



Program ETRS89-SI

**Transformacije koordinat
med slovenskimi realizacijami ETRS89**

Uporabniški priročnik

Različica 1.0, november 2020

Geodetska uprava Republike Slovenije

Program ETRS89-SI: Transformacije koordinat med slovenskimi realizacijami ETRS89

Različica: 1.0

Avtor programa: Sandi Berk (sandi.berk@gov.si)

Geodetska uprava Republike Slovenije
Urad za geodezijo
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana

Dosedanje različice in nadgradnje programa:

ETRS89-SI, različica 1.0, november 2020
... prvotna različica programa

Vsebina

1	Uvod	4
1.1	Pojmovnik	5
1.2	Referenčni koordinatni sistemi	6
1.2.1	Geodetski datumi	6
1.2.2	Koordinatni sistemi.....	7
1.3	Transformacije/pretvorbe koordinat	9
1.3.1	Neposredne transformacije koordinat	9
1.3.2	Neposredne pretvorbe koordinat	10
1.3.3	Nekatere zanimivejše transformacije/pretvorbe koordinat	11
2	Namestitev programa.....	14
3	Podprti formati datotek	15
3.1	CRD-datoteke (koordinate v formatu Bernese)	15
3.2	CSV-datoteke (MS DOS, ločeno z vejico ali s podpičjem).....	16
3.3	TXT-datoteke (MS DOS, ločeno s tabulatorji ali presledki, tudi PRN-datoteke).....	16
3.4	XYZ-datoteke (tudi ASC-datoteke).....	17
4	Izvedba transformacije	18
	Zahvala	20
	Literatura in viri	21

1 Uvod

S pričetkom leta 2020 so se v Sloveniji nekoliko spremenile koordinate vseh treh osnovnih državnih GNSS-omrežij – mreže EUREF-točk, omrežja SIGNAL in kombinirane geodetske mreže 0. reda [6]. Osvežitev ETRS89 v Sloveniji, ki jo označujemo z **D96-17**, obeh predhodnih realizacijah ETRS89 in na ponovljeni in s strani EUREF potrjeni realizaciji z oznako D17 – rezultatom obdelave GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016 [5] & [6]. Z novim nizom koordinat GNSS-točk so med drugim odpravljena neskladja, nastala zaradi delovanja tektonike od časa prvotne realizacije ETRS89 (tj. EUREF GPS-izmer iz let 1994–1996) in zaradi kasnejših določitev koordinat točk v GNSS-mrežah (npr. naknadno postavljenih stalnih postaj omrežja SIGNAL). Izboljšanje kakovosti koordinat v ključnih GNSS-mrežah v državi, ki jo prinaša realizacija D96-17, omogoča predvsem višjo natančnost in točnost določanja položajev (pozicioniranja) v prihodnje.

Realizacija ETRS89 z oznako D17 torej ni bila uveljavljena neposredno, saj bi bile spremembe koordinat točk prevelike (do ~80 mm). Uporabljena pragmatična rešitev (D96-17) upošteva dejanske spremembe v fizičnem prostoru in prinaša uskladitev koordinat v in med mrežami EUREF-točk, omrežjem SIGNAL in kombinirano geodetsko mrežo 0. reda, in sicer tako, da so spremembe koordinat točk, vključenih v predhodni realizaciji ETRS89, najmanjše možne. Ključna prednost takšne rešitve je, da glede na dobljene sistematične spremembe koordinat (do ~24 mm) ne bo potrebna (ponovna) transformacija državnih prostorskih podatkovnih zbirk, npr. zemljiškega katastra.

Med rezultati obdelave GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016 pa so poleg nove realizacije ETRS89 z oznako D17 in sprejete pragmatične rešitve z D96-17 – ki poleg nove upošteva še obe predhodni realizaciji, ki ju tu označujemo z D96 EUREF in D96 SIGNAL, – tudi optimalni transformacijski parametri transformacij med vsemi navedenimi realizacijami ETRS89 v Sloveniji [6]. Pri geodetskih nalogah, kjer je zahtevana visoka natančnost in točnost določanja koordinat točk (npr. pasivne in aktivne geodetske GNSS-mreže, inženirske mreže, mreže točk za vpetje modela kvazi-geoida ipd.), lahko že z ustrezno transformacijo koordinat GNSS-točk, pridobljenih z navezavo na različne realizacije ETRS89, ki so bile doslej v uporabi, njihovo kakovost bistveno izboljšate.

Brezplačni program **ETRS89-SI** je namenjen izvedbi datumskih transformacij med štirimi dosedanjimi realizacijami ETRS89 v Sloveniji: D96 EUREF, D96 SIGNAL, D96-17 in D17. Poleg tega pa omogoča tudi pretvorbe koordinat med štirimi koordinatnimi sistemi, in sicer geocentričnim kartezičnim (XYZ), geodetskim ($\lambda\phi h$) ter dvema sestavljenima koordinatnima sistemoma – z elipsoidno višino kombiniranima ravninskima sistemoma, ki temeljita na prečni Mercatorjevi projekciji (TM+h in UTM+h).

Po štirje zgoraj omenjeni geodetski datumi in koordinatni sistemi tvorijo skupaj 16 različnih referenčnih koordinatnih sistemov, med katerimi je kar 240 različnih prehodov; samo 14 takšnih transformacij oz. pretvorb (tj. 5,8 %) je neposrednih (npr. iz D96-17/XYZ v D17/XYZ, ali pa iz D96-17/TM+h v D96-17/UTM+h), v splošnem pa lahko prehod med izbranimi referenčnima koordinatnima sistemoma zahteva do šest korakov (npr. iz D96 SIGNAL/TM+h v D96-17/TM+h). S program ETRS89-SI so vse te transformacije in pretvorbe dostopne za ceno nekaj klikov, in sicer za datoteke s koordinatami točk v najpogosteje uporabljenih besedilnih formatih (*.crd, *.csv, *.txt in *.xyz).

1.1 Pojmovnik

Nekaj osnovnih pojmov v zvezi geodetskimi datumi in koordinatnimi sistemi ter transformacijami in pretvorbami koordinat:

- **ciljni referenčni koordinatni sistem** (angl. target CRS) ... referenčni koordinatni sistem, v katerega izvajamo transformacijo in/ali pretvorbo koordinat
- **D17** ... ponovljena in s strani EUREF potrjena slovenska realizacija ETRS89 – tudi ETRS89/D17 (geodetski datum 2017), ki temelji na EUREF GNSS-izmeri iz leta 2016; zaradi prevelikih koordinatnih razlik (glede na prvotno realizacijo) ni bila uveljavljena neposredno, je pa pomemben vezni člen med dosedanjimi statičnimi in predvideno prihodnjo (pol)kinematično realizacijo ETRS89 v Sloveniji
- **D48** ... »stari« slovenski terestrični geodetski datum (geodetski datum 1948), ki temelji na geodetski izmeri v klasični astrogeodetski mreži
- **D96** ... sodoben slovenski terestrični geodetski datum – slovenska realizacija ETRS89, tudi ETRS89/D96 (geodetski datum 1996), ki temelji na geodetski izmeri s tehnologijo GNSS
- **D96 EUREF** ... prvotna in s strani EUREF potrjena slovenska realizacija ETRS89, ki temelji na EUREF GPS-izmerah iz let 1994–1996; dodatek »EUREF« poudari, da gre za prvotno realizacijo, v kateri so bile določene samo koordinate osnovne pasivne GNSS-mreže (EUREF-točk)
- **D96 SIGNAL** ... kasnejša slovenska realizacija ETRS89, ki temelji na t. i. Mini-EUREF GPS-izmeri iz leta 2007; dodatek »SIGNAL« poudari, da gre za naknadno realizacijo, v kateri so bile določene še koordinate stalnih postaj omrežja SIGNAL
- **D96-17** ... slovenska realizacija ETRS89, ki temelji na obeh s strani EUREF potrjenih realizacijah (D96 in D17); upošteva dejanske spremembe v fizičnem prostoru in prinaša uskladitev koordinat v in med mrežami EUREF-točk, omrežjem SIGNAL in kombinirano geodetsko mrežo 0. reda, in sicer tako, da so spremembe koordinat točk, vključenih v dosedanje realizacije ETRS89, najmanjše možne
- **ETRS89** ... evropski terestrični referenčni sistem 1989; geocentrični kartezični koordinatni sistem, vezan na evrazijsko tektonsko ploščo; po definiciji se ujema z mednarodnim terestričnim referenčnim sistemom (ITRS) v epohi 1989.0 in temelji na GRS80
- **GRS80** ... geodetski referenčni sistem 1980 je sistem, ki določa parametre oblike in razsežnosti Zemlje kot planeta in njenega težnostnega polja
- **izvorni referenčni koordinatni sistem** (angl. source CRS) ... referenčni koordinatni sistem, iz katerega izvajamo transformacijo in/ali pretvorbo koordinat
- **pretvorba koordinat** (angl. coordinate conversion) ... pretvorba koordinat med dvema koordinatnima sistemoma, ki ne vključuje spremembe geodetskega datuma
- **referenčni koordinatni sistem** (angl. coordinate reference system – CRS) ... dejansko vzpostavljen (realiziran) koordinatni sistem oz. koordinatni sestav – koordinatni sistem z določenim geodetskim datumom
- **TM+h** ... z elipsoidno višino (h) kombiniran ravninski koordinatni sistem, ki temelji na prečni Mercatorjevi (angl. transverse Mercator – TM) projekciji; os e (angl. easting) je usmerjena proti vzhodu, os n (angl. northing) pa proti severu
- **transformacija koordinat**, datumska transformacija (angl. coordinate transformation, datum transformation) ... transformacija koordinat med dvema referenčnima koordinatnima sistemoma, ki vključuje spremembo geodetskega datuma
- **UTM+h** ... z elipsoidno višino (h) kombiniran ravninski koordinatni sistem, ki temelji na univerzalni prečni Mercatorjevi (angl. universal transverse Mercator – UTM) projekciji; os e (angl. easting) je usmerjena proti vzhodu, os n (angl. northing) pa proti severu
- **XYZ** ... kartezični koordinatni sistem s središčem v težišču Zemlje; os Z je usmerjena proti severnemu polu, os X proti presečišču začetnega (ničelnega) meridiana (skozi Greenwich) in ekvatorja, os Y pa je na obe pravokotna in usmerjena tako, da je sistem desno orientiran
- **$\lambda\varphi h$** ... krivočrtni geodetski koordinatni sistem z geodetsko dolžino (λ), geodetsko širino (φ) in elipsoidno višino (h)

1.2 Referenčni koordinatni sistemi

Program ETRS89-SI podpira po štiri geodetske datume in koordinatne sisteme, ki skupaj tvorijo 16 referenčnih koordinatnih sistemov – dejansko vzpostavljenih koordinatnih sistemov oz. koordinatnih sestavov. Gre za sodobne realizacije koordinatnih sistemov¹, ki temeljijo na tehnologiji GNSS in v Sloveniji vzpostavljajo ETRS89 – horizontalno sestavino skupnega evropskega prostorskega referenčnega sistema ESRS [15]. Ta temelji na GRS80; začetni (ničelni) meridian gre skozi Greenwich, uporabljen je referenčni elipsoid GRS80 s parametroma [11]:

- $a = 6378137 \text{ m}$... ekvatorialni polmer Zemlje oz. velika polos rotacijskega elipsoida
- $e^2 = 0,00669438002290$... prva ekscentričnost rotacijskega elipsoida

1.2.1 Geodetski datumi

V Sloveniji imamo doslej štiri realizacije ETRS89, pri čemer sta dve uradno potrjeni s strani EUREF. Generični geodetski datum za realizacije ETRS89 (brez razlikovanja posameznih realizacij) ima v zbirki geodetskih parametrov kodo EPSG 6258 [2].

D96 EUREF

... je prvotna slovenska realizacija ETRS89 – tudi ETRS89/D96 –, ki temelji na EUREF GPS-izmerah iz let 1994–1996 s srednjo epoko izmer 1995,55 [3] & [4]. Kombinirani izračun vseh treh izmer je bil predstavljen in potrjen na simpoziju EUREF 2003 v Toledu. Ogradje realizacije je ITRF96/ETRF96. V izračun je bilo vključenih 49 pasivnih GNSS-točk (t. i. EUREF-točk). Točke imajo koordinate v D96 EUREF, če so bile določene z (oz. vezane na) GNSS-izmero pred 21. 12. 2007 oz. če so bile pred 1. 1. 2020 določene z navezavo (posredno ali neposredno) na EUREF-točke. Slovenski geodetski datum 1996 (D96) ima v zbirki geodetskih parametrov kodo EPSG 6765 [2].

D96 SIGNAL

... je kasnejša slovenska realizacija ETRS89, ki temelji na t. i. Mini-EUREF GPS-izmeri iz leta 2007 s srednjo epoko izmere 2007,26 [12]. Izvedena je bila zaradi določitve koordinat stalnih GNSS-postaj omrežja SIGNAL. Ogradje realizacije je ITRF2005/ETRF96, vendar so bile končne koordinate transformirane v epoko 1995,55 (D96). V izračun je bilo vključenih 5 uradnih EUREF-točk in 15 stalnih postaj omrežja SIGNAL. Točke imajo koordinate v D96 SIGNAL, če so bile določene med 21. 12. 2007 in 1. 1. 2020 z navezavo na omrežje SIGNAL oz. z uporabo storitev omrežja SIGNAL.

¹ Program ETRS89-SI ni namenjen transformaciji v/iz D48 – transformacijo koordinat med »starim« in »novim« državnim ravninskim referenčnim koordinatnim sistemom (D48/GK ↔ D96/TM) z vsedravnim modelom trikotniške transformacije lahko izvedete na primer s programom **3tra** [1], ki je na voljo na spletnem naslovu http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/DPKS/Transformacija_v_novi_KS/Aplikacije/3tra.zip.

D17

... je zadnja slovenska realizacija ETRS89 – tudi ETRS89/D17 –, ki temelji na EUREF GNSS-izmeri iz leta 2016 s srednjo epoko izmere 2016,75 [5] & [6]. Izračun je bil predstavljen in potrjen na simpoziju EUREF 2018 v Amsterdamu. Ogradje realizacije je IGB08/ETRF2000. V izračun je bilo vključenih 46 EUREF-točk, 16 stalnih postaj omrežja SIGNAL ter 7 takrat delujočih stalnih postaj kombinirane geodetske mreže 0. reda. Ta realizacija ni bila uveljavljena v praksi, saj bi prinesla prevelike spremembe koordinat geodetskih točk; namesto nje je bila uporabljena pragmatična rešitev D96-17 (glej spodaj). Vendar pa je D17 pomemben vezni člen med dosedanjimi statičnimi in tudi prihodnjo realizacijo ETRS89, ki bo predvidoma temeljila na (pol)kinematičnem geodetskem datumu [10].

D96-17

... je pragmatična rešitev za izboljšanje kakovosti koordinat v obstoječih pasivnih in aktivnih GNSS-mrežah, ki temelji na vseh treh realizacijah ETRS89 (glej zgoraj). Upošteva dejanske spremembe v fizičnem prostoru in prinaša uskladitev koordinat v in med mrežami EUREF-točk, omrežjem SIGNAL in kombinirano geodetsko mrežo 0. reda, in sicer tako, da so spremembe koordinat točk, vključenih v predhodni realizaciji ETRS89 (D96 EUREF in D96 SIGNAL), najmanjše možne [6]. Koordinate v D96-17 so v omrežju SIGNAL v rabi od 1. 1. 2020 [13].

1.2.2 Koordinatni sistemi

Koordinate, pridobljene s tehnologijo GNSS, so določene v globalnem koordinatnem sistemu, ki je geocentrični kartezični sistem. Za določanje položaja na površju Zemlje je na voljo tudi krivočrtni geodetski koordinatni sistem. Uradni državni horizontalni koordinatni sistem v Sloveniji temelji na prečni Mercatorjevi projekciji – TM; Slovenska vojska pa skladno s standardi Nata uporablja UTM. Tako so v Sloveniji za horizontalno sestavino državnega prostorskega koordinatnega sistema v rabi štiri koordinatni sistemi.

XYZ

... je geocentrični kartezični koordinatni sistem (angl. geocentric Cartesian coordinate system). Os **Z** je usmerjena proti severnemu polu, os **X** proti presečišču izhodiščnega meridiana (skozi Greenwich) in ekvatorja, os **Y** pa je na obe pravokotna in usmerjena tako, da je sistem desno orientiran (angl. right-handed system). Koordinate so podane v metrih [m]. Geocentrični kartezični koordinatni sistem ima v zbirki geodetskih parametrov kodo EPSG 6500 [2].

$\lambda\varphi h$

... je krivočrtni geodetski koordinatni sistem (angl. curvilinear geodetic coordinate system). λ je geodetska dolžina (angl. geodetic longitude), φ je geodetska širina (angl. geodetic latitude), h pa je elipsoidna višina (angl. ellipsoidal height). Geodetske dolžine so merjene od začetnega (ničelnega) meridiana skozi Greenwich; vzhodno od njega so te pozitivne, zahodno pa negativne. Geodetske širine so merjene od ekvatorja; severno od njega so te pozitivne, južno pa negativne. Elipsoidna višina je razdalja med ploskvijo referenčnega elipsoida in točko, merjena po normalni na elipsoid; točke zunaj le-tega imajo pozitivno, znotraj pa negativno elipsoidno višino. Geodetska dolžina in širina sta podani v ločnih stopinjah [°], elipsoidna višina pa v metrih [m]. Trirazsežni geodetski koordinatni sistem ima v zbirki geodetskih parametrov kodo EPSG 6423 [2] – vendar z vrstnim redom koordinat: φ, λ, h .

TM+h

... je sestavljeni koordinatni sistem (angl. compound coordinate system) – z elipsoidno višino kombiniran ravninski koordinatni sistem, ki temelji na prečni Mercatorjevi (angl. transverse Mercator – TM) projekciji. Za definicijo elipsoidne višine glej zgoraj ($\lambda\phi h$). Koordinata **e** (angl. easting) je oddaljenost od projekcije srednjega meridiana cone (angl. central meridian – λ_0), pri čemer je ta navidezno zamaknjena (angl. false easting – f_e); koordinata **n** (angl. northing) je oddaljenost od projekcije ekvatorja, pri čemer je tudi slednja navidezno zamaknjena (angl. false northing – f_n). Obe ravninski koordinati sta pomnoženi še z izbranim faktorjem merila (angl. scale factor – m_0). Ravninski koordinati in elipsoidna višina so podane v metrih [m]. Ravninski koordinatni sistem z osema, usmerjenima proti vzhodu in severu (e, n), ima v zbirki geodetskih parametrov kodo EPSG 4400 [2]. Parametri slovenske državne kartografske projekcije so [9]:

- $\lambda_0 = 15^\circ$... srednji meridian cone
- $f_e = 500000$ m ... zamik e-koordinat
- $f_n = -5000000$ m ... zamik n-koordinat
- $m_0 = 0,9999$... faktor merila na srednjem meridianu cone

Prečna mercatorjeva projekcija z zgoraj navedenimi parametri ima v zbirki geodetskih parametrov kodo EPSG 19845 [2].

UTM+h

... je z elipsoidno višino kombiniran ravninski koordinatni sistem, ki temelji na univerzalni prečni Mercatorjevi (angl. universal transverse Mercator – UTM) projekciji. Matematična definicija je ista kot za TM+h (glej zgoraj); razlika je le v parametrih kartografske projekcije. Parametri kartografske projekcije UTM33N (oz. UTM33T), ki jo uradno uporablja Slovenska vojska, so [9]:

- $\lambda_0 = 15^\circ$... srednji meridian cone
- $f_e = 500000$ m ... zamik e-koordinat
- $f_n = 0$ m ... zamik n-koordinat
- $m_0 = 0,9996$... faktor merila na srednjem meridianu cone

Univerzalna prečna Mercatorjeva projekcija z zgoraj navedenimi parametri ima v zbirki geodetskih parametrov kodo EPSG 16033 [2].

Pojasnilo

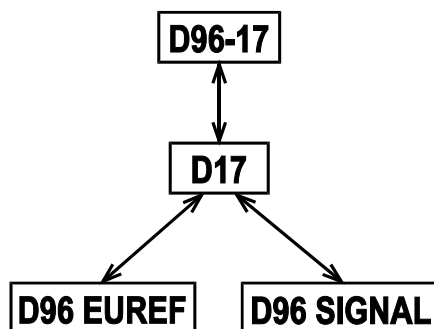
Definicijsko območje transformacij in pretvorb s programom ETRS89-SI, je vezano na zemljepisno območje Evrope. Geodetska dolžina točke ne sme biti manjša od -32° (tj. $32^\circ W$), kar vključuje najzahodnejši del Azorov (Portugalska), in ne sme biti večja od $+70^\circ$ (tj. $70^\circ E$), kar vključuje najvzhodnejši del Nove zemlje (Rusija). Geodetska širina točke ne sme biti manjša od $+34^\circ$ (tj. $34^\circ N$), kar vključuje najjužnejši del Krete (Grčija), in ne sme biti večja od $+82^\circ$ (tj. $82^\circ N$), kar vključuje najsevernejši del Zemlje Franca Jožefa (Rusija). Elipsoidna višina točke ne sme biti manjša od -100 km, kar tudi na območjih njene največje debeline vključuje celotno Zemljino skorjo (ki jo od plašča razmejuje ploskev, imenovana Mohorovičićeva nezveznost), in ne sme biti večja od $+100$ km, kar vključuje celotno Zemljino atmosfero (ki jo od vesoljskega prostora razmejuje ploskev, imenovana Kármánova ločnica). Vhodne koordinate vsake točke program preveri pred pričetkom transformacije, morebitne točke, ki se nahajajo zunaj definicijskega območja transformacije, pa v izhodno datoteko samo prepíše. V primeru, da izvirne koordinate niso v krivočrtnem geodetskem koordinatnem sistemu ($\lambda\phi h$), jih program (za potrebe preverjanja) najprej ustrezno pretvori.

1.3 Transformacije/pretvorbe koordinat

Program ETRS89-SI omogoča vse možne transformacije in/ali pretvorbe med navedenimi 16-imi referenčnimi koordinatnimi sistemi – skupaj torej 240 različnih prehodov.

1.3.1 Neposredne transformacije koordinat

Neposredne povezave med geodetskimi datumi, ki jih podpira program ETRS89-SI, so tri in jih lahko prikažemo z naslednjo shemo:



Za vse tri neposredne prehode, ki povezujejo štiri dosedanje realizacije ETRS89 v Sloveniji, je uporabljena toga prostorska (6-parametrična) transformacija, glej [6], enačba (3). Spodaj navedeni parametri pomikov in zasukov ($T_x, T_y, T_z, R_x, R_y, R_z$) so skladni z IERS-konvencijami in so podani v milimetrih [mm] oz. v tisočinkah ločnih sekund [mas] (angl. miliarcsecond). **Pozor:** parametri v [6] so izračunani s programom Bernese (modul HELMR1), ki ne sledi tej konvenciji – parametri zasukov (R_x, R_y, R_z) se glede na spodaj navedene razlikujejo v predznakih (!).

D96 EUREF ↔ D17

Prehod med geodetskima datumoma D96 EUREF in D17 je določen na podlagi 41-ih skrbno preverjenih EUREF-točk, ki so bile vključene v obe realizaciji ETRS89. RMS koordinat veznih točk pri optimalni togi transformaciji veznih točk je 13,0 mm. Parametri transformacije iz D96 EUREF v D17 so [6]:

- $T_x = -298,88 \text{ mm}$... pomik po X-osi
- $T_y = 265,67 \text{ mm}$... pomik po Y-osi
- $T_z = 208,88 \text{ mm}$... pomik po Z-osi
- $R_x = -24,308 \text{ mas}$... zasuk okoli X-osi
- $R_y = 2,025 \text{ mas}$... zasuk okoli Y-osi
- $R_z = -39,832 \text{ mas}$... zasuk okoli Z-osi

Parametri transformacije iz D17 v D96 EUREF so enaki kot zgoraj, le z nasprotnimi predznaki.

D96 SIGNAL ↔ D17

Prehod med geodetskima datumoma D96 SIGNAL in D17 je določen na podlagi 15-ih skrbno preverjenih stalnih postaj omrežja SIGNAL, ki so bile vključene v obe realizaciji ETRS89. RMS koordinat veznih točk pri optimalni togi transformaciji veznih točk je 6,0 mm. Parametri transformacije iz D96 SIGNAL v D17 so [6]:

- $T_x = -174,39 \text{ mm}$... pomik po X-osi
- $T_y = -68,60 \text{ mm}$... pomik po Y-osi
- $T_z = 193,65 \text{ mm}$... pomik po Z-osi
- $R_x = -11,272 \text{ mas}$... zasuk okoli X-osi
- $R_y = 5,321 \text{ mas}$... zasuk okoli Y-osi
- $R_z = -8,907 \text{ mas}$... zasuk okoli Z-osi

Parametri transformacije iz D17 v D96 SIGNAL so enaki kot zgoraj, le z nasprotnimi predznaki.

D17 ↔ D96-17

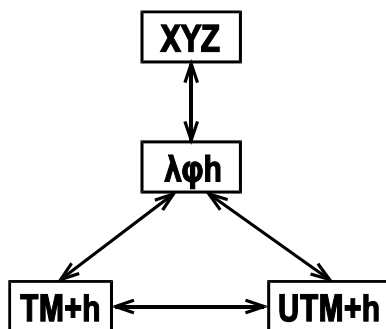
Prehod med geodetskima datumoma D17 in D96-17 je določen tako, da so dobljene koordinate točk v D96-17 težišča parov točk, dobljenih s transformacijo istih točk najprej iz D17 v D96 EUREF, nato pa še iz D17 v D96 SIGNAL (glej zgoraj). Parametri takšne transformacije, ki je tudi toga prostorska transformacija, iz D17 v D96-17 so kar aritmetične sredine parametrov obeh omenjenih transformacij [6]:

- $T_x = 236,635 \text{ mm}$... pomik po X-osi
- $T_y = -98,535 \text{ mm}$... pomik po Y-osi
- $T_z = -201,265 \text{ mm}$... pomik po Z-osi
- $R_x = 17,790 \text{ mas}$... zasuk okoli X-osi
- $R_y = -3,673 \text{ mas}$... zasuk okoli Y-osi
- $R_z = 24,3695 \text{ mas}$... zasuk okoli Z-osi

Parametri transformacije iz D96-17 v D17 so enaki kot zgoraj, le z nasprotnimi predznaki.

1.3.2 Neposredne pretvorbe koordinat

Neposredne povezave med koordinatnimi sistemi, ki jih podpira program ETRS89-SI, so štiri in jih lahko prikažemo z naslednjo shemo:



$\lambda\phi h \leftrightarrow XYZ$

Prehod iz krivočrtnega geodetskega v geocentrični kartezični koordinatni sistem, torej iz $\lambda\phi h$ v XYZ je zelo enostaven; uporabljene so stroge enačbe [16], str. 325. Prehod iz geocentričnega kartezičnega v krivočrtni geodetski koordinatni sistem je matematično nekoliko zahtevnejši. Uporabljena je Sjöbergova stroga rešitev [14].

$\lambda\phi h \leftrightarrow TM+h$

Prehoda med krivočrtnim geodetskim in ravninskim koordinatnim sistemom, ki temelji na prečni Mercatorjevi projekciji, torej med $\lambda\phi h$ in $TM+h$, sta tudi matematično nekoliko zahtevnejša. Čeprav obstaja tudi stroga rešitev, so uporabljene razširjene Krügerjeve enačbe [8], ki so primerljive natančnosti, a omogočajo nekajkrat hitrejši izračun.

$\lambda\phi h \leftrightarrow UTM+h$

Prehoda med krivočrtnim geodetskim in ravninskim koordinatnim sistemom, ki temelji na univerzalni prečni Mercatorjevi projekciji, torej med $\lambda\phi h$ in $UTM+h$, sta matematično enaka prehodoma med $\lambda\phi h$ in $TM+h$ (glej zgoraj), razlikujejo se le parametri projekcije. Zato so za obe pretvorbi uporabljene iste enačbe.

$TM+h \leftrightarrow UTM+h$

Prehoda med obema ravninskima koordinatnima sistemoma sta seveda izvedljiva tudi v dveh korakih (prek krivočrtnih geodetskih koordinat) – glej shemo zgoraj –, a sta na voljo tudi bistveno enostavnejši in natančnejši neposredni pretvorbi [9]. Program ETRS89-SI zato pretvorbi med $TM+h$ in $UTM+h$ izvaja neposredno.

1.3.3 Nekatere zanimivejše transformacije/pretvorbe koordinat

Program ETRS89-SI lahko uporabljate tudi zgolj za pretvorbe koordinat med različnimi koordinatnimi sistemi; v tem primeru izberete isti izvorni in ciljni geodetski datum – vseeno katerega –, vse realizacije ETRS89 namreč temeljijo na GRS80 (glej začetek podpoglavja 1.2). Med zanimivejše transformacije, ki jih omogoča program ETRS89-SI, pa sodijo tiste, ki omogočajo uskladitev GNSS-izmer, ki so bile izvedene v različnih obdobjih oz. z navezavo na različne realizacije ETRS89, ki so bile doslej v rabi v Sloveniji.

D96 EUREF/XYZ \leftrightarrow D17/XYZ

Prehod med obema uradnima realizacijama ETRS89 v Sloveniji (potrjenima s strani EUREF), in sicer v sistemu geocentričnih kartezičnih koordinat, se izvede neposredno – v enem koraku. Največje koordinatne razlike so zabeležene za **X**-koordinate, in sicer do **56,6 mm** (Breginj, Občina Kobarid). Razlike v 3R položaju znašajo med 23,2 mm (Pince - Marof, Občina Lendava) in **81,0 mm** (morje, Občina Piran). Zaradi dobljenih (prevelikih) koordinatnih razlik geodetski datum D17 ni mogel biti uveljavljen neposredno.

D96 EUREF/TM+h ↔ D17/TM+h

Prehod med obema uradnima realizacijama ETRS89 v Sloveniji (potrjenima s strani EUREF), in sicer v državnem ravninskem koordinatnem sistemu, kombiniranem z elipsoidno višino, se izvede v petih korakih: D96 EUREF/TM+h ↔ D96 EUREF/λφh ↔ D96 EUREF/XYZ ↔ D17/XYZ ↔ D17/λφh ↔ D17/TM+h. Največje koordinatne razlike so zabeležene za **n**-koordinate, in sicer do **76,0 mm** (morje, Občina Piran). Razlike v 2R položaju znašajo med 22,5 mm (Pince - Marof, Občina Lendava) in **80,1 mm** (morje, Občina Piran). Razlike elipsoidnih višin znašajo do **12,1 mm** (morje, Občina Piran).

D96 SIGNAL/XYZ ↔ D17/XYZ

Prehod med realizacijo ETRS89 za določitev koordinat stalnih postaj v omrežju SIGNAL in zadnjo uradno (s strani EUREF potrjeno) realizacijo, in sicer v sistemu geocentričnih kartezičnih koordinat, se izvede neposredno – v enem koraku. Največje koordinatne razlike so zabeležene za **Z**-koordinate, in sicer do **27,1 mm** (Breginj, Občina Kobarid). Razlike v 3R položaju znašajo med 16,3 mm (Pince - Marof, Občina Lendava) in **29,8 mm** (Breginj, Občina Kobarid).

D96 SIGNAL/TM+h ↔ D17/TM+h

Prehod med realizacijo ETRS89 za določitev koordinat stalnih postaj v omrežju SIGNAL in zadnjo uradno (s strani EUREF potrjeno) realizacijo, in sicer v državnem ravninskem koordinatnem sistemu, kombiniranem z elipsoidno višino, se izvede v petih korakih: D96 SIGNAL/TM+h ↔ D96 SIGNAL/λφh ↔ D96 SIGNAL/XYZ ↔ D17/XYZ ↔ D17/λφh ↔ D17/TM+h. Največje koordinatne razlike so zabeležene za **n**-koordinate, in sicer do **27,8 mm** (morje, Občina Piran). Razlike v 2R položaju znašajo med 12,0 mm (Pince - Marof, Občina Lendava) in **28,3 mm** (morje, Občina Piran). Razlike elipsoidnih višin znašajo do **12,9 mm** (Budinci, Občina Šalovci).

D96 EUREF/TM+h ↔ D96 SIGNAL/TM+h

Prehod med prvo uradno realizacijo ETRS89 v Sloveniji (potrjeno s strani EUREF) in kasnejšo realizacijo za določitev koordinat stalnih postaj v omrežju SIGNAL, in sicer v državnem ravninskem koordinatnem sistemu, kombiniranem z elipsoidno višino, se izvede v šestih korakih: D96 EUREF/TM+h ↔ D96 EUREF/λφh ↔ D96 EUREF/XYZ ↔ D17/XYZ ↔ D96 SIGNAL/XYZ ↔ D96 SIGNAL/λφh ↔ D96 SIGNAL/TM+h. Največje koordinatne razlike so zabeležene za **n**-koordinate, in sicer do **48,2 mm** (Breginj, Občina Kobarid). Razlike v 2R položaju znašajo med 11,1 mm (Pince - Marof, Občina Lendava) in **52,2 mm** (morje, Občina Piran). Razlike elipsoidnih višin znašajo do **19,7 mm** (morje, Občina Piran).

D96 EUREF/TM+h ↔ D96-17/TM+h

Prehod med prvo uradno realizacijo ETRS89 v Sloveniji (potrjeno s strani EUREF) in pragmatično rešitvijo D96-17, in sicer v državnem ravninskem koordinatnem sistemu, kombiniranem z elipsoidno višino, se izvede v šestih korakih: D96 EUREF/TM+h ↔ D96 EUREF/λφh ↔ D96 EUREF/XYZ ↔ D17/XYZ ↔ D96-17/XYZ ↔ D96-17/λφh ↔ D96-17/TM+h. Največje koordinatne razlike so zabeležene za **n**-koordinate, in sicer do **24,1 mm** (Breginj, Občina Kobarid). Razlike v 2R položaju znašajo med 5,6 mm (Pince - Marof, Občina Lendava) in **26,1 mm** (morje, Občina Piran). Razlike elipsoidnih višin znašajo do **9,9 mm** (morje, Občina Piran).

D96 SIGNAL/TM+h ↔ D96-17/TM+h

Prehod med realizacijo ETRS89 za določitev koordinat stalnih postaj v omrežju SIGNAL in pragmatično rešitvijo D96-17, in sicer v državnem ravninskem koordinatnem sistemu, kombiniranem z elipsoidno višino, se izvede v šestih korakih: D96 SIGNAL/TM+h ↔ D96 SIGNAL/ $\lambda\phi h$ ↔ D96 SIGNAL/XYZ ↔ D17/XYZ ↔ D96-17/XYZ ↔ D96-17/ $\lambda\phi h$ ↔ D96-17/TM+h. Največje koordinatne razlike so zabeležene za n-koordinate, in sicer do **24,1 mm** (Breginj, Občina Kobarid). Razlike v 2R položaju znašajo med 5,6 mm (Pince - Marof, Občina Lendava) in **26,1 mm** (morje, Občina Piran). Razlike elipsoidnih višin znašajo do **9,9 mm** (morje, Občina Piran). Na prvi pogled so največje zabeležene koordinatne razlike enake kot pri prehodu D96 EUREF/TM+h ↔ D96-17/TM+h (glej zgoraj), vendar se razlikujejo v predznakih, D96-17 je namreč ravno »na pol poti« med D96 EUREF in D96 SIGNAL [6].


Pojasnilo

Program ETRS89-SI je namenjen transformacijam in/ali pretvorbam koordinat geodetskih točk v Sloveniji, vendar je definicijsko območje transformacije za vseh 16 referenčnih koordinatnih sistemov razširjeno na območje celotne Evrope (za omejitve pri vhodnih koordinatah glej Pojasnilo na koncu podpoglavja 1.2). Razširitev definicijskega območja transformacije je nujna npr. pri izračunih koordinat EUREF GNSS-izmer, kjer v GNSS-mrežo vključimo tudi izhodiščne in kontrolne točke (IGS-točke) širom Evrope. Povratnost (reverzibilnost) vseh neposrednih transformacij in pretvorb je na območju Slovenije znotraj 20 nm (0,0000002 m) – gre za največje zabeleženo odstopanje koordinat po transformaciji/pretvorbi iz izvornega v ciljni datum/sistem in nazaj, in sicer za vse neposredne prehode (6 datumskih transformacij in 8 pretvorb koordinat, glej obe shemi prehodov); pri analizi je bilo uporabljenih ~54000 točk, ki tvorijo obod države (točke državne meje). Pri vseh pretvorbah med koordinatnimi sistemi je tako kakovost koordinat v ciljnem sistemu odvisna zgolj od njihove kakovosti v izvornem sistemu. Pri datumskih transformacijah pa je seveda kakovost koordinat v ciljnem sistemu odvisna tudi od kakovosti določitve transformacijskih parametrov (za transformacijo iz D96 SIGNAL v D17 je npr. dobljeni RMS koordinat 6,0 mm).

2 Namestitev programa

Program ETRS89-SI ne zahteva posebne namestitve. Komprimirano (zip-)datoteko, ki je na voljo na spletnem naslovu http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/DPKS/Transformacije_ETRS89/Aplikacije/ETRS89-SI.zip, shranite v izbrano mapo (npr. D:\...\ETRS89-SI) in njeno vsebino razpakirate/dekomprimirate. V mapi dobite naslednji dve datoteki:

- **ETRS89-SI_prirocnik.pdf** ... pričujoči uporabniški priročnik programa ETRS89-SI
- **ETRS89-SI.exe** ... izvršljiva datoteka (angl. executable file) programa ETRS89-SI

Prikladno je ustvariti še bližnjico do programa ETRS89-SI. Z desnim klikom na namizje prikličete priročni meni, kjer izberete »Novo« in v dobljenem podmeniju »Bližnjica«. Pojavi se čarovnik za ustvarjanje bližnjice. Kliknete na gumb »Prebrskaj ...« in poiščete mapo s programom (npr. D:\...\ETRS89-SI). Izberete datoteko ETRS89-SI.exe in kliknete na gumb »Naprej«. Nato vnesete ime bližnjice (npr. ETRS89-SI). Kliknete še na gumb »Dokončaj« in na namizju se pojavi ikona za dostop do programa ETRS89-SI ().

Razvojno okolje

Program ETRS89-SI je razvit v okolju MS Visual Studio 2017, in sicer v programskem jeziku Visual C++.

Zahteve za delovanje programa

Program ETRS89-SI zahteva operacijski sistem MS Windows, ki je novejši od Windows XP. Delovanje programa je preizkušeno na operacijskih sistemih Windows Vista Home (32-bitni), Windows 8 Enterprise (32-bitni), Windows 10 Home (64-bitni, s podporo dotika) in Windows 10 Enterprise (64-bitni).

Zavrnitev odgovornosti

Program ETRS89-SI je brezplačni program (freeware) – na voljo je vsem uporabnikom v izvršljivi obliki, brez izvorne kode. Geodetska uprava Republike Slovenije zavrača vsakršna jamstva, da program ETRS89-SI izpolnjuje vaše specifične zahteve in da je brez napak. Poleg tega izrecno zavrača vsakršno odgovornost za kakršno koli neposredno, posredno ali posledično škodo, ki bi bila posledica uporabe programa ETRS89-SI. Uporabljate ga po vaši lastni presoji in na lastno odgovornost.

3 Podprti formati datotek

Program ETRS89-SI podpira naslednje oblike vhodnih datotek:

- CRD-datoteke (koordinate v formatu Bernese)
- CSV-datoteke (MS DOS, ločeno z vejico ali s podpičjem)
- TXT-datoteke (MS DOS, ločeno s tabulatorji ali presledki, tudi PRN-datoteke)
- XYZ-datoteke (tudi ASC-datoteke)

Pričakovan vrstni red koordinat v vhodnih datotekah je (X, Y, Z) za geocentrični kartezični koordinatni sistem, (λ , φ , h) za krivočrtni geodetski koordinatni sistem in (e, n, h) za oba sestavljena koordinatna sistema – z elipsoidno višino kombinirana ravninska sistema, ki temeljita na prečnih Mercatorjevih projekcijah.

3.1 CRD-datoteke (koordinate v formatu Bernese)

Datoteke s koordinatami, ki jih uporablja program Bernese (angl. Bernese coordinate file format; station coordinates), glej [7], str. 726–729., imajo pripono ».crd«. Gre za datoteke v t. i. ASCII-formatu – oblikovano besedilo (angl. formatted text), ki je razdeljeno s presledki (angl. space delimited). Glavi datoteke sledi seznam točk s koordinatami. Obvezna je uporaba geocentričnih kartezičnih koordinat (XYZ); drugi koordinatni sistemi niso predvideni. Oblika zapisa vrstic s koordinatami je strogo določena: FORMAT(I3,2X,A16,3F15.5,4X,A1).

Primer crd-datoteke:

```
D96 Coordinates of EUREF Sites                                04-FEB-19 10:28
-----
LOCAL GEODETIC DATUM: ETRF96                                EPOCH: 1995-07-22 8:00:30

NUM  STATION NAME      X (M)      Y (M)      Z (M)      FLAG
  1  0173 KUCELJ        4293438.8652 1129475.5289 4565201.9016  A
  2  0372 VEL. KOPA    4244884.5787 1153155.6880 4605345.1339  A
  3  0518 KORADA      4310119.7801 1039590.8146 4570877.1389  A
. . .
```

Opozorilo

Program ETRS89-SI glede na izbrani ciljni geodetski datum ustrezno spremeni tudi informacije v glavi datoteke. Za epoko realizacije tudi pri D96 SIGNAL navede »1995-07-22 8:00:30«, tj. 1995,55; čeprav je bila dejanska epoha realizacije 2007,26; končne koordinate so bile namreč transformirane v epoko 1995,55. Podobno tudi pri D96-17 za ogrodje in epoko realizacije navede »ETRF96« in »1995-07-22 8:00:30«, čeprav sta bila (vsaj za geometrijo mreže) dejansko ogrodje realizacije ETRF2000, epoha pa 2016,75. Zastavice (angl. flags) v seznamu s koordinatami točk ostanejo v izhodni datoteki nespremenjene.

3.2 CSV-datoteke (MS DOS, ločeno z vejico ali s podpičjem)

Besedilne datoteke, v katerih so atributi točk ločeni z vejico ali s podpičjem, imajo običajno pripono ».csv« (iz angl. comma-separated values). Takšne datoteke lahko dobimo na primer z izvozom iz preglednice, pripravljene s programom MS Excel. Posamezna točka zaseda eno vrstico datoteke. Za transformacijo s programom ETRS89-SI mora biti točka podana z imenom ali oznako/številko, tremi koordinatami ter morebitnimi drugimi atributi. Ločilo pri koordinatah točk je decimalna pika, pogojno tudi decimalna vejica – če slednja ni uporabljena že kot ločilo med samimi atributi točke. Program prepozna tudi koordinate točk, ki so podane v narekovajih, npr. "515200.61", '515200.61', '515200,61' ipd.

Glava datoteke (napovedna vrstica) ni obvezna. Program ETRS89-SI prezre (izpusti) morebitne vrstice z manj kot štirimi atributi točke (tj. z imenom in tremi koordinatami). Morebitne točke zunaj definicijskega območja transformacije se ne transformirajo, ampak se v izhodno datoteko samo prepíšejo.

Primer csv-datoteke:

```
Oznaka točke,e_D96/TM,n_D96/TM,h_GRS80,Lokacija,Opomba ...
173 z0,479770.326,94715.293,800.314,Kucelj,EUREF 722 ...
372 z0,515200.612,151910.305,1590.302,Velika Kopa,EUREF 721 ...
518 z0,388641.341,103801.030,858.852,Korada,EUREF 723 ...
. . .
```

3.3 TXT-datoteke (MS DOS, ločeno s tabulatorji ali presledki, tudi PRN-datoteke)

Besedilne datoteke, v katerih so atributi točk ločeni s tabulatorji ali presledki (tudi več zaporednimi), imajo običajno pripono ».txt« (iz angl. text, plain text). Posamezna točka zaseda eno vrstico datoteke. Za transformacijo s programom ETRS89-SI mora biti točka podana z oznako/številko (strnjeni zapis – brez presledkov), tremi koordinatami ter morebitnimi drugimi atributi. Ločilo pri koordinatah točk je decimalna pika ali decimalna vejica. Program prepozna tudi koordinate točk, ki so podane v narekovajih, npr. "515200.61", '515200.61', "515200,61" ipd.

Besedilne datoteke za razliko od csv-datotek ne smejo imeti praznih polj. Slednja bi povzročila zamik stolpcev. V izhodni datoteki so atributi točk ločeni s presledkom (enim samim). Program ETRS89-SI prezre (izpusti) morebitne vrstice z manj kot štirimi atributi točke (tj. z imenom in tremi koordinatami). Morebitne točke zunaj definicijskega območja transformacije se ne transformirajo, ampak se v izhodno datoteko samo prepíšejo. Unicode txt-datotek program ETRS89-SI ne podpira.

Primer txt-datoteke:

```
173z0 479770.326 94715.293 800.314 "Kucelj" "EUREF 722" ...
372z0 515200.612 151910.305 1590.302 "Velika Kopa" "EUREF 721" ...
518z0 388641.341 103801.030 858.852 "Korada" "EUREF 723" ...
. . .
```


Namig

Včasih se za oblikovano besedilo (angl. *formatted text*), ki je razdeljeno s presledki (angl. *space delimited*), uporablja tudi pripona ».prn«, zato je pri vhodnih datotekah dovoljena tudi ta pripona. Takšne datoteke lahko dobimo na primer z izvozom iz preglednice, pripravljene s programom MS Excel. Poravnosti stolpcev vhodne prn-datoteke program ETRS89-SI v izhodni datoteki ne ohranja; enako kot pri txt-datotekah je ločilo med atributi v izhodni prn-datoteki en sam presledek.

3.4 XYZ-datoteke (tudi ASC-datoteke)

Besedilne datoteke z nizi koordinat točk, ki so ločene s tabulatorji ali presledki (tudi več zaporednimi), imajo običajno pripono ».xyz«. Posamezna točka zaseda eno vrstico datoteke. Za transformacijo s programom ETRS89-SI mora biti točka podana s tremi koordinatami (drugi atributi točke niso dovoljeni). Ločilo pri koordinatah točk je decimalna pika, pogojno tudi decimalna vejica –, če slednja ni uporabljena že kot ločilo med samimi koordinatami/višinami točke. Program prepozna tudi koordinate točk, ki so podane v narekovajih, npr. "515200.61", '515200.61', »515200,61« ipd.

V izhodni datoteki so koordinate/višine točk ločene s presledkom (enim samim). Program ETRS89-SI prezre (izpusti) morebitne vrstice z neustreznim številom koordinat točke. Morebitne točke zunaj definicijskega območja transformacije se ne transformirajo, ampak se v izhodno datoteko samo prepisujejo.

Primer xyz-datoteke:

```
479770.326 94715.293 800.314
515200.612 151910.305 1590.302
388641.341 103801.030 858.852
. . .
```

Namig

Primer uporabe so datoteke t. i. ASCII-formata, v katerem je možno pridobiti podatke digitalnih modelov višin (DMV 5, DMV 12,5, DMV 25 in DMV 100) na Geodetski upravi Republike Slovenije. V podobni obliki so na voljo tudi podatki lidarskega digitalnega modela reliefa (DMR 1) na Agenciji Republike Slovenije za okolje. Imena teh datotek imajo pripono ».asc«, zato je pri vhodnih datotekah dovoljena tudi ta pripona. Kot ločilo med koordinatami/višinami točk je v asc-datotekah namesto tabulatorjev/presledkov v rabi podpičje.

4 Izvedba transformacije

Ob zagonu programa ETRS89-SI se odpre pogovorno okno, v katerem je treba izbrati:

- izvorni geodetski datum,
- ciljni geodetski datum,
- izvorni koordinatni sistem,
- ciljni koordinatni sistem in
- ime vhodne datoteke za transformacijo.

The screenshot shows a dialog box titled "ETRS89-SI – Transformacije koordinat med slovenskimi realizacijami ETRS89". It is divided into four sections for selecting parameters:

- Izvorni geodetski datum:** Radio buttons for D96 EUREF, D96 SIGNAL (selected), D96-17 (v uporabi od 1. 1. 2020), and D17 (ni bil uveljavljen).
- Ciljni geodetski datum:** Radio buttons for D96 EUREF, D96 SIGNAL, D96-17 (v uporabi od 1. 1. 2020) (selected), and D17 (ni bil uveljavljen).
- Izvorni koordinatni sistem:** Radio buttons for Kartezični (X, Y, Z), Geodetski (la, fi, h), Kombinirani TM+h (e, n, h) (selected), and Kombinirani UTM+h (e, n, h).
- Ciljni koordinatni sistem:** Radio buttons for Kartezični (X, Y, Z), Geodetski (la, fi, h), Kombinirani TM+h (e, n, h) (selected), and Kombinirani UTM+h (e, n, h).

Below these sections is a file selection area with a question mark icon, a "Datoteka" button, and the text "< -- izberi ime datoteke". At the bottom of the dialog are two buttons: "Transformacija" and "Izhod".

Privzet izvorni geodetski datum je D96 SIGNAL, privzet ciljni geodetski datum je D96-17; privzet izvorni in ciljni koordinatni sistem pa je TM+h². Za izbor imena vhodne datoteke za transformacijo kliknete na gumb »Datoteka«. Odpre se novo pogovorno okno za izbor datoteke. Privzeta oblika vhodnih datotek so crd-datoteke. Za druge oblike kliknete na dvižni/spustni meni za izbor oblike datotek (desno spodaj). Izberete želeno obliko (pripono) datoteke (npr. *.txt) in nato še ime datoteke s klikom nanj v osrednjem delu pogovornega okna (npr. Primer.txt). Po vsaki izvedeni transformaciji si program ETRS89-SI zapomni mapo zadnje transformirane datoteke in tudi njen format. Privzeto mapo in format vhodnih datotek, ki ju program ponudi, lahko seveda vsakič znova tudi spremenite. Za potrditev izbora vhodne datoteke kliknete le še na gumb »Odpri«, kar vas vrne v osnovno pogovorno okno, kjer je izbrano ime vhodne datoteke zdaj navedeno desno od gumba »Datoteka«. Vse nastavitve v pogovornem oknu programa ETRS89-SI lahko spreminjate tudi brez miške – z uporabo tipk »Tab« in »Enter« ter puščic (↑ in ↓).

² Takšne nastavitve uporabite na primer, ko želite koordinate geodetskih točk, določenih v letih 2008–2020 z navezavo na omrežje SIGNAL, transformirati v koordinate D96-17, ki so v uporabi od 1. 1. 2020. Koordinatne razlike znašajo od nekaj milimetrov v Prekmurju pa do 24 mm na skrajnem zahodu države.

ETRS89-SI – Transformacije koordinat med slovenskimi realizacijami ETRS89

Izvorni geodetski datum:

- D96 EUREF
- D96 SIGNAL
- D96-17 (v uporabi od 1. 1. 2020)
- D17 (ni bil uveljavljen)

Ciljni geodetski datum:

- D96 EUREF
- D96 SIGNAL
- D96-17 (v uporabi od 1. 1. 2020)
- D17 (ni bil uveljavljen)

Izvorni koordinatni sistem:

- Kartezični (X, Y, Z)
- Geodetski (la, fi, h)
- Kombinirani TM+h (e, n, h)
- Kombinirani UTM+h (e, n, h)

Ciljni koordinatni sistem:

- Kartezični (X, Y, Z)
- Geodetski (la, fi, h)
- Kombinirani TM+h (e, n, h)
- Kombinirani UTM+h (e, n, h)

? Datoteka PRIMER.TXT

Transformacija Izhod

Sledi le še klik na gumb »Transformacija«, ki zažene postopek transformacije/pretvorbe koordinat točk iz vhodne datoteke. Pod gumbom »Transformacija« se sproti izpisuje število transformiranih točk.

Poleg izhodne datoteke istega tipa (z enako pripono) program ETRS89-SI tvori še datoteko s poročilom o izvedeni transformaciji – s pripono »rep« (iz angl. report). Vanjo zapiše osnovne podatke o izvedeni transformaciji/pretvorbi koordinat, in sicer:

- datum in čas izvedbe transformacije/pretvorbe,
- imeni vhodne in izhodne datoteke koordinat,
- izvorni in ciljni referenčni koordinatni sistem,
- postopek izračuna (izvedene korake) transformacije/pretvorbe in
- število transformiranih/pretvorjenih točk.

V primeru, da se v vhodni datoteki pojavi točka zunaj definicijskega območja transformacije (za definicijsko območje glej Pojasnilo na koncu podpoglavja 1.2), vas program na to opozori. Seznam takšnih točk doda tudi v poročilo o izvedeni transformaciji – datoteko s pripono »rep«. Odvisno od oblike vhodne datoteke so podane zaporedne številke točk ali ustrezne zaporedne številke vrstic vhodne datoteke ali oznake/številke točk in seveda koordinate problematičnih točk. Ločilo pri koordinatah točk je enako kot v vhodni datoteki (pika oz. vejica).

Primer poročila o izvedeni transformaciji:

Transformacija/pretvorba koordinat s programom ETRS89-SI

Izvedba: 30.11.2020 ob 13:30

Vhodna datoteka koordinat: PRIMER.TXT

Izhodna datoteka koordinat: PRIMER_D96-17_TM+h.TXT

Izvorni referenčni koordinatni sistem: D96 SIGNAL/TM+h

Ciljni referenčni koordinatni sistem: D96-17/TM+h

Postopek izračuna koordinat:

- pretvorba koordinat: TM+h --> lfh
- pretvorba koordinat: lfh --> XYZ
- transformacija koordinat: D96 SIGNAL --> D17
- transformacija koordinat: D17 --> D96-17
- pretvorba koordinat: XYZ --> lfh
- pretvorba koordinat: lfh --> TM+h

Transformiranih/pretvorjenih je bilo 33 točk.

Da je transformacija zaključena, program javi z obvestilom o imenu datoteke, v kateri je rezultat transformacije. Vhodne datoteke pri transformaciji ostanejo nespremenjene. Izhodne datoteke so shranjene v isti mapi kot vhodne datoteke.

Koordinate točk v izhodnih datotekah niso zaokrožene; neglede na mesto decimalne vejice/pike so vedno podane s 16 števkami; izjema so crd-datoteke, kjer je zapis koordinat formatiran in omejen s petimi decimalnimi mesti (tj. na 0,01 mm). Ločilo pri koordinatah točk je enako kot v vhodni datoteki (pika oz. vejica).

Imena izhodnih datotek (tudi pripadajočih poročil o izvedeni transformaciji) so tvorjena iz imen vhodnih datotek, pri čemer je ime razširjeno z dodatkom »_ \$GD\$ _ \$KS\$«, kjer je \$GD\$ ustrezna krajšava za ciljni geodetski datum (»D96E«, »D96S«, »D96-17« ali »D17«), \$KS\$ pa ustrezna krajšava za ciljni koordinatni sistem (»XYZ«, »lfh«, »TM+h« ali »UTM+h«).

Zahvala

Program ETRS89-SI uporablja ikono Globe, katere avtor je Scott Copeland.

Literatura in viri

- [1] Berk, S. (2017). **3tra – brezplačni program za transformacijo prostorskih podatkov v novi referenčni koordinatni sistem Slovenije**. *Geodetski vestnik*, 61 (4), 659–665.
http://www.geodetski-vestnik.com/61/4/gv61-4_berk.pdf
- [2] Berk, S., Boldin, D., Šavrič, B. (2018). **Nedavne posodobitve zbirke geodetskih parametrov EPSG in pregled podatkov, pomembnih za Slovenijo**. *Geodetski vestnik*, 62 (4), 91–101.
http://www.geodetski-vestnik.com/62/4/gv62-4_berk.pdf
- [3] Berk, S., Komadina, Ž., Marjanovič, 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
- [4] Berk, S., Komadina, Ž., Marjanovič, M., Radovan, D., Stopar, B. (2004). **The Recomputation of the EUREF GPS Campaigns in Slovenia**. *Symposium of the IAG Reference Frame Subcommittee for Europe* (EUREF 2003, Toledo), letn. 13. *Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie*, vol. 33, str. 132–153.
<http://www.euref.eu/symposia/book2003/4-02-Berk.pdf>
- [5] Berk, S., Sterle, O., Medved, K., Komadina, Ž., Stopar, B. (2018). **Computation of the EUREF Slovenia 2016 GNSS Campaign**. *Symposium of the IAG Reference Frame Subcommittee for Europe* (EUREF 2018, Amsterdam), letn. 28, 27 str.
<http://www.euref.eu/symposia/2018Amsterdam/01-03-p-Berk.pdf>
- [6] Berk, S., Sterle, O., Medved, K., Stopar, B. (2020). **ETRS89/D96-17 – rezultat GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016**. *Geodetski vestnik*, 64 (1), 43–67.
<https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2020.01.43-67>
- [7] Dach, R., Lutz, S., Walser, P., Fridez, P. (2015). **Bernese GNSS Software**. Version 5.2. User manual. Astronomski inštitut Univerze v Bernu, Bern, 852 str.
<http://www.bernese.unibe.ch/docs/DOCU52.pdf>
- [8] Karney, C. F. F. (2011). **Transverse Mercator with an Accuracy of a Few Nanometers**. *Journal of Geodesy*, 85 (8), 475–485.
<https://doi.org/10.1007/s00190-011-0445-3>
- [9] Kete, P., Berk, S. (2012). **Stari in novi državni koordinatni sistem v Republiki Sloveniji ter koordinatni sistem zveze Nato**. Geoprostorska podpora obrambnemu sistemu Republike Slovenije. Zbornik, str. 259–279. Ministrstvo za obrambo Republike Slovenije, Ljubljana.
<http://dk.mors.si/lzpisGradiva.php?id=433>
- [10] Medved, K., Berk, S., Sterle, O., Stopar, B. (2018). **Izzivi in dejavnosti v zvezi z državnim horizontalnim koordinatnim sistemom Slovenije**. *Geodetski vestnik*, 62 (4), 567–586.
<https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.567-586>
- [11] Moritz, H. (2000). **Geodetic Reference System 1980**. *Journal of Geodesy*, 74 (1), 128–133.
<https://doi.org/10.1007/S001900050278>
- [12] Obvestilo (2007). **Izračun koordinat stalnih postaj omrežja SIGNAL – uskladitev s slovenskim geodetskim datumom D96**. Služba za GPS, Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana, 21. 12. 2007, 5 str.

- [13] Obvestilo (2019). **Nove koordinate stalnih postaj omrežja SIGNAL na osnovi GNSS-izmere »EUREF Slovenija 2016« (koordinate ETRS89/D96-17)**. Služba za GNSS, Geodetski inštitut Slovenije, in Geodetska uprava Republike Slovenije, Ljubljana, 12. 12. 2019, 6 str.
- [14] Sjöberg, L. E. (2008). **A Strict Transformation from Cartesian to Geodetic Coordinates**. *Survey Review*, 40 (308), 156–163.
<https://doi.org/10.1179/003962608X290942>
- [15] Stopar, B. (2007). **Vzpostavitev ESRS v Sloveniji**. *Geodetski vestnik*, 51 (4), 763–776.
http://www.geodetski-vestnik.com/51/4/gv51-4_763-776.pdf
- [16] Vaníček, P., Krakiwsky, E. (1986). **Geodesy: The Concepts**. Second Edition. Elsevier, Amsterdam, 697 str.