

NEDAVNE POSODOBITVE ZBIRKE GEODETSKIH PARAMETROV EPSG IN PREGLED PODATKOV, POMEMBNIH ZA SLOVENIJO

RECENT UPDATES TO THE EPSG GEODETIC PARAMETER DATASET AND AN OVERVIEW OF DATA RELEVANT FOR SLOVENIA

Sandi Berk, Danijel Boldin, Bojan Šavrič

1 UVOD

Pred kratkim smo pisali o slovenskih referenčnih koordinatnih sistemih (v nadaljevanju: RKS), ki so vključeni v zbirko geodetskih parametrov EPSG. Predstavljene so bile nekatere pretekle spremembe in dopolnitve zbirke, ki se nanašajo na georeferenciranje na območju Slovenije, in razlogi zanje. Obravnavane so bile tudi nekatere možnosti izboljšav in dopolnitev zbirke (Berk in Boldin, 2017). Nekaj tovrstnih predlogov smo julija letos naslovili tudi na IOGP (International Association of Oil & Gas Producers), ki je skrbnica zbirke EPSG. Predlogi so bili upoštevani in v prispevku podajamo kratek opis nedavnih posodobitev zbirke, s poudarkom na spremembah, ki se nanašajo na Slovenijo, ter širši pregled EPSG -kod, pomembnih za območje Slovenije.

2 SPREMEMBE V ZBIRKI EPSG, RAZLIČICA 9.5

Zbirka geodetskih parametrov EPSG se redno posodablja; spremembe in dopolnitve so precej pogoste. Za ponazoritev navajamo tiste, ki so bile vključene v različico 9.5 (objavljena 29. 8. 2018) in prinašajo (IOGP, 2018):

- nove podatke za Slovenijo, pa tudi za Ameriške Deviške otoke, Gvam, Portoriko, Saudovo Arabijo, Severne Marianske otoke, Srbijo in Združene države Amerike,
- bistvene spremembe pri podatkih za Slovenijo, pa tudi za druge države nekdanje Jugoslavije (Bosno in Hercegovino, Črno goro, Hrvaško, Makedonijo ter Srbijo) in Kanado,
- manjše spremembe pri podatkih za Alžirijo, Gvam in Kitajsko ter
- nekatera dodatna pojasnila enačb za metode pretvorb in transformacij med koordinatami (angl. *coordinate operation methods*).

Kot zanimivost omenimo še spremembi v zadnji podrazličici 9.5.4 zbirke (objavljena 6. 10. 2018), in sicer:

- vključitev kode za ekvivalentno Zemljino kartografsko projekcijo in
- bistvene spremembe podatkov za Evropo (ETRF2014).

Tako o novi ekvivalentni Zemljini kartografski projekciji kot tudi o novem evropskem terestričnem referenčnem sestavu smo namreč že pisali tudi v pričujoči rubriki naše revije (Šavrič, Patterson in Jenny, 2018; Medved in Berk, 2017).

Novosti, ki se v novi različici zbirke EPSG nanašajo neposredno na območje Slovenije, so:

- nova koda EPSG 1215 za novi državni vertikalni datum in
- nova koda EPSG 8690 za novi državni vertikalni RKS,
- nova koda EPSG 8689 za optimalno vsedrjavno datumsko transformacijo med D48 in D96 (glej Berk in Boldin, 2017) – izboljšana različica glede na transformacijo s kodo EPSG 3916, ki je sicer še vedno na voljo,
- nova koda EPSG 8688 za optimalno vsedrjavno datumsko transformacijo med D48 in WGS84 – izboljšana različica glede na transformacijo s kodo EPSG 3917, ki je sicer še vedno na voljo; nova transformacija je identična tisti s kodo EPSG 8689, saj predpostavlja, da sta datuma D96 in WGS84 glede na točnost transformacije identična, ter
- nova koda EPSG 8687 za ravninski RKS, ki se uporablja v Slovenski vojski (D96/UTM – glej Berk in Boldin, 2017).

Bistvena sprememba v zbirki EPSG pa se nanaša na stari ravninski RKS, ki se je v Sloveniji uporabljal pred osamosvojitvijo – tako imenovane Baumgartnerjeve oziroma stare Gauß-Krügerjeve koordinate v 5. coni, torej še z vodilnima peticama pri koordinatah (D48/BGK – glej Berk in Boldin, 2017). Ta RKS je imel prej kodo EPSG 3907, ki jo zdaj nadomešča koda EPSG 8677. Tudi ustrezni RKS za stare Gauß-Krügerjeve koordinate v 6. coni (nekoč v uporabi za skrajni vzhodni del Prekmurja) ima namesto kode EPSG 3908 zdaj novo kodo EPSG 8678. Obe kodi sta bili spremenjeni zaradi napačno vnesenega vrstnega reda koordinatnih osi.

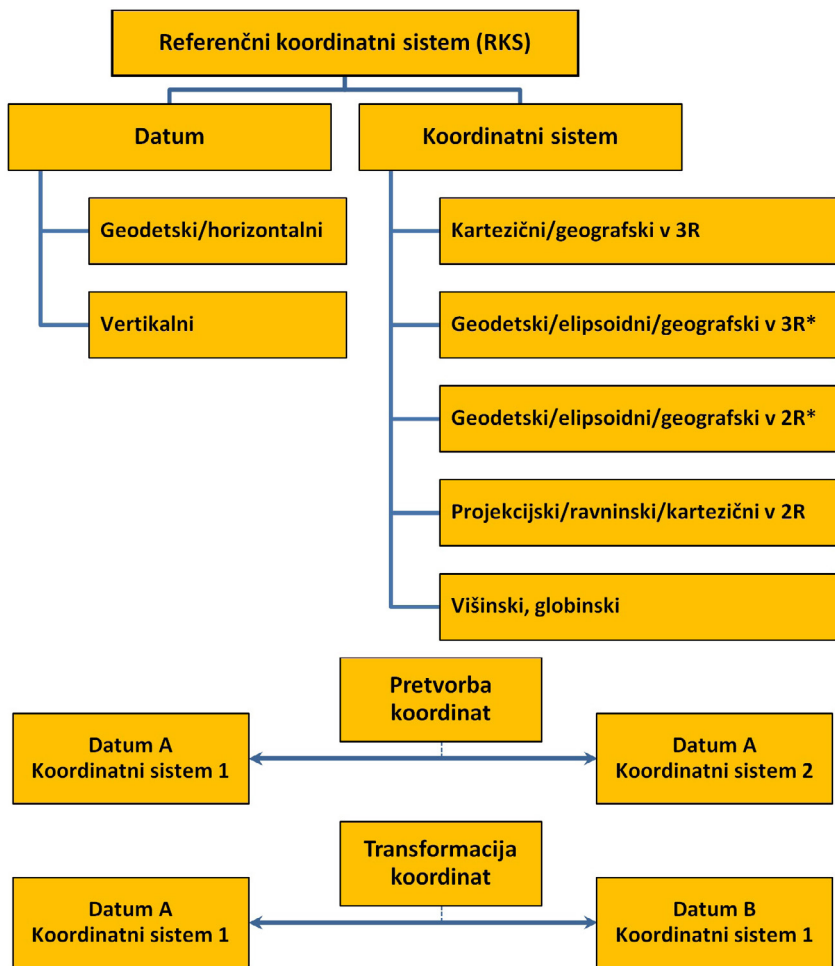
Spremembi v zbirki sta še pri kodah EPSG 5779 za slovenski višinski sistem 2000 in EPSG 5177 za ustrezni vertikalni datum, in sicer pri imenih/oznakah: SVS2000 namesto NVN99; slednje je zdaj navedeno kot alternativno ime.

3 PREGLED ZA SLOVENIJO POMEMBNIH EPSG-KOD

Zbirka geodetskih parametrov EPSG danes obsega prek 17.200 EPSG-kod s pripadajočimi opisi. V nadaljevanju podajamo kratek pregled EPSG-kod, ki so pomembne za Slovenijo. Kode vseh danes uporabljenih RKS-jev in priporočenih transformacij med njimi so natisnjene krepko in podčrtane. Navedene so tudi nekatere kode, ki so pomembne za izmenjavo prostorskih podatkov z evropskimi državami – skladno z direktivo INSPIRE (INSPIRE Guidelines, 2014) – oziroma globalno – na primer skladno s pravili Mednarodne organizacije za civilno letalstvo (ICAO) in Mednarodne hidrografske organizacije (IHO). Nanašajo se na definicije:

- datumov (geodetskih in vertikalnih),
- koordinatnih sistemov (krivočrtnih in kartezičnih, eno-, dvo- in trirazsežnih),
- pretvorb koordinat (med koordinatnimi sistemi),
- referenčnih koordinatnih sistemov (RKS-jev) in
- transformacij koordinat (datumskih transformacij med RKS-ji).

Slika 1 prikazuje razmerja med različnimi osnovnimi gradniki zbirke EPSG.



Slika 1: Razmerja med osnovnimi gradniki v zbirki EPSG.

* Čeprav pojme geodetske, elipsoidne in geografske koordinate večkrat uporabljamo kot sopomenke, pa so samo geodetske koordinate (φ , λ , h) povsem nedvoumna oznaka, na Zemlji-elipsoidu namreč razlikujemo med geodetsko širino (φ), reducirano širino (β), geocentrično širino (θ) ... Pojem elipsoidne koordinate uporabljamo tudi za koordinate v trojno ortogonalnem sistemu (β , λ , u), ki je zaradi matematičnih lastnosti posebej primeren za analize težnostnega polja Zemlje (glej Sjöberg, 2008; Featherstone in Claessens, 2008). Pojem geografske koordinate, ki je bolj uveljavljen predvsem med uporabniki GIS-orodij in storitev, pa se lahko nanaša tudi na poenostavitev, torej na Zemljo-kroglo.

Zbirka EPSG danes vključuje naslednje datume, ki so pomembni za območje Slovenije:

- EPSG 1031 ... D48 – jugoslovanski geodetski datum 1948 (temelji na avstro-ogrskem geodetskem datumu 1901 z izhodiščno točko Hermannskogel pri Dunaju, a je vezan na ponovni izračun mreže iz leta 1948; Besslov elipsoid 1841; začetni poldnevnik prvotno skozi Ferro, nato skozi Greenwich),
- EPSG 6765 ... D96 – slovenski geodetski datum 1996 (slovenska realizacija geodetskega datuma ETRS89 z ogrođjem realizacije ITRF96/ETRF96; elipsoid GRS 1980; začetni poldnevnik skozi

- Greenwich),
- EPSG 6258 ... ETRS89 – geodetski datum ETRS89 (vezan na stabilni del Evrazije in sovpadajoč z ITRS v začetku leta 1989; brez razlikovanja vključuje realizacije ETRF89, ETRF90 ... ETRF2014, ki imajo sicer tudi lastne kode, kot je EPSG 1184, spodaj; elipsoid GRS 1980; začetni poldnevnik skozi Greenwich),
 - EPSG 1184 ... ETRF96 – realizacija geodetskega datuma ETRS89 v času vzpostavitve D96 v Sloveniji (temelji na ITRF96; elipsoid GRS 1980; začetni poldnevnik skozi Greenwich),
 - EPSG 6654 ... ITRF96 – realizacija geodetskega datuma ITRS v času vzpostavitve D96 v Sloveniji (vezan na izbrane geodetske točke po vsej Zemlji; elipsoid GRS 1980; začetni poldnevnik skozi Greenwich),
 - EPSG 6326 ... WGS84 – geodetski datum WGS84 (vezan na izbrane geodetske točke po vsej Zemlji; brez razlikovanja vključuje realizacije G730, G873 ... G1762, ki imajo sicer tudi lastne EPSG-kode; elipsoid WGS 1984; začetni poldnevnik skozi Greenwich),
 - EPSG 1050 ... TS – avstro-ogrski vertikalni datum 1875 (vertikalni datum Trst 1875; normalne ortometrične višine),
 - EPSG 5177 ... SVS2000 – slovenski vertikalni datum 2000, tj. datum slovenskega višinskega sistema iz leta 2000 (temelji na vertikalnem datumu Trst 1875, a je vezan na ponovni izračun nivelmanske mreže in normalni reper pri Rušah; normalne ortometrične višine),
 - EPSG 1215 ... SVS2010 – slovenski vertikalni datum 2010, tj. datum slovenskega višinskega sistema iz leta 2010 (vertikalni datum Koper 2010; normalne višine),
 - EPSG 5129 ... EVRF2000 – evropski vertikalni datum 2000, realizacija vertikalnega datuma EVRS (vezan na mareograf Amsterdam – NAP, normalne višine),
 - EPSG 5215 ... EVRF2007 – evropski vertikalni datum 2007, zadnja realizacija vertikalnega datuma EVRS (temelji na EVRF2000, a je vezan na 13 datumskih točk iz ponovnega izračuna mreže UELN, izbranih v stabilnem delu Evrope; normalne višine) in
 - EPSG 1086 ... MLLWS – generični vertikalni datum – srednja nižja nizka voda živih morskih men (ne opredeljuje konkretnega globinskega datuma, ampak brez razlikovanja vključuje globinske datume tega tipa).

Zbirka vključuje naslednje relevantne **koordinatne sisteme**:

- EPSG 6500 ... XYZ – desno orientirani trirazsežni kartezični koordinatni sistem z izhodiščem v središču Zemlje, X-osjo proti presečišču ekvatorja in začetnega poldnevnik, Y-osjo pravokotno nanjo (v ravnini ekvatorja) in Z-osjo proti severnemu polu, sovpadajočo ali vzporedno osi vrtenja Zemlje,
- EPSG 6423 ... $\varphi\lambda h$ – trirazsežni geodetski/elipsoidni koordinatni sistem na površju Zemlje, ki jo aproksimira rotacijski elipsoid, z geodetsko širino (φ , Lat, angl. geodetic latitude), merjeno od ekvatorja proti severu, geodetsko dolžino (λ , Lon, angl. geodetic longitude), merjeno od začetnega poldnevnik proti vzhodu, in elipsoidno višino (h ; angl. ellipsoidal height), merjeno navzgor v smeri normale,
- EPSG 6422 ... $\varphi\lambda$ – dvorazsežni geodetski/elipsoidni koordinatni sistem na površju Zemlje, ki jo aproksimira rotacijski elipsoid, z geodetsko širino (φ , Lat, angl. geodetic latitude), merjeno od ekvatorja proti severu, in geodetsko dolžino (λ , Lon, angl. geodetic longitude), merjeno od začetnega poldnevnik proti vzhodu,

- EPSG 4498 ... GK, BGK ... dvorazsežni kartezični koordinatni sistem z osema, usmerjenima proti vzhodu (Y) in proti severu (X),
- EPSG 4532 ... LAEA ... dvorazsežni kartezični koordinatni sistem z osema, usmerjenima proti severu (Y) in proti vzhodu (X) – glede na zgornji koordinatni sistem (EPSG 4498) je spremenjena vloga koordinat, ki sta sicer enako označeni,
- EPSG 4400 ... TM, UTM, UTM33N, WM, EE ... dvorazsežni kartezični koordinatni sistem z osema, usmerjenima proti vzhodu (E, angl. easting) in proti severu (N, angl. northing),
- EPSG 4500 ... LCC ... dvorazsežni kartezični koordinatni sistem z osema, usmerjenima proti severu (N, angl. northing) in proti vzhodu (E, angl. easting) – glede na zgornji koordinatni sistem (EPSG 4400) je spremenjen vrstni red koordinat, ki imata sicer enaki oznaki in vlogi,
- EPSG 6499 ... H – višinski sistem, ki temelji na težnosti Zemlje, z višino (H, angl. height), merjeno navzgor v smeri navpičnice, in
- EPSG 6498 ... D – globinski sistem z globino (D, angl. depth), merjeno navzdol.

Zbirka vključuje naslednje relevantne **pretvorbe koordinat**:

- EPSG 15592 ... XYZ \rightarrow $\varphi\lambda h$ – pretvorba med trirazsežnimi kartezičnimi in trirazsežnimi geodetskimi/elipsoidnimi koordinatami na rotacijskem elipsoidu,
- EPSG 15593 ... $\varphi\lambda h \rightarrow \varphi\lambda$ – pretvorba med trirazsežnimi in dvorazsežnimi geodetskimi/elipsoidnimi koordinatami na rotacijskem elipsoidu (pretvorba med 3R in 2R geografskimi koordinatami),
- EPSG 18275 ... $\varphi\lambda \rightarrow$ BGK – prečna Mercatorjeva projekcija (oziroma Gauß-Krügerjeva projekcija, 5. balkanska cona, Baumgartnerjev zapis koordinat), ki je bila v rabi pred osamosvojitvijo Slovenije in še nekaj let po njej (izhodiščni vzporednik 0° ; izhodiščni poldnevnik 15° ; linijsko merilo na izhodiščnem poldnevniku 0,9999; navidezni pomik proti vzhodu 5.500.000 m; navidezni pomik proti severu 0 m),
- EPSG 19845 ... $\varphi\lambda \rightarrow$ GK/TM – prečna Mercatorjeva projekcija (oziroma Gauß-Krügerjeva projekcija), ki se je pričela uporabljati nekaj let po osamosvojitvi Slovenije (izhodiščni vzporednik 0° ; izhodiščni poldnevnik 15° ; linijsko merilo na izhodiščnem poldnevniku 0,9999; navidezni pomik proti vzhodu 500.000 m; navidezni pomik proti severu $-5.000.000$ m),
- EPSG 16033 ... $\varphi\lambda \rightarrow$ UTM/UTM33N – prečna Mercatorjeva projekcija (TM-projekcija, UTM-cona 33N; izhodiščni vzporednik 0° ; izhodiščni poldnevnik 15° ; linijsko merilo na izhodiščnem poldnevniku 0,9996; navidezni pomik proti vzhodu 500.000 m; navidezni pomik proti severu 0 m),
- EPSG 19985 ... $\varphi\lambda \rightarrow$ LCC – Lambertova konformna konusna projekcija (LCC-projekcija; izhodiščni vzporednik 52° ; izhodiščni poldnevnik 10° ; prvi standardni vzporednik 35° ; drugi standardni vzporednik 65° ; navidezni pomik proti vzhodu 4.000.000 m; navidezni pomik proti severu 2.800.000 m),
- EPSG 19986 ... $\varphi\lambda \rightarrow$ LAEA – Lambertova ekvivalentna azimutalna projekcija (LAEA-projekcija; izhodiščni vzporednik 52° ; izhodiščni poldnevnik 10° ; navidezni pomik proti vzhodu 4.321.000 m; navidezni pomik proti severu 3.210.000 m),
- EPSG 19883 ... $\varphi\lambda \rightarrow$ WM – svetovna Mercatorjeva projekcija (WM-projekcija; izhodiščni vzporednik 0° ; izhodiščni poldnevnik 0° ; linijsko merilo v izhodišču 1,0000; navidezni pomik proti vzhodu 0 m; navidezni pomik proti severu 0 m) in
- EPSG 8854 ... $\varphi\lambda \rightarrow$ EE – ekvivalentna Zemljina projekcija (EE-projekcija; izhodiščni poldnevnik

0°; navidezni pomik proti vzhodu 0 m; navidezni pomik proti severu 0 m).

Zbirka vključuje naslednje za Slovenijo relevantne **RKS-je**:

- **EPSG 4882 ... D96/XYZ** (EPSG 6765 + EPSG 6500) – slovenski geodetski datum 1996, sistem trirazsežnih kartezičnih koordinat,
- EPSG 4936 ... ETRS89/XYZ (EPSG 6258 + EPSG 6500) – geodetski datum ETRS89, sistem trirazsežnih kartezičnih koordinat (skladno z direktivo INSPIRE se v Evropi uporablja kot sistem za izmenjavo prostorskih podatkov),
- EPSG 7926 ... ETRF96/XYZ (EPSG 1184 + EPSG 6500) – realizacija geodetskega datuma ETRS89 v času vzpostavitve D96 v Sloveniji, sistem trirazsežnih kartezičnih koordinat,
- EPSG 4917 ... ITRF96/XYZ (EPSG 6654 + EPSG 6500) – realizacija geodetskega datuma ITRS v času vzpostavitve D96 v Sloveniji, sistem trirazsežnih kartezičnih koordinat,
- EPSG 4978 ... WGS84/XYZ (EPSG 6326 + EPSG 6500) – geodetski datum WGS84, sistem trirazsežnih kartezičnih koordinat,
- **EPSG 4883 ... D96/φλh** (EPSG 4882 + EPSG 6423 + EPSG 15592) – slovenski geodetski datum 1996, sistem trirazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat,
- EPSG 4937 ... ETRS89/φλh (EPSG 4936 + EPSG 6423 + EPSG 15592) – geodetski datum ETRS89, sistem trirazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat (skladno z direktivo INSPIRE se v Evropi uporablja kot sistem za izmenjavo prostorskih podatkov),
- EPSG 4979 ... WGS84/φλh (EPSG 4978 + EPSG 6423 + EPSG 15592) – geodetski datum WGS84, sistem trirazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat (skladno s standardi ICAO se uporablja za zbirke podatkov za letalsko navigacijo),
- **EPSG 3906 ... D48/φλ** (EPSG 1031 + EPSG 6422) – jugoslovanski geodetski datum 1948, sistem dvorazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat,
- **EPSG 4765 ... D96/φλ** (EPSG 4883 + EPSG 6422 + EPSG 15593) – slovenski geodetski datum 1996, sistem dvorazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat,
- EPSG 4258 ... ETRS89/φλ (EPSG 4937 + EPSG 6422 + EPSG 15593) – geodetski datum ETRS89, sistem dvorazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat (skladno z direktivo INSPIRE se v Evropi uporablja kot sistem za izmenjavo prostorskih podatkov),
- EPSG 4326 ... WGS84/φλ (EPSG 4979 + EPSG 6422 + EPSG 15593) – geodetski datum WGS84, sistem dvorazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat (skladno s standardi IHO se uporablja za zbirke podatkov ENC; skladno s svojimi standardi jo NATO uporablja za vojaško geodetsko izmero),
- EPSG 8677 ... D48/BGK (EPSG 3906 + EPSG 4498 + EPSG 18275) – jugoslovanski geodetski datum 1948, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – Gauß-Krügerjeva projekcija, 5. balkanska cona, Baumgartnerjev zapis koordinat,
- **EPSG 3912 ... D48/GK** (EPSG 3906 + EPSG 4498 + EPSG 19845) – jugoslovanski geodetski datum 1948, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – Gauß-Krügerjeva projekcija,
- **EPSG 3794 ... D96/TM** (EPSG 4765 + EPSG 4400 + EPSG 19845) – slovenski geodetski datum 1996, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – prečna Mercatorjeva projekcija,
- **EPSG 8687 ... D96/UTM** (EPSG 4765 + EPSG 4400 + EPSG 16033) – slovenski geodetski datum 1996, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – prečna Mercatorjeva projekcija, UTM-cona 33N, MGRS-cona 33T (skladno z Natovimi standardi se uporablja v Slovenski vojski),

- EPSG 25833 ... ETRS89/UTM33N (EPSG 4258 + EPSG 4400 + EPSG 16033) – geodetski datum ETRS89, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – prečna Mercatorjeva projekcija, UTM-cona 33N (skladno z direktivo INSPIRE se v delu Evrope, tudi za območje Slovenije, uporablja za karte meril, večjih od 1 : 500.000),
- EPSG 32633 ... WGS84/UTM33N (EPSG 4326 + EPSG 4400 + EPSG 16033) – geodetski datum WGS84, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – prečna Mercatorjeva projekcija, UTM-cona 33N, MGRS-cona 33T (skladno s svojimi standardi jo NATO uporablja v delu Evrope, tudi za območje Slovenije),
- EPSG 3034 ... ETRS89/LCC (EPSG 4258 + EPSG 4500 + EPSG 19985) – geodetski datum ETRS89, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – Lambertova konformna konusna projekcija (skladno z Direktivo INSPIRE se v Evropi uporablja za karte meril, manjših od 1 : 500.000),
- EPSG 3035 ... ETRS89/LAEA (EPSG 4258 + EPSG 4532 + EPSG 19986) – geodetski datum ETRS89, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – Lambertova ekvivalentna azimutalna projekcija (skladno z direktivo INSPIRE se v Evropi uporablja za prostorsko-statistične analize in poročanje),
- EPSG 3395 ... WGS84/WM (EPSG 4326 + EPSG 4400 + EPSG 19883) – geodetski datum WGS84, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – svetovna Mercatorjeva projekcija (skladno s standardi IHO se – razen na polarnih morjih – uporablja za pomorsko kartografijo in navigacijo, posebej za karte meril, manjših od 1 : 50.000),
- EPSG 8857 ... WGS84/EE (EPSG 4326 + EPSG 4400 + EPSG 8854) – geodetski datum WGS84, sistem dvorazsežnih kartezičnih koordinat – ekvivalentna Zemljina projekcija (uporablja se za svetovne zemljevide),
- EPSG 5195 ... TS/H (EPSG 1050 + EPSG 6499) – avstro-ogrski vertikalni datum 1875 (Trst 1875), sistem normalnih ortometričnih višin,
- **EPSG 5779 ... SVS2000/H** (EPSG 5177 + EPSG 6499) – slovenski vertikalni datum 2000, sistem normalnih ortometričnih višin,
- **EPSG 8690 ... SVS2010/H** (EPSG 1215 + EPSG 6499) – slovenski vertikalni datum 2010 (Koper 2010), sistem normalnih višin,
- EPSG 5730 ... EVRF2000/H (EPSG 5129 + EPSG 6499) – evropski vertikalni datum 2000, sistem normalnih višin (skladno z direktivo INSPIRE se v Evropi uporablja kot sistem za izmenjavo prostorskih podatkov),
- EPSG 5621 ... EVRF2007/H (EPSG 5215 + EPSG 6499) – evropski vertikalni datum 2007, sistem normalnih višin,
- EPSG 5864 ... MLLWS/D (EPSG 1086 + EPSG 6498) – srednja nižja nizka voda živih morskih men, sistem globlin (skladno s standardi IHO se uporablja tudi za slovenske elektronske navigacijske karte, glej Kete, Karničnik in Radovan, 2003),
- EPSG 7409 ... ETRS89/ $\phi\lambda$ +EVRF2000/H (EPSG 4258 + EPSG 5730) – geodetski datum ETRS89, sistem dvorazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat, kombiniran z evropskim vertikalnim datumom 2000, sistemom normalnih višin (skladno z direktivo INSPIRE se v Evropi uporablja kot sistem za izmenjavo prostorskih podatkov), in
- EPSG 7423 ... ETRS89/ $\phi\lambda$ +EVRF2007/H (EPSG 4258 + EPSG 5621) – geodetski datum ETRS89, sistem dvorazsežnih geodetskih/elipsoidnih koordinat, kombiniran z evropskim vertikalnim datumom

2007, sistemom normalnih višin.

Zbirka EPSG vključuje še naslednje relevantne datumske **transformacije koordinat**:

- **EPSG 8689 ... D48/φλ → D96/φλ** – vsedržavna datumska transformacija med starim in novim slovenskim geodetskim datumom (pomik po X-osi 476,080 m, pomik po Y-osi 125,947 m, pomik po Z-osi 417,810 m, zasuk okoli X-osi $-4,610862''$, zasuk okoli Y-osi $-2,388137''$, zasuk okoli Z-osi $11,942335''$, sprememba merila 9,896638 ppm, metoda *Coordinate Frame rotation*; točnost transformacije je 1 m; za parametre po metodi *Position Vector transformation* glej Berk in Boldin, (2017),
- **EPSG 3918, 3919 in 3921 ... D48/φλ → D96/φλ** – regionalne datumske transformacije med starim in novim slovenskim geodetskim datumom (tri prostorske podobnostne transformacije z upoštevanjem višin točk; metoda *Coordinate Frame rotation*; točnost transformacije je okoli 0,5 m, pri čemer je Slovenija razdeljena na tri transformacijska območja),
- **EPSG 3922–3928 ... D48/φλ → D96/φλ** – regionalne datumske transformacije med starim in novim slovenskim geodetskim datumom (sedem prostorskih podobnostnih transformacij z upoštevanjem višin točk; metoda *Coordinate Frame rotation*; točnost transformacije je okoli 0,3 m, pri čemer je Slovenija razdeljena na sedem transformacijskih območij),
- **EPSG 3929–3941 in 3951–3961 ... D48/GK → D96/TM** – regionalne datumske transformacije med starim in novim slovenskim RKS-jem (24 ravninskih podobnostnih transformacij, metoda *Similarity transformation*; točnost transformacije je okoli 0,2 m, pri čemer je Slovenija razdeljena na 24 transformacijskih območij),
- **EPSG 8688 ... D48/φλ → WGS84/φλ** – vsedržavna datumska transformacija med starim slovenskim geodetskim datumom in geodetskim datumom WGS84 (parametri enaki kot pri transformaciji s kodo EPSG 8689; glede na deklarirano metrsko točnost transformacije predpostavlja, da sta D96 in geodetski datum WGS84 identična),
- **EPSG 1149 ... ETRS89/φλ → WGS84/φλ** – datumska transformacija med geodetskima datumoma ETRS89 in WGS84 (pomik po X-osi 0 m, pomik po Y-osi 0 m, pomik po Z-osi 0 m, metoda *Geocentric translations*; glede na deklarirano metrsko točnost transformacije predpostavlja, da sta geodetska datuma ETRS89 in WGS84 identična),
- **EPSG 15977 ... D96/φλ → ETRS89/φλ** – vsedržavna datumska transformacija med novim slovenskim geodetskim datumom in geodetskim datumom ETRS89 (pomik po X-osi 0 m, pomik po Y-osi 0 m, pomik po Z-osi 0 m, metoda *Geocentric translations*; D96 je slovenska realizacija geodetskega datuma ETRS89, tj. zgostitev EUREF na območju Slovenije, šteje se, da gre za identični datum),
- **EPSG 15976 ... D96/φλ → WGS84/φλ** – vsedržavna datumska transformacija med novim slovenskim geodetskim datumom in geodetskim datumom WGS84 (pomik po X-osi 0 m, pomik po Y-osi 0 m, pomik po Z-osi 0 m, metoda *Geocentric translations*; glede na deklarirano metrsko točnost transformacije predpostavlja, da sta D96 in geodetski datum WGS84 identična) in
- **EPSG 7938 ... ITRF96/XYZ → ETRF96/XYZ** – datumska transformacija med realizacijama ITRS in ETRS89 v času vzpostavitve D96 v Sloveniji (pomik po X-osi 4,1 cm, pomik po Y-osi 4,1 cm, pomik po Z-osi $-4,9$ cm ... 14-parametrična časovno odvisna transformacija; metoda *Time-Dependent Position Vector transformation*).

Vse navedene pretvorbe in transformacije koordinat so povratne (reverzibilne). Zadnja transformacija (EPSG 7938) v obratni smeri je boljša alternativa za transformacijo med D96 in WGS84, za katero je

bila privzeta kar identičnost obeh geodetskih datumov (glej predzadnjo transformacijo s kodo EPSG 15976). Realna točnost takšne transformacije (EPSG 7938) med D96 in WGS84 pa je okoli 0,1 metra, in sicer zaradi premikov tektonskih plošč na območju Slovenije (glede na stabilno Evrazijo) v več kot dveh desetletjih ter razlik med posameznimi realizacijami ITRS ter med realizacijami ITRS in WGS84. Potreba po takšni transformaciji se kaže na primer v letalstvu (satelitsko podprto vodeno pristajanje letal). Glede na zahtevano točnost okoli 0,5 metra (ICAO Manual, 2002, preglednici 2-1 in 2-2 ter poglavje 3.1) so namreč položajne razlike med realizacijami ETRS89 in ITRS (oziroma WGS84) od leta 1989, ko sta sistema sovpadala, do danes že presegle dopustno raven; razlike se povečujejo za približno 3 centimetre na leto.

Sestavni deli definicij vseh RKS-jev in transformacij med njimi so tudi območja njihove uporabe s posebnimi EPSG-kodami, ki pa jih tu ne navajamo. Navedene regionalne transformacije so lahko zanimive za spletne storitve in GIS-okolja na regionalni in občinski ravni. Podrobnejše opise kod in razdelitev Slovenije na regije pa lahko najdete na spletnih straneh Geodetske uprave Republike Slovenije (GURS, 2018). Podrobni opisi za vse EPSG-kode so dostopni na spletnih straneh IOGP (EPSG Registry, 2018).

Še pojasnila nekaterih uporabljenih angleških krajšav:

- GK ... Gauss-Krüger = Transverse Mercator (projection)
- GRS ... Geodetic Reference System
- EE ... Equal Earth (projection)
- ENC ... Electronic Navigation Chart
- EPSG ... European Petroleum Survey Group
- ETRF ... European Terrestrial Reference Frame
- ETRS ... European Terrestrial Reference System
- EUREF ... European Reference Frame
- EVRF ... European Vertical Reference Frame
- EVRS .. European Vertical Reference System
- GIS ... Geographic(al) Information System
- ICAO ... International Civil Aviation Organization
- IHO ... International Hydrographic Organization
- INSPIRE ... Infrastructure for Spatial Information in Europe
- ITRF ... International Terrestrial Reference Frame
- ITRS ... International Terrestrial Reference System
- LAEA ... Lambert Azimuthal Equal Area (projection)
- LCC ... Lambert Conic Conformal (projection)
- MGRS ... Military Grid Reference System
- MLLWS ... Mean Lower Low Water Spring (tides)
- NATO ... North Atlantic Treaty Organization
- NVN ... National Vertical Network
- SVS ... Slovenian Vertical System
- TM ... Transverse Mercator = Gauss-Krüger (projection)
- UELN ... United European Levelling Network

- UTM ... Universal Transverse Mercator (coordinate system)
- WGS ... World Geodetic System
- WM ... World Mercator (projection)

Še nekaj opomb k terminologiji. Zbirka EPSG sledi standardu ISO 19111 (Spatial Rereferencing by Coordinates), ki pozna referenčni koordinatni sistem – RKS (angl. *coordinate reference system – CRS*), koordinatni sistem – KS (angl. *coordinate system – CS*) in datum – D (angl. *datum*). Prehod med RKS -jema z različnima datumoma imenujemo transformacija koordinat (angl. *coordinate transformation*), glej sliko 1. V mednarodni geodetski skupnosti (IAG, EUREF, IERS idr.) pa je za RKS še vedno v rabi pojem referenčni sestav (angl. *reference frame – RF*, npr. ITRF), za KS pa referenčni sistem (angl. *reference system – RS*, npr. ITRS); pravimo, da referenčni sestav realizira referenčni sistem. Za prehod med referenčnima sestavoma je v rabi tudi pojem datumska transformacija (angl. *datum transformation*).

4 NALOGE ZA PRIHODNOST IN SKLEP

Med prihodnje nadgradnje zbirke EPSG spadajo vzpostavitev in vključitev datumskih transformacij med starim in novim višinskim referenčnim sistemom Slovenije ter med slednjim in zadnjo realizacijo EVRS, vzpostavitev in vključitev državnega globinskega datuma (angl. *chart datum*) in globinskega referenčnega sistema ter pretvorbe oziroma transformacije med višinskim in globinskim referenčnim sistemom. Smiselna bi bila določitev EPSG-kod za nekatere sestavljene RKS-je (angl. *compound coordinate reference system*), na primer za D48/GK+SVS2000/H in D96/TM+SVS2010/H. Mogoče bi veljalo poskusiti tudi z vključitvijo modela trikotniške transformacije (kot novo metodo transformacije, tj. *coordinate operation method*) in nato še slovenskega vsedravnega modela trikotniške transformacije, različica 4.0, s točnostjo transformacije, boljšo od 0,1 metra za pretežni del državnega ozemlja. Za takšno transformacijo sta trenutno na voljo brezplačna spletna aplikacija SiTrik (Kozmus Trajkovski in Stopar, 2017) za on-line transformacijo koordinat in brezplačni program 3tra (Berk, 2017a in 2017b) za transformacijo prostorskih podatkov v nekaterih bolj razširjenih podatkovnih formatih (shp, dxf, csv, txt, xyz, jpg, tif ...). Novo dodana optimalna vsedravnna 7-parametrična prostorska podobnostna transformacija (EPSG 8689) je namreč namenjena predvsem za hkratno prikazovanje prostorskih podatkovnih slojev na zaslону (v spletnih storitvah WFS, WMS ...), posebej v času prehoda na novi RKS, ko georeferenciranje v različnih zbirkah še temelji na različnih geodetskih datumih (D48 oziroma D96), ni pa primerna za dejansko transformacijo koordinat v podatkovnih zbirkah. Še posebej to velja za katastrske podatke.

Literatura in viri:

Berk, S. (2017a). 3tra – brezplačni program za transformacijo prostorskih podatkov v novi referenčni koordinatni sistem Slovenije. *Geodetski vestnik*, 61 (4), 659–665.

Berk, S. (2017b). 3tra: Trikotniška transformacija za Slovenijo. Uporabniški priročnik. Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije. http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/Transformacija_v_novi_koor_sistem/3tra.zip, pridobljeno 24. 10. 2018.

Berk, S., Boldin, D. (2017). Slovenski referenčni koordinatni sistemi v okolju GIS. *Geodetski vestnik*, 61 (1), 91–101.

EPSG Registry (2018). EPSG Geodetic Parameter Registry, različica 9.5.4. International Association of Oil & Gas Producers, <http://www.epsg-registry.org>, pridobljeno 24. 10. 2018.

Featherstone, W. E., Claessens, S. J. (2008). Closed-Form Transformation between Geodetic and Ellipsoidal Coordinates. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 52 (1), 1–18. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11200-008-0002-6>.

GURS (2018). Portal Prostor, EPSG kode za Slovenijo. Geodetska uprava Republike Slovenije. <http://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/drzavni-koordinatni-sistem/epsg-kode-za-slovenijo/>, pridobljeno 12. 11. 2018.

ICAO Manual (2002). World Geodetic System – 1984 (WGS-84) Manual. International Civil Aviation Organization. <https://gis.icao.int/egapn/webpdf/REF08-Doc9674.pdf>, pridobljeno 24. 10. 2018.

- INSPIRE Guidelines (2014). INSPIRE Data Specification on Coordinate Reference Systems – Technical Guidelines. INSPIRE Thematic Working Group Coordinate Reference Systems & Geographical Grid Systems. https://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_RS_v3.2.pdf, pridobljeno 24. 10. 2018.
- IOPG (2018). EPSG Dataset / What is new. International Association of Oil & Gas Producers. <http://www.epsg.org/EPGDataset/WhatisNew.aspx>, pridobljeno 24. 10. 2018.
- Kete, P., Karničnik, I., Radovan, D. (2003). Elektronska navigacijska karta (ENC) Koprskega zaliva. Geodetski vestnik, 47 (3), 231–239.
- Kozmus Trajkovski, K., Stopar, B. (2017). SiTrik – Trikotniška transformacija, v4. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. <http://sitranet.si/sitrik.html>, pridobljeno 24. 10. 2018.
- Medved, K., Berk, S. (2017). Proti novi realizaciji ETRS89. Geodetski vestnik, 61 (2), 293–295.
- Sjöberg, L. E. (2008). A Strict Transformation from Cartesian to Geodetic Coordinates. Survey Review, 40 (308), 156–163. DOI: <https://doi.org/10.1179/003962608X290942>.
- Šavrič, B., Patterson, T., Jenny, B. (2018). Ekvivalentna Zemljina kartografska projekcija. Geodetski vestnik, 62 (3), 487–490.

Sandi Berk, univ. dipl. inž. geod.
 Geodetska uprava Republike Slovenije
 Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
 e-naslov: sandi.berk@gov.si

Dr. Bojan Šavrič, univ. dipl. inž. geod.
 Esri, Inc., 380 New York Street
 Redlands, CA 92373 Kalifornija, ZDA
 e-naslov: bsavric@esri.com

Mag. Danijel Boldin, inž. geod., univ. dipl. org. inf.
 Geodetska uprava Republike Slovenije,
 Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
 e-naslov: danijel.boldin@gov.si