

# ANALIZA SKLADNOSTI D48/GK- IN D96/TM-KOORDINAT ZEMLJIŠKOKATASTRSKIH TOČK V POMURJU

CONSISTENCY ANALYSIS OF D48/GK AND D96/TM COORDINATES OF CADASTRAL BOUNDARY POINTS IN THE MURA REGION

*Sandi Berk, Žarko Komadina, Joc Triglav*

UDK: 528.44

## IZVLEČEK

Predstavljena je analiza skladnosti D48/GK- in D96/TM-koordinat za več kot 62.000 zemljiškokatastrskih (ZK-) točk v Pomurju, ki so bile določene po 1. januarju 2008, torej v skladu z novim Zakonom o evidentiranju nepremičnin. Takšna analiza je izvedljiva brez dodatnih terenskih meritev - z uporabo kakovostnega modela transformacije. Kot referenčni model je bila uporabljena državna trikotniška transformacija, različica 3.0. Med razlogi za neskladje D48/GK- in D96/TM-koordinat ZK-točk glede na referenčni transformacijski model so lahko slaba natančnost ali groba napaka v izmeri D96/TM-koordinat (GNSS-izmera) in D48/GK-koordinat (klasična izmera). Še pogosteje kot z neposredno izmero pa so D48/GK-koordinat točk določene posredno - s transformacijo. Tu so razlog za neskladje nekakovostni transformacijski parametri. Poleg nekakovostnih veznih točk je vzrok lahko premajhno število uporabljenih veznih točk ali njihova neustrezna razporeditev. Neskladje koordinat ZK-točk je lahko tudi posledica lokalnih anomalij v obstoječi poligonski/linijski mreži ali pa slabe natančnosti uporabljenega referenčnega transformacijskega modela. Cilja analize skladnosti sta kontrola kakovosti določanja koordinat ZK-točk (tj. dela geodetskih podjetij) in tudi kontrola kakovosti modela trikotniške transformacije. Za doseg te ciljev je bila na izbranih lokacijah znotraj testnega območja izvedena tudi neodvisna terenska izmera.

## KLJUČNE BESEDE

analiza skladnosti, datumsko transformacija, koordinatno odstopanje, zemljiškokatastrska točka

Klasifikacija prispevka po COBISS-u: 1.09

## ABSTRACT

A consistency analysis of D48/GK and D96/TM coordinates of more than 62,000 cadastral boundary (CB) points in the Mura region, which were determined after 1st January 2008, i.e. according to the new Real Estate Recording Act, is presented. Such an analysis can be realized without any additional measurements being taken, but only by using a high quality transformation model. The country-wide triangle-based transformation, Version 3.0, was used as a reference model. The reasons for the inconsistency between D48/GK and D96/TM coordinates of CB points according to the reference transformation model are low accuracy or gross errors in D96/TM coordinates (GNSS measurements) and D48/GK coordinates (classical measurements). Rather than in direct measurement, D48/GK coordinates are obtained indirectly by using transformation. In that case, the inconsistency is caused by poor quality transformation parameters. In addition to possible low quality tie points, there may be an insufficient number of tie points used, or their inadequate spacing. The inconsistency between the coordinates of CB points could also be caused by some problems in the control network and low accuracy of the reference transformation model. The aims of the consistency analysis are quality control of surveys of CB points and quality control of the triangle-based transformation model. To achieve these aims, independent surveys were carried out at the selected locations within the testing area.

## KEY WORDS

cadastral boundary point, consistency analysis, coordinate discrepancy, datum transformation

## 1 UVOD

Od 1. januarja 2008 se izmera zemljiškokatastrskih točk (v nadaljevanju: ZK-točk) izvaja v novem državnem ravninskem koordinatnem sistemu – skladno z Zakonom o evidentiranju nepremičnin (ZEN, Ur. list RS, št. 47/2006). Način določanja in vodenja ZK-točk v koordinatnem sistemu ETRS89/TM (oziroma D96/TM) ter način izračuna koordinat v koordinatnem sistemu D48/GK podrobneje ureja Pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov zemljiškega katastra (Ur. list RS, št. 8/2007). S tem pravilnikom je predpisana tudi natančnost koordinat ZK-točk. Uporabljena mera natančnosti je daljša polos standardne elipse zaupanja v koordinati ZK-točke. Ta ne sme biti večja od 4 cm, če so koordinate ZK-točke pridobljene z meritvami na terenu.

Geodetska uprava Republike Slovenije se je v letu pričetka izvajanja ZEN lotila nadzora kakovosti izmere ZK-točk v D96/TM. Z izmero na terenu je bila preverjena natančnost koordinat več kot 1100 ZK-točk. Izbrani vzorec je predstavljal okoli 2 % vseh izdelanih elaboratov na letni ravni. Za 6,1 % točk je bilo položajno odstopanje večje od dopustnega, ugotovljene pa so bile tudi nekatere druge pomanjkljivosti izdelanih elaboratov (Mozetič in sod., 2008). Geodetska uprava Republike Slovenije je pozneje nadzor kakovosti podatkov zemljiškega katastra opustila.

Aprila 2008 je pričela delovati posebna Skupina za spremljanje uvajanja novega državnega koordinatnega sistema. Dogovor o njenem imenovanju in delu je bil sklenjen med Geodetsko upravo Republike Slovenije, Geodetskim inštitutom Slovenije, Matično sekcijo geodetov pri Inženirski zbornici Slovenije in Gospodarskim interesnim združenjem geodetskih izvajalcev. Skupina je marca 2010 na svoji 3. seji med drugimi sklepi podala tudi predlog ustanoviteljem, da se spet uvede sistematična kontrola koordinat ZK-točk, saj bi tako pomagali zagotavljati ustrezno kakovost podatkov ter povečali ugled in pospešili strokovni napredek geodetske stroke in geodetskih podjetij.

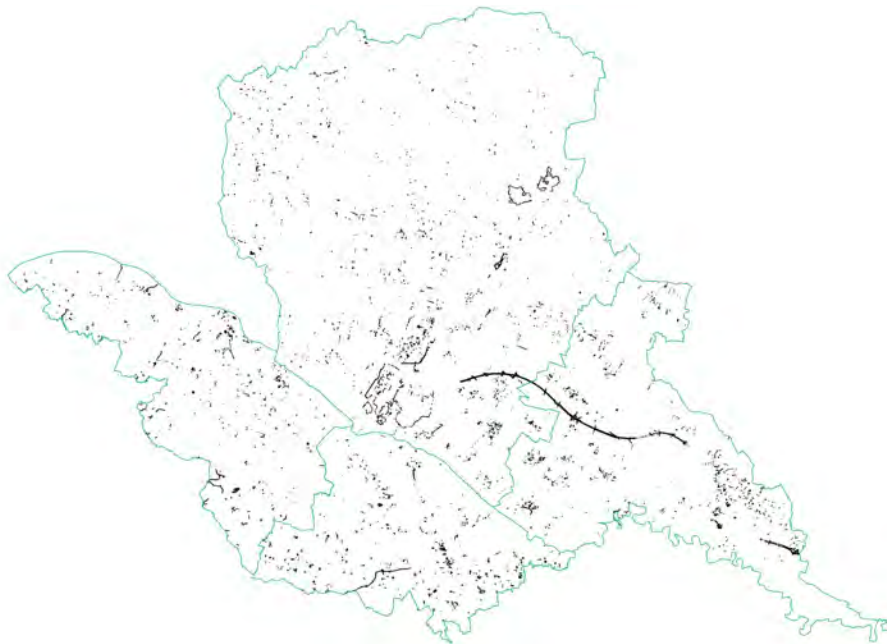
Ena izmed nalog v okviru tako imenovanega norveškega projekta (glej Zbornik projekta, Geodetska uprava Republike Slovenije, 2010) je bila vzpostavitev kakovostnega modela transformacije med starim in novim državnim koordinatnim sistemom. Ta model bo uporabljen za transformacijo vseh prostorskih podatkovnih zbirk, ki zvezno pokrivajo celo državo in pri katerih je zahtevana natančnost transformacije boljša od enega metra (Berk in Duhovnik, 2007). Izbrana je bila trikotniško zasnovana odsekoma afina ravninska transformacija (v nadaljevanju: trikotniška transformacija). Zadnja različica trikotniške transformacije (različica 3.0) temelji na tako imenovanih virtualnih veznih točkah, ki tvorijo pravilno trikotniško mrežo (Berk in Komadina, 2010). Ocenjena natančnost trikotniške transformacije je 4,2 cm – gre za položajni standardni odklon. Seveda pa ta natančnost precej niha po posameznih območjih, predvsem zaradi različne gostote uporabljenih točk.

Glede na omenjene zaplete v zvezi z nadzorom kakovosti podatkov zemljiškega katastra, pri katerem je poleg vprašanja pristojnosti za nadzor seveda težava tudi financiranje, se je pojavila zamisel, da bi kakovost koordinat ZK-točk lahko preverjali tudi brez drage terenske izmere. Na testnem primeru je bila izvedena analiza kakovosti podatkov, ki temelji na uporabi modela

trikotniške transformacije. Gre za analizo odstopanj parov izmerjenih D96/TM-koordinat in posredno določenih D96/TM-koordinat, ki so pridobljene s trikotniško transformacijo iz D48/GK-koordinat. Slednje morajo biti (glej Pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov zemljiškega katastra) določene s transformacijo na detajlu. Transformacijski parametri so torej določeni na podlagi točk v neposredni okolici delovišča, katerih koordinate je geodet neposredno določil v obeh koordinatnih sistemih.

## 2 TESTNO OBMOČJE IN VHODNI PODATKI

Kot testno območje za analizo skladnosti D48/GK- in D96/TM-koordinat ZK-točk je bila izbrana Pomurska regija oziroma območje, ki sodi pod Območno geodetsko upravo Murska Sobota in ga pokrivajo geodetske pisarne Gornja Radgona, Lendava, Ljutomer in Murska Sobota. Površina testnega območja je okoli 1338 km<sup>2</sup>, kar je 6,6 % državnega ozemlja. V analizo so bile vključene vse ZK-točke, za katere so v zbirki podatkov zemljiškega katastra na voljo tako D48/GK- kot D96/TM-koordinate. Po stanju iz septembra 2010 je bilo skupaj na voljo 50.421 ZK-točk (slika 1).



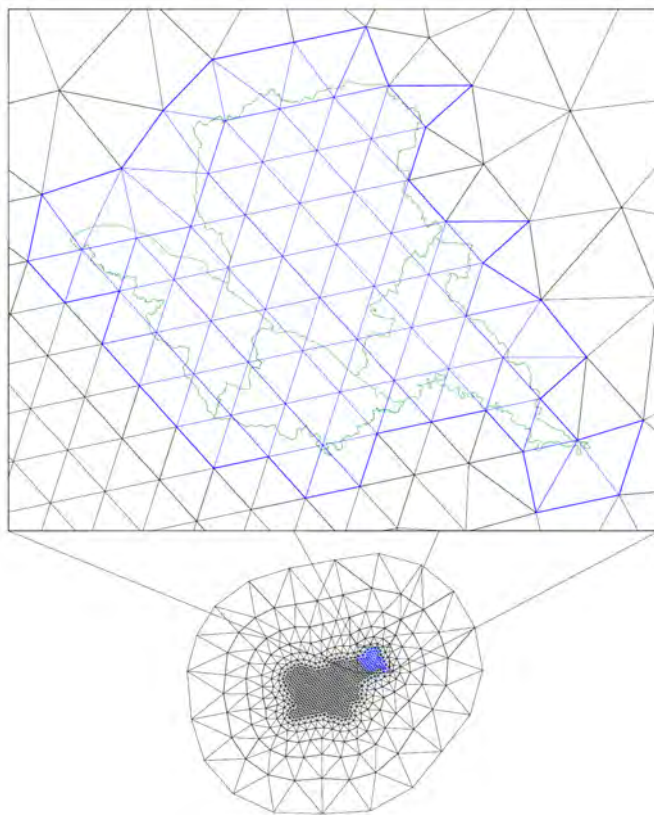
Slika 1: Razporeditev v analizo vključenih ZK-točk Območne geodetske uprave Murska Sobota

Dodatni vir za analizo so bile za območje Geodetske pisarne Murska Sobota tudi ZK-točke iz še nepravnomočnih postopkov komasacij. Njihov obseg se je v zadnjem času v Prekmurju še povečal tudi zaradi gradnje infrastrukturnih objektov – avtoceste in železnice do meje z Madžarsko (Triglav, 2008). Po stanju s konca leta 2010 je bilo skupaj na voljo dodatnih 11.830 ZK-točk iz štirih nepravnomočnih komasacijskih postopkov (slika 2).



Slika 2: Razporeditev v analizo vključenih ZK-točk iz še nepravnomočnih komasacij

Med vhodne podatke za analizo seveda sodi tudi model trikotniške transformacije (različica 3.0, Berk in Komadina, 2010). Testno območje je pokrito s 106 trikotniki, izmed katerih jih leži 36 v celoti znotraj testnega območja. Ogljišča trikotnih transformacijskih območij tvorijo 71 virtualnih veznih točk, izmed katerih jih je 33 znotraj testnega območja (slika 3).



Slika 3: Trikotna transformacijska območja afine ravninske transformacije

Za vsak posamezni trikotnik je določenih po 6 parametrov afine ravninske transformacije, skupaj je bilo torej za celotno testno območje uporabljenih  $106 \times 6 = 636$  transformacijskih parametrov

### 3 TERENSKA IZMERA

Na podlagi rezultatov analize skladnosti D48/GK- in D96/TM-koordinat ZK-točk (glej razdelek 5) je bilo na testnem območju izbranih nekaj posebej zanimivih lokacij, na katerih so bile izvedene tudi neodvisne terenske meritve, potrebne za kakovostnejšo interpretacijo rezultatov analize. Meritve so bile izvedene na petih lokacijah, in sicer v občinah Gornja Radgona (naselja Stogovci, Žepovci in Žiberci, skupaj 4 točke), Kuzma (naselja Dolič, Gornji Slaveči in Matjaševci, skupaj 13 točk), Lendava (naselja Čentiba, Dolgovaške Gorice, Lendava, Lendavske Gorice in Pince, skupaj 10 točk), Ljutomer (naselja Cezanjevci, Radoslavci in Vogričevci, skupaj 5 točk) in Moravske Toplice (naselji Ivanjševci in Ratkovci, skupaj 10 točk). Na teh lokacijah je bilo skupaj izmerjenih 42 geodetskih točk, predvsem poligonskih in navezovalnih točk, pa tudi nekaj trigonometričnih in poligonometričnih točk 4. reda.

Terenske meritve so bile izvedene med 11. in 14. aprilom 2011. Izvajale so jih tri terenske ekipe

s po dvema članoma. Za GNSS-meritve so bili uporabljeni instrumenti Trimble R8 GNSS (dva sprejemnika) in Leica SmartPole 1200, za kombiniranje s klasičnimi meritvami pa poleg instrumenta Leica TPS 1200 (skupaj s slednjim) še Leica FlexLine TS06. Metoda izmere je bila praviloma RTK VRS. Enkratna meritev na posamezni točki je trajala po 4 minute. Vsaka točka je bila izmerjena po dvakrat v časovnem razmaku vsaj 30 minut. Kjer ni bilo mogoče izvesti GNSS-meritev neposredno na točki, je bila uporabljena kombinirana metoda, vendar je bilo takšnih primerov malo. Kot rezultat terenske izmere so bile vzete sredine koordinat v D96/TM iz obeh meritev na vsaki točki. Ustrezne koordinate v D48/GK so koordinate iz baze geodetskih točk.

#### 4 METODOLOGIJA ANALIZE

Osnovna ideja je bila, da lahko za ZK-točke preverimo skladnost parov koordinat v starem in novem koordinatnem sistemu, če uporabimo model trikotniške transformacije. Vhodni podatki za analizo so torej:

- D96/TM-koordinate ZK-točk – GNSS-izmera (običajno RTK VRS),
- D48/GK-koordinate ZK-točk – klasična izmera ali dobljene s transformacijo na detajlu,
- model trikotniške transformacije (različica 3.0), ki povezuje D48/GK- in D96/TM-koordinate.

Ker nimamo neodvisne kontrole pravilnosti samih koordinat ZK-točk (niti v D48/GK niti v D96/TM), ampak zgolj razlik med koordinatami (ki jih dobimo iz transformacijskega modela), torej ne bomo govorili o analizi natančnosti ZK-točk, ampak le o analizi skladnosti obeh parov koordinat. Razlogi za neskladje so lahko:

- slaba natančnost ali groba napaka v izmeri D96/TM-koordinat (GNSS-izmera),
- slaba natančnost ali groba napaka v izmeri D48/GK-koordinat (klasična izmera),
- posledično (iz predhodnih dveh alinej) neustrezni transformacijski parametri na detajlu,
- neustrezni transformacijski parametri na detajlu zaradi točk, ki so premalo vezne, preveč oddaljene od delovišča ali neustrezno razporejene,
- večje lokalne anomalije v obstoječi poligonski/linijski mreži in
- slaba natančnost trikotniške transformacije.

Za neskladje koordinat ni nujno kriv posamezen geodet (glej zadnji dve alineji), je pa to dober znak za dodatno kontrolo na terenu, na podlagi katere nato tudi ugotovimo pravi razlog. Cilj analize je torej:

- kontrola kakovosti določanja koordinat ZK-točk, pa tudi
- kontrola kakovosti modela trikotniške transformacije za njegovo dodatno izboljšanje, kjer se bo pokazala potreba po tem.

Ključni korak analize skladnosti je nastavitve funkcionalnega modela trikotniške transformacije; gre za enačbi afine ravninske transformacije:

$$e'_i = A_j + B_j \cdot y_i + C_j \cdot x_i \quad \text{in} \quad n'_i = D_j + E_j \cdot y_i + F_j \cdot x_i,$$

kjer so:

$y_p, x_i$  ... koordinati  $i$ -te ZK-točke v D48/GK,

$e'_i, n'_i$  ... koordinati  $i$ -te ZK-točke v D96/TM (dobljeni s transformacijo iz D48/GK-koordinat) in

$A_j, B_j, C_j, D_j, E_j, F_j$  ... parametri afine ravninske transformacije v  $j$ -tem trikotniku (glej sliko 3), v katerem je  $i$ -ta ZK-točka.

Sledijo še odstopanja D96/TM-koordinat, dobljenih s transformacijo, od neposredno določenih:

$$\delta e_i = e_i - e'_i \quad \text{in} \quad \delta n_i = n_i - n'_i$$

ter položajna odstopanja:

$$\delta p_i = \sqrt{\delta e_i^2 + \delta n_i^2},$$

kjer so:

$e_p, n_i$  ... koordinati  $i$ -te ZK-točke v D96/TM (določeni z meritvijo),

$\delta e_p, \delta n_i$  ... koordinatni odstopanja  $i$ -te ZK-točke v D96/TM in

$\delta p_i$  ... položajno odstopanje  $i$ -te ZK-točke v D96/TM.

Analiza skladnosti koordinat je vključevala ugotavljanje centralne tendence (sistematični vplivi) in razpršenosti dobljenih parov koordinatnih odstopanj

$$O = \{ o_i = (\delta e_i, \delta n_i); 1 \leq i \leq t \},$$

kjer je  $t$  število vseh ZK-točk. Uporabljene so bile standardne in zaradi prisotnosti grobih pogreškov tudi robustne statistične cenilke. Kot standardna mera centralne tendence parov koordinatnih odstopanj je bilo uporabljeno njihovo težišče (aritmetična sredina posameznih koordinatnih komponent):

$$\text{cen}(O) = \frac{1}{t} \cdot \sum_{i=1}^t o_i.$$

Kot robustna mera centralne tendence parov koordinatnih odstopanj je bila uporabljena njihova prostorska mediana:

$$\text{med}(O) = \min_{m \in \mathbb{R}^2} \sum_{i=1}^t \| o_i - m \|_2.$$

Za oceno razpršenosti koordinatnih odstopanj je bil uporabljen standardni odklon koordinatnih odstopanj  $\delta k$  (tj.  $\delta e$  ali  $\delta n$ ):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{t-1} \cdot \sum_{i=1}^t (\delta k_i - \text{cen}_k)^2},$$

kjer je  $c_k$  aritmetična sredina odstopanj koordinate  $k$  (ustrezna komponenta težišča).

Kot robustna ocena standardnega odklona (koordinatnih odstopanj) je bila uporabljena cenilka  $S_t$  (Croux in Rousseeuw, 1992), ki je za koordinatna odstopanja  $\{ \delta k_i; 1 \leq i \leq t \}$  določena kot

$$S_t = c_t \cdot 1,1926 \cdot \text{med}_{1 \leq i \leq t} \text{med}_{1 \leq j \leq t} | \delta k_i - \delta k_j |,$$

kjer je  $c_t$  korekcijski faktor, ki zagotavlja nepristranskost cenilke; za  $t > 9$  velja:

$$c_t = \begin{cases} t/(t-0,9) & \text{za lihe } t \\ 1 & \text{za sode } t. \end{cases}$$

Prednost uporabljene cenilke je poleg njene robustnosti tudi v tem, da njena določitev ni odvisna od predhodno določenih mer lokacije oziroma centralne tendence koordinatnih odstopanj.

Položajni (radialni) standardni odklon (v 2R) je bil nato (tako ob uporabi standardnih kot tudi robustnih cenilk) izračunan kot:

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_e^2 + \sigma_n^2}.$$

V pomoč pri vrednotenju rezultatov analize so bili še:

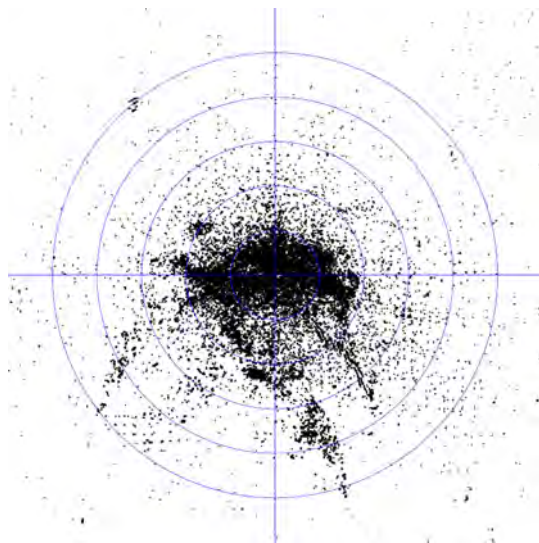
- histogrami koordinatnih in položajnih odstopanj ter
- grafični prikazi razpršenosti odstopanj in razporeditve ZK-točk glede na velikost položajnega odstopanja znotraj testnega območja.

Enaka metodologija analize - le brez robustne statistike - je bila uporabljena tudi za izbrane lokacije znotraj testnega območja, kjer je bila izvedena neodvisna terenska izmera.

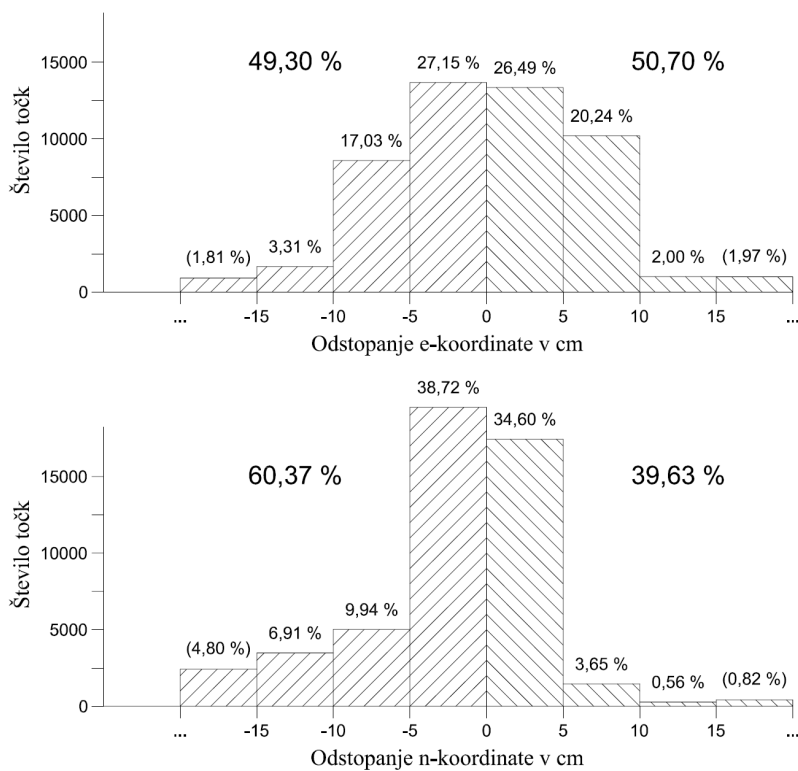
## 5 REZULTATI ANALIZE

Najprej je bila izvedena analiza vseh po 1. januarju 2008 določenih ZK-točk na izbranem testnem območju, torej za Območno geodetsko upravo Murska Sobota. Upoštewane so bile vse ZK-točke v zbirki zemljiškega katastra. Točke iz omenjenih, še nepravnomočnih komasacij torej niso bile vključene v analizo. Skupaj je bilo tako vključenih 50.421 ZK-točk. Odstopanja med neposredno in posredno določenimi koordinatami ZK-točk v D96/TM so prikazana na sliki 4, histogrami koordinatnih in položajnih odstopanj pa na slikah 5 in 6.

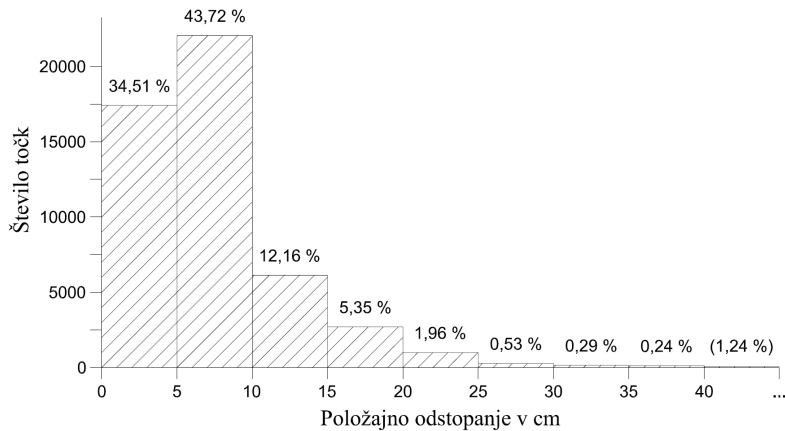




Slika 4: Prikaz položajnih odstopanj na ZK-točkah Območne geodetske uprave Murska Sobota; krogi označujejo položajna odstopanja 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm in 25 cm.

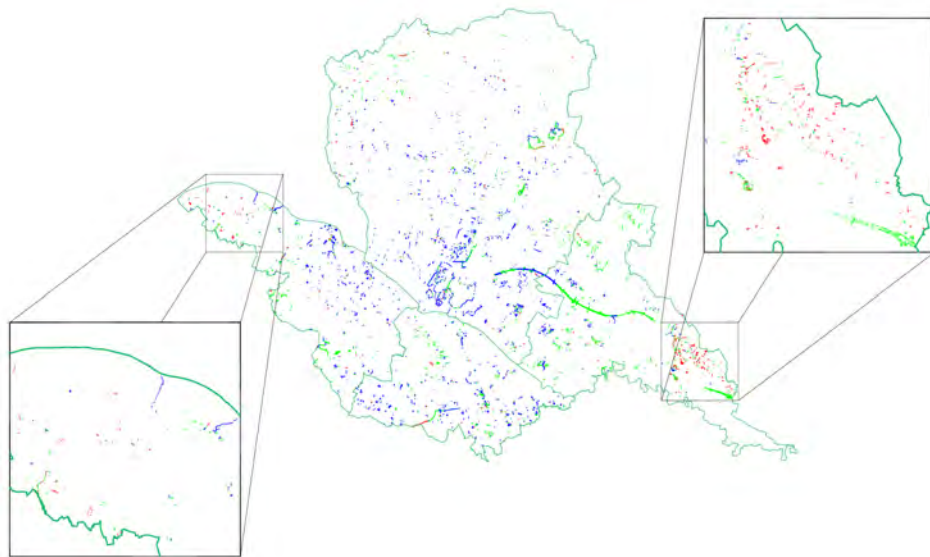


Slika 5: Histograma koordinatnih odstopanj na ZK-točkah Območne geodetske uprave Murska Sobota



Slika 6: Histogram položajnih odstopanj na ZK-točkah Območne geodetske uprave Murska Sobota

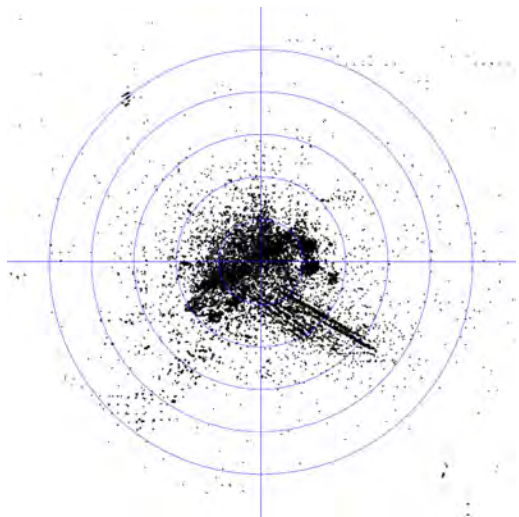
Na sliki 7 sta povečano prikazani dve območji, na katerih so položajna odstopanja na ZK-točkah izrazitejša. Prvo območje je v občini Gornja Radgona (Apaško polje, na sliki levo), drugo je v občini Lendava. Obe sta bili med izbranimi lokacijami za neodvisno terensko izmero. Čeprav nekoliko manj izraziti, sta bili izbrani še lokaciji v občini Kuzma (Goričko) in Ljutomer.



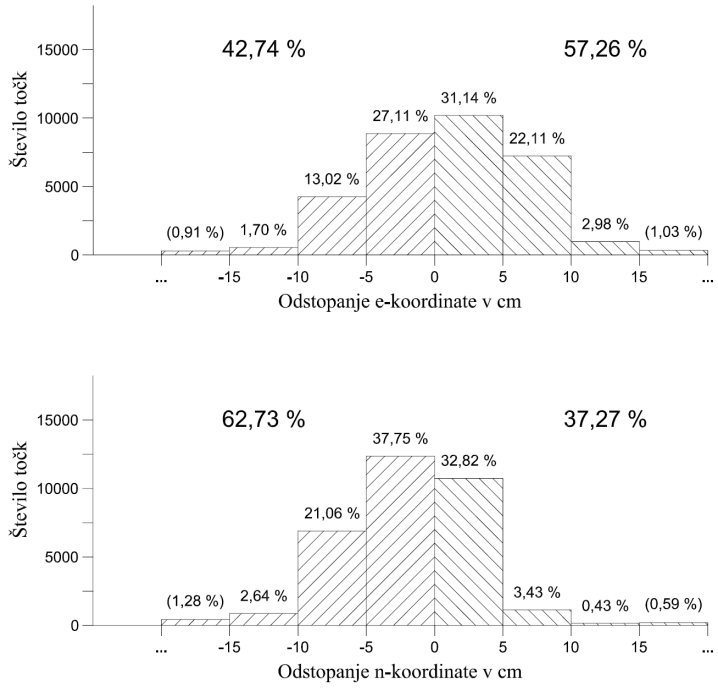
Slika 7: Položajna odstopanja na ZK-točkah Območne geodetske uprave Murska Sobota; ZK-točke z odstopanji do 6 cm so obarvana modro, do 15 cm zeleno, preostale pa rdeče.

Ločeno je bila izvedena še analiza vseh po 1. januarju 2008 določenih ZK-točk na izbranem podobmočju, torej za Geodetsko pisarno Murska Sobota. Upošteevane so bile vse ZK-točke v zbirki zemljiškega katastra ter še točke iz omenjenih, še nepravnomočnih komasacij. Skupaj je bilo v to analizo vključenih 32.741 ZK-točk. Odstopanja med neposredno in posredno določenimi

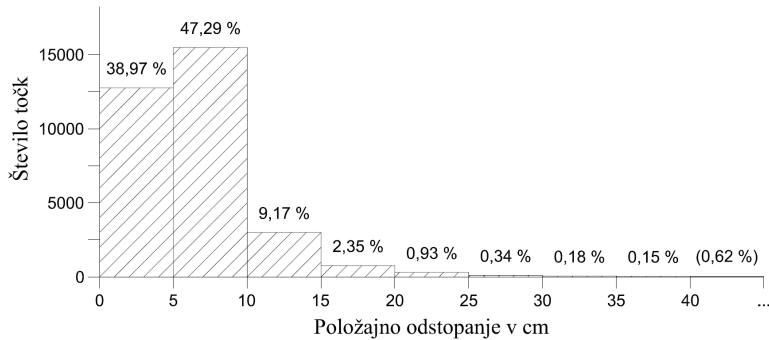
koordinatami ZK-točk v D96/TM so prikazana na sliki 8, histogrami koordinatnih in položajnih odstopanj pa na slikah 9 in 10.



Slika 8: Prikaz položajnih odstopanj na ZK-točkah Geodetske pisarne Murska Sobota z dodatnimi točkami iz še nedokončanih komasacijskih postopkov; krogi označujejo položajna odstopanja 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm in 25 cm.

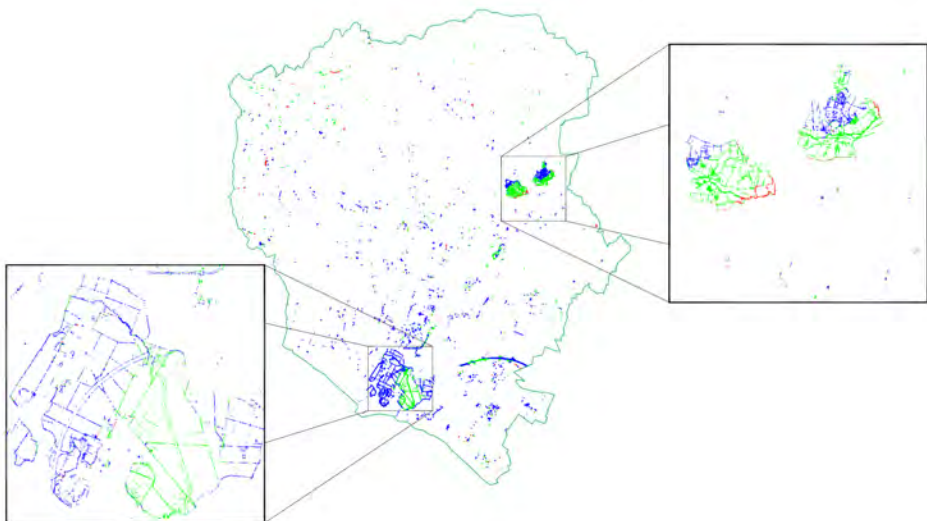


Slika 9: Histograma koordinatnih odstopanj na ZK-točkah Geodetske pisarne Murska Sobota z dodatnimi točkami iz še nedokončanih komasacijskih postopkov.



Slika 10: Histogram položajnih odstopanj na ZK-točkah Geodetske pisarne Murska Sobota z dodatnimi točkami iz še nedokončanih komasacijskih postopkov.

Na sliki 11 so povečano prikazana območja še nepravnomočnih komasacij. Prvo območje je v občini Murska Sobota (na sliki levo), drugo pa je v občini Moravske Toplice. Območje komasacij v občini Moravske Toplice je bilo zaradi izrazitih sistematičnih odstopanj izbrano kot ena izmed lokacij za neodvisno terensko izmero.



Slika 11: Položajna odstopanja na ZK-točkah Geodetske pisarne Murska Sobota z dodatnimi točkami iz še nepravnomočnih komasacijskih postopkov; ZK-točke z odstopanji do 6 cm so obarvana modro, do 15 cm zeleno, preostale pa rdeče.

Rezultati statistične analize odstopanj med neposredno in posredno določenimi koordinatami ZK-točk v D96/TM – posebej za celotno testno območje in posebej za izbrano podobmočje z dodatnimi točkami iz komasacij – so v preglednici 1. Zaradi precej širokega razpona odstopanj (glej sliki 4 in 8) je zelo težko izbrati mejo med še sprejemljivimi in grobimi odstopanji, ki bi jih morali iz analize izločiti. Podana sta dva poskusa določitve te meje, in sicer za položajna

odstopanja nad 1 m in za položajna odstopanja nad 30 cm. Alternativni pristop pa je uporaba robustne statistike, ki se je tako pri ocenjevanju centralne tendence (prostorska mediana) in razpršenosti odstopanj (cenilka  $S_r$  kot robustni nadomestek za standardni odklon) izkazala za učinkovito. Gledano v celoti, niti za celotno testno območje niti za izbrano podobmočje ni bilo zaznati (z merami centralne tendence) večjih sistematičnih vplivov. Ocenjeno z robustno mero razpršenosti, je položajni (radialni) standardni odklon (v 2R) manjši od 8 cm.

Število ZK-točk	OGU MS brez komasacij			GP MS s komasacijami			
	50.421	50.218 *	49.527 **	32.741	32.701 *	32.433 **	
<b>Centralna tendenca odstopanj</b>							
Težišče vektorjev odstopanj	e	-9,31 m	0,07 cm	-0,11 cm	0,12 m	0,85 cm	0,72 cm
	n	-2,62 m	-2,04 cm	-2,01 cm	-0,16 m	-1,78 cm	-1,76 cm
Prostorska mediana vektorjev odstopanj	e	0,10 cm	0,10 cm	0,10 cm	0,80 cm	0,80 cm	0,80 cm
	n	-1,00 cm	-1,00 cm	-0,90 cm	-1,00 cm	-1,00 cm	-1,00 cm
<b>Razpršenost odstopanj</b>							
$\sigma$ odstopanj	e	±2,23 km	±7,50 cm	±6,17 cm	±6,43 m	±6,45 cm	±5,56 cm
	n	±0,45 km	±6,73 cm	±5,66 cm	±8,48 m	±5,37 cm	±4,59 cm
$\sigma$ odstopanj v 2R		2,27 km	10,07 cm	8,37 cm	10,64 m	8,39 cm	7,21 cm
$S_r$ odstopanj	e	±6,44 cm	±6,44 cm	±6,32 cm	±5,72 cm	±5,72 cm	±5,61 cm
	n	±4,05 cm	±3,94 cm	±3,94 cm	±4,41 cm	±4,29 cm	±4,29 cm
Robustna ocena $\sigma$ odstopanj v 2R		7,61 cm	7,55 cm	7,45 cm	7,23 cm	7,16 cm	7,06 cm

Preglednica 1: Statistična analiza skladnosti D48/GK- in D96/TM-koordinat ZK-točk za Območno geodetsko upravo Murska Sobota in Geodetsko pisarno Murska Sobota; pri slednji so v analizo vključene tudi ZK-točke iz še nepravnomočnih komasacij.

\* Upoštevani so samo vektorji odstopanj z dolžino, manjšo od 1 m.

\*\* Upoštevani so samo vektorji odstopanj z dolžino, manjšo od 30 cm.

Podobna statistična analiza kot za ZK-točke je bila po neodvisni terenski izmeri izvedena še za vsako izmed teh lokacij. Rezultati so v preglednici 2.

	G. Radgona	Kuzma	Lendava	Ljutomer	M. Toplice	
Število geodetskih točk	4	13	10	5	10	
Največje odstopanje v 2R	10,93 cm	23,41 cm	19,59 cm	9,25 cm	28,87 cm	
<b>Centralna tendenca odstopanj</b>						
Težišče vektorjev odstopanj	e	0,37 cm	0,01 cm	-1,79 cm	1,76 cm	11,20 cm
	n	4,20 cm	-7,31 cm	-7,12 cm	2,00 cm	-4,02 cm
<b>Razpršenost odstopanj</b>						
$\sigma$ odstopanj	e	±7,28 cm	±8,24 cm	±5,26 cm	±2,72 cm	±7,62 cm
	n	±2,14 cm	±4,34 cm	±4,80 cm	±3,81 cm	±10,41 cm
$\sigma$ odstopanj v 2R	7,59 cm	9,31 cm	7,12 cm	4,68 cm	12,90 cm	

Preglednica 2: Statistična analiza skladnosti D48/GK- in D96/TM-koordinat geodetskih točk, ki so bile vključene v neodvisno terensko izmero.

Zaradi majhnega števila točk na posameznih lokacijah je treba vse nadaljnje ugotovitve jemati s pridržkom. Vsekakor se glede na razpoložljive podatke na nekaterih lokacijah kaže sistematični značaj odstopanj, posebej na območju komasacij v občini Moravske Toplice, pa tudi na lokacijah v občini Kuzma in občini Lendava. Slednja je sicer pričakovano slabša, saj je bilo na tem (tro) mejnem območju za določitev virtualnih veznih točk trikotniške transformacije na širšem območju na voljo le nekaj točk. Če so bile tudi te slabe kakovosti, je to vsekakor lahko še dodatna težava.

Vzhodno od Lendave imamo opravka tudi z ekstrapolacijo transformacije.

Glede na dobljene mere razpršenosti odstopanj pa lahko ugotovimo, da sta posebej problematični lokaciji Moravske Toplice in Kuzma. Tu je očitno težko priti do kakovostnih transformacijskih parametrov na detajlu, saj so zelo odvisni od izbora veznih točk. Na drugih preverjenih lokacijah je težava verjetno bolj na strani geodetskih podjetij, ki so izvajala meritve. Omeniti velja, da so med 50.421 ZK-točkami v Območni geodetski upravi Murska Sobota položajna odstopanja med neposredno in posredno določenimi koordinatami za 203 točke (0,40 %) večja od 1 m, za 894 točk (1,77 %) pa so položajna odstopanja večja od 30 cm.

## 6 SKLEP

V prispevku je predstavljena analiza skladnosti D48/GK- in D96/TM-koordinat ZK-točk, ki so bile določene po 1. januarju 2008, in sicer na izbranem testnem območju. Namen analize je bil preveriti možnost nadzora kakovosti podatkov brez dodatnih terenskih meritev, in sicer z uporabo trikotniške transformacije. Takšen samodejen nadzor bi lahko vgradili v redne postopke vzdrževanja zbirke zemljiškega katastra (samodejna zavrnitev v primeru grobih neskladij med D48/GK- in D96/TM-koordinatami ZK-točk).

Za nekaj lokacij znotraj testnega območja z večjimi odstopanji so bili z neodvisno terensko izmero ugotovljeni razlogi za takšna odstopanja. Na nekaj območjih je razlog slabša kakovost trikotniške transformacije in za ta območja (deli občin Lendava, Moravske Toplice in Kuzma) so predlagane dodatne zgojitve točk za določitev virtualnih veznih točk trikotniške transformacije. Na preostalih območjih je recept za izboljšanje kakovosti podatkov v zbirki predvsem bolj strokovno delo in njegov sistemski nadzor.

## ZAHVALA

Zahvaljujemo se sodelavcem z Geodetske uprave Republike Slovenije, in sicer z Območne geodetske uprave Murska Sobota ter Urada za geodezijo (Sektor za državni geodetski sistem, Oddelek za geodetsko izmero), ki so sodelovali pri izvedbi terenskih meritev.

## Literatura in viri:

Berk, S. (ur.) (2010). *Vzpostavljanje evropskega prostorskega referenčnega sistema v Sloveniji. Zbornik projekta. Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije.* ([http://e-prostor.gov.si/fileadmin/projekti/DGS/2010p/Zbornik\\_projekta.pdf](http://e-prostor.gov.si/fileadmin/projekti/DGS/2010p/Zbornik_projekta.pdf)).

Berk, S., Duhovnik, M. (2007). *Transformacija podatkov Geodetske uprave Republike Slovenije v novi državni koordinatni sistem. Geodetski vestnik, 51(4), 803–826.*

Berk, S., Komadina, Ž. (2010). *Trikotniško zasnovana transformacija med starim in novim državnim koordinatnim sistemom Slovenije. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2009–2010 (Ljubljana, 28. september 2010). GIS v Sloveniji, 10, 291–299.*

Croux, C., Rousseeuw, P. J. (1992). *Time-efficient algorithms for two highly robust estimators of scale. Computational Statistics, 1, 411–428.*

Mozetič, B., Majcen, D., Komadina, Ž. (2008). *Nadzor kakovosti podatkov zemljiškega katastra v novem državnem koordinatnem sistemu D96/TM. Geodetski vestnik, 52(4), 728–742.*

*Triglav, J. (2008). Komasacije zemljišč ob gradnji infrastrukturnih objektov v Prekmurju. Geodetski vestnik, 52(4), 795–811.*

*Pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov zemljiškega katastra. Uradni list RS, št. 8/2007, 719–725, dop. št. 26/2007, 3400.*

*Zakon o evidentiranju nepremičnin (ZEN). Uradni list RS, št. 47/2006, 5029–5056, spr. št. 65/2007, 9021–9027 – odl. US št. U-I-464/06-13.*

**Prispelo v objavo: 20. april 2011**

**Sprejeto: 30. maj 2011**

**Sandi Berk, univ. dipl. inž. geod.**

Geodetski inštitut Slovenije

Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana

e-pošta: sandi.berk@gis.si

**Žarko Komadina, univ. dipl. inž. geod.**

Geodetska uprava Republike Slovenije

Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana

e-pošta: zarko.komadina@gov.si

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

Geodetska uprava Republike Slovenije, Območna geodetska uprava Murska Sobota

Slomškova ulica 19, SI-9000 Murska Sobota

e-pošta: joc.triglav@gov.si