

# DEFINICIJA, REALIZACIJA IN VZDRŽEVANJE MODERNIH KOORDINATNIH SISTEMOV

DEFINITION, REALIZATION AND MAINTENANCE OF MODERN COORDINATE SYSTEMS

*Oskar Sterle, Polona Pavlovčič Prešeren, Miran Kuhar, Bojan Stopar*

UDK: 528.236

## POVZETEK

*Prispevek obravnava načela definicije, realizacije in vzdrževanja koordinatnih sistemov. S satelitskimi metodami določanja položaja se je pojavila potreba po enotnem globalnem koordinatnem sistemu, definiranim na podlagi CTRS. Najbolj kakovostna realizacija CTRS je koordinatni sestav ITRF. Na podlagi ITRF so se vzpostavili nekateri regionalni koordinatni sistemi (ETRS89, NAD83, GDA94 ...) za potrebe držav ali celin. Prednost regionalnih koordinatnih sistemov je predvsem, da so koordinate točk v takšnem sistemu manj obremenjene (ali pa sploh niso) z globalno geodinamiko. Bistven pomen pri vzdrževanju koordinatnih sistemov imajo danes omrežja permanentnih postaj, ki zagotavljajo stalna opazovanja GNSS. Ta zagotavljajo neprekinjeno ocenjene koordinate omrežja permanentnih postaj, ki so podlaga za presojo kakovosti in stabilnosti koordinatnega sistema. Prispevek obravnava tudi stanje v Sloveniji in podaja napotke k izgradnji državnega koordinatnega sistema najvišje kakovosti in stabilnosti.*

## KLJUČNE BESEDE

**koordinatni sistem, koordinatni sestav, definicija koordinatnega sistema, realizacija koordinatnega sistema, vzdrževanje koordinatnega sistema, globalni koordinatni sistem, regionalni koordinatni sistem, omrežje permanentnih postaj GNSS, EUREF, ETRS89**

Klasifikacija prispevka po COBISS-u: 1.02

## ABSTRACT

*This article describes theoretical principles of defining, realizing and maintaining of coordinate systems. Satellite-aided positioning has increased demands for a unique global coordinate system that is based upon CTRS. CTRS realization with highest precision is achieved through ITRF. On a basis of ITRF, various regional coordinate systems have been defined and realized (ETRS89, NAD83, GDA94 etc.) for geodetic application needs at the state or continent level. The priority of regional coordinate systems over global coordinate systems is above all in fact that coordinates in regional coordinate system are less affected (or even not affected) by global geodynamics. The fundamental significance in maintaining coordinate systems are in continuously operating permanent stations that assure continuous GNSS observations, which are a basis for coordinate time series of permanent stations that are fundamental for quality and stability assurance of the coordinate system. This article also deals with situation in Slovenia and presents directives towards the realization of a state coordinate system of highest precision and stability.*

## KEY WORDS

**coordinate system, coordinate frame, coordinate system definition, coordinate system realization, coordinate system maintenance, global coordinate system, regional coordinate system, continuously operating GNSS stations, EUREF, ETRS89**

## 1 UVOD

V sodobnem času so sistemi GNSS (angl. Global Navigation Satellite Systems) ključni element pri zagotavljanju referenčne geodetske osnove (geodetskega datuma). Omrežja permanentnih postaj GNSS na določenih območjih (ali državah) so osnovna infrastruktura za geodezijo in druge geoznanosti. Pogoj je uporaba visokonatančnih faznih opazovanj in navezava na omrežja permanentnih postaj (EUREF, 2009; Rizos, 2006).

Uporaba sistema za absolutno določitev položaja GPS (angl. Global Positioning System) nam zagotavlja nekajmetrsko natančnost ocenjenih koordinat. Ta položaj je določen globalno v koordinatnem sistemu WGS84 (angl. World Geodetic System 1984), a je za geodetske naloge premalo natančen. Z navezavo na permanentne postaje in uporabo faznih opazovanj dobimo položaj z geodetsko natančnostjo, vendar v koordinatnem sistemu ITRS (angl. International Terrestrial Reference System). Od leta 2002 je razlika med koordinatnima sistemoma (WGS84 in ITRS) na ravni nekaj centimetrov in je pravzaprav zanemarljiva (Lilje in Sarib, 2007; Rizos, 2006).

Položaj, določen v koordinatnem sistemu ITRS, je obremenjen z globalno geodinamiko. Na evrazijski tektonski plošči (na kateri leži tudi Slovenija) znaša premik na našem območju približno 2,5 centimetra na leto v smeri SV (Höggerl in Imrek, 2007). V splošnem so vse točke na Zemlji obremenjene z geotektoniko, zato vsaka država teži h geodetskemu datumu (koordinatnem sistemu), ki bi bil čim bolj stabilen v času. Cilj so koordinate, neodvisne od časa. Tako so bili vzpostavljeni številni koordinatni sistemi, ki temeljijo na koordinatnem sistemu ITRS. Koordinate točk so časovno neodvisne (oziroma so premiki točk v teh koordinatnih sistemih zanemarljivi). Tak primer je koordinatni sistem ETRS89 (angl. European Terrestrial Reference System 1989) na območju Evrope, GDA94 (angl. Geocentric Datum of Australia 1994) na območju Avstralije, NAD83 (angl. North American Datum of 1983) na območju Severne Amerike (ZDA in Kanada) ali SIRGAS (špan. Sistema de Referencia Geocentrico para as AmericaS) na območju Južne Amerike (SIRGAS 2009). Vsi temeljijo na realizaciji sistema ITRS, pri katerem se poskuša odpraviti vpliv geotektonike (APOS, 2009; AUSLIG, 2001; Craymer, 2006; Höggerl in Imrek, 2007; Rizos, 2006; Stone, 2006). Vzdrževanje koordinatnih sistemov temelji na uporabi aktivnih omrežij GNSS, v katerih se obdelujejo opazovanja GNSS in pridobivajo koordinate permanentnih postaj vsakodnevno.

Statičen (časovno neodvisen) koordinatni sistem je pomemben pri številnih prostorskih podatkih (nepremičninske evidence, geodetske mreže ...), ki niso vezani na osnovni geodetski sistem. Njihove koordinate naj bi bile v (daljšem) času nespremenjene. Pasivno omrežje točk GNSS predstavlja fizično stabilizirane točke, ki jim določamo koordinate v terminskih izmerah (kampanjah). Tako določene koordinate so »veljavne« le za datum izmere oziroma za obdobje terminske izmere. Če imamo statičen državni koordinatni sistem (časovno neodvisen), se koordinate točk ne spreminjajo v času in lahko te točke določajo geodetski datum pri nalogah geodetske stroke (APOS, 2009; Blewitt in sod., 2005; Craymer, 2006; Jival, 2003).

## 2 MODERNI KOORDINATNI SISTEMI

Vsi globalni koordinatni sistemi temeljijo na definiciji CTRS (angl. Conventional Terrestrial Reference Frame). Realizacije CTRS so različne, najpomembnejše med njimi so WGS84 (GPS), PZ90 (rus. Parametri Zemli 1990), ki se uporablja v satelitskem sistemu GLONASS (rus. Globalnaja Navigacionnaja Sputnikovaja Sistema), in ITRF (Cross in sod., 2000). Od leta 1990 so različne realizacije sestavov ITRF (angl. International Terrestrial Reference Frame) najnatančnejša in najstabilnejša globalna koordinatna osnova (Craymer, 2006; ITRF, 2009). Koordinatni sistem (angl. system) predstavljajo teoretične definicije, medtem ko je koordinatni sestav (angl. frame) praktična realizacija koordinatnega sistema. Koordinatni sestav je predstavljen z nizom fizično stabiliziranih točk, ki imajo podane koordinate v nekem koordinatnem sistemu (Gubler in Schneider, 1994).

Najpomembnejši globalni koordinatni sistem je ITRS in je produkt službe IERS (angl. International Earth Rotation Service). Realizacija ITRS je aktualni koordinatni sestav ITRF, ki je kombinacija posameznih realizacij sistema na podlagi različnih satelitskih merskih tehnik. Te merske tehnike so VLBI (angl. Very Long Baseline Interferometry), SLR (angl. Satellite Laser Ranging), GPS in DORIS (angl. Doppler Orbitography Radiopositioning Integrated by Satellite). Za povezovanje realizacij referenčnega sistema so ključne referenčne postaje, opremljene z mersko opremo različnih merskih tehnik. Fizično stabilizirane točke različnih merskih tehnik so locirane tako, da so med seboj v neposredni bližini (angl. colocation points). Te točke morajo biti povezane s klasičnimi geodetskimi postopki. Kombiniranje različnih merskih tehnik pri vzpostavitvi in vzdrževanju koordinatnega sistema ima pomen pri odpravljanju slabosti neke merske tehnike z drugo mersko tehniko (Altamimi in sod., 2007).

ITRF je rezultat obdelave časovnih vrst koordinat točk različnih merskih tehnik za celotno obdobje delovanja teh točk. Do sedaj je bilo objavljenih enajst realizacij ITRF (ITRF88, -89, -90, -91, -92, -93, -94, -96, -97, -2000, -2005), pri čemer je bila vsaka kakovostnejša od prejšnje. Zdaj je aktualna ITRF2005, pri kateri ima vsaka geodetska točka podan referenčni položaj za trenutek (epoho) 2000,00 s pripadajočim vektorjem hitrosti, ki je časovno neodvisen (ITRS, 2009). Na podlagi realizacije ITRF se izvede tudi nova realizacija sestava ETRF (angl. European Terrestrial Reference Frame), ki je kakovostnejša od prejšnje (ETRS, 2009).

Na podlagi koordinatnega sistema ITRS so vzpostavljeni regionalni koordinatni sistemi, ki so določeni za različne celine, na primer: ETRS89 za Evropo (EUREF, 2009), GDA94 za Avstralijo (AUSLIG, 2001), NDA83 za ZDA in Kanado (Craymer, 2006; Stone, 2006), SNARF (angl. Stable North American Reference Frame) za Severno Ameriko (Blewitt in sod., 2005; SNARF, 2009), SIRGAS za Južno Ameriko (SIRGAS, 2009), AFREF (angl. AFrican REference Frame) za Afriko (Wonnacott, 2005) in podobno.

V preteklosti je večina držav (državne) koordinatne sisteme vzpostavljala ločeno in vsa geodetska dela so se nanašala na te koordinatne sisteme. Koordinate točk so se računale na referenčnih elipsoidih, pri čemer sta se uporabljali dve merski tehniki, in sicer astronomska in terestrična opazovanja (Craymer, 2006). S satelitskimi tehnikami pa se je pojavila možnost (težnja) po

enotnem globalnem koordinatnem sistemu. Pri definiranju modernega koordinatnega sistema moramo podati in upoštevati nekatera merila (Gubler in Schneider, 1994):

- koordinate točk, določene v koordinatnem sistemu, naj se ne bi spreminjale bolj, kot je neizogibno, v časovnem razponu vsaj enega desetletja;
- realizacija koordinatnega sistema (koordinatni sestav) naj ima daljšo življenjsko dobo, da se zagotovi ustreznost prvemu merilu;
- ob morebitnih deformacijah površja obravnavanega območja je treba v koordinatnem sistemu ustrezno kinematično modelirati premike točk;
- državni koordinatni sistem naj ne bi bistveno odstopal od kontinentalnega ali globalnega koordinatnega sistema;
- definirana mora biti transformacija med državnim koordinatnim sistemom in ETRS ali ITRS;
- določeno število točk mora imeti podane koordinate za star in nov koordinatni sistem (kadar se vzpostavlja nov koordinatni sistem, da bi se nadomestil starejši, ki je manj natančen).

Zasnova nekaterih meril je v nasprotju z drugimi. Prvo merilo tako na primer onemogoča izboljšave koordinatnega sestava (zaradi morebitnih novih tehnik in večjega števila opazovanj). Glavna ovira pri definiranju koordinatnega sistema je nepoznavanje obnašanja Zemljine skorje na obravnavanem območju. Tako imamo dve možnosti (Gubler in Schneider, 1994):

- premiki točk so zanemarljivi glede na koordinatni sistem (kar pomeni manj kot 0,5 do 1 cm na desetletje),
- premiki so večji in nehomogeni glede na koordinatni sistem.

Zgoraj omenjeni možnosti premikov točk narekujeta kompleksnost modeliranja geokinematičnega dogajanja na območju, kjer poskušamo definirati koordinatni sistem in realizirati koordinatni sestav.

### 3 EUREF IN ETRS89

EUREF (angl. European Reference Frame) je podkomisija komisije Referenčni sistemi mednarodne zveze za geodezijo IAG (angl. International Association of Geodesy). Ustanovljena je bila leta 1987 na glavni skupščini združenja IUGG (angl. International Union of Geodesy and Geophysics) v Vancouvru v Kanadi. Naloga EUREF je definicija, realizacija in vzdrževanje ESRS (angl. European Spatial Reference System). ESRS tvorita ETRS in EVRS (angl. European Vertical Reference System), ki definirata geodetsko osnovo za vso Evropo. ETRS je horizontalna komponenta, medtem ko je EVRS višinska komponenta sistema (EUREF, 2009).

Prva velika odločitev podkomisije EUREF je bila sprejeta na sestanku v Firencah leta 1990, kjer je bil z resolucijo številka 1 sprejet koordinatni sistem ETRS89 kot horizontalna koordinatna osnova za območje Evrope (Boucher in Altamimi, 1992). ETRS89 je definicija regionalnega koordinatnega sistema, za katerega velja (ETRS, 2009; Gubler in sod., 1992):

- definiran na podlagi ITRS,
- pričvrščen na stabilno Evrazijo (glede na ITRS rotira skupaj z Evrazijo),

- identičen z ITRS89 za epoho 1989,00,
- identičen z WGS84 na ravni enega metra.

Uradne koordinate točk pri realizaciji ETRS89 naj se ne bi spreminjale. Poleg tega se z različnimi realizacijami ne bi spreminjala niti merilo in premik koordinatnega sestava (Gubler in sod., 1992). Za referenčni elipsoid koordinatnega sistema je bil določen elipsoid GRS80 (angl. Geodetic Reference System 1980) (Poder, 1992).

### 3.1 Realizacija ETRS89

Realizacija koordinatnega sistema ETRS89 je bila izvedena s prvo terminsko izmero EUREF GPS leta 1989. Vanjo je bilo vključenih 93 točk na območju vse zahodne Evrope. Potekala je v dveh fazah (A in B) z 62 sprejemniki GPS. V vsaki fazi je izmera trajala šest dni, po pet ur na dan. Petindvajset točk je bilo izmerjenih v obeh fazah, pri čemer:

- je bila pri 15 točkah postavljena tudi stalna postaja SLR ali mobilna postaja VLBI,
- sta bili pri 2 točkah postavljeni tudi mobilni postaji SLR in
- je bilo zagotovljenih 8 dodatnih točk za povezavo obeh faz v eno rešitev.

Obdelava opazovanj je potekala na podlagi razdelitve mreže na pet delov, pri čemer je bil obdelan vsak del mreže posebej. Končni rezultat je bila kombinacija rezultatov vseh petih delov mreže. Obdelava je potekala na podlagi danih točk SLR/VLBI, ki so že imele koordinate ETRF89 (pridobljene iz koordinatnega sestava ITRF) (Gurtner in sod., 1992). Sledilo je več terminskih izmer na območju Evrope, da bi zgomili geodetsko mrežo s poznanimi koordinatami ETRF89. Tako so bile v letih 1994, 1995 in 1996 izvedene izmere tudi na območju Slovenije (Berk in sod., 2003).

### 3.2 Vzdrževanje ETRS89

Ponovitve izmer na točkah EUREF so prinesle nove realizacije koordinatnega sistema ETRS89. Zaradi večje natančnosti izmer (leta 1990 in 1991) je bila tudi nova realizacija natančnejša, kar je prineslo nove (boljše) uradne koordinate točk EUREF. Poleg natančnejše realizacije koordinatnega sistema so se koordinate točk na območju Evrope spremenile zaradi geodinamike evrazijske tektonske plošče (Boucher, 1993). Tako koordinate točk, dobljene na podlagi ponovljenih izmer GPS, veljajo le za trenutek izmere. Povezovanje novih izvedenih opazovanj GPS na (novih) točkah s povezavo na predhodno določene dane točke, ki so se premaknile zaradi geodinamike, je lahko problematično. Nove koordinate točk v koordinatnem sestavu ETRF89 tako niso skladne s predhodnimi (danimi) koordinatami točkami (Boucher, 1994). Leta 1994 je bil na simpoziju EUREF podan predlog o uporabi permanentnih postaj GPS za vzdrževanje koordinatnega sistema ETRS89 (Gurtner, 1994).

Sedaj ima ključno vlogo pri vzdrževanju koordinatnega sistema ETRS89 omrežje permanentnih postaj na območju Evrope, imenovano EPN (angl. European Permanent Network). Točke omrežja EPN so opremljene z visoko natančnimi sprejemniki GPS/GLONASS, nekatere so v bližini postaj SLR, DORIS ali VLBI (EUREF, 2009). Omrežje permanentnih postaj je ob nastanku

vključevalo približno 50 postaj (Bruyninx in sod., 1996), medtem ko zdaj (2009) deluje približno 220 permanentnih postaj (EUREF, 2009). Namen omrežja je neprestano spremljanje satelitskega signala GPS in GLONASS. Rezultat obdelave opazovanj GPS/GLONASS so tedensko ocenjene koordinate točk (na podlagi dnevni rešitev), ocenjene koordinate točk za referenčno epoho 1989,00 s pripadajočimi vektorji hitrosti, časovne vrste koordinat in vrednosti zenitne troposferske refrakcije (EPN, 2009). Koordinate točk v referenčni epohi 1989,00 so realizacija ETRF89 za trenutek referenčne epohe. Povezave med položajem točke v poljubni epohi in referenčni epohi v ETRF89 so vektorji hitrosti. Časovne vrste koordinat točk omogočajo presojo kakovosti koordinat in vektorjev hitrosti točk in torej kakovosti realizacije koordinatnega sistema.

### 3.4 Stanje ETRS89 po državah EU

Koordinatni sistem ETRS je koordinatno ogrodje Evrope kot celine in ne koordinatno ogrodje evropskih držav. Za vzpostavitev in vzdrževanje državnih koordinatnih sistemov morajo posamezne države poskrbeti same. Omrežje EPN lahko predstavlja geodetski datum za navezavo državnih aktivnih in pasivnih omrežij na ETRF89. Cilj vzpostavitve koordinatnega sistema ETRS89 je poenotenje vseh prostorskih podatkov na območju Evrope, zato je tudi smiselno, da vse države vzpostavijo svoje koordinatne sisteme na podlagi (ali enake) ETRS89.

Realizacije koordinatnega sestava se po državah razlikujejo. Poglavitne razlike se pojavijo pri realizaciji geodetskega datuma in tudi zaradi uporabe različne programske opreme za obdelavo opazovanj, različnih referenčnih epoh, različno opremljenih permanentnih postaj (in sprememb opreme) ... Splošne lastnosti realizacij pa ostajajo enake. Tako Avstrija, Belgija, Finska, Francija, Italija, Madžarska, Nemčija, Nizozemska, Poljska, Portugalska, Slovaška, Španija, Švedska in Švica obdelujejo opazovanja GNSS svojih omrežij permanentnih postaj na podlagi dnevnih izračunov v aktualnem koordinatnem sestavu ITRF (Brockmann, 2009). Prehod iz ITRF v ETRF89 poteka po priporočilih, ki so podana v dokumentu Boucher in Altamimi (2008).

Primerjava različnih realizacij ETRF89 po državah (za vzpostavitev državnega koordinatnega sistema) je pokazala, da so kljub nekaterim razlikam homogene in kakovostne (Brockmann, 2009). Uradne državne koordinate točk po različnih državah (Avstrija, Belgija, Finska, Francija, Italija, Madžarska, Nemčija, Nizozemska, Poljska, Portugalska, Slovaška, Španija, Švedska in Švica) so bile primerjane z uradnimi koordinatami EPN. V povprečju so bile razlike na ravni -4 mm v smeri V-Z, 6 mm v smeri S-J in -1 mm v višinski komponenti. Zaradi tako visoke stopnje skladnosti državnih koordinatnih sistemov z ETRF89 se je podala pobuda po objavi uradnih koordinat točk različnih držav na spletnih straneh EUREF (Brockmann, 2009).

### 4 REGIONALNI KOORDINATNI SISTEMI PO DRUGIH CELINAH (DRŽAVAH)

Tako kot v Evropi je bila prisotna težnja po definiranju in realizaciji regionalnih koordinatnih sistemov tudi po drugih celinah. Spodaj so predstavljeni nekateri primeri vzpostavitve in vzdrževanja regionalnih koordinatnih sistemov. Na kratko je opisan koordinatni sistem, omrežje permanentnih postaj ter povezava med pasivnim in aktivnim omrežjem regije. Opisan je tudi položaj v Avstriji, ki je bolj primerljiv s Slovenijo kot stanje v Avstraliji, Kanadi ali Združenih državah Amerike.

## 4.1 Avstralija

Koordinatni sistem Avstralije se imenuje GDA94. Osnovno omrežje permanentnih postaj se imenuje AFN (angl. Australian Fiducial Network) in ga sestavlja deset postaj. Sekundarno omrežje permanentnih postaj je ANN (angl. Australian National Network) in ga sestavlja 77 postaj, ki so med seboj oddaljene približno 500 kilometrov. Koordinate točk obeh omrežij so določene prek dnevniških rešitev (obdelava vseh podatkov opazovanj vsak dan) v aktualnem koordinatnem sestavu ITRF. Koordinatni sistem GDA94 je realiziran s položaji točk omrežja AFN v ITRF94 za epoho 1994,00. Te koordinate se ne spreminjajo v času. Povezava med različnimi realizacijami ITRF in GDA94 je podana prek sedmih transformacijskih parametrov med obema koordinatnima sestavoma (AUSLIG, 2001).

## 4.2 Združene države Amerike

V Severni Ameriki imajo povezavo aktivnega in pasivnega omrežja izvedeno podobno kot v Avstraliji. Omrežje permanentnih postaj se imenuje CORS (angl. Continuously Operating Reference Stations), vanj je vključenih več kot 900 permanentnih postaj. Koordinate postaj so določene na podlagi preračunov opazovanj GPS za celotno obdobje delovanja postaj za vsak dan posebej, v aktualnem sestavu ITRF in koordinatnem sestavu NAD83.

Koordinate točk so uporabnikom na voljo tako v koordinatnem sestavu ITRF kot NAD83. Pri podajanju koordinat ITRF podajajo tudi vektorje hitrosti v sestavu ITRF. Pri NAD83 se poleg koordinat uradno podajajo tudi vektorji hitrosti, a so po vrednosti majhni, zato se za večino geodetskih nalog domneva, da so točke časovno stabilne (neodvisne od časa).

Vsako leto se na novo preračunajo koordinate (v referenčni epohi) in hitrosti točk na podlagi koordinat vsakega tretjega dne iz celotne zgodovine časovnih vrst vseh točk. Če tak položaj bistveno odstopa od uradno objavljenega, se tej točki spremenijo uradne koordinate. Bistveno odstopanje je določeno kot:

- 1 cm v horizontalni legi ali 2 cm po višini v ITRF ali
- 2 cm v horizontalni legi ali 4 cm po višini v NAD83.

Tak način je optimalen kompromis med natančnostjo in točnostjo koordinat točk (Blewitt in sod., 2005; Stone, 2006).

Na območju Severne Amerike se pod okriljem mednarodnega konzorcija UNAVCO (angl. University of NAVSTAR Consortium) razvija nov referenčni koordinatni sistem, imenovan SNARF. Referenčni sistem SNARF nastaja kot stranski produkt projekta opisa deformacij površja Severne Amerike. Zaradi velikosti celine in kompleksne geodinamike je bila predlagana definicija in realizacija koordinatnega sistema, v katerem bi bil opis deformacij bolj preprost in pregleden. SNARF je definiran tako, da sovпада z ITRF2000 in privzame premikanje Severne Amerike v sistemu ITRF2000. Realizacija in vzdrževanje potekata na podlagi več kot tisoč permanentnih postaj po vsej celine (UNAVCO, 2009).

### 4.3 Kanada

Permanentno omrežje točk GNSS v Kanadi se imenuje CACS (angl. Canadian Active Control System) in je sestavljeno iz približno petdesetih permanentnih postaj GNSS. Te postaje so osnova mrežam GNSS nižje ravni. Vsem permanentnim postajam GNSS se določa položaj v aktualnem koordinatnem sestavu ITRF in NAD83. Določeni so tudi transformacijski parametri med obema sestavoma. Postajam se koordinate spreminjajo s spremembami koordinatnega sestava ITRF.

Za povezavo starejših geodetskih točk na območju Kanade je bila vzpostavljena mreža pasivnih točk GNSS, imenovana CBN (angl. Canadian Base Network). CBN je sestavljena iz približno 160 točk in do sedaj so bile opazovane v treh terminskih izmerah. Točkam nižjih redov se koordinate spreminjajo z novimi izmerami in preračuni (Craymer, 2006).

### 4.4 Primer realizacije in vzdrževanja ETRS89 na primeru Avstrije

Realizacija koordinatnega sistema ETRS89 na območju Avstrije je bila izvedena že s prvo izmero EUREF leta 1989. Sedaj se vzdrževanje izvaja na podlagi omrežja permanentnih postaj APOS (angl. Austrian POSitioning Service). APOS je omrežje približno 70 postaj na območju Avstrije in sosednjih držav (Švica, Nemčija, Slovenija, Češka, Slovaška, Madžarska in Italija). Dve postaji omrežja sta tudi postaji mednarodne službe IGS (angl. International GNSS Service), štiri pa so del omrežja EPN. Postaje omrežja spadajo v tako imenovani razred A, ki zagotavlja natančnost horizontalnega položaja v referenčni epohi, večjo od enega centimetra (Höggerl in sod., 2007b). Točke omrežja APOS imajo določene tudi vektorje hitrosti.

Preračun opazovanj na dnevni podlagi se izvede po priporočilih obdelave omrežja EPN, in sicer v observatoriju Lustbuehel Graz (Höggerl in sod., 2007a). Obdelava poteka s programskim paketom Bernese GPS Software, version 5.0, pri čemer geodetski datum določa sedem točk, od tega tri na ozemlju Avstrije. Podatki omrežja se obdelajo enkrat na teden za vse dni v tednu v aktualnem koordinatnem sestavu ITRF. Podrobnosti obdelave se nahajajo na <http://gps.iwf.oeaw.ac.at/>. Rezultati obdelave so ocenjene koordinate postaj za vsak dan, na podlagi katerih se ocenijo koordinate vsake postaje v referenčni epohi s pripadajočimi vektorji hitrosti. Dodatno se ocenjujejo tudi parametri troposfere.

Pasivno omrežje sestavljata dve omrežji, in sicer AGREF (angl. Austrian Geodynamic Reference Frame) in AREF (angl. Austrian Reference Frame). V omrežju AGREF je približno sto točk, medtem ko vsebuje omrežje AREF približno tristo točk na območju Avstrije. Na točkah AGREF so bila izvedena opazovanja GPS/GLONASS v dveh ali treh terminskih izmerah v trajanju po 48–72 ur, označene so z oznako razreda B, kar pomeni centimetrsko natančnost koordinat v referenčni epohi. Točkam so določeni tudi vektorji hitrosti. Točke AREF so bile določene v eni terminski izmeri v trajanju po 24 ur. Koordinate so določene z natančnostjo približno 1,5 centimetra v epohi izmere. Vektorji hitrosti za točke AREF niso določeni. Ugotovljena natančnost na približno tristo točkah pasivnega omrežja (primerjava uradnih koordinat s pridobljenimi koordinatami RTK) je bila 1,1 centimetra v smeri V–Z, 1,4 centimetra v smeri S–J in 3,7 centimetra v višinski komponenti (Höggerl in sod., 2007b).



## 5 ETRS89 V SLOVENIJI

Z Zakonom o evidentiranju nepremičnin je s 1. januarjem 2008 ETRS89 postal ogrodje državnega koordinatnega sistema Slovenije. Vzpostavitev ETRS89 je bila izvedena na podlagi izmer EUREF v letih 1994, 1995 in 1996, ko so se 49 točkam določile koordinate v koordinatnem sestavu ETRF89 (Berk in sod., 2003). Za vzdrževanje koordinatnega sistema je bilo vzpostavljeno tudi omrežje permanentnih postaj na območju Slovenije SIGNAL (Slovenija Geodezija NAvigacija Lokacija), ki vsebuje petnajst permanentnih postaj v Sloveniji. V realnem času se dodatno pridobivajo podatki še s petih permanentnih postaj GNSS v Avstriji. Omrežje je popolnoma operativno od leta 2006 (Stopar, 2007). Določitev koordinat točkam omrežja SIGNAL v ETRS89 je bila izvedena s tako imenovano izmero mini EUREF leta 2007. Vanjo je bilo vključenih pet točk EUREF in petnajst točk omrežja SIGNAL. Točke pasivnega omrežja (točke EUREF) in aktivnega omrežja (SIGNAL) imajo tako določene koordinate na podlagi približno enotedenskega niza opazovanj (ali v letih 1994, 1995 in 1996 ali leta 2007) in so koordinatna podlaga za vsa geodetska dela v Sloveniji. Vse izhodiščne točke (EUREF in SIGNAL) imajo določene koordinate samo za trenutek 1995,55 ali 2007,26. Vektorjev hitrosti koordinat in časovnih vrst koordinat točk še nismo določili.

### 5.1 Cilji in problemi realizacije in vzdrževanja ETRF89 v Sloveniji

Državni koordinatni sistem je koordinatna podlaga za večino vseh dejavnosti v prostoru in tako rekoč vseh geodetskih nalog. Cilj vsake geodetske naloge je:

- določiti koordinate točke in zagotoviti ponovljivost določitve koordinat detajlne točke (v daljšem časovnem intervalu) na ravni deklarirane natančnosti,
- določiti koordinate detajlne točke neodvisno od metode izmere oziroma od izbire geodetskega datuma (točke aktivnega omrežja – uporaba opazovanj GNSS ali točke pasivnega omrežja – uporaba GNSS ali terestričnih opazovanj).

Prvi pogoj določa vrsta geodetske naloge. Pri zemljiškem katastru je po Pravilniku o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov zemljiškega katastra (UL št. 8, 2007, 35. člen) natančnost, s katero mora biti določen horizontalni položaj točke, 4 centimetre. Pri inženirskih ali geokinematičnih nalogah je ta natančnost lahko še večja. Cilj je zagotoviti ponovljivost koordinat točk z zahtevano natančnostjo. Drugi pogoj omogoča določanje položaja poljubne točke s poljubno metodo izmere oziroma z navezavo na poljubno dano točko. Dana točka je lahko torej točka EUREF ali točka omrežja SIGNAL. Poleg poljubne dane točke lahko geodet uporabi poljubno metodo izmere. Tako ni vezan samo na merske postopke satelitske geodezije.

Domneva se, da imajo trenutno (2009) vse referenčne datumske točke (SIGNAL in točke EUREF) določen položaj, ki zagotavlja izpolnitev obeh ciljev. Pri zagotavljanju obeh zgoraj prikazanih ciljev koordinatnega sistema naletimo na nekatere težave, ki so našteje v nadaljevanju in nam onemogočajo zanesljivo in enolično določitev koordinat točk v času. Težave, ki lahko že na kratki rok ključno vplivajo na stanje koordinatnega sistema, so:

## 1. Neznana geodinamika slovenskega ozemlja

Poznavanje geodinamike je mogoče le z obdelavo podatkov permanentnih postaj za vsak dan in za celotno obdobje delovanja vseh postaj. Omrežje SIGNAL je popolnoma operativno že od leta 2006, nekatere postaje so še starejše (tudi že od leta 2001). Obdelava vseh podatkov na dnevni podlagi bi zagotovila vpogled v geodinamiko ozemlja Slovenije, v kakovost, stabilnost in zanesljivost omrežja. Skupaj z opazovanji permanentnih postaj bi se morala obdelati tudi opazovanja terminkskih izmer, da bi se zagotovila kakovostna povezava med omrežjem SIGNAL in vsemi kakovostnimi točkami pasivnega omrežja. Objavljeni študiji geodinamike na širšem območju Slovenije (Grenerczy in sod., 2005; Weber in sod., 2009) prikazujeta relativne spremembe koordinat točk znotraj koordinatnega sistema ETRF89 tudi približno štiri do pet milimetrov na leto. V času desetih let tako lahko med nekaterimi točkami dobimo spremembo relativnega položaja tudi več kot pet centimetrov. Neupoštevanje geodinamike se najbolj pozna pri neskladnosti pasivnega in aktivnega omrežja. Ta neskladnost se prenaša v koordinate vseh novo določenih točk.

## 2. Nepoznan premik območja Slovenije glede na stabilno evrazijsko tektonsko ploščo oz ETRS89

Gibanje stabilne Evrazije glede na ITRF ni gibanje togega telesa, ampak se posamezni deli Evrazije različno premikajo. Razlike nastajajo v smeri in velikosti. Za območje Slovenije je izrazito togo gibanje v smeri S-V z velikostjo 1 do 2 milimetra na leto. Nepoznavanje togega gibanja Slovenije v primerjavi z ETRS89 pomeni razhajanje koordinatnega sistema ETRS89 in ozemlja Slovenije. Glede na težnjo evropskih držav po enotnem koordinatnem sistemu in dejstvo, da številne države Evrope dejansko vzdržujejo svoje koordinatne sisteme skladno z ETRS89 (Brockmann, 2009), bi to pomenilo, da slovenski koordinatni sistem ni več skladen z ETRS89.

## 3. Dane koordinate postaj omrežja SIGNAL so podane v časovno neovisnem koordinatnem sestavu ETRF89

Položaji satelitov so določeni v WGS84 (s satelita oddane efemeride) ali v ITRF (precizne efemeride). Tako pri določanju koordinat nove točke z metodo GNSS kombiniramo dva različna koordinatna sistema, WGS84 ali ITRF pri položajih satelitov in ETRF89 pri koordinatah danih točk (postaje omrežja SIGNAL). Za kratke bazne vektorje se po teoriji pogrešek položaja satelita v večini odpravi (pri sestavi faznih razlik), medtem ko se pri dolgih vektorjih v faznih razlikah ta pogrešek ohrani. Obdelava opazovanj GNSS pri določanju položaja nove točke bi bila tako korektna, le če bi bili podani položaji danih točk (omrežje SIGNAL ali EUREF točke) v koordinatnem sestavu ITRF za epoho izmere. Tu pa seveda potrebujemo časovne vrste koordinat referenčnih postaj, na podlagi katerih ocenimo vrednosti vektorjev hitrosti sprememb koordinat točk omrežja.

## 4. Težave na uporabnikovi strani, ki izhajajo v povezanosti geodinamičnega dogajanja in časovno neodvisnih koordinatnih sistemov, in sicer:

### **Na ravni omrežja:**

Nepoznan je vpliv sprememb koordinat postaj omrežja (zaradi geodinamike ali spremembe

koordinatnega sistema), ki so obravnavane kot dane, na določitev baznih vektorjev med postajami. Za uspešno rešitev neznanega števila celih valov v začetku izvajanja opazovanj je treba imeti položaj dane točke z natančnostjo (relativno glede na druge dane točke), večjo od četrte valovne dolžine nosilnega valovanja signala GPS, kar je kvečjemu pet centimetrov. Slabo določeni položaji danih točk in vektorji med njimi vplivajo na vektorje, ki jih potrebujemo za določitev koordinat nove točke.

### **Na ravni detajla:**

Po teoriji pomeni napaka v položaju dane točke neposredno tudi napako položaja nove točke. Nepoznana geodinamika, sprememba koordinatnega sistema ali kaka druga situacija, ki povzroči spremembo koordinat danih točk, se neposredno prenese na novo določene točke.

Zgoraj naštetih težav nam onemogočajo vpogled v kakovost in stabilnost koordinatnega sistema v Sloveniji. Tako nam onemogočajo, da bi lahko zagotovili ponovljivost izmerjene točke v različnih časovnih trenutkih in z različno geodetsko opremo z zahtevano natančnostjo.

## **5.2 Priporočila glede korektnega vzdrževanja ETRF89 v Sloveniji**

Podajanje koordinat točk omrežja SIGNAL samo v koordinatnem sestavu ETRF89 za eno samo epoho zgoraj opisanih težav ne odpravi ali pojasni. Poleg tega samo občasni preračuni koordinat točk ne zagotovijo rešitve zgoraj nakazanih težav. Dejavnosti Službe GPS, s katerimi bi izpolnili zastavljene cilje, so:

### 1. Dnevni izračun opazovanj v koordinatnem sestavu ITRF

Dnevni preračun mora biti izveden s kakovostnim programskim orodjem, kot so Bernese GPS Software, GAMIT/GLOBK ali GIPSY-OASIS (IGS, 2009; EPN PROC, 2009). Geodetski datum dnevnega izračuna določajo kakovostne koordinate danih točk, ki so vključene v službo IGS in so locirane v širši okolici Slovenije. Rezultat so koordinate točk, pridobljene za vsak dan, in so podlaga za vrednotenje kakovosti in stabilnosti točk. Tako bi pridobili koordinate točk v referenčni epohi in postopoma vektorje hitrosti ter posledično poznavanje geodinamike slovenskega ozemlja. Rezultat dejavnosti bo analiza časovnih vrst koordinat točk in posledično izdelava geokinematičnega modela ozemlja Slovenije. Le tako bomo imeli vpogled v pravo geodinamiko ozemlja Slovenije in le tako bomo geodinamiko lahko tudi modelirali. Analiza časovnih vrst bo tudi podlaga za vrednotenje kakovosti omrežja ter vseh novih določenih koordinat točk v omrežju.

### 2. Povezava aktivnega omrežja (SIGNAL) s pasivnim omrežjem (mreža točk EUREF)

Da bomo lahko vzpostavili korektno in kakovostno povezavo med aktivnim in pasivnim omrežjem oziroma dvema realizacijama koordinatnega sistema, je treba izvajati nove izmere na točkah pasivnega omrežja vsakih pet let (tj. v obdobju petih let naj bi se izvedle izmere na vseh točkah EUREF). Tako bi dosegli cilj, in sicer bi uporabniku z večjo verjetnostjo omogočili, da določi koordinate točk ustrezne kakovosti neodvisno od metode izmere.

### 3. Izbira koordinatnega sestava točk omrežja SIGNAL za natančnejšo določitev novo določenih koordinat detajla

Težava se nanaša tako na kinematične izmere (RTK, VRS), pri katerih dobimo koordinate novih točk že med samo izmero, kot na statično izmero. Obdelava opazovanj GNSS mora potekati v enotnem koordinatnem sistemu. Če imamo koordinate podane v koordinatnem sestavu ITRF, morajo biti tudi dane koordinate postaj omrežja SIGNAL podane v ITRF. Položaji satelitov so določeni z efemeridami, medtem ko bi morali biti dani položaji postaj podani prek koordinat v neki referenčni epohi s pripadajočimi vektorji hitrosti. Teoretično bi morala korektna obdelava temeljiti na koordinatah točk omrežja SIGNAL v koordinatnem sestavu ITRF za statično in tudi za kinematično izmero in obdelavo podatkov za trenutek izmere. Pri statični obdelavi je izbira koordinat danih točk odvisna od uporabnika, medtem ko je pri kinematični obdelavi odvisna od dejavnosti in storitev Službe za GPS, ki skrbi za omrežje SIGNAL.

V skladu s tem je treba poiskati odgovore na naslednja vprašanja in jih utemeljiti:

- V katerem koordinatnem sistemu in kako naj se podajajo koordinate točk omrežja SIGNAL?

Izračuni omrežja SIGNAL z morebitnimi navezavami na pasivno omrežje se morajo nujno izvesti v koordinatnem sestavu ITRF. Vprašanje se nanaša na koordinatni sistem podajanja koordinat uporabnikom. Tu imamo dve možnosti - ITRS ali ETRS89. Za zanesljiv odgovor je treba poznati geodinamiko območja Slovenije in togo gibanje Slovenije kot celote glede na Evrazijo.

- Kakšen je pomen povezave omrežja SIGNAL s pasivnim omrežjem?

Določitev koordinat nove točke mora biti neodvisna od metode izmere, programske opreme ali danih točk. Cilj je pridobiti statistično enake koordinate z navezavo na SIGNAL (RTK ali VRS) ali na točke EUREF (terestrična izmera, statična izmera GNSS, RTK). Statistično enake koordinate točk obeh omrežij (pasivnega in aktivnega) je mogoče pridobiti le s povezavo obeh omrežij. Opazovanja omrežja SIGNAL je treba obdelati za vsak dan posebej, medtem ko je pri obdelavi opazovanj v okviru terminkih izmer pasivnega omrežja opazovanja treba obdelati skupaj z opazovanji omrežja SIGNAL. Skupna obdelava opazovanj pasivnega in aktivnega omrežja nam zagotovi statistično enakost koordinat točk obeh omrežij.

- Kako izvesti povezavo obeh omrežij v Sloveniji z omrežjem EPN?

Točka GSR1 (permanentna postaja GNSS Ljubljana) je edina točka v Sloveniji, ki je vključena v omrežje EPN. Tako se podatki te postaje obdelajo na dnevni podlagi v analiznih centrih podkomisije EUREF. Za GSR1 nam tako EUREF zagotavlja kakovostne koordinate, ocenjene hitrosti njihovih sprememb in časovne vrste. Pri obdelavi podatkov omrežja SIGNAL se je treba odločiti, ali ima točka GSR1 v Sloveniji status dane točke ali status nove točke. Ali torej privzamemo koordinate točke GSR1 iz rezultatov obdelave omrežja EPN, ali vzamemo te koordinate zgolj za nadzor kakovosti koordinat točke GSR1 kot nove točke? Ker ena točka ne more definirati geodetskega datuma, bi bilo smiselno premisliti, ali bi v EPN vključili dodatne točke omrežja SIGNAL. Tako bi zagotovili kakovostno, predvsem pa bolj čvrsto povezavo omrežja SIGNAL z ETRF89.

- Problem s pridobitvijo opazovanj iz sosednjih držav, tj. datotek postaj RINEX, ki so vključene v omrežje SIGNAL (Avstrija, Hrvaška, Madžarska, Italija).

Podatki avstrijskih postaj so dostopni v realnem času, ne pa tudi za potrebe naknadne obdelave. Zaželeno bi bilo pridobiti podatke vseh obmejnih točk v vseh sosednjih državah tako za potrebe kinematične določitve položaja v realnem času kot za potrebe naknadne obdelave.

Odgovore na zgornja vprašanja lahko pridobimo le s kakovostnim vzdrževanjem koordinatnega sistema, ki je prikazan pod alinejami 1, 2 in 3 v tem poglavju. Razvite države izvajajo tako vzdrževanje koordinatnega sistema od pojava satelitskih tehnik v geodetski stroki in znanosti.

## 6 SKLEP

Glavna naloga geodetske stroke je določanje položajev točk v prostoru. Matematični opis položajev točk je najlažje izvesti v nekem koordinatnem sistemu, v katerem vsem točkam določimo koordinate. Koordinatni sistem kot tak sam po sebi ni dan, ampak ga je treba definirati, vzpostaviti in nato vzdrževati. S stališča države je osnovni koordinatni sistem, v katerem določimo koordinate vseh objektov v državi, državni koordinatni sistem. Kakovost vzpostavitve državnega koordinatnega sistema je večinoma odvisna od stopnje kakovosti merskih tehnik, uporabljenih pri realizaciji koordinatnega sistema. V preteklosti, ko je bilo mogoče opazovati samo smeri in dolžine med točkami na površju Zemlje ter smeri do nebesnih teles, so se vzpostavljali regionalni ali državni koordinatni sistemi, ki so bili časovno neodvisni. S pojavom satelitskih tehnik se je pojavila možnost/potreba po vzpostavitvi enotnega globalnega koordinatnega sistema. Državni koordinatni sistemi so se začeli vzpostavljati (ali prenavljati) na podlagi satelitskih metod določanja položaja, predvsem GNSS. Operativno delovanje GNSS je neposredno vezano na globalne koordinatne sisteme. Kakovost določitev položaja, določenega v okviru GNSS, je visoka in omogoča zaznavanje sprememb koordinat kot posledice geodinamike zemeljskega površja. Zaradi tega moramo koordinatne sisteme spremljati in spreminjati v časovnem smislu.

Najpomembnejši in najbolj kakovosten globalen koordinatni sistem je ITRS. Zaradi globalne geodinamike evrazijske tektonske plošče se je pojavila težnja po evropskem regionalnem koordinatnem sistemu, v katerem bi se koordinate točk v času kar najmanj spreminjale. Tako je na predlog podkomisije EUREF nastal ETRS. Ključno vlogo pri realizaciji in vzdrževanju ETRS ima omrežje permanentnih postaj GNSS v Evropi EPN, ki zagotavlja časovne vrste teh točk. Te časovne vrste so podlaga za realizacijo koordinatnega sistema, za presojo kakovosti koordinatnega sistema in modeliranje geodinamike na območju Evrope.

V Sloveniji se je vzpostavil in se vzdržuje nov državni koordinatni sistem, ki temelji na ETRS. Njegova vzpostavitev se je začela z izmerami EUREF v letih 1994–1996 in v letu 2007. Z izmerami EUREF so bile določene koordinate pasivnega omrežja točk v koordinatnem sistemu ETRS. Pri obdelavi podatkov izmere EUREF iz leta 2007 so bile ocenjene tudi koordinate točk aktivnega omrežja SIGNAL. Pasivno in aktivno omrežje tako v Sloveniji predstavljata začetek realizacije koordinatnega sistema ETRS. Po našem mnenju so koordinate točk v ETRS dovolj kakovostne, da zagotovijo določitev koordinat novih točk v ETRS z natančnostjo, večjo od štirih centimetrov v horizontalnem smislu, kar naj bi omogočalo rešitev vseh praktičnih nalog v povezavi

z evidentiranjem nepremičnin. Vendar pa ocena koordinat točk v ETRS na podlagi ene same izmere ne zagotovi dveh bistvenih količin, ki bi ju moral podati kakovosten koordinaten sistem. Prva so časovne vrste koordinat točk omrežja, ki podajajo kakovost in stabilnost točk omrežja in tako tudi pogled v kakovost vzpostavljenega oziroma realiziranega koordinatnega sistema. Druga količina so vektorji hitrosti koordinat točk v ETRS, ki so podlaga za modeliranje geodinamike na območju Slovenije. Podlaga za kakovosten koordinatni sistem so tako dnevna izračunavanja koordinat točk omrežja na podlagi vseh podatkov opazovanj GNSS v omrežju SIGNAL.

## Literatura in viri

*Altamimi, Z.; Collileux, X.; Legrand, J.; Garayt, B.; Boucher, C. (2007). ITRF2005: A new release of the International Terrestrial Reference Frame based on time series of station positions and Earth Orientation Parameters. Journal of Geophysical Research, Vol. 112, B09401, odi:10.1029/2007JB004949.*

*APOS (2009). Spletna stran, <http://www.bev.gv.at> (9. 9. 2009).*

*AUSLIG (2001). Spletna stran, <http://www.ga.gov.au/> (9. 9. 2009).*

*Berk, S.; Komadina, Ž.; Marjanovič, M.; Radovan, D.; Stopar, B. (2003). The Recomputation of EUREF GPS Campaigns in Slovenia. Report on the Symposium of the IAG Subcommission for the European Reference Frame (EUREF), Toledo, 4.–7. junij 2003.*

*Blewitt, G.; Argus, D.; Bennett, R.; Bock, Y.; Calais, E.; Craymer, M.; Davis, J.; Dixon, T.; Freymueller, J.; Herring, T.; Johnson, D.; Larson, K.; Miller, M.; Sella, G.; Snay, R.; Tamisiea, M. (2005). A Stable North American Reference Frame (SNARF): First Release. Proceedings of the Joint UNAVCO/IRIS Workshop, Stevenson, WA, ZDA, 9.–11. junij 2005.*

*Boucher, C. (1993). Reference Frames expressed in ETRS89. Report on the Symposium of the IAG Subcommission for the European Reference Frame (EUREF), Budimpešta, 17.–19. maj 1993. Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung Muenchen.*

*Boucher, C. (1993a). Meeting of the EUREF Technical Working Group in Bad Neuenahr – Ahrweiler, September 20–30, 1993. Report on the Symposium of the IAG Subcommission for the European Reference Frame (EUREF), Varšava 8.–11. junij 1994. Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung Muenchen.*

*Boucher, C.; Altamimi, Z. (1992). The EUREF Terrestrial Reference System and its First Realizations. Report on the Symposium of the IAG Subcommission for the European Reference Frame (EUREF), Bern 4.–6. marec 1992. Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung Muenchen.*

*Boucher, C.; Altamimi, Z. (2008): Memo: Specification for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign, <http://etrs89.ensg.ign.fr/memo-V7.pdf> (9. 9. 2009).*

*Brockmann, E., 2009. Monitoring of official national ETRF coordinates on EPN web, Project by the EUREF TWG. Report on the Symposium of the IAG Subcommission for the European Reference Frame (EUREF), Firenze, 26.–30. maj 2009.*

*Bruyninx, C.; Gurtner, W.; Muls, A. (1996). The EUREF Permanent GPS Network. Report on the Symposium of the IAG Subcommission for the European Reference Frame (EUREF), Ankara, 22.–25. maj 1996. Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung Muenchen.*

*Craymer, M. (2006). The evolution of NAD83 in Canada. Geomatica, 60 (2), str. 151–164.*

*Craymer, M.; Blewitt, G.; Argus, D.; Bennett, R.; Bock, Y.; Calais, E.; Davis, J.; Dixon, T.; Freymueller, J.; Herring, T.; Johnson, D.; Larson, K.; Miller, M.; Sella, G.; Snay, R.; Tamisiea M. (2005). Defining a Plate-Fixed Regional Reference Frame: The SNARF Experience. Dynamic Planet 2005, IAG/IAPSO/IABO Joint Assembly, Cairns, Australia, 22.–26. avgust 2005.*

*Cross, P.; Higgins, M.; Roger, L. (2000). Reference Frames in Practice: The Role of Professional, Scientific and Commercial Organisations. FIG Working Week, 21.–26. maj 2000, Praga.*

*EUREF (2009). Spletna stran <http://www.euref-iag.net/> (9. 9. 2009).*

*EPN (2009). Spletna stran <http://www.epncb.oma.be/> (9. 9. 2009).*

EPN PROC (2009). Spletna stran [http://www.epncb.oma.be/\\_organisation/guidelines/guidelines\\_analysis\\_centres.pdf](http://www.epncb.oma.be/_organisation/guidelines/guidelines_analysis_centres.pdf) (9. 9. 2009).

ETRS (2009). Spletna stran <http://etrs89.ensg.ign.fr/> (9. 9. 2009).

Grenerczy, G.; Sella, G.; Stein, S.; Kenyeres, A. (2005). Tectonic implications of the GPS velocity field in the northern Adriatic region. *Geophysical Research Letters*, Vol. 32, L16311, doi:10.1029/2005GL022947.

Gubler, E.; Poder, K.; Hornig, H. (1992). Report on the Symposium of the IAG Subcommittee for the European Reference Frame (EUREF). Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung Muenchen.

Gubler, E.; Schneider, D. (1994). Propositions for Defining a Modern National Geodetic Reference Frame. Report on the Symposium of the IAG Subcommittee for the European Reference Frame (EUREF), Varšava, 8.–11. junij 1994, Reports of the EUREF Technical Working Group, p162ff. Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung Muenchen.

Gurtner, W. (1994). The use of Permanent GPS Stations for the Maintenance of the European Reference Frame. Report on the Symposium of the IAG Subcommittee for the European Reference Frame (EUREF), Varšava, 8.–11. junij 1994. Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung Muenchen.

Gurtner, W.; Frankhauser, S.; Ehrnsperger, W.; Wende, W.; Friedhof, H.; Habrich, H.; Botton, S. (1992). EUREF-89 GPS Campaign – Results of the processing by the »Berne Group«. Report on the Symposium of the IAG Subcommittee for the European Reference Frame (EUREF), Bern, 4.–6. marec 1992. Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung Muenchen.

Höggerl, N.; Imrek, E. (2007). Recent Steps Towards the Introduction of ETRS89 in Austria. *Geodetski vestnik* 51 (4), str. 742–750.

Höggerl, N., Ruess, D., Stangl, G. (2007a). EUREF 06: National Report of Austria. EUREF Publication No. 16. Mitteilung des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Band 40. Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main, 2008.

Höggerl, N., Stangl, G., Ruess, D., Ernst, Z.; Helmut, T. (2007b). EUREF 2007 Symposium, National Report of Austria. <http://www.euref-iaq.net/symposia/2007London/07-01-hoeggerl.pdf> (9. 9. 2009).

ITRF (2009). Spletna stran <http://itrf.ensg.ign.fr/> (9. 9. 2009).

IGS (2009). Spletna stran <http://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/center/analysis/> (9. 9. 2009).

Jivall, J. (2003). Geodetic activities at Lantmäteriet, the National Land Survey of Sweden. EUREF meeting, Toledo, Španija, 4.–7. junij 2003.

Lilje, M.; Sarib, R. (2007). Linking of reference frames, GNSS and CORS networks. FIG Regional Conference, San Jose, Costa Rica, 12.–15. november 2007.

Poder, K. (1991). A note on the EUREF System. Report on the Symposium of the IAG Subcommittee for the European Reference Frame (EUREF), Dunaj, 14.–16. avgust 1991, Reports of the EUREF Technical Working Group, p112ff. Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung Muenchen.

Pravilnika o urrejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov zemljiškega katastra. Uradni list Republike Slovenije št. 8/2007.

Rizos, C. (2006). Alternatives to Current GPS-RTK Services & Some Implications for CORS Infrastructure and Operations, [http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/publications/rizos\\_2006d.pdf](http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/publications/rizos_2006d.pdf) (9. 9. 2009).

SIRGAS (2009). Spletna stran <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sirgas/principal.htm> (9. 9. 2009).

SNARF (2009). Spletna stran [http://www.unavco.org/research\\_science/workinggroups\\_projects/snarf/snarf.html](http://www.unavco.org/research_science/workinggroups_projects/snarf/snarf.html) (9. 9. 2009).

Stone, W. (2006). The evolution of the National Geodetic Survey's Continuously Operating Reference Station network and Online Positioning User Service, Proc. 2006 ION-IEEE Position, Location, and Navigation Symp., 25.–27. april, San Diego, CA, str. 653–663.

Stopar, B. (2007). Vzpostavitev ESRS v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 51 (4), str. 763–776.

UNAVCO (2009). Spletna stran <http://www.unavco.org/unavco.html> (9. 9. 2009).

Weber, J.; Vrabec, M.; Pavlovčič-Prešeren, P.; Dixon, T.; Jiang, Y.; Stopar, B. (2009). GPS-derived motion of Adriatic microplate from Istria Peninsula and Po Plain sites, and geodynamic implications. *Tectonophysics*, doi:10.1016/j.tecto.2009.09.001.

Wonnacott, R. (2005). ARFER Background and Progress towards a Unified Reference Frame for Africa. *FIG Working Week / GSDI-8, Kairo, Egipt, 16.–21. april 2005*.

Zakon o evidentiranju nepremičnin. *Uradni list Republike Slovenije št. 47/2006, 65/2007 Odl.US: U-I-464/06-13*

**Prispelo v objavo: 1. junij 2009**

**Sprejeto: 26. november 2009**

**asist. mag. Oskar Sterle, univ. dipl. inž. geod.**

FGG - Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

e-pošta: oskar.sterle@fgg.uni-lj.si, tel.: (01) 4768 603

**asist. dr. Polona Pavlovčič Prešeren, univ. dipl. inž. geod.**

FGG - Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

e-pošta: polona.pavlovcic@fgg.uni-lj.si, tel.: (01) 4768 631

**doc. dr. Miran Kuhar, univ. dipl. inž. geod.**

FGG - Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

e-pošta: miran.kuhar@fgg.uni-lj.si, tel.: (01) 4768 635

**izr. prof. dr. Bojan Stopar, univ. dipl. inž. geod.**

FGG - Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

e-pošta: bojan.stopar@fgg.uni-lj.si, tel.: (01) 4768 638