

Izbrana poglavja iz višje geodezije in geodetske astronomije
2024/2025

DRŽAVNI REFERENČNI SISTEM SLOVENIJE

doc. dr. Oskar Sterle

VSEBINA

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

GEODETSKI REFERENČNI SISTEM

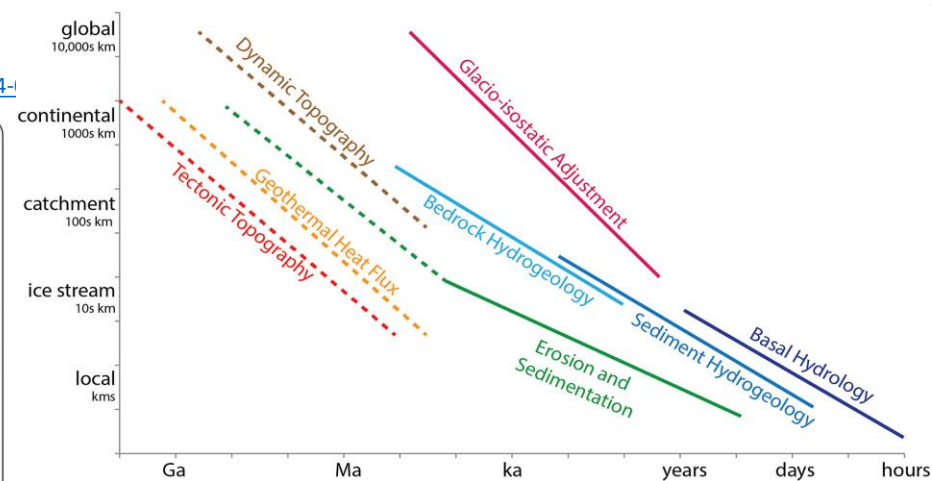
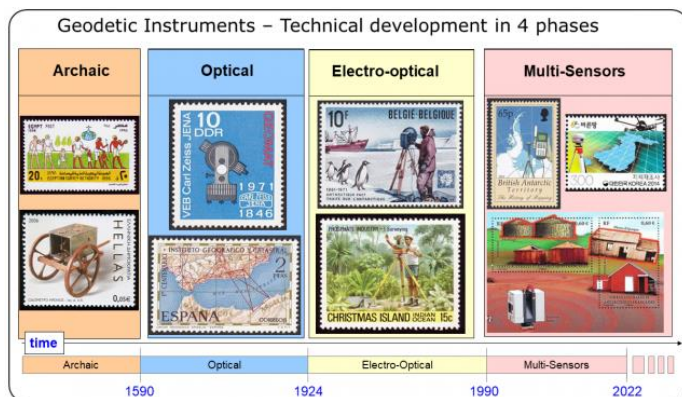
- predstavlja stabilno, točno in zanesljivo osnovo za pridobivanje in povezovanje podatkov, modelov in tehnologij za določitev koordinat (lege) v prostoru
- Kakovost in kompleksnost sistema morata biti na višjem nivoju, kot so pridobljena geodetska opazovanja
- Je zbirka:
 - Referenčnih sestavov, geodetskih datumov in referenčnih ploskev
 - Infrastrukture (mreže in omrežja: omrežje SIGNAL, kombinirana geodetska mreža 0. reda, mreža pasivnih GNSS točk, nivelmanska mreža, gravimetrična mreža ...)
 - Modelov geofizikalnih procesov, ki vplivajo na izvedbo in rezultate meritev
 - Standardov, ki omogočajo enotno pridobivanje in uporabo prostorskih podatkov
- Eden najpomembnejših temeljev digitalizirane in informatizirane družbe

Vir: Stopar in sod., 2024:

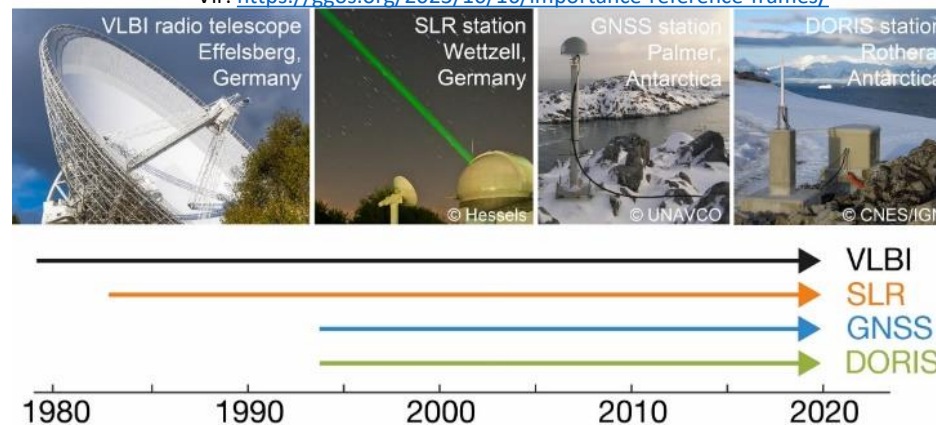
http://www.geodetskidan.si/assets/files/2_52_GD_STOPAR_ETAL_KONNA.pdf

Geodezija skozi čas in prostor

Vir: <https://www.gim-international.com/content/article/the-surveyor-4-1>

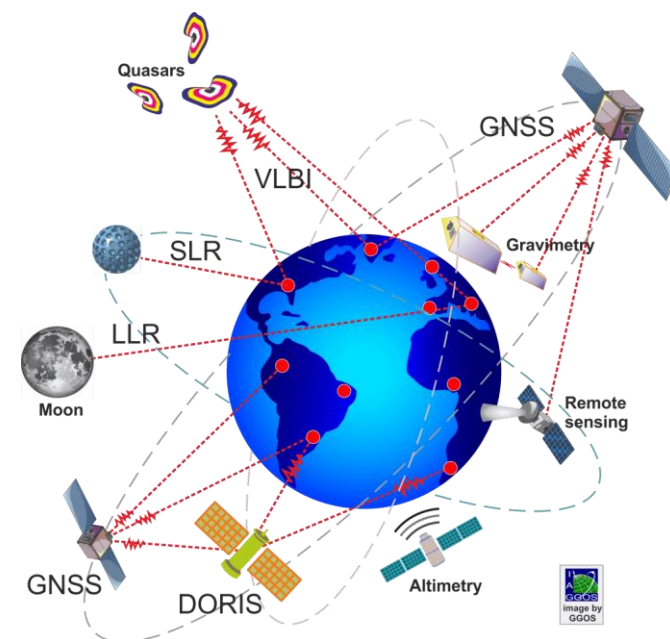
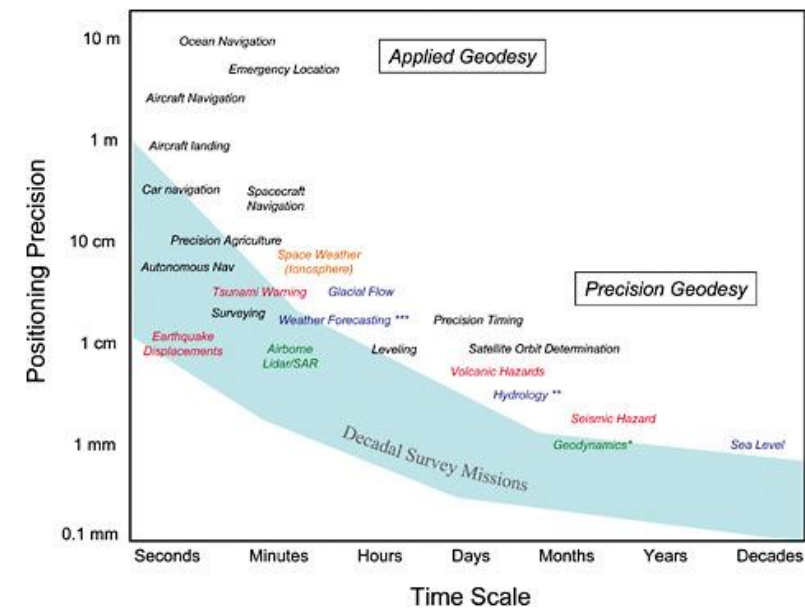


Vir: <https://ggos.org/2023/10/16/importance-reference-frames/>



Ključni instrument razvoja
– natančnost geodetskih
opazovanj

Vir: <https://nap.nationalacademies.org/read/12954/chapter/5#38>



Vir: <https://ggos.org/space-techniques/>

Klasični/sodobni geodetski referenčni sistemi

Klasični geod. referenčni sistemi

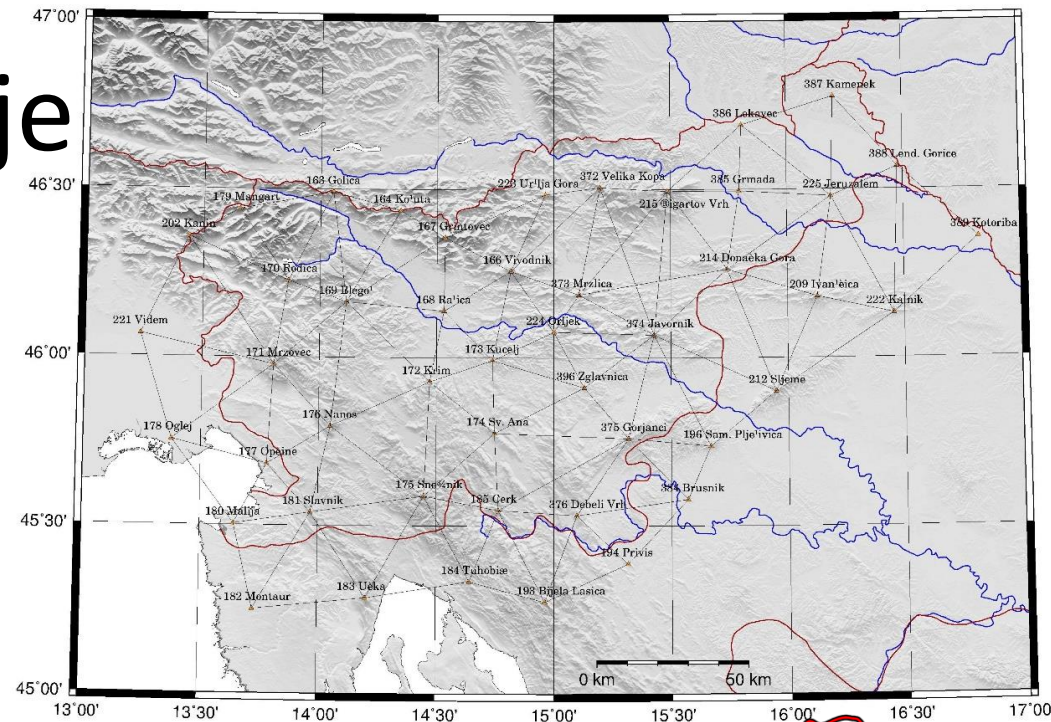
- Določeni in vzpostavljeni so za manjša območja na Zemlji
- Temeljijo na geometrijskih lastnostih težnostnega polja Zemlje na izbranem območju
- S telesom Zemlje so povezani z zadostnim številom „datumskih“ parametrov
- Horizontalna lega na referenčnem elipsoidu
- Višine naj bi temeljile na potencialu pospeška sile teže
- Ločeni horizontalni in vertikalni referenčni sistemi (prostorski referenčni sistemi)

Sodobni geod. referenčni sistemi

- Določeni in vzpostavljeni so za celotno Zemljo ali večja območja na Zemlji
- Vključujejo modele lastnosti Zemlje, ki vplivajo na kakovost koordinat
- S telesom Zemlje so povezani na osnovi meritev (geodetski observatoriji)
- Višine naj bi temeljile na potencialu pospeška sile teže
- Ločeni horizontalni in vertikalni referenčni sistemi (prostorski referenčni sistemi)
- Eksplicitno naj bi vključevali časovno komponento (4D)

Astrogeodetska mreža Slovenije

- Astro-geodetska mreža Slovenije je dobila končno obliko v letih 1947-48, ob določitvi meje z Italijo
- Med prvimi in zadnjimi meritvami za izračun mreže je minilo skoraj 90 let
- Zaradi spreminjanja meja, trig. mreža I. reda nikoli ni bila izračunana kot celota
- Mreža je bila dokončno izračunana leta 1948
- Dolgo je predstavljala uporaben horizontalni koordinatni sistem (obremenjen z napakami lege in orientacije, deformacijami merila ter nehomogene natančnosti), ki mu pravimo "Datum '48" (D48)



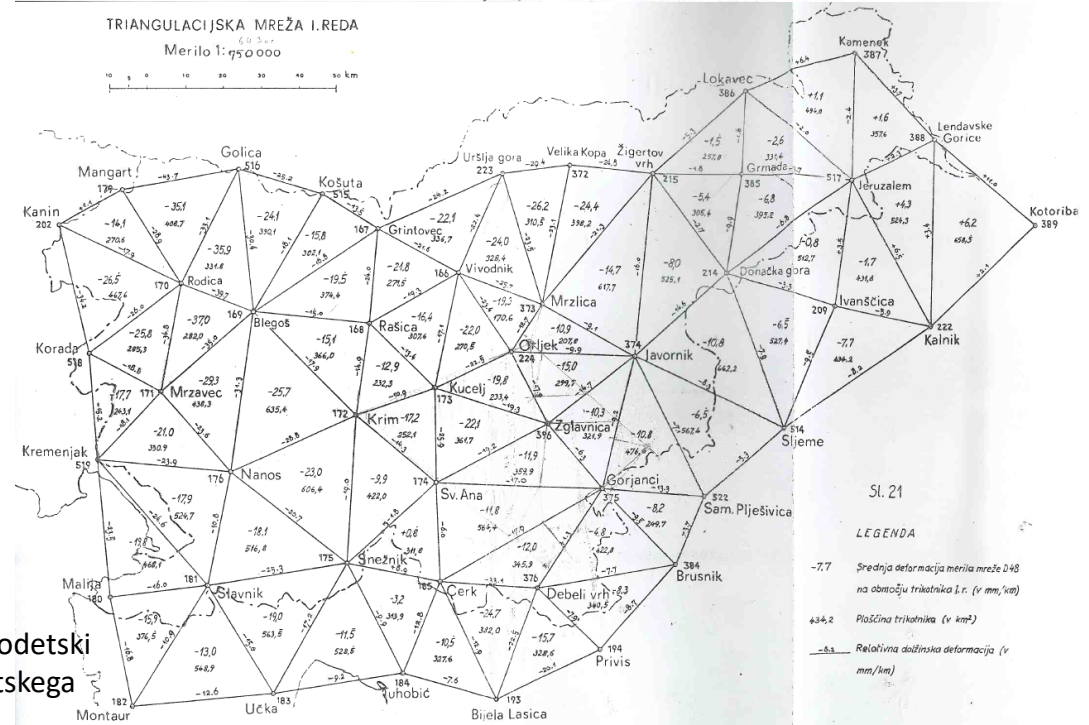
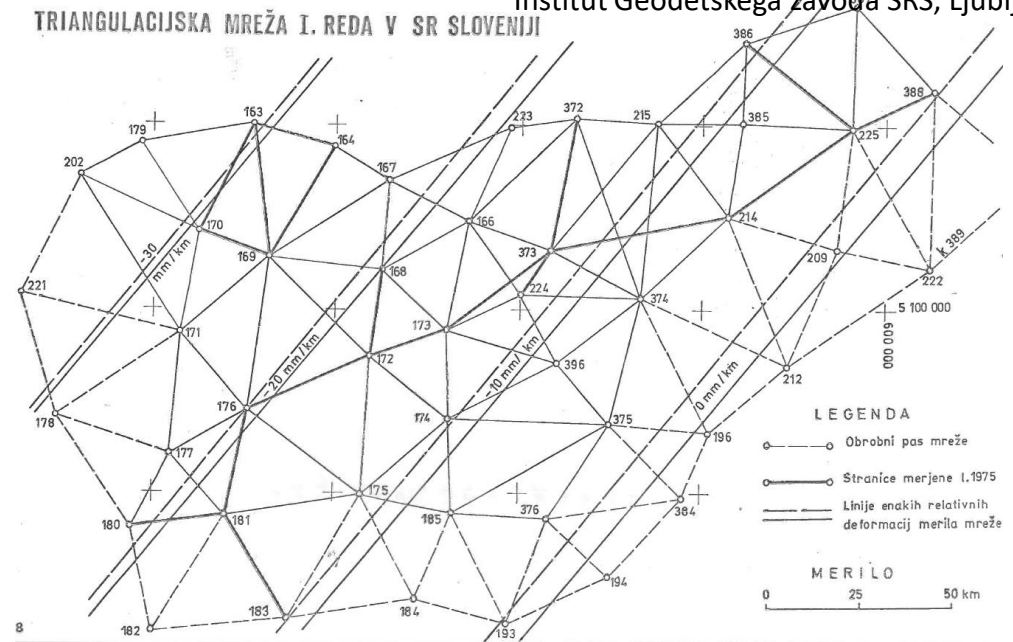
pred 1948



po 1948

Obdobje 1970 – 1990

- Sredi 70-ih let prejšnjega stoletja pojav el. razdaljemerov - slaba kakovost koordinat močno otežuje njihovo uporabo
- 1974 začetek raziskav stanja slovenskega dela AGM SFRJ (D48)
- Cilj je bila ocena možnosti uporabe elektronskih razdaljemerov v razvoju geodetskih mrež in detaljne izmere (pristojnost nad AGM ima Zvezna geodetska uprava iz Beograda)
- Izmera dolžin v mreži – razdaljemera AGA 8 in AGA 710
- Določitev nadmorskih višin točk AGM, določitev merila AGM
- Z izračunanimi vrednostmi meril so „popravljali“ dolžine, izmerjene z el. razdaljemerji (v geodetske mreže tako niso vnašali dodatnih napetosti)



Vir: Jenko M. Dela na astronomsko – geodetski mreži v letih 1975-1982, Inštitut Geodetskega zavoda SRS, Ljubljana, 1986

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

Strategija osnovnega geodetskega sistema

STRATEGIJA OSNOVNEGA GEODETSKEGA SISTEMA

- Na osnovi ocene stanja, opravljenega dela in bodočih potreb → odločitev o vzpostavitvi novega državnega koordinatnega sistema Slovenije
- 2004 Izdelava Strategije osnovnega geodetskega sistema (GURS, UL FGG, GIS)
- 2004 Sprejem Strategije osnovnega geodetskega sistema s strani Vlade RS – odločitev za vzpostavitev novega državnega koordinatnega sistema (sklep Vlade RS z dne 06. 05. 2004):
 - Horizontalni koordinatni sistem – ETRS89
 - Višinski sistem – EVRS
 - Prostorski koordinatni sistem (ESRS = ETRS89 + EVRS)

UVOD

Geodetska uprava Republike Slovenije je z oblikovanjem strategije na področju osnovnega geodetskega sistema zagotovila podlago za izvajanje sistematične prenove osnovnega geodetskega sistema. Prenovo tega področja narekujejo različni dejavniki. Pridruževanje Evropski Uniji ima za posledico zahteve po upoštevanju evropskih usmeritev, standardov in programov. Prek njih so se že ali se še oblikujejo vse jasnejše zahteve po povezovanju in izmenjevanju prostorskih podatkov. V ta namen je treba zagotoviti standardizirano georeferenčno osnovo kot del evropske. Na strokovni ravni je mednarodno združenje za geodezijo (IAG) že pred leti oblikovalo priporočila in usmeritve za dejavnosti za vzpostavitev enotnega referenčnega koordinatnega sistema in jih opredelilo v ustreznih resolucijah. Te strokovne opredelitve se upoštevajo tudi v dokumentih Evropske Unije. Za Republiko Slovenijo je predvsem pomembna pobuda INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe), znotraj katere so med ostalim postavljeni tudi tehnični standardi prostorskih podatkov, ki temeljijo na omenjenih strokovnih izhodiščih. Pobuda INSPIRE bo predvidoma postala obvezujoča za vse države članice EU. Tudi zveza NATO določa posamezne standarde na področjih določanja položaja in pri kartiranju, s katerimi je treba zagotoviti skladnost. Temelje temu postavlja predlagana strategija.

Drugo dejstvo, ki pomembno vpliva na potrebo po prenovi osnovnega geodetskega sistema je napredek znanosti in tehnologije ter metod geodetske izmere. Ta napredek omogoča in zahteva uvedbo povsem novih merskih metod in tehnik, ki postajajo temeljna izhodišča moderne geodetske dejavnosti. Vse jasnejše so tudi potrebe in zahteve uporabnikov (izvajalci geodetskih meritev, uporabniki geolociranih geodetskih evidenc, lokacijske storitve), ki jim obstoječ osnovni geodetski sistem ne zadošča več, jim otežuje kakovostni napredek in učinkovitejše izvajanje in ponudbo geodetskih storitev. Obstoječ osnovni geodetski sistem postaja omejevalni dejavnik tako za geodezijo kot tudi za druga navedena področja.

Izdelava strategije na področju osnovnega geodetskega sistema je začetni korak k sistematični ureditvi področja. Na njeni podlagi bo mogoče pripravljati posamezne izvedbene programe dela, angažirati kadrovske vire in načrtovati investicije. Strategija Geodetske uprave Republike Slovenije na področju osnovnega geodetskega sistema je potrebna tudi kot osnova za pripravo vsakoletnih

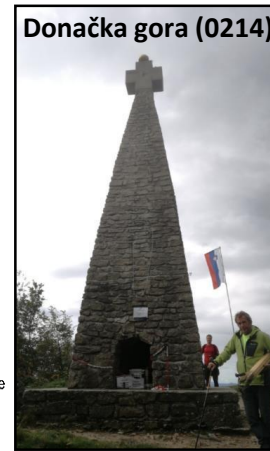
HORIZONTALNA KOMPONENTA D96

- 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/100km² – 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



- Official EUREF sites
- New (substitutive) EUREF site
- First order triangulation network sites
- Second order triangulation network site
- Geodynamic sites



- Referenčne IGS-točke
- Kontrolne točke
- Slovenske EUREF-točke

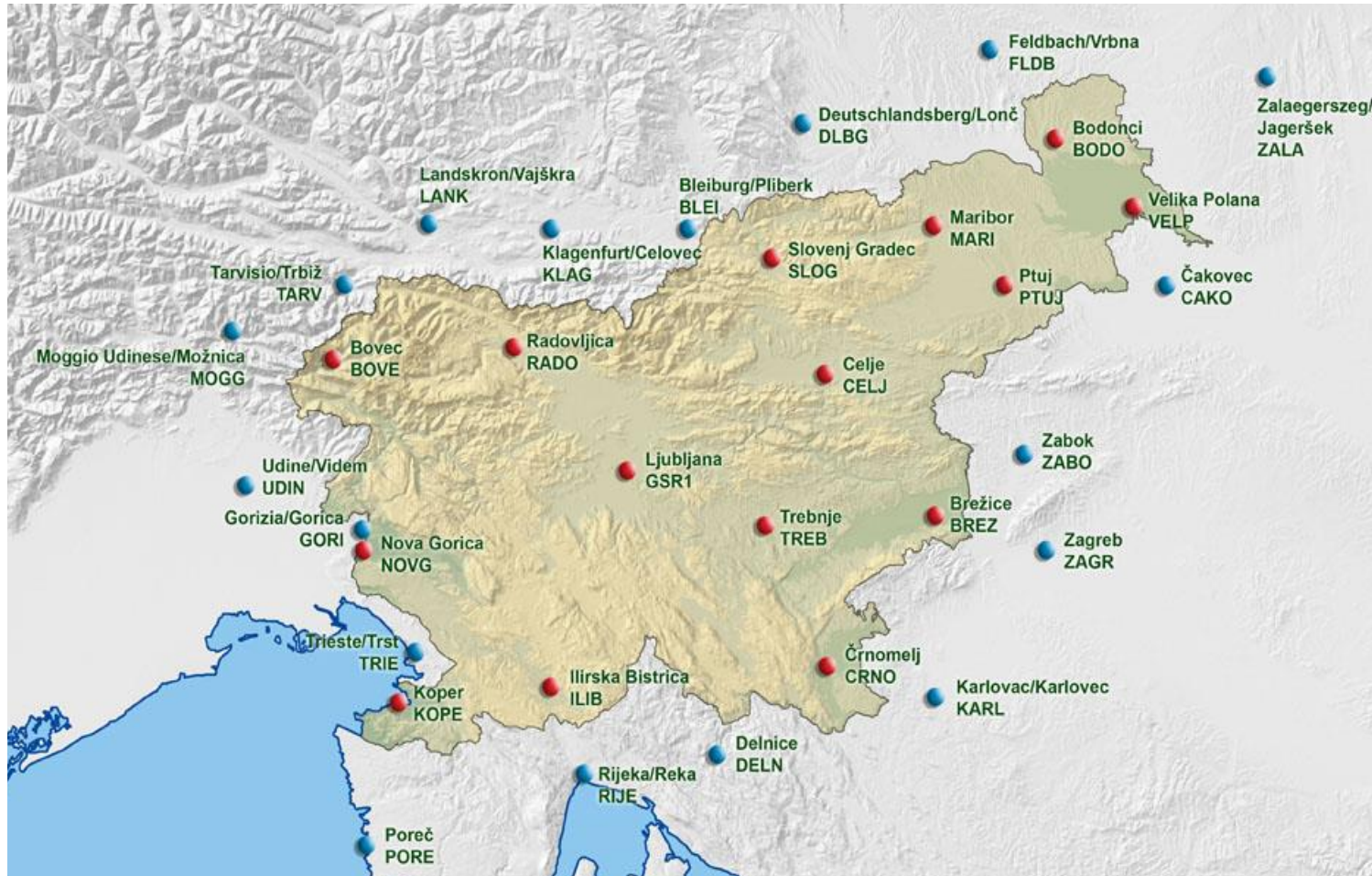
HORIZONTALNA KOMPONENTA D96

- Uporabljen programski paket Bernese GPS Software, Version 4.2
- Relativni način – dvojne fazne razlike (bazni vektorji)
- Obdelava dnevnih 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

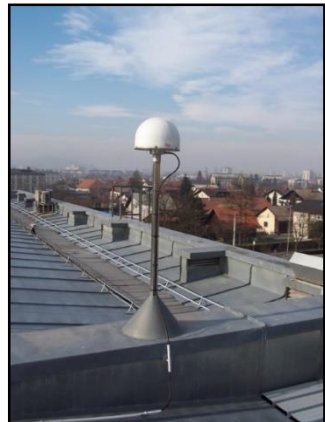
OMREŽJE STALNO DELUJOČIH POSTAJ GNSS - SIGNAL

- 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

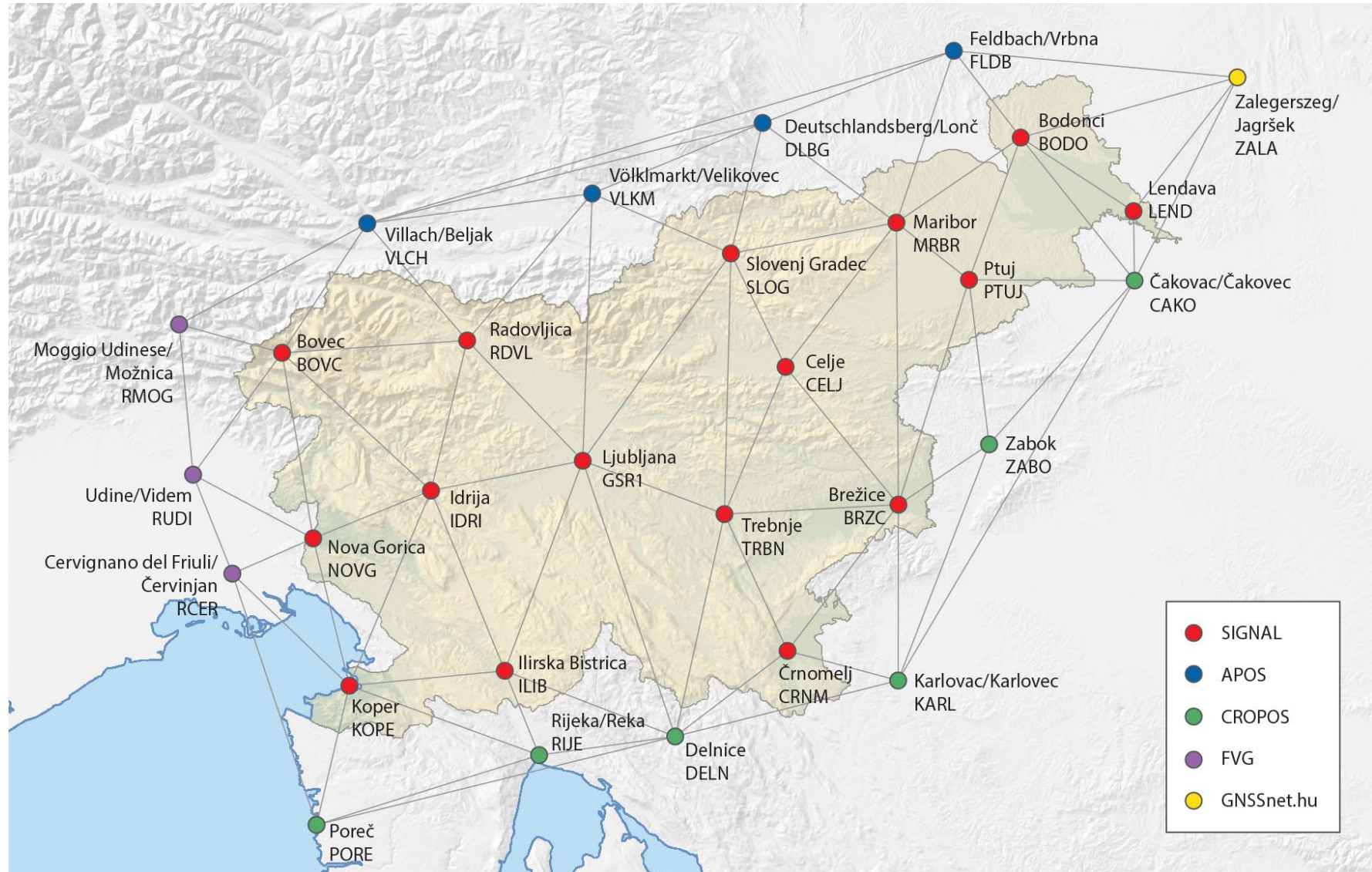
OMREŽJE STALNO DELUJOČIH POSTAJ GNSS - SIGNAL



Razporeditev postaj omrežja SIGNAL leta 2006



OMREŽJE STALNO DELUJOČIH POSTAJ GNSS - SIGNAL



NALOGE OMREŽJA STALNO DELUJOČIH POSTAJ GNSS SIGNAL

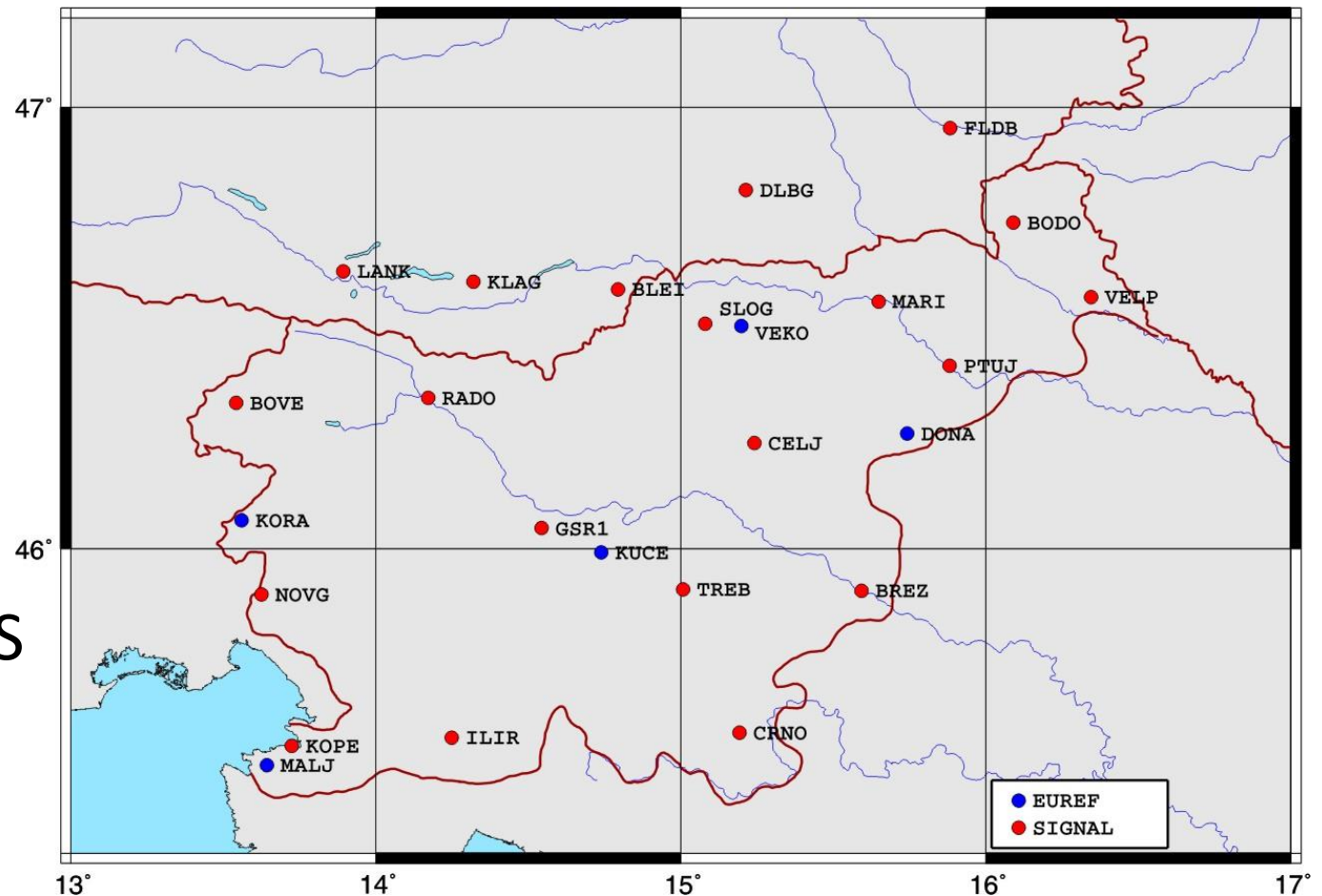
- Praktična realizacija (aktualnega) sestava ITRF na območju Slovenije
- Praktična realizacija (aktualnega) sestava ETRF na območju Slovenije
- Praktična realizacija in dostop do državnega koordinatnega sistema Slovenije D96
- Globalna in lokalna geodinamika za obravnavo koordinatnih sistemov na območju 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

Kozmus in Stopar, 2004: 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 izmerah EUREF iz 1995.55
- Primerjava koordinat EUREF točk med 1995 in 2007:
 - Od 13mm Donačka gora, do 42 mm Malijska (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

PROBLEM?

Stabilizacija – strehe stavb
Neurejeno lastništvo

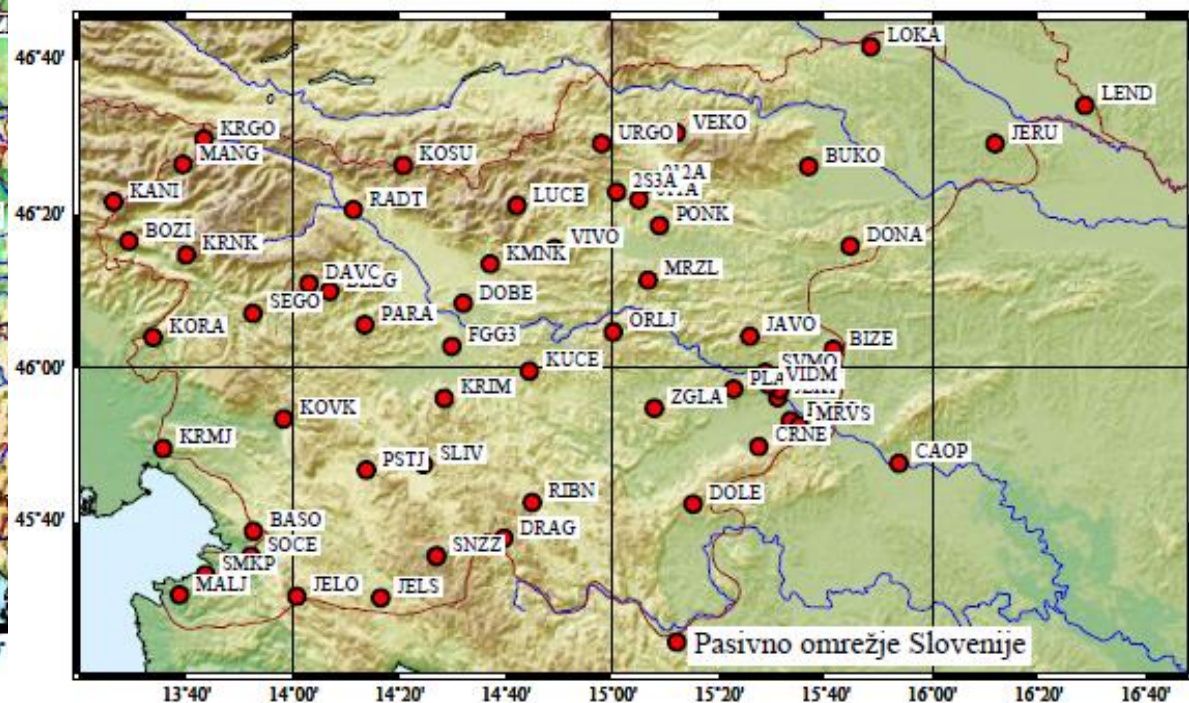
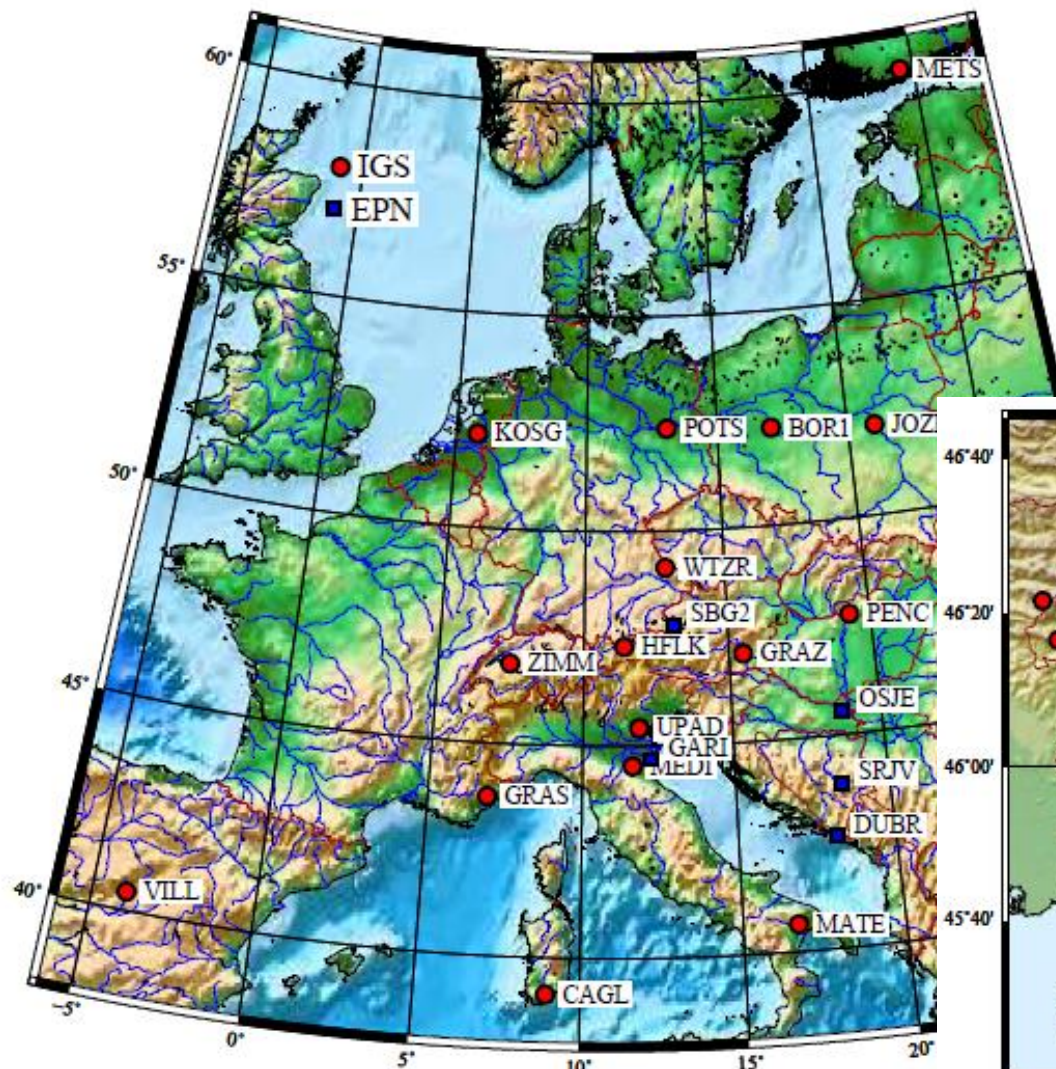


KAKOVOST DRŽAVNEGA KOORDINATNEGA SISTEMA D96 (LETO 2015)

- 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

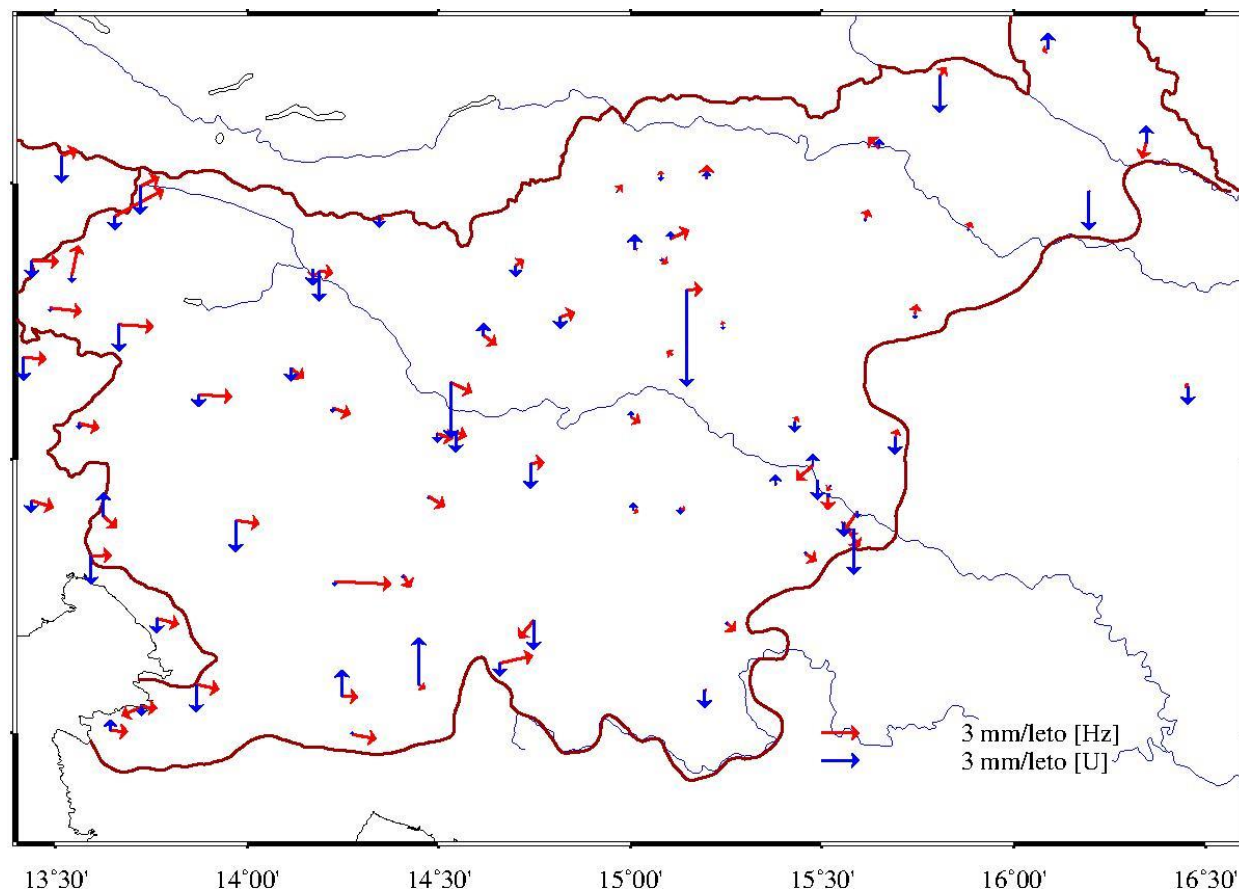
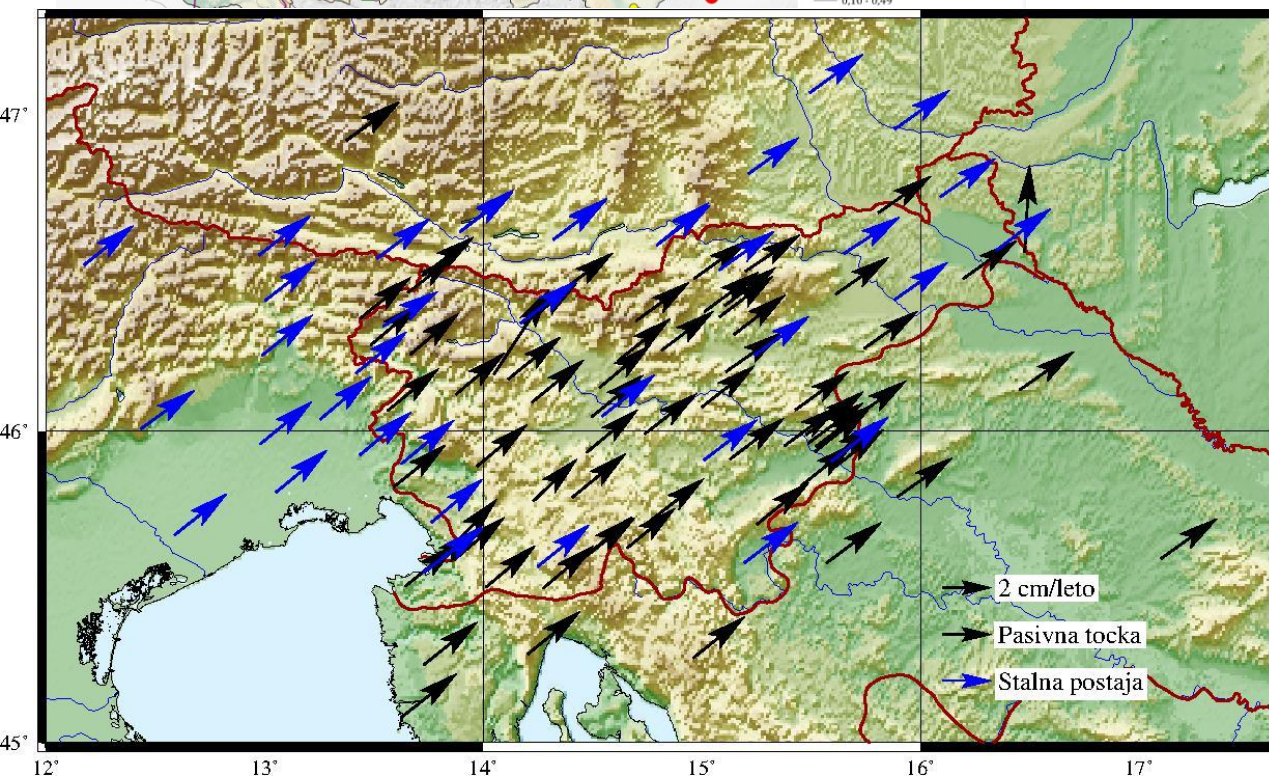
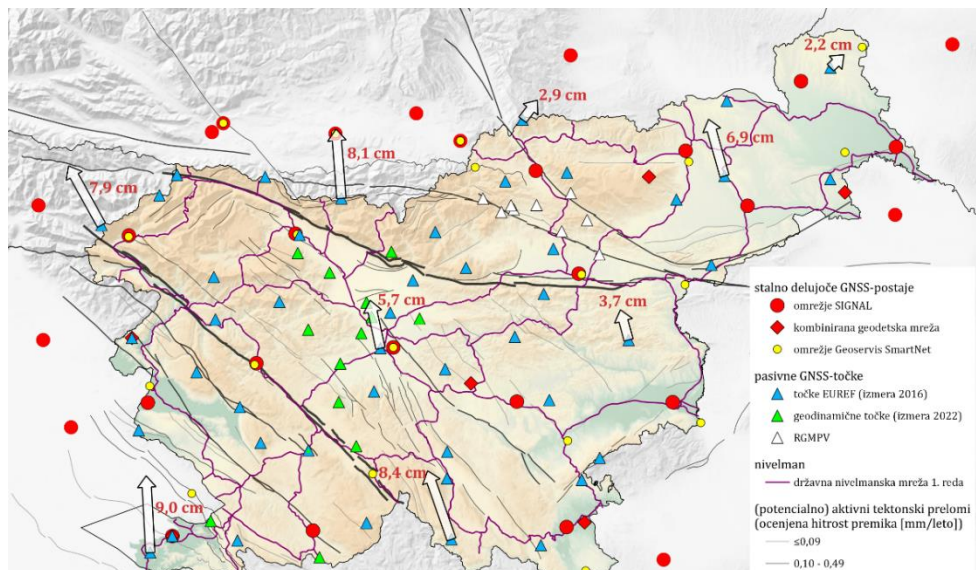
Vir: Sterle, 2015: <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-GX0KPO62/fcb28db6-4d74-4356-ab35-0af9965b4f94/PDF>

KAKOVOST DRŽAVNEGA KOORDINATNEGA SISTEMA D96 (LETO 2015)



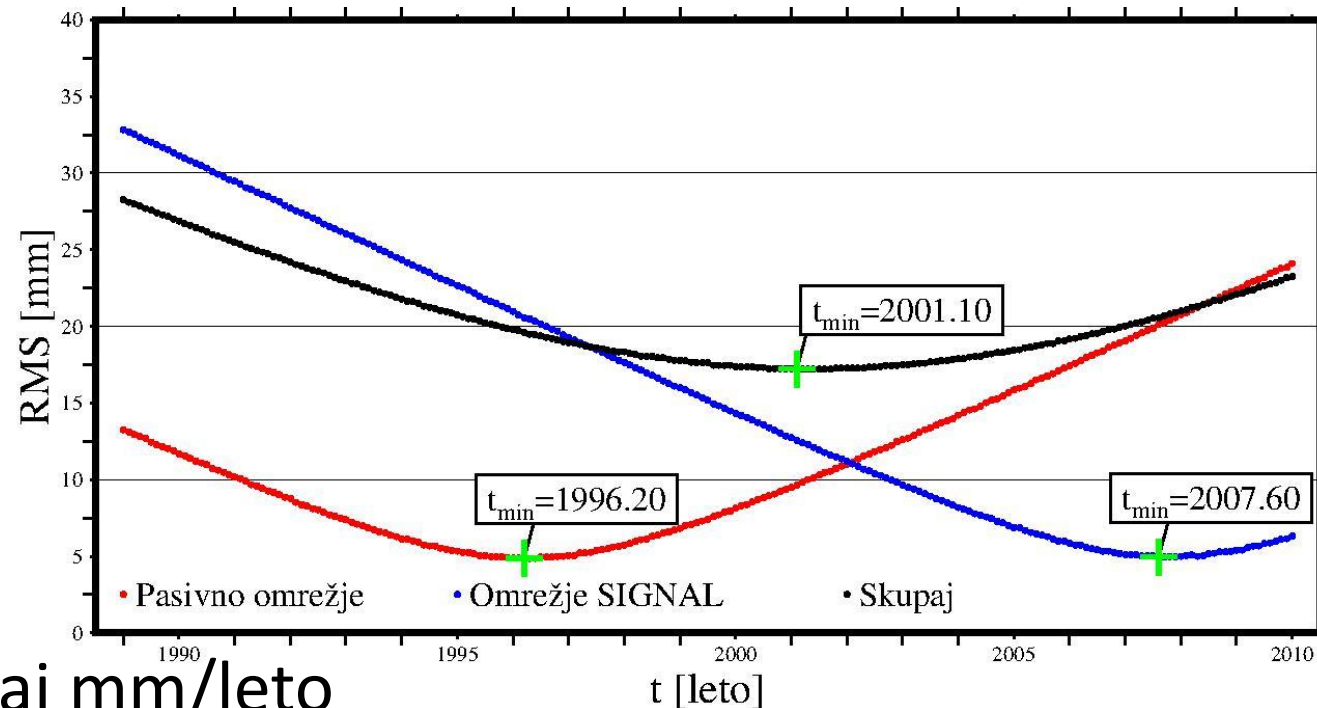
REZULTAT

- 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

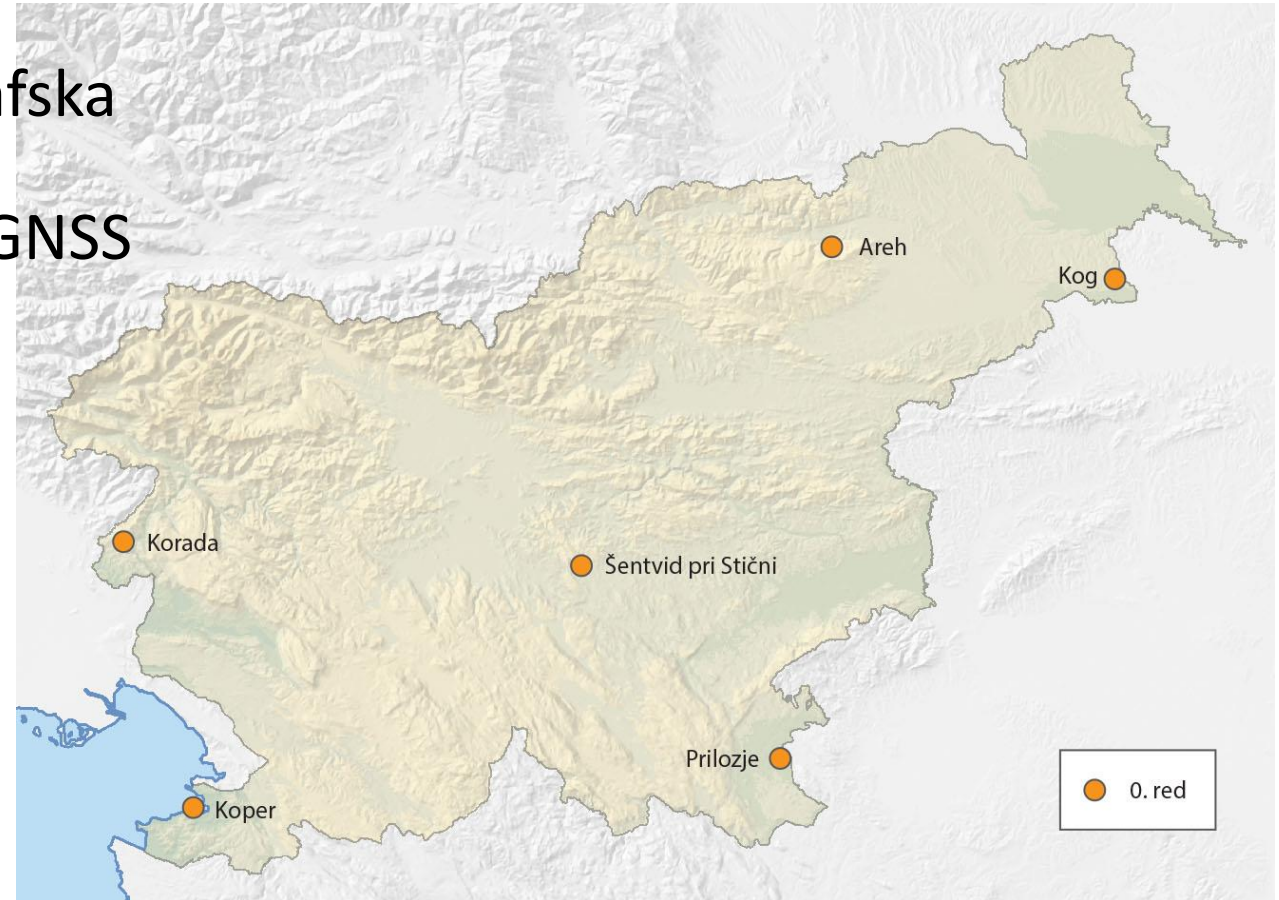
- Vzpostavitev Kombinirane geodetske mreže 0. reda
- Izvedba EUREF izmere 2016
- Zasnova in začetek obdelave opazovanj stalnih postaj GNSS na dnevni osnovi
- Ključno: pridobitev časovnih vrst koordinat postaj GNSS (in pasivnih točk GNSS)
 - Možnost analize kakovosti postaj/točk – kakovost državnega koordinatnega sistema
 - Dostop do časovnih sprememb koordinat – pridobitev 4. razsežnosti
- Cilj:
 - Realizacija novega koordinatnega sestava D96 ustrezne kakovosti
 - Geokinematski model Slovenije
 - Nadzor nad kakovostjo delovanja in vzpostavitve omrežja SIGNAL in Kombinirane geodetske mreže 0. reda
 - Vključitev časovne komponente v definicijo referenčnega sistema

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

KOMBINIRANA GEODETSKA MREŽA 0. REDA

- Izbranih 5 lokacij
- Vključena postaja 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
- Novosti:
 - Izločena točka Koper (nestabilnost)
 - Dve novi lokaciji (nad Izolo in Javorniški rovt)





Korada (KDA1 & KDA2)



Šentvid pri Stični (STA1 & STA2)



Areh (ARA1 & ARA2)



Koper (KOPE)



Prilozje (PZA1 & PZA2)

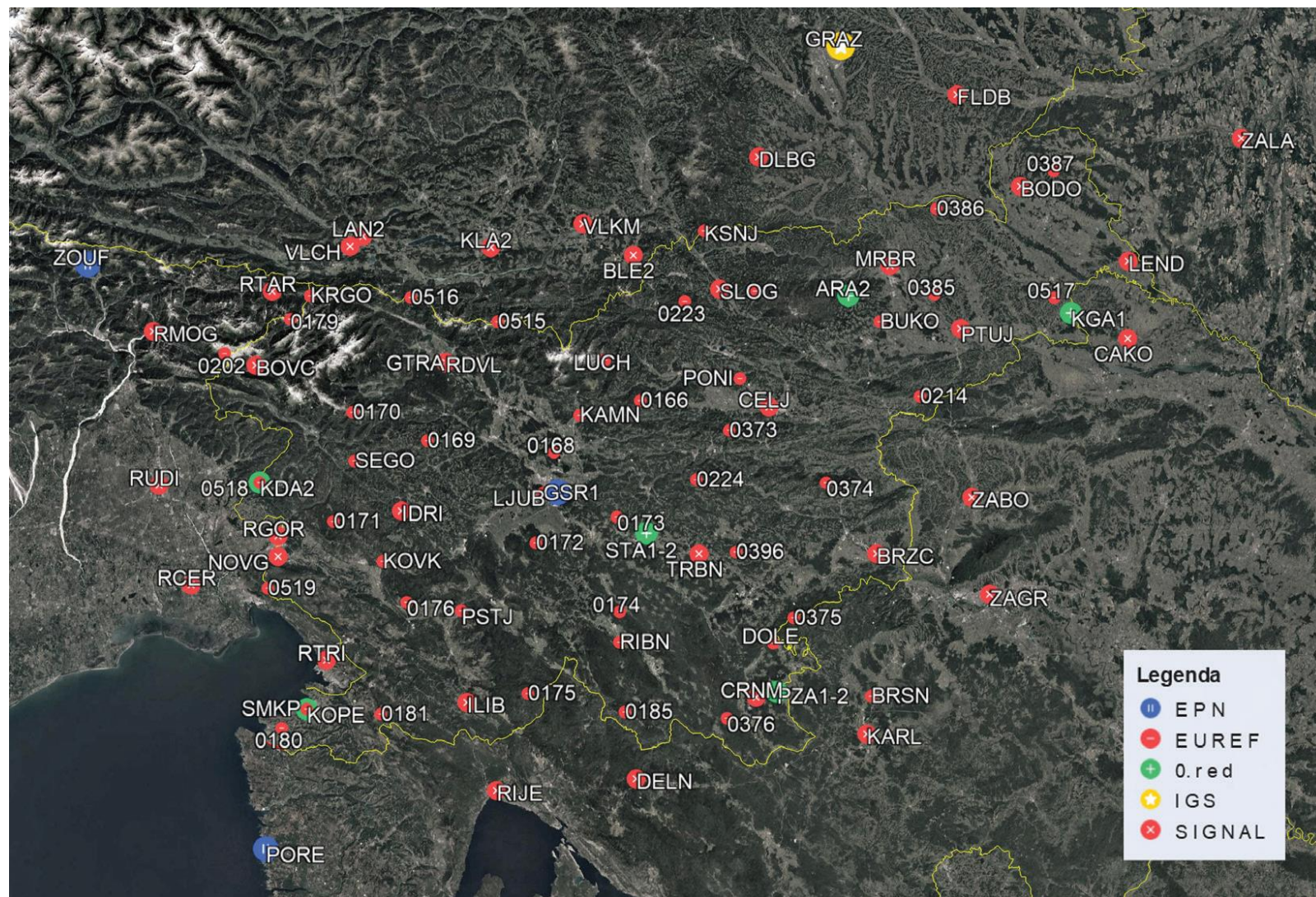


Kog (KGA1)

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)



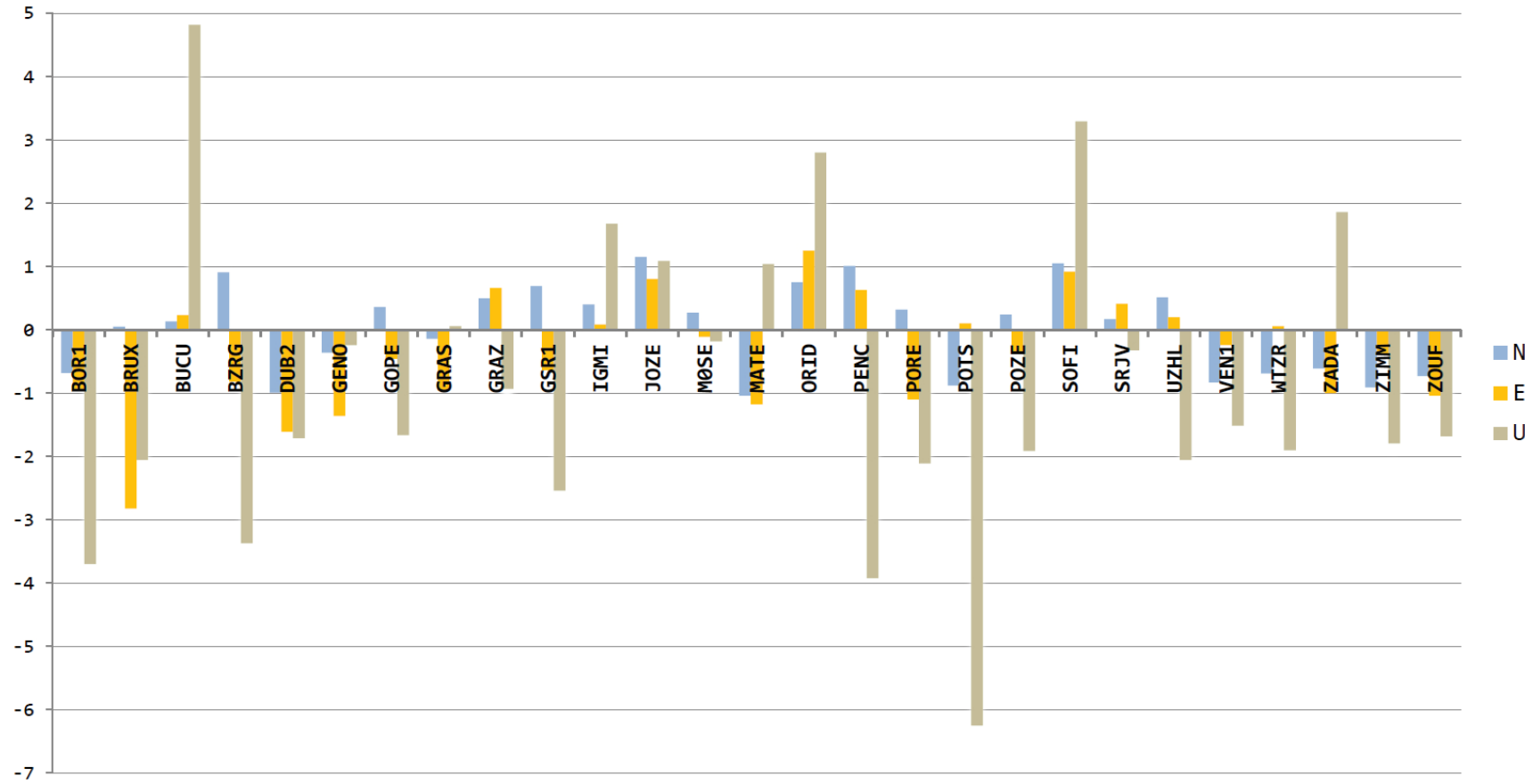
OBDELAVA OPAZOVANJ GNSS EUREF 2016

- 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

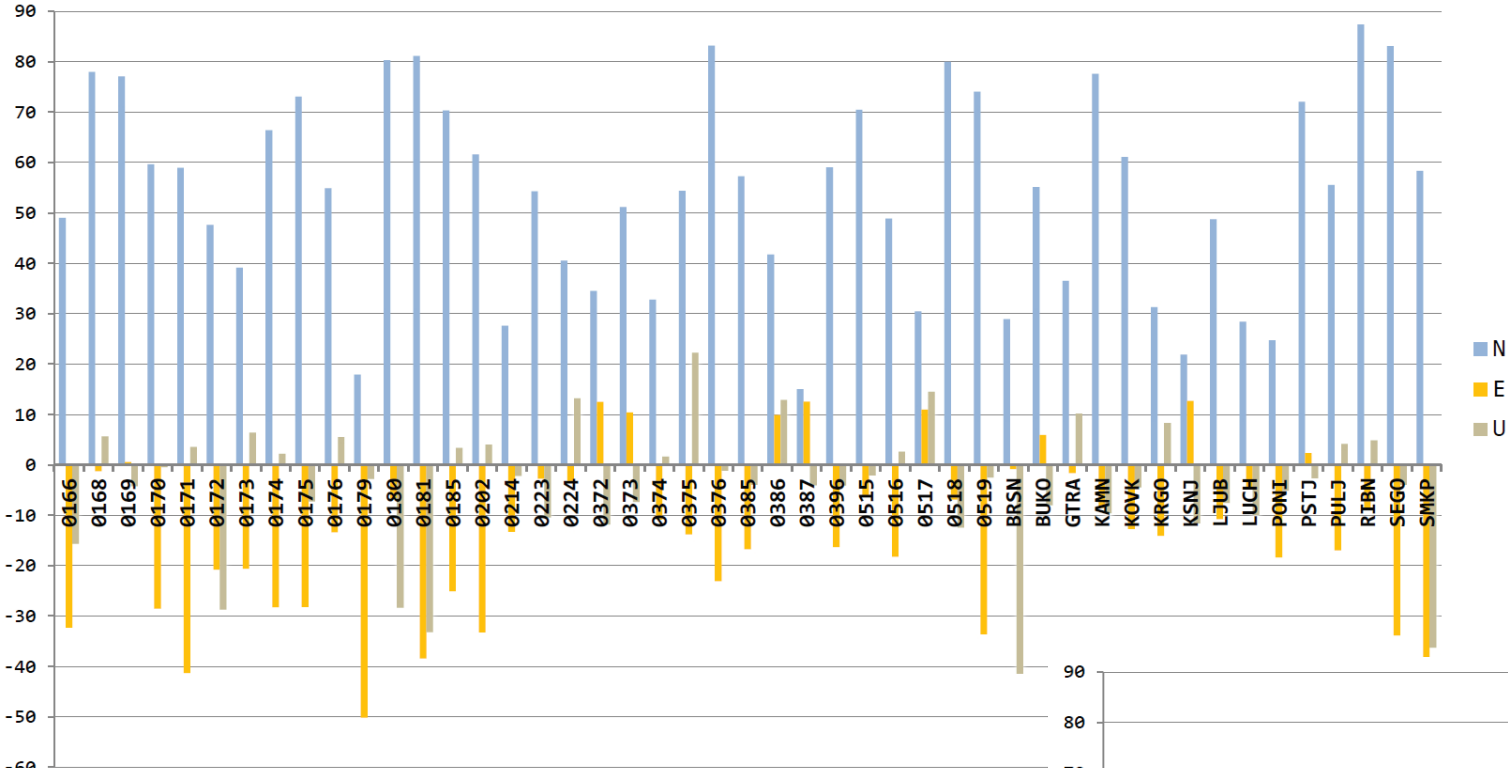
IZRAČUN KOORDINAT V DRŽAVNEM KOORDINATNEM SISTEMU

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



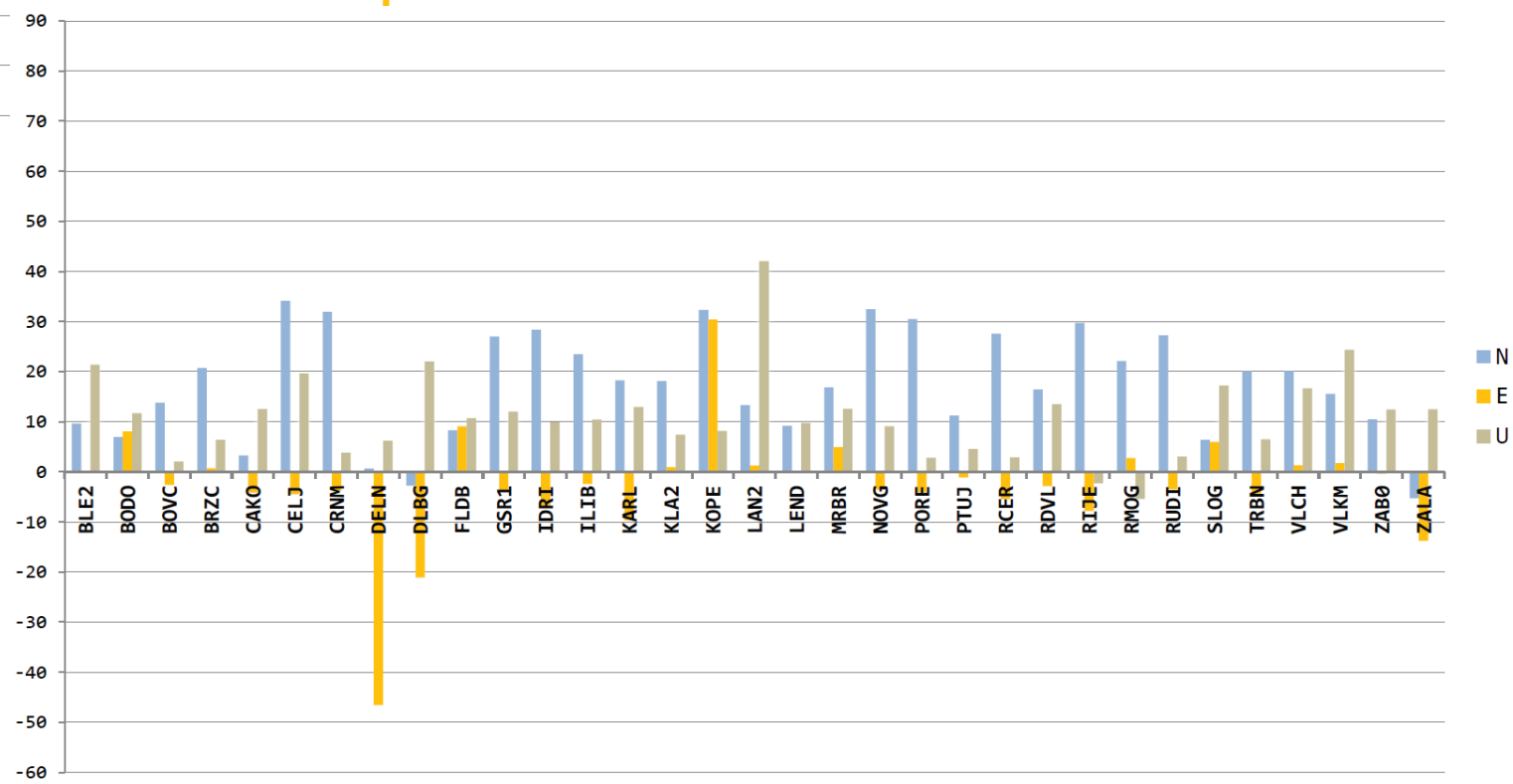
IZRAČUN KOORDINAT V DRŽAVNEM KOORDINATNEM SISTEMU

- 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):

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

Tx [mm]	Ty [mm]	Tz [mm]	D [ppb]	Rx [mas]	Ry [mas]	Rz [mas]
-236,635	98,535	201,265	0,00	17,790	-3,673	24,3695

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

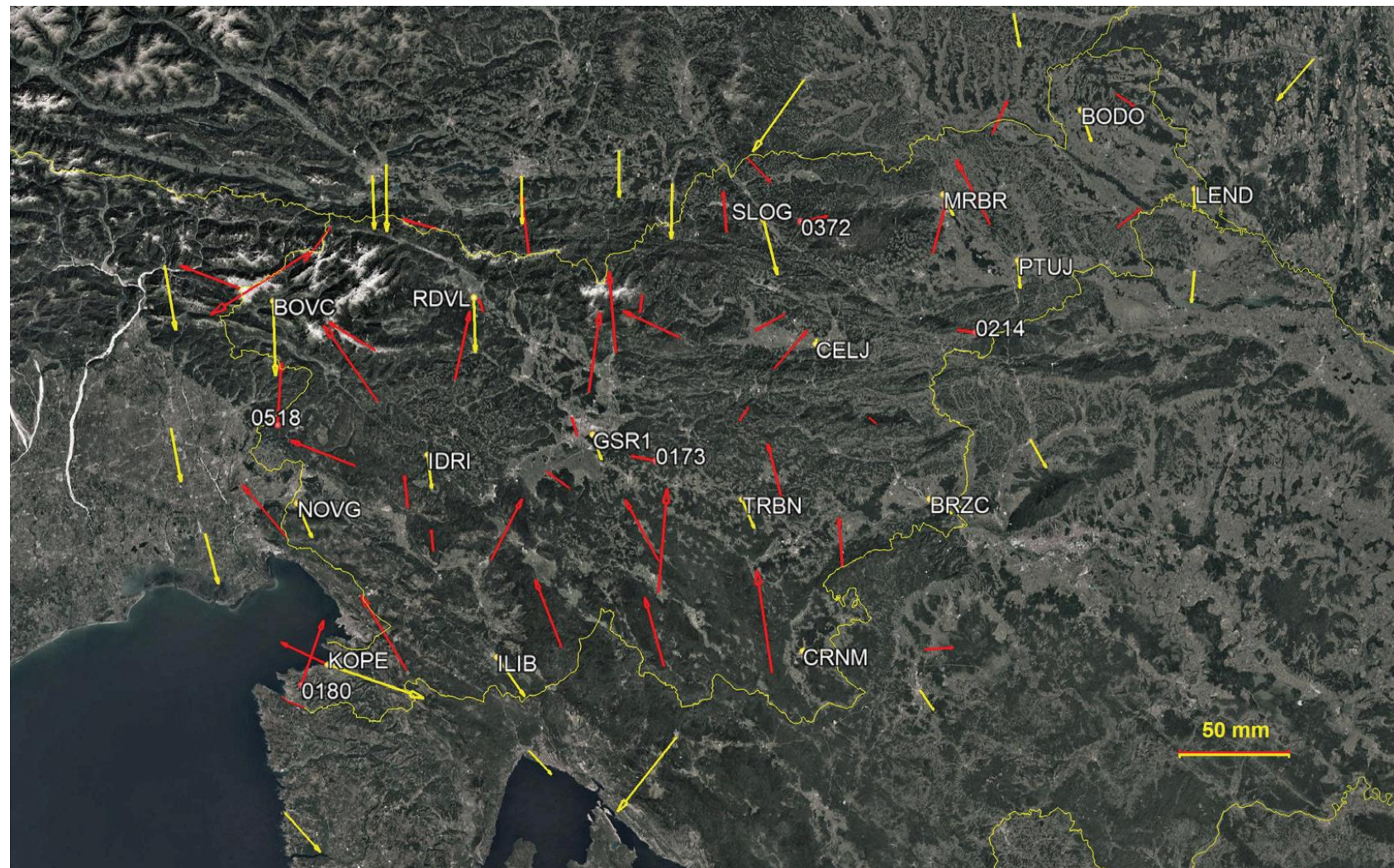
Nova realizacija
poimenovana **D96-17**

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

Koordinate omrežja
SIGNAL so podane v
D96-17

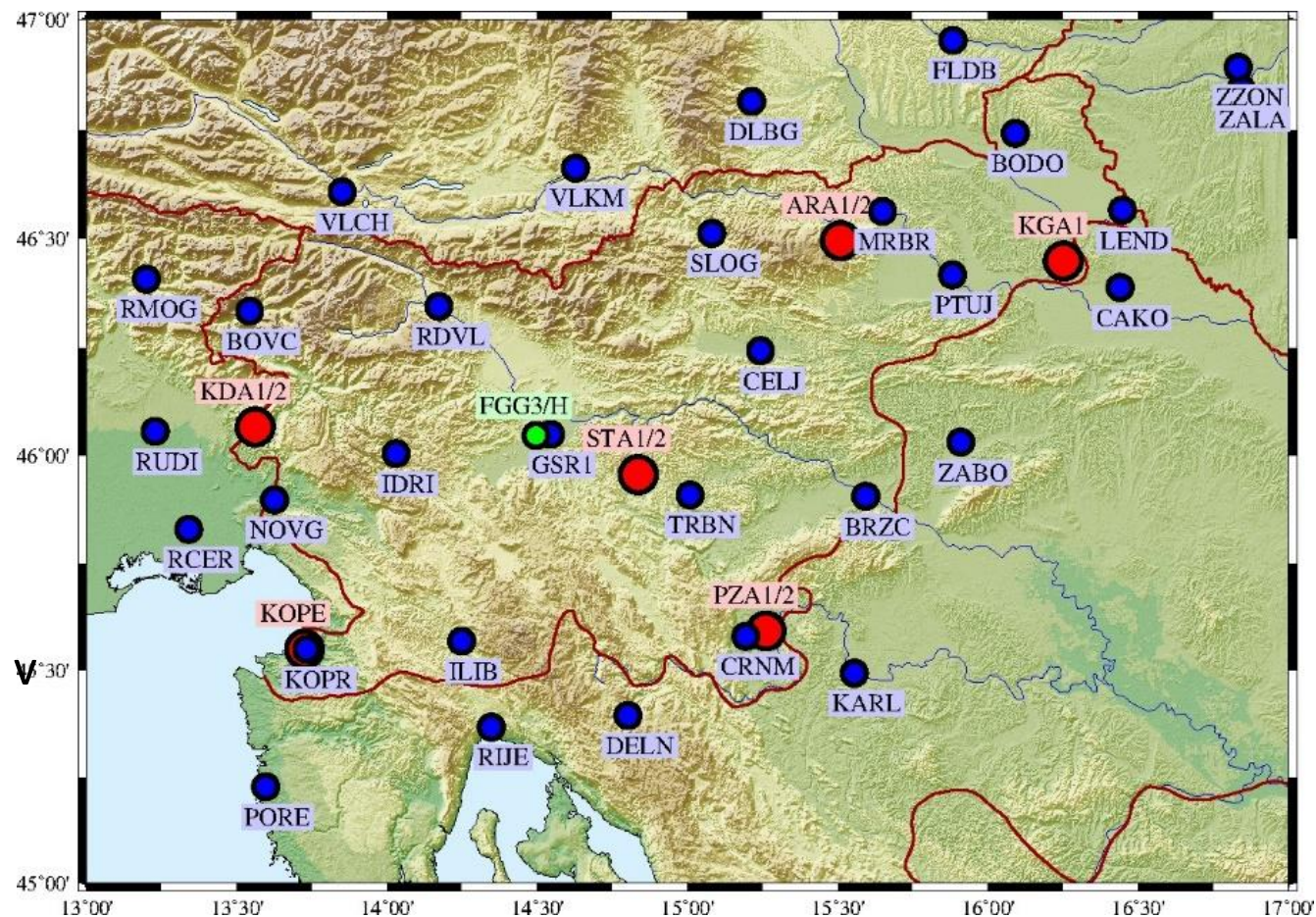
(<http://www.gu-signal.si/>)

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



OBDELAVA OPAZOVANJ GNSS VSEH POSTAJ V SLO

- Omrežje SIGNAL:
 - 16 na območju SLO
 - 15 izven območja SLO:
 - Hrvaška: 6
 - Madžarska: 2
 - Avstrija: 4
 - Italija: 2
- 5 točk Kombinirane geodetske mreže 0. reda – 10 stalno delujočih postaj GNSS
 - Dve novi v gradnji
- Novo: KOPR (nadomešča nestabilno postajo KOPE v omrežju SIGNAL), ZZON
- Ni več del omrežja: ZALA



Postaje omrežja EPN/IGS

- Zagotovitev geodetskega datuma
- 38 postaj IGS (rdeči krogci)
- 25 postaj EPN (modri krogci)
- Zakaj toliko postaj:
 - Kontrola kakovosti obdelave
 - Boljša povezava z ITRF
- Slaba stran: dolgotrajne obdelave (veliko postaj)

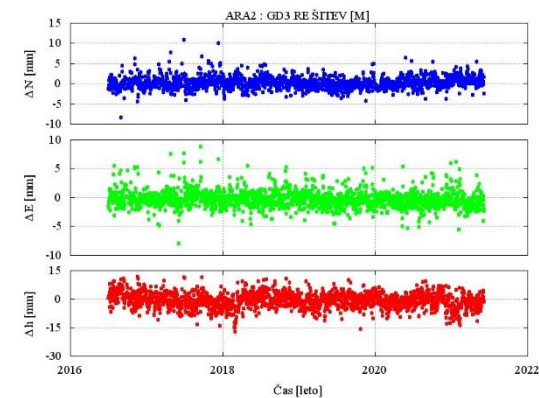
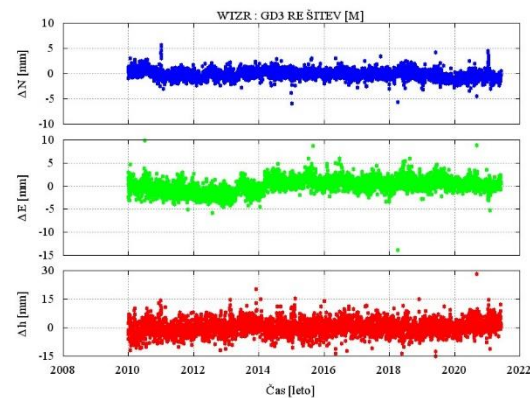
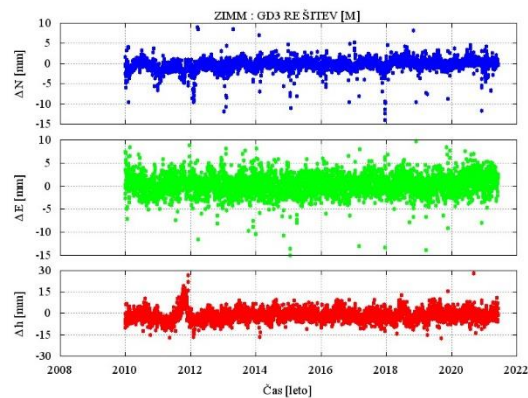
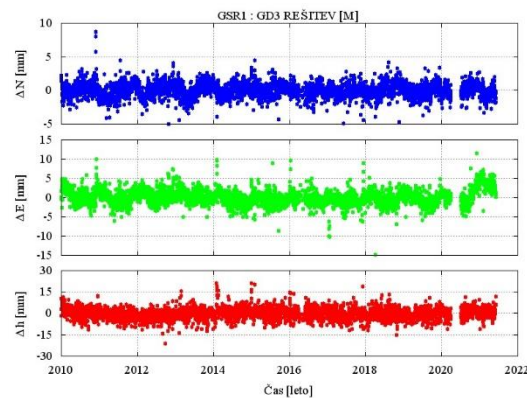
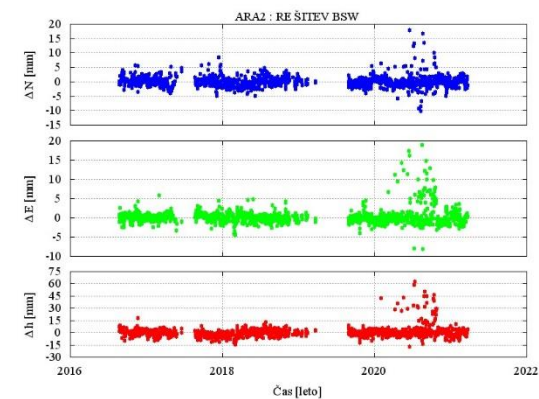
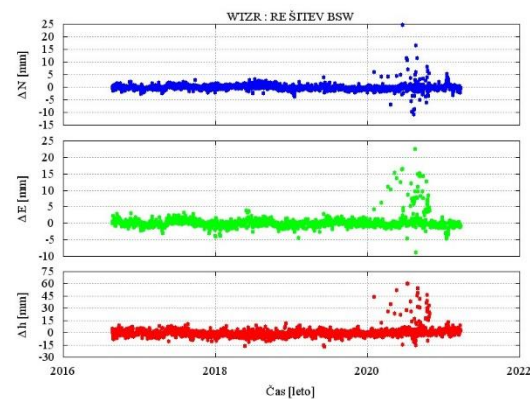
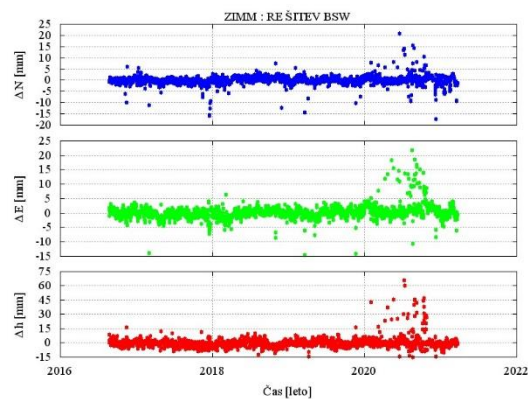
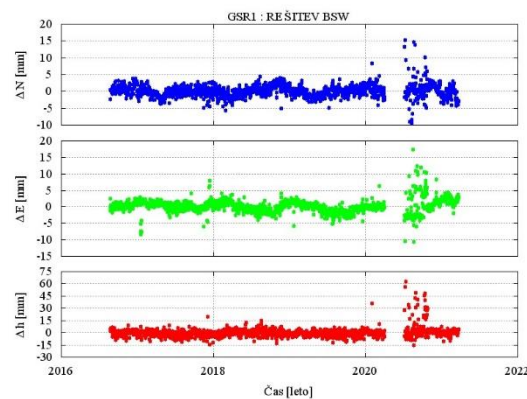


OBDELAVA OPAZOVANJ GNSS VSEH POSTAJ V SLO

- Opazovanja: GPS, GPS+GLONASS, dvofrekvenčni sprejemniki
- Programska oprema:
 - Bernese GNSS Software
 - gPPP (Metoda PPP – lastna izdelava)
- Izračun dnevnih koordinat vseh postaj za celotno obdobje podatkov:
 - Izračun koordinat v globalnem referenčnem sestavu
 - Geodetski datum – niz stabilnih postaj IGS/EPN
 - Ostale postaje IGS/EPN – kontrola kakovosti
- Pridobitev časovnih vrst koordinat
- Izračun referenčnih koordinat v izbrani referenčni epohi s pripadajočim vektorjem hitrosti

Rezultati

Stabilne časovne vrste (Bernese zgoraj, gPPP spodaj)



GSR1

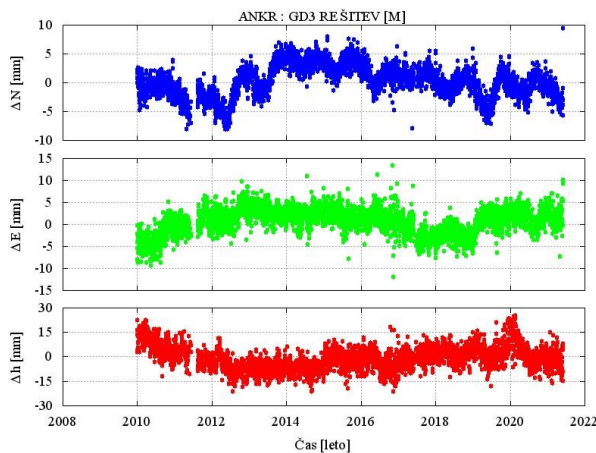
ZIMM

WTZR

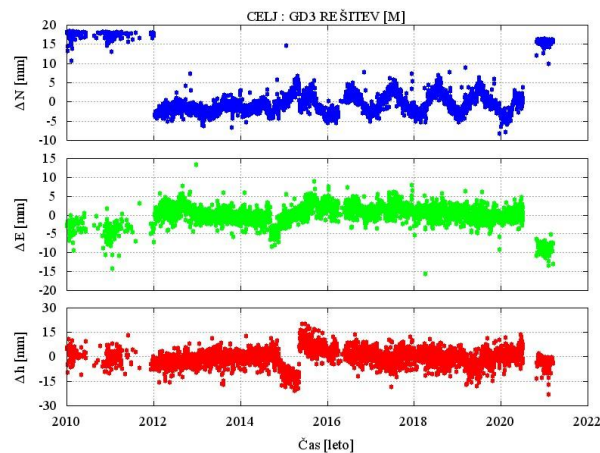
ARA1

Rezultati

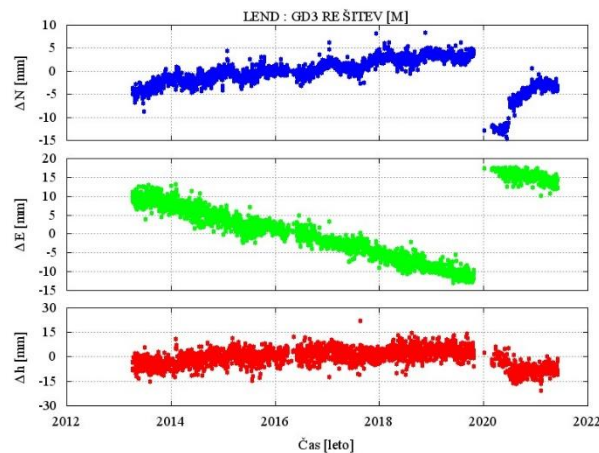
Nestabilne časovne vrste (gPPP)



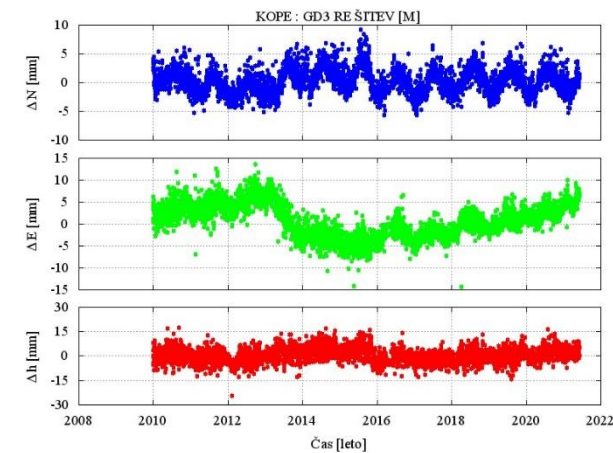
ANKR
potresno območje –
nelinearne časovne vrste



CELJ
zamenjava opreme GNSS –
nezveznost časovnih vrst

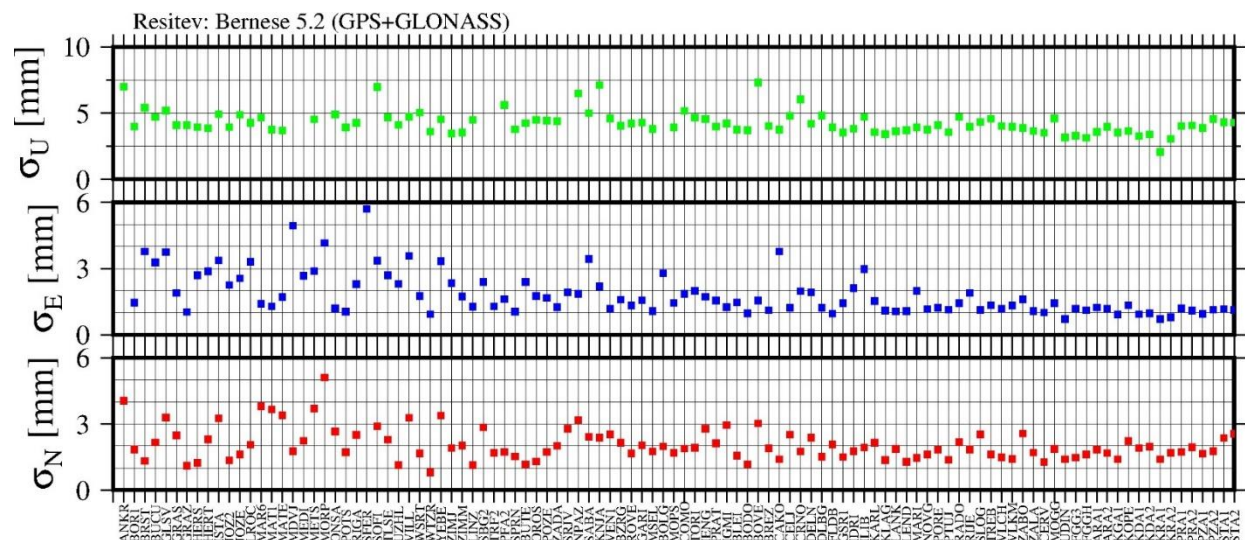


LEND
premik postaje GNSS leta
2020 – preskok v
koordinatah



KOPE:
Perioda v časovni vrsti
Postopen premik točke
2013-2015

Rezultati

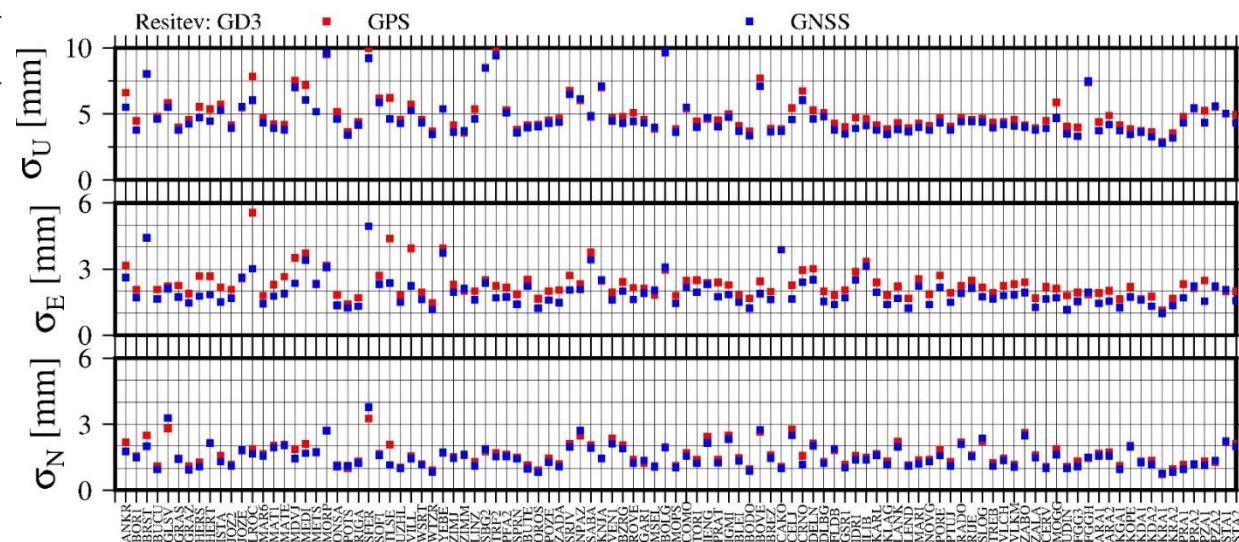


Ponovljivost koordinat Bernese:

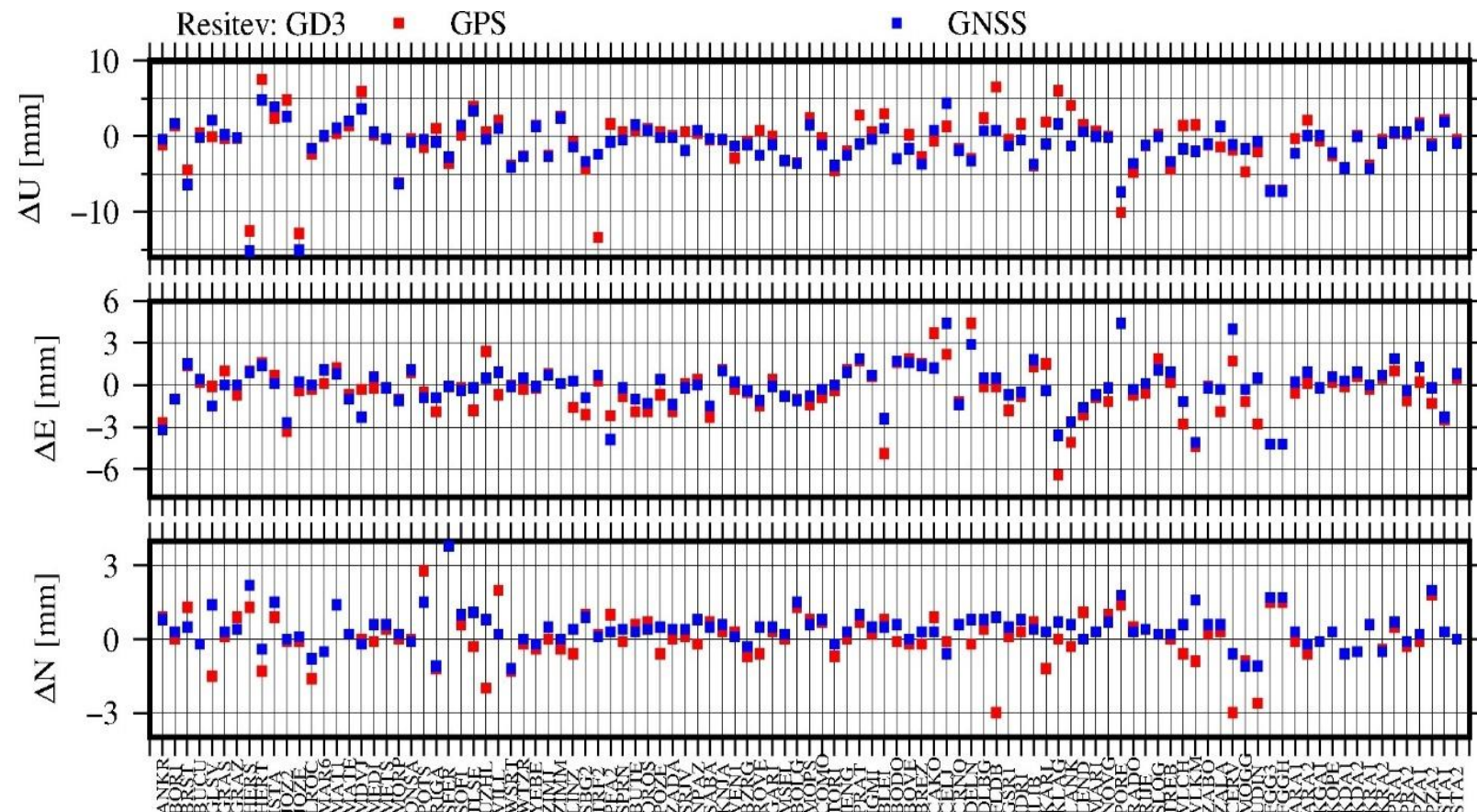
2.1 mm n, 1.9 mm e, 4.9 mm h

Ponovljivost koordinat gPPP:

1.5 mm n, 2.0 mm e, 4.7 mm h



Rezultati



Primerjava med obema rešitvama (Bernese in gPPP):

0.8 mm n, 1.6 mm e, 3.2 mm h

PRENOVA KONCEPTA OBDELAVE

- RINEX: s formata 2.xx na format [3|4].xx (O, N, C)
- Imena točk: s 4 znakov na 9 znakov (ULFG00SVN)
- Poimenovanje datotek GNSS – dolgo poimenovanje
- ITRF2020 – vključuje nove modele (troposfera VMF3)
- Uvedba kompresije .gz namesto .Z

Posledica:

- Popolno na novo izdelati avtomatizacijo:
 - Prenos vseh datotek s spleta, kontrola prenosa in vsebine
 - Branja vseh datotek (v okviru programske rešitve)
 - gPPP/gDPos – delno posodobljena že 2022/2023
 - Bernese GNSS Software, Version 5.4 – poletje 2024

Table 7: Examples of long filenames for RINEX 3 data files

File Name	Comments
ALGO00CAN_R_20121601000_01H_01S_MO.rnx	Mixed RINEX GNSS observation file containing 1 hour of data, with an observation every second
ALGO00CAN_R_20121601000_15M_01S_GO.rnx	GPS RINEX observation file containing 15 minutes of data, with an observation every second
ALGO00CAN_R_20121601000_01D_00S_MO.rnx	Mixed RINEX GNSS observation file containing 1 day of data, with an observation every second

Table 10: RINEX Version 4.00 GPS Observation Codes

GNSS System	Freq. Band / Frequency	Channel or Code	Observation Codes			
			Pseudo Range	Carrier Phase	Doppler	Signal Strength
GPS	L1/1575.42	C/A	C1C	L1C	D1C	S1C
		L1C (D)	C1S	L1S	D1S	S1S
		L1C (P)	C1L	L1L	D1L	S1L
		L1C (D+P)	C1X	L1X	D1X	S1X
		P (AS off)	C1P	L1P	D1P	S1P
		Z-tracking and similar (AS on)	C1W	L1W	D1W	S1W
		Y	C1Y	L1Y	D1Y	S1Y
		M	C1M	L1M	D1M	S1M
		codeless		L1N	D1N	S1N
		C/A	C2C	L2C	D2C	S2C
	L2/1227.60	L1(C/A) + (P2-P1) (semi-codeless)	C2D	L2D	D2D	S2D
		L2C (M)	C2S	L2S	D2S	S2S
		L2C (L)	C2L	L2L	D2L	S2L
		L2C (M+L)	C2X	L2X	D2X	S2X
		P (AS off)	C2P	L2P	D2P	S2P
		Z-tracking and similar (AS on)	C2W	L2W	D2W	S2W
		Y	C2Y	L2Y	D2Y	S2Y
		M	C2M	L2M	D2M	S2M
		codeless		L2N	D2N	S2N
	L5/1176.45	I	C5I	L5I	D5I	S5I
		Q	C5Q	L5Q	D5Q	S5Q
		I+Q	C5X	L5X	D5X	S5X

COD00PSFIN	20240010000	01D	30S	CLK
COD00PSFIN	20240020000	01D	01D	ERP
COD00PSFIN	20240020000	01D	01D	GIM
COD00PSFIN	20240020000	01D	01D	OSB
COD00PSFIN	20240020000	01D	01D	SOL
COD00PSFIN	20240020000	01D	01H	GIM
COD00PSFIN	20240020000	01D	01H	GIM.10N.gz
COD00PSFIN	20240020000	01D	01H	TRO.TRO.gz
COD00PSFIN	20240020000	01D	05M	ORB.SP3.gz
COD00PSFIN	20240020000	01D	05S	CLK.CLK.gz
COD00PSFIN	20240020000	01D	05S	CLK.CLK.V2.gz
COD00PSFIN	20240020000	01D	30S	ATT.OBX.gz
COD00PSFIN	20240020000	01D	30S	CLK.CLK.gz

12-Jan-2024	15:10	01K
12-Jan-2024	15:18	145K
12-Jan-2024	15:18	604K
12-Jan-2024	15:18	16M
12-Jan-2024	15:18	16M
12-Jan-2024	15:18	8M
12-Jan-2024	15:18	5M

Obdelava opazovanj GNSS na dnevni osnovi – V2

- Kar se tiče vseh sprememb imen, formatov, vsebin – upoštevano
- Kar se tiče obdelave dnevni datotek RINEX
 - Posodobitev obdelave v skladu z EPN (tudi prehod na ITRF2020)
 - GPS+GLONASS+Galileo
 - Obdelava sledi paradigmi analiznih centrov EPN – upošteva njihove rezultate in analize (nov nabor referenčnih postaj)
- Kar se tiče časovnih vrst in vektorjev hitrosti
 - Upoštevanje vseh nezveznosti in sprememb hitrosti v časovnih vrstah
 - Modeliranje periodičnih signalov v časovnih vrstah

Postaje omrežja EPN/IGS - novo

- Storitve v okviru EPN – „Reference Station Selection“
(<https://www.epncb.oma.be/products/services/ReferenceFrame/>)
 - Razvrstitev v razrede: C0-C7 (C0 najbolj stabilne)
 - Razvrstitev glede na analizo:
 - Analiza časovnih vrst koordinat
 - Zanesljivost ocenjenega vektorja hitrosti
 - Variabilnost ocenjenega vektorja hitrosti skozi čas
 - Vsaka postaja ima podane intervale zveznosti časovnih vrst ali trenutke nezveznosti – lahko torej več položajev in vektorjev hitrosti za postajo



Postaje omrežja EPN/IGS - novo

- Izbira novih referenčnih postaj
 - Čim manj in čim bolj stabilne
- Na koncu 15 lokacij, 18 stalnih postaj GNSS
 - 9 tudi v naboru referenčnih v preteklosti (modro) – zagotovitev enoličnosti geodetskega datuma tudi za nazaj
 - 9 na novo (rdeče)
 - Vse imajo status C0 ali C1 (razen GOPE)
- Kako zgostiti mrežo? Vključitev rešitev EPN

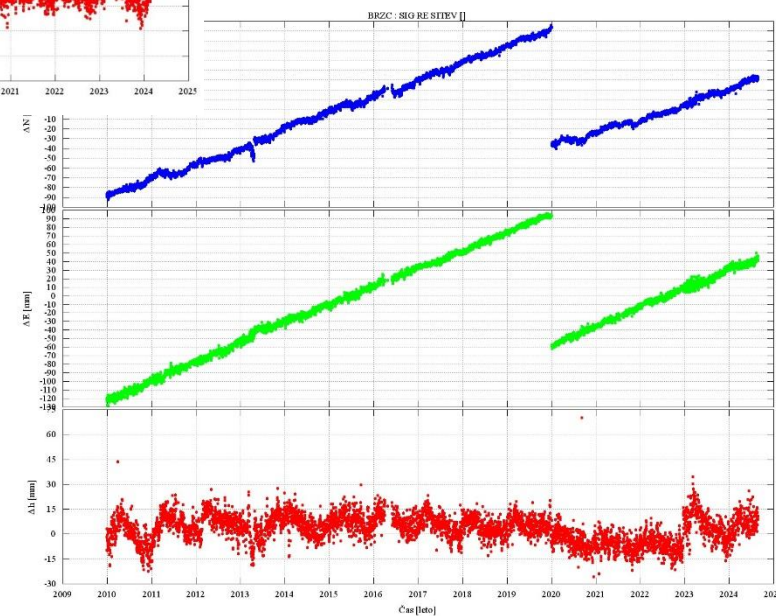
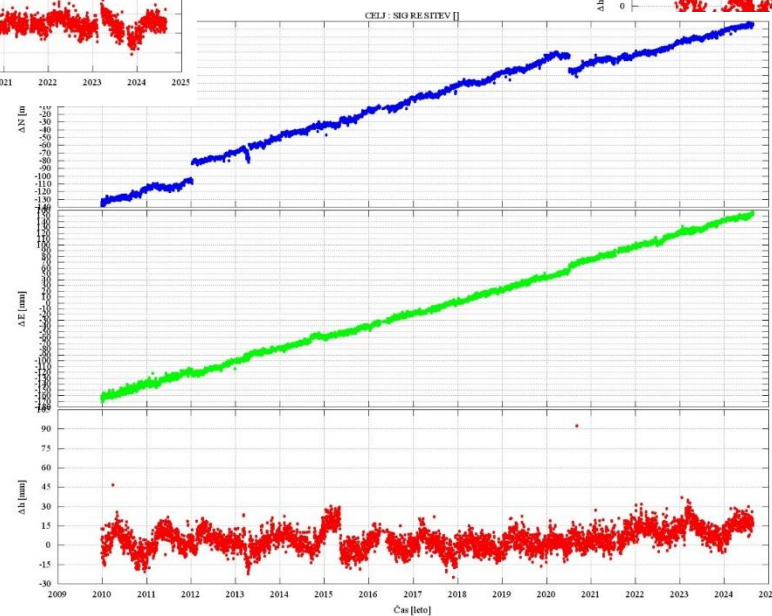
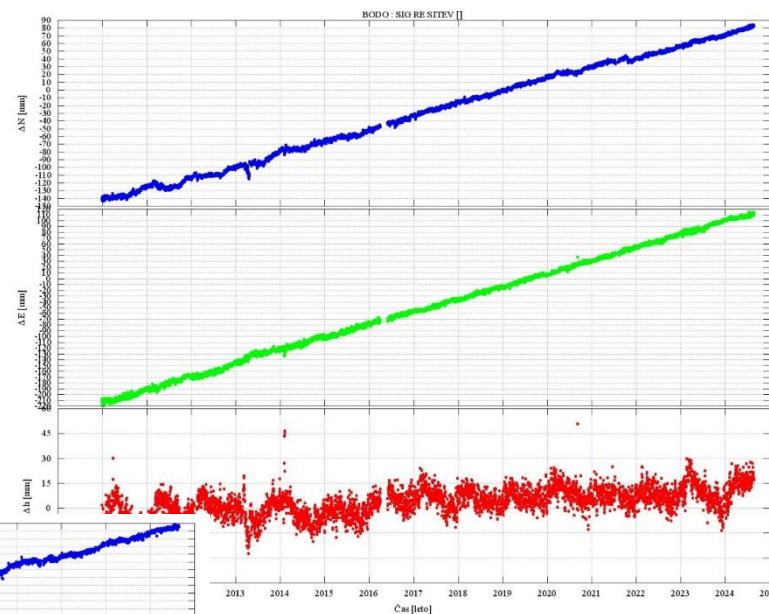
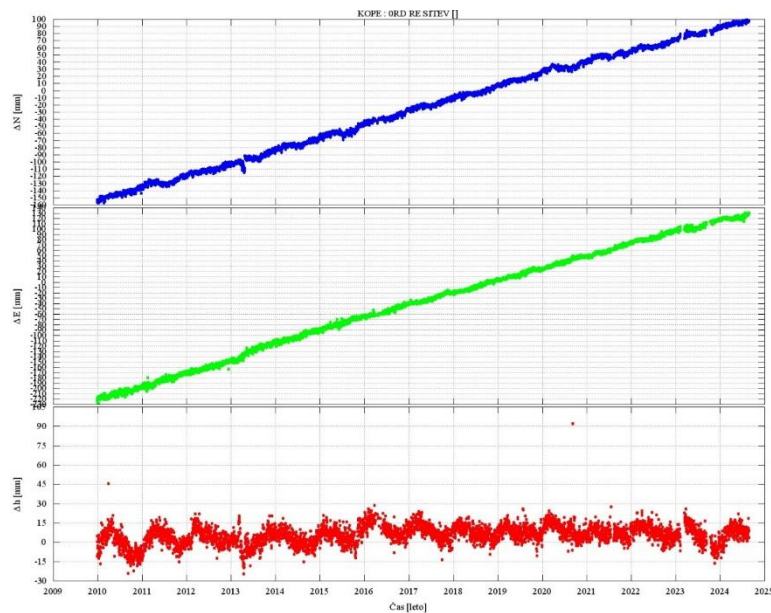


Obravnava sprememb koordinat točk skozi čas

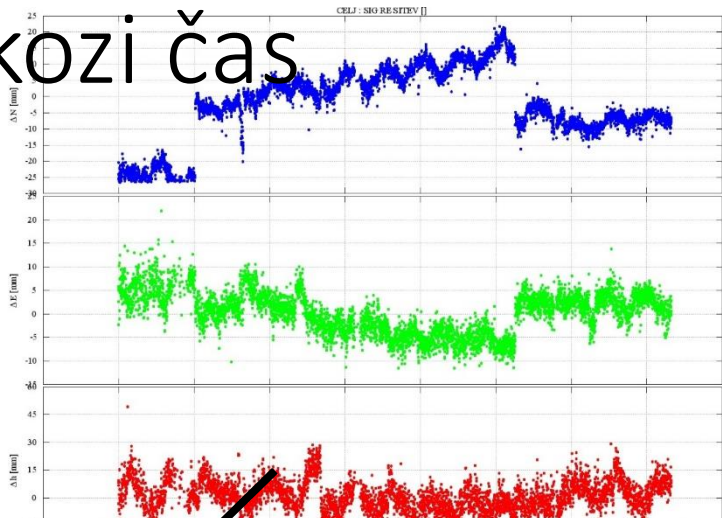
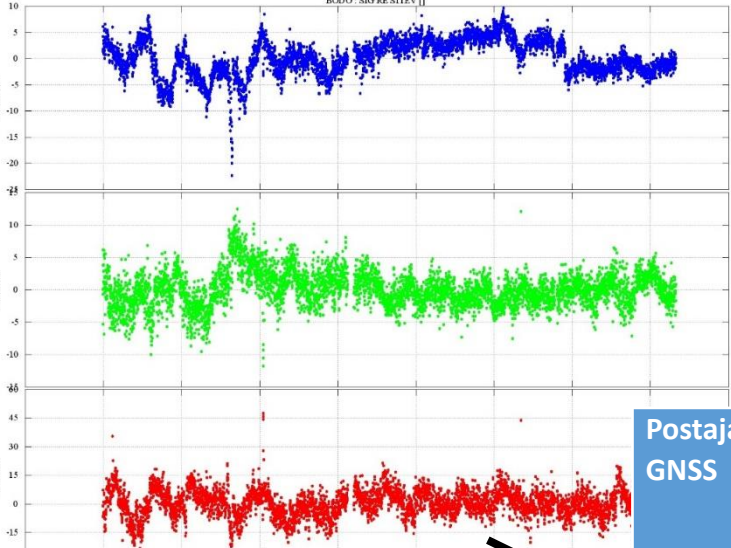
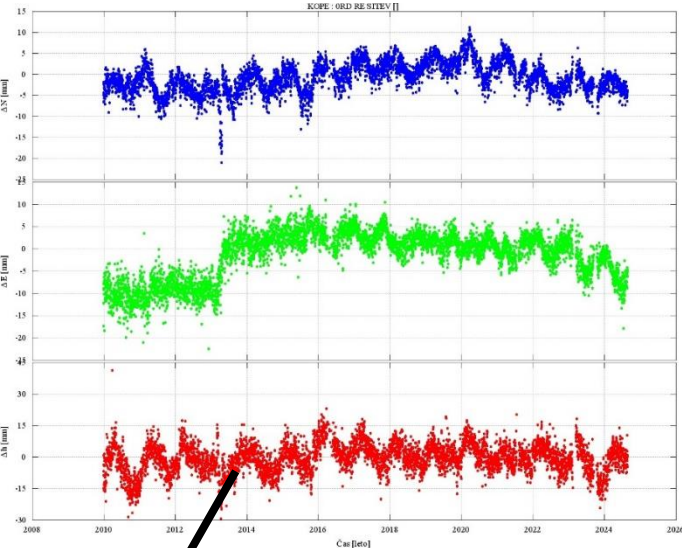
- Za vsako točko se določi:
 - Interval zveznosti in linearnosti v časovnih vrstah
 - Za vsak interval en položaj in vektor hitrosti
 - Vezne enačbe med položaji in/ali hitrostmi različnih intervalov in „različnih“ postaj/točk
- Kaj je „vzrok“ za spremembo v časovnih vrstah
 - Sprememba opreme GNSS postaje
 - Premik postaje (LEND)
 - Lokalni vpliv (KOPE)
- Periodični signali:
 - Letna, pol-letna perioda
- Iterativen proces – analiza časovnih vrst

75	ILIB	1	2005-12-19	12:00:00	2013-10-16	13:30:00
		2	2013-10-16	14:40:00	2019-12-18	10:17:00
		3	2019-12-18	11:44:00	2020-06-18	12:59:59
		4	2020-06-18	13:00:00	2098-12-31	23:59:59
76	LEND	1	2013-01-10	12:00:00	2015-10-15	14:00:00
		2	2015-10-16	16:15:00	2019-12-31	23:59:59
		3	2020-01-01	00:00:00	2020-06-24	13:24:59
		4	2020-06-24	13:25:00	2098-12-31	23:59:59
77	MARI	1	2002-11-04	12:00:00	2007-09-13	12:59:59
		2	2007-09-13	13:00:00	2007-10-03	12:00:00
		3	2007-11-29	12:00:00	2008-10-07	10:59:59
		4	2008-10-07	11:00:00	2015-01-08	15:00:00
		5	2015-01-08	15:30:00	2015-01-26	09:00:00
		6	2015-01-26	09:05:00	2098-12-31	23:59:59
78	MRBR	1	2002-11-04	12:00:00	2007-09-13	12:59:59
		2	2007-09-13	13:00:00	2007-10-03	12:00:00
		3	2007-11-29	12:00:00	2008-10-07	10:59:59
		4	2008-10-07	11:00:00	2015-01-08	15:00:00
		5	2015-01-08	15:30:00	2015-01-26	09:00:00
		6	2015-01-26	09:05:00	2020-07-06	08:59:59
		7	2020-07-06	09:00:00	2098-12-31	23:59:59
# ID MARKER NAME X [m] Y [m] Z [m] U [m/s] V [m/s] W [m/s] Time						
# *** *****						

Neprečiščene časovne vrste



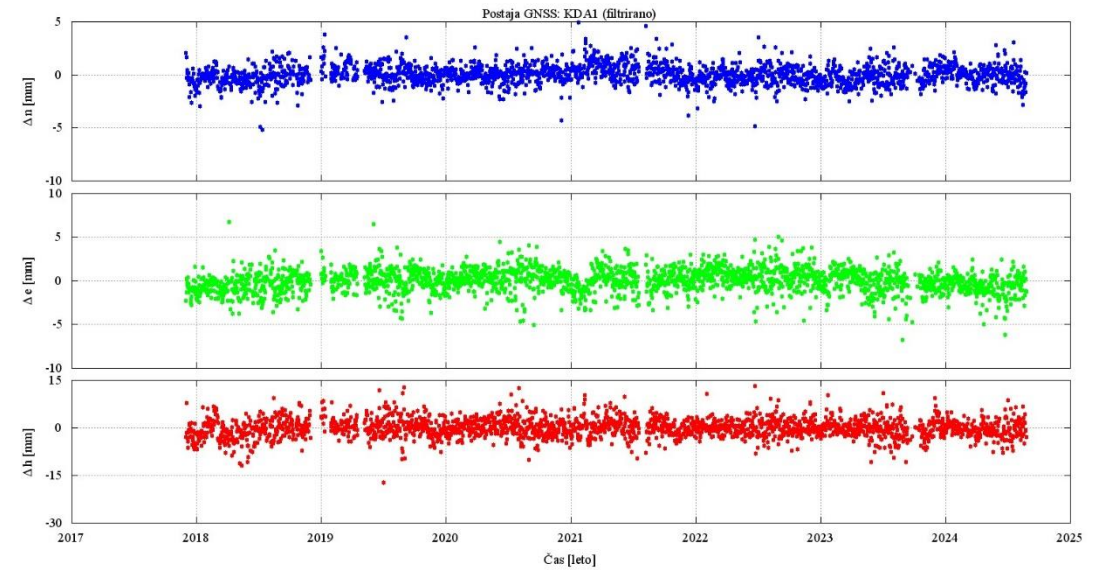
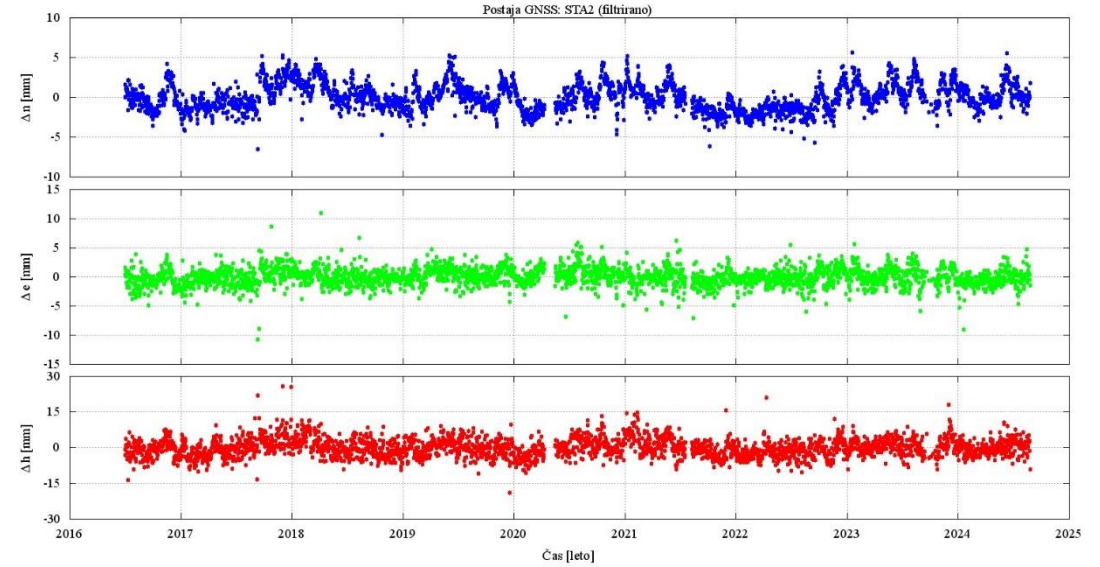
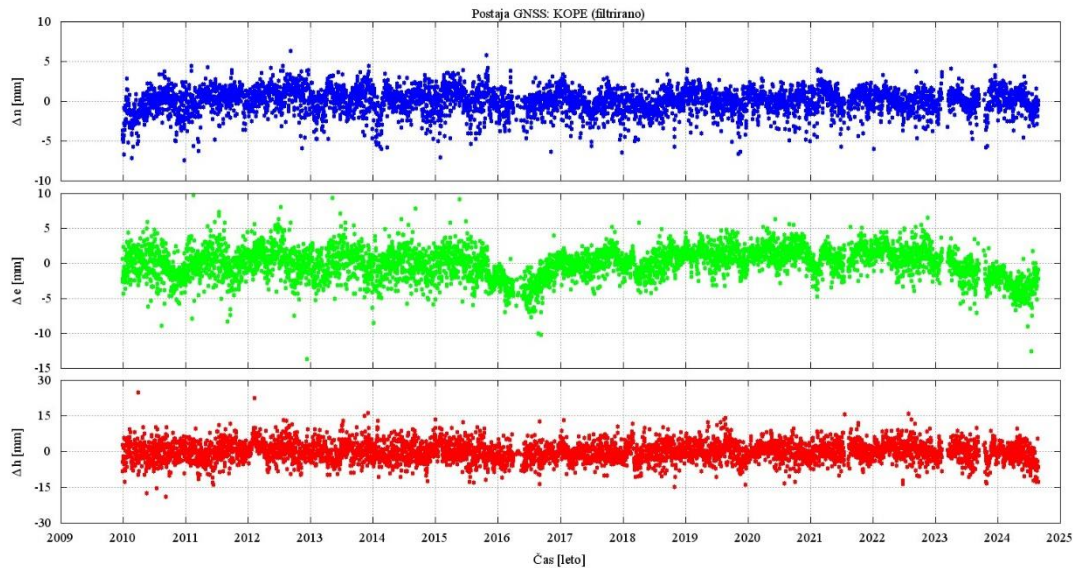
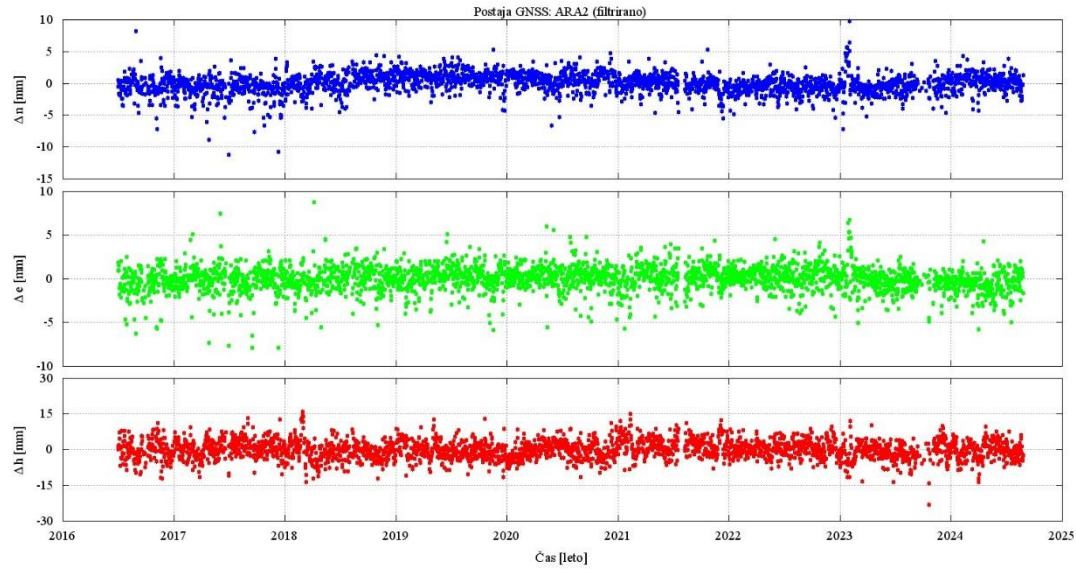
Obravnava sprememb koordinat točk skozi čas



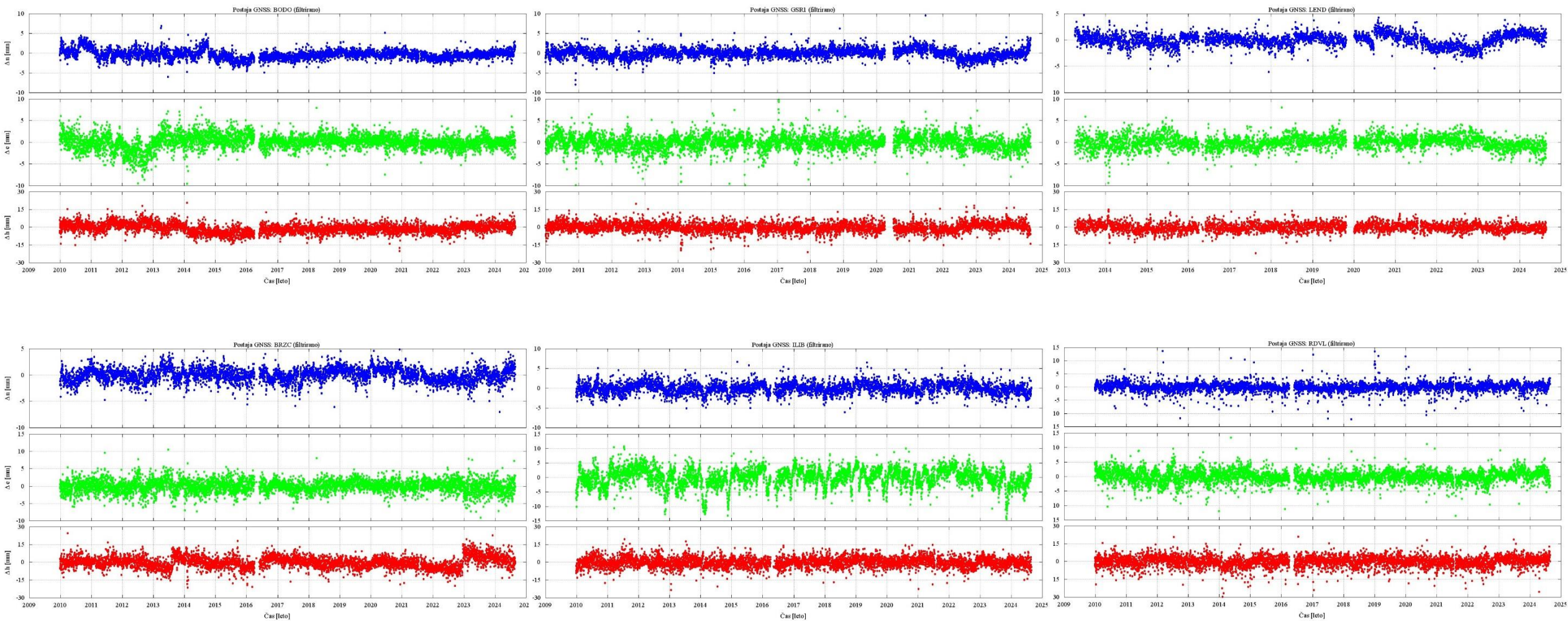
Postaja GNSS	Časovni interval		Vektor hitrosti	Periodični vpliv
	Od	Do		
ARA1	-	-	1	Da [1 leto]
ARA2	-	-	1	Da [1 leto]
KGA1	-	-	1	Da [1 leto]
KOPE	-	1. 2. 2013	1	Da [1 leto]
	1. 2. 2013	10. 4. 2014	2	
	10. 4. 2014	6. 11. 2015	3	
	6. 11. 2015	-	1	
KDA1	-	-	1	Da [1 leto]
KDA2	-	-	1	Da [1 leto]
PZA1	-	1. 1. 2021	1	Da [1 leto]
	1. 1. 2021	-		
PZA2	-	26. 6. 2020	1	Da [1 leto]
	26. 6. 2020	1. 1. 2021		
	1. 1. 2021	-		
STA1	-	15. 4. 2016	1	Da [1 leto]
	15. 4. 2016	-		

Postaja GNSS	Število intervalov	Število vektorjev hitrosti	Ocena periodičnega signala	Opomba
BODO	4	1	Da [1 leto]	Dva periodična signala valovne dolžine enega leta (ločnica konec 2014)
BOVC	3	1	Da [1 leto]	
BRZC	2	1	Da [1 leto]	
CELJ	5	1	Da [1 leto]	Dodatna dva intervala iz časovnih vrst ter dva periodična signala (letna valovna dolžina, ločnica konec 2014)
CRNM	3	1	Da [1 leto]	
GSR1	6	1	Da [1 leto]	
IDRI	2	1	Da [1 leto]	
ILIB	4	1	Da [1 leto]	
LEND	4	1	Da [1 leto]	
MRBR	7	1	Da [1 leto]	
NOVG	3	1	Da [1 leto]	
PTUJ	5	1	Da [1 leto]	Dodatna dva intervala iz časovnih vrst

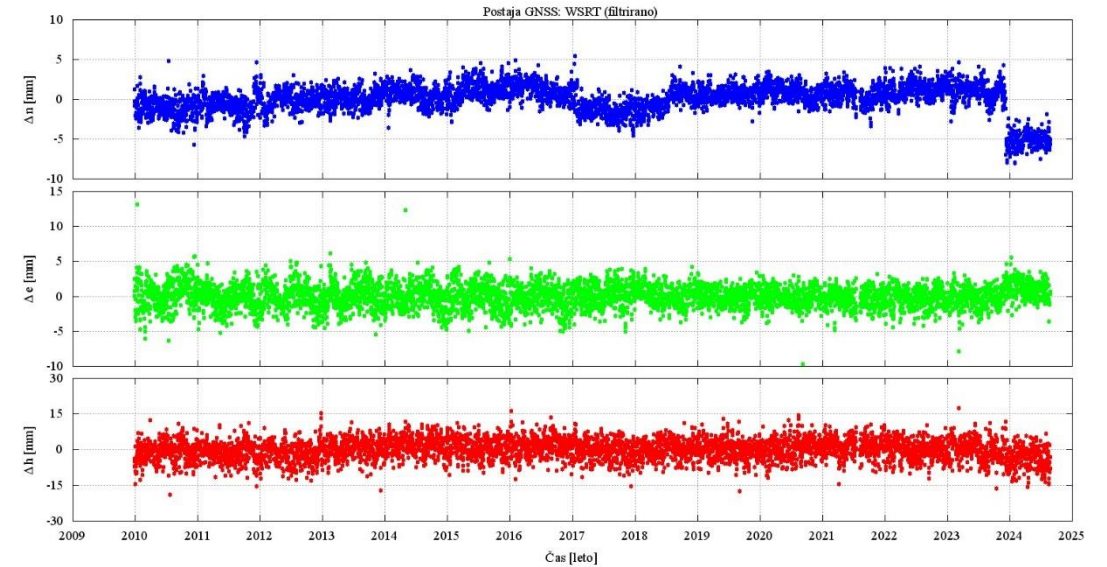
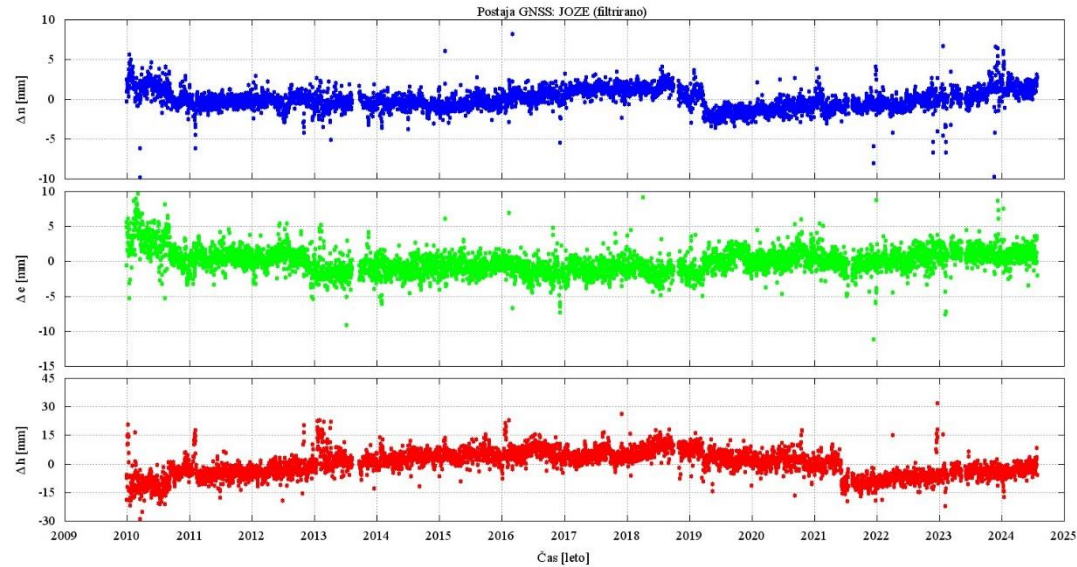
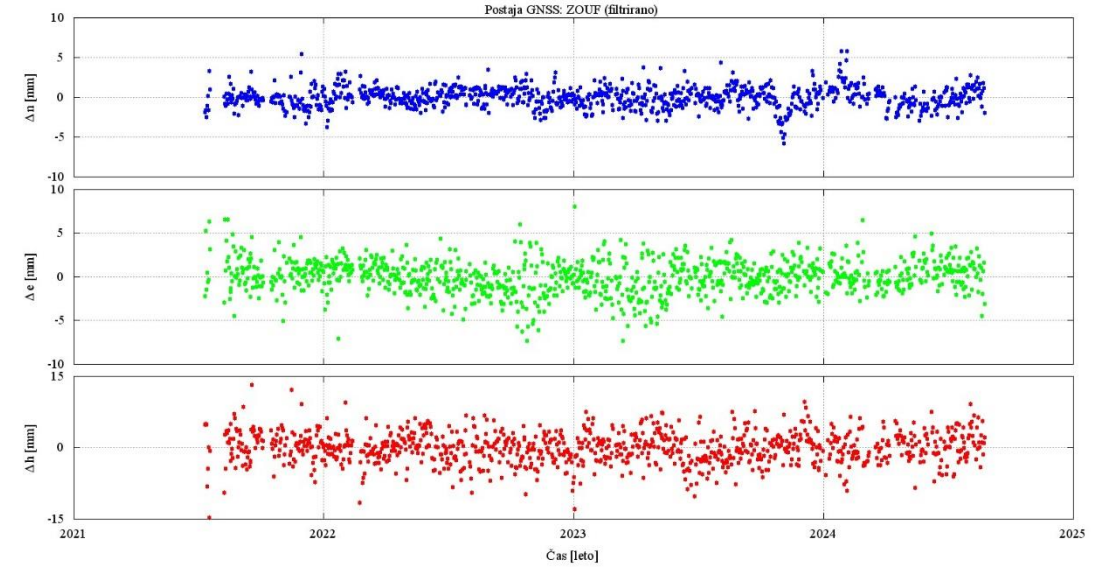
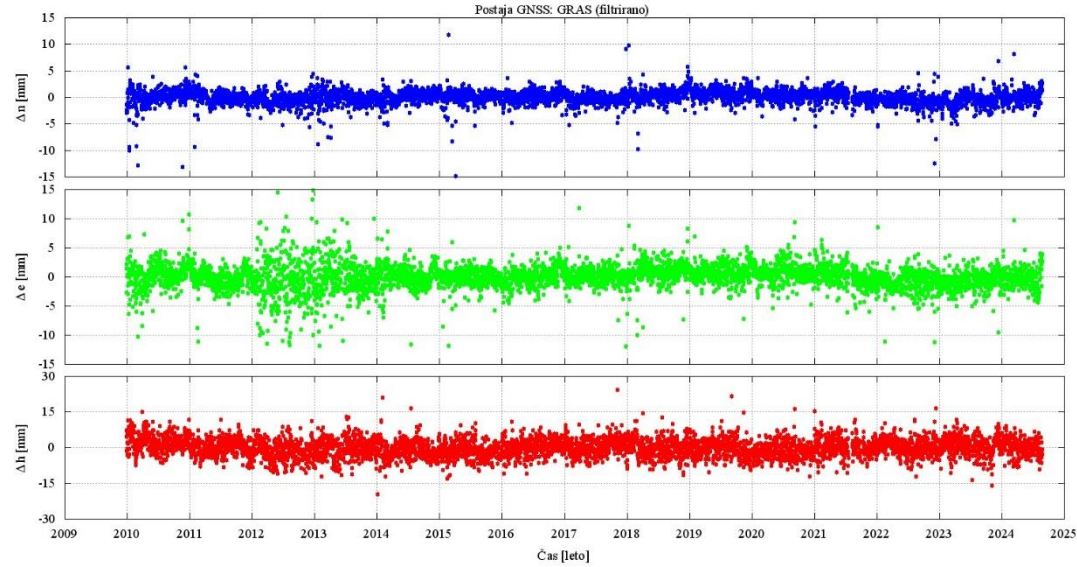
Rezultati – V2 (0.red)



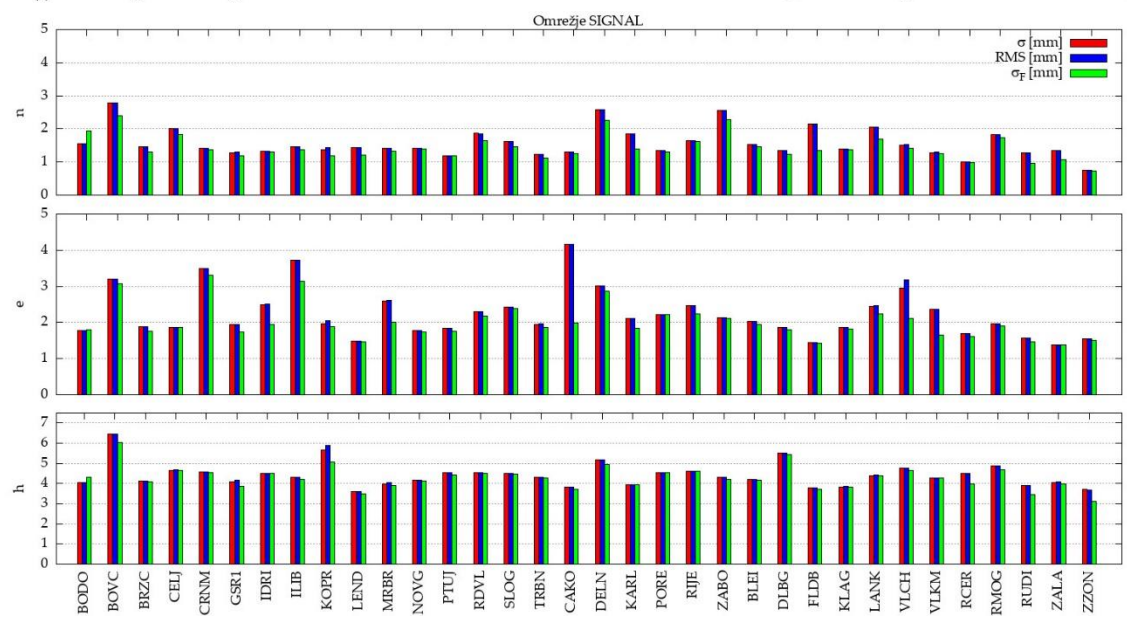
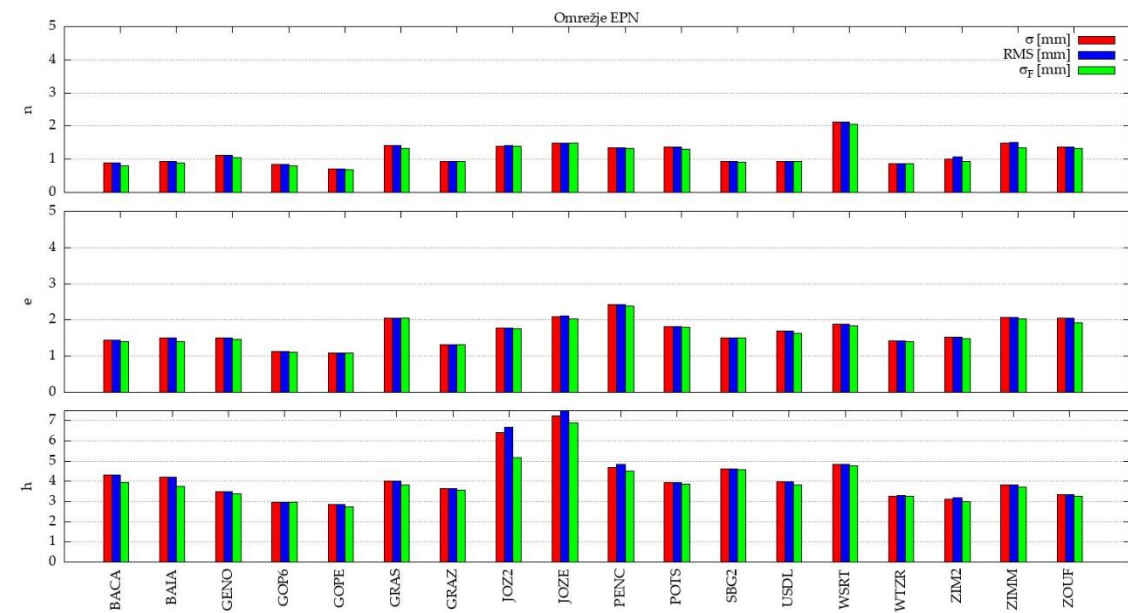
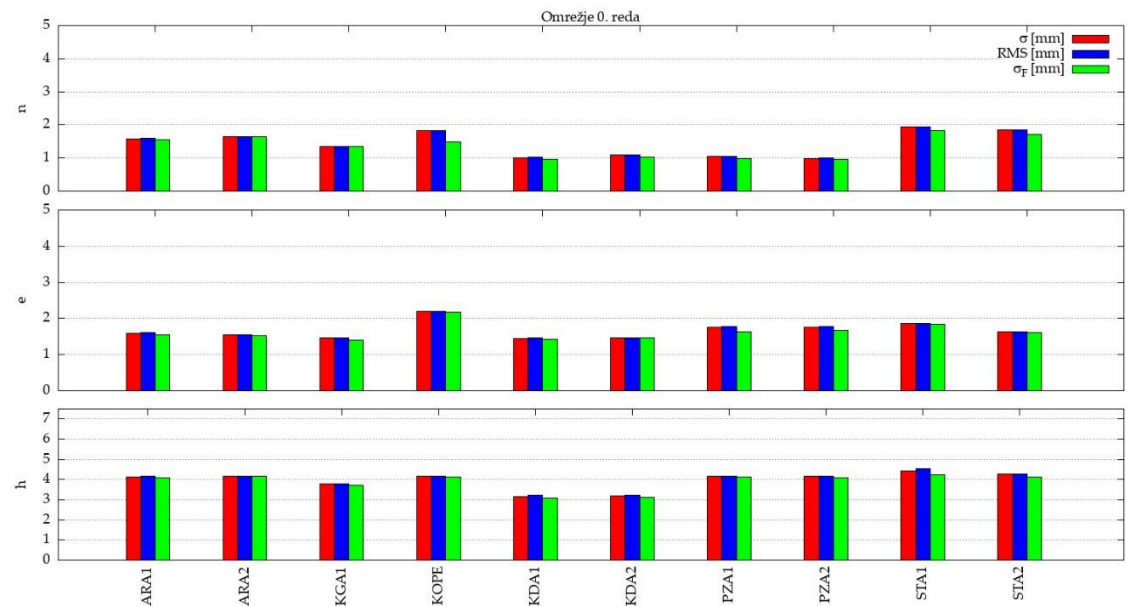
Rezultati – V2 (SIGNAL)



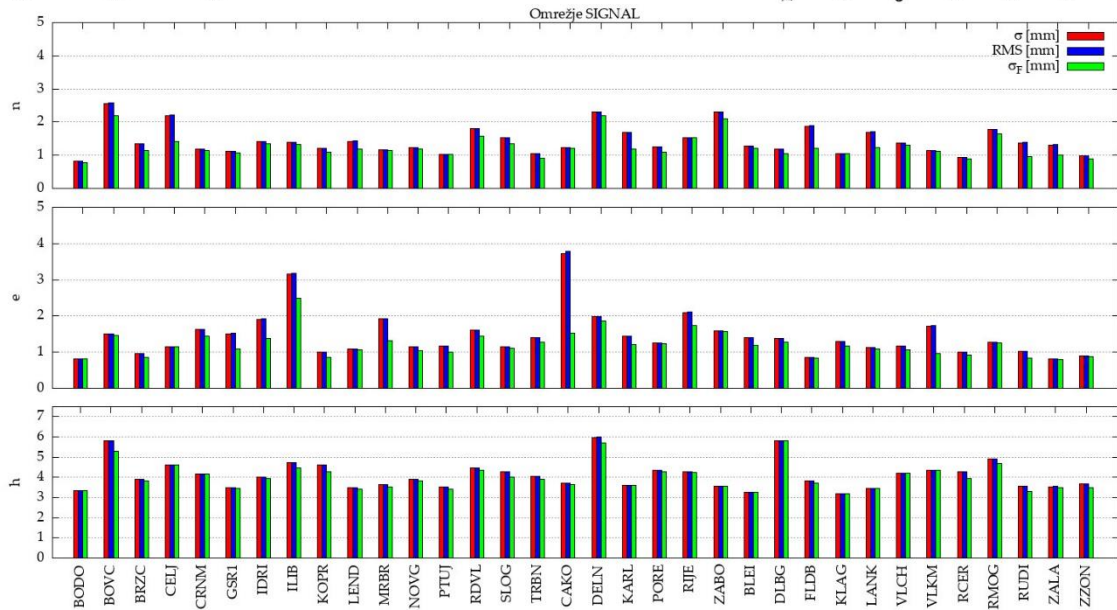
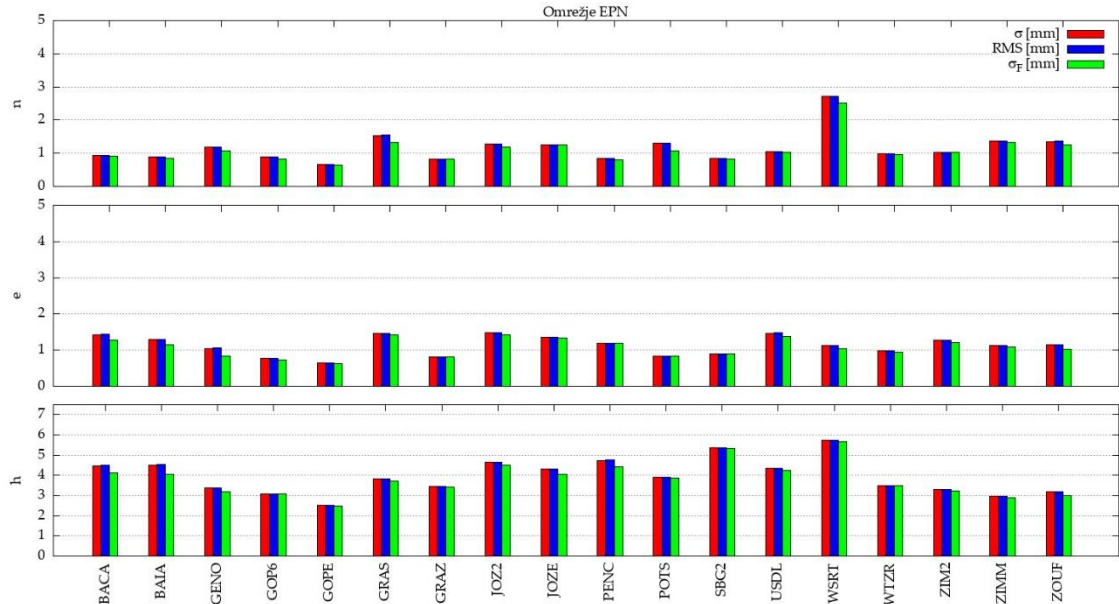
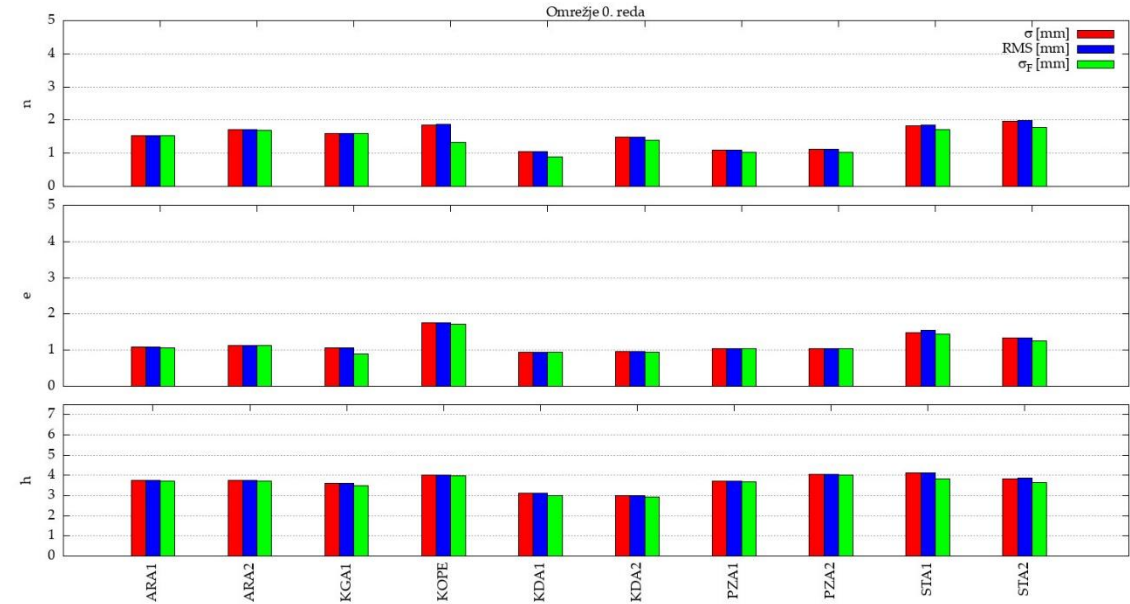
Rezultati – V2 (EPN)



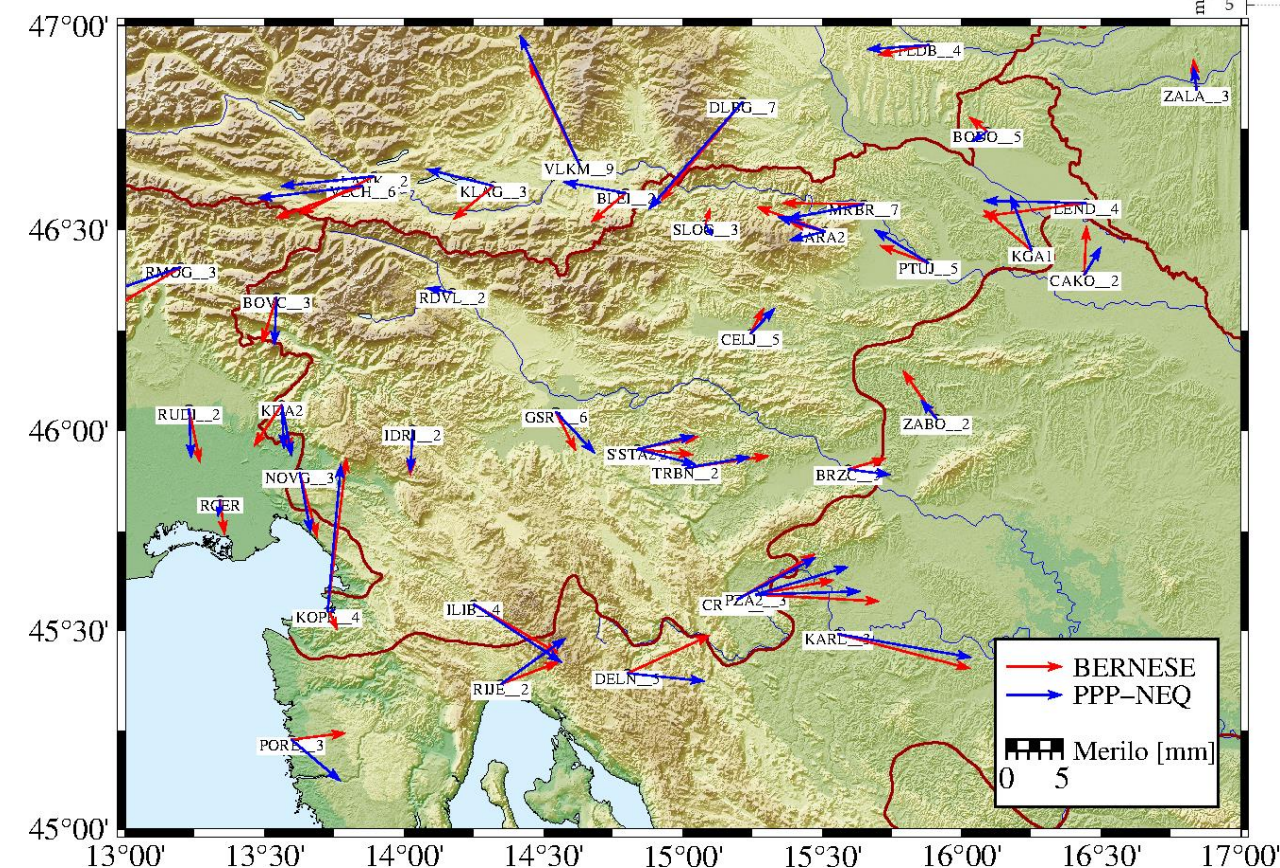
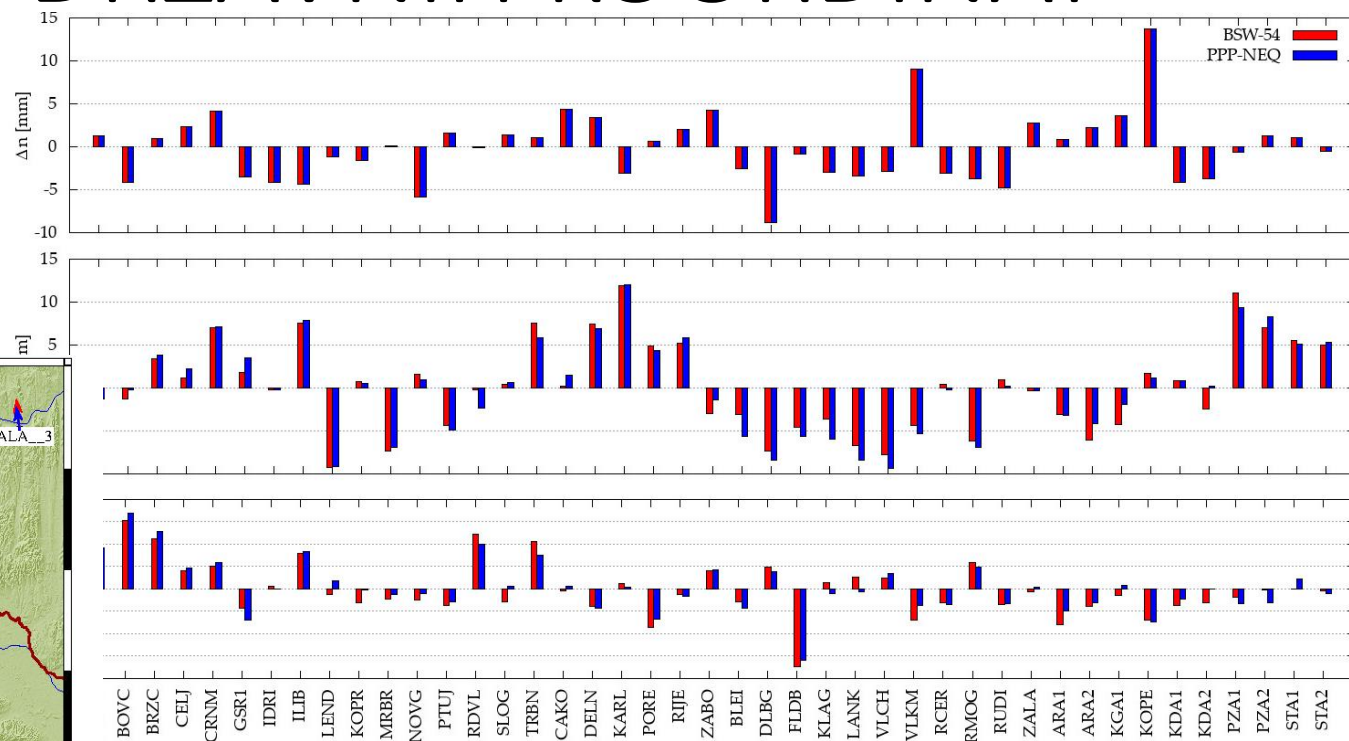
KAKOVOST ČASOVNIH VRST KOORDINAT - PPP



KAKOVOST ČASOVNIH VRST KOORDINAT - BERNESE

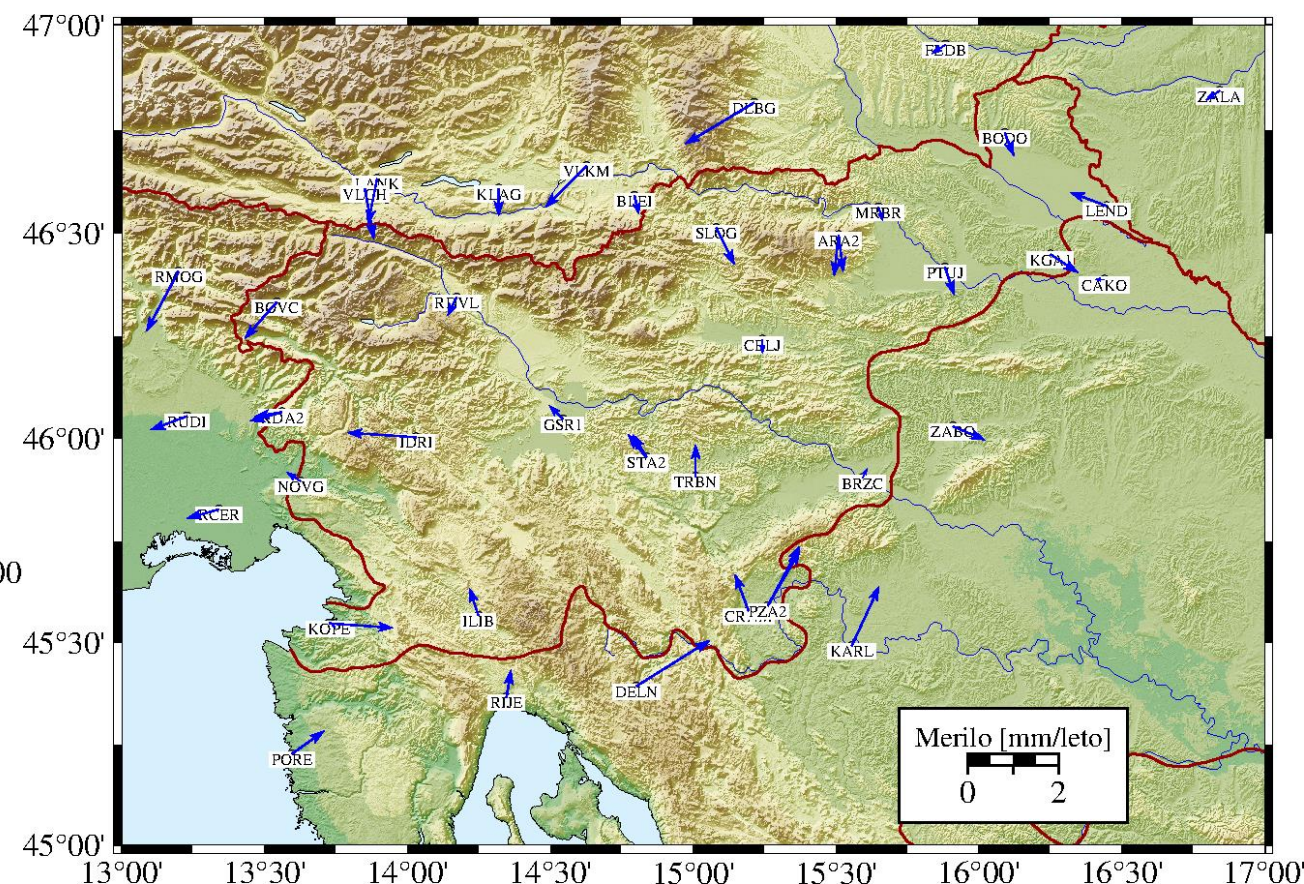
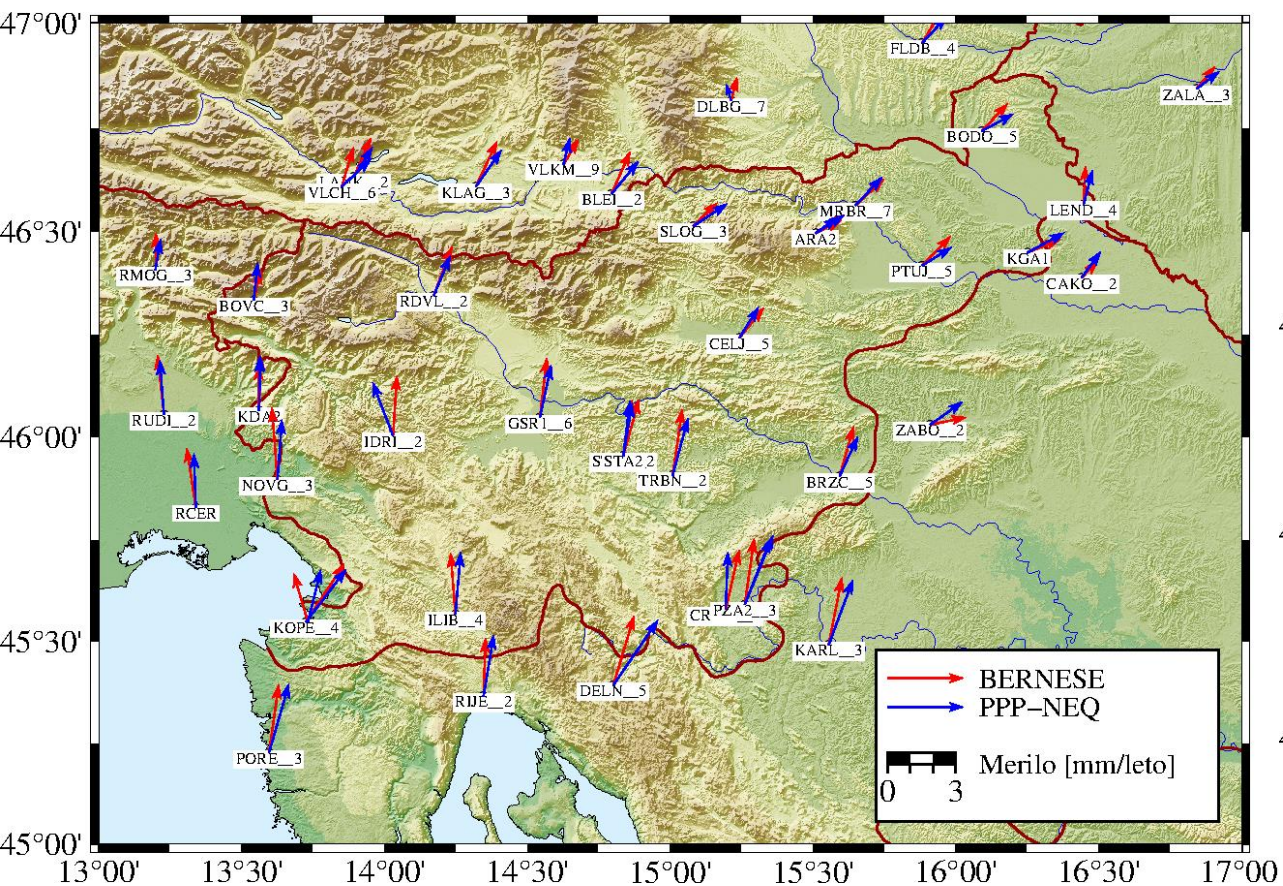


KAKOVOST URADNIH DRŽAVNIH KOORDINAT V D96-17



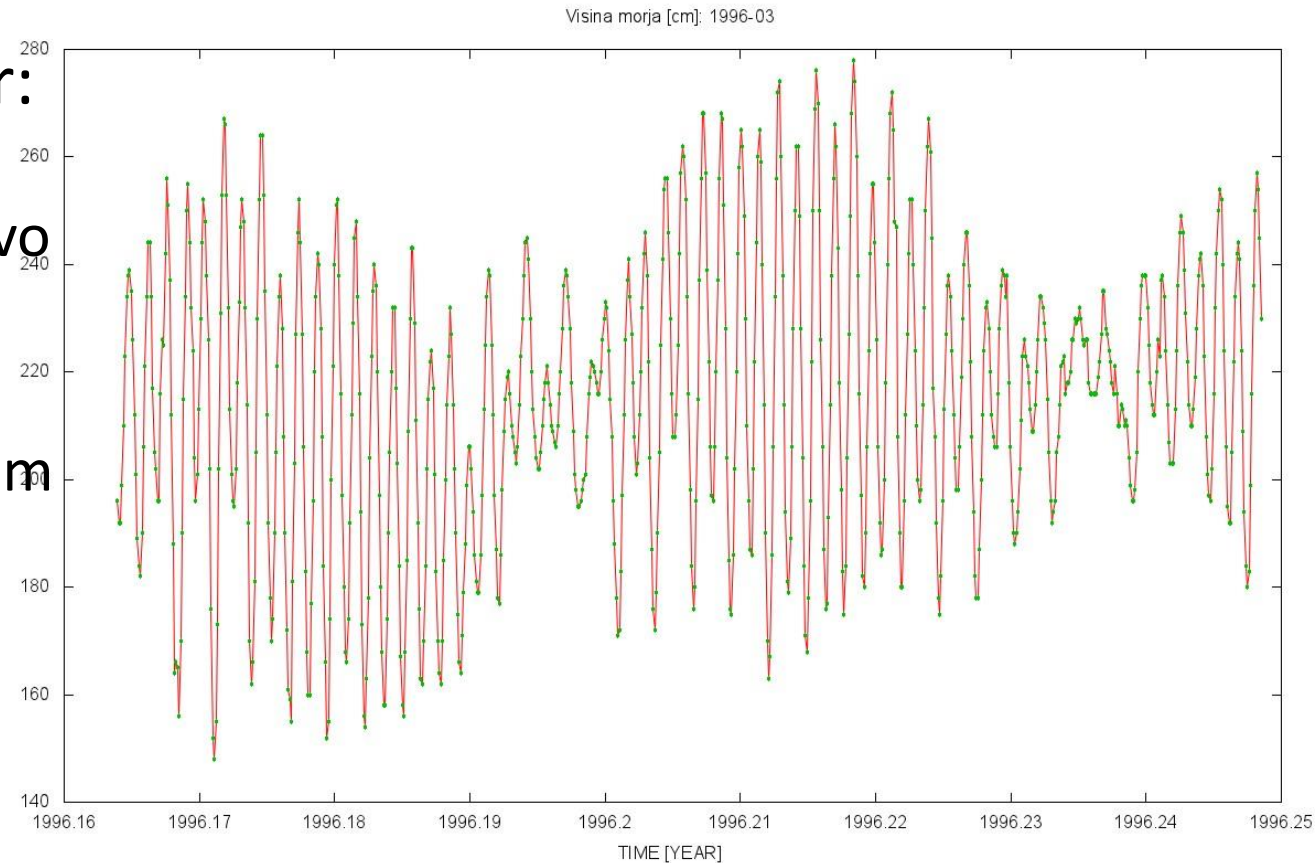
- Razlika med uradnimi in izračunanimi koordinatami za 2024,0
- 6-parametrična transformacija iz IGb2020 V D96-17

GEOKINEMATSKI MODEL SLOVENIJE

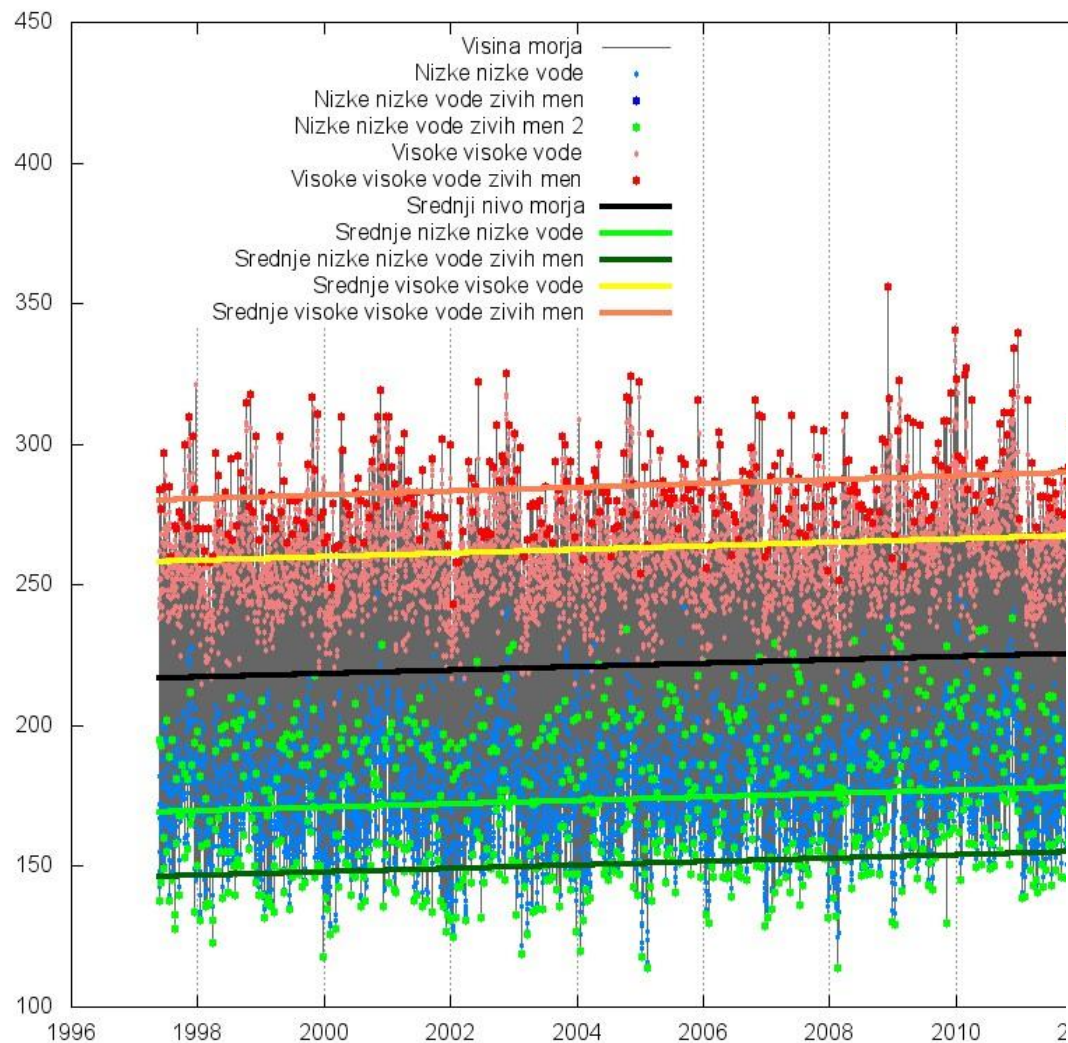


NOV VIŠINSKI DATUM SLOVENIJE

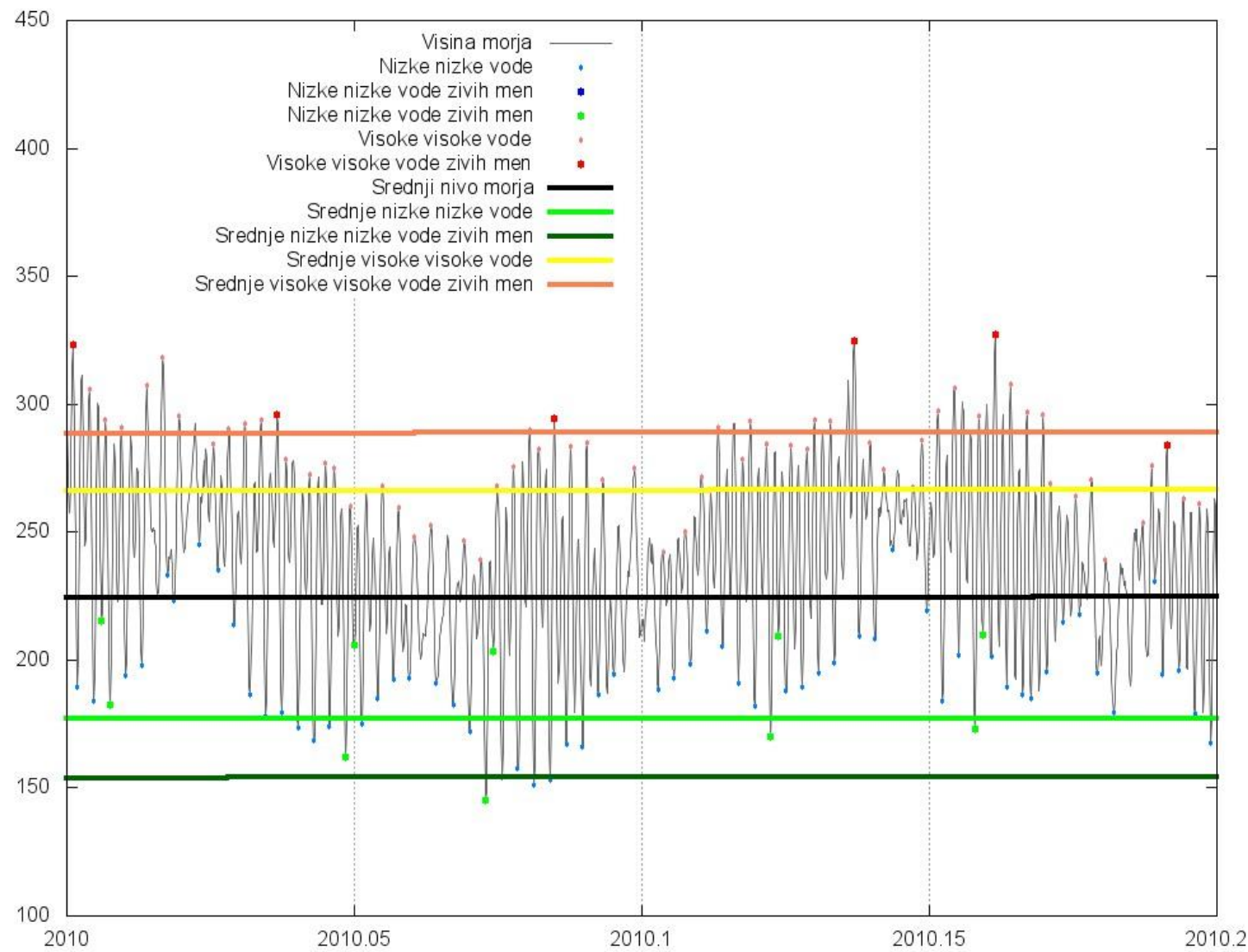
- Mareografska opazovanja MP Koper:
 - 18,6 let (~1998-2016)
 - Urne vrednosti (del staro, večji del novo – od 2006)
- Rezultat:
 - Srednja gladina morja: $2240,1 \pm 2,3$ mm za 10. 10. 2010
 - Hitrost dviganja morja: $5,81 \pm 0,4$ mm/leto
- Definira tudi:
 - Globinski datum
 - Mejo kopnega



Visina morja in ekstremi

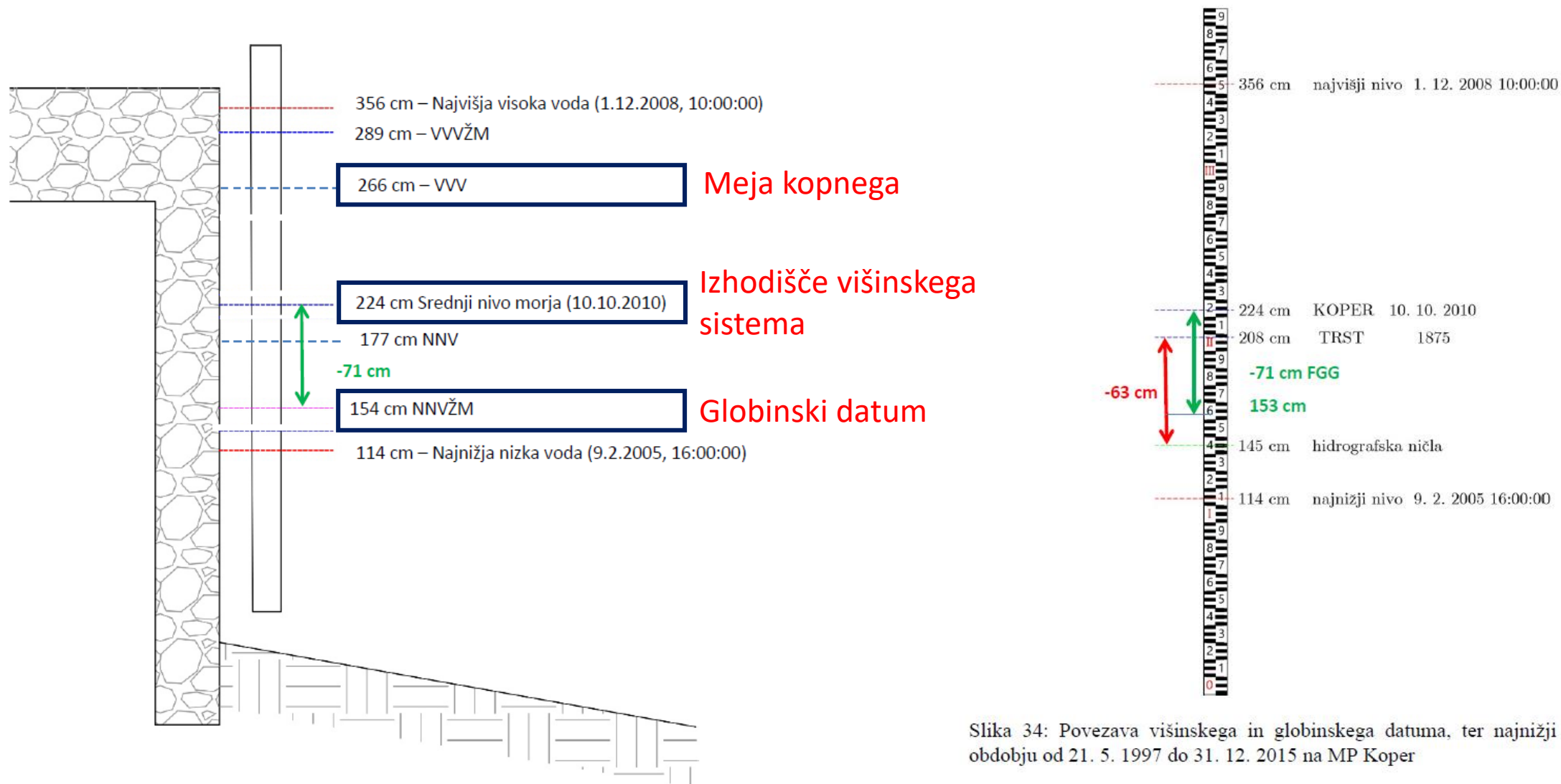


Visina morja in ekstremi



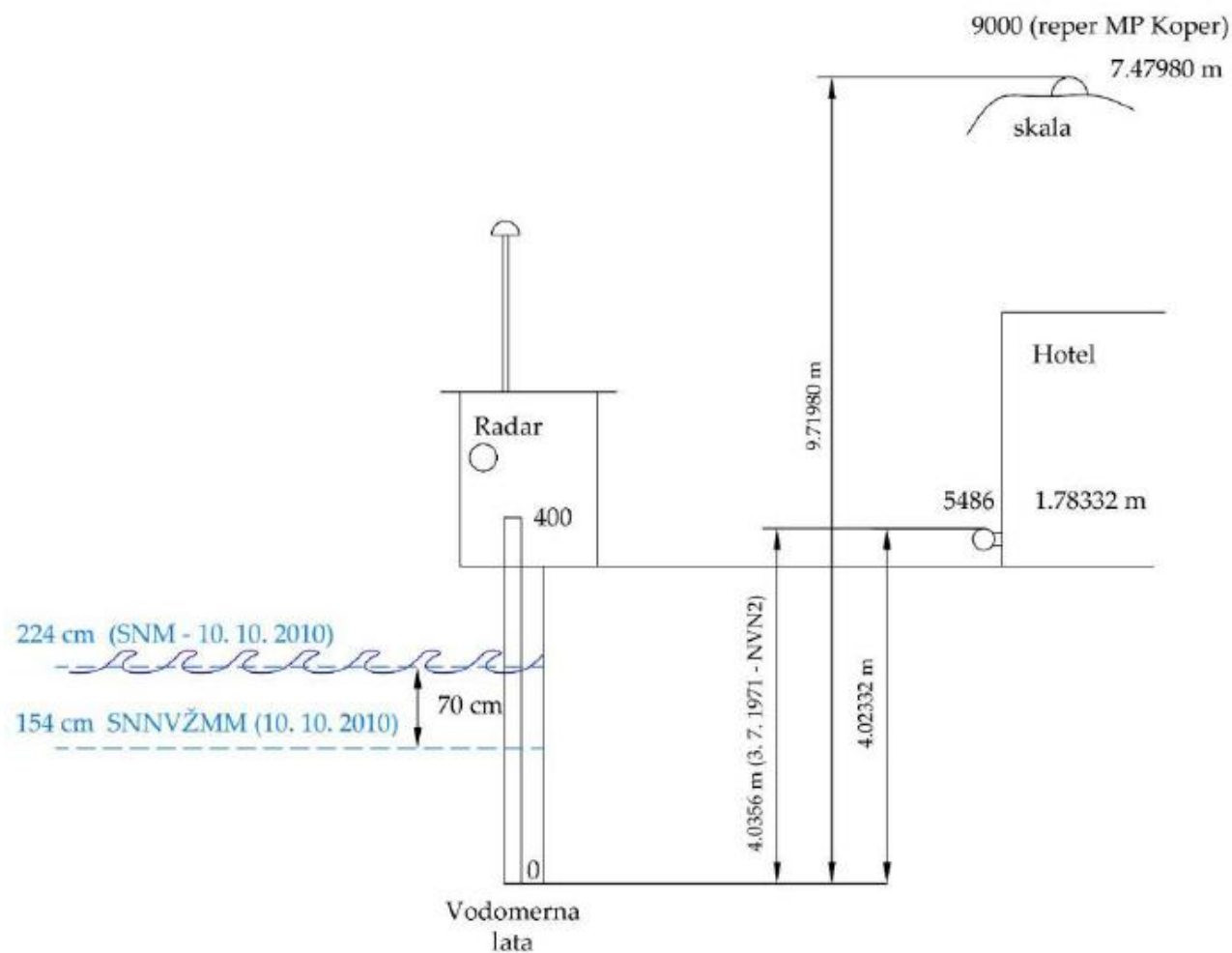
FGG – Značilni vodostaji morja v Kopru (10.10.2010, niz podatkov: 21.5.1997 00:00:00 do 31.12.2005 23:00:00 in 1.1.2006 00:00:00 do 31.12.2015 23:00:00)

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

FIZIČNA REALIZACIJA DRŽAVNEGA VIŠINSKEGA IN GLOBINSKEGA SISTEMA



NOV VIŠINSKI SISTEM – SLOVENSKI VIŠINSKI SISTEM 2010 (SVS2010)

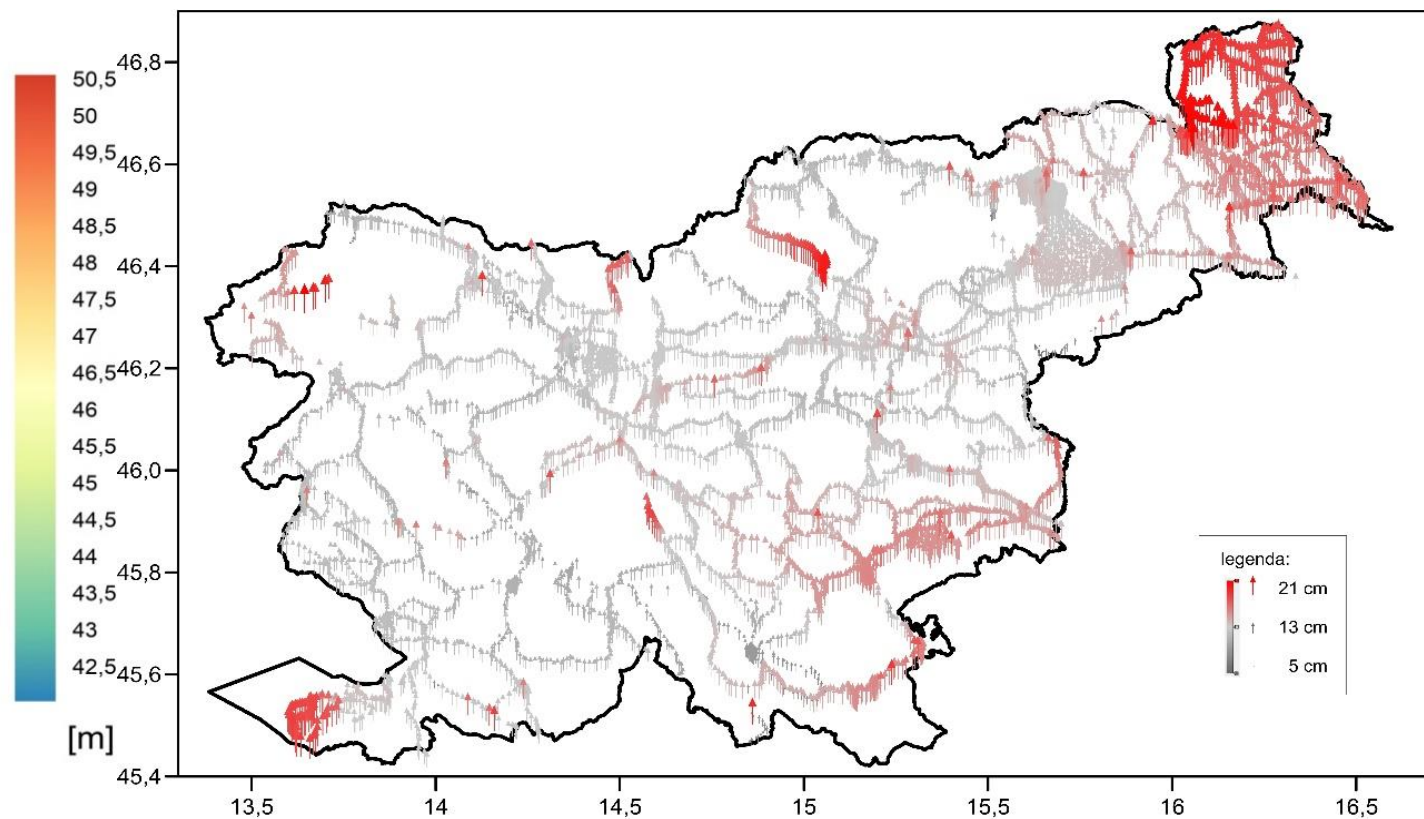
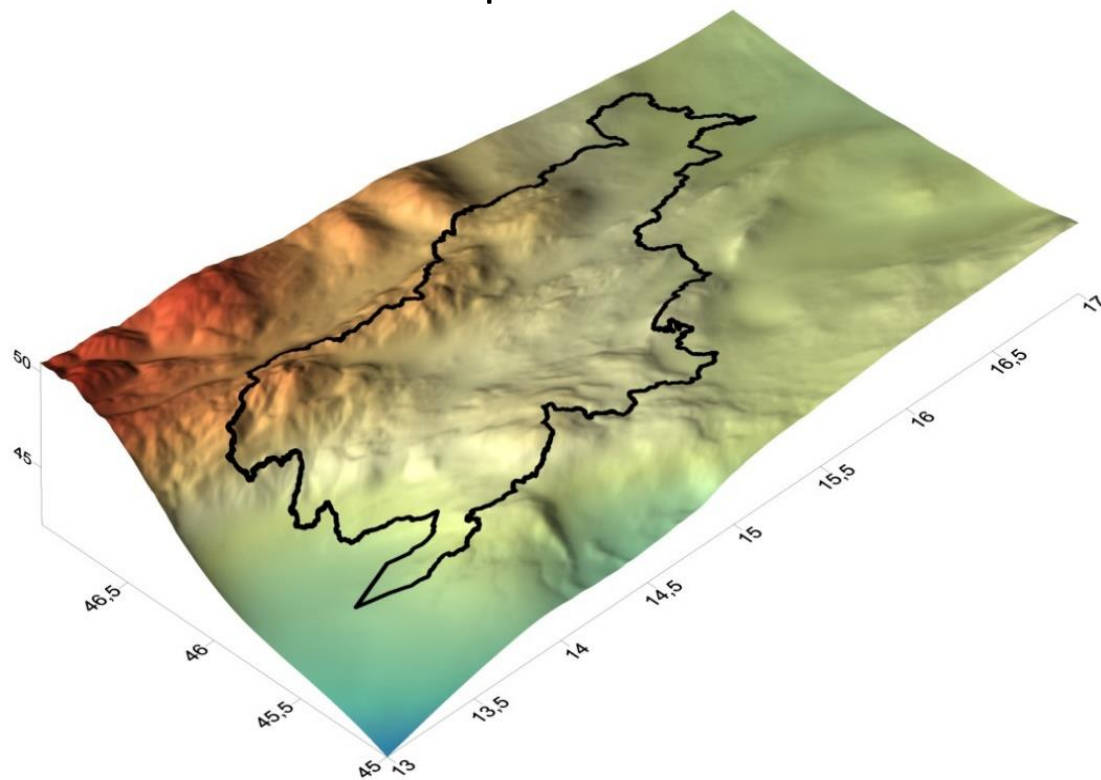
- Uredba o določitvi parametrov višinskega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema
(<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED7826>)
- Uvaja:
 - Nov višinski datum
 - Nove višine vseh reperjev v SLO
 - Novo označevanje reperjev
 - Nov sistem višin (normalne višine ... 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

Medved in sod., 2020: http://www.geodetski-vestnik.com/64/1/gv64-1_medved.pdf

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/>