

ZAMRZNJENO V PROSTORU FROZEN IN SPACE IN ČASU AND TIME

Sandi Berk

Konec lanskega leta sem sprejel povabilo za pomoč pri urejanju Strokovnih razprav – pričujoče nove rubrike naše in vaše revije. Rubrika se osredotoča predvsem na domačo, slovensko geodetsko tematiko. Še z moje strani torej povabilo vsem, ki imate svoje poglede, vizije, predloge, pobude, apele, prerokbe, vprašanja, odgovore, replike v zvezi s tovrstnimi temami – delite jih z geodetskim občestvom. Naj bo to mesto za kratko in jedrnatno izmenjavo izkušenj in idej. Necenzurirano, nerecenzirano, zgolj lektorirano.

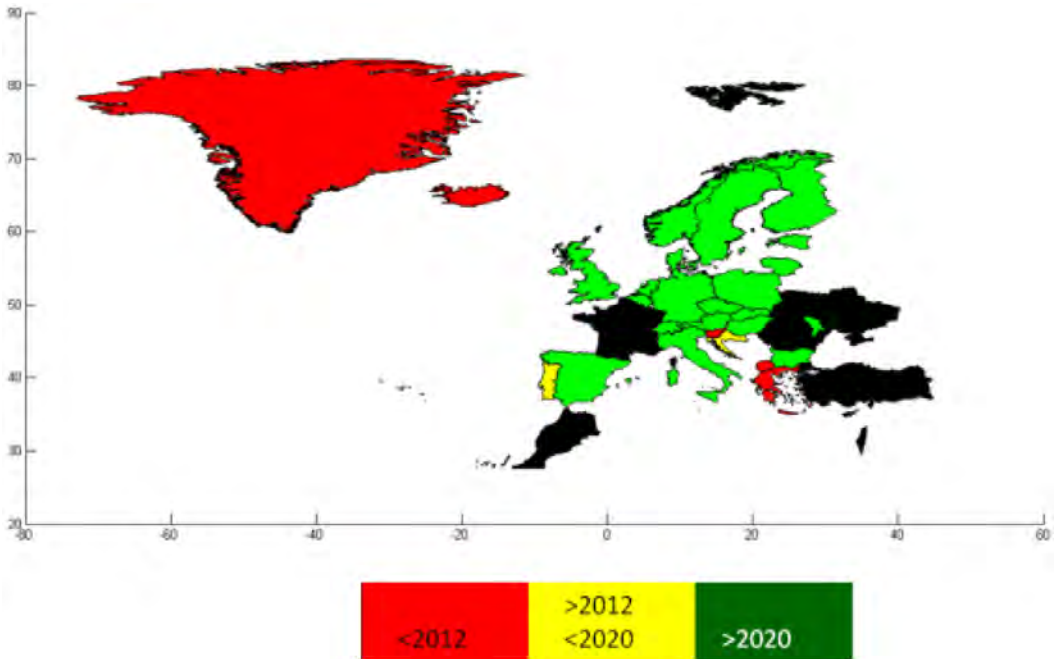
Prvi dve številki sta že postregli s prvo bero. Z nekaj spodbude so dozoreli članki, ki nakazujejo, kaj nas zanima: novosti v stroki, primeri dobrih praks, novi projekti, aktualne težave geodetske dejavnosti, zanimivosti, povezane z našo stroko. Počasi se zgodbe tudi že prepletajo. V prejšnji številki smo tako lahko prebrali članka, ki se tako ali drugače dotikata pomembne prelomnice za slovensko geodezijo. Prvi – za tiste, ki revijo prebirate od zadaj naprej – je članek mag. Jurija Režka o novem geodetskem zakonu (Režek, 2014). Potem je tam še članek dr. Joca Triglava o – Švicarjih (Triglav, 2014). Kje je torej stična točka in zakaj tokrat še nekaj o – Švedih? Za zdaj naj izdam, da ni neposredne povezave s kako poledenitvijo, kot bi lahko sklepali iz naslova članka. Posredno pa vendarle.

Ampak vrnimo se na stično točko navedenih člankov: nove koordinate bomo pridelali. Tokrat (menda) zares in dokončno. Pravzaprav jih bomo preoblikovali (transformirali) iz obstoječih. Za vse lokacije v državi s koordinatami v »Gauß-Krügerju«. Tudi za vse zemljiškokatastrske točke. Novi zakon pravi, da najpozneje do konca leta 2017 za podatkovne zbirke Geodetske uprave in potem do konca leta 2018 še za vse druge zbirke v državi. Tako bo končano prehodno obdobje, ki se je za zemljiški kataster pričelo 1. januarja 2008.

S spremembo koordinatnega referenčnega sistema bomo torej znanim fizičnim lokacijam spremenili položaje (tj. dvojice oziroma trojice koordinat). Vse točke v državi se bodo navidezno pomaknile za približno 600 metrov proti severozahodu, nekako proti Bruslju (smer se po svoje zdi logična, ampak zakaj ravno 600 metrov :-)).

Čimprej se moramo soočiti s kruto resnico. Določanje koordinat z GNSS je lahko zelo kakovostno, njihova neposredna uporabnost na daljši rok pa je precej vprašljiva. Izbrani lokaciji namreč koordinate določimo za dani trenutek (epoho). Ob uporabi GNSS-tehnologije je tektonika povsem stvarna težava

tudi za izmero v zemljiškem katastru. Različne lokacije v državi namreč sčasoma »odplavajo« v različne smeri ne glede na to, kako kakovostno smo realizirali koordinatni sistem. Premiki so posledica gibanja tektonskih (mikro)plošč. Težave so tem večje, kolikor večje je ozemlje države in kolikor bolj aktivna je tektonika na njenem ozemlju. Glede velikosti imamo še kar srečo, z geodinamiko pa nekoliko manj. Profesor Alessandro Caporali s soavtorji v svojem prispevku z 21. simpozija EUREF v Kišinjevu ugotavlja, da je slovenski realizaciji ETRS89 (govorimo o D96) že potekel rok trajanja – slika 1.



Slika 1: Rok uporabe sedanjih realizacij ETRS89 (Caporali in sod., 2011).

Klasični terestrični izmeri po načelu »iz velikega v malo« je bilo glede tega precej prizaneseno. Razen pri površinskih prelomih (ki jih pri nas menda nimamo) z navezavo na bližnje geodetske točke vpliva tektonike tako rekoč ne občutimo. Zaznali smo ga šele z GNSS, ko smo ugotavljali pojav distorzij starega koordinatnega referenčnega sistema. Poleg tektonike je seveda velik delež krivde za distorzije tudi v navedeni natančnosti uporabljene tehnologije geodetske izmere (govorimo o D48). Ključno je, da je detajl deformiran skupaj z izmeritveno mrežo, ki je deformirana skupaj z navezovalno mrežo, ki je deformirana skupaj s temeljnimi geodetskimi mrežami nižjih in višjih redov. Distorzije starega koordinatnega referenčnega sistema so tako praviloma sistematične in jih lahko modeliramo. Izjeme seveda so. So pa posledica napak pri zgoščevanju mrež.

Pri čem torej smo? In kako naprej? Ker je ključ za geodetska nebesa pri zemljiškem katastru, se posebej osredotočimo na to zbirko. Povzemimo sedanje stanje:

- V letih 1994–1996 so bile na ozemlju države izvedene tri EUREF GPS-kampanje, ki so podlaga za realizacijo novega koordinatnega referenčnega sistema. V kampanje je bilo vključenih približno 50 točk na ozemlju Slovenije.

- Od leta 2003 imamo slovensko realizacijo ETRS89 (Berk in sod., 2003). Njena srednja epoha je 1995,55. Če zaokrožimo, torej koordinate točk, določene s to realizacijo, veljajo za leto 1996 – od tod D96.
- V letu 2006 smo dokončali državno omrežje 15 stalnih GNSS-postaj, imenovano SIGNAL. To na celotnem ozemlju države omogoča izmero z GNSS v realnem času.
- Med letoma 1997 in 2007 je bilo izmerjenih približno 2000 tako imenovanih ETRS-točk. To so točke klasičnih temeljnih geodetskih mrež in nekaterih navezovalnih mrež, ki so v okviru GPS-kampanj poleg D48/GK-koordinat dobile še kakovostne D96/TM-koordinate.
- Od začetka leta 2008 tudi uradno pridobivamo koordinate zemljiškokatastrskih točk v D96/TM (nastaja mozaik izmer z GNSS).
- Od leta 2009 imamo model državne trikotniške transformacije, ki temelji na ETRS-točkah (Berk in Komadina, 2010). Modeliramo torej distorzije starega koordinatnega referenčnega sistema. Model prehoda je zvezen in povraten.

Zgodba se zdi končana. Vzpostavili smo sistem, ki omogoča:

- izmero na celotnem ozemlju države v novem koordinatnem referenčnem sistemu v realnem času in
- transformacijo koordinat točk na celotnem državnem ozemlju iz starega v novi koordinatni referenčni sistem ter nasprotno.

Žal se vedno najdejo tudi nadležne finese, ki tako ali drugače otežijo zadeve:

- Koordinate stalnih postaj omrežja SIGNAL so bile s tako imenovano mini EUREF-kampanjo »uskklajene« z D96 šele konec leta 2007, pri čemer je bil po sili razmer (odsotnost geokinematičnega modela) uporabljen nekoliko improviziran postopek.
- Model trikotniške transformacije temelji predvsem na točkah temeljnih geodetskih mrež, ponekod še navezovalnih mrež, niso pa upoštewane točke izmeritvenih mrež in še manj samih zemljiškokatastrskih točk. Vprašljiva je torej njegova natančnost pri transformaciji detajla (zemljiškokatastrskih točk) – nismo še Švicarji.
- Realizaciji ETRS89, ki temelji na EUREF GPS-kampanjah iz let 1994–1996, je (kot je bilo omenjeno) po nekaterih ocenah že potekel rok trajanja – razlog je precej aktivna tektonika slovenskega državnega ozemlja.

Nekoliko vprašljiva je torej tako kakovost izmere zemljiškokatastrskih točk v D96/TM v realnem času, še bolj pa transformacija teh točk med D48/GK in D96/TM. Navsezadnje se je iztekla življenjska doba tudi sami realizaciji ETRS89, čeprav jo (po 20 letih) še vedno imenujemo »novi« koordinatni referenčni sistem.

Stanje je torej takšno, da moramo, še preden smo izvedli prehod v D96/TM, že razmišljati o novi transformaciji. Tektonika nas namreč sili v novo realizacijo ETRS89, kar bi seveda vodilo v vnovično spremembo vseh koordinat v državi. In zgodba se bo ponovila čez 15 ali 20 let. Če dodamo še spreminjanje koordinat zemljiškokatastrskih točk na območjih grafičnega katastra (izboljšave podatkov), torej res lahko v bližnji prihodnosti pričakujemo revolt uporabnikov prostorskih podatkov zaradi nenehnega »spodmikanja« grafične vsebine.

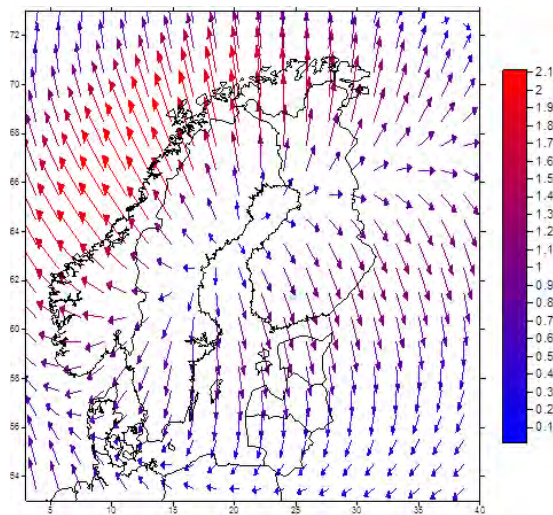
Tu pridemo do ključnega vprašanja. Ali je še kakšna druga rešitev? Ali lahko geodeti ohranimo strokovno korektnost (centimetrsko točnost) in hkrati prizanesemo uporabnikom svojih podatkov? Švedi pravijo, da se da: **zamrznimo koordinate v času in prostoru**. Zbirke prostorskih podatkov torej vodimo, kot

da so bile zajete v epohi državne realizacije ETRS89. Takšen pristop je v svojem prispevku na letošnjem 24. simpoziju EUREF v Vilni predstavila švedska kolegica mag. Lotti Jivall. Švedska se je torej odločila za zamrznitev svojih koordinat za uporabnike, hkrati pa dejansko uvedla štirirazsežni koordinatni sistem. Vzdrževanje zbirke namreč poteka tako, da koordinate:

- »zamrznemo« (transformiramo v epoho državne realizacije ETRS89), ko jih damo v zbirko, in
- »odmrznemo« (transformiramo v trenutno epoho), ko jih potrebujemo na terenu.

Koordinate točk torej pri ponovni vzpostavitvi meje preračunamo na datum, ko bomo šli na teren. Razlike bodo (še dolgo) nekje znotraj decimetra, kar za druge uporabnike (na primer pri prekrivanju z ortofotom) ne bo zaznavno, relativni odnosi (oblika in razsežnosti parcel) pa se pri za- in odmrzovanju koordinat ohranjajo.

Krasno, mi bi tudi, ampak kako? Švedi pravijo, da je ključ v realizaciji ETRS89 na podlagi aktivnega omrežja – kakovostno zasnovane mreže stalnih GNSS-postaj, kar omogoča vzpostavitev deformacijskega modela (slika 2). Takšen model omogoča redukcijo koordinat točk v referenčno epoho.



Slika 2: Polje hitrosti horizontalnih premikov točk v SWEREF99 v mm/leto (Jivall, 2014).

Pozor. Model na sliki 2 je model hitrosti v švedski realizaciji ETRS89, torej v sistemu, ki naj bi »miroval«. Premiki znašajo tudi več kot 2 mm/leto. Pri nas pričakujemo, da bodo še večji, torej bodo po skoraj 20 letih verjetno presegli tiste štiri centimetre ... Je pa na Švedskem še bistveno večja težava z višinami, saj zaznavajo dvigovanje zemeljskega površja tudi do 10 mm/leto. To so izostatski premiki zaradi vzpostavitve ravnovesja po umiku ledenika (angl. postglacial isostatic rebound). No, pa smo vendarle prišli tudi do ledene dobe.

Torej zamrzniti koordinate. In vzpostaviti deformacijski model, ki so ga Švedi vgradili tako v RTK-storitve kot v storitve za naknadno obdelavo. Koordinate in višine točk torej v prihodnje temeljijo na treh modelih:

- kakovostnem deformacijskem modelu države (horizontalnem in višinskem),
- kakovostnem modelu (kvazi)geoida ter
- kakovostnem transformacijskem modelu med starim lokalnim in ETRS89 geodetskim datumom.

Nekatere dejavnosti na tem področju že potekajo tudi pri nas. Prihodnja kombinirana geodetska mreža 0. reda bo prav to: aktivno omrežje za našo realizacijo ETRS89 in hkrati kakovostna podlaga za povezavo geodetskega referenčnega ogrodja (horizontalnega in višinskega) v eno celoto. Več o sedanjih slovenskih aktivnostih na področju geodetskega referenčnega sistema si lahko preberete v nacionalnem poročilu, ki je bilo predstavljeno na že navedenem simpoziju v Litvi (Režek in sod., 2014).

Rdeče obarvana Slovenija na sliki 1 pomeni, da nas vsekakor čaka ponovitev kampanje EUREF, ki bo vključevala tako obstoječe EUREF-točke kot stalne postaje prihodnje kombinirane geodetske mreže 0. reda in omrežja SIGNAL. Potem pa novi geoid, deformacijski model ... Pravkar se pričinja tudi projekt kontrole, izboljšave in verifikacije državnega transformacijskega modela. Ampak končni cilj je kakovostno določena koordinata zemljiškokatastrske točke. Državni geodetski sistem torej ni sam sebi namen.

Literatura in dodatno branje:

- 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. http://www.transformacije.si/media/Berk_Komadina_2010_GISS_10.pdf, pridobljeno: 28. 8. 2014.
- Berk, S., Komadina, Ž., Marjanović, M., Radovan, D., Stopar, B. (2003). Kombinirani izračun EUREF GPS-kampanj na območju Slovenije. Geodetski vestnik, 47(4), 414–422. http://www.geodetski-vestnik.com/47/4/gv47-4_414-422.pdf, pridobljeno: 28. 8. 2014.
- Caporali, A., Lidberg, M., Stangl, G. (2011). Lifetime of ETRS89 Coordinates. Report on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF). Kišinjev, Moldavija, 25.–28. maj 2011. <http://www.euref.eu/symposia/2011Chisinau/01-03-p-Caporali.pdf>, pridobljeno: 28. 8. 2014.
- Jivall, L. (2014). The Maintenance of SWEREF99, Including the Use of a Deformation Model. Report on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF). Vilna, Litva, 4.–6. junij 2014. <http://www.euref.eu/symposia/2014Vilnius/03-02-Jivall.pdf>, pridobljeno: 28. 8. 2014.
- Režek, J. (2014). Novi geodetski zakon. Geodetski vestnik, 58(2), 358–366. http://www.geodetski-vestnik.com/58/2/gv58-2_rezek.pdf, pridobljeno: 28. 8. 2014.
- Režek, J., Bajec, K., Berk, S., Koler, B., Komadina, Ž., Medved, K., Oven, K., Stopar, B. (2014). National Report of Slovenia to the EUREF 2014 Symposium in Vilnius. Report on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF). Vilna, Litva, 4.–6. junij 2014. <http://www.euref.eu/symposia/2014Vilnius/05-22-p-Slovenia.pdf>, pridobljeno: 28. 8. 2014.
- Triglav, J. (2014). Kdo je to naredil? Eee ... Švicarji. Geodetski vestnik, 58(2), 342–348. http://www.geodetski-vestnik.com/58/2/gv58-2_triglav2.pdf, pridobljeno: 28. 8. 2014.

Sandi Berk, univ. dipl. inž. geod.
 Geodetski inštitut Slovenije
 Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
 e-naslov: sandi.berk@gis.si