

## Referenčni (koordinatni) sistemi v geodeziji (1)

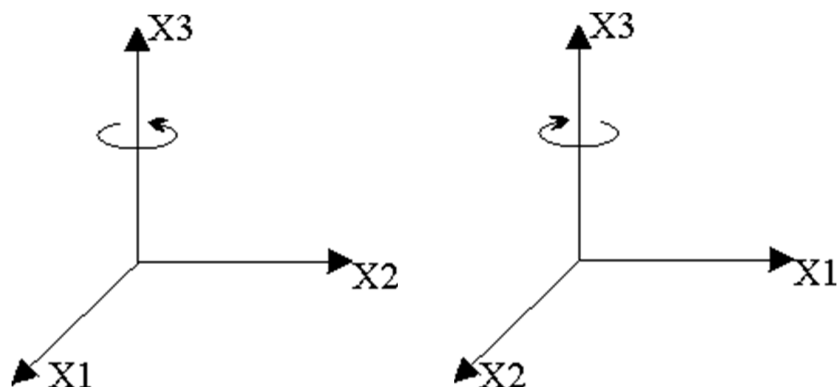
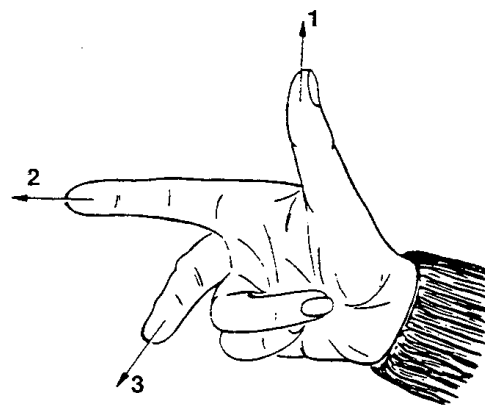
- Dejstvo je, da živimo v tridimenzionalnem Evklidskem prostoru. To je aksiom, ki ga ni potrebno dokazovati. Da bi lahko podali geometrijski položaj točke v tem prostoru je primerno sredstvo vzpostavitve koordinatnega sistema.
- Položaj točke lahko podamo relativno glede na druge točke ali pa v referenčnem koordinatnem sistemu. Ker v Naravi ni mirovanja in ker se Vesolje giblje, je položaj točke vedno funkcija časa.
- Položaj točke zato podajamo s štirimi komponentami. Poleg geometrijskih komponent položaja podamo tudi časovno komponento.

## Referenčni (koordinatni) sistemi v geodeziji (2)

- Koordinatni sistemi v geodeziji predstavljajo primerno sredstvo za izražanje splošnih fizikalnih zakonov in podajajo zvezo z geodetskimi meritvami.
- V osnovi je izbira koordinatnega sistema poljubna, vendar je smiselno izbrati takšne koordinatne sisteme, ki bodo v čim večji meri poenostavili predstavitev rezultatov meritev oz. različnih izračunov.

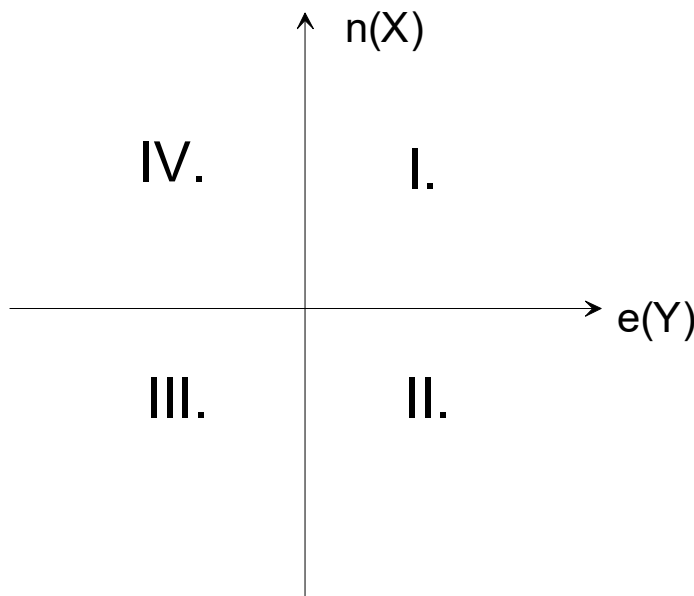
# Pravokotni in krivočrtni koordinatni sistemi (1)

- Pravokotni, kartezični koord. sistem:
  - René Descartes (lat. Cartesius), XVII. st.
  - desni in levi pravokotni k.s. (desnosučni oz. levosučni k.s.) (k.s. desne ali leve orientacije)



## Pravokotni k.s. v ravnini

- V geodeziji je pravokotni koord. sistem desnosučen: os  $n$  (X) je vertikalna, pozitivni del osi kaže navzgor - usmerjen je proti severu; negativni del osi kaže navzdol proti jugu. Os  $e$  (Y) je vodoravna, pozitivni del osi je usmerjen na desno in kaže proti vzhodu; negativni del osi kaže na levo proti zahodu. Koti naraščajo v desno.

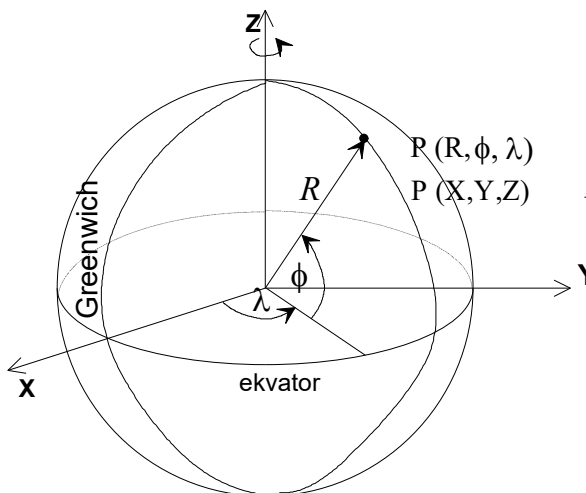


## Pravokotni in krivočrtni koordinatni sistemi (2)

- Krivočrtne koordinate  $(q_1, q_2, q_3)$  izpeljemo iz kartezičnih kot:  
 $q_i = q_i(x, y, z), \quad i=1, 2, 3$   
Zgornja enačba lahko vsebuje poljubno število parametrov.

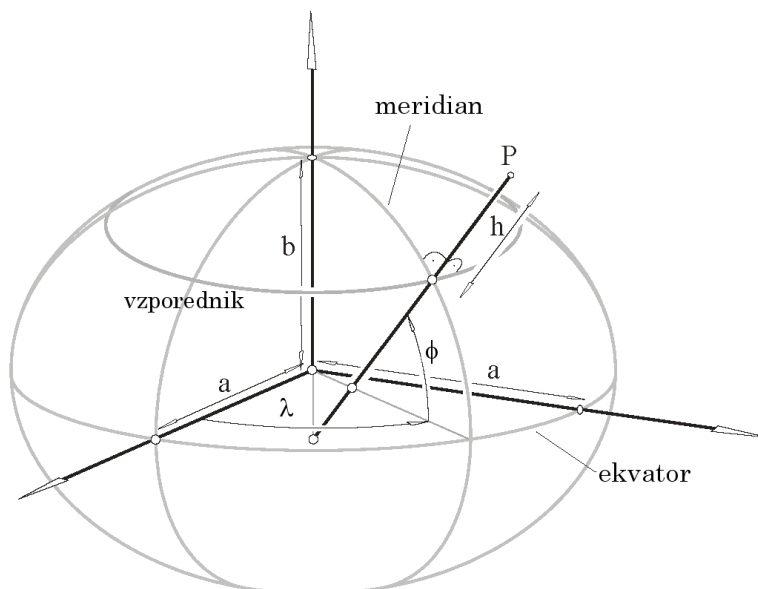
- Primer ne-parametričnega koordinatnega sistema so **krogelne (sferne) koordinate**  $R, \phi, \lambda$ :

- Koordinate so:
  - $R$  radij vektor (polmer),
  - krogelna širina  $\phi$ ,
  - krogelna dolžina  $\lambda$

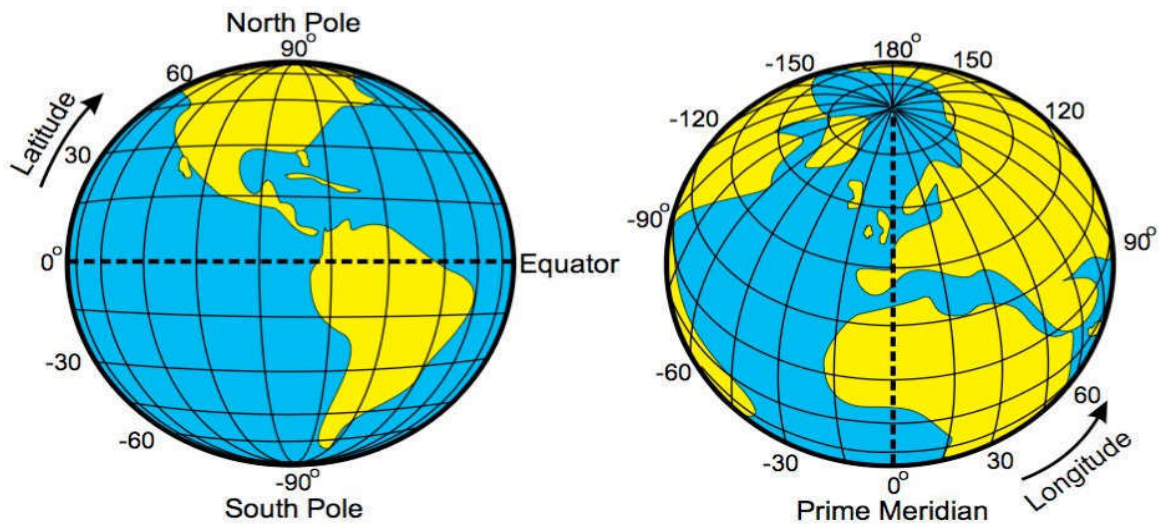


## Geodetske (elipsoidne) koordinate

- **Geodetske (elipsoidne) koordinate**  $\phi, \lambda$  predstavljajo dvoparametrični sistem krivočrtnih koordinat (parametra sta  $a, f$ ).
- Geodetske, elipsoidne koordinate:  $P(\phi, \lambda, h)$   
geodetska širina ( $\phi$  ali  $\varphi$ ),  
geodetska dolžina ( $\lambda$ ),  
elipsoidna višina ( $h$ ).



# Geografske koordinate (ponovitev)



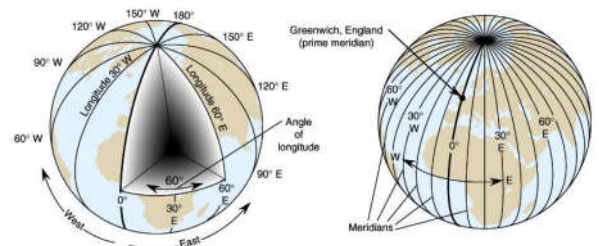
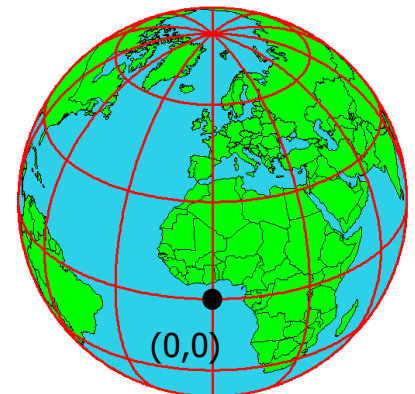
## Geografske koordinate na Zemlji

### ○ Geografska širina $\phi$ :

- G.š. točke je njena sferna razdalja od ekvatorja.
- Izhodišče za računanje ekvator: (N)  $90^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$  (S)
- mali krogi  $\rightarrow$  vzporedniki  $\phi = \text{konst.}$

### ○ Geografska dolžina $\lambda$ :

- G.d. točke je njena sferna razdalja od izhodiščnega meridiana  $\rightarrow$  Greenwich
- (W)  $180^\circ \leq \lambda \leq 180^\circ$  (E)
- veliki krogi  $\rightarrow$  meridiani  $\lambda = \text{konst.}$



- $\phi$ : N  $45^\circ 14' 16'', 3$   
+  $45^\circ 14' 16'', 3$
- $\phi$ : S  $45^\circ 14' 16'', 3$

- $\lambda$ : E  $14^\circ 56' 33'', 7$   
-  $14^\circ 56' 33'', 7$
- $\lambda$ : V  $14^\circ 56' 33'', 7$

## Referenčni sistemi in sestavi (1)

- Koordinatni sistem moramo:
  1. teoretično definirati,
  2. praktično realizirati,
  3. mednarodno uveljaviti, kot sistem, ki je primeren za vsakdanjo uporabo.
- Teoretična definicija in praktična izvedba sta bila bili pogoj za uvedbo pojmov: **referenčni sistem** ("reference system" in referenčni sestav "reference frame").
- Referenčni sistem je višji pojem, ki vključuje tudi pojem referenčni sestav, nanaša se na množico fizikalnih in matematičnih teorij različnih pojavov, ki jih upoštevamo pri definiciji referenčnega sistema samega.
- Referenčni sestav predstavlja praktično realizacijo (materializacijo) referenčnega koordinatnega sistema.

## Referenčni sistemi in sestavi (2)

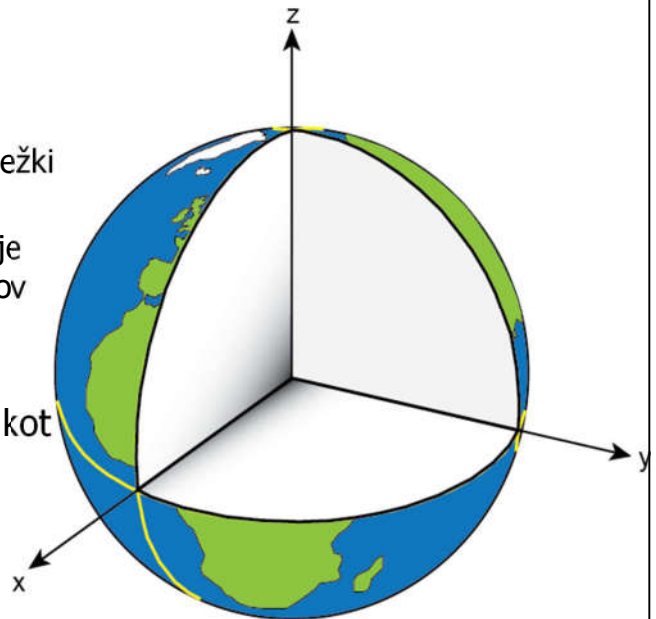
- Koordinatni sistemi, ki so v uporabi v geodeziji in astronomiji so neločljivo povezani z Zemljo in njenim gibanjem v prostoru. Zemlja se vrti okoli svoje osi (rotacija) in se hkrati giblje okoli Sonca (revolucija). Poleg tega, Luna, Zemljin naravni satelit, z drugimi umetnimi Zemljinimi sateliti kroži okoli Zemlje. Ta tri periodična gibanja so bistvenega pomena za definicijo geodetskih in astronomskih koordinatnih in časovnih sistemov.
- Glede na omenjena gibanja ločimo tri vrste referenčnih (koordinatnih) sistemov:
  - nebesne koordinatne sisteme,
  - terestrične koordinatne sisteme,
  - orbitalne koordinatne sisteme.

## Terestrični referenčni sistemi

- Terestrični koordinatni sistemi so "pritrjeni" na Zemljo in skupaj z njo rotirajo v prostoru. Definirajo koordinate točk na zemeljskem površju. Med njimi ločimo:
  - geocentrične koordinatne sisteme,
  - topocentrične koordinatne sisteme.
- Vsak terestrični referenčni sistem je definiran z določenim številom materialnih točk na zemeljski površini (npr. observatoriji) in rotira skupaj z Zemljo.

## International Terrestrial Reference System (ITRS)

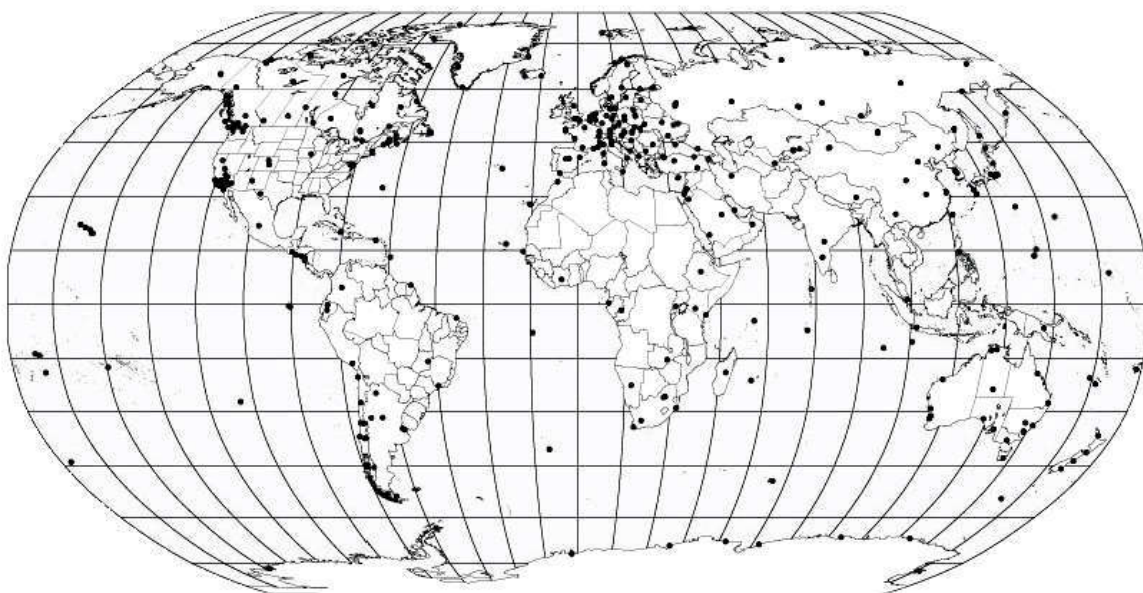
- ITRS je približek idealnega terestričnega referenčnega sistema:
  - Izhodišče v masnem središču Zemlje.
  - Dolžinska enota SI-meter. Merilo v skladu z dosežki splošne teorije relativnosti.
  - Za časovne spremembe je podana zahteva, da je vsota vseh rotacij na Zemljini obli glede premikov tektonskih plošč enaka nič.
  - elipsoid: GRS80.
- Realiziran je z vesoljskimi merskimi tehnikami kot so: VLBI, SLR, LLR, ter satelitskimi merskimi tehnikami GNSS in DORIS.



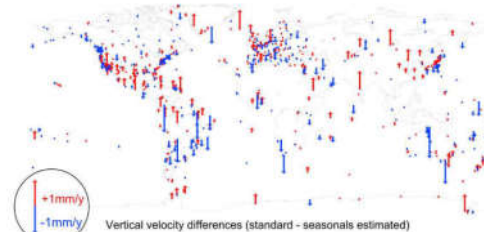
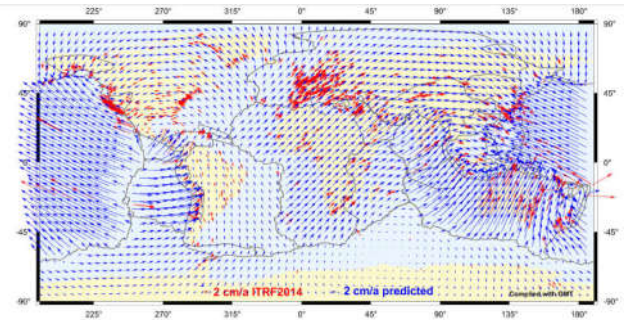
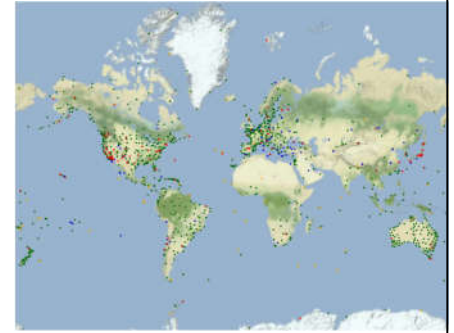
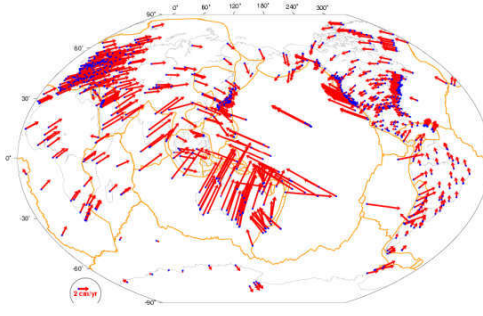
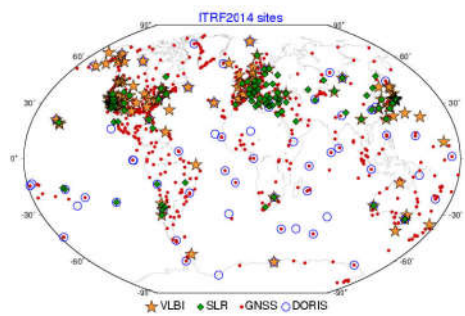
# ITRF (1)

- **ITRF<sub>yy</sub>** je verzija koordinatnega sestava, kot ga definira izbrana množica točk za praktično realizacijo ITRS koordinatnega sistema. Končnica **yy** označuje posamezno realizacijo sistema oziroma časovno epoho realizacije.
- Posamezne časovne realizacije zaradi modeliranja časovno odvisnih vplivov:
  - premiki tektonskih plošč,
  - plimovanje trdne Zemlje (Zemljine skorje),
  - post-ledenodobna dvigovanja zemeljskega površja,
  - premikanje Zemljinih polov,
  - instrumentalni pogoški.

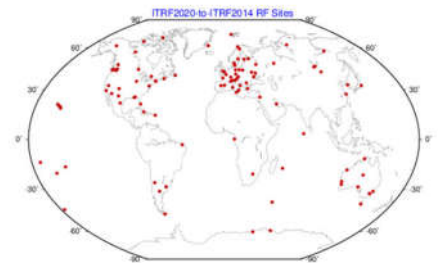
## ITRF točke



# ITRF2014, ITRF2020



Altamimi et al (2016)



V množici točk, ki definirajo ITRS je v ITRF2020 prvič točka z ozemlja Slovenije (Ljubljana-GSR1)

## WGS 84

- **World Geodetic System 1984.** Vzpostavil ga je Ameriško Obrambno ministrstvo za operative potrebe tehnologije GPS.
- Izhodišče in orientacija koordinatnih osi WGS-84 koordinatnega sistema sta realizirana s poznanimi položaji nadzornih postaj GPS-sistema.
- Leta 2002 je stopila v veljavo nova verzija sistema WGS84 (G1150): ponovno določene koordinate nadzornih postaj GPS. Globalna natančnost točk znaša približno 1 cm.





# Regionalni in nacionalni Terestrični Referenčni Sestavi

- **EUREF** je podkomisija IAG (Mednarodna zveza za geodezijo) za referenčni sistem v Evropi.  
Ustanovljen leta 1987, ukvarja se z definicijo, realizacijo in vzdrževanjem Evropskega referenčnega sistema **ETRS89** in evropskega višinskega ref. sistema **EVRS** (European Vertical Reference System).
- **ETRS89** (European Terrestrial Reference System 1989) je evropski koordinatni sistem z realizacijo **ETRF89**. Vzdrževanje sistema poteka prek evropske mreže permanentnih postaj – **EPN** (EUREF Permanent Network), na katerih sprejemnik GPS in GLONASS neprekinjeno sprejemajo sat. signal.
- ETRF89 je bil določen na osnovi prve EUREF GPS kampanje EUREF GPS89, z navezavo na izhodiščne točke, dane v ETRF89 koordinatnem sistemu, in izvedenimi povezavami med točkami SLR/VLBI ter EUREF GPS89.
- Zgoščevanje ETRF koordinatnega sestava poteka predvsem z evropskimi GPS-kampanjami.
- Vsaka država članica EUREF komisije je realizirala nacionalni referenčni sestav v okviru evropskega (EUREFSLO95).

## SIRGAS - Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas

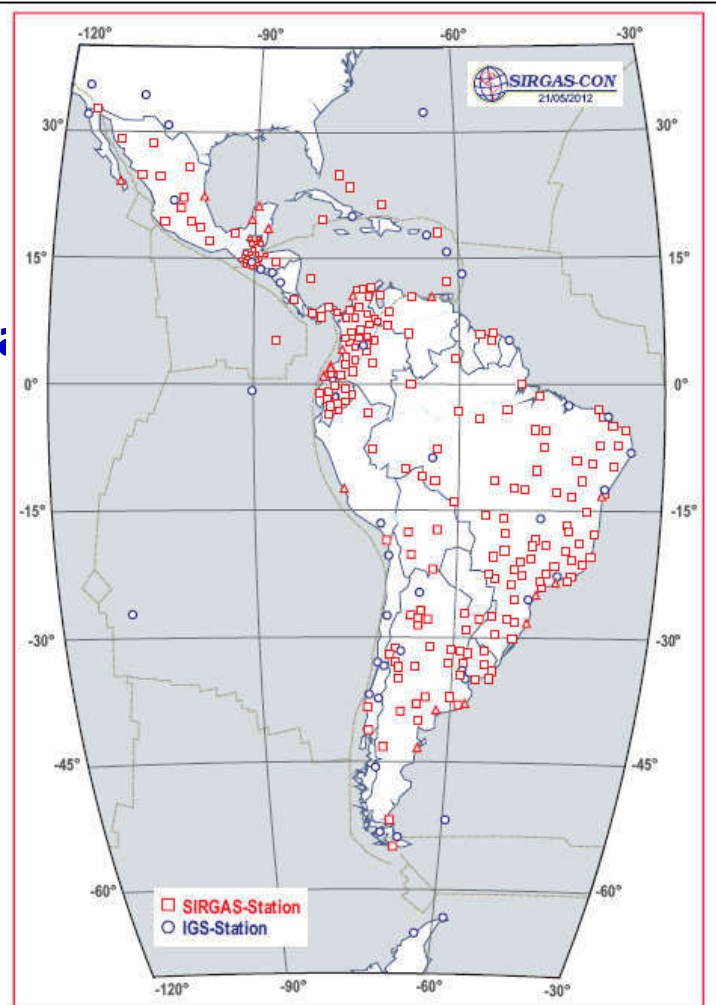
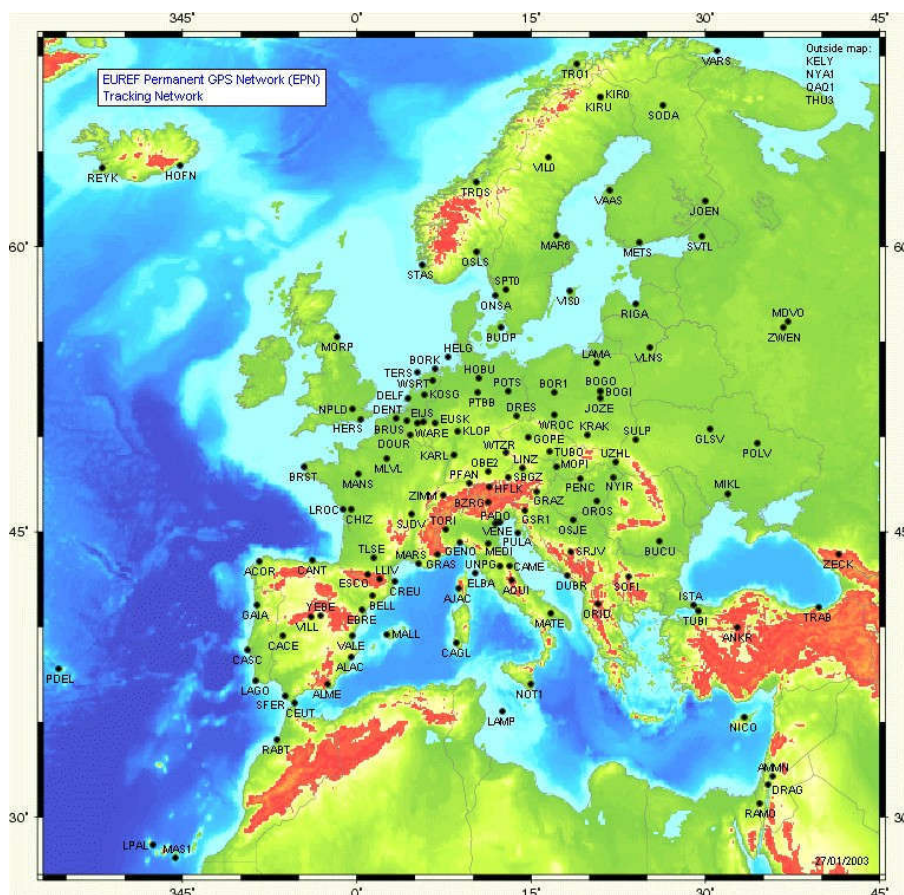


Figure 2: SIRGAS Continuously Operating Network (SIRGAS.CON), status May, 2012.

# EUREF - EPN



M.Kuhar : Detajlna izmera – 1. del (GiG)

19

## EUREF v Sloveniji

- Vključitev Slovenije v evropski referenčni sestav (EUREF) je bila izvedena na osnovi treh GPS-kampanj v letih 1994, 1995 in 1996. Točke EUREF izmer predstavljajo osnovo za navezavo vseh državnih GPS-mrež. Rezultate kombiniranega izračuna je leta 2003 potrdila tudi evropska podkomisija IAG EUREF.
- Skupaj je bilo v preračun vključenih 49 točk na ozemlju Slovenije, vključujoč celotno triangulacijsko mrežo 1. reda. Izmed teh ima 5 točk status uradnih EUREF-točk (Donačka gora, Korada, Kucelj, Malija in Velika Kopa). Dobljeni niz zelo kakovostno določenih geodetskih točk je dobra osnova za predefiniranje slovenskega državnega koordinatnega sistema.

M.Kuhar : Detajlna izmera – 1. del (GiG)

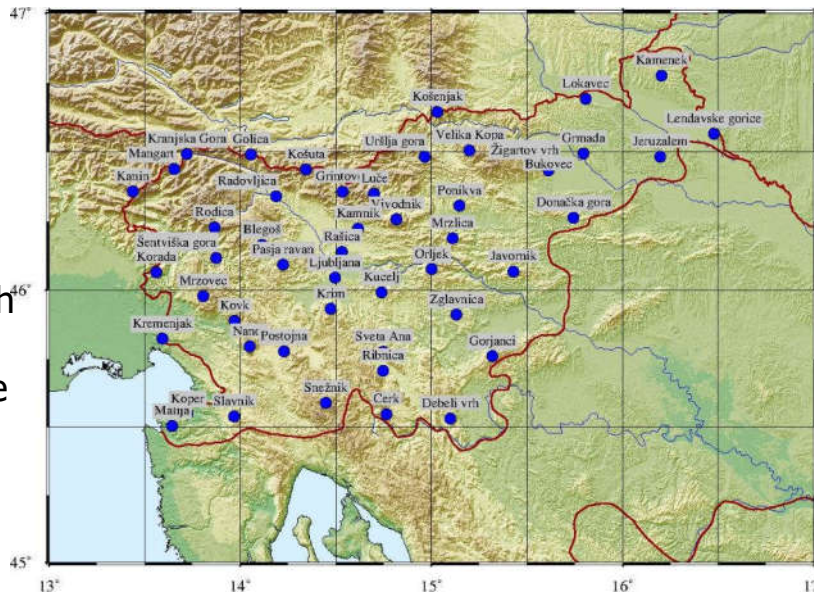
20

# Horizontalna sestavina DPKS RS

## Državna mreža (pasivno omrežje) GNSS

Državni horizontalni koordinatni sistem D96:

- Realizacija ETRS89 na ozemlju Slovenije.
- Začetek vzpostavitve novega državnega horizontalnega koordinatnega sistema v t. i. izmerah EUREF (1994 – 1996).
- Uradno 5 t. i. EUREF točk, preostale so sestavni del realizacije koordinatnega sistema.
- Obdelava opazovanj izmer EUREF 1994 – 1996 v letih 2001 – 2003
- Realizacija D96 – 49 geodetskih točk s koordinatami v ETRS89 (1995,55) koordinatnem sistemu.



# Horizontalna sestavina DPKS RS

## Državna mreža (pasivno omrežje) GNSS



**Kucej (0173)**

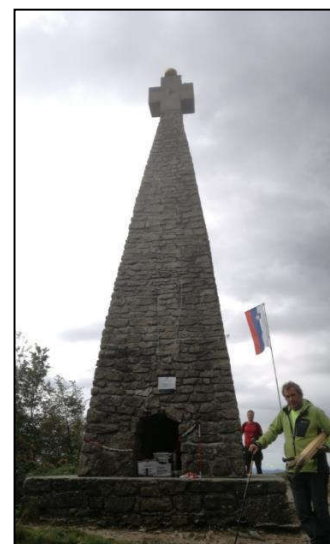
**Maliija (0180)**

**Velika Kopa (0372)**

5 uradnih EUREF točk



**Korada (0518)**



**Donačka gora  
(0214)**

# Omrežje SIGNAL

- Postaje omrežja
  - 16 v SLO
  - 5 v Avstriji
  - 1 na Madžarskem
  - 7 na Hrvaškem
- Koordinate postaj določene v ETRS89:
    - ETRF96 (1995.55)
    - D96/TM
  - Centralno umeščena ljubljanska postaja je vključena tudi v evropsko mrežo stalnih postaj EPN (angl. European Permanent Network), ki je fizična osnova evropskega terestričnega referenčnega sistema.

