

KARTA VEKTORJEV KOT KARTICA ZAUPANJA

MAP OF VECTORS AS A TRUST CARD

Joc Triglav

1 UVOD

V preteklosti je bilo v Geodetskem vestniku na temo transformacij koordinatnih sistemov in prehoda na novi državni koordinatni sistem D96/TM objavljeno več člankov. Med drugimi sta bila o analizi skladnosti D48/GK- in D96/TM koordinat zemljiškokatastrskih točk (v nadaljevanju: ZK-točke) objavljena dva članka, ki sta povezana s tokratno vsebino, prvi za območje Pomurja oziroma za območje OGU Murska Sobota (Berk, Komadina in Triglav, 2011) in drugi za območje Prekmurja oziroma za območji geodetskih pisarn Murska Sobota in Lendava (Triglav, 2017). Poleg tega je z vsebino prispevka povezan članek o švicarskem sistematičnem pristopu k oceni kakovosti transformacije koordinatnih sistemov za območje Švice z izdelavo empirične karte točnosti (Triglav, 2014). Med novimi članki je zelo zanimiv na primer tudi članek o bavarskem sistemu Ortra (Glock in sod., 2019), čeprav je za slovenske razmere še blizu znanstvene fantastike. V tem zapisu bo na primerih opisan in slikovno ponazorjen postopek določitve vektorjev koordinatnih razlik ZK-točk za katastrske občine nnnn na območju geodetske pisarne Murska Sobota (tj. $0 < nnnn \leq 136$).

2 O KATERIH VEKTORJIH GOVORIMO?

Območje geodetske pisarne Murska Sobota ni bilo vključeno v postopke lokacijske izboljšave zemljiškokatastrskih prikazov (Rotar in Murovec, 2019), ker so le-ti v starem koordinatnem sistemu D48/GK položajno povsem enaki zemljiškokatastrskim načrtom. To pomeni, da so bile v starem koordinatnem sistemu D48/GK za vse ZK-točke grafične koordinate (Y, X) enake numeričnim koordinatam (Y_{GK}, X_{GK}) oziroma da so bili vektorji koordinatnih razlik med obema paroma koordinat za vse ZK-točke, tj. za skupno preko 1,4 milijona točk, dolžine 0,00 m oziroma jih ni bilo. Z izvedbo državne afine trikotniške transformacije, v4.0, v novi koordinatni sistem D96/TM so dobile nove grafične koordinate (GE, GN) vse ZK-točke, nove numerične koordinate (E, N) pa le tiste, ki pred transformacijo še niso imele določenih oziroma izmerjenih numeričnih koordinat (E, N). ZK-točke, ki so pred transformacijo že imele določene oziroma izmerjene numerične koordinate (E, N), so te koordinate ohranile.

Tako so ZK-točke, ki so pred transformacijo že imele določene oziroma izmerjene numerične koordinate (E, N), s transformacijo iz sistema D48/GK v sistem D96/TM pridobile grafične koordinate (GE, GN), ki se razlikujejo od numeričnih koordinat (E, N). Torej so na točkah, ki so jim bile med letoma 2008 in 2019 v postopkih izdelave elaboratov geodetskih storitev določene numerične koordinate (E, N) – in samo na teh točkah! –, nastali vektorji koordinatnih razlik.

Na prvi pogled bi človek ob tem dejstvu pomislil, da se je za razjokat! V starem koordinatnem sistemu D48/GK vendar nismo imeli niti enega vektorja, v novem koordinatnem sistemu pa je nastalo na stotisočeh majhnih vektorjev, 'razsutih' v vse smeri po vseh katastrskih občinah povsod tam, kjer so bili med letoma 2008 in 2019 izvedeni geodetski postopki! Skrb je odveč in tudi za jokanje ni razloga, ravno nasprotno! Ta 'vektorska nadloga' je namreč v resnici zelo pomembna in koristna ter nepogrešljiva za kakovostno geodetsko delo! Ponazoritev tega dejstva je opisana v nadaljevanju.

3 VEKTORJI PRI GEODETSKEM DELU V KATASTRU

Vektorji koordinatnih razlik dejansko predstavljajo razliko med merjenimi koordinatami v sistemu D96/TM in grafičnimi koordinatami v sistemu D96/TM, ki so transformirane iz sistema D48/GK. Z namenom kasnejše obdelave in prikaza podatkov o nastalih vektorjih smo po državni transformaciji koordinat ZK-točk, izvedeni v januarju leta 2019, za vse katastrske občine izvedli zapis koordinatnih datotek iz aktivne baze ZK-točk v formatu standardne izmenjevalne datoteke nnnn-VGEO.ZKV, kjer je nnnn šifra katastrske občine v razponu $0 < nnnn \leq 136$.

Razlogov za nastanek vektorjev koordinatnih razlik je lahko več, praviloma pa so v glavnem naslednji:

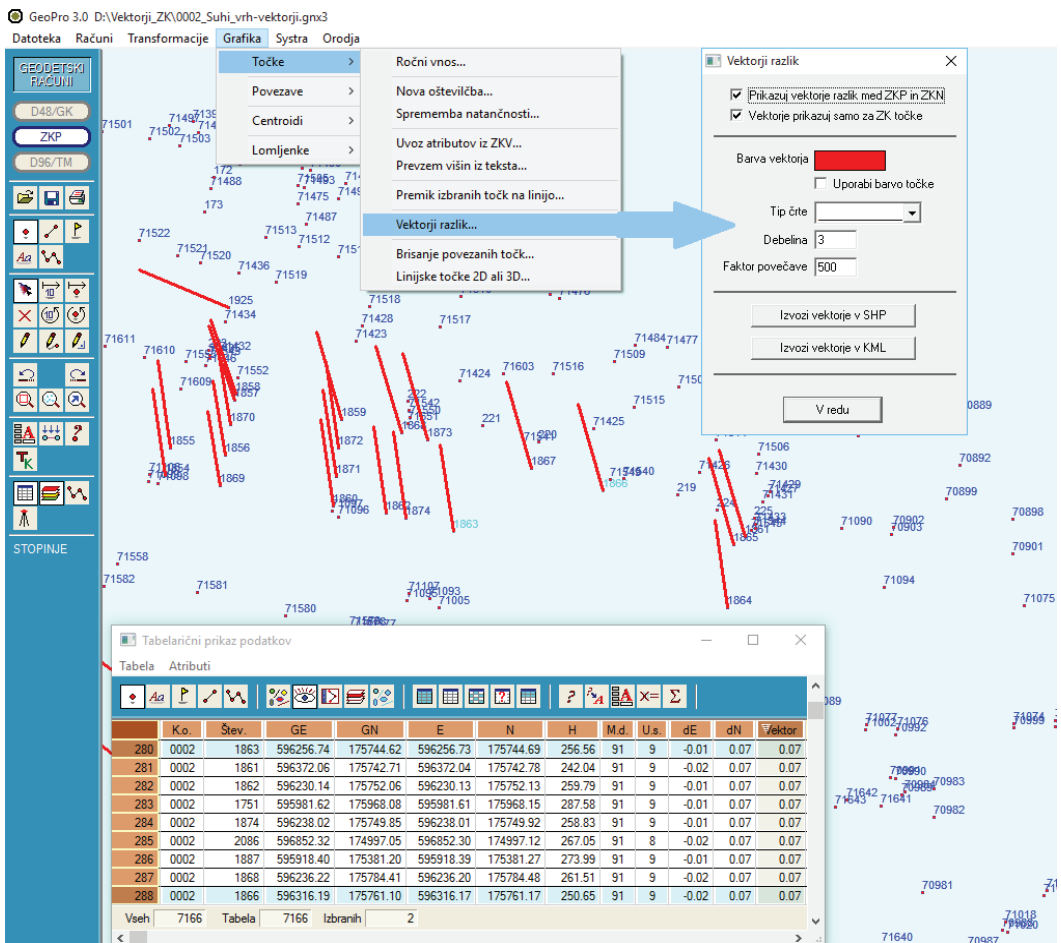
- lokalne deformacije oziroma nehomogenosti mreže geodetskih točk v sistemu D48/GK, s katerih so bile z meritvami v preteklosti določene koordinate ZK-točk,
- neodvisni prenos deformacij zaradi položajne različnosti nabora veznih točk, ki tvorijo osnovo državne trikotniške transformacije iz sistema D48/GK v sistem D96/TM,
- razlika med položajno soodvisnostjo ZK-točk od mreže geodetskih točk v sistemu D48/GK od položajne soodvisnosti ZK-točk od mreže teh istih geodetskih točk, izmerjenih v sistemu D96/TM,
- slabo izvedena geodetska meritev.

Razlogi za nastanek vektorjev niso omejeni na te, ki so navedeni v gornjih alinejah, je pa obstoječe vektorje treba poznati in upoštevati za doseganje višje položajne kakovosti, če želimo pri delu dosegati ne le visoko natančnost meritev, ki nam jo omogočajo sodobni geodetski instrumenti, temveč tudi skladnost določitve položaja v naravi z rezultati predhodnih meritev v arhivu zemljiškega katastra. Plan in izvedba geodetskih opazovanj morata uporabljati dosegljivo natančnost ter izpolnjevati zahteve točnosti in zanesljivosti ob upoštevanju ekonomske upravičenosti. Tako je bilo v preteklosti, tako je danes in tako bo po vsej verjetnosti tudi v prihodnosti, vsaj dokler bomo geodeti še imeli kaj besede pri tem. Razlika skozi daljša časovna obdobja je pri geodetskem delu v bistvu le v tehničnih možnostih oziroma načinih izpolnjevanja zahtev in v velikosti vrednostnih razredov izpolnjevanja zahtev. Dosegljiva natančnost nekdanjih geodetskih instrumentov se ne more kosati z natančnostjo, ki jo omogočajo sodobni geodetski instrumenti in tehnologije, zato je bilo v doseganje čim točnejših rezultatov vedno treba vlagati veliko naporov. V bistvu je še danes enako, le da smo geodeti svoje zahteve po točnosti v zemljiškem katastru povečali. Medtem ko smo bili nekoč zadovoljni z 'metri' in potem v nadaljevanju z 'decimetri', v sodobnem času pričakujemo in potrebujemo 'centimetre'. Za našo lažjo predstavo in razumevanje stanja je najenostavneje, če uporabimo možnosti programske opreme in prilagoditve aplikacij.

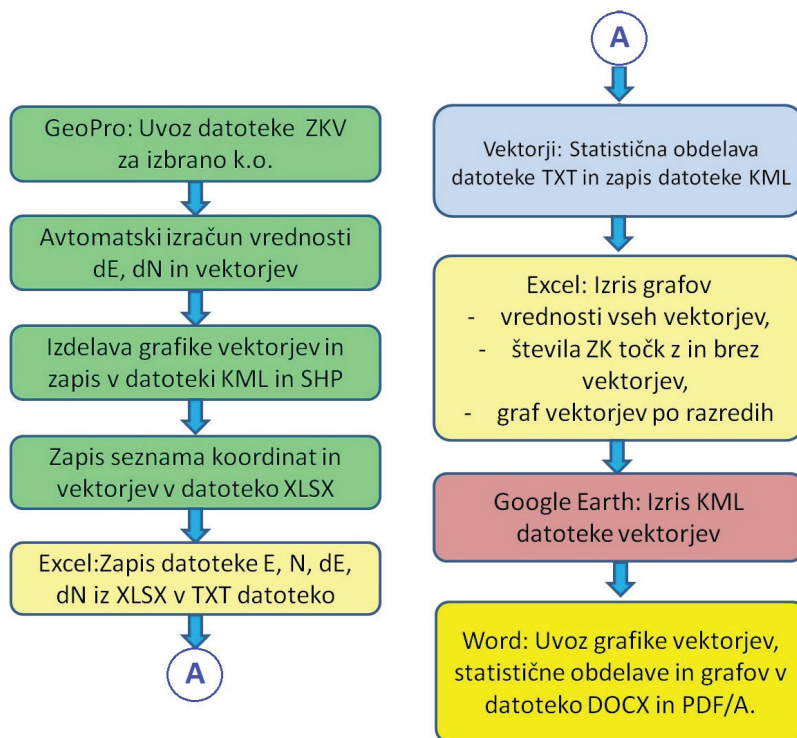
Enostaven grafični prikaz položajev, smeri in velikosti vektorjev koordinatnih razlik je na primer mogoč v programskem orodju GeoPro (slika 1 in 2). V programskem modulu Zemljiški kataster uvozimo koordinatno datoteko v standardnem ZKV-formatu in nato v programskem modulu Geodetski računi z izborom

ukaza *grafika* > *točke* > *vektorji razlik* ... odpremo okence za vnos parametrov za nazoren izris vektorjev v grafičnem oknu programa GeoPro oziroma izvoz vektorjev v datoteko SHP ali datoteko KML, ki sta koristni za izvoz in prikaz vektorjev v drugih programskih orodjih, npr. QGIS, Google Earth (slika 7) ipd. Za prikaz dolžin vektorjev moramo izbrati primeren faktor povečave izrisa. Izberemo ga tako, da so vektorji na sliki nazorno vidni. V katastrskih občinah, kjer je pričakovana dolžina večine vektorjev pod 10 centimetrov, je glede na dosedanje izkušnje za nazoren prikaz vektorjev primeren faktor povečave 1000 ali vsaj 500. Na območjih z večjimi velikostmi vektorjev pa je primerno izbrati manjši faktor povečave.

Prikazi vektorjev so zelo zgovorni. Geodetu zaigra srce na območjih, kjer so vektorji majhni in približno enakih smeri (slika 1). To je indikator, da na terenu pri skrbnem geodetskem delu ni pričakovati večjih težav pri doseganju ustrezne točnosti v katastrskih postopkih (tu seveda ne govorimo o strankah, ki so vedno lahko dejavnik negativnih presenečenj).



Slika 1: Koraki v programu GeoPro za prikaz vektorjev ZK-točk. Uporabljen je faktor 500 za povečavo izrisa vektorjev. Vektorji so približno enake velikosti 7 centimetrov in približno enakih smeri. Točke, ki so na sliki brez vektorjev, pred transformacijo koordinatnih sistemov niso imele določenih (E, N) koordinat. Vir: OGU MS, 2019, VGeo.ZKV datoteka k. o. 2 Suhi vrh, izvorno merilo katastrskega načrta 1 : 2880.



Slika 3: Diagram poteka dela za obdelavo in prikaz vektorjev ter arhiviranje rezultatov v arhivsko pdf-datoteko.

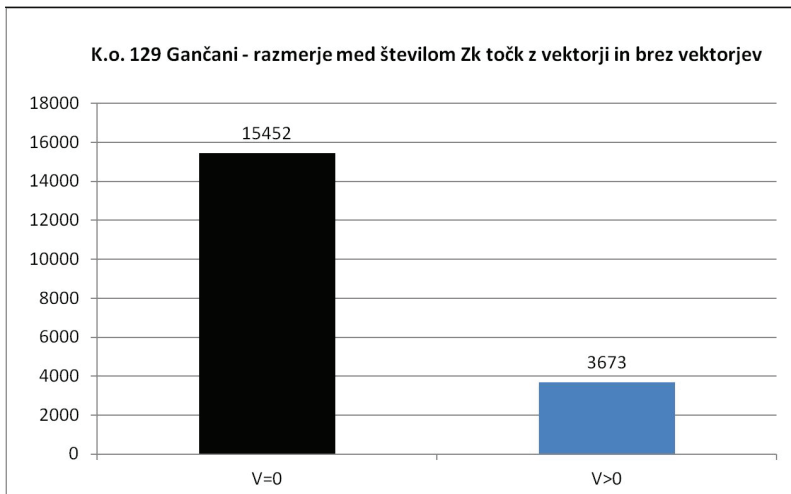
Preglednica 1: Rezultati statistične obdelave vektorjev koordinatnih razlik za k. o. 129 Gančani.

Podatek	Vrednost [m]	Opis podatka
MIN(D)	0,010	minimum dolžin 2R-vektorjev
MAX(D)	0,378	maksimum dolžin 2R-vektorjev
MID(D)	0,194	sredina razpona dolžin 2R-vektorjev
AVG(D)	0,042	povprečje dolžin 2R-vektorjev
MED(D)	0,032	središče (mediana) dolžin 2R-vektorjev
S_MID(N,E)	(0,025, -0,055)	središče razpona 2R-vektorjev (središče očištanega pravokotnika)
S_AVG(N,E)	(-0,009, 0,015)	povprečje (težišče) 2R-vektorjev
-S_MED(N,E)	(0,000, 0,010)	približek središča (prostorski medoid) 2R-vektorjev
RMS(D)	±0,062	RMS dolžin 2R-vektorjev
STD(D)	±0,045	standardni odklon dolžin 2R-vektorjev
rSTD(D)	±0,016	robustni standardni odklon dolžin 2R-vektorjev
R_STD(N,E)	±0,059	radialni standardni odklon 2R-vektorjev

Za potrebe osnovne statistične obdelave podatkov o vektorjih koordinatnih razlik iz programa GeoPro izvozimo seznam koordinatnih podatkov v Excel. Za statistično obdelavo potrebujemo koordinate (E, N) in koordinatni komponenti vektorjev (dE, dN). Te podatke lahko oblikujemo v izbor stolpcev že v seznamu koordinat v programu GeoPro ali pa to storimo kasneje v Excelu. Iz Excela izvozimo oziroma zapišemo seznam E, N, dE, dN v tekstovno datoteko, ki je vhodna datoteka za program Vektorji. Avtor programa Vektorji je Sandi Berk z Urada za geodezijo GURS, ki program uporablja za različne analize vektorjev hitrosti in vektorje koordinatnih razlik na točkah. Program je neposredno koristno uporaben za statistično obdelavo velikosti in smeri vektorjev koordinatnih razlik ZK-točk (preglednica 1). Za ponazoritev je uporabljen primer statistične obdelave vektorjev za k. o. 129 Gančani s stanjem ZK-točk pred izvedbo obsežne komasacije (cca. 700 ha) v tej katastrski občini v letu 2019.

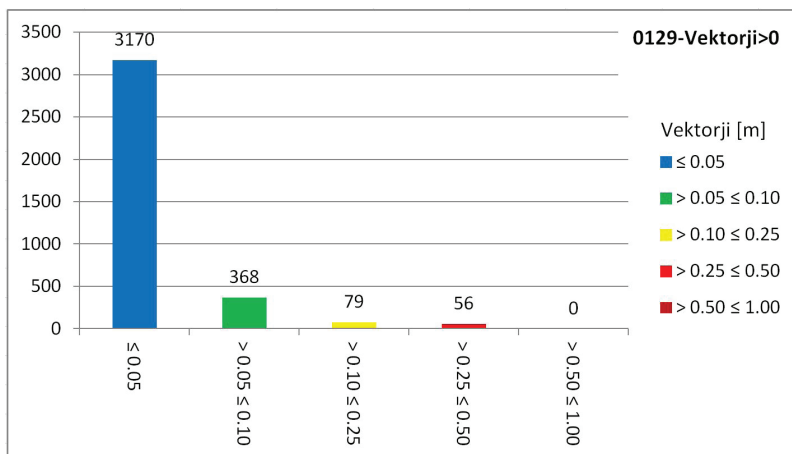
Za grafično ponazoritev razporeditve vseh vektorjev koordinatnih razlik po velikostnih razredih na območju posameznih katastrskih občin so za hiter vpogled v stanje vektorjev koristni trije grafikoni (slike 4, 5 in 6):

1. Število ZK-točk brez vektorjev ($|V| = 0$) in ZK-točk z vektorji ($|V| > 0$). Koordinate ZK-točk brez vektorjev (oziroma z ničelnimi vektorji) so bile določene v koordinatnem sistemu D48/GK pred letom 2008. Koordinate ZK-točk z (neničelnimi) vektorji pa so bile določene v koordinatnem sistemu D96/TM med letoma 2008 in 2019 (slika 4).



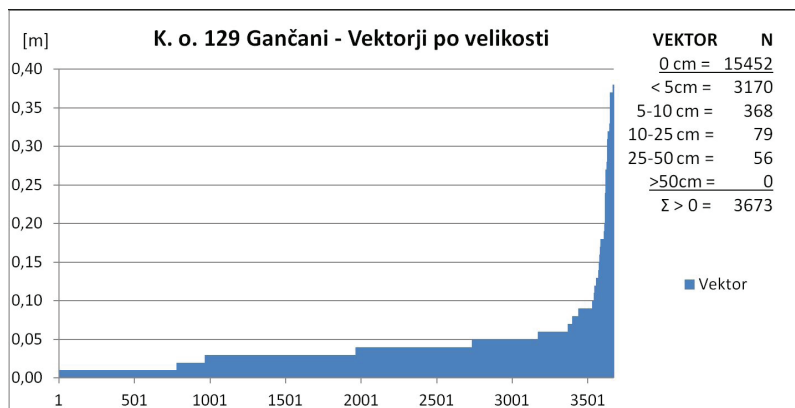
Slika 4: Primer grafikona za posamezno k. o. s številom ZK-točk brez vektorjev ($|V| = 0$) in številom ZK-točk z vektorji ($|V| > 0$).
Vir: OGU MS, 2019, VGEO.ZKV datoteka k. o. 129 Gančani, izvorno merilo katastrskega načrta 1 : 2500.

2. Število ZK-točk z vektorji ($|V| > 0$), razporejeno po enotno določenih velikostnih razredih (slika 5)



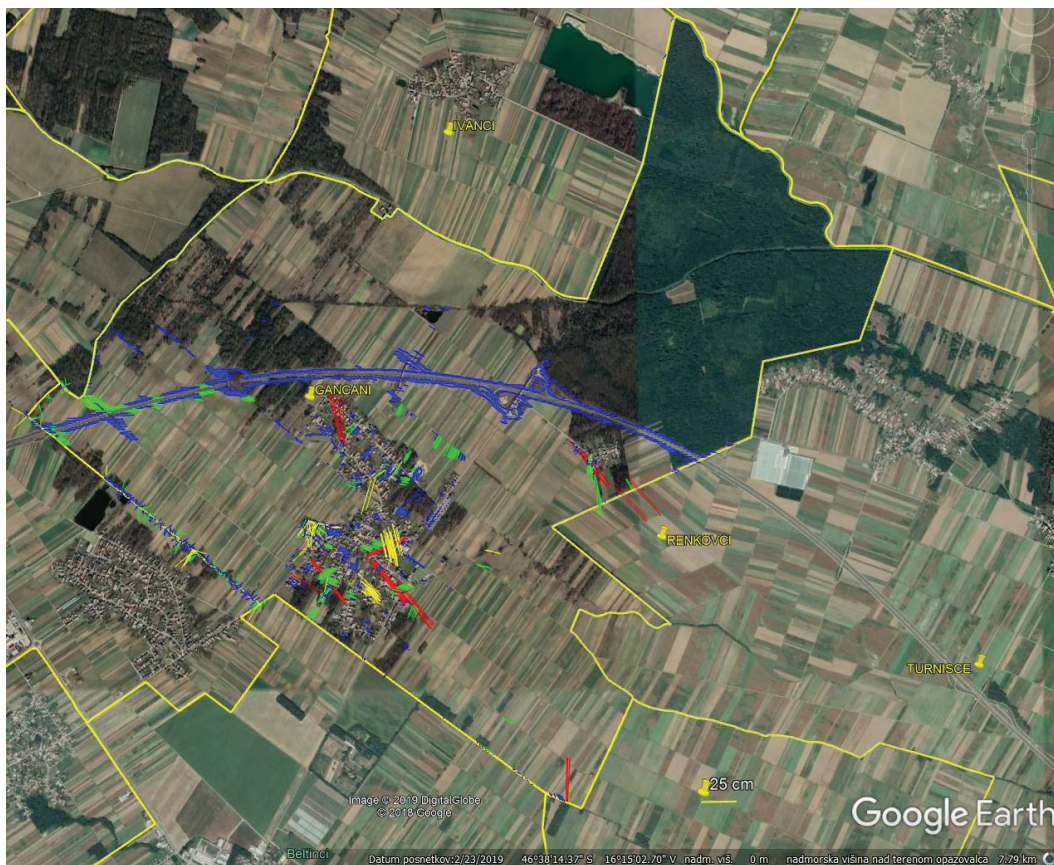
Slika 5: Primer grafikona za posamezno k. o. s številom ZK-točk z vektorji ($|V| > 0$), razporejeno po velikostnih razredih. Velika večina vektorjev je krajša od 5 centimetrov, vektorjev, daljših od 50 centimetrov, ni. Vir: OGU MS, 2019, VGEO.ZKV datoteka k. o. 129 Gančani, izvorno merilo katastrskega načrta 1 : 2500.

3. Razvrstitev vseh vektorjev koordinatnih razlik v posamezni katastrski občini po velikosti (slika 6)



Slika 6: Primer analize razvrstitve vseh vektorjev koordinatnih razlik po velikosti za k. o. 129 Gančani. Dolžina največjega posamičnega vektorja ja 38 centimetrov. Vir: OGU MS, 2019, VGEO.ZKV datoteka k. o. 129 Gančani, statistična obdelava v programu Vektorji, razvrstitev in grafikon izvedena v Excelu.

Rezultat obdelave seznama E, N, dE, dN v programu Vektorji je tudi kml-datoteka vektorjev, kjer si lahko z uporabo vgrajene nastavitve parametrov izrišemo vektorje v različnih barvah glede na njihov velikostni razred (slika 5) in jih izrišemo na slikovno podlago daljinskega zaznavanja v aplikaciji Google Earth (slika 7). Tako dobimo tudi hiter vpogled v prostorsko razporeditev vektorjev in njihovega velikostnega razreda v posamezni katastrski občini. Za katastrske občine na območju geodetske pisarne Murska Sobota je značilno, da je večina vektorjev manjša od 10 centimetrov (v zeleni barvi), v ravninskem območju pa manjša od 5 centimetrov (v modri barvi). Kot je že zapisano zgoraj, posebna pozornost pri geodetskem delu velja območjem, kjer so vektorji večji od 10 centimetrov (v rumeni barvi) ali celo večji kot 25 centimetrov (v rdeči barvi).



Slika 7: Prikaz vektorjev koordinatnih razlik na območju k. o. 129 Gančani v aplikaciji Google Earth z uporabo kml-datoteke iz programa Vektorji. V različnih barvah so prikazani vektorji v štirih velikostnih razredih, kot so enotno določeni za vse katastrske občine na območju geodetske pisarne Murska Sobota. Vir: OGU MS, 2019, VGEO.ZKV datoteka k. o. 129 Gančani, izvorno merilo katastrskega načrta 1 : 2500.

5 SKLEP

Po enakem postopku, kot je opisan v prispevku, bomo letos obdelali vektorje koordinatnih razlik za vse katastrske občine na območju geodetske pisarne Murska Sobota. Rezultati obdelav bodo po končanem delu zapisani v arhivske pdf-datoteke in naloženi v digitalni arhiv zemljiškega katastra, kjer bodo geodetom trajno dosegljivi kot koristen pripomoček pri terenskem delu in izvedbi geodetskih elaboratov. Geodeti pa lahko tak pristop k delu brez ovir uporabijo nemudoma na vseh svojih deloviščih, saj je zanj kot vhodni podatek potrebna le VGEO.ZKV datoteka, ki jo za vsak elaborat posebej pridobijo kot standardno vsebino pri izdaji podatkov geodetske uprave geodetskim podjetjem. Od tu naprej pa je le še nekaj klikov 'telovadbe' do prikaza rezultatov, kot so na primerih prikazani v prispevku.

Opisani postopek je z nekaterimi modifikacijami uporaben za ponazoritev analiz koordinatnih razlik v vseh katastrskih občinah v Sloveniji. Prav tako bi bilo zelo priporočljivo postopek vgraditi tako v standardna programska orodja Geodetske uprave RS kot v programske orodji GeoPro in Geos, kar bi geodetskim pod-

jetjem omogočalo stalno in poenoteno spremljanje in upoštevanje vektorjev koordinatnih razlik pri izvedbi posameznih geodetskih elaboratov, geodetski upravi pa avtomatizirano spremljanje stanja v centralni bazi ZK-točk. Hkrati pa bi bile take analitične vsebine, avtomatizirano vodene in prikazovane v programskih orodjih, podlaga za pripravo dela standardne vsebine strokovnih poročil v geodetskih elaboratih.

V slovenski geodetski službi namreč potrebujemo enotna pravila in tehnične specifikacije za stalno avtomatizirano spremljanje položajne kakovosti, točnosti in zanesljivosti v zemljiškem katastru. Postaviti jih je treba na Geodetski upravi RS z znanstveno in strokovno pomočjo FGG, Oddelka za geodezijo, Geodetskega inštituta Slovenije ter MSGeo sekcije pri Inženirski zbornici Slovenije.

Geodeti v Sloveniji res (še) nismo Švicarji (Triglav, 2014; DDPS, 2020; Steudler, 2019) in niti približno tudi ne Bavarci (Hampp in Glock, 2017; Glock in sod., 2019), ampak na njihovih in številnih drugih dobrih zgledih se vseeno lahko učimo, da ne bomo sami 'odkrivali tople vode'. Brez posebnega razmišljanja pa nam je verjetno jasno, da nas za približevanje našim strokovnim vzornikom v drugih evropskih državah čaka še veliko terenskih meritev v novem državnem koordinatnem sistemu D96/TM na čim večjem številu na terenu stabiliziranih točk obstoječe trigonometrične, navezovalne in poligonske geodetske mreže in ZK-točk, ki so bile izvorno izmerjene v starem državnem koordinatnem sistemu D48/GK. Za jasen, točen in zanesljiv pogled naprej v novem koordinatnem sistemu D96/TM bo za slovenske geodete še dolgo nujen temeljit pogled nazaj v stari koordinatni sistem D48/GK. Kot je bilo zapisano pred leti v zaključnem komentarju članka (Triglav, 2017), smo geodeti po prehodu v novi državni koordinatni sistem (cit.) »... torej mogoče na 'koncu začetka' tega dela. Za geodete je zdaj strokovno in znanstveno zelo zanimiv čas. Ampak to ni še nič v primerjavi s časom, ki prihaja v naslednjih letih in desetletjih – ta bo šele izredno zanimiv za nas!!«

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: <http://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2011.02.269-283>
- DDPS (2020). DDPS Technical Ordinance on Official Cadastral Surveying. <https://www.admin.ch/opc/en/classified-compilation/19940126/200807010000/211.432.21.pdf>, pridobljeno 02. 02. 2020.
- Glock, C., Bauer, R., Wunderlich, T., Pail, R., Bletzinger, K.-U. (2019). Das Ortra-Verfahren für die Überführung des Liegenschaftskatasters nach ETRS89/UTM in Bayern. *Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement – zfv*, 144 (1), 25–40. DOI: <http://doi.org/10.12902/zfv-0237-2018>
- Hampp, D., Glock, C. (2017). Ein ausgeglichenes Bayern. *DVW-Bayern*, zv. 2, str. 105–126. <https://www.dvw.de/sites/default/files/landesverband/bayern/anhang/beitragkontext/2017/hampp.pdf>, pridobljeno 02. 02. 2020.
- Rotar, M., Murovec, K. (2019). Lokacijska izboljšava zemljiškokatastrskega prikaza. *Geodetski vestnik*, 63 (4), 554–567. http://www.geodetski-vestnik.com/63/4/gv63-4_rotar.pdf, pridobljeno 02. 02. 2020.
- Steudler, D. (2019). Macro-Economic Dimensions of the Swiss Cadastre – A few glimpses. PCC Conference 2019, Helsinki, Finska, 21. november 2019. https://eurogeographics.org/wp-content/uploads/2019/06/2_Switzerland_191121-Steudler-MacroEconomicDimension-SwissCadastre.pdf, pridobljeno 02. 02. 2020.
- Triglav, J. (2014). Kdo je to narredil? Eee... Švicarji. *Geodetski vestnik*, 58 (2), 342–348. http://geodetski-vestnik.com/58/2/gv58-2_triglav2.pdf, pridobljeno 02. 02. 2020.
- 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, pridobljeno 02. 02. 2020.

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