememba v naravi. Sloj območja sprememb je namenjen temu, da operater identificira območje spremembe v naravi. Sloj je uporaben predvsem pri velikih poligonih (na primer trajnih travnikih) ali pa za identifikacijo manjših sprememb, ki jih je težko razpoznati zgolj s fotointerpretacijo enega posnetka (na primer zaraščanja). Primera opozorilnega sloja in območij identificiranih sprememb sta na sliki 1.



Slika 1: Primer opozorilnega sloja (slika levo), s poudarjenim poligonom dejanske rabe površine 3,6 hektarja in z 28-odstotno spremembo površine dejanske rabe (raba pred obnovo je trajni travnik). Za izbrani poligon je podan sloj identificiranih sprememb (slika desno), ki določa lokacijo in obseg različnih sprememb dejanske rabe na trajnem travniku: pozidano kmetijsko zemljišče, sprememba travnika v njivo in zaraščanje trajnega travnika.

3.1 Analiza klasificiranih posnetkov



Slika 2: Primeri samodejno identificiranih sprememb dejanske rabe z analizo klasificiranih posnetkov. Zaraščanje trajnega travnika (slika zgoraj), pozidano kmetijsko zemljišče in neobdelano kmetijsko zemljišče (slika spodaj).

Analiza klasificiranih posnetkov temelji na razpoznavanju sprememb na podlagi primerjave že klasificiranih posnetkov. Takšno razpoznavanje lahko izvajamo s primerjavo dveh ali več klasificiranih posnetkov v različnih obdobjih, lahko pa tudi s primerjavo enega klasificiranega posnetka in evidentiranega stanja v bazi podatkov (dejanska raba). Za samodejno identifikacijo sprememb dejanske rabe smo razvili algoritem, ki temelji na državnih ortofotih (podatki zadnjih treh serij snemanj CAS), podatkih dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč pred vzdrževanjem ter podatkih digitalnega modela površja (izdelano na podlagi aeroposnetkov CAS). Z razvitim algoritmom smo z visoko stopnjo popolnosti in pravilnosti

identificirali naslednje spremembe: pozidana kmetijska zemljišča, krčitve sadovnjakov, vinogradov in gozda ter zaraščanje trajnih travnikov (Mesner in drugi, 2018). Z nižjo stopnjo popolnosti pa smo identificirali spremembe travnika v njivo. Vegetacijski pokrov njive se med letom spreminja zaradi fenološke rasti poljščin (gola tla, poljščina v različnih fazah rasti) in za identifikacijo sprememb dva posnetka ne zadoščata. Uspešno smo prepoznali le spremembe trajnega travnika v njivo za njive, ki so bile med snemanjem CAS preorane. S pristopom analize klasificiranih posnetkov smo izdelali opozorilni sloj poligonov s spremembo rabe v triletnem obdobju (2013–2016). V opozorilnem sloju študijskega območja je 584 oziroma 21 % (2831) vseh prostorskih enot dejanske rabe na testnem območju. Primeri razpoznavne sprememb dejanske rabe so podani na sliki 2.

Pravilnost klasifikacije na obravnavanem študijskem območju je zelo visoka in znaša 81 %, kar presega priporočene vrednosti minimalne pravilnosti za uporabno vrednost rezultatov samodejnih postopkov. Postopek samodejne identifikacije sprememb glede na evidentirano stanje se šteje za praktično uporabnega, če se z njim odkrije vsaj 70 % dejanskih sprememb (popolnost) in je ob tem delež lažno razpoznanih sprememb manjši od 15 % (Mayer, 2006; Rottensteiner, 2014). Razvit pristop analize klasificiranih posnetkov v okviru tega projekta je dosegel raven, ki omogoča neposredno uporabo v operativnem procesu obnove dejanske rabe.

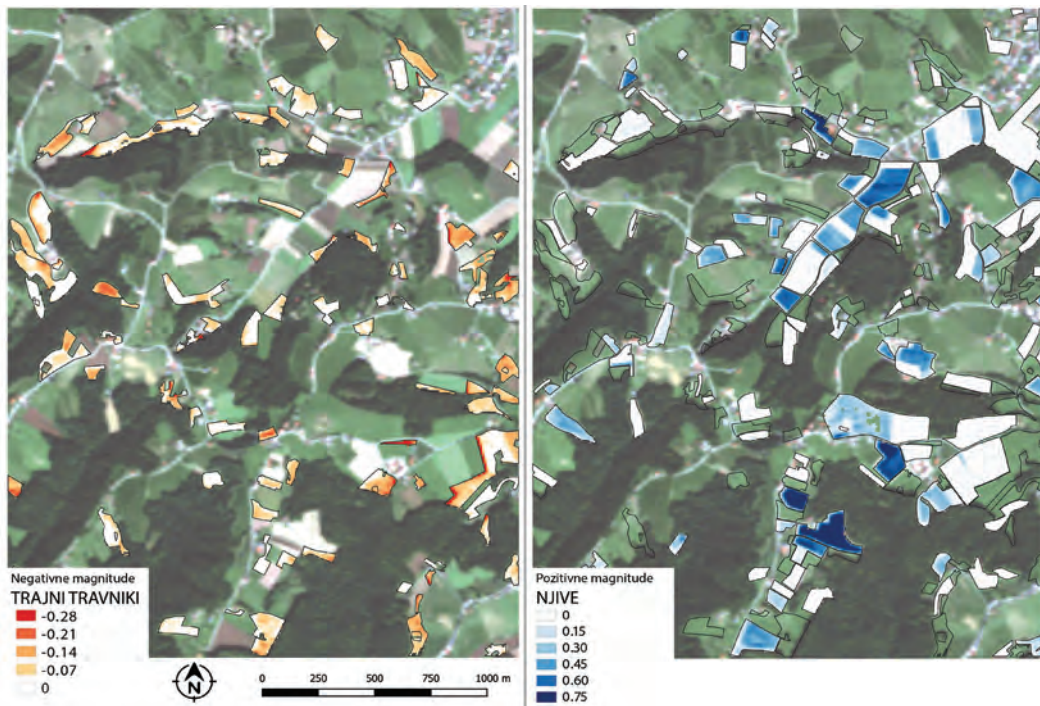
3.2 Analiza časovnih vrst Sentinel-2

Analiza časovnih vrst se uporablja za proučevanje sprememb na podlagi daljše časovne vrste posnetkov. Izbrana metoda BFAST Monitor deluje tako, da računa trend razvoja na zgodovinskih podatkih časovne vrste posnetkov (podatki za pretekle rastne sezone ali leta) in opazuje odstopanje od trenda na vrednostih posnetkov med opazovanjem. Iz tega pridobimo podatke o položaju in času nastalih sprememb. Kot podatkovni sloj za analize smo uporabili sloje vegetacijskega indeksa NDVI ter metodo testirali na površinah trajnih travnikov in njiv. Prednosti analiziranja travnatih površin s časovnimi vrstami so, da z njimi lahko zaznamo dinamične (kratkoročne in dolgoročne) procese, pa tudi magnitudo oziroma velikost teh sprememb, in ravno te kažejo na spremembo rabe. Relevantno analizo časovnih vrst je mogoče izvesti le ob zadostnem številu razpoložljivih in uporabnih podatkov (večletni in gosti časovni vrsti satelitskih posnetkov), ker pa je razpoložljivost podatkov Sentinel-2 za zdaj omejena (tri leta), smo v postopek vpeljali še druge, kontrolne analize (Kanfir in drugi, 2018; Đurić in drugi, 2018). Rezultati časovnih vrst so prikazani na posameznem pikslu (točkovno) v obliki časovnih grafov ali rastrsko (površinsko), kar pomeni, da dobimo jasen vizualni vpogled v morebitne spremembe na celotnem obravnavanem območju.

V nasprotju z analizo klasificiranih posnetkov je zato analiza časovnih vrst Sentinel-2 zelo primerna za proučevanje sprememb rabe na trajnih travnikih. Pri proučevanju sprememb na njivah smo bolj omejeni, saj je zgodovinski trend rastne sezone pri njivah med leti lahko zelo različen (poljščine v kolobarjenju) in je zato letni vegetacijski trend težje določiti. Nasprotno pa je pri opazovanju sprememb rabe opuščanje kmetijske dejavnosti oziroma zaraščanje njivskih površin metoda uspešna in učinkovita ter povsem primerljiva z uspešnostjo proučevanja sprememb rabe na trajnih travnikih. Pravilnost pridobljenih rezultatov (poligone s prepoznanimi spremembami) smo preverili z rezultati kontrol Agencije Republike Slovenije za kmetijske trge in razvoj podeželja (ARSKTRP) ter potrdili visoko zanesljivost in popolnost metode ter s tem primernost predlaganega pristopa za izdelavo opozorilnih slojev v postopkih in aktivnostih naročnika.

Z vidika zahtev glede vzdrževanja podatkov rabe velja izpostaviti, da Sentinel-2 sicer omogoča odlično časovno ločljivost, vendar je njegova prostorska ločljivost nizka, kar omogoča le razpoznavo večjih površinskih sprememb. To pa je omejitev za zahteve glede postopka obnove in vzdrževanja podatkov rabe, saj imamo v Sloveniji tudi zelo razdrobljeno kmetijsko posest (majhna in ozka zemljišča).

Rezultati analize časovnih vrst kažejo na uporabnost podatkov Sentinel-2 in primernost opisane metodologije analize časovnih vrst za odkrivanje neupravičene rabe trajnih travnikov ter opuščanja kmetijskih površin. Metodologija je trenutno zasnovana tako, da se lahko dobljeni rezultati uporabijo kot opozorilni sloj nego neupravičene rabe v nadaljnjih kontrolnih postopkih.



Slika 3: Magnitude zaznanih sprememb na trajnih travnikih (slika levo) in njivah (slika desno), pridobljene z metodo analize časovnih vrst BFAST Monitor. Od vseh zaznanih segmentov so med kandidate za opozorilni sloj izbrani le tisti z močnejšimi vrednostmi (temno rdeči pri trajnih travnikih ter temno modri pri njivah) (barvne slike dostopne na <http://www.geodetski-vestnik.com>) in dodatno kontrolo ustreznosti z analizama časovnih profilov poligonov in standardnega odklona časovne vrste.

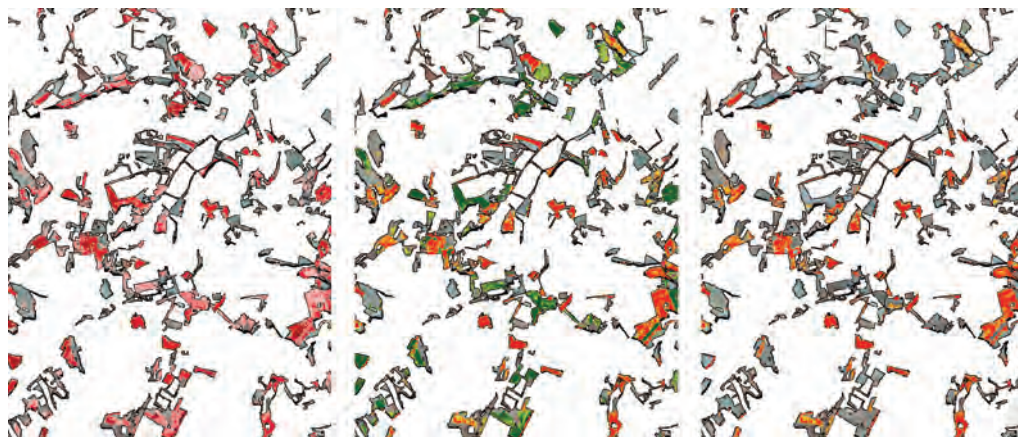
3.3 Samodejna analiza neposredne primerjave dveh ali več posnetkov

Postopek razpoznavne z analizo neposredne primerjave je izmed testiranih samodejnih postopkov najenostavnejši in za delovanje potrebuje zgolj dva vhodna posnetka istega senzorja (satelitska ali letalska) ter opcijsko masko, v kateri izvaja primerjavo (območje izbrane kategorije rabe). Zanimiv je predvsem zaradi poljubne časovne dopolnitve postopkov pregleda sprememb na širšem območju. Postopek temelji na neposredni primerjavi vrednosti in kot rezultat vrne vzorec vseh razlik, razvrščenih po velikosti (magnitudi). Testirali smo ga na različnih vhodnih podatkih (Sentinel-2, Pléiades, ortofoto in infrardeči

ortofoto CAS) ter za izbrane kategorije rabe (travniki, njive, gozd, sadovnjaki in vinogradi).

Postopek daje pravilnejši in bolj uravnotežen vzorec območij sprememb, kadar ga izvajamo ločeno po rabah ali izbranih skupinah pokrovnosti. Uporabne rezultate smo dobili za odkrivanje sprememb na površinah vinogradi, travniki in njive, slabše pa za gozdove in sadovnjake (nehomogene površine), kjer je zaznava razlik praviloma precenjena. Podobno kot pri analizi klasificiranih posnetkov tudi tu ugotavljamo, da spremembe njive v travnik, na podlagi medletnih primerjav, ni mogoče zanesljivo opredeliti z enkratno primerjavo stanj. Postopek je z vidika uporabnosti za vzdrževanje podatkov sloja dejanske rabe učinkovit predvsem za beleženje spremembe travnika v njivo ter krčitve ali preureditve vinograda, ki sta dobro določljiva pojava (intenziteta spremembe je velika). Zanesljivejši in relevantnejši pa je, kadar obravnavamo tudi bližnji infrardeči spekter (boljše zaznavanje vitalnosti vegetacije je pomembno za vse kmetijske površine).

Vzorčno vrednotenje končnih vzorcev prepoznanih sprememb je pokazalo, da so prisotne tako lažne pozitivne spremembe (razlike med slojema, ki niso tudi dejanske spremembe) kot tudi spregledani primeri (nepopolnost zaznave). Rezultati so sicer relevantni in glede na velike radiometrične razlike v vhodnih podatkih tudi dobri, vendar ne dovolj za visoke zahteve pri postopku vzdrževanja podatkov rabe. Za neposredno izdelavo opozorilnega sloja bi morali zmanjšati delež spregledanih primerov, obenem pa ne povečati izzivov v fazi preverjanja in generalizacije končnega vzorca sprememb. Kakovost zaznave sprememb – glede na vire in vrsto podatkov – je ob upoštevanju lastnosti metode in podatkov povsem primerljiva. Torej je metoda primerna za katerekoli podatke, kar je lahko glede na vse več razpoložljivih posnetkov pomembna priložnost za dopolnjevanje informacij opozorilnega sloja v postopku vzdrževanja podatkov dejanske rabe.



Slika 4: Vzorec zaznanih sprememb na travnikih, pridobljen na podatkih Pléiades z metodo neposredne primerjave za obdobje primerjave stanja 2014–2016, za testno območje Zbigovci. Magnitude zaznanih sprememb (slika levo), spremembe povečane ozelenitve (zeleno) in zmanjšane (rdeče) ozelenitve (slika v sredini) ter sloj izločitve zgolj sprememb zmanjšane ozelenitve, ki lahko časovno dopolnjuje opozorilni sloj iz drugih virov za spremembe rabe na travniških površinah (slika desno). Barvne slike dostopne na <http://www.geodetski-vestnik.com>.

4 SKLEP

Glavne ugotovitve iz projekta so:

- S samodejnimi postopki smo z visoko stopnjo pravilnosti in popolnosti (81 %) identificirali vse

obravnane spremembe dejanske rabe: pozidana kmetijska zemljišča, zaraščanje trajnih travnikov, spremembe travnika v njivo ter krčitve gozda, sadovnjaka in vinograda.

- Opozorilni sloj samodejno identificiranih sprememb lahko operaterji uporabijo za lažjo prepoznavo sprememb in osredotočenje na območja dejanskih sprememb. Metoda vzdrževanja in zajema podatkov ostaja vizualna fotointerpretacija na podlagi ortofota kot osnovnega podatkovnega vira. Z uporabo opozorilnih slojev pričakujemo optimizacijo procesa vzdrževanja dejanske rabe ob zagotavljanju enake stopnje kakovosti podatkov.
- Optimalni podatki za uporabo v samodejnih postopkih so glede na metodologijo vzdrževanja podatkov in zahtevo po uporabi brezplačnih podatkov ortofoti in digitalni model površja. Dobra alternativa državnemu ortofotu med dvema zaporednima snemanjema so podatki Pléiades. Podatki Sentinel-2 so zaradi visoke časovne ločljivosti zelo uporabni za določanje sprememb na trajnih travnikih in njivah, vendar le na večjih površinah (najmanjšo še zanesljivo identifikacijo pričakujemo na 0,1 hektarja veliki površini približno kvadratne oblike – 10 slikovnih elementov velikosti 10 m × 10 m).

S stališča znanosti in stroke sta ključna rezultata projekta inovativna uporaba naprednih metod daljinskega zaznavanja in kombinacije različnih podatkov. Uporabljeni so državni in drugi prosto dostopni podatkovni viri. Vsi podatkovni viri, uporabljeni v tem projektu, so uporabnikom na voljo brezplačno, s čimer smo bistveno zmanjšali stroške izdelave opozorilnih slojev (zmanjšanje za strošek nakupa podatkov od komercialnih ponudnikov).

Na podlagi izvedenih testiranj lahko trdimo, da je predlagani pristop priprave opozorilnega sloja primeren za uporabo v operativnem postopku vzdrževanja podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. Rezultati projekta so lahko pomemben dejavnik pri zasnovi novega, optimiziranega postopka vzdrževanja podatkov rabe. Časovna optimizacija postopka ob enaki kakovosti podatkov je mogoča v dvostopenjskem postopku, kjer operater v prvi fazi posodobi le podatke na prostorskih enotah s samodejno identificirano spremembo, v drugi fazi kontrolor izvede kontrolo celotnega območja. Samodejno identificirane spremembe operaterji uporabijo kot opozorilni sloj za lažjo identifikacijo sprememb v prostoru, posodobitev podatkov pa se še naprej izvaja z vizualno fotointerpretacijo. V okviru projekta so bili razviti postopki za samodejno identifikacijo najpogostejših sprememb dejanske rabe na kmetijskih površinah v Sloveniji, nadaljnje delo pa bomo usmerili v razvoj postopkov za samodejno identifikacijo vseh sprememb.

Razviti pristopi presegajo osnovni namen projekta (optimizacija postopka obnove podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč) in jih je mogoče uporabiti na številnih drugih področjih, na primer za:

- identifikacijo dejanske rabe zemljišča, vrste poljščin ali drugih sprememb na zemljišču za uporabo v procesih kontrole izvajanja ukrepov skupne kmetijske politike,
- identifikacijo sprememb dejanske rabe za uporabo v procesih vzdrževanja podatkov v državnih ali drugih velikih zbirkah podatkov (različne evidence dejanske rabe in pokrovnosti tal),
- sistemsko spremljanje sprememb, ki povzročajo trajne spremembe rabe prostora (na primer urbanizacija, degradacija kmetijskih in drugih zemljišč).

Zahvala

Raziskava je bila opravljena v okviru ciljno-raziskovalnega projekta V2-1620, ki sta ga sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije ter ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehra-

no iz državnega proračuna. Raziskava je bila deloma podprta tudi iz raziskovalnega programa P6-0079, ki ga sofinancira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

Literatura in viri:

- Foški, M., Đurić, N., Tič, K., Triglav Čekada, M. (2018). Primerjalna analiza modelov pokrovnosti in rabe v izbranih državah. *Geografski vestnik*, v tisku.
- Triglav Čekada, M., Mesner, N., Mangafić, A., Tič, K., Bric, V., Meža, S., Radovan, D., Veljanovski, T., Kanjir, U., Džurić, N., Pehani, P., Kokalj, Ž., Oštir, K., Foški, M., Zavodnik Lamovšek, A. (2018). CRPV2-1620: Samodejni postopki identifikacije sprememb dejanske rabe kmetijskih zemljišč. Zaključno poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije. <http://www.gis.si/en/predstavitev-projektov/v2-1620>.
- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (2013): Interpretacijski ključ (Podroben opis metodologije zajema dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč). Verzija: 6.0.
- Đurić, N., Kanjir, U., Veljanovski, T. (2018). Analiza časovnih vrst Sentinel-2 za zaznavanje neskladne rabe na trajnih travnikih. *Pokrajina v visoki ločljivosti, GIS v Sloveniji*, 14, 93–102.
- Mesner, N., Tič, K., Mangafić, A., Triglav Čekada, M. (2018). Samodejna razpoznavna zaraščanja na primeru kraških travnikov, GIS v Sloveniji, 14, v tisku.
- Kanjir, U., Đurić, N., Veljanovski, T. (2018). Sentinel-2 time series based automatic detection of agriculture land use anomalies. *GEOBIA in a changing world: From pixels to ecosystems and global sustainability. GEOBIA2018*, June 18–22.2018, Montpellier, France.
- Mayer, H. (2008). Object extraction in photogrammetric computer vision. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 63 (2), 213–222. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2008.01.001>.

Mag. Nika Mesner, univ. dipl. inž. geod.

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

Alen Mangafić, mag. prost. načrt.

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

Katja Tič, univ. dipl. inž. geod.

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

Dr. Tatjana Veljanovski, univ. dipl. inž. geod.

ZRC SAZU, Inštitut za antropološke in prostorske študije
Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: tatjana.veljanovski@zrc-sazu.si

Urška Kanjir, univ. dipl. inž. geod.

ZRC SAZU, Inštitut za antropološke in prostorske študije
Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: urska.kanjir@zrc-sazu.si

Nataša Đurić, univ. dipl. inž. geod.

Center odličnosti Vesolje-SI
Aškerčeva 12, SI-1000 Ljubljana
natasza.dzuric@space.si

Viš. pred. dr. Mojca Foški, univ. dipl. inž. geod.

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

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

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

USKLADITEV SKUPNIH KATASTRSKIH PARCEL NA MEJAH UPRAVNIH OBČIN

HARMONIZATION OF COMMON CADASTRAL PARCELS AT MUNICIPAL BORDERS

Joc Triglav

1 UVOD

Geodetska uprava RS je v okviru Programa projekta eProstor predstavila *Postopek usklajevanja mej občin z mejami parcel*. Izobraževanj, ki sta potekali v Ljubljani in Mariboru, so se udeležili večinoma predstavniki občin po Sloveniji. Cilj naloge je izdelati podatkovni sloj občinskih mej, ki bo odražal razmejitev parcel med občinami. Predstavljena je bila pravna podlaga za izvedbo naloge:

- za usklajevanje občinskih mej: 27. člen Zakon o spremembah in dopolnitvah zakona o evidentiranju nepremičnin (ZEN-A; Uradni list RS, št. 7/2018),
- za vzdrževanje usklajenih občinskih mej: 3. člen ZEN-A.

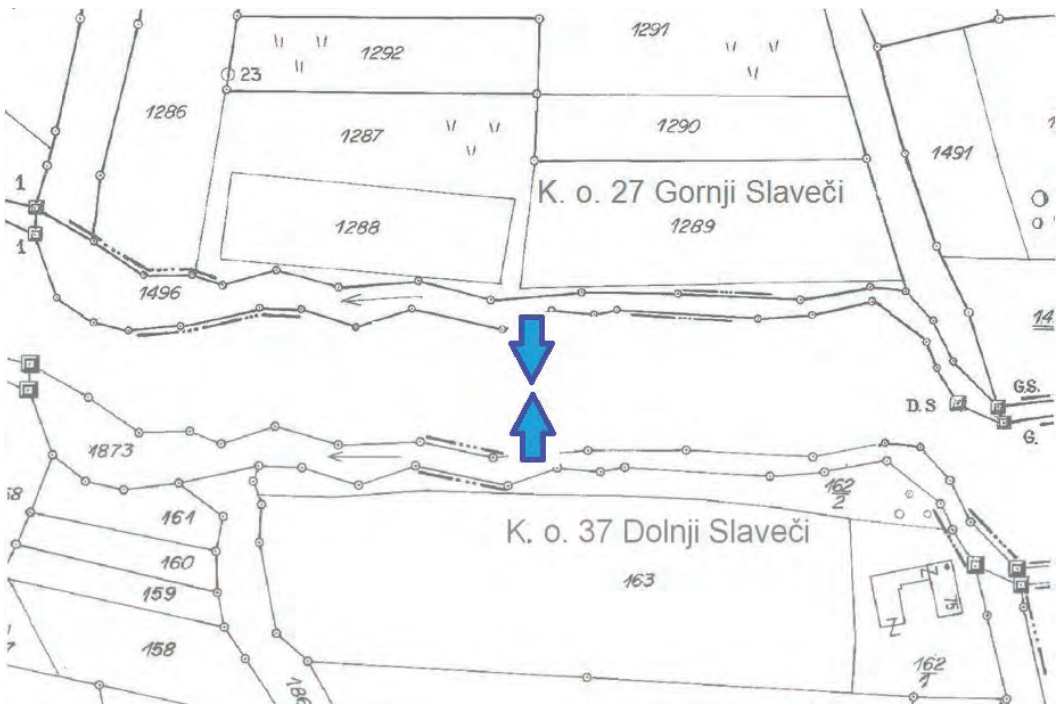
Podani so bili časovni okviri za izvedbo naloge in način izvedbe. Geodetska uprava je pripravila predlog usklajevanja podatkov o poteku občinskih mej glede na meje parcel. Občine lahko ob soglasju udeleženih občin v šestih mesecih predlagajo drugačen potek meje ob upoštevanju 200-metrskega pasu. Če geodetska uprava ne bo prejela nobenega predloga, se evidentira predlagana meja. Za pomoč pri izvedbi naloge je na voljo elektronski naslov spremembe@obcine.gis.si. Tehnično pomoč pri vzpostavitvi in uporabi programske opreme bodo zagotavljali referenti območnih geodetskih uprav. S tem je omogočeno, da bo delo potekalo nemoteno.



Slika 1: Prikaz opravil geodetske uprave in občin po 27. členu ZEN-A z rokovnikom opravil.

2 ODPRAVA SKUPNIH PARCEL NA OBMOČJIH UPRAVNIH OBČIN

Geodetska pisarna Murska Sobota je v obdobju prevedbe zemljiškokatastrskih načrtov iz analogne v digitalno obliko pred približno dvema desetletjema poleg drugih kontrolnih in usklajevalnih postopkov intenzivno izvajala tudi spremembe vpisa v evidenci zemljiškega katastra zaradi odprave skupnih parcel z enakim lastniškim stanjem na mejah katastrskih občin. To so tako imenovani dolžinski objekti – skupne poti, ceste in vodotoki na mejah katastrskih občin, ki so bili pred desetletji ob originalnih zemljiškokatastrskih izmerah v skladu s takratnimi pravili izmerjeni in določeni v obeh mejnih katastrskih občinah tako, da so bile njihove parcele v grafičnem delu evidence zemljiškega katastra, to je na analognih zemljiškokatastrskih načrtih, vrisane v celoti v obeh mejnih katastrskih občinah in označene kot skupne parcele, v pisnem delu evidence zemljiškega katastra pa so bile takšne skupne parcele v skladu s takratnimi pravili vpisane v vsaki od obeh mejnih katastrskih občin le natančno s polovično površino skupne parcele, zaokroženo na m² – glej primer analognih katastrskih načrtov in površin skupne parcele vodotoka na meji k. o. 27 Gornji Slaveči in k. o. 37 Dolnji Slaveči na sliki 2.



Šifra k. o.	K. o.	Parcela	Površina [m ²]	Lastnik	Naslov	Delež
27	GORNJI SLAVEČI	1496	1389	OBČINA KUZMA	Kuzma 60C, 9263 Kuzma	1/1
37	DOLJNI SLAVEČI	1873	1390	OBČINA GRAD	Grad 172, 9264 Grad	1/1

Slika 2: Primer skupne parcele vodotoka na meji k. o. 27 Gornji Slaveči in k. o. 37 Dolnji Slaveči: v analognih načrtih je bila parcela zarisana v celoti v obeh mejnih katastrskih občinah z lastno parcelno številko v vsaki katastrski občini, v pisnem delu zemljiškega katastra pa v vsaki katastrski občini z lastno parcelno številko s polovično površino.

Vse takšne skupne parcele na mejah katastrskih občin, ki so imele enako lastniško stanje v obeh mejnih katastrskih občinah in ležijo v posameznih upravnih občinah na območju upravne enote Murska Sobota,

smo v evidenci zemljiškega katastra po uradni dolžnosti že odpravili v postopkih spremembe vpisa zaradi odprave neskladij med grafičnim in pisnim delom evidence zemljiškega katastra.

Skupne parcele smo odpravili tako, da smo jih v grafičnem in pisnem delu evidence zemljiškega katastra v celoti prenesli v eno samo katastrsko občino, v mejni sosednji katastrski občini pa smo parcelo v celoti ukinili. O vseh takšnih spremembah vpisa zaradi odprave neskladij smo občinam oziroma takratnim zemljiškoknjižnim lastnikom teh parcel v letih 2002–2003 izdali odločbe po uradni dolžnosti. Tako smo uskladili stanje za približno 300 parov skupnih parcel na območjih upravnih občin.

3 USKLADITEV EVIDENTIRANJA PREOSTALIH SKUPNIH PARCEL NA MEJAH UPRAVNIH OBČIN

Podatke o preostalih skupnih parcelah, ki ležijo ne samo na mejah katastrskih občin, temveč tudi na mejah upravnih občin, smo s pojasnilnim dopisom in priloženim seznamom parcel leta 2003 poslali vsem občinam ter takratni Vodni skupnosti in jih pozvali, da nam sporočijo svoje predloge glede uskladitve evidentiranja skupnih parcel.

Seznam skupnih objektov na mejah k.o. in občin za izvedbo spremembe oblike lastništva

Katastrski podatki o skupnem objektu – parcela na območju občine I						Katastrski podatki o skupnem objektu – parcela na območju občine II							
Šifra k.o.	k.o.	Parc. št.	Arhivska katastrska vrsta raba	Površina (m ²)	Obstoječi zemljiškopravni lastnik	Občina I	Šifra k.o.	k.o.	Parc. št.	Arhivska katastrska vrsta rabe	Površina (m ²)	Obstoječi zemljiškopravni lastnik	Občina II
0001	Hodoš	3424	pot	928	Občina Hodoš	Hodoš	0017	Šalovci	7420	pot	928	Občina Šalovci	Šalovci
0007	Lusova	1833	pot	4449	Občina Gornji Petrovci	Gornji Petrovci	0006	Čepinci	3466	pot	4449	Občina Šalovci	Šalovci
0008	Neradnovci	1696	pot	5619	Občina Gornji Petrovci	Gornji Petrovci	0006	Čepinci	3465/1	pot	5619	Občina Šalovci	Šalovci
0008	Neradnovci	1697	pot	1383	Občina Gornji Petrovci	Gornji Petrovci	0006	Čepinci	3465/3	pot	1383	RS-SZG	Šalovci
0018	Krplivnik	2617	vodotok	228	Občina Hodoš	Hodoš	0017	Šalovci	6656	vodotok	228	RS-DRSV	Šalovci
0018	Krplivnik	2618	vodotok	218	Občina Hodoš	Hodoš	0017	Šalovci	6657	vodotok	218	RS-DRSV	Šalovci
0018	Krplivnik	2619	vodotok	795	Občina Hodoš	Hodoš	0017	Šalovci	6658	vodotok	795	RS-DRSV	Šalovci
0020	Križevci	8066	pot	421	Občina Gornji Petrovci	Gornji Petrovci	0019	Domanjčevci	7247	pot	421	Občina Šalovci	Šalovci
0020	Križevci	8067	pot	808	Občina Gornji Petrovci	Gornji Petrovci	0019	Domanjčevci	7248	pot	808	Občina Šalovci	Šalovci
0020	Križevci	8068	pot	471	Občina Gornji Petrovci	Gornji Petrovci	0083	Lončarovci	1673	neplodno	471	Občina Moravske Toplice	Moravske Toplice
0020	Križevci	8069	pot	1350	Občina Gornji Petrovci	Gornji Petrovci	0082	Kančevci	2409	pot	1350	Občina Moravske Toplice	Moravske Toplice

Slika 3: Izsek iz seznama skupnih parcel na mejah sosednjih upravnih občin I in II – značilno je, da so površine skupnih parcel v obeh mejnih katastrskih občinah praviloma enake in predstavljajo polovično površino skupne parcele. V nekaterih primerih je kot lastnik na eni polovici skupne parcele vpisana občina, na drugi polovici pa Republika Slovenija z upravljavci, kot so DRSV, DRSl, SIDG in SKZG.

Sprememba vpisa zaradi odprave neskladij na mejah upravnih občin se razlikuje od načina odprave neskladij znotraj območij občin. Skupne parcele na mejah upravnih občin namreč nimajo enakega lastniškega stanja, saj je parcela v eni katastrski občini v lasti ene upravne občine, v mejni katastrski občini pa je v lasti druge upravne občine ali celo v državni lasti. Iz tega razloga je spremembo vpisa zaradi odprave neskladja najbolje opraviti tako, da jo tako v grafičnem kot pisnem delu evidence zemljiškega katastra v celoti prenesemo v eno samo katastrsko občino, v mejni katastrski občini pa parcelo v celoti ukinemo. Postopek se od že izvedenih sprememb vpisov znotraj območij upravnih občin razlikuje tako, da se za vsako takšno parcelo na mejah upravnih občin kot lastnik z enakim solastniškim deležem ene polovice vpišeta obe mejni upravni občini. Tako se ohranijo dejansko enake lastniške pravice na skupni parceli, kot so bile vpisane ob evidentiranju teh skupnih parcel v katastru. Prenos oziroma ukinitve parcel je

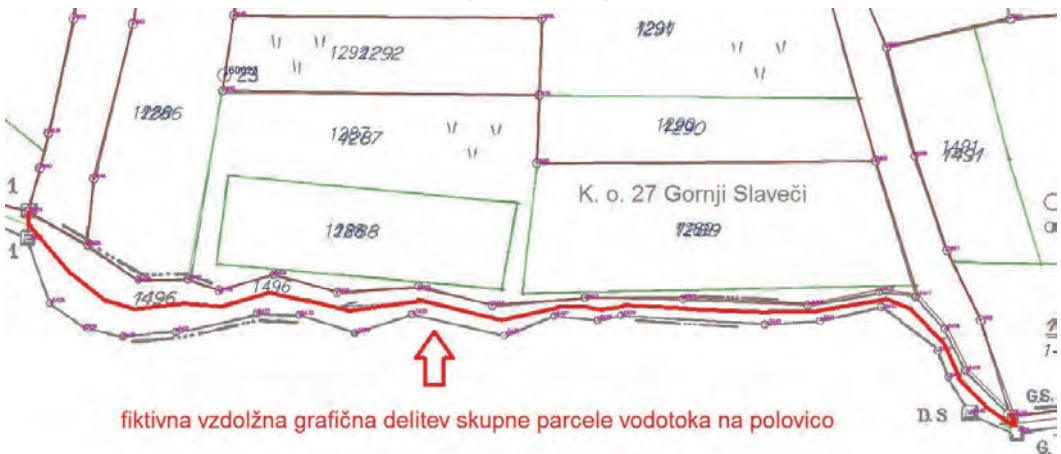
smiselno izvesti po kriteriju časa izvedbe zemljiškokatastrske izmere v mejnih katastrskih občinah, kar pomeni, da bi bila dosedanja skupna parcela v celoti vpisana in vrisana v tisto od obeh katastrskih občin, kjer je bila zemljiškokatastrska izmera izvedena kasneje.

Odziva občin ali Vodne skupnosti na takratni dopis ni bilo, zemljiška knjiga pa je imela zadržke, da bi težavo reševali s prenosom cele parcele v eno katastrsko občino in nato na celi parceli z vpisom skupnega lastništva z deležem do ene polovice na vsako mejno upravno občino. Zato odprave preostalih skupnih parcel na predlagani način nismo izvedli, čeprav bi tako lahko v celoti ohranili »skupno« funkcionalnost, namen in smisel skupnih parcel, kot so bile vzpostavljene ob katastrskih izmerah.

Na seznamu skupnih parcel na mejah upravnih občin s sosednjimi občinami, za katere je še treba izvesti opisano odpravo neskladij, so na levi strani navedene skupne parcele v eni občini (Občina I), na desni strani pa pripadajoče skupne parcele v vsakokratni sosednji občini (Občina II) – glej primer dela seznama na sliki 3.

4 ZAČASNA TOPOLOŠKA ODPRAVA NESKLADJA SKUPNIH PARCEL

Topološka pravila v digitalnih zemljiškokatastrskih načrtih in zemljiškokatastrskih prikazih ne dopuščajo prostorskega prekrivanja poligonov parcel, zato v grafiki digitalnega zemljiškega katastra ni bilo mogoče ohraniti skupnih parcel v sosednjih občinah z zarisi celotnih poligonov skupnih parcel. Iz tega razloga smo na geodetski upravi namesto zgoraj predlaganega načina odprave neskladij pred približno dvema desetletjema izvedli grafično delitev poligonov preostalih skupnih parcel na polovico v vzdolžni smeri po celotni dolžini skupnih parcel. Tako se poligoni skupnih parcel na občinskih mejah topološko niso več prekrivali, temveč so se natančno topološko stikali in hkrati postali skladni z vpisanimi polovičnimi površinami v pisnem delu evidence zemljiškega katastra – glej sliko 4.

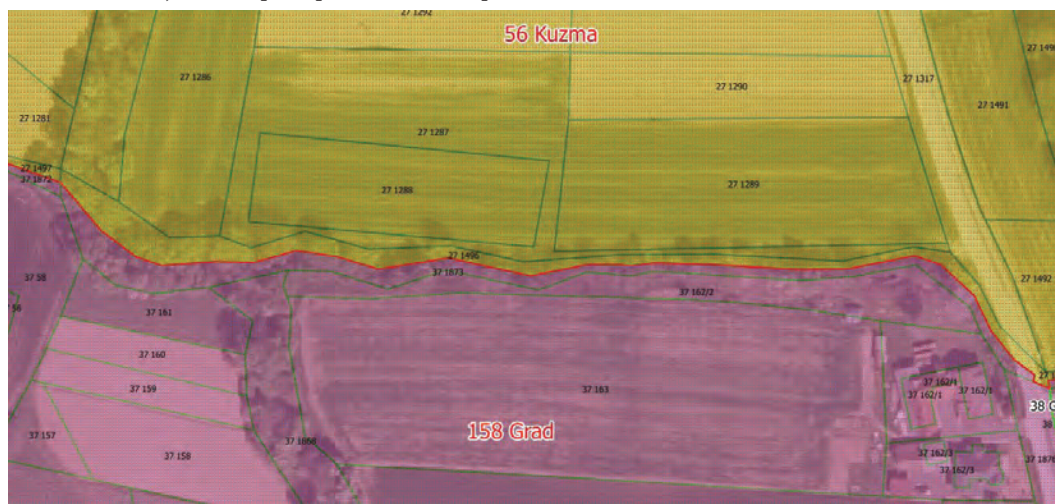


Šifra k. o.	K. o.	Parcela	Površina [m ²]	Lastnik	Naslov	Delež
27	GORNJI SLAVEČI	1496	1389	OBČINA KUZMA	Kuzma 60C, 9263 Kuzma	1/1
37	DOLNJI SLAVEČI	1873	1390	OBČINA GRAD	Grad 172, 9264 Grad	1/1

Slika 4: Primer grafične delitve poligonov skupnih parcel na občinskih mejah na polovico v vzdolžni smeri po celotni dolžini skupnih parcel. Površine parcel v pisnem delu katastra se ne spremenijo.

5 PROJEKT EPROSTOR – NALOGA POSTOPEK USKLAJEVANJA MEJ OBČIN Z MEJAMI PARCEL

Možnost za izvedbo zadnje faze sprememb vpisa zaradi odprave neskladij, ki zajema tudi odpravo skupnih parcel na mejah upravnih občin, se izkazuje ob izvedbi naloge *Postopek usklajevanja mej občin z mejami parcel* – glej <http://www.projekt.e-prostor.gov.si/skupno/novica/postopek-usklajevanja-mej-obcin-z-mejami-parcel/>. Predlagane meje občin v primerih skupnih parcel na občinskih mejah potekajo po mejah vzdolžno razdeljenih skupnih parcel, kot kaže primer na sliki 5.



Šifra k. o.	K. o.	Parcela	Površina [m ²]	Lastnik	Naslov	Delež
27	GORNJI SLAVEČI	1496	1389	OBČINA KUZMA	Kuzma 60C, 9263 Kuzma	1/1
37	DOLJNI SLAVEČI	1873	1390	OBČINA GRAD	Grad 172, 9264 Grad	1/1

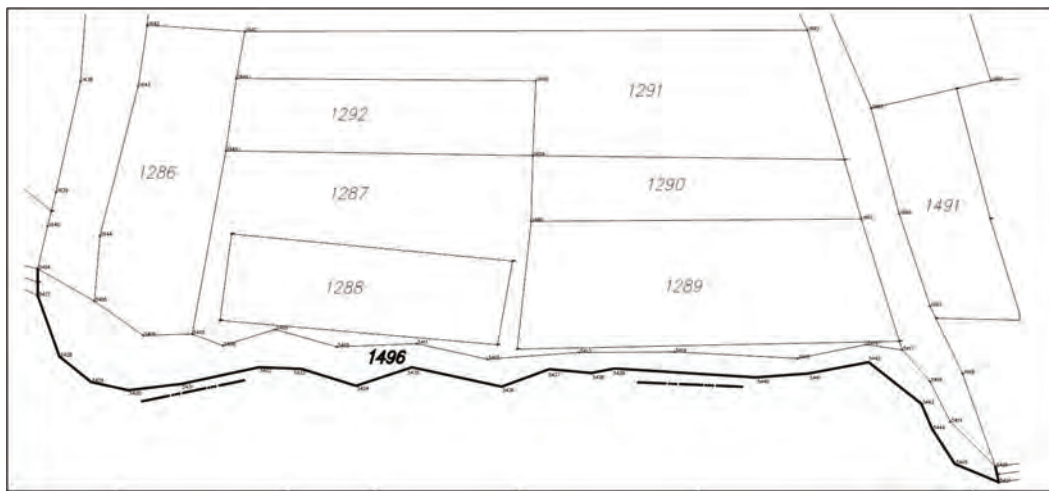
Slika 5: Primer predloga uskladitve občinske meje na katastrsko mejo, ki poteka vzdolžno po fiktivni sredini skupne parcele vodotoka. Vir slike: digitalno gradivo GURS za občino, julij 2018.

Možnosti odprave neskladij skupnih parcel v zemljiškem katastru je več, najprimernejša med njimi je navedena v nadaljevanju pod 5.1, druga možnost pod točko 5.2, možnost pod točko 5.3 pa pomeni minimalni potreben ukrep pristojnih občin za zagotovitev ustrezne pravno-tehnične obravnave skupnih parcel v prihodnje.

5.1 Prenos skupne parcele v eno katastrsko občino in zemljiškknjižni vpis polovičnega lastništva obeh mejnih občin

Z odpravo preostalih skupnih parcel na občinskih mejah na način, da se skupna parcela s celotnim poligonom skupne parcele in s celotno površino skupne parcele vpiše v eno samo katastrsko občino in da se v obeh mejnih upravnih občinah vpiše polovično lastništvo, bi v celoti ohranili »skupno« funkcionalnost, namen in smisel skupnih parcel, kot so bile vzpostavljene ob katastrskih izmerah. Zato je takšen način odprave neskladij vsebinsko najustreznejši. Vendar poleg odprave neskladja v grafičnem in pisnem delu zemljiškega katastra zahteva tudi sporazum obeh mejnih občin o vpisu skupne parcele samo v eno katastrsko občino in vložitev zemljiškknjižnega predloga za vpis polovičnega lastništva obeh mejnih občin

na skupni parceli, ta pa bi po novem s celotnim svojim poligonom in s celotno površino spadala le v eno katastrsko občino, ki leži le v eni od obeh sosednjih upravnih občin. Na geodetski upravi bi potem takšne sporazume oziroma predloge občin neposredno izvedli v grafiki zemljiškega katastra in registru prostorskih enot (RPE), nato pa se meja občin uskladi na podlagi te grafike katastra.

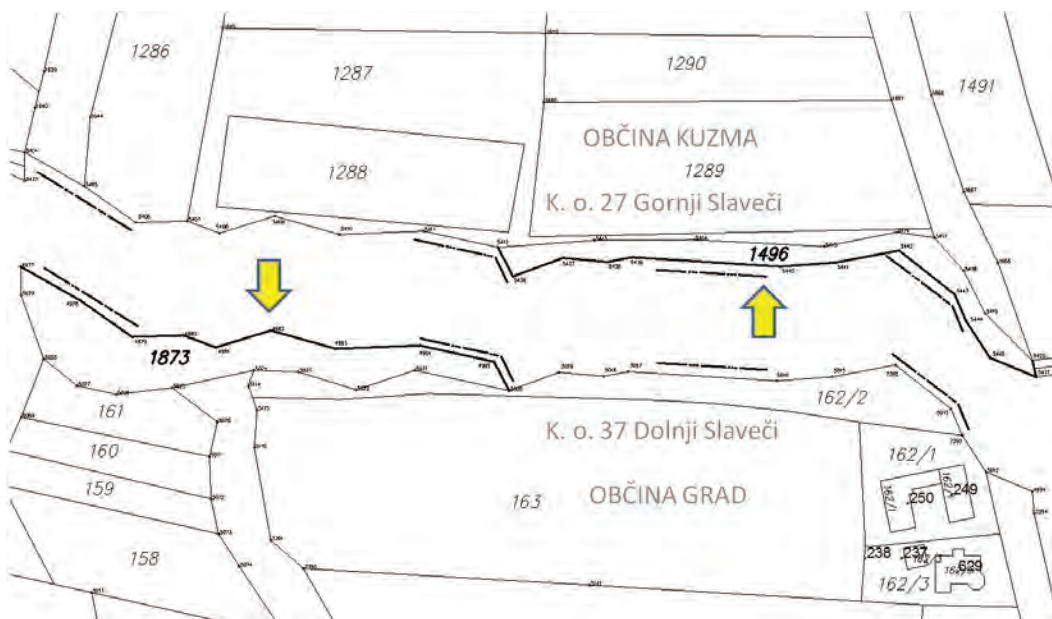


Šifra k. o.	K. o.	Parcela	Površina [m ²]	Lastnik	Naslov	Delež
27	GORNJI SLAVEČI	1496	2779	OBČINA KUZMA	Kuzma 60C, 9263 Kuzma	1/2
				OBČINA GRAD	Grad 172, 9264 Grad	1/2

Slika 6: Primer prenosa skupne parcele v samo eno katastrsko občino. Površina skupne parcele je enaka vsoti obeh dosedanjih parcel. Meja med občinama se uskladi na mejo po zunanjem robu skupne parcele. Potreben je zemljiškoknjižni vpis polovičnega lastništva obeh mejnih občin na skupni parceli.

5.2 Prečna delitev skupne parcele na dve površinsko enaki parceli v dveh k. o. in dveh občinah

Glede na sedanje razmere in želeno lastniško »čistost« občinske lastnine znotraj meja občine je mogoče tudi, da se skupne parcele razdelijo prečno in ne po sedanjem načelu fiktivne vzdolžne grafične delitve. Tako na primer vzdrževanje poti, cest, vodotokov nikoli ne poteka samo po levi ali desni polovici parcele, kakor so skupne parcele grafično evidentirane v katastru. Zdaj, ko se bodo občinske meje usklajevale s parcelnimi, je priložnost, da občine z medsebojnim dogovorom določijo, katera polovica posamezne skupne parcele, »leva ali desna«, naj pripade h kateri občini namesto sedanje »zgornje ali spodnje« polovice. Na geodetski upravi bi takšne sporazume oziroma predloge občin neposredno izvedli v grafiki zemljiškega katastra in RPE, ter nato na podlagi te grafike uskladili meje med občinami. Prednost takšne rešitve je, da ni treba vlagati zemljiškoknjižnih predlogov, saj se celotna uskladitev izvede v pisarni na geodetski upravi z grafičnim geodetskim postopkom »izravnave mej« ob upoštevanju pogoja enakih površin, s tem pa bi se odpravila tudi sedanja začasna fiktivna vzdolžna grafična delitev skupne parcele. Na spodnji sliki 7 je prikazana možnost takšne prečne delitve skupne parcele – skupnega vodotoka na meji dveh katastrskih občin. Slabost rešitve je v odmiku od izvorne skupne funkcionalnosti in skupnega upravljanja na celotni skupni parceli (različica 1 na sliki 7). Oboje pa bi bilo mogoče ohraniti tako, da bi se po prečni delitvi na obe parceli v zemljiški knjigi vpisal polovični lastniški delež obeh mejnih upravnih občin (različica 2 na sliki 7).



Različica 1 – ni sprememb zemljiškoknjžnih vpisov lastništva in deleža

Šifra k. o.	K. o.	Parcela	Površina [m ²]	Lastnik	Naslov	Delež
27	GORNJI SLAVEČI	1496	1389	OBČINA KUZMA	Kuzma 60C, 9263 Kuzma	1/1
37	DOLNJI SLAVEČI	1873	1390	OBČINA GRAD	Grad 172, 9264 Grad	1/1

Različica 2 – vpis polovičnega deleža lastništva v zemljiško knjigo na obeh parcelah

Šifra k. o.	K. o.	Parcela	Površina [m ²]	Lastnik	Naslov	Delež
27	GORNJI SLAVEČI	1496	1389	OBČINA KUZMA	Kuzma 60C, 9263 Kuzma	1/2
				OBČINA GRAD		Grad 172, 9264 Grad
37	DOLNJI SLAVEČI	1873	1390	OBČINA KUZMA	Kuzma 60C, 9263 Kuzma	1/2
				OBČINA GRAD		Grad 172, 9264 Grad

Slika 7: Primer prečne grafične delitve skupne parcele na dve površinsko enaki parceli v dveh katastrskih občinah in dveh občinah v lasti dveh občin. Površine parcel v pisnem delu katastra se ne spremenijo. Pri različici 1 se stanje lastništva parcel v zemljiški knjigi ne spremeni. Mogoča je tudi različica 2, da se na obeh parcelah vpišeta obe mejni občini kot solastnici s solastniškim deležem do ene polovice.

5.3 Ohranitev vzdolžne delitve skupne parcele na dve površinsko enaki parceli v dveh katastrskih občinah in dveh občinah

Ob ohranitvi fiktivnih vzdolžnih delitev skupnih parcel v sedanjih obliki evidentiranja vzdolžnih parov parcel v zemljiškem katastru in uskladitvi občinskih mej s takšnimi zemljiškokatastrskimi mejami parcel (glej sliko 5) je treba zagotoviti minimalno pravno-tehnično »varovalko« za pravilno obravnavo takšnih skupnih parcel v vsakokratnih prihodnjih postopkih. Takšna minimalna varovalka je lahko na primer vpis polovičnega solastništva na obeh parcelah v zemljiško knjigo ali vsaj vpis zaznamb v zemljiški knjigi, kjer bi se pri vsaki takšni vzdolžno deljeni skupni parceli na mejah upravnih občin vpisala zaznamba, da konkretna parcela v eni katastrski občini v paru s parcelo v sosednji katastrski občini pomeni skupno parcelo.

6 SKLEP

Primer zarisa skupne parcele v načrtih prve katastrske izmere iz leta 1860 na sliki 8 kaže, da so bile skupne parcele v zemljiškem katastru vrisane kot takšne že od začetka katastrskega evidentiranja. V sodobnem času je treba to lastnost ohraniti s preoblikovanjem na enega od posodobljenih tehnološko izvedljivih načinov. Pri tem je za skupne parcele ne mejah občin pomembno slediti cilju, da so tudi te parcele v zemljiškem katastru evidentirane tako, da so njihove meje trajno nedvoumno določljive v naravi, tako zaradi zaščite pravic in dolžnosti lastnikov parcel – občin ali države – kot zaradi temeljne vloge zemljiškega katastra v prostorsko usposobljeni družbi. Ko se bodo s takšnimi katastrskimi mejami uskladile občinske meje, bo to prispevalo k urejenim in dobrim medsosedskim odnosom med občinami, saj tudi tu velja: »Trdne meje, dobri sosede!«



Slika 8: Primera izrezov iz katastrskih načrtov v merilu 1 : 2880 prve katastrske izmere iz leta 1860 – zgoraj katastrska občina Gornji Slaveči, spodaj katastrska občina Dolnji Slaveči. Skupni vodotok na meji je vrisan enako v obeh katastrskih občinah z različnimi parcelnimi številkami v vsaki katastrski občini in je kartografsko označen s prekinjenimi črticami po sredini vodotoka.

Vir besedila za poglavje 1. Uvod in slike 1: Novica MOP GURS z dne 26. julija 2018,

<http://www.projekt.e-prostor.gov.si/skupno/novica/postopek-usklajevanja-mej-obcin-z-mejami-parcel/>

Zakonska podlaga

Zakon o spremembah in dopolnitvah zakona o evidentiranju nepremičnin (ZEN-A) (Uradni list RS, št. 7/2018)

3. člen

Za devetim odstavkom 19. člena se doda nov deseti odstavek, ki se glasi:

»(10) Meje parcele se povezujejo z mejami občin. Pravila vzdrževanja podatkov o mejah občin z mejami parcel določi minister.«

27. člen

(uskladitev poteka mej občin z mejami parcel)

(1) Za zagotavljanje usklajenega poteka mej občin z mejami parcel v zemljiškem katastru geodetska uprava najpozneje v šestih mesecih od uveljavitve tega zakona pošlje občinam predlog poteka mej občin glede na meje parcel v zemljiškem katastru (v nadaljnjem besedilu: predlog poteka mej občin), ki ga pripravi na podlagi podatkov, evidentiranih v zemljiškem katastru in registru prostorskih enot.

(2) Občine lahko najpozneje v šestih mesecih po prejemu predloga poteka mej občin posredujejo nov predlog poteka mej občin, izdelan na zemljiškokatastrskem prikazu. V novem predlogu poteka mej občin lahko predlagajo drugačen zaris poteka mej občin samo na območju, ki v širini 200 m poteka na vsaki strani meje, predlagane v predlogu poteka mej občin iz prejšnjega odstavka. Nov predlog poteka mej občin morajo potrditi pristojni organi udeleženih občin.

(3) Če geodetska uprava ne prejme novega predloga poteka mej občin iz prejšnjega odstavka, se potek meje občin evidentira v zemljiškem katastru na podlagi predloga poteka mej občin iz prvega odstavka tega člena.

(4) Če geodetska uprava prejme nov predlog poteka mej občin iz drugega odstavka tega člena, se potek meje občin evidentira v zemljiškem katastru in v registru prostorskih enot na podlagi predloga poteka mej občin iz drugega odstavka tega člena, v registru prostorskih enot pa se uskladijo podatki o mejah drugih prostorskih enot, ki so določene v okviru občine.

Pravilnik o območjih in imenih katastrskih občin (Uradni list RS, št. 100/2006)

3. člen

(sprememba območja katastrske občine)

- Območje katastrske občine se lahko spremeni zaradi:
- izločitve ene ali več parcel iz ene katastrske občine in priključitve teh parcel drugi katastrski občini;
- spremembe mej parcel, ki ležijo ob meji katastrske občine, ali združitve dveh ali več parcel, ki ležijo ob meji katastrske občine v različnih katastrskih občinah.

4. člen

(postopek spreminjanja območja katastrske občine zaradi izločitve ene ali več parcel iz ene katastrske občine in priključitve teh parcel drugi katastrski občini)

(1) Postopek spreminjanja območja katastrske občine zaradi izločitve ene ali več parcel iz ene katastrske občine in priključitve teh parcel drugi katastrski občini se uvede na predlog vodje krajevno pristojne organizacijske enote Geodetske uprave Republike Slovenije.

(2) Če je predlog zaradi smotrnosti, urejenosti in večje preglednosti zemljiškega katastra utemeljen, Geodetska uprava Republike Slovenije (v nadaljnjem besedilu: geodetska uprava) izda sklep o dovolitvi spremembe območja katastrske občine.

5. člen

(postopek spreminjanja območja katastrske občine zaradi spremembe mej parcel, ki ležijo ob meji katastrske občine, ali zaradi združitve dveh ali več parcel, ki ležijo ob meji katastrske občine v različnih katastrskih občinah)

Geodetska uprava na podlagi dokončne odločbe o evidentiranju urejene meje ali dokončne odločbe o evidentiranju spremenjene meje po uradni dolžnosti evidentira spremembo območja katastrske občine v zemljiškem katastru in registru prostorskih enot.

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

Območna geodetska uprava Murska Sobota, Lendavska ulica 18, SI-9000 Murska Sobota
e-pošta: joc.triglav@gov.si, tel.: (02) 5351 565

OSMO PLENARNO ZASEDANJE SKUPINE STROKOVNJAKOV ZA GLOBALNO UPRAVLJANJE GEOGRAFSKIH INFORMACIJ - UN-GGIM

Tomaž Petek

V dneh od 31. julija do 3. avgusta 2018 je na sedežu Organizacije združenih narodov v New Yorku potekalo osmo plenarno zasedanje skupine strokovnjakov za globalno upravljanje geografskih informacij – UN-GGIM. Udeležilo se ga je več kot 380 delegatov iz 88 držav članic OZN ter 137 predstavnikov opazovalcev iz 85 različnih nevladnih organizacij ter strokovnih mednarodnih združenj in organizacij. Slovenijo je na zasedanju zastopal Tomaž Petek, predstavnik Geodetske uprave Republike Slovenije, ki je tudi predsedujoči evropskega regionalnega izvršilnega odbora skupine strokovnjakov za upravljanje geografskih informacij v Evropi (UN-GGIM Evropa). Ob robu plenarnega zasedanja je bilo organiziranih 36 spremljevalnih dogodkov ter sestank razširjenega odbora izvršilnega odbora UN-GGIM Evropa.



Dvorana v stavbi OZN med osmim zasedanjem UN-GGIM.

Plenarno zasedanje je odprl g. Liu Zhenmin (USG DESA), namestnik generalnega sekretarja OZN, odgovoren za ekonomske zadeve, ki je povzel ključne dejavnosti OZN na področju zagotavljanja ciljev trajnostnega razvoja v obdobju od zadnjega zasedanja UN-GGIM ter povabil vse države na kongres z naslovom *UN World Geospatial Information*, ki bo novembra 2018 na Kitajskem. Vsa gradiva, obravnavana na plenarnem zasedanju, so dostopna na [spletni strani UN-GGIM](#).



Namestnik generalnega sekretarja na odprtju osmega zasedanja UN-GGIM.

Sekretariat UN-GGIM je predstavil dokument z naslovom [Strengthening of geospatial information management](#), v katerem je pripravil podrobnejše usmeritve in praktična navodila za izpolnitev obveznosti iz resolucije Ekonomsko-socialnega sveta 2016/27. Predstavnica Svetovne banke Ana Wellenstein je predstavila dokument z naslovom [National geospatial data and information systems](#), ki je nastal v sodelovanju UN-GGIM, sekretariata OZN in Svetovne banke. V njem je predstavljena skupna vizija pri izvedbi podpore in pomoči posameznim državam na področju premagovanja digitalne ločnice ter pri vzpostavljanju nacionalnih informacijskih infrastruktur za prostorske informacije in nacionalnih informacijskih sistemov. Zlasti je treba omeniti dokument z naslovom [Integrated Geospatial Information Framework](#), in sicer drugi del strateškega priporočila za krepitev upravljanja prostorskih podatkov na svetovni ravni z naslovom [A strategic guide to develop and strengthen national geospatial information management](#). Navedeni dokument je bil poslan v široko javno razpravo, tako da sedaj poteka zbiranje pripomb in predlogov za dopolnitve.

Sledile so predstavitve predstavnikov regionalnih odborov UN-GGIM, ki delujejo na petih svetovnih celinah. Vsebina predstavitev je povzeta v dokumentu z naslovom: [Contribution of regional committees and thematic groups to the global geospatial information agenda](#). Delo evropskega regionalnega odbora je predstavil predsedujoči v izvršnem odboru UN-GGIM Evropa Tomaž Petek.

Zasedanje se je nadaljevalo s predstavitvami posameznih interesnih skupin, ki delujejo v okviru UN-GGIM (UN-GGIM Geospatial Society, UN-GGIM Academic Network, UN-GGIM Private Sector Network).

Ob robu plenarnega zasedanja je bilo ustanovljeno združenje WGIC – World Geospatial Industry Council, katerega delovanje je predstavil ustanovitelj ESRI-ja Jack Dangermond. V nadaljevanju plenarnega



Predstavnik Slovenije na osmem zasedanju UN-GGIM.

zasedanja so bili obravnavani posamezni dokumenti in poročila delovnih skupin. Vsaki predstavitvi je sledila razprava. V tem poročilu so povzete nekatere ključne ugotovitve iz razprave in sprejete ugotovitve.

V predstavitvi seznama globalnih indikatorjev za spremljanje ciljev trajnostnega razvoja je delovna skupina IAEG-SDGs podala poročilo o svojem delu in predstavila dokument z naslovom [Geospatial information for sustainable development](#).

Delovna skupina UN-GGIM za globalni geodetski referenčni okvir (GGRF) je predstavila vsebino poročila o svojem delu v preteklem letu ([Global geodetic reference frame](#)). Podrobno je bil predstavljen tudi *načrt implementacije* kot program dela pododbora za geodezijo (SCoG), kakor se od preteklega leta imenuje strokovna skupina GGRF. Delovna skupina UN-GGIM, ki jo je na pobudo UN-GGIM vodil evropski regionalni odbor UN-GGIM Evropa in je obravnavala temeljne podatkovne nize na svetovni ravni, je prav tako predstavila svoje poročilo ([Determination of global fundamental geospatial data themes](#)). Sledila je razprava, v kateri je večina razpravljavcev podprla predstavljeni seznam minimalno potrebnih temeljnih geoprostorskih podatkovnih nizov na svetovni ravni ter se zavzela za dokončanje dela v tej delovni skupini.

V odmoru zasedanja je predstavnik programa [GEO](#) (angl. *Group of Earth Observation*) predstavil delo skupine in opisal vsebino dokumenta z naslovom [Value of Open Data](#), v katerem so predstavljene prednosti in finančne koristi odpiranja podatkov, med katerimi imajo vodilno mesto prostorski podatki.

Med odmorom za kosilo je bil izveden tudi sestanek med razširjenim odborom UN-GGIM in UN-GEGEN, na katerem so bile obravnavane možnosti za prihodnje sodelovanje, ki je opredeljeno tudi v dokumentu [Strengthening collaboration with the UN Group of Experts on Geographical Names](#). Večina razpravljavcev je podprla šest temeljnih načel, s katerimi jih je seznanil predstavnik UN-GEGEN in so zapisana v navedenem dokumentu.

Delovna skupina UN-GGIM, ki obravnava trende na področju institucionalne organiziranosti upravljanja prostorskih podatkov na svetovni ravni, je predstavila poročilo z naslovom [Trends in national institutional arrangements in global geospatial information management](#) in še nekaj spremljevalnih dokumentov s

priporočili in opisi primerov dobrih praks. Med razpravo, ki je sledila, je bila potrjena ugotovitev, da je to vprašanje obsežno in večplastno. Predstavniki UN-GGIM Evropa so zastopali stališče, da so predstavljeni primeri dobrih praks zelo koristen pripomoček pri izboljšanju institucionalne ureditve na tem področju.

Delovna skupina je pripravila poročilo o pravnem in političnem okvirju globalnega upravljanja prostorskih podatkov [Legal and policy frameworks, including issues related to authoritative data](#), v katerem je predstavljeno enakopravno vključevanje stališč vseh deležnikov na obravnavanem področju.

Tri mednarodne standardizacijske organizacije (OGC, ISO in IHO) so nadaljevale skupno delo pri pripravi priporočil za uporabo standardov pri globalnem upravljanju prostorskih informacij [Implementation and adoption of standards for the global geospatial information community](#), v katerem so podane ugotovitve o stanju standardizacije ter priporočila in napotki za izboljšanje področja.

V nadaljevanju zasedanja je bil predstavljen dokument o povezovanju prostorskih in statističnih podatkov ([Integration of geospatial, statistical and other related information](#)).

Rezultate svojega dela je predstavila tudi delovna skupina, ki se na svetovni ravni ukvarja z zemljiško administracijo in upravljanjem zemljišč ter je bila ustanovljena na šestem plenarnem zasedanju UN-GGIM leta 2016. Vodi jo predstavnik UN-GGIM Evrope iz nizozemskega katastra in na tokratnem zasedanju je izdelala drugo poročilo z naslovom [Application of geospatial information related to land administration and management](#). V razpravi so države članice OZN izrazile veliko podporo delovnemu programu za leti 2018 in 2019 ter poudarile potrebo po odzivu delovne skupine na obveznosti, ki se v Agendi 2030 nanašajo na upravljanje zemljišč in zemljiško administracijo.

Delovna skupina, ki se ukvarja z opredelitvijo vloge prostorskih podatkov za potrebe preprečevanja naravnih nesreč in ukrepanje ob odpravi njihovih posledic, je predstavila rezultate svojega dela, ki so strnjeni v dokumentu z naslovom [Geospatial information and services for disasters](#). Razpravljavci so kot pozitivno ocenili delo delovne skupine, katerega rezultat je resolucija Ekonomsko-socialnega sveta, sprejeta 2. julija 2018.

Pregled delovanja Organizacije združenih narodov na področju upravljanja prostorskih podatkov je predstavil predstavnik sekretariata OZN, ki je izdelal dokument [Review of United Nations activities in geospatial information management](#). Večina sodelujočih v razpravi je podprla povezovanje vseh organizacijskih enot in skupin, ki v okviru OZN delujejo na področju upravljanja prostorskih podatkov in storitev v zvezi z njimi. To je bilo uresničeno z vzpostavitvijo sistemske mreže tematskih skupin v OZN.

Delovna skupina UN-GGIM za področje prostorskih podatkov v pomorstvu je pripravila poročilo o uporabi prostorskih podatkov v področju pomorstva ([Marine geospatial information](#)).

Na koncu plenarnega zasedanja je bil sprejet osnutek dokumenta s sklepi zasedanja ter okvirna agenda za naslednje redno zasedanje v letu 2019. Končna različica bo po redakcijskih dopolnitvah objavljena na spletni strani UN-GGIM.

Tomaž Petek

Geodetska uprava Republike Slovenije
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana

e-naslov: tomaz.petek@gov.si, klemen.medved@gov.si, martin.smodis@gov.si

SEZNAM DIPLOM NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

OD 1. 5. 2018 DO 31. 7. 2018

Teja Japelj

Ko smo že imeli občutek, da iz letošnjega poletja ne bo nič takšnega, kar je lahko podobno poletju, nas je zadelo, kot se za poletje spodobi. Vročina je pritisnila vsepovsod, res pa je, da je mogoče lažje preživeti tako vroče dni, ko je dan malo krajši kot junija in se ponoči nekoliko shladi. Se pa najde marsikdo, ki mora v teh vročih dneh prebroditi dan v senci, s strokovno literaturo v roki, in zamenjati marsikatero dejavnost na prostem s še kako pomembnim izobraževanjem.

Pretekli meseci so bili na področju zaključevanja študija na področju geodezije kar uspešni, saj ni bilo malo študentov, ki so se odločili za ta korak. Na visokošolskem študijskem programu prve stopnje tehnično upravljanje nepremičnin je študij končala ena študentka, tri študenti na univerzitetnem študijskem programu prve stopnje geodezija in geoinformatika, devet študentov na magistrskem študijskem programu druge stopnje geodezija in geoinformatika ter štiri študenti na magistrskem študijskem programu druge stopnje prostorsko načrtovanje.

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA

Anita Anželak Primerjava makete Triglava ob Bohinjskem jezeru z dejansko obliko gore

Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič

Somentorja: asist. dr. Tilen Urbančič, asist. dr. Dejan Grigillo

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101440>

V magistrskem delu smo ocenili ujemanje makete Triglava ob Bohinjskem jezeru v Ribčevem Lazu z dejansko obliko triglavskega pogorja. V ta namen smo maketo fotografirali s fotoaparatom in iz fotografij z metodo SfM izdelali fotogrametrični oblak točk. Pridobljeni oblak smo primerjali z dejanskim reliefom, tj. z oblakom točk reliefa Slovenije, pridobljenim v sklopu projekta Laserskega skeniranja Slovenije (lidarski oblak točk). Pri tem smo uporabili orodja usklajevanja merila in poravnave brez in s postopkom ICP. Ujemanje makete z dejansko obliko pogorja smo predstavili s sliko absolutnih razdalj med oblakoma.

Urša Bajec Modeliranje funkcionalnih območij po pristopu dostopnosti

Mentor: doc. dr. Samo Drobne

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101630>

V magistrski nalogi smo modelirali funkcionalna območja Slovenije po pristopu dostopnosti, kot sta ga predlagala Karlsson in Olsson (2006). Pri tem smo modelirali dostopnost delodajalcev do delavcev ter ločeno dostopnost

delavcev do delovnih mest. Funkcionalna območja dostopnosti (FOD) smo modelirali na ravni regionalnih središč po Strategiji prostorskega razvoja Slovenije (SPRS, 2004) za leta 2000, 2004, 2007, 2009, 2012 in 2016. Modeliranje smo izvedli s pomočjo statističnih podatkov o številu delavcev ter številu delovnih mest v slovenskih občinah ter s podatki o vožnji na delo (Drobne in Bogataj, 2011; Drobne, 2016). Rezultate modeliranja FOD smo primerjali s funkcionalnimi regijami, modeliranimi po metodi CURDS (Borovnik, 2018) in po metodi Intramax (Drobne, 2016), ter s funkcionalnimi urbanimi območji, modeliranimi po prilagojeni metodi OECD (2013; Zavodnik Lamovšek in Drobne, 2017; Drobne in Zavodnik Lamovšek, 2017).

Urška Ivančič Primerjanje kategoričnih in numeričnih rastrskih kart s programskim orodjem MCK

Mentor: doc. dr. Samo Drobne

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101626>

V magistrskem delu smo preizkušali programsko orodje MCK za primerjanje rastrskih kart. Preizkusili smo metode za kategorične in numerične podatke. Uporabili smo prostorske podatke o Sloveniji. Preizkus metod za primerjanje kategoričnih kart smo izvedli s podatki o številu občin v štirih različnih letih (1993, 2000, 2006 in 2014) in s podatki o dejanski rabi tal v petih različnih letih (2002, 2005, 2009, 2012 in 2017). Za testiranje algoritmov, ki so namenjeni primerjanju numeričnih kart, smo izbrali dva satelitska posnetka iz let 2001 in 2011 ter podatke o povprečni temperaturi zraka v obdobju med letoma 1971 in 2000 za šest različnih mesecev (januar, februar, april, maj, julij in december). Rezultati analize so pokazali, da je programsko orodje MCK uporabno za izvajanje primerjav slovenskih podatkov. Za vsako izmed štirih skupin primerjanih podatkov smo določili primernost uporabljenih metod.

Maja Kozole Izdelava in upodobitve modela gradu Brestanica

Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič

Somentor: asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101439>

V magistrskem delu je opisan postopek izdelave modela gradu Brestanica. Predstavljeni so trije 3D-modeli, ki so narejeni po različnih metodah in v različnih programskih orodjih. V prvem delu naloge so opisani načrt pridobitve podatkov, uporabljeni instrumentarij in izvedba terenskega dela. V naslednjem delu so podrobneje predstavljeni koraki izdelave 3D-modelov. Prvi model je narejen v programskem orodju PhotoScan na osnovi fotografij, pridobljenih z daljinsko vodenim zrakoplovom. Drugi model je izdelan v programu SketchUp, za katerega smo uporabili prvi model in tlorisne mere objekta. Opisani sta še izdelava tiskanega fizičnega modela gradu in prostorska fotografija. V zadnjem delu naloge so prikazani vsi končni izdelki. Opravljeni sta primerjava med njimi in analiza rezultatov.

Matija Koželj VIM.NET 2.0: Povečanje stopnje avtomatizacije obdelave podatkov izmere nivelmanskih mrež

Mentor: izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič

Somentor: asist. dr. Oskar Strle

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101256>

V magistrski nalogi sta opisana teoretično ozadje ter praktična izvedba nadgradnje programa VIM.NET na različico 2.0. Dodani so bili izravnava proste mreže, izravnava vpete mreže s podano natančnostjo določitve

višin reperjev, samodejno branje različnih oblik vhodnih datotek, samodejno upoštevanje popravkov nivelmanske late, shramba podatkov o kalibracijah lat in trajna shramba rezultatov izravnau. Različica 2.0 se z namizja računalnikov seli v oblak, saj s tem poveča svojo dostopnost. Tehnologija .NET, ki poganja nov program, je v letih od nastanka prve različice doživela renesanso na področjih oblikovanja uporabniških vmesnikov, podpore za splet, hitrosti, stabilnosti ter predvsem orodij za izvajanje kompleksnejših matematičnih izračunov. VIM. NET 2.0 izkorišča ta napredek za omogočanje enostavne, pa vendar transparentne in nadzorovane obdelave podatkov meritev višinskih mrež. Za povečanje uporabnosti programa vsebuje naloga tudi navodila za uporabo spletnega vmesnika.

Nejc Krašovec Izravnava geodetskih opazovanj v geodetskem referenčnem sistemu

Mentor: prof. dr. Bojan Stopar

Somentorja: asist. dr. Oskar Strle, Michael Rutschmann

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101255>

Geodetske mreže so pomemben segment geodezije, saj nam zagotavljajo materializacijo referenčnih koordinatnih sistemov za številne praktične geodetske naloge. Geodetsko mrežo je mogoče izravnati v več koordinatnih sistemih, vendar moramo meritve zato reducirati v ustrezen koordinatni sistem. Zato predstavimo lokalni astronomski koordinatni sistem, lokalni geodetski koordinatni sistem, geodetski koordinatni sistem in koordinatni sistem kartografske projekcije. Predstavimo tudi transformacije med njimi in redukcijo merjenih količin v različne koordinatne sisteme. Nadaljujemo z izravnavo geodetske mreže, kjer začnemo z redukcijo meritev iz fizične realnosti (fizičnega prostora) v eno-, dvo- in trodimenzionalni geodetski koordinatni sistem. Meritve reduciramo tudi v dvodimenzionalni koordinatni sistem kartografske projekcije. Na podlagi reduciranih meritev predstavimo proces izravnave geodetske mreže po metodi najmanjših kvadratov. Na praktičnem primeru predstavimo proces izravnave geodetske mreže. Primerjamo rezultate izravnave geodetske mreže v različnih koordinatnih sistemih. Na podlagi rezultatov dokažemo, da je izravnava geodetske mreže neodvisna od koordinatnega sistema, če ustrezno reduciramo meritve v ustrezni koordinatni sistem. Izravnane koordinate točk v geodetski mreži so torej identične ne glede na to, ali so izravnane v geodetskem koordinatnem sistemu ali v koordinatnem sistemu kartografske projekcije.

Martina Kuščer Predlog nove prometne povezave med Tolminom in naselji v njegovi okolici

Mentorica: doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek

Somentor: asist. dr. Tilen Urbančič

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101437>

V magistrskem delu smo analizirali območje vzhodno od mesta Tolmin, natančneje med naseljema Poljubinj in Žabče, na katerem smo načrtovali novo prometno infrastrukturo oziroma rekonstrukcijo obstoječe. S predlogom nove prometne ureditve želimo izboljšati povezave med obravnavanimi naselji, povečati dostopnost do občinskega središča ter zagotoviti izvajanje predvidenih novih turističnih dejavnosti. Za potrebe umeščanja prometne infrastrukture smo izdelali analize širšega in ožjega območja. Na podlagi analitičnih ugotovitev smo oblikovali cilje nove prometne ureditve na obravnavanem območju ter nato izdelali več variantnih potekov predvidenih prometnih povezav. Najustreznejšo varianto smo izbrali na podlagi predhodno določenih kriterijev vrednotenja: dolžina ceste, maksimalen naklon ceste, potek predlaganega odseka po obstoječih poteh, veljavna

namenska raba in število zahtevnejših gradbenih posegov. Kombinacija odsekov, ki je bila najboljše ovrednotena, sestavlja izbrano varianto trase ceste, ki smo jo še podrobneje programsko obdelali. Uskladili smo nekatere geometrijske elemente in dodali dva kraka ceste. Končna idejna zasnova prometne povezave predstavlja optimalno prometno urejenost v smislu zagotavljanja potreb prebivalcev in obiskovalcev obravnavanega območja.

Andraž Muhič Analiza geometrije doskočišča letalnice bratov Goršek

Mentor: doc. dr. Božo Koler

Somentor: asist. dr. Tilen Urbančič

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101434>

Smučarski poleti so ekstremen šport, ki se dogaja v naravi. Poleg samih vremenskih razmer na varnost poletov močno vpliva tudi konstrukcija oziroma geometrija letalnice, tako zaletišča kot doskočišča. V ta namen smo v magistrskem delu analizirali geometrijo doskočišča letalnice bratov Goršek v Planici, ko je bila pripravljena za tekme svetovnega pokala v poletih marca 2017. V okviru analiz geometrije doskočišča letalnice smo primerjali dejansko geometrijo snežne površine s projektirano (teoretično) geometrijo, izračunali debelino snežne površine in analizirali natančnost označitve oznak dolžin poletov. Vhodni podatki izvedenih analiz so bili oblaki točk terestričnega laserskega skeniranja letalnice pred zasneženjem ter vseh tekmovalnih dni v letu 2017. Poleg numeričnih in grafičnih rezultatov opravljenih analiz smo v okviru raziskav naredili tudi oceno ustreznosti metode zajema prostorskih podatkov tovrstnega zasneženega objekta s terestričnim laserskim skeniranjem. Dobljeni rezultati so podlaga za morebitno vsakoletno analiziranje oblike doskočišča in pomoč organizatorjem pri pripravi letalnice.

Deanira Polanec Izboljšava položajne in geometrične kakovosti zemljiškokatastrskega prikaza v izbrani katastrski občini

Mentorica: izr. prof. dr. Anka Lisec

Somentorja: asist. dr. Marjan Čeh, Dominika Lenarčič

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101441>

V magistrski nalogi je na primeru katastrske občine predstavljena izboljšava položajne in geometrične kakovosti podatkov grafičnega dela zemljiškega katastra, in sicer na podlagi podatkov operata zemljiškega katastra ter s homogenizacijo položajne in geometrične kakovosti na podlagi membranske metode v programskem orodju Sysra. V uvodnem delu so navedeni vzroki položajne nehomogenosti zemljiškokatastrskega prikaza, katerih poznavanje je potrebno za lažje razumevanje kakovosti današnjih podatkov. Sledi analiza kakovosti podatkov o položajih (koordinat) zemljiškokatastrskih točk. Kakovost le-teh je pogojena z metodo in tehnologijo katastrske izmere, metodo obdelave podatkov in tudi z zakonodajo, ki določa pravila katastrske izmere ter vzdrževanja katastra in se je v preteklosti spreminjala. Podrobno so opisana obsežnejša pripravljalna dela, ki so potrebna za učinkovito izvedbo izboljšave položajne kakovosti zemljiškokatastrskega prikaza z obravnavano metodo. V nadaljevanju sledi predstavitev študijskega območja oziroma izbrane katastrske občine, to je katastrske občine Žitence, in katastrskih občin, na katere meji. Za namen izboljšave položajne kakovosti podatkov grafičnega dela zemljiškega katastra smo izvedli analizo podatkov, ki so na voljo za izbrano katastrsko občino. Opisan je postopek priprave vhodnih podatkov s programsko opremo SysGeoPro ter postopek obdelave podatkov v programskem orodju Sysra. V sklepnem delu so predstavljeni vmesni in končni rezultati izboljšave položajne in geometrične kakovosti zemljiškokatastrskega prikaza na izbranih območjih.

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE PROSTORSKO NAČRTOVANJE

Špela Blatnik Predlog ureditev za obiskovalce v Krajinskem parku Ljubljansko barje

Mentorica: prof. dr. Mojca Golobič

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101629>

Krajinski park Ljubljansko barje ima zaradi svoje bogate naravne in kulturne dediščine velik potencial za trajnostno turistično destinacijo na pragu glavnega mesta. Trenutna infrastruktura za obiskovanje parka je pomanjkljiva in neustrezna, zato smo v okviru magistrske naloge pripravili predlog mreže vstopnih točk, ki bo obiskovalcem omogočale lažje obiskovanje parka. Oblikovali smo kriterije in usmeritve za umeščanje in opremljanje vstopnih točk. Glavno vodilo je bil trajnostni razvoj in trajnostna mobilnost. Tu velik potencial ponuja nekoč že plovna reka Ljubljanica, na kateri trenutno velja prepoved plovbe med Vrhniko in Ljubljano. Pripravili smo predlog enodnevnih izletov za različne tipe obiskovalcev in prikazali intermodalnost različnih trajnostnih oblik prevoza. Pripravili smo predlog za pilotni primer ureditve na območju naravne vrednote Jezera pri Podpeči, kjer se srečujejo predvsem s problematiko pomanjkljive infrastrukture ob poletnih konicah obiska. Predlagali smo ureditev parkiranja, otroško igrišče, sanitarije in razgledno ploščad z informacijskimi tablamami ter nujno opremo za sedenje.

Davor Grabar Degradirana območja kot potencial za razvoj alternativnih kulturnih dejavnosti

Mentorica: doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101431>

V magistrskem delu smo povezali dve aktualni temi, ki sta pogosto slabše obravnavani: (1) degradirana območja, za katera je v večini evropskih držav že prepoznan njihov potencial za prenovo, v Sloveniji pa šele v zadnjem času ta prihaja v ospredje ter (2) alternativna kultura, ki se v večini primerov začne razvijati prav na degradiranih območjih. V delu najprej opredelimo pojem in tipologijo degradiranih območij ter razlike v definiciji po različnih državah. Sledi podrobnejša predstavitev prenove, njene problematike, deležnikov in pomena sodelovanja javnosti pri procesu oživitve degradiranih območij. Prav tako smo pregledali zakonodajo nekaterih evropskih držav in Slovenije na tem področju, predstavili ukrepe nekaterih slovenskih avtorjev ter na kratko opisali model postopka prenove in ponovne oživitve. Pri drugi tematiki smo opredelili pojem alternativne kulture in samoniklega prizorišča, predstavili povezavo samoniklih prizorišč z degradiranimi območji ter poudarili pomen kulture in kulturne infrastrukture pri revitalizaciji mest. Analizirali smo pomembnejše centre alternativne kulture v Evropi in Sloveniji, kjer smo na podlagi ugotovitev in s pomočjo modela prenove degradiranega območja izdelali teoretičen model prenove za umeščanje vsebin alternativne kulture na degradiranem območju. Na terenu smo popisali vsa potencialna degradirana območja za vzpostavitev samoniklega prizorišča v mestu Ptuj in jih predstavili v obliki kataloga. Vsa zajeta degradirana območja smo na podlagi izbranih kriterijev iz analize samoniklih prizorišč in teoretičnega modela vrednotili, nato izbrali najprimernejšo lokacijo in izdelali strateški načrt prenove degradiranega območja z vzpostavitvijo samoniklega prizorišča na primeru stare usnjarne Koteks.

Alen Mangafić Uporaba večspektralnih posnetkov z daljinsko vodenega zrakoplova za analizo površja arheološkega parka

Mentor: doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101691>

Uporaba daljinsko vodenih zrakoplovov in sistemov omogoča izdelavo podlag za kakovostno lokalno prostorsko planiranje. To pomeni, da je njihova uporaba primerna tudi za analizo arheoloških območij. S kombiniranjem zelo visokoločljivih bližnjelikovnih aerofotografij in GNSS-meritev lahko izdelamo digitalni model površja in reliefa ter barvni ortofoto. V primeru kombiniranja barvnih fotografij in infrardečih slikovnih elementov lahko izdelamo bližnji infrardeči ortofoto. V nasprotju z letalskimi aerofotografijami lahko z daljinsko vodenimi sistemi izdelamo bližnji infrardeči ortofoto in digitalne modele višin s centimetrsko ločljivostjo. Ti izdelki so primerni za geoinformacijsko obdelavo in pridobivanje različnih indeksov pokrovnosti. Vegetacijski indeksi (kot npr. MSAVI2) nam lahko opišejo tako površje kot podzemlje območja. Fotointerpretacija izdelkov obdelave digitalnih modelov višin je bistvenega pomena pri neinvazivnih arheoloških raziskavah. Idealne podlage za arheološko interpretacijo površja so izdelki, temelječi na razpršenih virih svetlobe, in v delu smo opisali nekatere od njih. Delo sloni na načrtovanju preleta na študijskem območju, izdelavi zelo visokoločljivega digitalnega modela površja, izdelavi barvnega in bližnje infrardečega ortofota ter izdelavi kartografskih podlag za arheološke namene. Rezultati so opisani kvantitativno in kvalitativno. Študija se je izvajala na območju arheološkega parka Turrus Libisonis v mestu Porto Torres (Sardinija, Italija) v kontekstu praktičnega usposabljanja študenta v laboratoriju proSIT (ita. Progetto Sistemi Informativi Territoriali) Fakultete za arhitekturo in urbanizem Univerze v Sassariju.

Domen Ovčar Analiza funkcionalnih urbanih območij regionalnih središč Slovenije v obdobju 2000–2015

Mentor: doc. dr. Samo Drobne

<https://repositorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101254>

V zadnjih letih so se uveljavili številni novi koncepti razmejitve območja, ki posplošujejo in podajajo nove smer-nice za nadaljnje analize gospodarskega, družbenega, okoljskega in prostorskega razvoja. Funkcionalno regijo je kot nov koncept razmejitve v literaturi mogoče zaznati že nekaj časa, v novejšem času pa se vse bolj uveljavlja koncept funkcionalnega urbanega območja (FUO). V magistrski nalogi prevzamemo funkcionalna urbana območja, ki jih je modelirala Cetin (2018) po metodi OECD za območje Slovenije v obdobju 2000–2015. V nalogi na ravni regionalnih središč po SPRS (2004) analiziramo številne družbeno-ekonomske in prostorske parametre po FUO regionalnih središč. Izbijamo iz uradnih statističnih podatkov, zbranih na ravni občin (SKTE 5). Nadaljnjo analizo izvajamo v dveh delih. Prvi del zajema analizo statističnih podatkov po FUO in po letih, drugi del pa tematsko obravnava analizo poti na delo po FUO in po letih. V obravnavanem obdobju 2000–2015 analiziramo ter ovrednotimo notranje spremembe analiziranih parametrov na ravni FUO regionalnih središč Slovenije. Analizo v celoti opravimo v programskem orodju Excel, s katerim rezultate tudi grafično prikazujemo. Rezultate tematsko predstavljamo v dveh ločenih poglavjih, to so rezultati, vezani na spremembo družbeno-ekonomskih parametrov, ter rezultati, vezani neposredno na spremembo delovne mobilnosti na ravni regionalnih središč Slovenije.

VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE TEHNIČNO UPRAVLJANJE NEPREMIČNIN

Jerica Sankovič Urejanje zemljiškokatastrskih in zemljiškoknjižnih podatkov na območju akumulacijskega jezera Klivnik

Mentor: viš. pred. dr. Miran Ferlan

<https://repositorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101648>

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA

Vera Brezovar Sanacija sistema reflektivnih nalepk na kaštnih zidovih HE Moste

Mentorica: doc. dr. Simona Savšek

Somentor: izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič

<https://repositorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101908>

Matevž Ledinek Načrtovanje fotogrametričnega snemanja z daljinsko vodenim zrakoplovnim sistemom

Mentorica: doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Somentorja: asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski, asist. dr. Dejan Grigillo

<https://repositorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101432>

Teodora Mishevska Vpliv notranjih selitev na porazdelitev prebivalstva

Mentor: doc. dr. Samo Drobne

<https://repositorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101814>

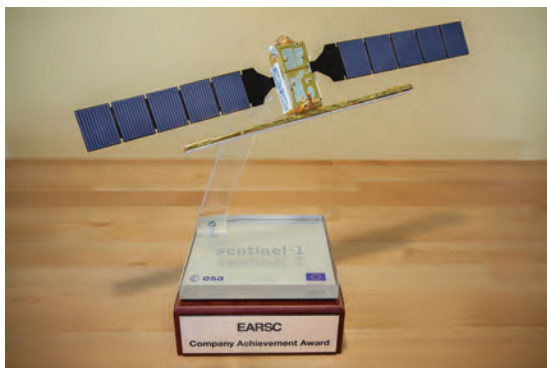
GEO & IT NOVICE

Aleš Lazar, Klemen Kregar

Sinergise je evropsko podjetje leta za opazovanje Zemlje

Podjetje Sinergise je dobitnik letošnje nagrade European Earth observation services company of the year 2018, ki jo podeljuje Evropsko združenje podjetij za daljinsko zaznavanje (EARSC). Nagrada, za katero so podjetja nominirali člani združenja EARSC, zmagovalca pa je izbrala mednarodna, neodvisna žirija, ki so jo sestavljali predstavniki sektorja za opazovanje Zemlje, je bila podeljena na letnem srečanju združenja v Bruslju 26. junija 2018.

Med nominiranimi evropskimi podjetji je EARSC pripisal največ zaslug za razvoj sektorja za opazovanje Zemlje podjetju Sinergise, ki je po vseh ocenjevalnih merilih doseglo najboljše rezultate. V minulem letu so pri Sinergisu uspešno razvili storitve za ciljni trg, veliko prispevali k evropskim programom, kot so Copernicus in drugi projekti ESA, ter izkazal 54-odstotno rast prihodka in 27-odstotno rast zaposlenosti.



Zadovoljstvo ob prejemu nagrade je izrazil tudi Grega Milčinski, direktor podjetja Sinergise: »Veseli nas, kako se stvari razvijajo. Na vesoljski trg smo vstopili pred dvema letoma z rešitvijo Sentinel Hub – novim načinom upravljanja petabajtov podatkov v oblaku na področju opazovanja Zemlje. Danes pa naši uporabniki vsak dan obdelujejo skoraj dva milijona zahtev. Ta nagrada je pomembna potrditev drugih udeležencev v sektorju za naš poslovni primer. Vse to pa ne bi bilo mogoče brez odličnih

podatkov Sentinel ter odprtega in brezplačnega dostopa do njih. Optimistično zremo v prihodnost, zlasti s platformami DIAS in še večjo količino podatkov, ki bodo dostopni prek rešitve Sentinel Hub.«

Vir: Sinergise, julij 2018 – <https://www.sinergise.com>

Inovativen laserski skener Leica RTC360

Švicarsko podjetje Leica Geosystems je junija 2018 trg terestričnih laserskih skenerjev obogatilo z inovativnim produktom, imenovanim Leica RTC360. Skener se ponaša z najhitrejšo tehnologijo laserskega skeniranja z 2.000.000 točkami na sekundo, kar je vsaj dvakrat hitreje od vrstnikov. Kljub ekstremni hitrosti merilni doseg znaša zelo uporabnih 130 metrov, natančnost 3D-skeniranja pa 1,9 mm pri 10 metrih.

Leica RTC360 oblak točk obarva fotorealistično na podlagi sistema treh HDR-kamer in tehnologije

TruRTC. Posamezna kamera za isti prizor naredi pet različno osvetljenih posnetkov in sestavi dinamično fotografijo najboljših elementov. Skupno nastane 432 MP surovih podatkov, ki jih algoritem samodejno pretvori v visoko ločljivo panoramsko fotografijo HDR ločljivosti 180 MP. Za skeniranje okolice ($360^\circ \times 300^\circ$) in visoko ločljivi HDR-zajem panoramske fotografije RTC360 potrebuje manj kot dve minuti ne glede na svetlobne razmere.



Poleg tehnologije za lasersko skeniranje in zajema slikovnega gradiva je v RTC360 integrirana še **tehnologija VIS** (*vizualni inercialni sistem – visual inertial system*), ki omogoča samodejno združevanje skenogramov brez tarč ali drugih priprav. Tehnologija VIS, novost na področju terestričnega laserskega skeniranja, temelji na petih video kamerah, inercialni merilni enoti (IMU) in inteligentnem algoritmu, ki v realnem času sledi spremembam položaja in smeri skenerja, medtem ko se prenaša na naslednje stojišče. Sistem na podlagi podatkov žiroskopov, pospeškometerov ter tehnologije vizualnega razpoznavanja karakterističnih objektov v prostoru samodejno združuje oblake točk z različnih lokacij oziroma stojišč skenerja že neposredno na terenu. Združen oblak točk si je mogoče ogledati prek tablice z nameščeno aplikacijo Leica Cyclone FIELD 360.

RTC360 je kljub številnim senzorjem zelo mobilna. Vsi senzori (sistem za lasersko skeniranje, tri HDR-kamere za zajem panoramske fotografije, IMU, pet video kamer za tehnologijo VIS, GNSS-sprejemnik, elektronski kompas in višinomer) so integrirani v skenerju velikosti le $12 \times 24 \times 23$ cm in s težo 5,3 kilograma.

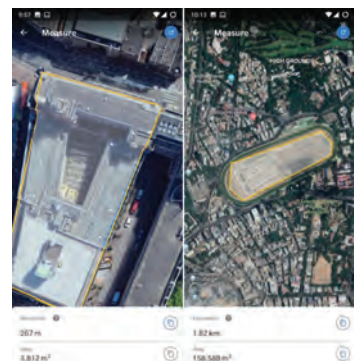
Revolucionarna kombinacija vseh teh tehnologij zagotavlja edinstveno uporabniško izkušnjo, dvig produktivnosti na terenu ter občuten prihranek časa in napora. Samodejno združevanje skenogramov v enoten oblak točk že na terenu pa zaradi veliko hitrejših obdelav že predregistriranih oblakov točk zagotavlja še izboljššan pregled nad celovitostjo in kakovostjo zajema ter zmanjšanje stroškov dela v pisarni.

Vir: Leica Geosystems, junij 2018 – <https://leica-geosystems.com/>; Geoservis, julij 2018 – <http://www.geoservis.si>

Nova orodja Google Earth

Spletna storitev Google Earth združuje kopico profesionalnih orodij za iskanje po Googlovih kartografskih sistemih in njihovo upravljanje. Storitev med drugim omogoča prikaz tridimenzionalnega prostora, ki ga lahko dopolnimo s številnimi podatki o zemljiščih, stavbah, prometu in celo demografskih slikah na nekem območju. Zadnja zanimiva novost v spletni storitvi Google Earth je možnost merjenja razdalj in površin na zemeljskem površju.

Uporabniki spletne storitve Google Earth lahko odslej natančno



»izmerijo« kakršnokoli zračno razdaljo na površju našega planeta. Poleg tega lahko izmerimo površine, pri čemer nismo omejeni le na kvadrate ali pravokotnike, ampak lahko uporabimo poljubne oblike. Spletna storitev Google Earth nato poda podatke o velikosti izbrane površine in obsegu izbranega območja. Nove možnosti so seveda na voljo brezplačno, njihova uporaba pa je sila preprosta. Za začetek merjenja razdalje moramo namreč le izbrati ravnilo, ki ga najdemo na levi strani zaslona.

Vir: Računalniške novice, junij 2018 – <https://racunalniske-novice.com>, TNW, junij 2018 – <https://thenextweb.com/>

30 let Landsatovih podatkov – Avstralija

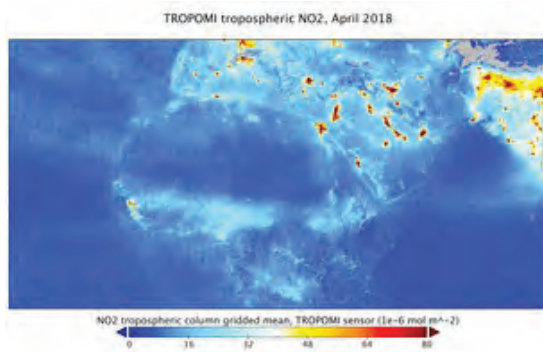
MapXplorer je izdelal aplikacijo un|earth::, ki omogoča dostop do posnetkov Landsat za vseh zadnjih 30 let. Avstralski arhiv posnetkov Landsat je zgodovinski dokument o spremembah površja v zadnjih 32 letih. Spremembe površja so posledica različnih vplivov, kot so suše, poplave, požari, cikloni, erozija pa tudi širjenje mest, krčenje rasti, rudarjenje, pridelava rastlin in druge človekove dejavnosti.

Arhiv upravlja *Geoscience Australia*, dostopen pa je prek spletne strani nacionalnega računskega inštituta. Kdorkoli lahko dobi podatke in jih uporablja, z aplikacijo un|earth:: pa lahko sedaj vsakdo, ki ima dostop do brskalnika, vidi in analizira tudi celoten Landsatov zgodovinski arhiv.

MapXplorer, ki je izdelal aplikacijo, pravi, da je njen glavni cilj širokemu spektru potencialnih uporabnikov omogočiti koncept analize daljinskega zaznavanja. Tako želijo množičnemu trgu predstaviti tudi možnost zagotavljanja nizkocenovnih naprednih prostorskih analitik. Začetna izdaja aplikacije ima seveda omejeno funkcionalnost, omogoča samo preprosto manipulacijo s podobami ter uporabniku predstavlja serijo filtrov za analitično pregledovanje podatkov. Več funkcij bo na voljo v prihodnjih izdajah.

Vir: Spatial Source, julij 2018 – <https://www.spatialsource.com.au>

Sentinel-5P izdaja prve podatke



Po mesecih testiranja in evalvacij so izšli prvi podatki o onesnaženosti zraka s satelita Copernicus Sentinel-5P. Podatki kažejo sledi plinov, ki vplivajo na kakovost zraka, kot so ogljikov monoksid, dušikov dioksid in ozon.

Sentinel-5P, izstreljen 13. oktobra 2017, je prvi satelit programa Copernicus za monitoring atmosfere, sicer pa je del misije Sentinel, ki jo ESA izvaja za program Evropske unije za monitoring okolja Copernicus.

Ker slaba kakovost zraka milijone ljudi vsako leto vodi v prerani grob, je še posebej pomembno, da odkrijemo boljše in natančnejše načine za merjenje kakovosti zraka, ki ga dihamo.

Zaradi instrumenta Tropomi, trenutno najnaprednejšega multispektralnega slikovnega spektrometra, lahko Sentinel-5P zagotavlja zelo detajlne in natančne podatke o atmosferi. Z resolucijo 7 x 3,5 kilo-

metra lahko zaznava celo onesnaženje posameznih mest. Podatki so tako uporabni ravno zaradi visoke prostorske ločljivosti. Tropomi lahko zazna celo točke, iz katerih onesnaženje prihaja.

Iz začetnih podatkov o meritvah dušikovega dioksida je bilo mogoče hitro prepoznati bolj onesnažena območja, ki so posledica velikih mest in ladijskih linij v Evropi, Afriki, Bližnjem vzhodu in Indiji. Podatki kažejo tudi premike ogljikovega monoksida iz Indije nad Kitajsko ter zapiranje ozonske luknje v letu 2017.

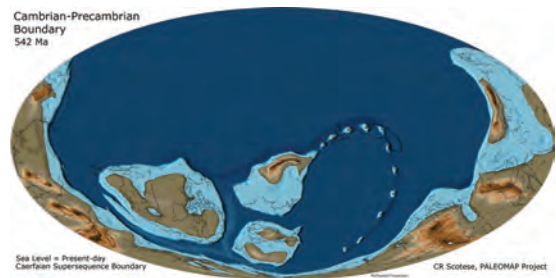
Z dokončanjem zagona faze delovanja so podatki Copernicus Sentinel-5P zdaj prosto dostopni. Političnim odločevalcem, okoljskim agencijam, znanstvenikom in ljudem dobre volje so na voljo, da bi z njimi izboljšali napovedi in blažili težave s kakovostjo zraka.

Vir: ESA, julij 2018 – <http://www.esa.int>

PALEODEMS: karta zemeljske topografije v zadnjih 540 milijonih let

Na voljo je paleografski niz podatkov, ki rekonstruirajo paleotopografijo in paleobatimetrijo Zemlje za obdobje 450 milijonov let. Serija digitalnih modelov višin predstavlja topografske spremembe zemeljskega površja in globlin oceanov s časovno ločljivostjo 5 milijonov let. Delo je rezultat projekta PALEOMAP (2003–2013), ki ga vodi Christopher Scotese.

Paleografski podatki so na voljo v dveh formatih. Niz CSV-datotek vsebuje geografsko dolžino in širino ter vrednost višine za vsako točko mreže po celotnem planetu. Leta 2017 pa je Nicky Wrigh tekstovne podatke pretvoril še v format NetCDF. Zdajšnja prostorska ločljivost je 1 x 1 stopinja, prihodnje izdaje PaleODEMS pa bodo imele še vmesno stopnjo 0,5 x 0,5 stopinje. Več podrobnosti o izdelavi produkta je zapisanih v poročilu *PALEOMAP Paleodigital Elevation Models (PaleODEMS) for the Phanerozoic*. Avtorji vabijo uporabnike, da pri svojih raziskavah, predstavitev in objavah brezplačno uporabljajo 1° x 1° paleODEMS.



Vir: GISLongue, avgust 2018 – <https://www.gislounge.com>

ESRI izbran za modernizacijo ciprskega katastra

Ciper ima večstoletno zgodovino zasebnega lastništva zemljišč, zdaj pa bo dobil še enega najnaprednejših sistemov digitalnega katastra. Aprila je njihov oddelek za zemljišča in izmere, ki spada pod notranje ministrstvo, s podjetjem ESRI podpisal pogodbo za nadgradnjo njihovega sistema GIS – Integrated Land Information System (CILIS). Za zdaj vanj spadajo vsi katastrski in zemljiški postopki na otoku.

Na Cipru so lastništvo zemljišč začeli beležiti že okrog leta 1400 pr. Kr. Obstajajo arheološki dokazi, da so imeli Ciprčani že v petem stoletju zemljiške davke na mestna in cerkvena zemljišča ter jamstva za lastništvo zemljišč.

Oddelek za zemljišča in izmere na Cipru vidijo kot enega najpomembnejših oddelkov vlade, saj so vsi zemljiški posli odvisni od njega. Nova strategija CILIS bo izkoristila številne rešitve ArcGISove platforme, zaradi česar bo oddelek za zemljišča in izmere lahko uporabljal najboljše prakse v panogi in nove

zmogljivosti GIS. Ciprskemu sistem upravljanja zemljišč, ki je trden že sedaj, se tako obeta še svetlejša prihodnost.

Vir: Geo Informatics, avgust 2018 – <http://geoinformatics.com>

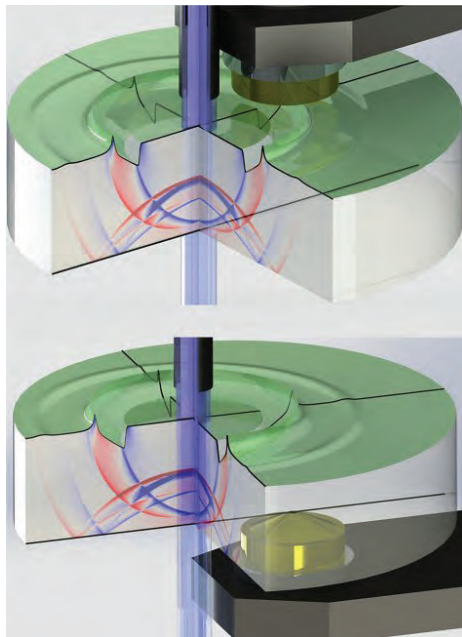
Morda niste vedeli:

Ekipa slovenskih znanstvenikov z Ljubljanske fakultete za strojništvo je v sodelovanju s kanadskimi in brazilskimi strokovnjaki prva pokazala, kako se gibalna količina svetlobe prenaša na elastične valove, ki potujejo po snovi.

S tem so razvozlati 150 let staro skrivnost, kako svetloba povzroča gibanje snovi. Ugotovili so, da to počne prek elastičnih valov, podobnih tistim, ki jih povzročajo zemeljski potresi. Do zdaj se je vedelo zgolj, da svetloba lahko premika snov kot celoto.

Podobno kot udarec s kladivom sproži zvok, se tudi pri odboju laserske svetlobe od zrcala sproži zelo tih zvok v obliki elastičnih valov – zvok, ki so ga 'poslušali' oziroma izmerili. Tihi zvok povzroči premikanje snovi za manj kot premer atoma, največ za pikometer, to pomeni, da je za decimalno ničlo 11 ničel in ena enka. Izmeriti je mogoče premike, velike okrog štiri premere jedra atoma.

S tem odkritjem so postavili nov eksperimentalni pristop, ki ga je mogoče v celoti modelirati v računalniškem okolju. Primerjave med začetnimi eksperimenti in rezultati simulacij pa dajejo velike obete za dokončno eksperimentalno določitev tistega dela teorije elektromagnetizma, ki opisuje, kako svetloba s snovjo izmenjuje gibalno količino in energijo. Spoznanja bodo lahko uporabili za razvoj izjemno občutljivih instrumentov, kakršne na primer uporabljajo pri laserskih operacijah oči. (MMC RTV Slovenija, avgust 2018)



Aleš Lazar, univ. dipl. inž. geod.
Geoservis, d.o.o.
Litijska cesta 45, SI-1000 Ljubljana
e-pošta: lazarales@gmail.com

dr. Klemen Kregar, univ. dipl. inž. geod.
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: Klemen.Kregar@fgg.uni-lj.si

Zveza geodetov Slovenije
LJUBLJANSKO GEODETSKO DRUŠTVO

24. TRADICIONALNO SREČANJE NA KRIMU

Lija Šušteršič, Peter Golob

Ljubljansko geodetsko društvo je 2. junija 2018 organiziralo 24. tradicionalno srečanje na Krimu. Na dogodek so bili poleg članov društva vabljeni njihovi družinski člani in prijatelji.



Slika 1: Spominsko obeležje trigonometrične točke na Krimu.
Foto: Muck.



Slika 2: Panoramska plošča na razglednem mestu na vrhu Krima. Foto: Muck.

Ljubljansko geodetsko društvo je leta 1994 v sodelovanju z nekaterimi ustanovami obnovilo trigonometrično točko prvega reda št. 172 na Krimu in na vrhu pred pohodniško planinsko kočjo postavilo obeležje, ki označuje zgodovinsko izhodišče krimskega koordinatnega sistema. Odprtje obeležja je bilo leta 1994 združeno s simbolnim srečanjem, ki je poleg domoljubnega imelo širši, srednjeevropski značaj. Krim je namreč razpoznaven simbol geodetske dejavnosti v Sloveniji in je tako kraj našega vsakoletnega stanovskega srečanja že 23 let.



Slika 3: Tekmovanje kolesarjev je osrednji športni dogodek srečanja na Krimu. Foto: Muck.



Slika 4: Na najboljše kolesarje so na vrhu Krima čakali čudoviti pokali. Foto: Muck.

Programa srečanja je bil tudi letos takšen kot doslej:

1. POHOD (daljša različica) z začetkom ob 9.00 in z izhodiščem pri domu v Iškem vintgarju; pohod poteka po gozdni markirani poti, z višinsko razliko Dh = 750 metrov;
2. POHOD (krajša različica) s pričetkom ob 9.30 in z izhodiščem v križišču ceste Preserje–Rakitna in ceste na Krim; pohod poteka po gozdni cesti, z višinsko razliko Dh = 300 metrov;
3. TEKMOVANJE KOLESARJEV s štartom ob 10.15 in z izhodiščem pri Rakitniškem jezeru; trasa do vrha Krima poteka približno 2 kilometra po asfaltirani in 8 kilometrov po makadamski cesti, z višinsko razliko Dh = 330 metrov;
4. TEK s štartom ob 10.30 in z izhodiščem na križišču ceste Preserje–Rakitna in ceste na Krim; tek je dolg približno 8 kilometrov in poteka po gozdni makadamski cesti, z višinsko razliko Dh = 300 metrov.

Pred razglasitvijo rezultatov smo se spomnili razlogov za druženje in zaprosili starostu društva gospoda Marjana Jenka za nekaj besed o pomenu geodetske točke na Krimu.



Slika 5: Letos je udeležence srečanja na Krimu nagovoril starosta društva g. Marjan Jenko Foto: Muck.



Slika 6: Vsi udeleženci so v spomin na srečanje na Krimu 2018 prejeli spominske kolajne. Foto: Muck.

Rekreativni in tekmovalni del dogodka se je sklenil s podelitvijo kolajn in pokalov na ploščadi pod vrhom Krima, sledilo je druženje. V nadaljevanju so po kategorijah predstavljeni rezultati tekmovalnega dela:

KOLESARJI I.

MESTO	Startna številka	Ime in priimek	Letnica rojstva	Podjetje	Čas
1	101	TONE KOGOVŠEK	1957	KRIM	30:25
2	110	DUŠAN PETROVČIČ	1969	DČ	33:18
3	108	BOŠTJAN PLEŠKO	1967	SKALA sp	40:52

KOLESARJI II.

MESTO	Startna številka	Ime in priimek	Letnica rojstva	Podjetje	Čas
1	102	MIHA SMRDELJ	2004	DČ	25:53
2	111	BOŠTJAN SMRDEL	1975	DČ	35:56
3	107	FERID DACA	1975	GEOGRAD	44:41

KOLESARJI III.

MESTO	Startna številka	Ime in priimek	Letnica rojstva	Podjetje	Čas
1	109	MATJAŽ PLEŠKO	2008	DČ	43:51
2	105	NEJC DACA	2006	DČ	44:37
3	104	MATIC DACA	2008	DČ	57:44

KOLESARKE I.

MESTO	Startna številka	Ime in priimek	Letnica rojstva	Podjetje	Čas
1	103	TINA SMRDEL	2005	DČ	34:21
2	106	NATAŠA DACA	1978	DČ	57:57

Vsi tekmovalci so prejeli kolajne: zlate, srebrne ali bronaste. Najboljši kolesar je bil MIHA SMRDELJ, najboljša kolesarka TINA SMRDEL, prejela sta vsak svoj pokal.

Velika pohvala je bila izrečena tudi vsem udeležencem krajšega in daljšega pohoda, še posebej starostam društva, katerih udeležba in prizadevnost sta v zgled in navdih vsem generacijam.



Slika 7: Najstarejši udeleženci srečanja na Krimu v družbi predsednika Milana Brajnika. Foto: Muck.



Slika 8: Prijetno druženje s gostitvijo tako kot vsako leto poteka v senci pod šotorom. Foto: Muck.

Posebna pohvala je bila izrečena najstarejšima udeležencema srečanja na Krimu, ki sta bila na vseh dosedanjih 24 srečanjih na Krimu, to sta: VALENKA GOSTIČ in MARJAN JENKO.

Po končanem športnem in rekreacijskem delu je sledilo druženja pod šotorom s pogostitvijo. Letos smo se na Krimu razveselili tudi predstavnikov celjskega in primorskega geodetskega društva.



Slika 9: Delovna ekipa je za odlično organizacijo srečanja na Krimu 2018 prejela pokal. Foto: Muck.



Slika 10: Zaradi »mini geodetov« se nam za prihodnost srečanja na Krimu ni treba bati. Foto: Muck.

Hvala vsem udeležencem in organizatorjem srečanja. Delovna ekipa, ki je tudi letos odlično organizirala srečanje na Krimu, je v znak hvaležnosti za svoj požrtvovalni trud prejela pokal.

Se vidimo naslednje leto, ko bo na Krimu jubilejno, 25. srečanje geodetov in geodetinj. Upamo, da pridemo v čim večjem številu. Dobrodošli iz vse Slovenije. Kolajne nas že čakajo :)

Zapisa:

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

Peter Golob, za Ljubljansko geodetsko društvo
e-naslov: peter.golob@luz.si

Foto:

Miha Muck, za Ljubljansko geodetsko društvo
e-naslov: ahimuck@gmail.com

STROKOVNA EKSURZIJA ZA ŠTUDENTE MAGISTRSKEGA ŠTUDIJA GEODEZIJE IN GEOINFORMATIKE 2018

Miran Kuhar

Študenti drugega letnika študijskega programa geodezija in geoinformatika (GiG MA) so se v okviru obveznosti pri predmetu projektna naloga udeležili strokovne ekskurzije v Budimpešto. Izvedena je bila med 24. in 26. majem 2018. Obiskali smo dve ustanovi, pri čemer so nam predstavili delo štirih ustanov.

Prvi dan smo obiskali Geodetski satelitski observatorij (madž. *Kozmikus Geodéziai Observatórium*) v vasi Penc, približno 50 kilometrov severno od Budimpešte. Predstavili so nam naloge observatorija in njegovo zgodovino, na koncu smo si ogledali muzejsko zbirko starih instrumentov in predmetov, povezanih z njihovim delom, ki jih hranijo v kletnih prostorih glavne stavbe observatorija. Naš gostitelj dr. Ambrus Kenyeres nam je predstavil tudi naloge državnega urada za geodezijo, daljinsko zaznavanje in kataster, pod okriljem katerega observatorij deluje. Državni urad za geodezijo, daljinsko zaznavanje in kataster je od leta 2017 del vladnega urada mesta Budimpešta (madž. *Földmérési Távértékelési és Földhivatali Főosztálya*).

Ena od glavnih nalog oziroma del satelitskega geodetskega observatorija je servisni center GNSS. Na področju satelitske geodezije imajo danes ključno vlogo stalne GNSS-postaje oziroma omrežje teh postaj. Prva takšna postaja na Madžarskem je bila postavljena leta 1996 na strehi stavbe observatorija v Pencu. Težava, s katero so se srečevali pri njeni gradnji, pa je bila stalna internetna povezava in hitrost prenosa podatkov. Z razvojem interneta in hitrejšimi internetnimi povezavami so nato v letu 2002 na Madžarskem začeli graditi omrežje stalnih GNSS-postaj z gostoto postaj med 60 in 70 kilometrov in jo v letu 2009 tudi dokončali. Observatorij upravlja tudi portal GNSSnet.hu, ki je nekakšen infrastrukturni steber observatorija na področju GNSS. V observatoriju imajo tudi kalibracijski laboratorij, kjer lahko opravijo kalibracijo elektro-optičnih razdaljemero in sprejemnikov GNSS.

Naslednji dan smo obiskali oddelek za geodezijo na fakulteti za gradbeništvo Univerze za tehnologijo in ekonomijo Budimpešta (madž. *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem - Általános - és Felsőgeodézia Tanszék*). Začetki delovanja univerze segajo v leto 1635, že od leta 1782 pa izobražujejo inženirje s področja geodezije (takrat zemljemerstva).

Enourno predstavitev v prostorih fakultete je imel tudi predstavnik zasebnega podjetja Geodezia Ltd., ki je največje geodetsko podjetje na Madžarskem, saj ima pisarne po vseh večjih mestih. Poleg številnih projektov doma izvajajo geodetska dela v tujini, med drugim so poskrbeli za lasersko skeniranje predora Karavanke.

Naš gostitelj na fakulteti prof. Szabolcs Rósa je najprej predstavil njihove študijske programe, potem pa nekaj zanimivih projektov, s katerimi se ukvarjajo. Izstopajo dejavnosti na področju odprtokodnih

Naš gostitelj na fakulteti prof. Szabolcs Rósza je najprej predstavil njihove študijske programe, potem pa nekaj zanimivih projektov, s katerimi se ukvarjajo. Izstopajo dejavnosti na področju odprtokodnih programov, kot sta program za izravnavo geodetskih meritev *GeoEasy* in projekt *Ulyxes*, programje, ki krmili elektronski tahimeter s servo motorji (robotski merilni sistem). Sistem Ulyxes se lahko uporablja na številnih področjih, na primer za:

- avtomatizirane nadzorne sisteme – robotske merilne postaje senzorjev ATR (z nameščenimi prizmami);
- samodejno merjenje površin – robotski merilni sistem za merjenje razdalj brez uporabe prizme;
- nadzor dela – robotska merilna postaja senzorjev s funkcijo zaklopa (v povezavi s 360-stopinjno prizmo);
- sledenje premikajočim sprejemnikom GNSS;
- snemanje hitrih deformacij (dinamična preizkusna obremenitev mostov) s spletno kamero in samodejno vrednotenje;
- notranjo navigacijo in kartiranje.

V praksi so sistem uporabili na naslednjih deloviščih:

- preverjanje deformacij stolpa pri jedrski elektrarni Paks Test;
- ugotavljanje hitrih deformacij (dinamični preizkus obremenitve mostu);
- statični preizkus obremenitev mostu MO Hárosi in dinamični preizkus obremenitev mostu Rákóczi;
- statični in dinamični preizkusi obremenitev železniškega mostu Szolnok–Szajol.

Za promocijo študija geodezije so izdelali tako imenovani *Sandbox*, peskovnik, ki s tehnologijo obogatene resničnosti v realnem času računa DMR-površine peska in projicira hipsometrično karto terena s plastnicami na sam teren, kot ga poljubno oblikujemo sami. Napravo sestavljajo Microsoftov pripomoček Kinect, namenjen igralnim konzolam Xbox, ki so ga povezali z zmogljivim računalnikom. Kinect je obrnjen v mizo s tlorisnega položaja, na kateri je pesek za simulacijo zemeljskega površja – terena. S spreminjanjem oblike peska na mizi Kinect zazna spremembo in izriše DMR za aktualno stanje mize, hkrati s plastnicami simuliranega reliefa. Poleg tega se s projektorjem prikažejo barve DMR-ja na pesku samem, zaradi česar uporabnik res dobi občutek obdelave v realnem času. Kinect ima zmožnost merjenja razdalje na kalibrirano ravnino oziroma ima globinski senzor, s katerim zazna vsako odstopanje od kalibrirane ravnine ter glede na navedeno ravnino določi DMR in nato plastnice.

Gostitelji so priznali, da projekt sicer nima dobre aplikativne zmožnosti, je pa zelo dober za nekoliko netradicionalen prikaz privlačnosti in zanimivosti geodetskega poklica, ki vsebuje tudi elemente popularne kulture (Kinect) in tako privlači mlade nadobudneže. Spoznali smo, da se tudi Madžarska srečuje z upadanjem števila študentov geodezije, saj so v primerjavi z drugimi poklici plače inženirjev nizke.

Po strokovnih obiskih je ostalo še malo časa za turističen ogled glavnih znamenitosti mesta. Na poti domov po zahodni obali Blatnega jezera smo si ogledali še etnografsko vas Tihany, za katero so značilne živopisne, s slamo krite hiške ter pestra ponudba lončenih in drugih etnološko obarvanih izdelkov.

Na koncu kratkega opisa našega potovanja bi se radi zahvalili Kariernemu centru Univerze v Ljubljani, v katerem so prispevali sredstva za stroške prevoza.



Slika 1: Skupinska slika na fakulteti.



Slika 2: Poslušanje predavanja prof. Rózsa Szabolcs.



Slika 3: Obisk restavracije s tradicionalno madžarsko večerjo.

Miran Kuhar, spremljevalec
 Za Univerzo v Ljubljani, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo
 e-naslov: miran.kuhar@fgg.uni-lj.si

PROF. DR. FLORJAN VODOPIVEC – IN MEMORIAM



1934-2018

Na vrhuncu dopustniških dni nas je doletela žalostna novica, da je preminil prof. dr. Florjan Vodopivec, dolgoletni profesor na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani.

Profesor Florjan Vodopivec je bil rojen 2. 5. 1934 v Ljubljani. Po maturi na VII. državni gimnaziji v Ljubljani se je vpisal na študij geodezije na Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo (FAGG) Univerze v Ljubljani, ki ga je končal leta 1960. Po diplomi se je zaposlil na Zavodu za izmero in kataster zemljišč. Na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo (FNT) je leta 1972 opravil magisterij iz rudarstva, na FAGG pa je leta 1974 doktoriral z disertacijo s področja nivelmana visoke natančnosti. Leta 1963 je bil izvoljen v naziv asistenta in se je zaposlil na katedri za rudarska merjenja in geofizikalna raziskovanja oddelka za montanistiko FNT. Leta 1969 se je zaposlil na oddelku za geodezijo FAGG, kjer je bil leta 1976 izvoljen v naziv docenta in leta 1980 v naziv izrednega profesorja za področje nižja geodezija, leta 1980 pa v naziv rednega profesorja za področje nižja geodezija in geofizika.

Med letoma 1976 in 1982 je bil namestnik predstojnika ter med letoma 1982 in 1984 predstojnik takratnega VTOZD za gradbeništvo in geodezijo FAGG, med 1985. in 1987. je bil prodekan FAGG in med 1987. in 1989. dekan FAGG Univerze v Ljubljani. Dolga leta je bil predstojnik oddelka za geodezijo FAGG in katedre za geodezijo FAGG.

Profesor Florjan Vodopivec je prišel na FAGG v obdobju, ko se je bližala menjava celotne generacije profesorjev, ki so postavili temelje za študij geodezije na Univerzi v Ljubljani po drugi svetovni vojni. Takratne razmere so zahtevale temeljito in celovito prenovo študija geodezije v pedagoškem, znanstveno-raziskovalnem in strokovnem smislu. Prof. Vodopivec se je prenove lotil kljub nekaterim oviram in pomislekom o pravilnosti odločitev. Čas je pokazal, da je prof. Vodopivcu uspelo prenoviti študij geodezije, zagotoviti vsestranski razvoj oddelka za geodezijo ter prispevati k ugledu fakultete.

Področja znanstvenega delovanja profesorja Florjana Vodopivca so bila vsa področja geodezije in geodetske izmere, rudarska merjenja in geofizika, področja pedagoškega dela pa nižja geodezija, geodetski merski instrumenti in geofizika. Vodil je več raziskovalnih nalog s področja geodetskih metod pri ugotavljanju

tektonskih premikov in stabilnosti zemeljskega površja. Bil je tudi nacionalni koordinator dveh projektov s področja uporabe geodetskih tehnologij v raziskvah tektonike Srednje Evrope v okviru 4. in 5. okvirnega programa raziskav Evropske unije. V sodelovanju s Tehniško univerzo v Münchnu je na fakulteti vzpostavil komparator za certificiranje nivelmanskih lat. Poleg tega je vzpostavil dve kalibracijski bazi za elektrooptične razdaljemere v Logatcu.

Bil je mentor 159 diplomatom višješolskega, visokošolskega in univerzitetnega študija, enajstim magistrandom in šestim doktorandom ter mentor sedmim mladim raziskovalcem. Napisal in objavil je tri univerzitetne učbenike.

Prof. Vodopivec je bil član mednarodne zveze geodetov in geofizikov IUGG, član mednarodne zveze geodetov IAG ter nacionalni predstavnik Slovenije v podkomisiji EUREF pri IAG. Bil je med pobudniki za ustanovitev in udeleženci ustanovne skupščine Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko leta 1993, na kateri je bil izvoljen za podpredsednika združenja, kot predstavnik sekcije geodezija. Združenju je predsedoval od leta 1997 do 2001. Po upokojitvi leta 2003 se je udeleževal letnih skupščin in s prispevki dejavno sodeloval na znanstveno-strokovnih srečanjih združenja.

S svojim pedagoškim, raziskovalnim in strokovnim delom je prof. Florjan Vodopivec pustil neizbrisen pečat v razvoju geodetske znanosti in stroke v Sloveniji. Njegovo delo so prepoznali in cenili tudi v strokovnih stanovskih združenjih in na Univerzi v Ljubljani, saj je prejel naziv častni član Zveze inženirjev in tehnikov Slovenije, zaslužni član Zveze geodetov Slovenije ter zlato plaketu Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani ob njeni 90-letnici. Za prispevek k razvoju Fakultete za gradbeništvo in geodezijo mu je Univerza v Ljubljani leta 2010 podelila naziv zaslužni profesor.

Nekdanji študenti in kolegi s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani ter številne generacije geodetov v Sloveniji se bomo profesorja Florjana Vodopivca spominjali z velikim spoštovanjem.

KOLENDAR STROKOVNIH SIMPOZIJEV

V OBDOBJU JULIJ–SEPTEMBER 2018

Aleš Lazar

V SLOVENIJI

17. oktober 2018 Spremembe v postopkih in vzdrževanju zemljiškega katastra

Ljubljana, Slovenija

Spletna stran: <http://www.izs.si/>

18.–19. oktober 2018 Slovenski regionalni dnevi 2018

Podčetrtek, Slovenija

Spletna stran: <http://rrs.zrc-sazu.si/>

9. december 2018 TEDxLjubljana 2018

Ljubljana, Slovenija

Spletna stran: <http://tedxljubljana.com/>

V TUJINI

1.–2. oktober 2018 13th 3D GeoInfo Conference

Delft, Nizozemska

Spletna stran: <https://www.utwente.nl/en/3dgeoinfo2018/>

1.–5. oktober 2018 ISPRS Technical Commission IV Symposium 2018

Delft, Nizozemska

Spletna stran: <http://www.isprs.org/tc4-symposium2018/>

2.–4. oktober 2018 6th International FIG Workshop on 3D Cadastres

Delft, Nizozemska

Spletna stran: <http://www.gdmc.nl/3DCadastres/workshop2018/>

4.–5. oktober 2018 3rd International Conference on Smart Data and Smart

Delft, Nizozemska

Spletna stran: <http://www.udms.net/>

-
- 9.–12. oktober 2018 **ISPRS Symposium: Innovative Sensing - From Sensors to Methods and Applications**
 Karlsruhe, Nemčija
 Spletna stran: <http://tc1-symposium2018.ipf.kit.edu/>
-
- 10.–11. oktober 2018 **GeoAdvances 2018**
 Casablanca, Maroko
 Spletna stran: <http://rhinane.sirecom-maroc.com/>
-
- 10.–13. oktober 2018 **1st International Conference TMM_CH**
 Atene, Grčija
 Spletna stran: <https://tmm-ch2018.com/>
-
- 15.–18. oktober 2018 **The Year in Infrastructure**
 London, VB
 Spletna stran: <https://yii.bentley.com/>
-
- 15.–19. oktober 2018 **ACRS 2018**
 Kuala Lumpur, Malezija
 Spletna stran: <https://acrs2018.mrsa.gov.my/>
-
- 16.–18. oktober 2018 **INTERGEO 2018**
 Frankfurt, Nemčija
 Spletna stran: <https://www.intergeo.de/>
-
- 17.–18. oktober 2018 **FIG Africa Regional Network Meeting**
 Gaborone, Bocvana
 Spletna stran: <http://www.fig.net/>
-
- 17.–18. oktober 2018 **FIG Young Surveyors North America Meeting**
 Maryland, ZDA
 Spletna stran: <https://www.nsp.us.com/page/YSMeting>
-
- 22.–24. oktober 2018 **4th International Conference MetroArcheo 2018**
 Cassino, Italija
 Spletna stran: : <http://www.metroarcho.com/home>
-
- 23.–25. oktober 2018 **10th Multi-GNSS Asia (MGA) Conference**
 Melbourne, Avstralija
 Spletna stran: : <https://2018.mgaconference.com.au/>

-
- 25.–29. oktober 2018** **AARSE 2018**
 Aleksandrija, Egipt
 Spletna stran: <http://www.aarse2018.org/index.php>
-
- 29.–30. oktober 2018** **GEOPREVI 2018**
 Bukarešta, Romunija
 Spletna stran: <https://geoprevi.xyz/>
-
- 5.–7. november 2018** **FIG/UNECE/UIA/CEEC conference: "Impact of Megatrends and Solutions for the Built Environment and Real Estate"**
 Atene, Grčija
 Spletna stran: <http://www.fig.net/>
-
- 7.–9. november 2018** **CHINTERGEO 2018**
 ChengDu, Kitajska
 Spletna stran: <http://www.chintergeo.com/en/index.html>
-
- 18.–19. november 2018** **GRASF Conference 2018**
 Dubaj, ZAE
 Spletna stran: <http://www.grasf.ae/>
-
- 18.–20. november 2018** **11th ICEC World Congress**
 Sydney, Avstralija
 Spletna stran: <https://icecpaqs2018.com/>
-
- 20.–23. november 2018** **ISPRS TC V Mid-term Symposium**
 Dehradun, Indija
 Spletna stran: <http://isprstc5india2018.org/>
-
- 26.–30. november 2018** **Pacific Islands GIS and RS User Conference 2018**
 Suva, Fidži
 Spletna stran: <http://www.picgisrs.org/>
-
- 30. november–1. december 2018** **ANGIS 2018**
 Burdwan, Indija
 Spletna stran: <https://sites.google.com/geo.buruniv.ac.in/angis-2018/home>
-
- 3. december 2018** **Smart Land Administration Seminar**
 Helsinki, Finska
 Spletna stran: <http://www.slush.org/>

3.–7. december 2018 2018 ISPRS Workshop on Remote Sensing and Synergic Analysis on Atmospheric Environment

Guangzhou, Kitajska

Spletna stran: <http://www.isprs.org/>

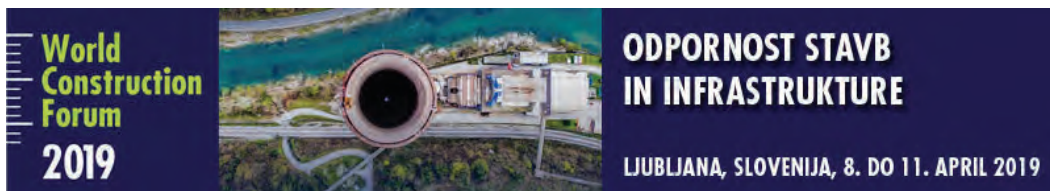
Sporočila s podatki o nacionalnih in mednarodnih kongresih, simpozijih in srečanjih s področja geodezije, upravljanja zemljišč in na splošno geoinformatike v Sloveniji ali tujini pošiljajte na e-naslov: **lazarales@gmail.com**.

Aleš Lazar, univ. dipl. inž. geod.

Geoservis, d.o.o.

Litijska cesta 45, SI-1000 Ljubljana

e-naslov: lazarales@gmail.com



SVETOVNI GRADBENI FORUM 2019 – ODPORNOST STAVB IN INFRASTRUKTURE

Inženirska zbornica Slovenije (IZS) ter Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG) pod pokroviteljstvom svetovne zveze inženirskih organizacij WFEO med 8. in 11. aprilom 2019 v Ljubljani organizirata Svetovni gradbeni forum z naslovom *Odpornost stavb in infrastrukture*.

Ob jubilejni stoti obletnici organiziranega združevanja inženirjev v zbornici in hkrati ob stoti obletnici ustanovitve **Univerze v Ljubljani**, z njo pa tudi **Tehnične fakultete**, se bodo aprila 2019 v slovenski metropoli zbrali strokovnjaki na Svetovnem gradbenem forumu, ki bo posvečen strokovni tematiki odpornosti stavb in infrastrukture, pri čemer bo program razdeljen na **šest glavnih tem**.

Forum bo potekal v organizaciji **Inženirske zbornice Slovenije (IZS)** ter **Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG)**. Svetovni gradbeni forum z letnico 2019 je vzela pod okrilje **svetovna zveza inženirskih organizacij WFEO** (*World Federation of Engineering Organizations*), potekal pa bo med 8. 4. in 11. aprilom v Cankarjevem domu v Ljubljani. Forum je organiziran pod častnim pokroviteljstvom **predsednika Republike Slovenije Boruta Pahorja**.

Osnovna tema na dogodku bo odpornost stavb in infrastrukture, gostje pa bodo razpravljali o gradnji stavb v duhu trajnostnega razvoja, ki sloni na kakovosti, a hkrati ne pozablja na kulturno dediščino in varovanje okolja, kar je izziv vseh svetovnih inženirjev, ki se spopadajo z vse ekstremnejšimi naravnimi pojavi in ujmami.

Tridnevni delovni program foruma, ki bo pospremljen s spoznavnim sprejemom, gala večerjo in tehnično ekskurzijo, bo razdeljen na **šest tematskih sklopov**:

- energija v 21. stoletju,
- izobraževanje in usposabljanje inženirjev ter njihova vloga v družbi,
- gradbeništvo 4.0,
- kulturna dediščina v digitalnem svetu,
- upravljanje tveganj zaradi nesreč in odpornejše skupnosti,
- upravljanje nepremičninam in premoženja ter informacijsko modeliranje gradenj (BIM).

Forum pa ni namenjen le izmenjavi mnenj in znanja s tujimi strokovnjaki s področja gradbeništva, temveč tudi in predvsem **predstavitvi idej slovenskih strokovnjakov in dejavnosti domačih podjetij**, ki imajo tako veliko priložnost za lažji preboj v svet. Zato prireditelji vabijo, da se forumu pridružite ne le kot udeleženeec, temveč tudi kot soustvarjalec, sponzor ali razstavljaev. K temam pogovorov se lahko prijavite s posredovanjem povzetkov referatov, rok za njihov oddajo je 15. oktober 2018 (<https://www.wcf2019.org/call-for-abstracts>).

Ob koncu drugega (svetovnega) inženirskega dogodka na slovenskih tleh z veliko mednarodno veljavo bo pripravljena tudi **Ljubljanska deklaracija**, ki bo temeljila na vseh podanih predavanjih in kratkih predstavvah, uradno pa jo bo sprejela in promovirala svetovna zveza inženirskih organizacij WFEO.

Več informacij lahko najdete na spletni strani Inženirske zbornice Slovenije (www.izs.si), uradni spletni strani foruma WCF 2019 (www.wcf2019.org) ali prek spletnega obrazca na uradni strani foruma (<http://submissions.wcf2019.org>).



BUILDINGS AND INFRASTRUCTURE RESILIENCE



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za gradbeništvo
in geodezijo



RIKO[®]

**Globalni inženiring
za srečo ljudi**

hidroinženiring d.o.o.

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


GEO SERVIS



■ Authorized **Leica Geosystems** Distributor

1993 - 2018



Svetovanje in storitve s področja nepremičnin, infrastrukture in prostora

- Slovenija
- Hrvaška
- Srbija
- Makedonija

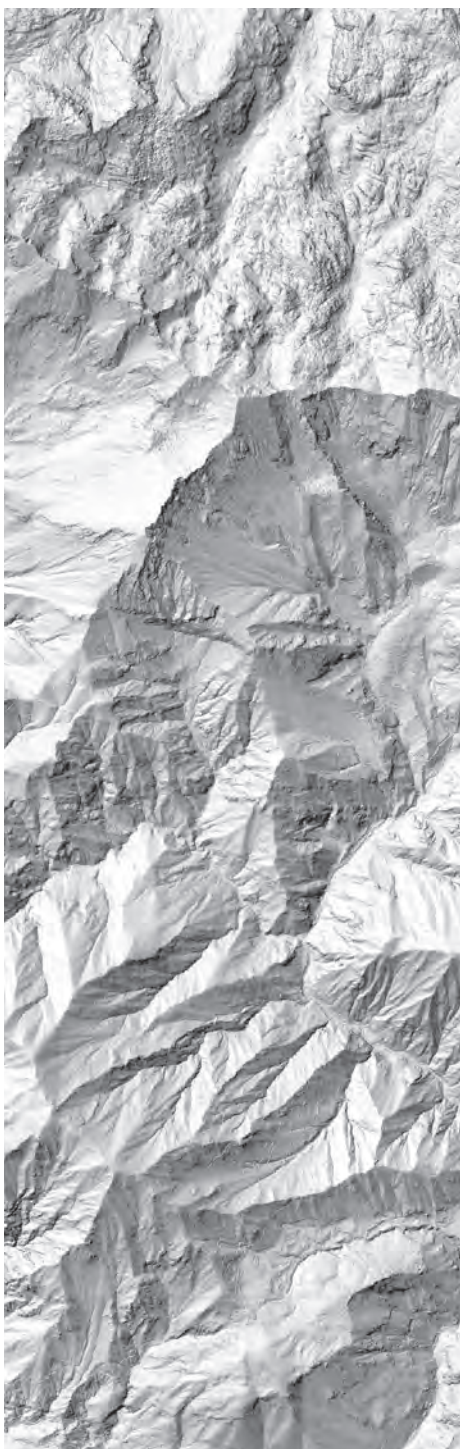
Real estate and spatial management

- Slovenia
- Croatia
- Serbia
- Macedonia

Upravlajmo s prostorom - SKUPAJ

Let's manage e-spatially - TOGETHER

www.igea.si

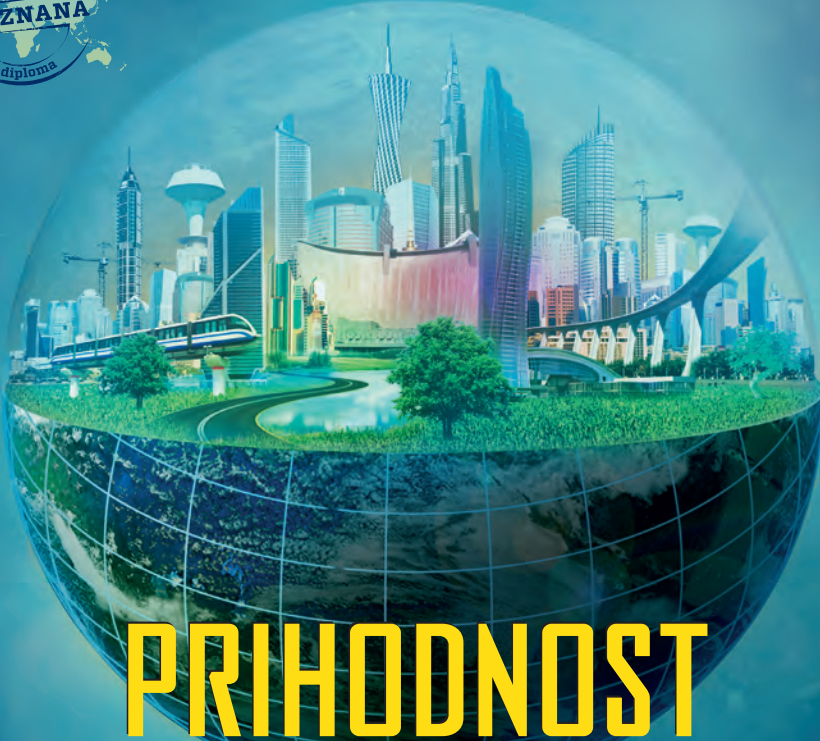


Podoba analitičnega senčenja DMR1
Laserskega skeniranja Slovenije 2014-2015

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



PRIHODNOST JE TREBA ŠE ZGRADITI

GRADBENIŠTVO, OKOLJSKO GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJA
SKOZI CELOTNO ZGODOVINO ČLOVEŠTVA PREMKAJO MEJE ZNANEGA.
PRIHODNOST PRINAŠA TRAJNOSTNE IZZIVE NA ZEMLJI IN NOVE V VESOLJU.

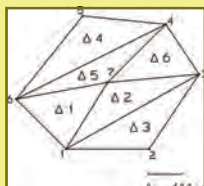
BOŠ ZRAVEN, KO SE BO GRADILA PRIHODNOST?

Vpiši se na Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo
Univerze v Ljubljani z mednarodno priznano diplomom.

**Fakulteta redno izvaja bolonjske študijske
programe I., II. in III. stopnje!**

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za gradbeništvo in geodezijo*



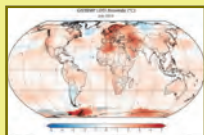


GEODETSKI VESTNIK

Glasilo Zveze geodetov Slovenije

Journal of the Association of Surveyors of Slovenia

ISSN 0351-0271 | letn./Vol. 62 | št./No. 3 | str./pp. 369-554



RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

Andrej Udovč, Magda Rak Cizelj, Vesna Zupanc

IZZIVI PRI IZRAČUNU TRŽNIH ZAKUPNIN KMETIJSKIH ZEMLJIŠČ

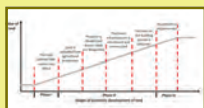
CHALLENGES FOR THE CALCULATION OF MARKET RENT OF AGRICULTURAL LAND



Jure Soldo, Tomaž Ambrožič

DEFORMACIJSKA ANALIZA PO POSTOPKU MÜNCHEN

DEFORMATION ANALYSIS: THE MÜNCHEN APPROACH



Alenka Senica, Oskar Sterle, Polona Pavlovčič Prešeren

DOLOČITEV VPLIVA TROPOSFERE NA OPAZOVANJA GNSS IZ NIZA RADIOSONDAŽNIH MERITEV V LJUBLJANI OD OKTOBRA DO DECEMBRA 2017

DETERMINATION OF TROPOSPHERIC GNSS IMPACTS FROM A RADIOSONDE DATA SERIES IN LJUBLJANA: CASE STUDY FROM OCTOBER TO DECEMBER 2017



Katarzyna Pajak, Kamil Kowalczyk

OCENA SPREMINJANJA NIVOJA MORSKE GLADINE TER FIZIKALNIH POJAVOV BALTSKEGA MORJA

ASSESSMENT OF THE DYNAMICS OF SEA LEVEL AND PHYSICAL PHENOMENA IN THE BALTIC SEA



Marcin Karabin, Krzysztof Bakula, Anna Fijałkowska, Magdalena Karabin-Zych

ANALIZA IZVEDLJIVOSTI VZPOSTAVITVE 3D-KATASTRA IZ RAZLIČNIH VIROV PODATKOV NA PRIMERU PODZEMNE ŽELEZNICICE V VARŠAVI

FEASIBILITY STUDY OF 3D CADASTRE IMPLEMENTATION USING VARIOUS DATA SOURCES – THE CASE OF WARSAW SUBWAY

Tomasz Pirowski, Karolina Bartos

IZDELAVA PODROBNE POPULACIJSKE KARTE MESTA NA TEMELJU INFORMACIJ NACIONALNE PODATKOVNE BAZE O STAVBAH

DETAILED MAPPING OF THE DISTRIBUTION OF A CITY POPULATION BASED ON INFORMATION FROM THE NATIONAL DATABASE ON BUILDINGS



Tomasz Budzyński, Joanna Jaroszewicz, Wioleta Krupowicz, Anna Majewska, Natalia Sajnog

METODA ZA PREPOZNAVANJE PRIHODNIH OBMOČIJ SUBURBANIZACIJE

A METHOD FOR IDENTIFICATION OF FUTURE SUBURBANISATION AREAS

ISSN 0351-0271



9 770351 027001

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