

Izbrana poglavja iz višje geodezije in geodetske astronomije  
2020/2021

# DRŽAVNI REFERENČNI SISTEM SLOVENIJE

doc. dr. Oskar Sterle

# VSEBINA

- Državni referenčni sistem Slovenije
- Horizontalna komponenta D96
  - EUREF točke
  - Omrežja stalno delujočih postaj GNSS
- Višinska komponenta
  - Geometrični nivelman
  - Višinski sistem
  - Izhodiščna višinska ploskev
  - Izhodišče višinskega sistema

# DRŽAVNI REFERENČNI SISTEM SLOVENIJE

- Temelji na ESRS (angl. European Spatial Reference System)
- Sestavljen iz:
  - Horizontalne komponente, ki temelji na ETRS89 (+nova projekcija)
  - Višinske komponente, ki temelji na EVRS
- Nadomesti star državni koordinatni sistem
  - Horizontalna komponenta D48
  - Višinski sistem temelji na normalnih-ortometričnih višinah, izhodišče Trst
- Zakaj
  - Slaba kakovost starega sistema
  - Nove tehnologije (GNSS)
- Začetek: 1. 1. 2008 – evidentiranje nepremičnin

Vir: Stopar, 2007: [http://www.geodetski-vestnik.com/51/4/gv51-4\\_763-776.pdf](http://www.geodetski-vestnik.com/51/4/gv51-4_763-776.pdf)

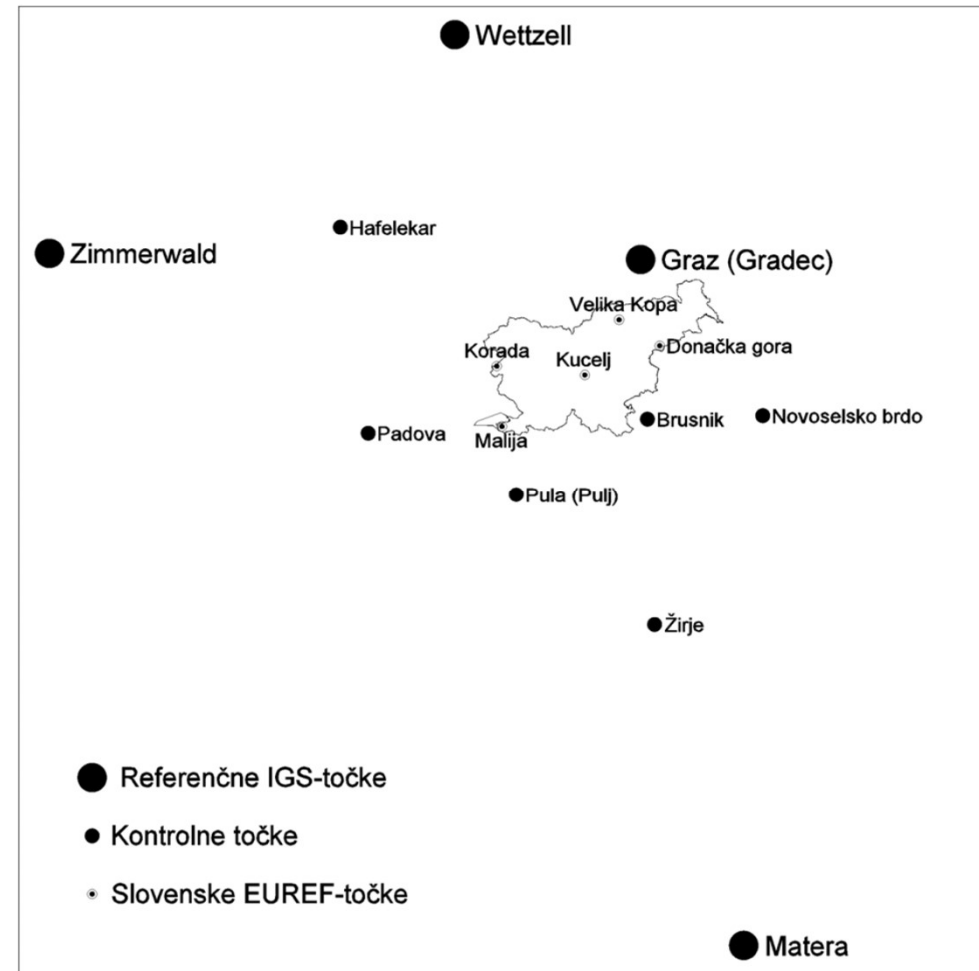
# HORIZONTALNA KOMPONENTA D96

- Vzpostavitev leta 2003 s preračunom izmer EUREF-GPS
- Izmere v letih 1994, 1995 in 1996 (območje SLO in CRO)
- 5. preračun – 1. v celoti v Sloveniji
- Rezultat – koordinate točk v 3D v novem sistemu D96:
  - 5 uradnih EUREF točk
  - Dodatno 41 točk v Sloveniji
- Uradna potrditev izračuna v okviru ETRS89 – EUREF konferenca v Toledu (Španija), junija 2003
- Naknadno, zgostitev mreže na 1 točka/100km<sup>2</sup> – za transformacije
- Koordinatni sistem 3D – a zagotavlja le horizontalni del RS

# HORIZONTALNA KOMPONENTA D96

- Podatki izmer GPS:
  - Izmere GPS v dolžini: 4 dni (1994), 7 dni (1995) in 14 dni (1996)
  - Število točk: 8 (1994), 48 (1995), 6 (1995)
  - Skupaj 49 točk: 35 triang. mreža I reda, ostalo II reda ali geodinamične točke
- Geodetski datum:
  - 4 točke IGS za zagotovitev geodetskega datuma
  - 6 točk IGS ali EUREF sosednjih držav – zgostitev in kontrola

# HORIZONTALNA KOMPONENTA D96



# HORIZONTALNA KOMPONENTA D96

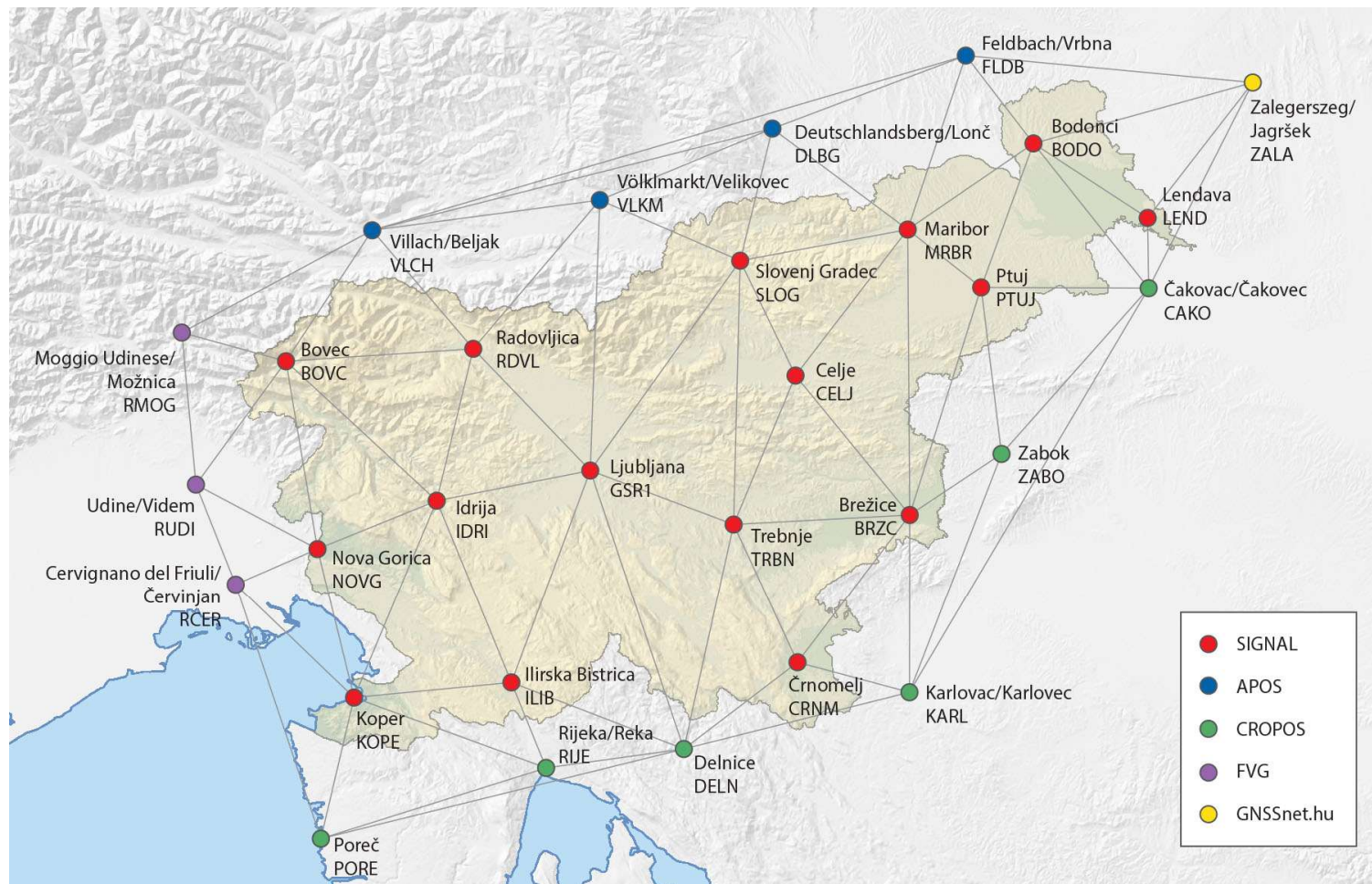
- Uporabljen programski paket Bernese GPS Software, Version 4.2
- Relativni način – dvojne fazne razlike (bazni vektorji)
- Obdelava dnevni datotek
  - Linearna kombinacija L3 (neodvisna od vpliva ionosfere)
  - Precizne efemeride službe IGS – preračunane v ITRF96
  - Hitrosti točk: NNR-NUVEL-1A – evrazijska tektonska plošča
- Referenčni sestav: ITRF96
- Referenčna epoha – srednja epoha 1996.55
- Preračun v ETRS89 za epoho 1996.55 (uradna EUREF procedura)
- Kakovost: na nivoju pod centimetrom (status B točk EUREF)
- Poimenovanje: D96

# OMREŽJE STALNO DELUJOČIH POSTAJ GNSS - SIGNAL

- EUREF točke „neprimerne“ za dostop do koordinatnega sistema
- Moderne tehnologije (GNSS)
- 2001 se začne izgradnja omrežja stalno delujočih postaj GPS (GNSS)
- 1. postaja Ljubljana (Geoservis) (2001)
- Operativnost omrežja: 2006
- Trenutno (<http://www.gu-signal.si/>):
  - 16 postaj na območju Slovenije
  - Povezanost s sosednjimi državami: 4 Avstrija, 3 Italija, 6 Hrvaška, 1 Madžarska
- Vzpostavitev/delovanje Službe za GPS, kasneje Službe za GNSS



# OMREŽJE STALNO DELUJOČIH POSTAJ GNSS - SIGNAL



# NALOGE OMREŽJA STALNO DELUJOČIH POSTAJ GNSS SIGNAL

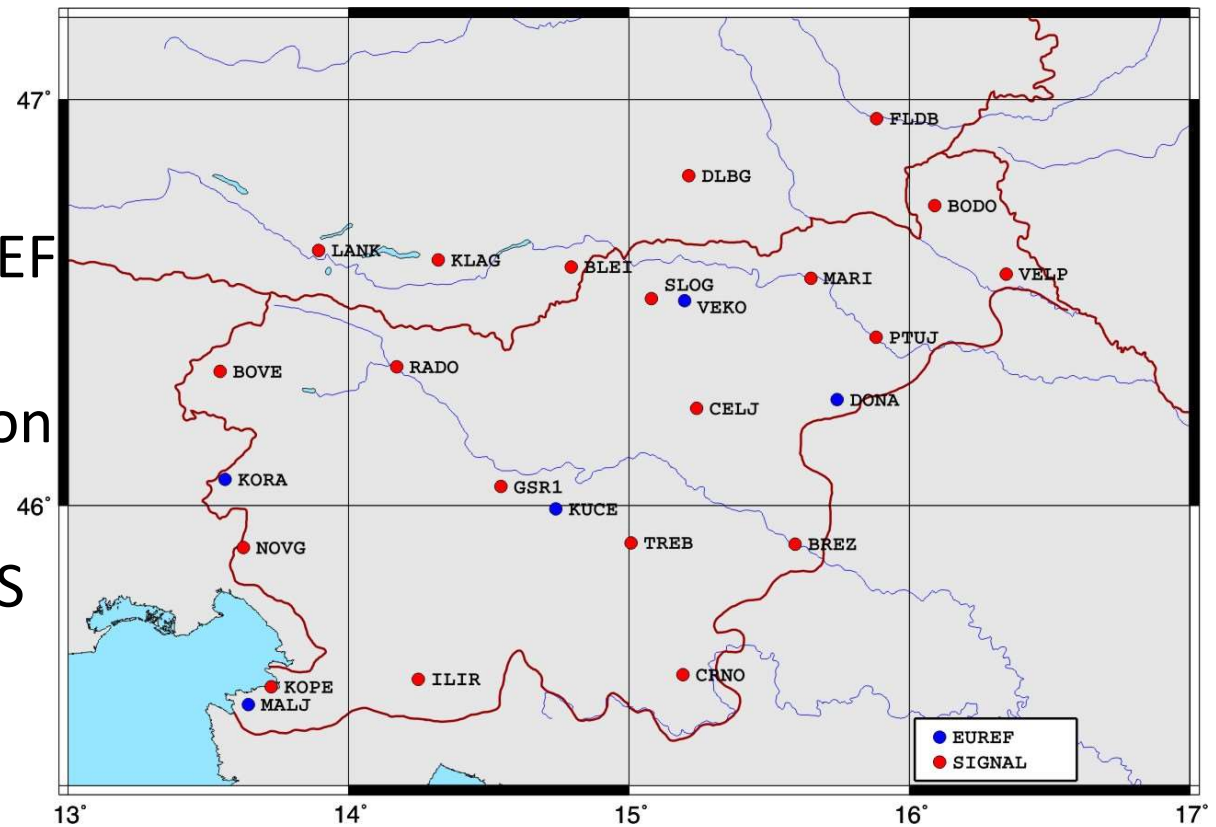
- Praktična realizacija (aktualnega) sestava ITRF na območju Slovenije
- Praktična realizacija (aktualnega) sestava ETRF na območju Slovenije
- Praktična realizacija in dostop do državnega koordinatnega sistema Slovenije
- Globalna in lokalna geodinamika za obravnavo koordinatnih sistemov na območju Slovenije
- Podpora višinskemu sistemu Slovenije
- Ostalo:
  - Geodinamika, meteorologija, spremljanje višine morske gladine, zagotavljanje servisa za službe navigacije (reševanje in zaščita, vojska, policija...)...

Vir: Stopar in sod., 2002: [http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2002/Stopar\\_et\\_al2002.pdf](http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2002/Stopar_et_al2002.pdf)

Kozmus in Stopar, 2004: [http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2004/SZGG\\_04\\_Kozmus\\_Stopar.pdf](http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2004/SZGG_04_Kozmus_Stopar.pdf)

# VKLOP OMREŽJA SIGNAL V D96

- Mini-EUREF izmera 2006:
  - 5 EUREF točk
  - 20 postaj SIGNAL
- 72 ur statična izmera na EUREF točkah
- Bernese GPS Software, Version 5.0
- Geodetski datum: 6 danih IGS točk in 3 kontrolne točke
- Referenčni sestav ITRF2005, epoha 2007.26



# VKLOP OMREŽJA SIGNAL V D96

- Transformacija v državni koordinatni sistem:
  - Iz ITRF2005 (epoha 2007.26) v ITRF96 (epoha 2007.26)
  - Iz ITRF96 (epoha 2007.26) v ITRF96 (epoha 1995.55) s pomočjo modela NNR-NUVEL-1A
  - Iz ITRF96 (epoha 1995.55) v ETRS89 (epoha 1995.55)
- Težnja, da dobimo enako osnovo kot pri imerah EUREF iz 1995.55
- Primerjava koordinat EUREF točk med 1995 in 2007:
  - Od 13mm Donačka gora, do 42 mm Malija (prostorski premiki)
  - Vzrok: razlika v koordinatnih sistemih (ITRF2005, ITRF1996), geodinamika ozemlja Slovenije (+slučajni vplivi)

Vir: [https://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/DPKS/Projekti\\_drzavnega\\_prostorskega\\_koordinatnega\\_sistema/Vzpostavitev\\_GPS\\_in\\_EKS\\_v\\_SLO/Elaborati\\_projekta/2007/Porocilo\\_Izracun\\_EUREF\\_2007\\_GI.pdf](https://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/DPKS/Projekti_drzavnega_prostorskega_koordinatnega_sistema/Vzpostavitev_GPS_in_EKS_v_SLO/Elaborati_projekta/2007/Porocilo_Izracun_EUREF_2007_GI.pdf)

# PROBLEM?

Stabilizacija – strehe stavb  
Neurejeno lastništvo



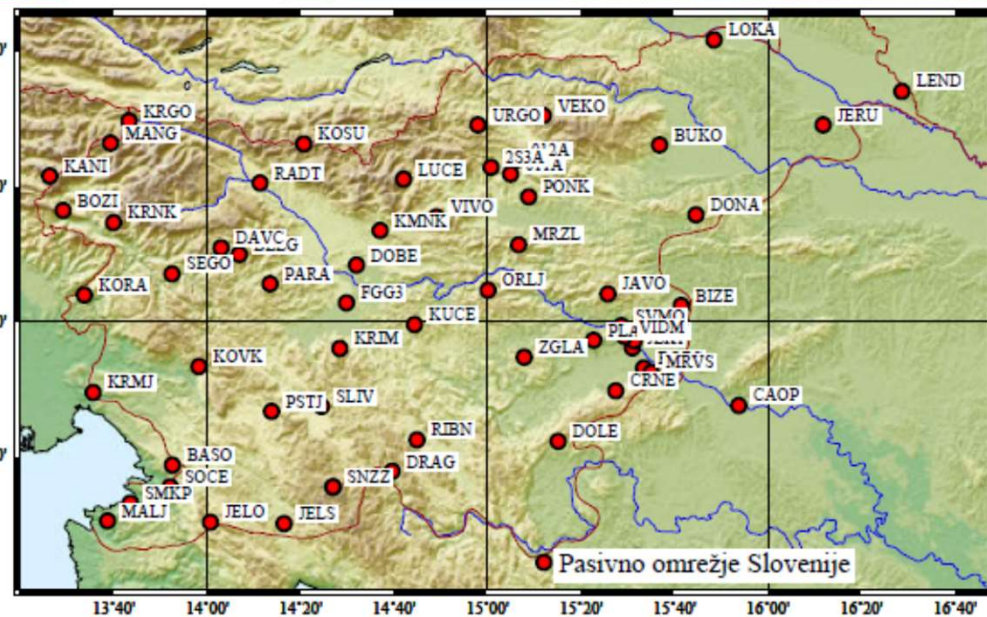
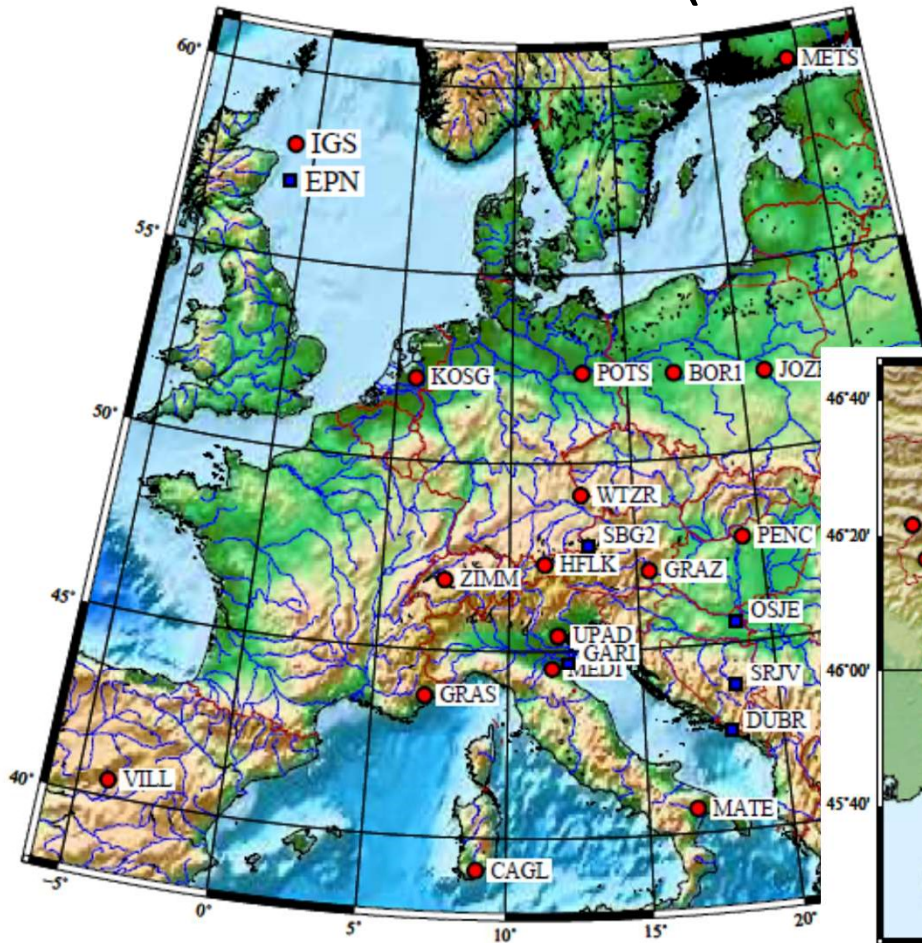


# KAKOVOST DRŽAVNEGA KOORDINATNEGA SISTEMA D96 (LETO 2015)

- Obsežna obdelava:
  - Vseh ponovljenih kampanjskih izmer GNSS na območju Slovenije od 1994 do 2010
  - Vseh stalno delujočih postaj GNSS na območju Slovenije do leta 2010
  - Številne stalno delujoče postaje GNSS v okolici Slovenije (širše, ožje)
  - 2 programska paketa (Bernese GNSS Software, Version 5.2 in gPPP)
- Namen:
  - Ovrednotiti kakovost državnega koordinatnega sistema
  - Vpliv geodinamike na kakovost državnega koordinatnega sistema
  - Zasnova definicije novega, modernega koordinatnega sistema Slovenije
  - Metodologija realizacije novega modernega koordinatnega sestava, ki bo zagotavljal kakovostno koordinatno ogrodje za daljše časovno obdobje
  - Upoštevanje kinematičnosti sestava

Vir: Sterle, 2015: <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-GX0KPO62/fcb28db6-4d74-4356-ab35-0af9965b4f94/PDF>

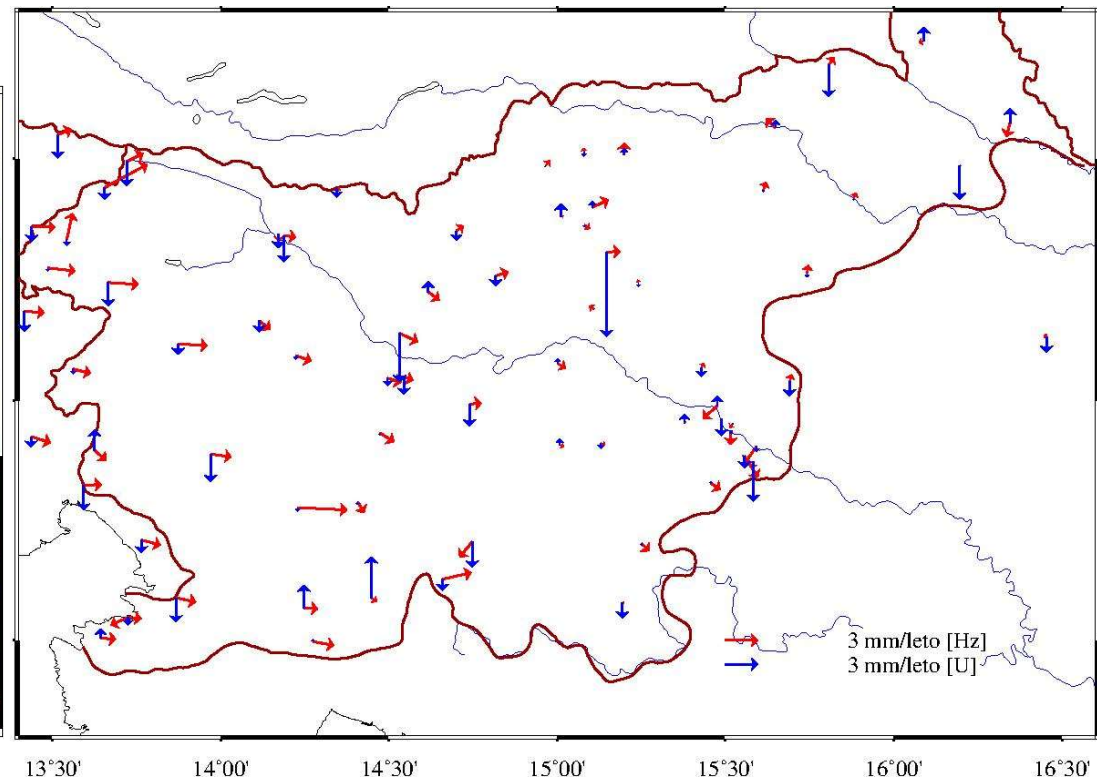
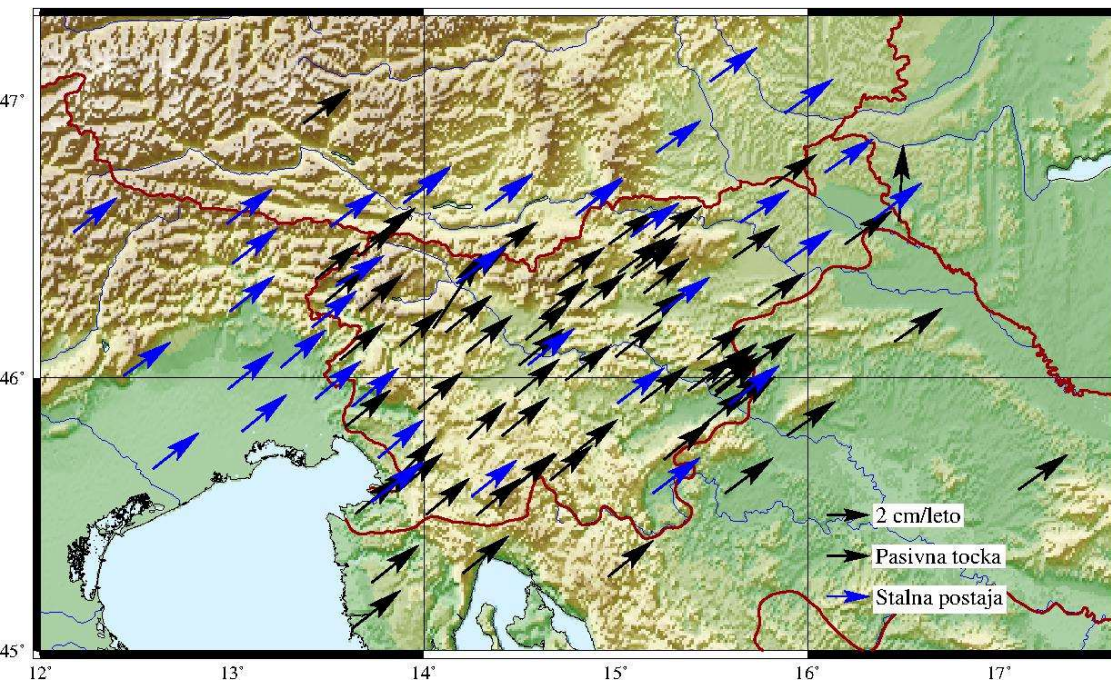
# KAKOVOST DRŽAVNEGA KOORDINATNEGA SISTEMA D96 (LETO 2015)





# REZULTAT

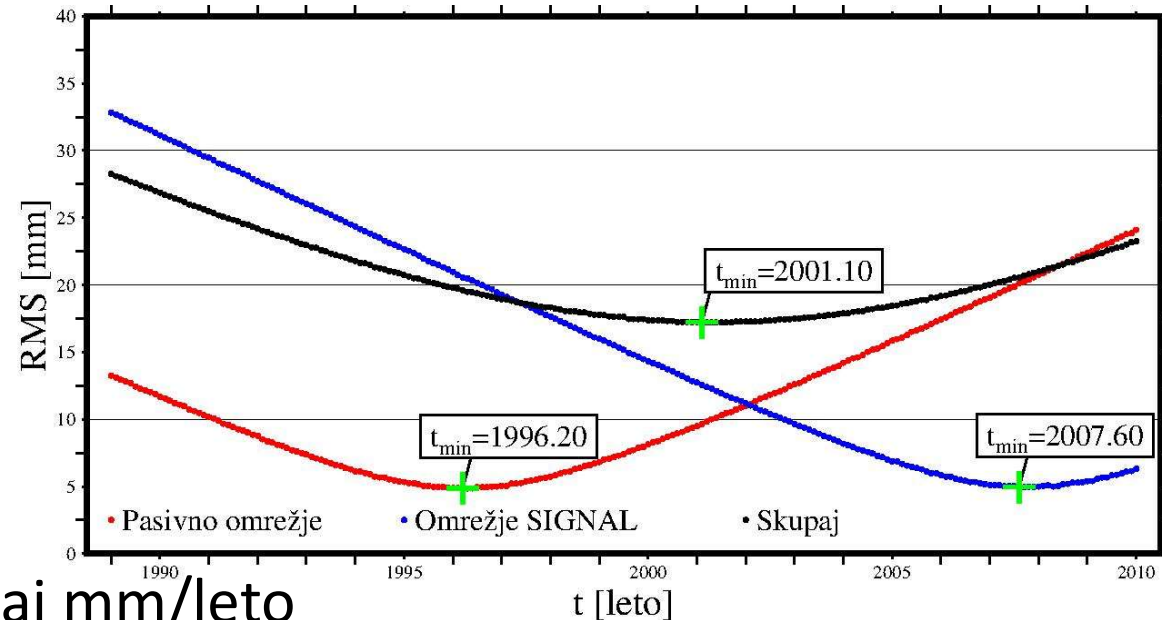
- Geodinamično dogajanje na območju Slovenije velikosti nekaj mm/leto





# STANJE D96

- Starost:
  - > 20 let za točke EUREF
  - > 10 let za SIGNAL
- Geodinamično dogajanje: ~nekaj mm/leto
- Stanje:
  - Nekaj cm točnost geometrije
  - Okoli 10 cm skladnost z ETRS
  - Nehomogena natančnost: SIGNAL ali EUREF točke
  - Natančnost opazovanj bistveno višje kakovosti – poseganje v koordinate novih točk z „danimi količinami“



# LETO 2016 – ZASNOVA/IZVEDBA OBSEŽNIH AKTIVNOSTI NA D96

- Vzpostavitev Kombinirane geodetske mreže 0. reda
- Izvedba EUREF izmere 2016
- Zasnova in začetek obdelave opazovanj stalnih postaj GNSS na dnevni osnovi
- Cilj:
  - realizacija novega koordinatnega sestava D96 ustrezne kakovosti
  - Geokinematični model Slovenije
  - Nadzor nad kakovostjo delovanja in vzpostavitve omrežja SIGNAL in Kombinirane geodetske mreže 0. reda

# KOMBINIRANA GEODETSKA MREŽA 0. REDA

- Namen
  - geodetska mreža številnih merskih tehnik (GNSS, nivelman, gravimetrija, terestrična geodezija)
  - Zavarovanje državne koordinatne infrastrukture (položajna, višinska, gravimetrična...)
- Zagotavljala bo:
  - Referenčno ogrodje državnega omrežja GNSS-postaj
  - Referenčno ogrodje državnega horizontalnega referenčnega sistema
  - Referenčno ogrodje višinskega referenčnega sistema
  - Referenčno ogrodje gravimetričnega sistema
  - Večnamensko kalibracijsko mrežo

Vir: Berk in sod., 2012: [http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2012/SZGG\\_2012\\_Berk\\_in\\_drugi.pdf](http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2012/SZGG_2012_Berk_in_drugi.pdf)

# KOMBINIRANA GEODETSKA MREŽA 0. REDA

- Izbranih 5 lokacij
- Vključena postaj Koper (mareografska postaja)
- Skupno 10 stalno delujočih postaj GNSS
- Izgradnja:
  - Geološko stabilna tla (študije)
  - Lastniško urejene parcele
  - Geodetska zavarovanja
- Geodetske točke/postaje:
  - GNSS
  - Nivelman
  - Gravimetrija
  - Terestirčna geodezija







**Korada (KDA1 & KDA2)**



**Šentvid pri Stični (STA1 & STA2)**



**Areh (ARA1 & ARA2)**



**Koper (KOPE)**



**Prilozje (PZA1 & PZA2)**



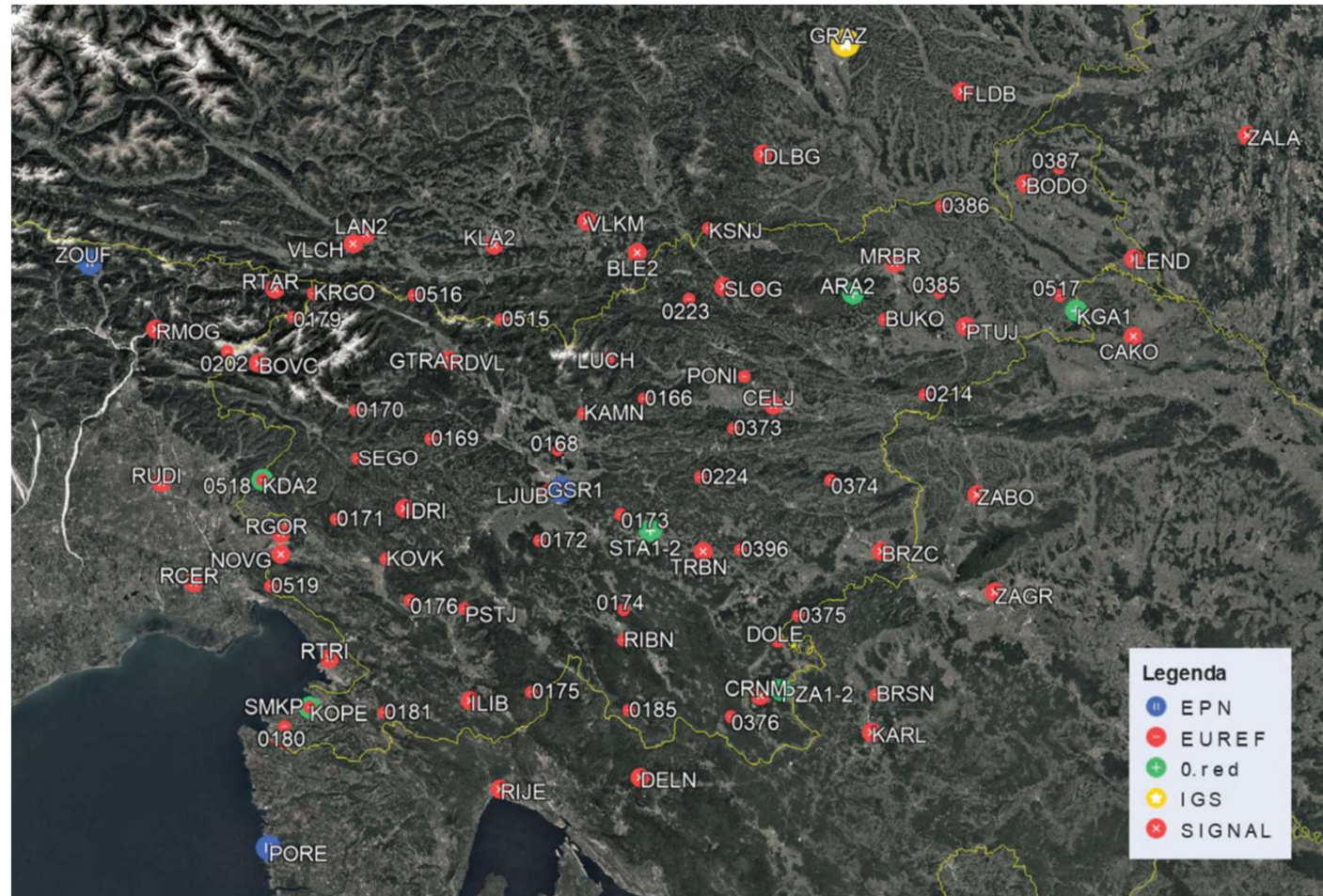
**Kog (KGA1)**

*Kog*



# IZMERA EUREF 2016

- Poleti in jeseni 2016
- 48 pasivnih točk GNSS
- 9 serij po 72 ur opazovanj
- EUREF 2016 vključuje tudi:
  - Omrežje SIGNAL
  - Mreža 0. reda
  - EPN
  - IGS
- Praktično gre za ponovitev EUREF 1994,-95,-96 in vklop SIGNAL-a v D96 (2007)



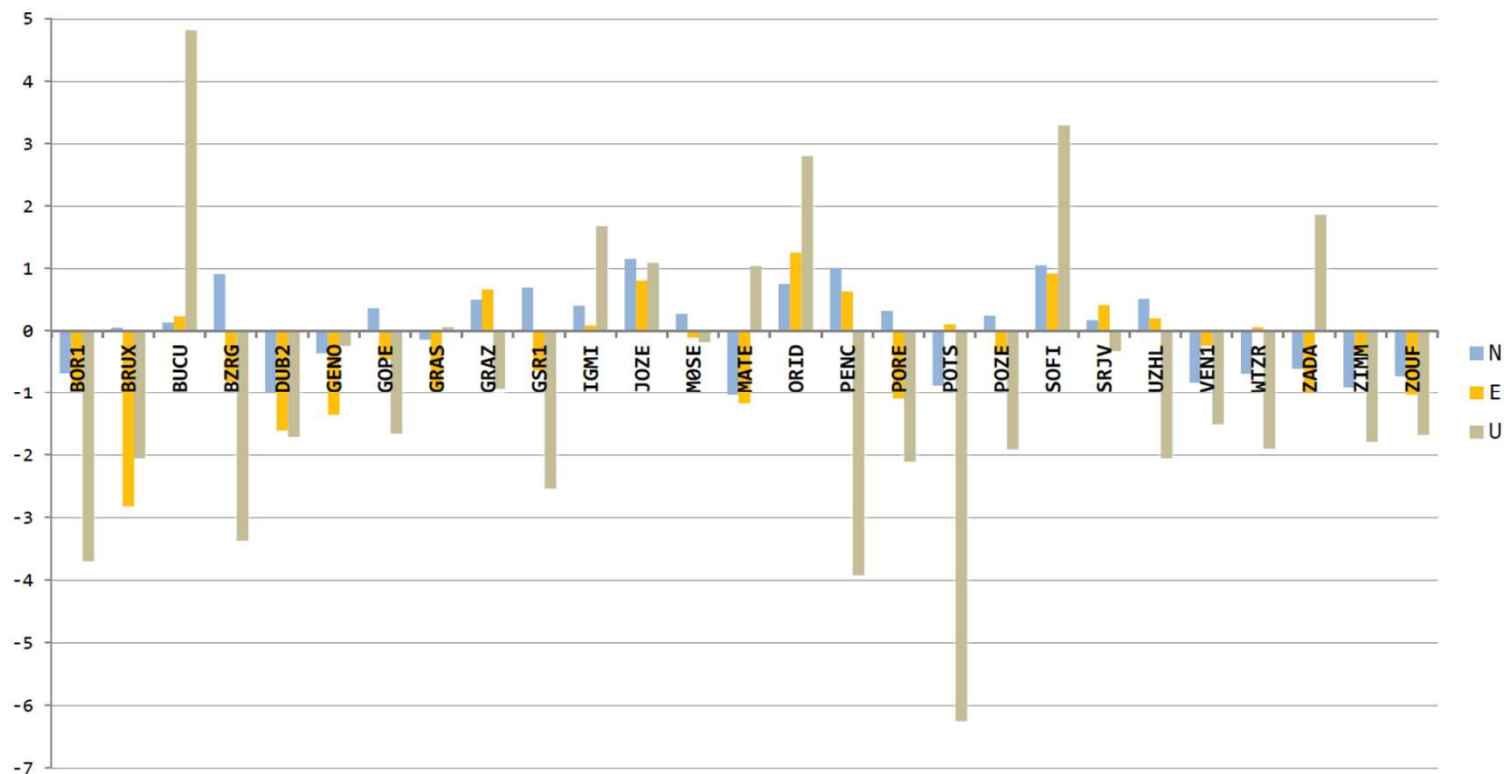
# OBDELAVA OPAZOVANJ GNSS EUREF 2016

- Točke/postaje GNSS v obdelavi
  - 48 pasivnih točk GNSS
  - Vse postaje omrežja SIGNAL in Kombinirane geodetske mreže 0. reda
  - Vključene tudi postaje EPN in IGS v okolici Slovenije
  - Skupno 69 stalnih postaj GNSS
- Bernese GNSS Software, Version 5.2
- Upoštevanje smernic za določitev koordinat v ETRS89
- Referenčni sestav: IGB08 (realizacija ITRF2008 iz GNSS opazovanj)
- Obdelava na dnevni osnovi
- Osnovni rezultat: koordinate postaj za vsak dan izmere v ITRF2008, za epoho izmere

Vir: Berk in sod. 2020: [http://www.geodetski-vestnik.com/64/1/gv64-1\\_berk.pdf](http://www.geodetski-vestnik.com/64/1/gv64-1_berk.pdf)

# IZRAČUN KOORDINAT V DRŽAVNEM KOORDINATNEM SISTEMU

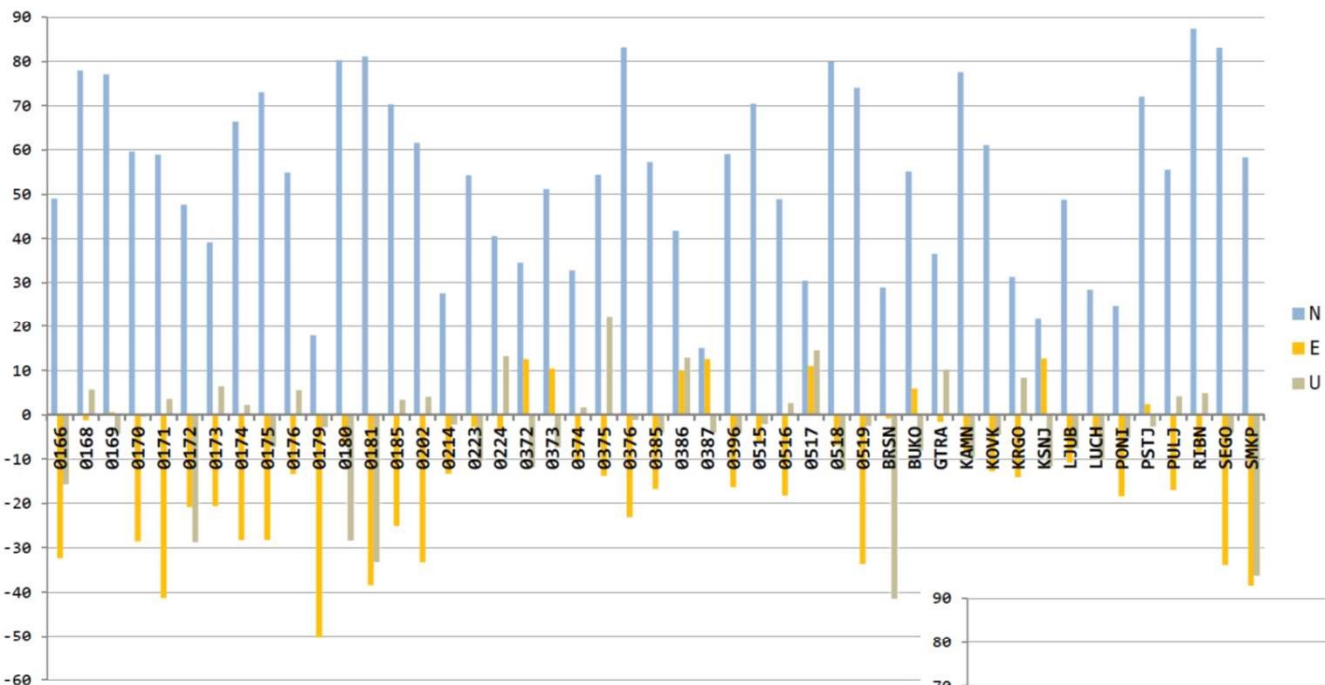
- 1. korak: izračun koordinat IGb08 v srednji epohi izmere EUREF (2016.75)
- Kontrola kakovosti: odstopanja izračunanih koordinat referenčnih postaj (IGS, EPN)





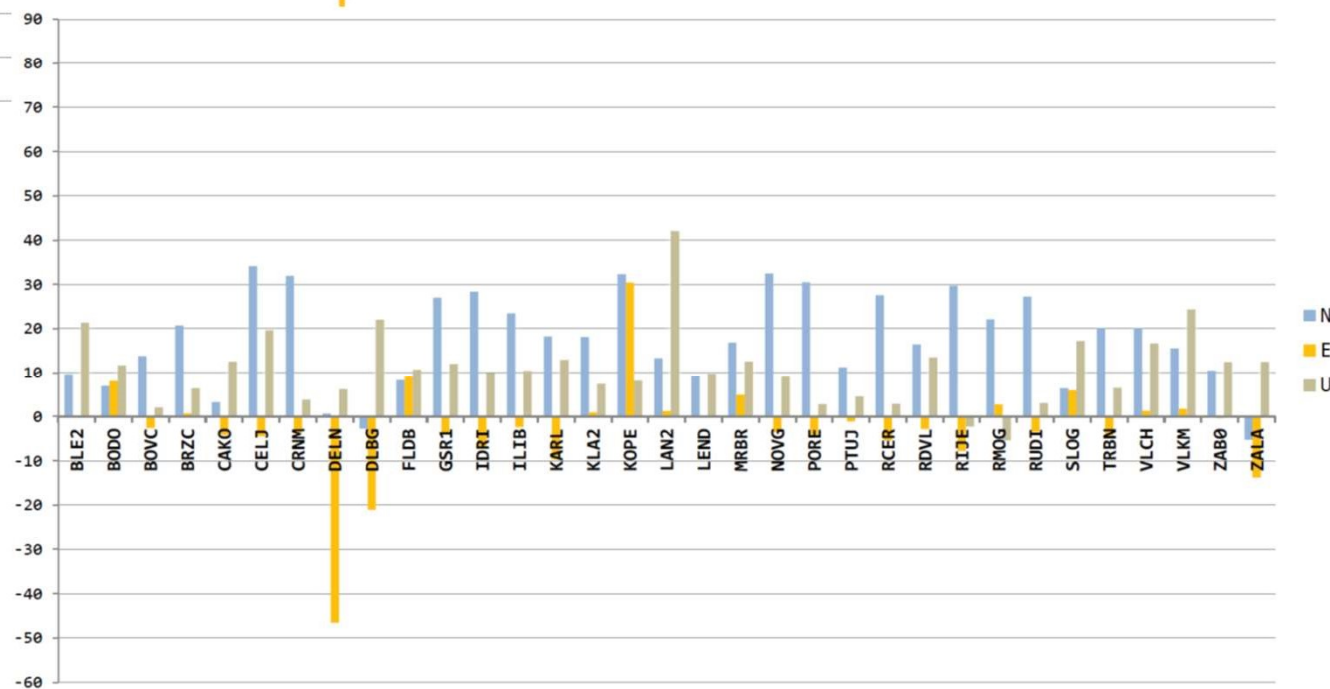
# IZRAČUN KOORDINAT V DRŽAVNEM KOORDINATNEM SISTEMU

- 2. korak: Transformacija v ETRF2000 – nova realizacija državnega koordinatnega sistema z oznako ETRS89/D17
- Skladnost med D96 in ETRS89/D17 za točke EUREF
  - Razlike pri višini do okoli 4 cm, pri horizontalnih koordinatah tudi 8 cm
  - RMS vrednost razlik okoli 4 cm
- Skladnost med D96 in ETRS89/D17 za postaje GNSS SIGNAL
  - Razlike pri višini do okoli 4 cm, pri horizontalnih koordinatah do največ 4 cm
  - RMS vrednost razlik okoli 15 mm
- Velike razlike v koordinatah D96 (uradno) in ETRS89/D17 (novo izračunano)
  - Geodinamika površja Slovenije
  - Razlika v koordinatnih sestavih (ITRF, ETRF)
  - Slučajni vplivi



EUREF točke (pasivno omrežje),  
 koordinate določene v 1995.55

Postaje omrežja SIGNAL, koordinate  
 določene v Mini-EUREF iz 2007.26



# IZRAČUN NOVE REALIZACIJE KOORDINATNEGA SISTEMA **D96-17**

- Nova realizacija sistema D96 – naj čim manj odstopa od obstoječega koordinatnega sistema – zaradi praktičnosti
- Transformacija ETRS89/D17 (ETRF2000) koordinat na koordinate SIGNAL ali EUREF?
- Kompromisna transformacija – sredina SIGNAL in EUREF
- Enačba transformacije in parametri (za epoho 2016.75):

$$\begin{bmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Tx \\ Ty \\ Tz \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D & -Rz & Ry \\ Rz & D & -Rx \\ -Ry & Rx & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

$T_x$ [mm]	$T_y$ [mm]	$T_z$ [mm]	$D$ [ppb]	$R_x$ [mas]	$R_y$ [mas]	$R_z$ [mas]
-236,635	98,535	201,265	0,00	<b>17,790</b>	<b>-3,673</b>	<b>24,3695</b>

**Pazi:** Koti rotacije imajo v članku Berk in sod., 2020 **napačen predznak** (Preglednica 9)

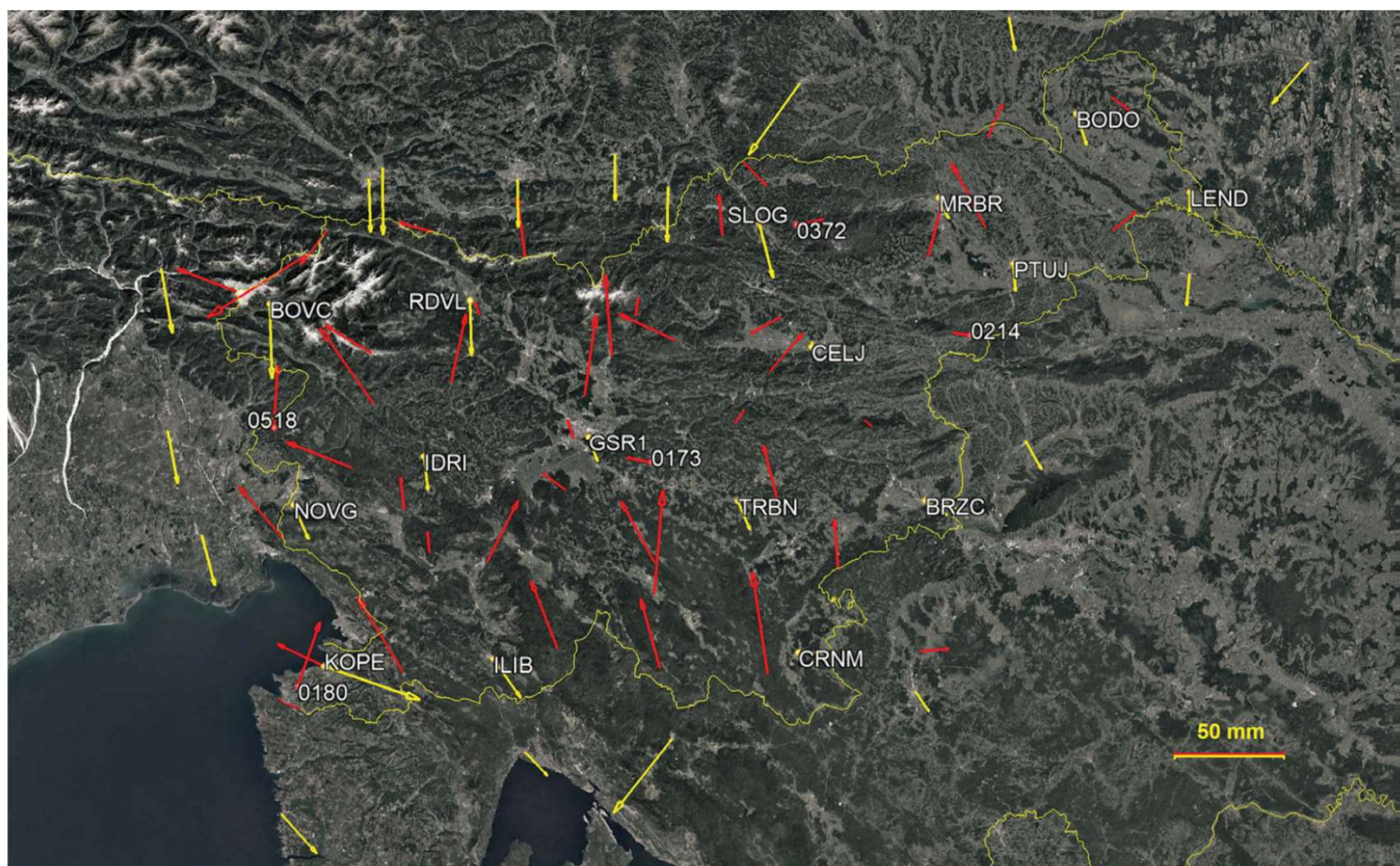
Nova realizacija  
poimenovana **D96-17**

**Uradno veljavna od  
1. 1. 2020**

Koordinate omrežja  
SIGNAL delujejo v  
D96-17

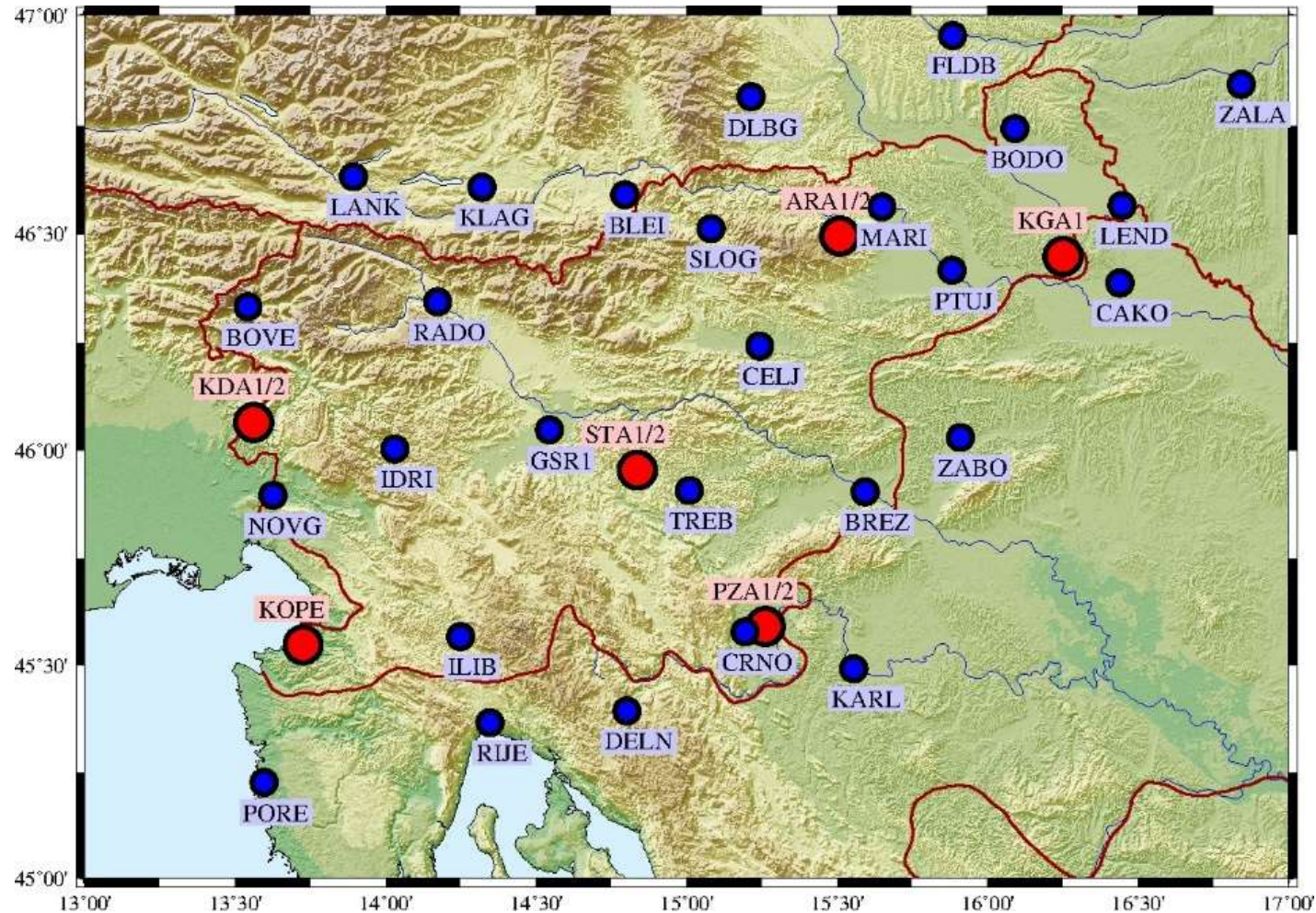
(<http://www.gu-signal.si/>)

Razlike med koordinatami D96 in D96-17 za vse točke in  
postaje izmere EUREF 2016





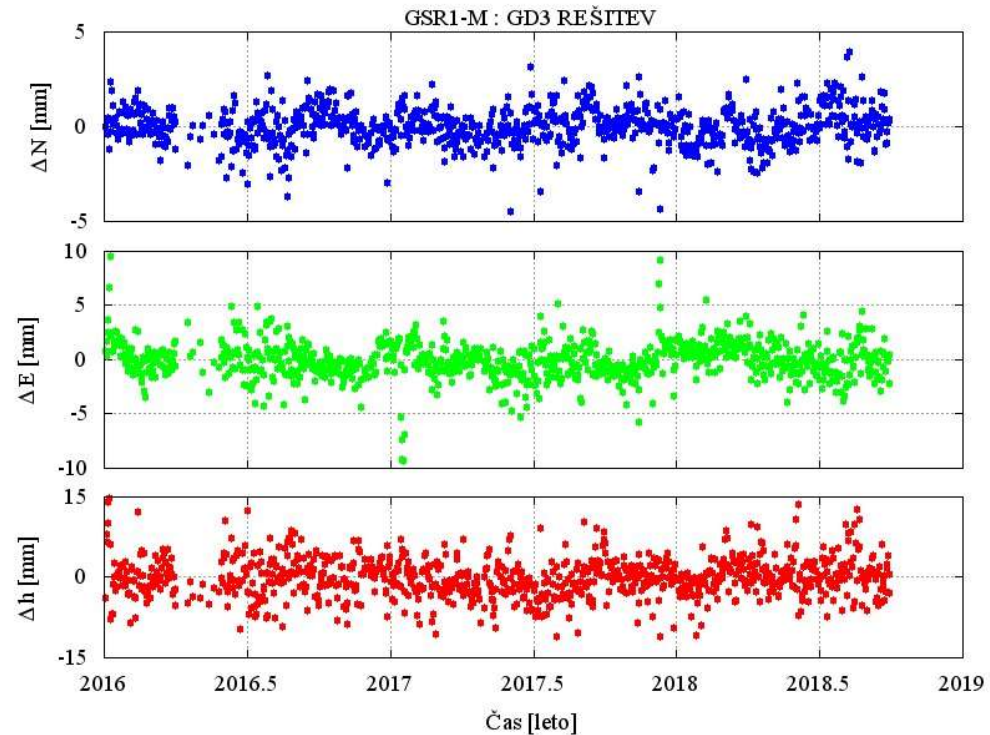
# OBDELAVA OPAZOVANJ GNSS VSEH POSTAJ V SLO



# OBDELAVA OPAZOVANJ GNSS VSEH POSTAJ V SLO

- Podatki 99 postaj:
  - IGS - 38
  - EPN - 25
  - SIGNAL - 27
  - 0. RED - 10
- Opazovanja:
  - GPS, GPS+GLONASS
  - Dvo-frekvenčni sprejemniki
- Programska oprema:
  - Bernese GNSS Software
  - gPPP (Metoda PPP - lastna izdelava)
- Rezultat: časovne vrste koordinat v ITRF, ETRF, D96-17

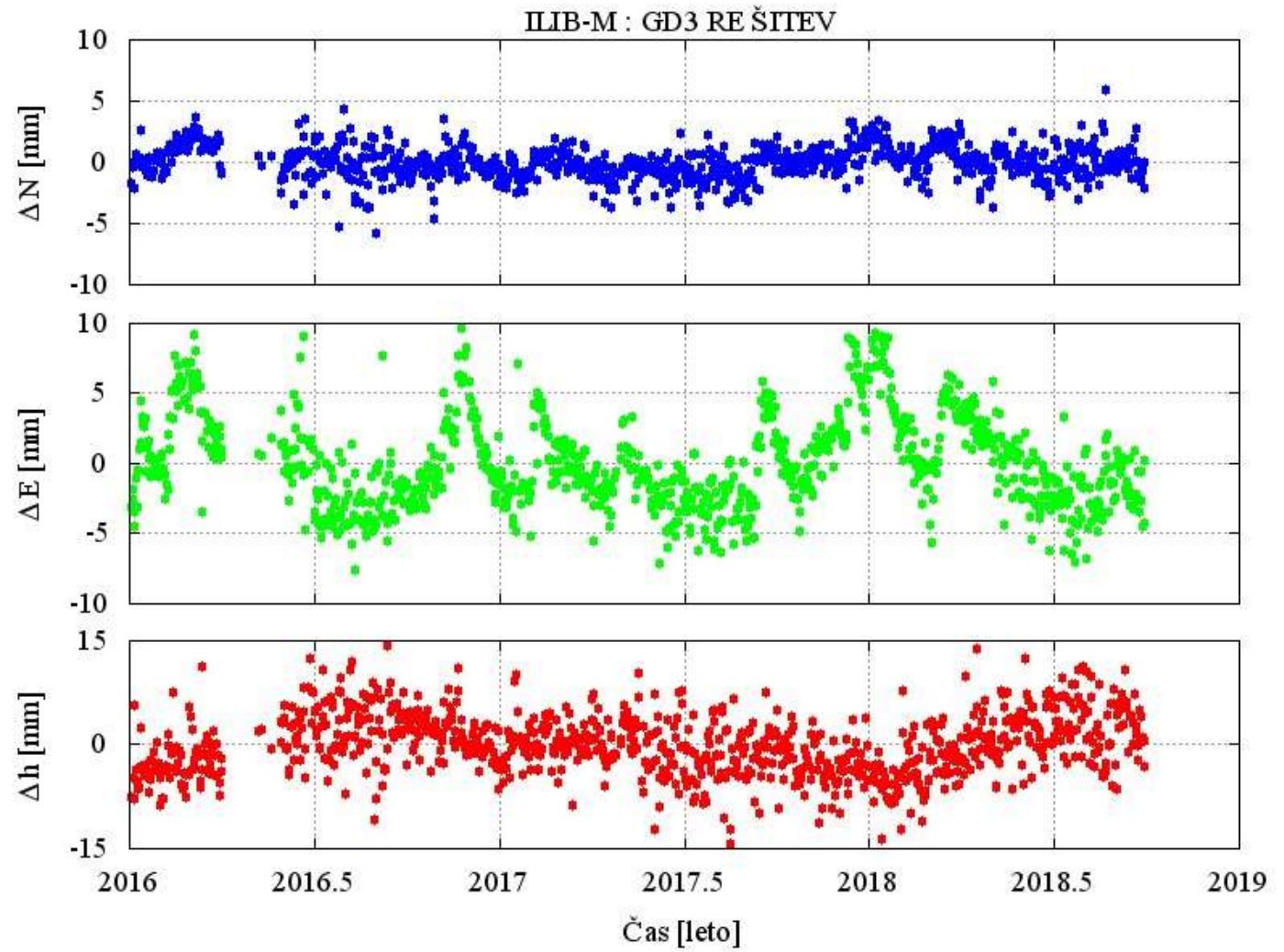
# OBDELAVA OPAZOVANJ GNSS VSEH POSTAJ V SLO



Metoda	$\overline{\sigma_N}$ [mm]	min( $\sigma_N$ ) max( $\sigma_N$ )	$\overline{\sigma_E}$ [mm]	min( $\sigma_E$ ) max( $\sigma_E$ )	$\overline{\sigma_U}$ [mm]	min( $\sigma_U$ ) max( $\sigma_U$ )
BERNESE	<b>1.7</b>	0.6 8.5	<b>1.8</b>	0.7 5.5	<b>4.4</b>	2.2 19.3
PPP	<b>1.5</b>	0.7 2.8	<b>2.2</b>	1.3 4.4	<b>4.5</b>	3.1 8.5



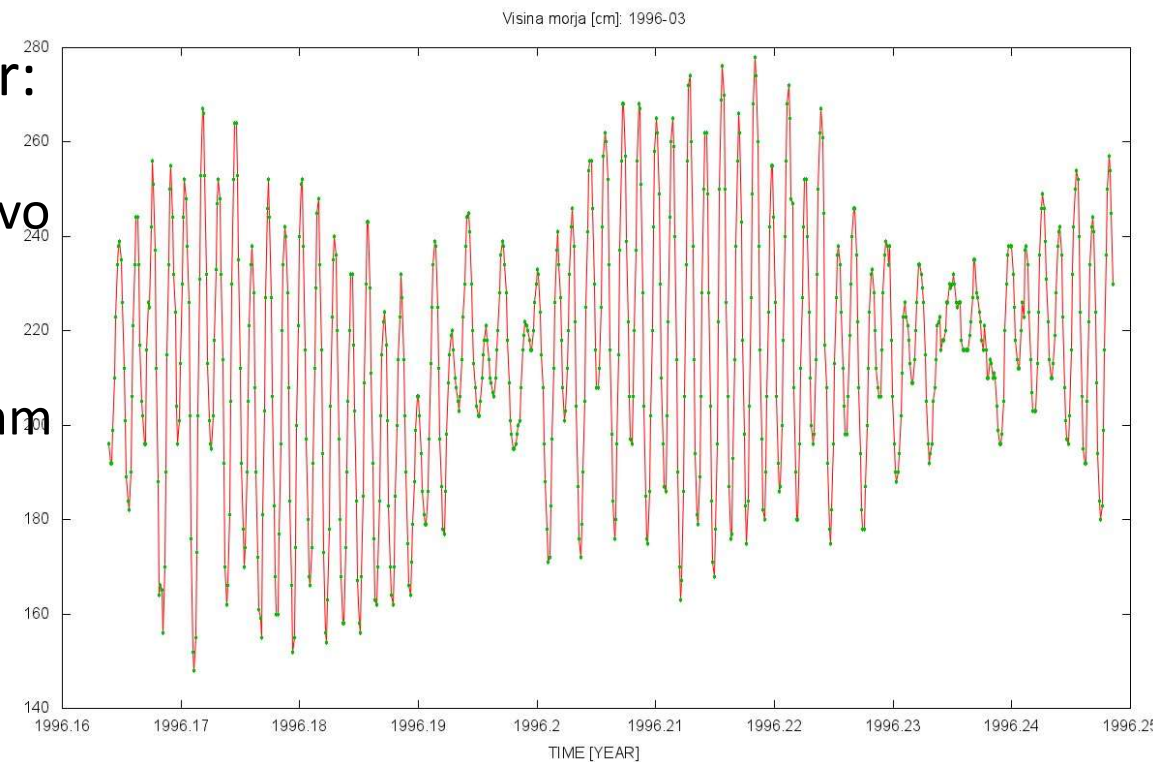
AMPAK...





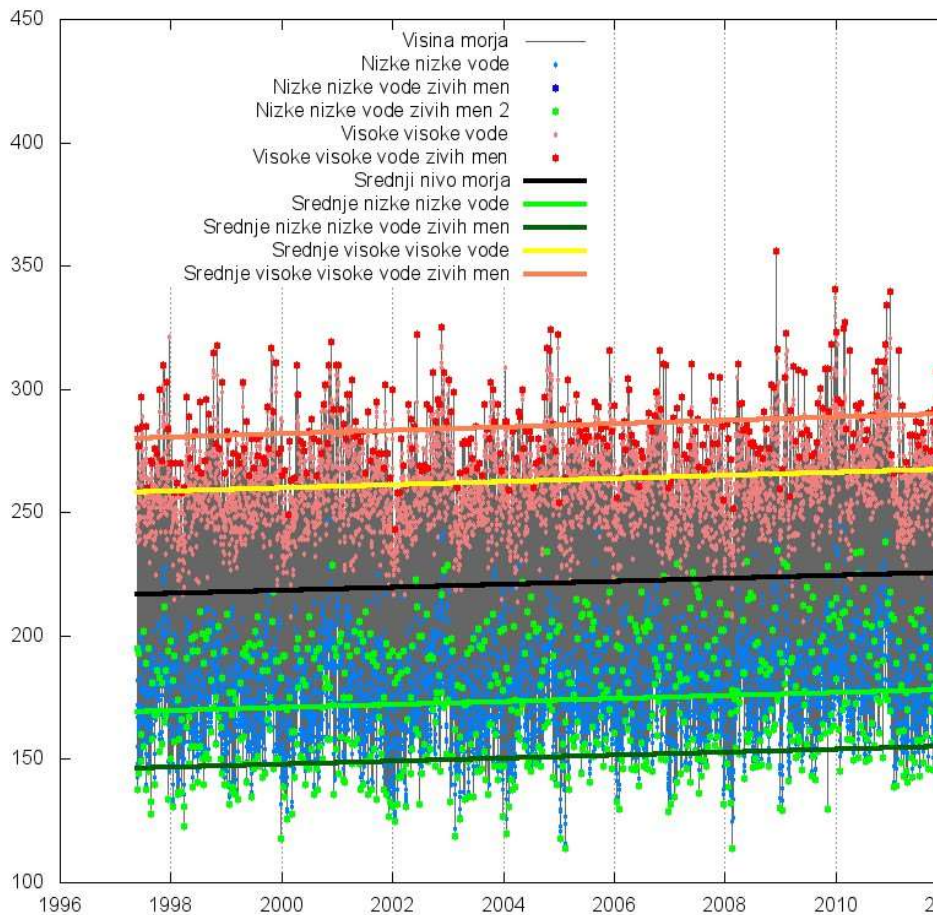
# NOV VIŠINSKI DATUM SLOVENIJE

- Mareografska opazovanja MP Koper:
  - 18,6 let (~1998-2016)
  - Urne vrednosti (del staro, večji del novo – od 2006)
- Rezultat:
  - Srednja gladina morja:  $2240,1 \pm 2,3$  mm za 10. 10. 2010
  - Hitrost dviganja morja:  $5,81 \pm 0,4$  mm/leto
- Definira tudi:
  - Globinski datum
  - Mejo kopnega

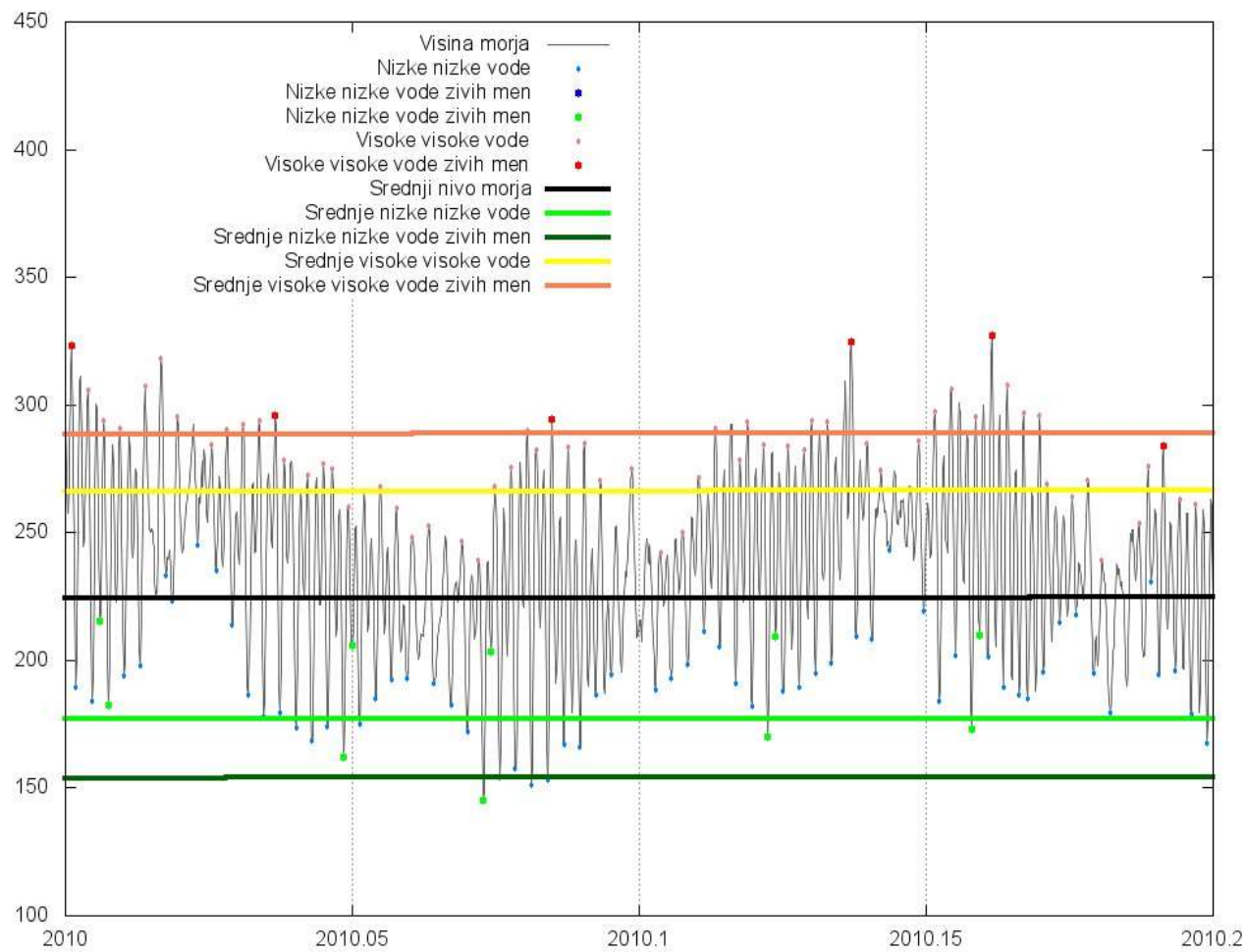


Vir: Sterle in sod., 2019: [http://www.geodetski-vestnik.com/63/1/gv63-1\\_sterle.pdf](http://www.geodetski-vestnik.com/63/1/gv63-1_sterle.pdf)

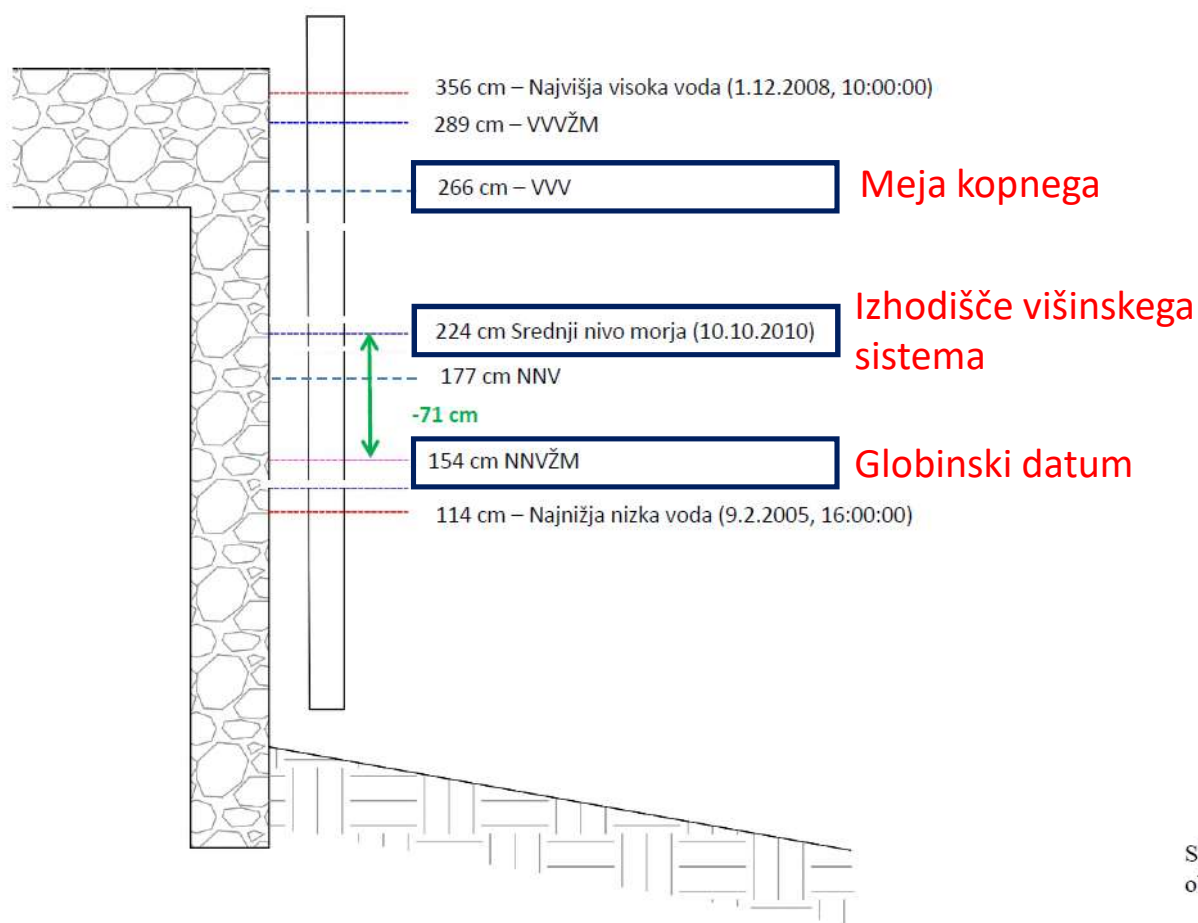
Visina morja in ekstremi



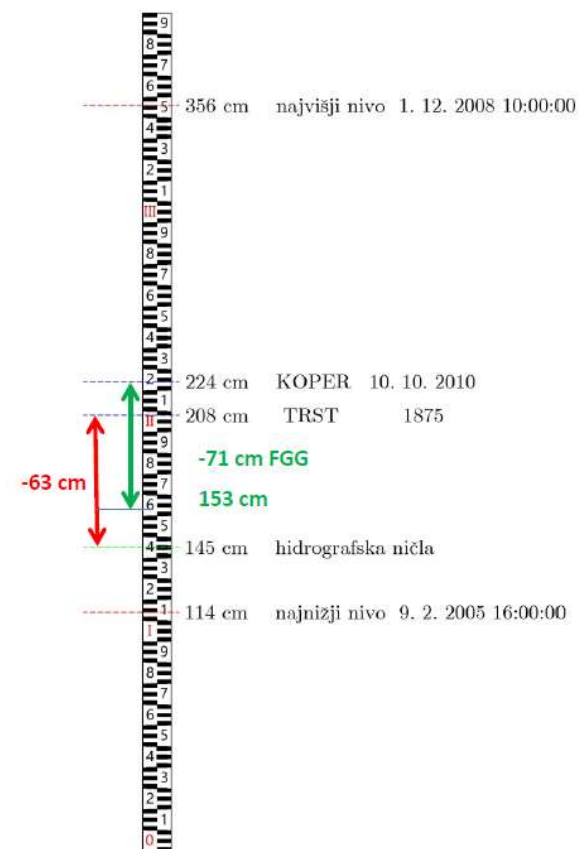
Visina morja in ekstremi



**FGG – Značilni vodostaji morja v Kopru (10.10.2010, niz podatkov: 21.5.1997 00:00:00 do 31.12.2005 23:00:00 in 1.1.2006 00:00:00 do 31.12.2015 23:00:00)**



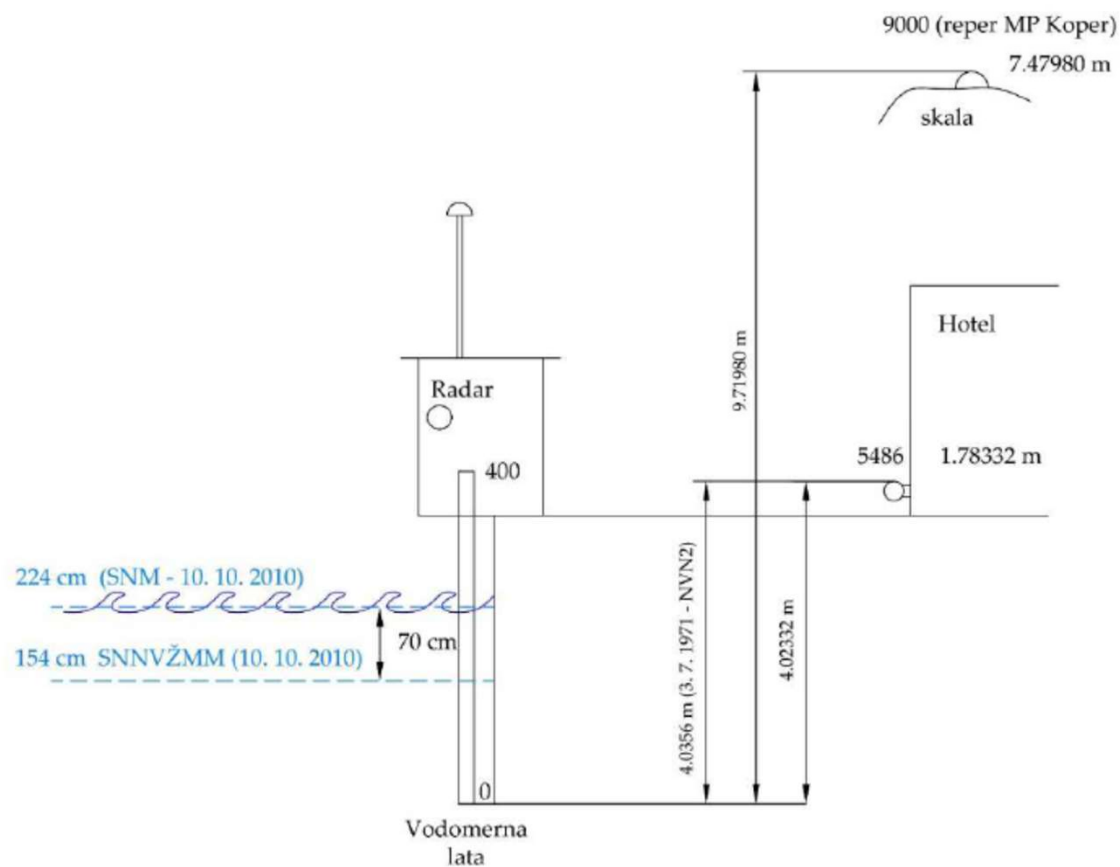
Povezava višinskega in globinskega datuma (Pomorske karte???)



Slika 34: Povezava višinskega in globinskega datuma, ter najnižji in najvišji vodostaj v obdobju od 21. 5. 1997 do 31. 12. 2015 na MP Koper

Vir: Koler in sod., 2019: [http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2019/SZGG\\_2019-Dalibor\\_Stopar\\_in\\_drugi.pdf](http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2019/SZGG_2019-Dalibor_Stopar_in_drugi.pdf)

# FIZIČNA REALIZACIJA DRŽAVNEGA VIŠINSKEGA IN GLOBINSKEGA SISTEMA



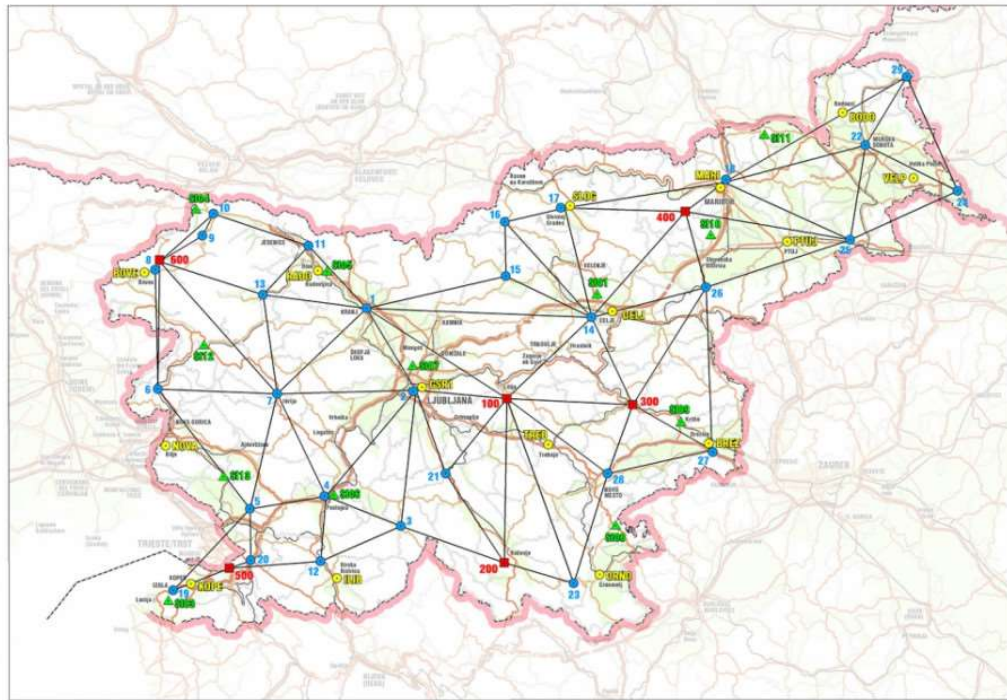
# NOV VIŠINSKI SISTEM – SLOVENSKI VIŠINSKI SISTEM 2010 (SVS2010)

- Uredba o določitvi parametrov višinskega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema (<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED7826>)
- Uvaja:
  - Nov višinski datum
  - Nove višine vseh reperjev v SLO
  - Novo označevanje reperjev
  - Nov sistem višin (normalne višine ... se spomnite višine Triglava? <https://siol.net/sportal/sportal-plus/kako-visok-je-v-resnici-triglav-430202>)
  - Težnostno podprte višine (gravimetrija)

Vir: Koler in sod., 2019: [http://www.geodetski-vestnik.com/63/1/gv63-1\\_koler.pdf](http://www.geodetski-vestnik.com/63/1/gv63-1_koler.pdf)

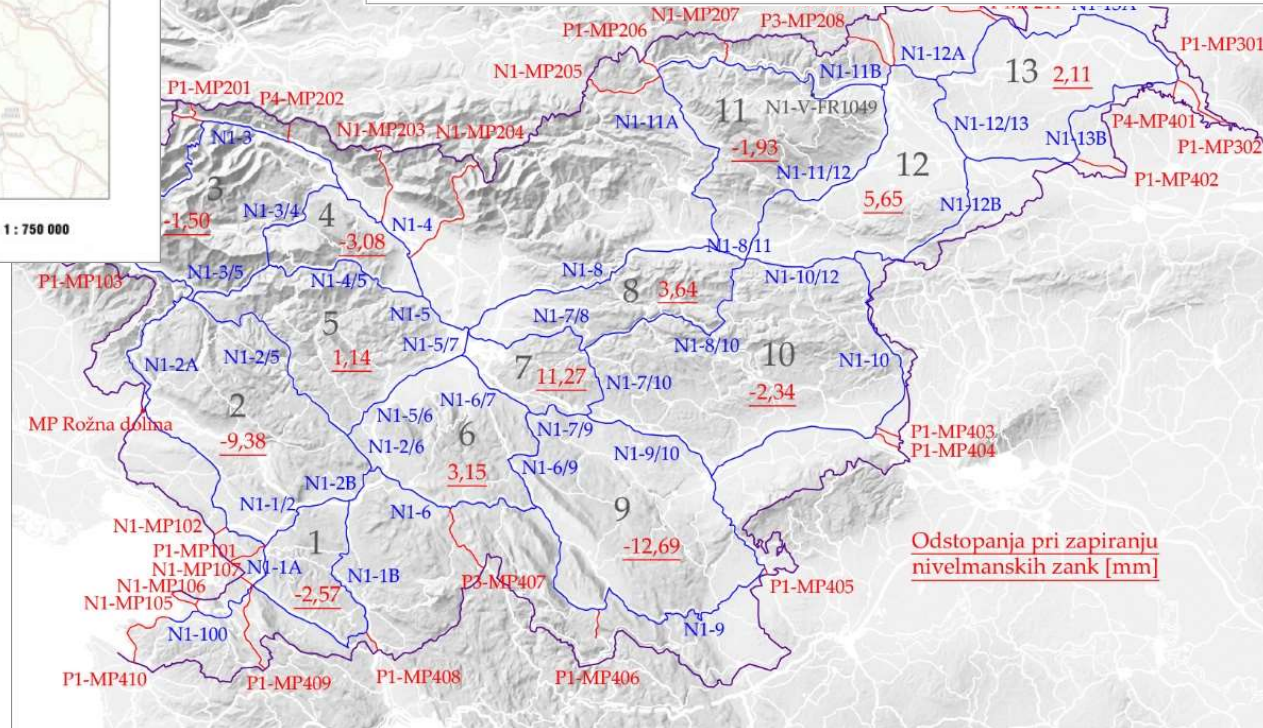
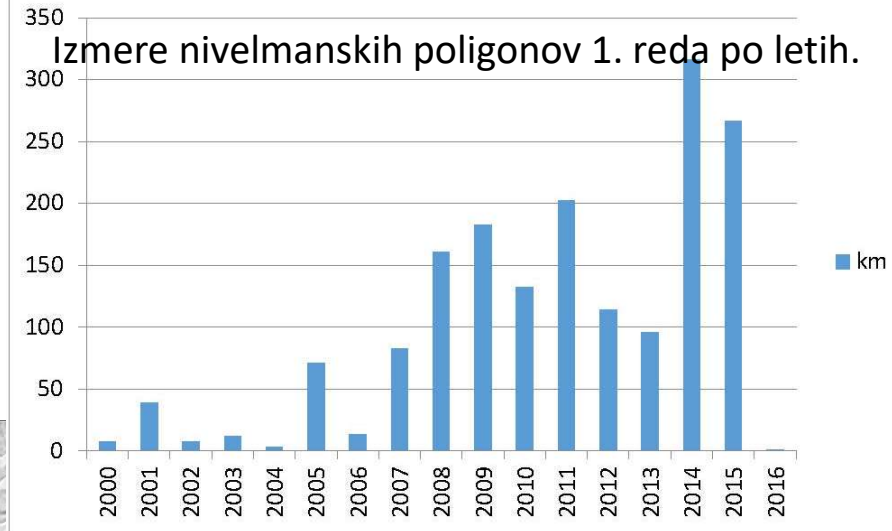
Medved in sod., 2020: [http://www.geodetski-vestnik.com/64/1/gv64-1\\_medved.pdf](http://www.geodetski-vestnik.com/64/1/gv64-1_medved.pdf)





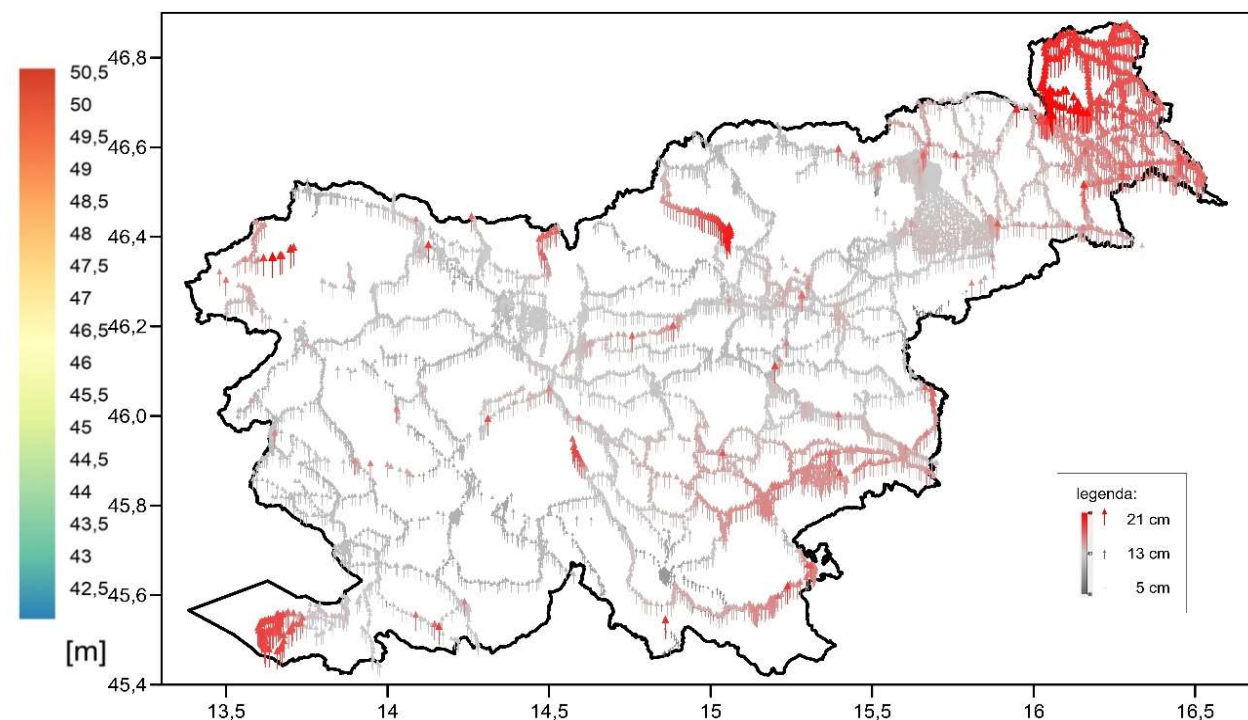
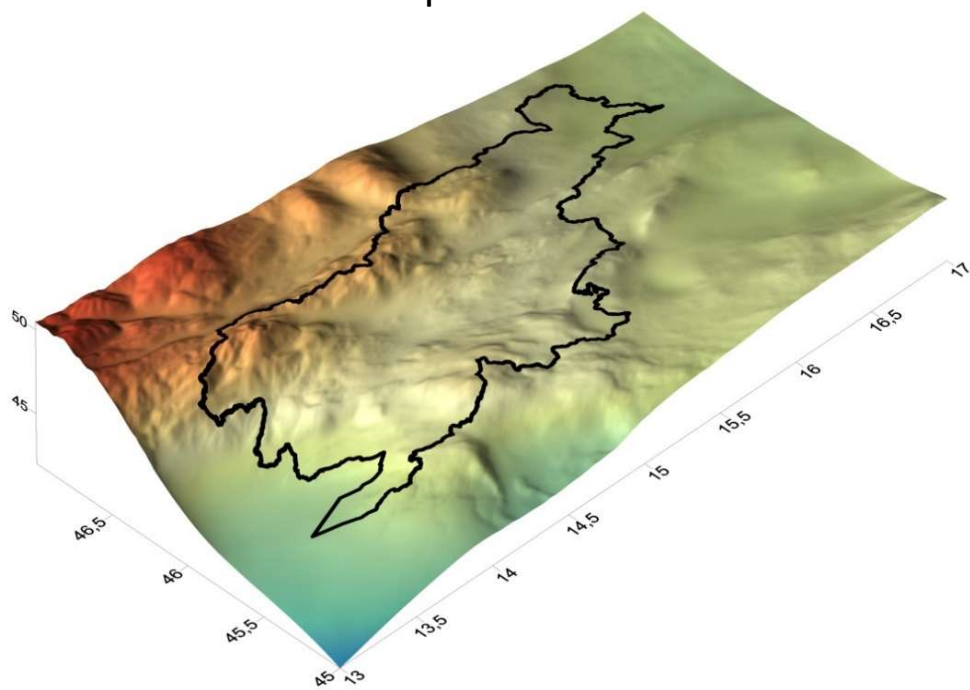
M = 1 : 750 000

Izmere nivelmanskih poligonov 1. reda po letih.



# NOVA VIŠINSKA REFERENČNA PLOSKEV: SLO\_VRP2016/Koper

- Slovenska Višinska Referenčna Ploskev iz leta 2016, preračunana na datum Koper
- Kvazi-geoid
- Izhodiščna ploskev za nov višinski sistem – normalne višine



# VIRI

## HORIZONTALNA KOMPONENTA DRŽAVNEGA KOORDINATNEGA SISTEMA:

- <https://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/drzavni-prostorski-koordinatni-sistem/horizontalna-sestavina/>
- <https://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/drzavni-prostorski-koordinatni-sistem/horizontalna-sestavina/dodatna-gradiva/>

## VIŠINSKA KOMPONENTA DRŽAVNEGA KOORDINATNEGA SISTEMA:

- <https://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/drzavni-prostorski-koordinatni-sistem/vertikalna-sestavina/>
- <https://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/drzavni-prostorski-koordinatni-sistem/vertikalna-sestavina/dodatna-gradiva/>