

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/329399322>

Primjena u praksi novih geodetskih referentnih sustava, službene transformacije i modela geoida Republike Hrvatske (Application of new geodetic reference systems, official transfor...

Presentation · February 2020

DOI: 10.13140/RG.2.2.25429.27366

CITATIONS

0

READS

625

1 author:



Tomislav Bašić

University of Zagreb

276 PUBLICATIONS 836 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Geomatica Croatica [View project](#)



GEOMED2 [View project](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - GEODETSKI FAKULTET
Zavod za geomatiku
Katedra za državnu izmjeru



*Novi geodetski referentni sustavi,
službena transformacija i model geoida Republike Hrvatske
i njihova primjena u praksi*

Prof. dr. sc. Tomislav Bašić

Cjeloživotno obrazovanje / Program HKOIG

Geodetski fakultet, 07. 12. 2018.

1



Sažetak:

Promjene globalnih ili nacionalnih geodetskih referentnih koordinatnih sustava, koje uključuju i promjene geodetskih datuma, događaju se rijetko i čine jednu od najzahtjevnijih i najsloženijih operacija u geodeziji, čije se posljedice logično protežu i na druge struke koje koriste različite vrste prostornih podataka. Razmatrajući te promjene s korisničkog aspekta kod nas, ključna je pritom "Odluka o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske" (Narodne novine 110/2004), kojom su propisani novi položajni, visinski i gravimetrijski referentni sustav Hrvatske.

Za njihovu korektnu i profesionalno učinkovitu uporabu nužno se je zato upoznati s činjenicama vezanim uz:

- definiciju i realizaciju starih referentnih sustava i datuma (tzv. povijesnih datuma) kao i definiciju i realizaciju novih referentnih sustava i datuma (položajni HTRS96, visinski HVRS71 i gravimetrijski HGRS03),

2



Sažetak ...

- uzajamni odnos starih i novih referentnih sustava i datuma kao i mogućnost njihove međusobne transformacije (transformacije, posebno T7D model transformacije),
- definiciju i točnost HRG2009 modela geoida za potrebe definiranja / transformacije visina, posebno zbog njegove pravilne primjene kod danas često korištenog tzv. „GNSS/geoid“ prijenosa visina,
- infrastrukturnu osnovu koja omogućuje učinkovito obavljanje svih geodetskih radova (od 1D/2D/3D pozicioniranja do po potrebi 4D u slučaju vremenskih nizova mjerenja), prije svega funkcioniranja Hrvatskog pozicijskog sustava CROPOS, moćne i široko primjenjivanje „proširene“ GNSS tehnologije koja objedinjuje prethodno spomenute korake, uključujući i transformaciju u stvarnom vremenu.

Svi prethodno navedeni elementi su za praksu podjednako važni, bez obzira na razinu sofisticiranosti primijenjenih metodologija pozicioniranja, veličinu područja obuhvata i vrstu geodetske zadaće.

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

3

3

Kratko o geodeziji

Definicija geodezije proširivana je tijekom vremena, uglavnom uslijed tehnološkog razvoja koji je omogućio promatranje Zemlje s velikom točnošću i pouzdanošću na globalnom nivou. Od geodezije kao znanosti o "mjerenjima i kartiranju Zemljine površine" (Helmert, 1880.), preko geodezije kao znanosti koja se bavi "određivanjem oblika i vanjskog polja ubrzanja sile teže Zemlje kao vremenski promjenljivih veličina" (Torge, 1991.), ...

danas se geodezija definira kao znanost o "određivanju geometrije, polja ubrzanja sile teže i rotacije Zemlje kao i njihovih promjena u vremenu".

Takovo poimanje moderne geodezije dovelo je do definicije "tri stupa geodezije":

1. Geokinetika,
2. Zemljina rotacija i
3. Zemljino polje ubrzanja sile teže,

koji osiguravaju konceptualnu i opažачku osnovu za određivanje **geodetskih referentnih okvira** s visokom točnošću, prostornom rezolucijom i vremenskom stabilnosti, nužnih za opažanje i praćenje Zemljina sustava u cjelini.

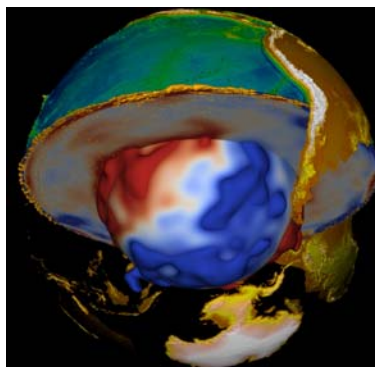


4

Tri stupa geodezije

Tri stupa geodezije suštinski su povezani jedni s drugima i zajedno se mijenjaju kao posljedica dinamičkih procesa u Zemljinom sustavu u cjelini.

Promjene Zemljina oblika, uključujući i površinu vode i leda, odnosno **geokinematika**, su rezultat dinamičkih procesa u čvrstoj Zemlji i njenom tekućem omotaču, koji utječu na distribuciju masa i količinu gibanja tijela (kutni moment, kao produkt momenta inercije i kutne brzine), i na taj način mijenjaju Zemljino gravitacijsko polje i njenu rotaciju.

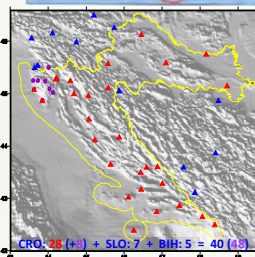


Tradicionalno, glavni alat i rezultat (output) moderne geodezije kao „uslužne znanosti” su **geodetski referentni okviri**, koji omogućuju određivanje međusobnog položaja točaka relativno jednih naspram drugih. No danas geodezija ne može zadovoljiti svoj uslužni aspekt bez obuhvaćanja i praćenja kompletnog Zemljina sustava, njegove kinematike i dinamike. Kao dodatna korist, geodezija je prisiljena ne samo "mjeriti" geokinematiku, gravitacijsko polje i rotaciju, nego i "modelirati" te veličine na temelju transporta masa i dinamike.

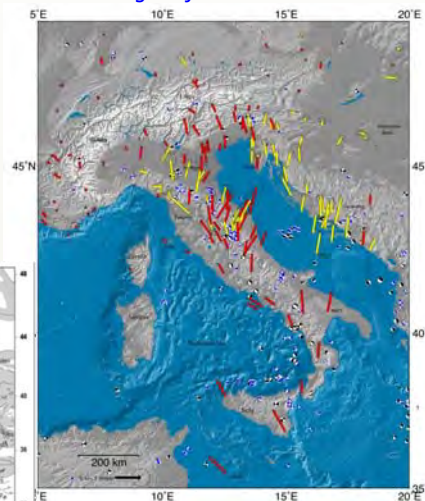
5

Geodinamička istraživanja

CRODYN GNSS (GPS) PROJEKTI ('94, '96, '98, '05, '13)



Brzine gibanja GPS točaka 2007.

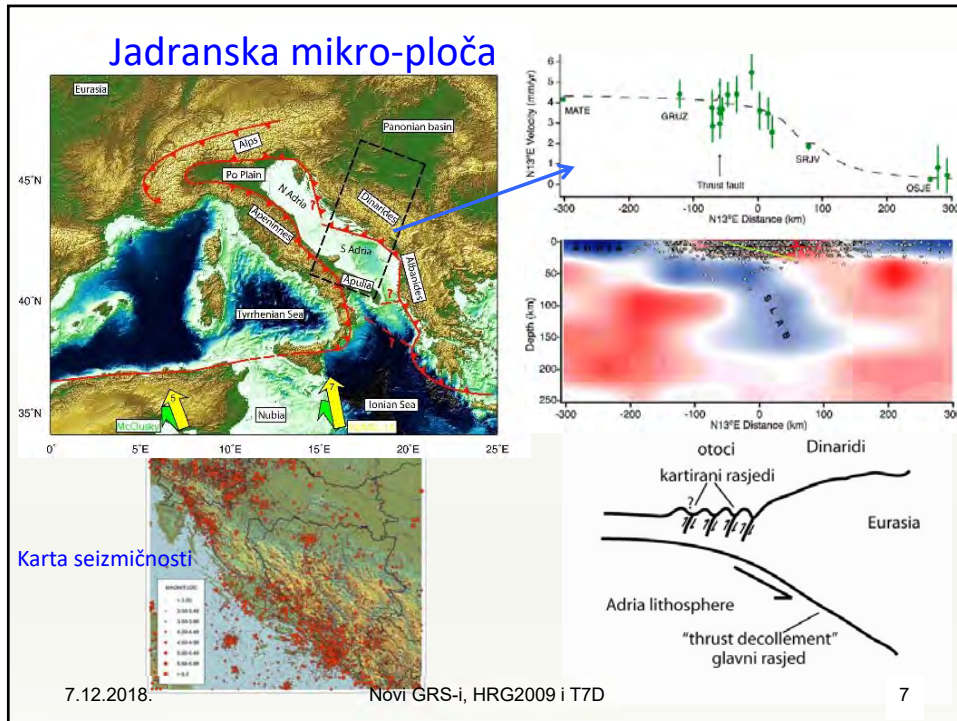


7.12.2018.

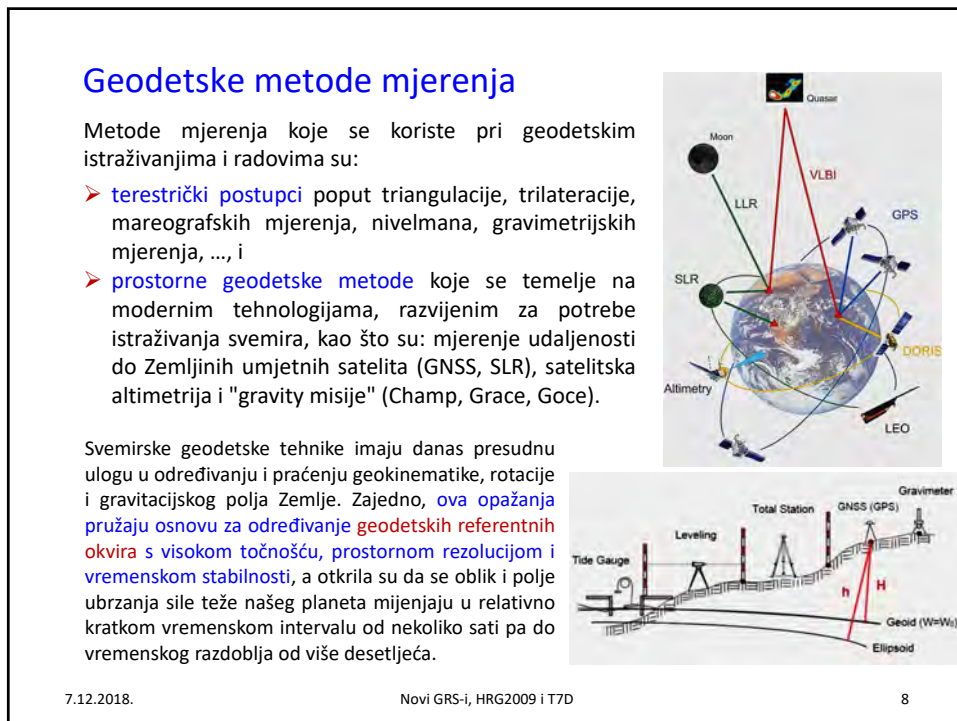
Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

6

6



7



8

ITRF2014 (objavljen 21. siječnja 2016.)

ITRF2014 je najnovija realizacija međunarodnog zemaljskog (terestričkog) referentnog sustava. Slijedeći postupak već korišten za računanje ITRF2005 i ITRF2008, ITRF2014 koristi kao ulazne podatke vremenske nizove pozicija stanica i parametre Zemljine orijentacije (EOPs) koje osiguravaju tehnički centri za četiri geodetske prostorne tehnike (VLBI, SLR, GNSS i DORIS). Na temelju potpuno re-procesiranih rješenja iz četiri tehnike očekuje se da će ITRF2014 biti poboljšano rješenje u odnosu na ITRF2008.

Definicija ITRF2014 okvira

Ishodište: ITRF2014 okvira je definirano na takav način da su translacijski parametri u epohi 2010.0 i njihova promjena između ITRF2014 i ILRS SLR dugoročnog rješenja nula.

ITRF Specifications:
Origin: SLR
Scale: SLR & VLBI
Orientation: Alignment to previous ITRF

Mjerilo: ITRF2014 okvira je definirano na takav način da je mjerilo i njegova promjena između ITRF2014 i sredine od VLBI i SLR mjerila/promjene, nula.

Orijentacija: ITRF2014 okvira je definirana na takav način da su rotacijski parametri u epohi 2010.0 i njihova promjena između ITRF2014 i ITRF2008 nula. Ova dva uvjeta su primijenjena na sve točke osnovne mreže (127 postaja na 125 lokacija korištenih i za ITRF2014→ITRF2008 transformaciju).

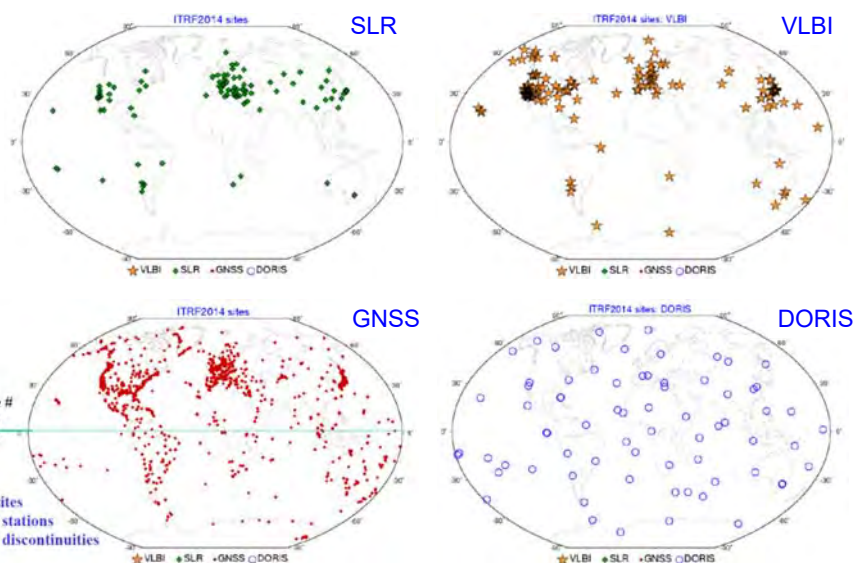
7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

9

9

ITRF2014 – postaje za definiciju



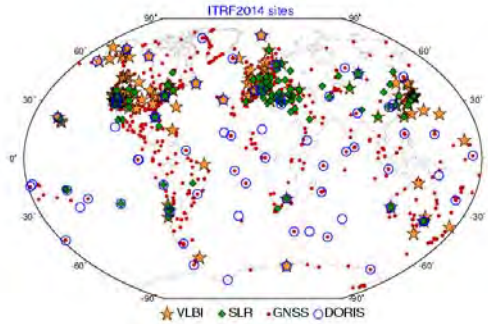
7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

10

10

ITRF2014 ...



1499 postaja, smještenih na 975 lokacija
(oko 10% njih su ko-locirane sa 2, 3, ili 4 različita
instrumenta za prostorna geodetska mjerenja).

- Po prvu puta su modeli deformacije nakon potresa (**PSD – Post-Seismic Deformation**) određeni prilagođenjem GNSS/GPS podataka na glavnim GNSS/GPS potresnim stanicama, a zatim primijenjeni na 3 preostale tehnike (mjerenja) na potresnim ko-lokacijskim postajama.

ITRF2014 Site affected by PSD



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

11

11

Osnovni pojmovi (glosarij)

Sukladno: Final Draft International Standard ISO/FDIS 19111:2002(E) – Geographic information – Spatial referencing by coordinates, 1-43.

- **Datum** parametar ili set parametara koji mogu poslužiti kao referenca ili osnova za izračunavanje drugih parametara (datum definira položaj ishodišta, mjerilo i orijentaciju osi koordinatnog sustava)
- **Geodetski datum** datum koji opisuje vezu koordinatnog sustava u odnosu na Zemljino tijelo (u većini slučajeva uključuje definiciju elipsoida)
- **Koordinata** jedan poredani niz N brojeva koji označavaju položaj točke u N-dimenzionalnom prostoru
- **Koordinatni sustav** set (matematičkih) pravila nužnih za specificiranje kako se koordinate pridružuju točkama
- **Referentni koordinatni sustav** koordinatni sustav koji se prema stvarnom svijetu odnosi uz pomoć datuma
- **Prostorna osnova** (spatial reference) opisivanje pozicije u stvarnom svijetu

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

12

12

Osnovni pojmovi ...

- **Elipsoid** površina oblikovana rotacijom elipse oko njene male osi
- **Velika poluos a** najdulji polumjer elipsoida (za elipsoid koji predstavlja Zemlju to je radijus ekvatora)
- **Mala poluos b** najkraći polumjer elipsoida (za elipsoid koji predstavlja Zemlju to je udaljenost od središta elipsoida do jednog od polova)
- **Spljoštenost μ (f)** odnos razlike velike (a) i male (b) poluosi elipsoida prema velikoj poluosi; $\mu=(a-b)/a$ (ponekad je umjesto toga zadana recipročna vrijednost spljoštenosti $1/\mu$)
- **Meridijan** presjek elipsoida ravninom koja sadrži malu poluos (b) elipsoida
- **Početni (nulti) meridijan** meridijan od kojega se kvantificiraju drugi meridijani
- **Greenwichki meridijan** meridijan koji prolazi kroz Greenwich, V. Britanija (većina geodetskih datuma koriste ga kao početni)



The Airy meridian (dashed line) and the ITRF zero meridian (solid line). Imagery© 2014 Google Maps, Infomars Ltd & Bbecky

7.12.2018.

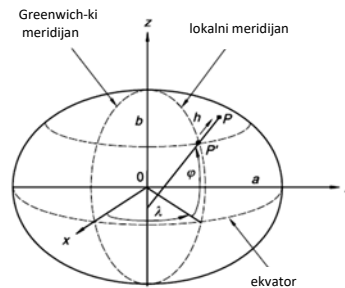
Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

13

13

Osnovni pojmovi ...

- **Geodetski (elipsoidni) koordinatni sustav** je sustav u kojem je položaj točke definiran **geodetskom širinom, dužinom i visinom**. **Elipsoid** je površina oblikovana rotacijom elipse oko njene male osi. **Velika poluos a** je najdulji, a **mala poluos b** najkraći polumjer elipsoida. **Spljoštenost μ** predstavlja odnos razlike velike i male poluosi elipsoida prema velikoj poluosi.
- **Geodetska (elipsoidna) širina φ** predstavlja kut između ekvatorijalne ravnine i normale (okomice) na elipsoid kroz zadanu točku, sjeverno od ekvatora se uzima kao pozitivna.
- **Geodetska (elipsoidna) dužina λ** je kut između ravnine početnog meridijana i ravnine meridijana zadane točke, istočno od početnog meridijana se uzima kao pozitivna. **Meridijan** je presjek elipsoida ravninom koja sadrži malu poluos b. **Greenwich-ki meridijan** prolazi kroz Greenwich (Velika Britanija), uveden je 1884. godine i većina geodetskih datuma danas koriste ga kao početni (dakle, kao onaj od kojega se odbrojavaju drugi meridijani).
- **Geodetska (elipsoidna) visina h** je udaljenost točke od elipsoida mjerena duž normale (okomice) od elipsoida do te točke, prema gore ili izvan elipsoida se uzima kao pozitivna.



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

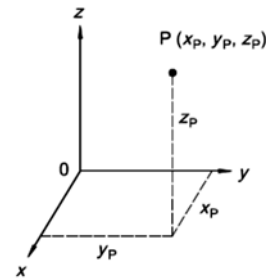
14

14

Osnovni pojmovi ...

- **Kartezijev koordinatni sustav** je koordinatni sustav koji daje položaj točaka u odnosu na N međusobno okomitih osi (u geodeziji je najčešće $N=1, 2$, ili 3)

Moderna geodezija koristi danas 3D-Kartezijeve koordinate za globalne zadatke, i to desno orijentirani ortogonalni sustav koordinata s ishodištem u geocentru (geocentrički sustav). Tada je:



- **X-os** je presječnica ravnine srednjeg astronomskog meridijana u Greenwich-u (nulti meridijan – IERS) s ravninom ekvatora.
- **Y-os** se nalazi u ravnini ekvatora, kompletira desno orijentirani Kartezijev trodimenzionalni pravokutni koordinatni sustav i okomita je na XZ ravninu.
- **Z-os** se poklapa sa srednjom osi rotacije Zemlje (CIO).

Naziv Kartezijev koordinatni sustav duguje francuskom matematičaru Rene Descartesu (1596.-1650.) koji ga je otkrio i imenovao po latinskoj inačici svoga imena *Cartesius*.



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

15

15

Osnovni pojmovi ...

- **Geoid N** nivoploha koja najbolje odgovara srednjoj razini mora bilo lokalno ili globalno (nivoploha je ekvipotencijalna ploha Zemljina polja ubrzanja sile teže koja je svuda okomita na smjer ubrzanja sile teže)
- **Otklon težišnice (vertikale) θ** kut između tangente na smjer ubrzanja sile teže - težišnice i okomice na elipsoid - normale u promatranoj točki (često se rastavlja na meridijansku komponentu ξ i komponentu u ravnini okomitoj na ravninu meridijana – ravnini prvog vertikala η)
- **Srednja razina mora** prosječna razina površine mora kroz sva stanja plime (lokalno je obično definirana na temelju mareografskih mjerenja)
- **Visina, nadmorska visina h ili H** udaljenost točke od izabrane referentne površine duž pravca okomitog na tu površinu, izvan te površine uzima se pozitivna
- **Visina vezana uz silu težu** (gravity-related height) visina ovisna o Zemljinom polju ubrzanja sile teže
- **Vertikalni datum** datum koji opisuje vezu visina vezanih uz silu težu sa Zemljinim tijelom

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

16

16

Osnovni pojmovi ...

- **Inženjerski ili lokalni datum** datum s lokalnom referencom (uključuje i geodetski i vertikalni datum) koji omogućuje identificiranje pozicija unutar nekoliko kilometara od referentne točke
- **Konverzija (pretvorba) koordinata** promjena koordinata na temelju odnosa jedan-prema-jedan, iz jednog koordinatnog sustava u drugi na temelju istog datuma (primjer: između geodetskog i Kartezijevog koordinatnog sustava)
- **Kartografska projekcija** konverzija koordinata iz geodetskih u ravninske
- **Transformacija koordinata** promjena koordinata iz jednog referentnog koordinatnog sustava u drugi referentni koordinatni sustav uz pomoć odnosa jedan-prema-jedan i na temelju različitog datuma (transformacija koordinata koristi parametre koji se mogu izvesti empirijski uz pomoć niza zajedničkih točaka u obadva referentna koordinatna sustava)
- **Složeni referentni koordinatni sustavi** opis položaja uz pomoć dva neovisna referentna koordinatna sustava (primjer: jedan se referentni koordinatni sustav temelji na dvo- ili tro-dimenzionalnom koordinatnom sustavu, dok se drugi referentni koordinatni sustav temelji na jednodimenzionalnom visinskom sustavu koji se odnosi na Zemljino polje ubrzanja sile teže)

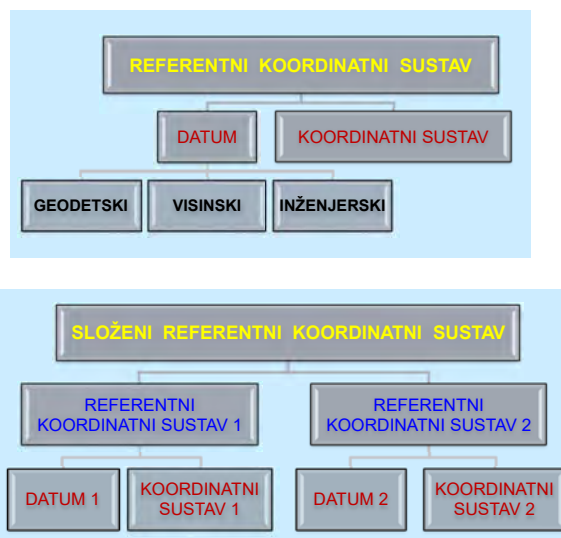
7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

17

17

Jednostavni i složeni referentni koordinatni sustav



7.12.2018.

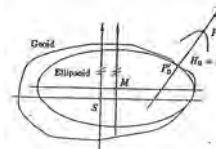
Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

18

18

Povijesni geodetski datumi RH

- **Horizontalni datum:** izvorno austro-ugarsko rješenje iz 1901. godine kod kojega se radi o lokalnom geodetskom datumu, definiranom astrogeodetskom metodom u fundamentalnoj točki **Hermannskogel** i koje koristi **elipsoid Bessela** ("HDKS"),
- Orijentacija trigonometrijske mreže ostvarena je definiranjem da su komponente otklona vertikalne ξ_0 , η_0 i geoidna undulacija N_0 u fundamentalnoj točki (P_0) jednake nuli (!). To znači da vrijedi jednakost astronomskih i geodetskih koordinata ($\varphi_0 = \Phi_0$, $\lambda_0 = \Lambda_0$), što za posljedicu ima da se težišnica na geoid i normala na usvojeni elipsoid u točki P_0 poklapaju. Nadalje, zbog $N_0=0$ slijedi da su elipsoidna i nadmorska visina jednake ($h_0 = H_0$) odnosno da se obadvije plove u P_0 međusobno dotiču.
- Ovakav postupak je rezultirao time da se središte elipsoida i središte Zemljinih masa (geocentar) ne podudaraju (u našem slučaju $SM \approx 750$ m, **lokalni datum**). Uspostava i orijentacija mreže izgrađivana je, pošavši od fundamentalne točke P_0 , preko astronomskog azimuta na susjedni trigonometar **Hundsheimer Berg** i dalje mreže trokutova u kojima su mjereni pravci (kutovi) i barem jedna dužina - **triangulacija**.



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

19

19

Definicija povijesnog položajnog datuma ...

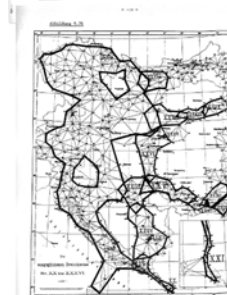
Lokalni geodetski datum iz doba Austro-Ugarske monarhije (MGI 1901):

Oznaka datuma	Zemlja	Elipsoid	Fundamentalna točka
MGI (1901.) lokalni	Austro-Ugarska monarhija	Bessel (1841.) a=6377397,155 m f=1/299,15281285	Hermannskogel $\varphi_0 = 48^\circ 16' 15,29''$ $\lambda_0 = 33^\circ 57' 41,06''$ (*) $N_0(\text{geoid}) = 0,00$ m

(*) elipsoidna dužina od Ferroa
elipsoidna dužina od Greenwicha $\lambda_0 = 16^\circ 17' 41,06''$

Njegova izvedenica za područje današnje Republike Hrvatske:

Oznaka datuma	Zemlja	Elipsoid	Fundamentalna točka
HR1901 lokalni (HDKS)	Republika Hrvatska	Bessel (1841.) a=6377397,155 m f=1/299,15281285	Hermannskogel $\varphi_0 = 48^\circ 16' 15,29''$ $\lambda_0 = 16^\circ 17' 41,06''$ $N_0(\text{geoid}) = 0,00$ m



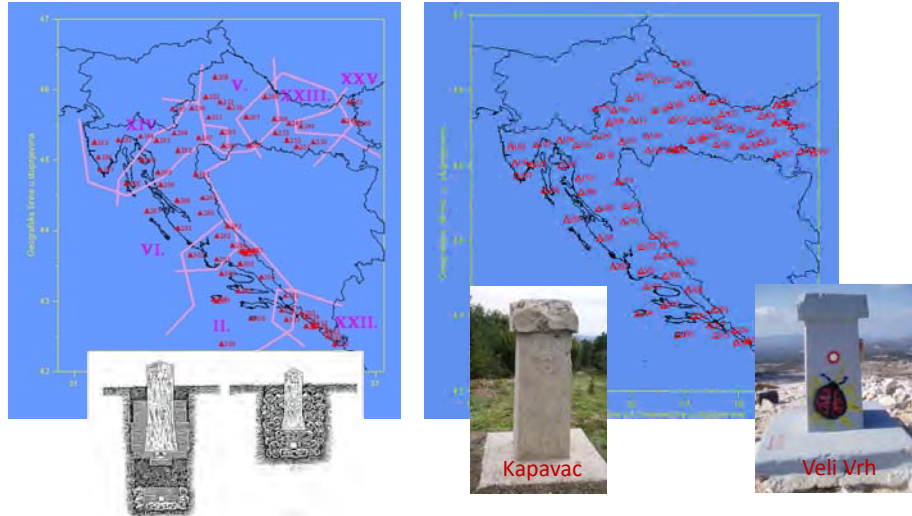
7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

20

20

Austro-ugarska trigonometrijska mreža I. reda i trigonometrijska mreža I. reda ex-Jugoslavije



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

21

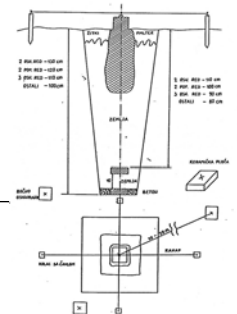
21

Neke karakteristike trigonometrijskih mreža

	I. red	II. red	II. red popunjavajući	III. red	III. red popunjavajući	IV. red
Dužina strana u km	30-60	15-25	9-18	5-13	3-7	1-4
Prosječna dužina strana u km	30	20	13	8	5	2
Numeriranje točaka	Kontinuirano broj / naziv za cijelu državu	Po koordinatnim sustavima broj / naziv (meridijanskim zonama)		Broj / naziv po trigonom. kotarevima	Samo broj točke po trigonom. kotarevima	

Na području bivše države bilo je 327 točaka I. reda, 2 000 točaka II. i II. popunjavajućeg, te oko 140 000 točaka III., III.-popunjavajućeg i IV. reda.

Za njih 11% nije bila određena visina, oko 78% točaka ima trigonometrijski određenu visinu, a svega oko 11% točaka ima visinu određenu geometrijskim nivelmanom.



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

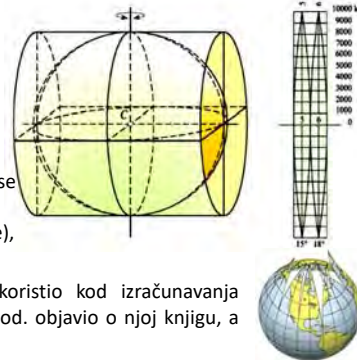
22

22

Stara kartografska projekcija Republike Hrvatske

Stara kartografska projekcija je **Gauß-Krügerova konformna poprečna cilindrična** (os valjka se nalazi u ravnini ekvatora) **projekcija trostupanjskih meridijanskih zona**, unutar kojih su deformacije male i koja se temelji na **Besselovom 1841 elipsoidu**. Definirana je tako da se na cijelom području koje zahvaća jedan koordinatni sustav (zonu) zadaci mogu rješavati u ravnini, koristeći se pravokutnim koordinatama.

- Svaka zona ima drugi dodirni (srednji) meridijan λ_0
 - $15^\circ/3^\circ = 5^\circ \Rightarrow$ zona 5
 - $18^\circ/3^\circ = 6^\circ \Rightarrow$ zona 6
- U svakoj zoni projekcija središnjeg meridijana je **os x** koordinatnog sustava, a **os y** je projekcija ekvatora (nereducirane koordinate)
- Zbog izbjegavanja negativnih vrijednosti koordinata **y** se uvećava za 500 000, te se mjerilo na srednjem meridijanu smanjuje za 0.0001 (reducirane koordinate), a pred nju se stavlja i oznaka zone (5 ili 6)



(*) **C.F. Gauss** (1777.-1855.) je ovu projekciju prvi koristio kod izračunavanja Hannoverke triangulacije, dok je **L. Krüger** 1912. god. objavio o njoj knjigu, a 1919. zbirku formula za praktičnu primjenu.

(**) Gauß-Krügerovu projekciju je prva uvela Austro-Ugarska monarhija 1917. godine za potrebe državne izmjere, odmah potom Njemačka, a bivša Jugoslavija ju je uvela 1924. godine.

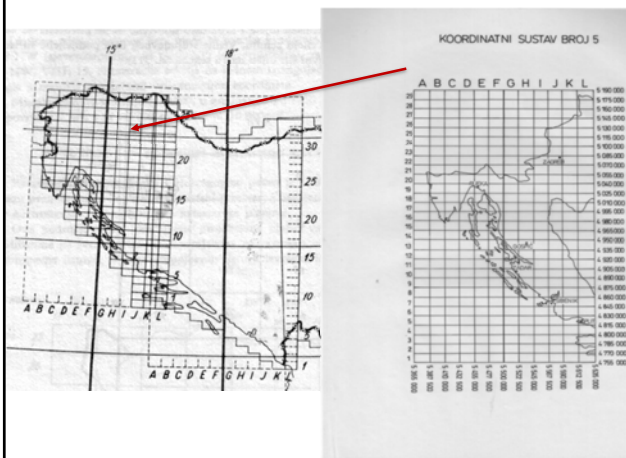
7.12.2018.

Novi GRS-I, HRG2009 i T7D

23

23

Stara kartografska projekcija ...



- paralelama sa osi x na 22.5 km dijeli se područje svake zone na kolone (A-L) počevši od zapada prema istoku (os x između F i G)
- paralelama sa osi y na 15 km dijeli se područje na redove (arapske brojke) počevši od najjužnijeg reda
- koordinatne vrijednosti apscise x najjužnijeg reda:
 - o u sustavu 5 $x = 4\,755\,000$ m
 - o u sustavu 6 $x = 4\,635\,000$ m
- takovom razdiobom dobiveni su **temeljni triangulacioni listovi dimenzija 22.5x15.0 km** koji se dalje dijele na detaljne listove u ovisnosti od mjerila kartiranja područja.

7.12.2018.

Novi GRS-I, HRG2009 i T7D

24

24

Povijesni geodetski datumi RH ...

- **Visinski datum:** srednja razina mora (geoid) definirana na temelju jednogodišnjih mjerenja na **mareografu u Trstu (Molo Sartorio)** za epohu 1875.0, normalni ortometrijski sustav visina – “Trst” (HVRS1875).
- **Postupna terenska realizacija i izmjera mreže APN** u dugom vremenskom razdoblju od 1874. do 1909. (35 godina), nehomogena i postupna računski obrada podataka izmjere (uvjetna mjerenja, [vv]=min.), mreža nije izjednačena kao jedinstvena i cjelovita nivelmanska mreža na teritoriju RH.
- **Postupna terenska realizacija i izmjera mreže I. nivelmana visoke točnosti** od 1946. do 1963. godine (17 godina), nesustavno i nedosljedno korigiranje podataka izmjere korekcijama mjerila nivelmanskih letava i normalno-ortometrijskim korekcijama, parcijalna računski obrada podataka izmjere INVT (uvjetna mjerenja, [vv]=min.) po nivelmanskim vlakovima i dijelovima vlakova mreže APN (sukladno statusu očuvanosti repera BV).
- **Postupna terenska realizacija i izmjera geometrijskih nivelmana PN, GN, TNPT i TN** u razdoblju od 1946. do 1970. godine, kvaliteta izmjere dijelom heterogena unutar pojedinih redova točnosti, postupna računski obrada (uvjetna mjerenja, [vv]=min.) uz hijerarhijsko oslanjanje na temeljnu mrežu (“kombinacija” mreža APN i INVT).

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

25

25

Referentni sustavi za ubrzanje sile teže

Zadaća je nekog referentnog sustava za ubrzanje sile teže da ukloni tzv. datumske defekte koji se javljaju kod mjerenja ubrzanja sile teže (apsolutni nivo, kalibracijski parametri), kao i da omogući prepoznavanje grubih i sistematskih pogrešaka. Referentni sustav za ubrzanje sile teže realiziran je obično uz pomoć poznatih vrijednosti ubrzanja sile teže u točkama koje čine taj sustav. Pri tome bi vrijednosti ubrzanja sile teže na stajalištima koja tvore sam sustav trebale biti dobivene putem međunarodne suradnje.

U periodu između 1900. do 1971. godine uspostavljena su, najprije u okviru "Internationale Erdmessung", a zatim pod okriljem IUGG-a, ukupno 3 referentna sustava (datuma) za silu težu.

- a) **Bečki sustav za ubrzanje sile teže** (1900.) - apsolutni nivo definiran na **referentnoj točki u Vojno-geografskom institutu u Beču** ($\varphi=48^{\circ}12'.7$, $\lambda=16^{\circ}21'.5$, $H=183$ m, $g=9.80876$ ms⁻²).
- b) **Potsdamski sustav za silu težu** (1909.). - gravimetrijska mjerenja priključena na **apsolutnu vrijednost ubrzanja sile teže u Potsdamu** ($\varphi=52^{\circ}22'.86$, $\lambda=13^{\circ}04'.06$, $H=87$ m, $g=9.81274 \pm 0.000 03$ ms⁻²).
- c) **Internacionalna gravimetrijska standardna mreža IGSN71** (1971) - apsolutni nivo definiran je uz pomoć 10 apsolutnih mjerenja na 8 stajališta.

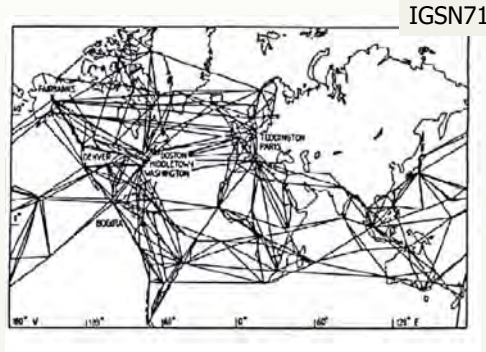
7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

26

26

Referentni sustavi za ubrzanje sile teže ...



IGSN71

IGSN71 zadovoljava za većim zahtjevima u geodeziji i geofizici, a u međuvremenu je pomoću priključnih mjerenja i preračunavanja preuzeta u mnogobrojne nacionalne gravimetrijske mreže.

Nedostaci ovog sustava su prije svega neravnomjerni raspored točaka i nedovoljno dobra stabilizacija. Ovaj se sustav ne može koristiti za praćenje vremenskih promjena ubrzanja sile teže.

Transformacija:

$$g_{IGSN\ 71} = g_{Potsdam} + a + b(g_{Potsdam} - g_0)$$

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

27

27

Državna izmjera u samostalnoj Hrvatskoj

- Počev od 1991., posebno od 1994., brojne GPS kampanje u RH kojima su definirane osnovne GPS mreže (0., I. i II. reda, brojne gradske GPS mreže).
- Izjednačenja I. i II. NVT-a, uvrštenje u UELN, visinsko povezivanje s Mađarskom – veza na Amsterdam
- Apsolutna gravimetrijska mjerenja na 6 točaka (Zagreb (2), Pula i Makarska 1996., te Dubrovnik i Osijek 1999./2000.) Gravimetrijska mreža 0. reda RH.
- Relativna gravimetrijska mjerenja na 36 točaka (2003.) uspostavljena Gravimetrijska mreža I. reda RH.
- Idejni projekt gravimetrijske mreže II. reda RH i izmjera mikrogravimetrijskih mreža (Osijek, Zagreb, Pula, Dubrovnik) – mreža Grada Zagreba izvedena (2006)
- Izrada dokumentacije neophodne za usvajanje novih službenih geodetskih datuma RH (položajni, visinski i gravimetrijski) – 2004.
- Definiranje rješenja za apsolutno orijentirani nacionalni geoid (HRG1998, HRG2000, te zadnje HRG2009)
- Izrada uslužnih kompjutorskih programa za potrebe interpolacije službenog geoida (IHRG2000), za 7p-transformaciju koordinata (DAT_ABMO) – 2004., te GRID transformaciju (T7D) – prva verzija 2006. te konačna 2009.

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

28

28

EUREF94 → CROREF96 → 10kmGPS → HTRS96



+

brojne GPS (GNSS) mreže gradova, za potrebe katastarskih izmjera,
većih inženjerskih radova, ...

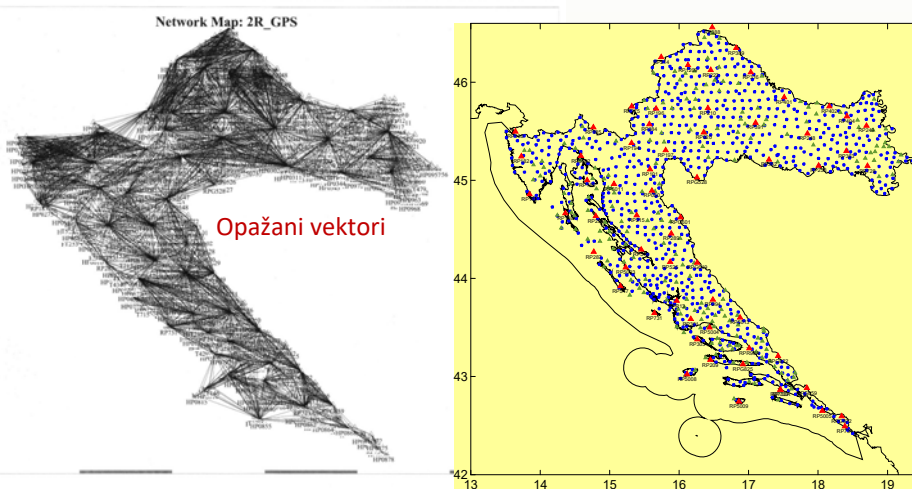
7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

29

29

10-km GPS mreža Republike Hrvatske (1054 točke)



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

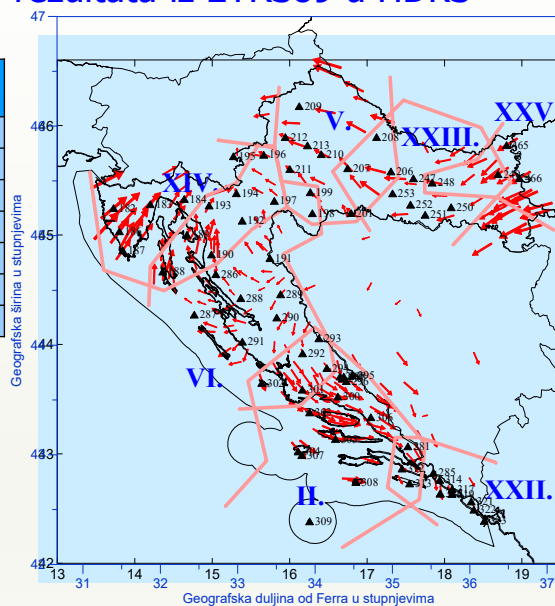
30

30

Transformacija rezultata iz ETRS89 u HDKS

N=241	Transformacijski parametri (HRG2000)	Ocjena točnosti ($m_p=0.83$ m)
Translacija: Tx	- 550.5670 m	± 2.89 m
Ty	- 164.6118 m	± 3.11 m
Tz	- 474.1386 m	± 2.77 m
Rotacija: Rx	5.976766 "	± 0.088 "
Ry	2.099773 "	± 0.105 "
Rz	- 11.495481 "	± 0.091 "
Mjerilo: μ	5.447925 ppm	± 0.353 ppm

Točnost (rms): po ϕ	± 0.50 m
po λ	± 0.62 m
po h	± 0.21 m
Horizontalno (2D)	± 0.79 m
Trodimenzionalno (3D)	± 0.82 m



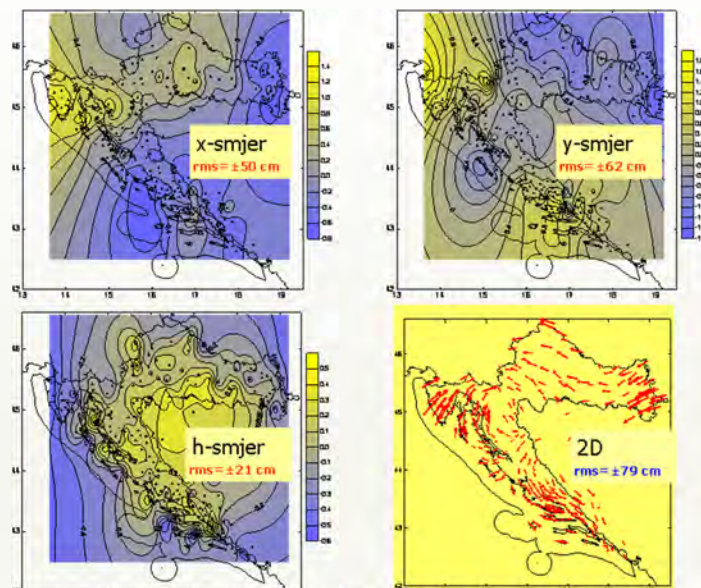
7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

31

31

Nehomogenosti HDKSa s obzirom na 10-km GPS mrežu



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

32

32

Osnovna gravimetrijska mreža Republike Hrvatske

7.12.2018. Novi GRS-i, HRG2009 i T7D 33

33

O postupku uvođenja novih datuma ...

Državna geodetska uprava RH (DGU) je 2000. godine zatražila od Geodetskog fakulteta 3 ekspertne studije:

- Prof. dr. Tomislav Bašić – Studija o položajnom (horizontalnom) i gravimetrijskom datumu
- Prof. dr. Ladislav Feil (+) – Studija o vertikalnom datumu
- Prof. dr. Miljenko Lapaine – Studija o kartografskim projekcijama

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

34

34

Razlozi za promjenu

Povijesni (nasljeđeni) datumi su:

- Loše dokumentirani (zapravo su dokumenti nedostupni),
- Nedovoljno točni (pouzđani); moguće i grube pogreške,
- Rješenja su prilagođena državama kojih je Hrvatska u prošlosti bila dio (=> lokalni datum!),
- Slabo ili nikako prilagodljivi i iskoristivi za efikasnu primjenu novih tehnologija, pa stoga i nesposobni da odgovore zahtjevima korisnika danas,

Stoga je bilo potrebno...

- Da se uvedu novi geodetski datumi i kartografske projekcije koji su konzistentni s europskim (međunarodnim) preporukama i temelje se na modernim dostignućima znanosti,
- Da se uklone postojeće prepreke efikasnijoj upotrebi modernih mjernih i GIS tehnologija te na taj način ponudi racionalan i jednostavno primijenljiv referentni sustav odnosno okvir,
- U dijelu koji se tiče prostornih podataka, da se stvore preduvjeti za razvoj informacijskog društva (e-government, e-katastar, e-građanin, ...),
- Da se na taj način omogući daljnji razvoj geodezije, kao i drugih geo-profesija (geoznanosti).

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

35

35

Procedura uvođenja ...

Isporučene studije su bile recenzirane od strane domaćih i stranih eksperata 2001. godine.

DGU je 2003. zatražila dodatne 3 studije istih stručnjaka s Geodetskog fakulteta, a radi pripreme konačne dokumentacije nužne za usvajanje službenih datuma i kartografskih projekcija RH.

Vlada RH donijela je 4. kolovoza 2004. godine *Odluku o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske (N.N. 110/2004)*.



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

36

36

Procedura uvođenja ...

8 Conclusion

We like to emphasize that the Croatian colleagues have done a very good work in the preparations of this project. This includes the geodetic work in Croatia itself as well as the preparation of documents for the consultants, where basic information was given for the history, the current geodetic situation and ideas of the new system.

These documents were basis for many fruitful discussions we had in Croatia, and also for discussions between the consultants themselves.

Detailed recommendations are given in the different chapters, taken into account that Croatia as the other European countries, have very limited resources available for geodesy. So our main conclusions are:

- 1) Croatia is in a good position to achieve geodetic networks acceptable for European standards.
- 2) The geodesists we have met in the project are well educated compared to other European countries and they are well prepared for the tasks to do.
- 3) We recommend Croatia to change to the new geodetic reference system described in this report, and to soon start the preparations. Even if cost-benefit computations are not carried out, it is quite clear that Croatia in the long run will benefit on the change
- 4) Priority should be given to finish the GPS densification network
- 5) It is important to measure gravity at levelling bench marks with a higher density than today
- 6) Preparations for even better geoid should be started (levelling connection to GPS points and measure with GPS in levelling bench marks)
- 7) Levelling in the national levelling network of Croatia should only be carried out as maintenance levelling.
- 8) Maintenance of a small number of GPS permanent stations should go on. Preferable the permanent stations should be related to other geodetic activities

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

37

37

HTRS96 – novi položajni datum RH

- Europski terestrički referentni sustav za epohu 1989.0 (*European Terrestrial Reference System 1989*) skraćeno **ETRS89**, utvrđuje se službenim nepromjenjivim i o vremenu neovisnim položajnim referentnim koordinatnim RH
- Elipsoid **GRS80** ($a = 6378137.00$ m, $\mu = 1/298.257222101$) određuje se službenim matematičkim modelom za Zemljino tijelo u RH
- Položajna mreža koju čini 78 osnovnih trajno stabiliziranih geodetskih točaka čije su koordinate određene u ETRS89, određuje se osnovom položajnog referentnoga koordinatnog sustava RH
- Položajnom referentnom koordinatnom sustavu RH u kojem su koordinate 78 osnovnih geodetskih točaka određene 1996. godine određuje se naziv **Hrvatski terestrički referentni sustav za epohu 1995.55** skraćeno **HTRS96**.



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

38

38

HVRS71 – novi visinski datum RH

- Ploha geoida koja je određena srednjom razinom mora na mareografima u Dubrovniku, Splitu, Bakru, Rovinju i Kopru u epohi 1971.5 određuje se referentnom plohom za računanje visina u RH
- Visinska mreža koju čine trajno stabilizirani reperi II. nivelmana visoke točnosti čije su visine određene u sustavu (normalnog) Zemljinog polja sile teže, određuje se osnovom visinskog referentnog sustava RH
- Visinskom referentnom sustavu RH, određenom na temelju srednje razine mora, određuje se naziv Hrvatski visinski referentni sustav za epohu 1971.5 skraćeno HVRS71.



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

39

39

Definicija HVRS1971 (Rožić, N., 2011.)

- **Hrvatski visinski datum, epoha 1971.**
 - mareografi: Koper, Rovinj, Bakar, Split i Dubrovnik,
 - 18.6 godišnji interval registracija razine mora (1971.5 ± 9.3 godine),
 - parametri visinskog datuma – „nadmorske” visine referentnih repera: 5486 Koper (1.88260 m), BP82 Rovinj (4.83770 m), BV Bakar (2.66010 m), PN167 Split (3.33220 m) i A496 Dubrovnik (3.67706 m) nad srednjom razinom mora.
- **Terenska realizacija i izmjera mreže II. nivelmana visoke točnosti – IINVT**
 - kratko vremensko razdoblje od 1970. do 1973. godine (3 godine), srednja epoha izmjere 1971.5 godina,
 - kvaliteta izmjere (vjerojatna pogreška na temelju zatvaranja nivelmanskih figura 0.79 mm/km),
 - sustavno korigiranje podataka izmjere korekcijama mjerila nivelmanskih letava i normalno-ortometrijskim korekcijama,
 - homogena i cjelovita računska obrada podataka izmjere (posredna mjerenja, [vv]=min.).
- **Terenska revizija vlakova i mreža INVT, PN, GN, TNPT i TN uz uključanje u HVRS71**
 - utvrđivanje stanja očuvanosti i funkcionalnosti te izrada nove uporabne dokumentacije,
 - dosljedna računska obrada izvornih podataka izmjere (posredna mjerenja, [vv]=min.) sukladno hijerarhijskom načelu podjele na redove točnosti geometrijskih nivelmana i rekonfiguriranje geometrijskih konfiguracija – primjena “stroge metode” transformacije podataka relativne visinske izmjere iz HVRS1875 u HVRS71 u svrhu apsolutnog visinskog pozicioniranja očuvanih repera.

7.12.2018.

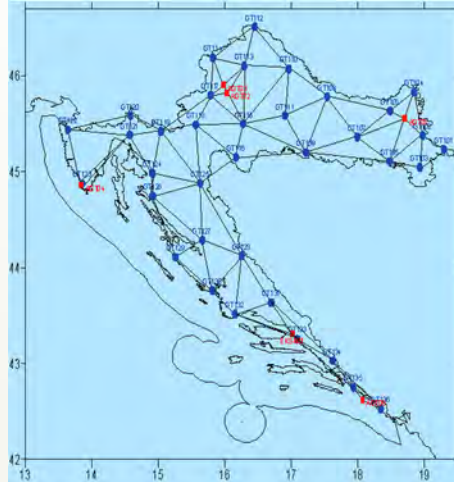
Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

40

40

HGRS03 – novi gravimetrijski datum RH

- Referentni sustav za određivanje ubrzanja sile teže čiju osnovu čini međunarodna gravimetrijska standardna mreža *International Gravity Standardisation Network 1971 IGSN71*, određuje se gravimetrijskim referentnim sustavom RH.
- Referentnim nivoelipsoidom za određivanje normalnog polja ubrzanja sile teže u RH određuje se *GRS80 elipsoid* s pripadajućim fizikalnim parametrima: geocentričnom gravitacijskom konstantom $GM=398600.5 \times 10^9 \text{m}^3\text{s}^{-2}$ i kutnom brzinom Zemljine rotacije $\omega=7.292115 \times 10^{-5} \text{rads}^{-1}$.
- Osnovna gravimetrijska mreža koju čini 6 trajno stabiliziranih točaka apsolutne gravimetrijske mreže i 36 trajno stabiliziranih točaka gravimetrijske mreže I. reda, na kojima je ubrzanje sile teže određeno u IGSN71 određuje se osnovom gravimetrijskog referentnog sustava RH.
- Gravimetrijskom referentnom sustavu RH u kojem je ubrzanje sile teže na 42 točke osnovne gravimetrijske mreže određeno 2003. godine određuje se naziv *Hrvatski gravimetrijski referentni sustav 2003* skraćeno *HGRS03*.



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

41

41

Ravninske kartografske projekcije RH

- Koordinatni sustav *poprečne Mercatorove (Gauss-Krügerove)* projekcije skraćeno *HTRS96/TM*, sa srednjim meridijanom $16^{\circ} 30'$ i linearnim mjerilom na srednjem meridijanu 0.9999 određuje se projekcijskim koordinatnim sustavom Republike Hrvatske za područje katastra i detaljne državne topografske kartografije.
- Koordinatni sustav *uspravne Lambertove konformne konusne projekcije* skraćeno *HTRS96/LCC*, sa standardnim paralelama $43^{\circ} 05'$ i $45^{\circ} 55'$ određuje se projekcijskim koordinatnim sustavom Republike Hrvatske za područje pregledne državne kartografije.
- Koordinatni sustavi kartografskih projekcija temelje se na hrvatskom terestričkom referentnom sustavu definiranom u točki 1. ove Odluke.
- Za potrebe Oružanih snaga Republike Hrvatske usvaja se projekcijski koordinatni sustav *univerzalne poprečne Mercatorove projekcije (Universal Transverse Mercator UTM)* sukladno Sporazumu o standardizaciji "STANAG 2211", država članica NATO saveza, 5. izdanje od 15. srpnja 1991. godine.

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

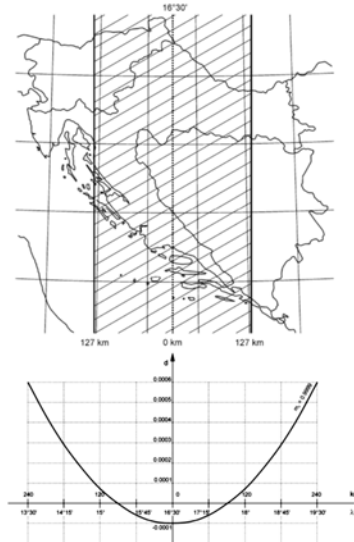
42

42

Nova kartografska projekcija Republike Hrvatske ...

Nova kartografska projekcija Republike Hrvatske **HTRS96/TM** je **poprečna Mercatorova projekcija** (što je zapravo drugi naziv za Gauß-Krügerovu projekciju), ali sa samo jednim koordinatnim sustavom, srednjim meridijanom $16^{\circ}30'$ i linearnim mjerilom 0.9999 uzduž srednjeg meridijana. Posljedica toga je da su linearne deformacije u područjima udaljenim manje od 127 km od srednjeg meridijana manje od 1dm na 1 km, što se smatra prihvatljivim za radove katastra, inženjerske geodezije i topografije.

U ostalim područjima Hrvatske koja su udaljena više od 127 km istočno i zapadno od srednjeg meridijana potrebno je prilikom računanja u ravnini projekcije uzeti u obzir i deformacije projekcije.



Raspodjela linearnih deformacija u HTRS96/TM

7.12.2018.

Novi GRS-I, HRG2009 i T7D

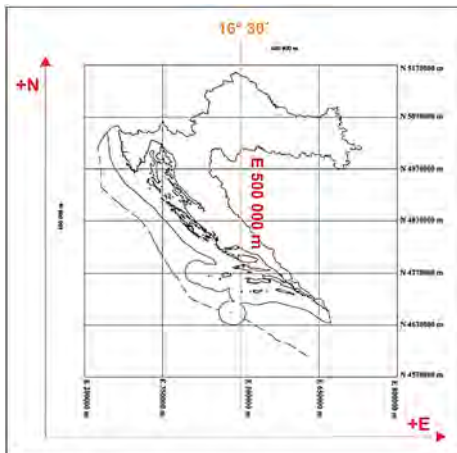
43

43

Nova kartografska projekcija Republike Hrvatske ...

Umjesto dosadašnjih oznaka x i y za koordinate u ravnini projekcije koriste se oznake N (northing – sjeverno) i E (easting – istočno), što je u skladu s ISO 19111 normom. Nova kartografska projekcija temelji se na **elipsoidu GRS80**, kojim je definiran i novi hrvatski geodetski referentni koordinatni sustav **HTRS96**, tako da službena oznaka nove kartografske projekcije Republike Hrvatske glasi **HTRS96/TM**.

U ovom sustavu projekcija ekvatora predstavlja ordinatnu **os E** (istočno), a projekcija srednjeg meridijana apscisnu **os N** (sjeverno). Da bi se izbjegle negativne ordinate dodajemo im 500000 odnosno os E ima koordinatu E = 500 000 metara.



7.12.2018.

Novi GRS-I, HRG2009 i T7D

44

44

Vojni datumi i ravninska kartografska projekcija

NATO Standardization Agreement for geodetic datums, projections, grids and grid references, **STANAG 2211** omogućuje pozicioniranje i grafički prikaz svih geoprostornih informacija:

- koordinatnim sustavima koji definiraju kako su položaji točaka izraženi koordinatama,
- datumima koji određuju odnos koordinatnih sustava prema Zemlji,
- transformacijama koje povezuju koordinate različitih datuma, i
- pretvorbama između različitih koordinatnih sustava istog datuma.

STANAG 2211 definira **World Geodetic System 1984 (WGS84)** kao standardni koordinatni referentni sustav za geoprostorne informacije koje koriste NATO oružane snage. Međutim, još uvijek postoji više stotina lokalnih geodetskih datuma (i referentnih sustava) koji se koriste u cijelom svijetu, koji otežavaju rad NATO snaga na terenu. Stoga je neophodno osigurati transformacijske parametre između lokalnih datuma i WGS84.

Kao implementacije mogući su slijedeći globalni geodetski datumi za NATO operacije: 1) World Geodetic System 1984, 2) International Terrestrial Reference System, 3) European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89).

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

45

45

Dosadašnje realizacije WGS84 referentnog sustava

Do sada je bio više realizacija WGS84 referentnog sustava:

- **WGS84 (TRANSIT)**, koji je predstavljao inicijalnu realizaciju terestričkog referentnog sustava (TRF) iz 1987. godine, temeljen na globalnoj mreži Dopplerovskih stanica. Procijenjena točnost tog TRF-a je iznosila **1–2 m** (1σ) po svakoj koordinatnoj osi.
- **WGS84 (G730)** određen je 1990-ih kada je GPS dosegao svoju punu operabilnost. Radi što bolje koincidencije s ITRF-om, u postupku izjednačenja je fiksirano 8 IGS stanica s koordinatama u ITRF 1991, što je rezultiralo s procijenjenom točnošću od **10 cm**.
- **WGS84 (G873)** krajem 1996. ostvarena nova realizacija, koja se je temeljila na 12 DoD monitoring stanica, 5 GPS OCS kontrolnih stanica i 7 NIMA stanica (danas NGA). Procijenjena točnost WGS-84 (G873) koordinata je bila **5 cm** po svakoj koordinatnoj osi.
- **WGS84 (G1150)** U razdoblju od 1998.–2000. godine NIMA je proširila GPS mrežu stanica za praćenje. U postupku izjednačenja fiksirane su ITRF2000 koordinate 43 IGS pouzdane stanice. Procijenjena točnost koordinata iznosila je **1 cm** po svakoj koordinatnoj osi. G1150 je prva WGS-84 realizacija s uključenima brzinama gibanja točaka (prethodne su se oslanjale na NNR–NUVEL–1A), koje su izračunate u odnosu na ITRF2000 model brzina. Sustav je implementiran 2002. godine.

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

46

46

Dosadašnje realizacije WGS84 referentnog sustava ...

- **WGS84 (G1674)** je implementiran 8. veljače 2012. godine od NGA (National Geospatial-Intelligence Agency). **WGS-84 (G1674) realizacija koincidira s ITRF2008 u referentnoj epohi 2005.0** (uključujući i korištenje ITRF2008 modela brzina gibanja). Procijenjena točnost WGS-84 (G1674) realizacije kreće se na **sub-centimetarskoj razini** po svim koordinatnim osima.
- **WGS84 (G1762)** je implementiran 16. listopada 2013. godine od NGA (National Geospatial-Intelligence Agency). **WGS-84 (G1762) realizacija koincidira s ITRF2008 u referentnoj epohi 2005.0** (uključujući i korištenje ITRF2008 modela brzina gibanja). Procijenjena točnost WGS-84 (G1762) realizacije kreće se na **sub-centimetarskoj razini** po svim koordinatnim osima.

Napomena – U realizacijama **WGS84 (Gxxxx)** oznaka **G** ukazuje da su koordinate dobivene Global Positioning System (GPS) tehnikom, a broj **xxxx** koji slijedi G označava GPS tjedan kad su te koordinate implementirane od strane USA National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) u procesu određivanja preciznih efemerida.

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

47

47

WGS-84 realizacije ...



WGS 84 (G1150) Reference Frame stations

WGS-84(G1150) → WGS-84(G1674)

Referentni okvir (epoha)	Transformacijski parametri [†]						
	T1 [mm]	T2 [mm]	T3 [mm]	D [ppb]	R1 [mas]	R2 [mas]	R3 [mas]
WGS84 (G1150) (2001.0)	-4.7	11.9	15.6	4.72	-0.52	-0.01	-0.19
ITRF2008 (2005.0)	±5.9	±5.9	±5.9	±0.92	±0.24	±0.24	±0.22
ITRF2008 (2005.0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[†] Predznaci parametara rotacija dani su za *from* → *to* smjer transformacije.

Glavne karakteristike WGS-84 TRF-ova:

WGS84 okvir	Datum implementacije	Koincidencija	Epoha	Točnost
Transit	01.1987.	-	-	1-2 m
G730	29.06.1994.	ITRF91	1994.0	0.10 m
G873	29.01.1997.	ITRF94	1997.0	0.05 m
G1150	20.01.2002.	ITRF2000	2001.0	0.01 m
G1674	26.02.2012.	ITRF2008	2005.0	< 0.01 m

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

48

48

Vojni datumi i ravninska kartografska projekcija ...

WGS84 nudi dvije moguće globalne vertikalne (visinske) referentne plohe (STANAG 2211, Annex C):

- WGS84 elipsoid, te
- Earth Gravitational Model 1996 (EGM96) geoid, kao dobru aproksimaciju srednje razine mora do ± 1 m prosječne točnosti za cijeli svijet.

Ova točnost je dovoljna za globalne razine mora u svrhu kartiranja i za većinu navigacijskih primjena. Za geodetske i druge specijalizirane primjene, gdje je potrebna veća točnost (unutar metra ili bolje od decimetra):

- valja koristiti lokalni model geoida.

Napomena – Drugi precizni svjetski terestrički koordinatni sustav je International Earth Rotation Service (IERS) International Terrestrial Reference System (ITRS) odnosno njegova realizacija International Terrestrial Reference Frame (ITRF). Najnovije realizacije WGS84 (G1674) i WGS84 (G1762) se referenciraju na ITRF2008 i epohu 2005.0. One su konzistentne s ITRF2008 i u praktičnoj realizaciji razlika između ta dva sustava je na sub-centimetarskoj razini globalno, **što znači da su WGS84 (G1674) odnosno WGS84 (G1762) i ITRF2008 u biti gotovo identični.**

7.12.2018.

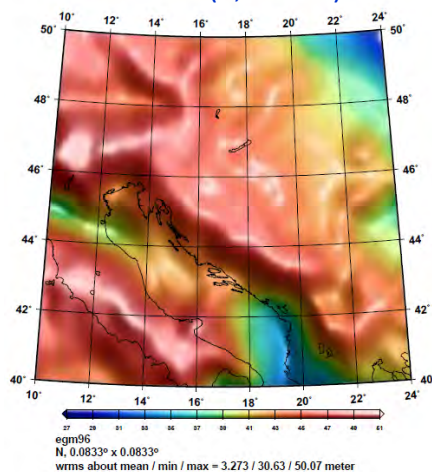
Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

49

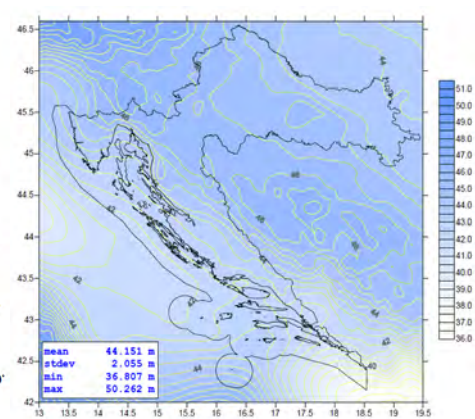
49

Vojni datumi ...

EGM96 (n,m=360)



HRG2009



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

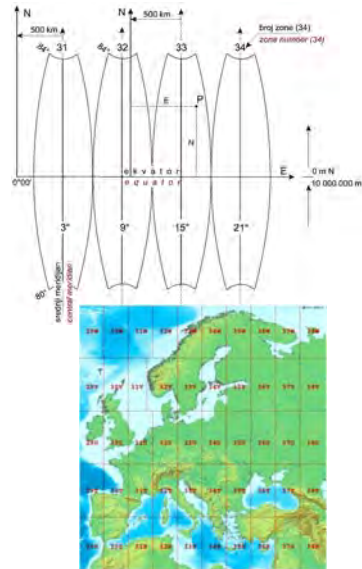
50

50

Vojni datumi i ravninska kartografska projekcija ...

STANAG 2211 definira **Transverse Mercator (TM) projekciju s 6° longitudinalnim zonama i faktorom mjerila duž središnjeg meridijana 0.9996**. Koriste se još i Lambert Conformal Conical (uglavnom za zrakoplovne svrhe), te Mercatorova (uglavnom za hidrografske svrhe).

UTM prikaz Hrvatske i dijelova susjednih država opisuju: **UTM četverokuti 33T i 34T**; širina zone 6° po geodetskoj dužini, gdje su za Hrvatsku 15° i 21° srednji meridijani zone (33 i 34 su oznake stupaca zona), te 8° po geodetskoj širini (redak T); os apscisa: ekvator; os ordinata: srednji meridijan zone; linearno mjerilo na srednjem meridijanu iznosi 0.9996; a konvergencija meridijana < 5°. Četverokut UTM-a pokriva dva lista karte u mjerilu 1:1 000 000.



7.12.2018.

Novi GRS-I, HRG2009 i T7D

51

51

Položajni i visinski sustav u međunarodnoj (zračnoj) navigaciji

Sukladno "Aeronautical Information Services, Annex 15 to the Convention on International Civil Aviation" (ICAO, July 2013):

- **World Geodetic System 1984 (WGS-84)** treba (mora) se koristiti kao **horizontalni (geodetski) referentni sustav** za međunarodnu zračnu navigaciju. Posljedično, objavljene zrakoplovne zemljopisne koordinate (širina i dužina) moraju biti izražene u WGS-84 geodetskom referentnom datumu.
- **Datum koji je definiran srednjom razinom mora (Mean Sea Level – MSL)** i koji daje odnos između visina definiranih u Zemljinom polju ubrzanja sile teže i plohe geoida, treba se koristiti kao **vertikalni (visinski) referentni sustav** za međunarodnu zračnu navigaciju. **Earth Gravitational Model – 1996 (EGM96)**, koji sadrži dugovalne strukture Zemljina polja ubrzanja sile teže do reda i stupnja 360, treba se koristiti kao globalni model za silu teže.
- **Gregorijanski kalendar i koordinirano svjetsko vrijeme (Coordinated Universal Time - UTC)** koristi se kao **vremenski referentni sustav**. Vrijednost u vremenskoj domeni je vremenska pozicija mjerena u odnosu na vremenski referentni sustav. Koordinirano svjetsko vrijeme (UTC) je vremenska skala koju održava **IERS** i čini osnovu koordiniranog širenja standardnih frekvencija i vremenskih signala.

7.12.2018.

Novi GRS-I, HRG2009 i T7D

52

52

Hrvatske koordinate u Europi

CRSEU Coordinate Reference Systems in Europe

CRS Identifier: HR_HDKS / HR_TM
 CRS Annotation: Datum HDKS in Transverse Mercator Projection with special Croatian parameters

CRS Identifier: HR_HTRS96 / HTRS96_TM
 CRS Annotation: Datum HTRS96 in Transverse Mercator Projection with special Croatian parameters

CRS Identifier: HR_WGS84 / UTM
 CRS Annotation: Datum WGS84 with UTM projection

Height
 HR_TRIE / NOH: normal-orthometric heights referred to tide gauge Trieste
 HR_HRVD71 / NOH: normal-orthometric heights referred to S Adriatic tide gauges

http://www.crs-geo.eu/nn_124226/crseu/EN/CRS_Description/crs-national_node.html?_nnn=true

7.12.2018. Novi GRS-i, HRG2009 i T7D 53

53

Hrvatske visine u Europi

EVRS European Vertical Reference System

Kind of heights
 no height at all
 not fixed height
 normal height
 ortho + BC height
 normal + BC height
 no fixed height

http://www.bkg.bund.de/geodIS/EVRS/EN/Home/homepage_node.html_nnn=true

7.12.2018. Novi GRS-i, HRG2009 i T7D 54

54

Hrvatske visine u Europi

EVRS
European Vertical Reference System

The IAGB Subcommittee 1.3 (2001) and 1.3 (2002) of the IAGB (IAGB) entered in 1996 with its activities for development and modernization of European height systems. Several projects were initiated. The work starts as an extended cooperation between IAGB, National Mapping Agencies (NMA), Working Group VIII of IAGG (IAGG) European and Responsibilities de la Cartographie (IAGG) - (the Eurogeomatics) and the Technical Working Group (TWG) of IAGB.

In accordance with the Resolution No. 3 of the IAGB Symposium 2002 in Vienna, the objective of the United European Working Group (UEWG) project is to establish an official vertical datum for Europe of the near-future level with simultaneous management of IAGB as far as possible to the Eastern European countries. The results of the adjustment with datum of 1992 were based upon to each participating country under the name (HRS/92). One year later all the IAGB symposium 2004 in Vienna a first edition of the European Vertical Reference System (EVRS) was initiated. The realization on the basis of the IAGB/2002 solution got the name (HRS/2002).

The European Vertical Reference Network (EVRN) was prepared in parallel to the IAGB, leveling and tide gauge observations as a vertical height reference to the IAGB datum system (IAGB datum-normalized Amsterdam, 1992 and the IAGB datum-normalized Amsterdam, 2002).

In the meantime the importance of homogenization of the vertical reference of land and the extension, density and regularity of the available data were more participating countries provided new national leveling data in the IAGB data and IAGB/2002. Therefore, a new realization of the EVRS was completed and published.

In the "Conventions for the Realization and Realization of a European Vertical Reference System (EVRN)" - EVRS Convention 2007 - the IAGB Subcommittee 1.3 (IAGB) passed a revised definition of EVRS.

N=6748	Trst – HVR571
Mean	21.0 cm

EVRS = Trst-31 = (HVR571+21)-31 = HVR571 - 10cm

Reference tide gauges

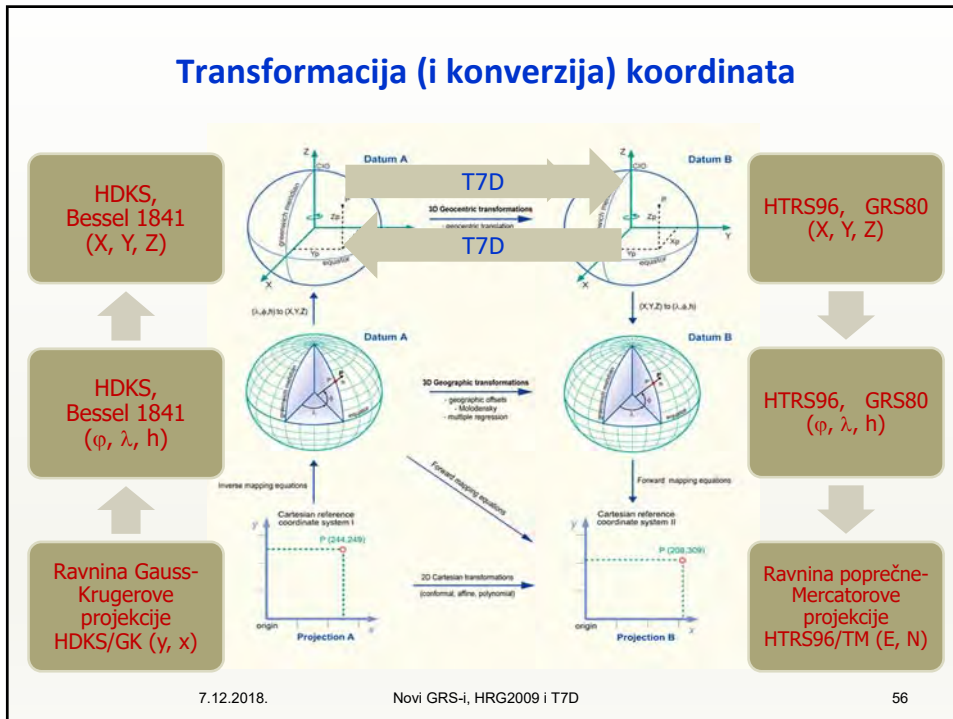
- Alcanta
- Amsterdam
- Ankara
- Belfast
- Casaca
- Constanta
- Dures
- Genoa
- Hronstadt
- Malin Head
- Marseilles
- Nerlyn
- Ostend
- Therde
- Other
- no information

http://www.bkg.bund.de/geodIS/EVRS/EN/Home/homepage_node.html_nnn=true

7.12.2018. Novi GRS-i, HRG2009 i T7D 55

55

Transformacija (i konverzija) koordinata



56

Značaj transformacije

Uvođenje novog geodetskog datuma pruža značajne dugoročne koristi, no složeni problemi i zapreke povezane s usvajanjem novog datuma su vrlo veliki. Jedan od tehničkih izazova je pružanje učinkovitih metoda međudatumskih transformacija korisnicima prostornih podataka. Metode transformacije se razvijaju za potrebe korisnika s različitim zahtjevima na točnost transformacije.

Idealna transformacija trebala bi zapravo zadovoljiti sljedeće uvjete:

- **Jednostavnost** – garantira razumijevanje i usvajanje metode,
- **Učinkovitost** – minimizira vrijeme i računске zahtjeve,
- **Jedinstvenost** – postojanje jedinstvenog rješenja,
- **Točnost** – određivanje najboljeg mogućeg rješenja transformacije.

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

57

57

Transformacija ...

Metode transformacije koje se danas najčešće razvijaju za potrebe korisnika s različitim zahtjevima po pitanju točnosti su:

	Metoda transformacije	≈ točnost	Napomena
1	«Simple Block Shift» metoda	10 m	Smanjena točnost
2	Transformacija Molodenskog	5 m	Smanjena točnost
3	3D slična 7-parametarska transformacija	1 m	Srednja točnost
4	GRID metoda	0.1–0.3 m	Povećana točnost

U 2006. godini razvijen je HDKS↔HTRS96 hrvatski GRID model transformacije koji **kombinira pomak datuma** (7-parametarska konformna transformacija) i **modeliranje komponenti distorzije**. Već tada je ostvarena visoka točnost transformacije, no glavna je mana bila nedovoljno identičnih i loše raspoređenih točaka u obadva sustava.

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

58

58

Metoda “jednostavnog pomaka bloka”

Metoda transformacije znana kao “metoda jednostavnog pomaka bloka” (“Simple block shift”) je bazirana na transformaciji uz dodavanje vrijednosti parametara srednjeg pomaka $\Delta\varphi$ i $\Delta\lambda$ po (φ, λ) koordinatama, utvrđenog iz raspoloživih zajedničkih točaka na području Hrvatske (tablica). Točnost ove metode u potpunosti ovisi o točnosti koordinata zajedničkih točaka te o veličini i obliku područja na kojem se pomak utvrđuje. Ovi parametri osiguravaju točnost transformacije od $\approx \pm 10$ m.

Parametar	HDKS (Bessel) → ETRS89 (GRS80)
$\Delta\varphi$	- 2.6506 (") (-79.52 m)
$\Delta\lambda$	- 17.7353 (") (-390.18 m)

Napomena: srednja vrijednost pomaka između HDKS-a i ETRF89 okvira, izračunana je na temelju 5200 raspoloživih identičnih točaka u listopadu 2009.

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

59

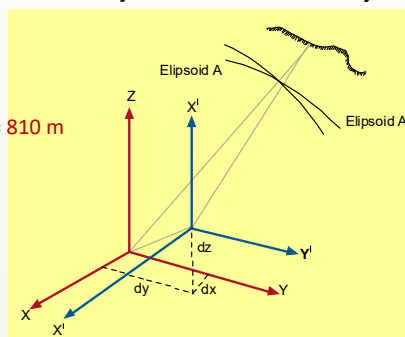
59

5-parametarska transformacija po Molodenskom

Transformacija pomoću metode Molodenskog koristi srednji pomak ishodišne točke (centra Zemlje) $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ te promjenu parametara između dva korištena elipsoida Δa i $\Delta\mu$ (razlika velike poluosi i razlika spljoštenosti), vidi sliku. Ova metoda često se koristi za transformaciju u ručnim GPS-uređajima.

Parametar	HDKS (Bessel) → ETRS89 (GRS80)
a	6377397.155 m
1/f	299.15281285
ΔX	644.175 m
ΔY	- 213.160 m
ΔZ	442.783 m
Δa	739.845 m
$\Delta\mu$ (Δf)	- 0.89559075

Točnost (rms): po φ	± 1.78 m
po λ	± 2.26 m
po h	± 6.50 m
Horizontalno (2D)	± 2.88 m
Trodimenzionalno (3D)	± 7.11 m



Napomena: Parametri transformacije i ocjena točnosti izračunani na temelju 5200 identičnih točaka u listopadu 2009.

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

60

60

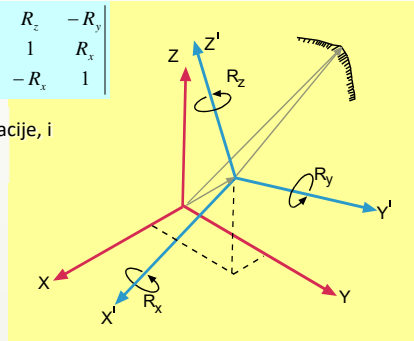
7-parametarska (3D slična) transformacija (T7)

Uz uvjet da su Eulerovi kutovi rotacije koju sekundu, odnos između dva 3D kartezijeva koordinatna sustava možemo u potpunosti definirati jednostavnom 7-parametarskom transformacijom koju čine 3 rotacije, 3 translacije te 1 promjena mjerila.

$$\begin{matrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{matrix} = \begin{matrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{matrix} + (1 + m \cdot 10^{-6}) \mathbf{R} \begin{matrix} X \\ Y \\ Z \end{matrix} \quad \mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & R_z & -R_y \\ -R_z & 1 & R_x \\ R_y & -R_x & 1 \end{bmatrix}$$

$(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$ su parametri translacije, \mathbf{R} matrica rotacije, i m mjerilo (u ppm "parts per million").

Točnost (rms): po ϕ	± 0.533 m
po λ	± 0.587 m
po h	± 0.129 m
Horizontalno (2D)	± 0.793 m
Trodimenzionalno (3D)	± 0.804 m



Napomena: parametri transformacije i ocjena točnosti izračunani na temelju 5200 točaka u listopadu 2009.

Važno: lako je ovom metodom moguća i transformacija visina, direktna transformacija visina korištenjem modela geoida općenito je točnija i jednostavnija !!!

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

61

61

7-parametarska transformacija ...

Rotacijska matrica sastoji se od tri rotacije: R_x , R_y i R_z oko koordinatnih osi X, Y, Z, i može se matricno prikazati kako sljedeći:

$$\begin{bmatrix} \cos R_y \cos R_x & \cos R_y \sin R_x & -\sin R_y \\ \sin R_x \sin R_y \cos R_z - \cos R_x \sin R_z & \sin R_x \sin R_y \sin R_z + \cos R_x \cos R_z & \sin R_x \cos R_y \\ \cos R_x \sin R_y \cos R_z - \sin R_x \sin R_z & \cos R_x \sin R_y \sin R_z - \sin R_x \cos R_z & \cos R_x \cos R_y \end{bmatrix}$$

S obzirom na to da su kutovi rotacije R_i po svomu iznosu male veličine (nekoliko sekundi), tretiraju se kao diferencijalne vrijednosti, pa se može uvrstiti $\cos R_i = 1$ i $\sin R_i = dR_i$. Tada se matrica \mathbf{R} može približno aproksimirati matricom:

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & R_z & -R_y \\ -R_z & 1 & R_x \\ R_y & -R_x & 1 \end{bmatrix}$$

pri čemu su kutovi rotacije izraženi u radijanima.

7.12.2018.

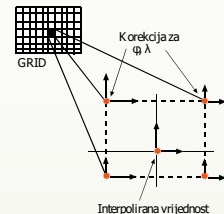
Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

62

62

Metoda GRID transformacije

Metoda **GRID transformacije** kombinira **pomak datuma** (u potpunosti utvrđen 7-parametarskom transformacijom, tako da objekt transformacije zadržava kroz transformaciju svoj izvorni oblik) kao i **komponentu distorzije**. Nepoznati parametri trans-



formacije u točki P se računaju iz poznatih transformacijskih parametara u najbližim točkama GRID-a. Za računanje transformacije geodetske širine $\delta\varphi_p$ i geodetske dužine $\delta\lambda_p$ u nekoj točki koristi se metoda **bi-linearne interpolacije**:

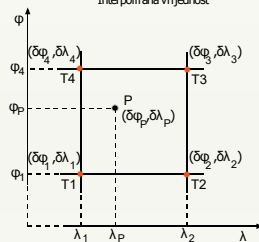
$$\delta\varphi_p = a_0 + a_1X + a_2Y + a_3XY$$

$$\delta\lambda_p = b_0 + b_1X + b_2Y + b_3XY$$

$$a_0 = \delta\varphi_1 \quad a_1 = \delta\varphi_2 - \delta\varphi_1 \quad a_2 = \delta\varphi_4 - \delta\varphi_1 \quad a_3 = \delta\varphi_1 + \delta\varphi_3 - \delta\varphi_2 - \delta\varphi_4$$

$$b_0 = \delta\lambda_1 \quad b_1 = \delta\lambda_2 - \delta\lambda_1 \quad b_2 = \delta\lambda_4 - \delta\lambda_1 \quad b_3 = \delta\lambda_1 + \delta\lambda_3 - \delta\lambda_2 - \delta\lambda_4$$

$$X = (\lambda_p - \lambda_1) / (\lambda_2 - \lambda_1) \quad Y = (\varphi_p - \varphi_1) / (\varphi_4 - \varphi_1)$$



7.12.2018.

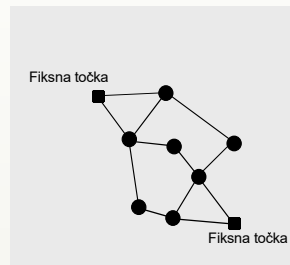
Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

63

63

Definicija distorzije

Postoji li mreža nižeg reda (●) priključena na fiksne točke višeg reda (■), (slika lijevo), koordinate su se uobičajeno dobivale izjednačenjem ($\sum(vv)=\min$).



Ako su na tu mrežu u međuvremenu nadodane nove točke (○), nova opažanja i veze na nove fiksne točke (□), (slika desno), novo će izjednačenje rezultirati s novim koordinatama točaka, gdje vektori pomaka (→) prikazuju ostvarene koordinatne pomake (razlike koordinata) odnosno **distorziju stare mreže u odnosu na novu**.

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

64

64

Modeliranje distorzije

Ako se je u međuvremenu promijenio i datum (fiksne točke su mogle biti u međuvremenu transformirane iz lokalnog u globalni datum) tada mora transformacija uključivati i pomak datuma koji se najčešće opisuje **konformnom transformacijom**, čija primjena bez distorzijskog modela pretpostavlja da nema deformacije ili da je minimalna, što najčešće, pa i kod nas, upravo nije slučaj!

Učinkovitost distorzijskog modela ovisi o uzorcima ponašanja distorzije. Ako je distorzija varijabilnog uzorka, biti će je vrlo teško modelirati. Obično se razmatraju tri mogućnosti modeliranja distorzije:

- Ploha minimalne zakrivljenosti (Minimum Curvature Surfaces – MCS),
- Kolokacija po najmanjim kvadratima (Least Squares Collocation – LSC),
- Višestruka regresija (Multiple Regression – MR), poznata i kao polinomna transformacija (Polynomial Transformation).

7.12.2018.

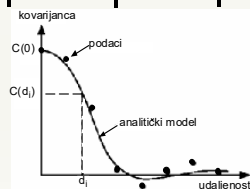
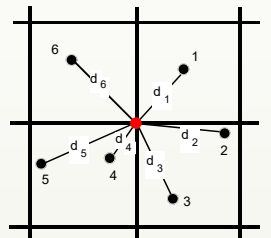
Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

65

65

Modeliranje distorzije

Kolokacija po najmanjim kvadratima (LSC) je tehnika koja u promatranoj točki uzima uz pomoć funkcije kovarijance u obzir utjecaj distorzije susjednih točaka ovisno o udaljenosti od promatrane točke. U slučaju računanja distorzijskog GRID-a, cilj je koristiti slučajno raspoređene podatke da bi se procjenile komponente distorzije ($\delta\varphi, \delta\lambda$) u svakom čvorištu GRID-a (udaljenost između svake točke i čvorišta GRID-a je poznata).



Linearna jednačba za **predikciju distorzije** glasi:

$$\hat{\delta} = C_l C_D^{-1} I$$

gdje su:

$$C_l = [C(d_1) \ C(d_2) \ C(d_3) \ C(d_4) \ C(d_5) \ C(d_6)]$$

$$C_D = \begin{bmatrix} C(0) & C(d_{12}) & C(d_{13}) & C(d_{14}) & C(d_{15}) & C(d_{16}) \\ C(d_{21}) & C(0) & C(d_{23}) & C(d_{24}) & C(d_{25}) & C(d_{26}) \\ C(d_{31}) & C(d_{32}) & C(0) & C(d_{34}) & C(d_{35}) & C(d_{36}) \\ C(d_{41}) & C(d_{42}) & C(d_{43}) & C(0) & C(d_{44}) & C(d_{45}) \\ C(d_{51}) & C(d_{52}) & C(d_{53}) & C(d_{54}) & C(0) & C(d_{56}) \\ C(d_{61}) & C(d_{62}) & C(d_{63}) & C(d_{64}) & C(d_{65}) & C(0) \end{bmatrix}$$

$$I = [\delta_1 \ \delta_2 \ \delta_3 \ \delta_4 \ \delta_5 \ \delta_6]^T$$

7.12.2018.

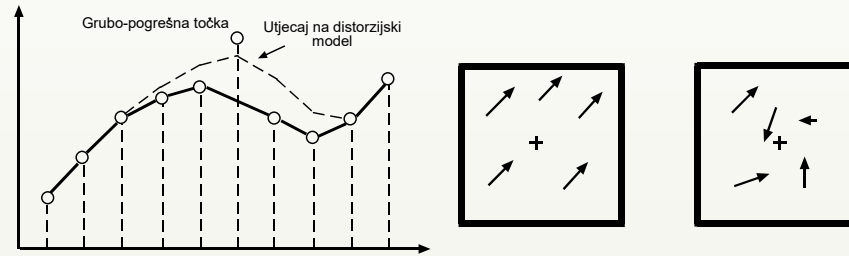
Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

66

66

Modeliranje distorzije ...

Osnovni test bilo kojeg matematičkog modela je sposobnost kopiranja uzorka ponašanja procesa koji se modelira. U odnosu na modeliranje distorzije između dva skupa koordinata, preostali reziduali nakon primjene distorzijskog modela daju ocjenu performansi modela. Općenito, maleni iznosi reziduala upućuju na kvalitetan model dok njihova slučajna distribucija ukazuje na učinkovitu eliminaciju distorzije. Točke koje se ne uklapaju u razdiobu distorzije treba ukloniti iz podataka jer mogu imati poguban utjecaj na točnost distorzijskog modela (slika).



Distorzija koordinata može biti složena i varijabilna veličina nepodesna za matematičko modeliranje. Obično se utvrdi da bliske točke pokazuju sličnu distorziju dok distorzija međusobno udaljenih točaka može biti vrlo različita.

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

67

67

Postupak računanja transformacijskog GRID-a

Metoda GRID transformacije kombinira **pomak datuma** (u potpunosti utvrđen 7-parametarskom transformacijom koja translira, rotira i korigira za promjenu mjerila, tako da objekt transformacije zadržava kroz transformaciju svoj izvorni oblik) i **komponentu distorzije**. Prilikom modeliranja komponenti distorzije korištena je slijedeća procedura:

1. Primjena 7-parametarske transformacije na zadane HTRS96 koordinate i konformna transformacija istih u HDKS,
2. Usporedba konformno transformiranih koordinata u HDKS i utvrđivanje distorzije,
3. Identifikacija i odbacivanje ne-konformnih točaka, točaka koje su distorzirane znatno više od općeg uzorka,
4. Prorjeđivanje skupa ulaznih podataka da bi se dobio skup točaka homogene prostorne distribucije
5. Računanje empirijske funkcije kovarijance za komponente distorzije po geodetskoj širini, geodetskoj dužini i visini,
6. Uklapanje analitičke funkcije kovarijance na empirijske podatke kovarijance,
7. Korištenje kolokacije po najmanjim kvadratima i analitičke funkcije kovarijance za računanje distorzije po geodetskoj širini, dužini i visini u svakoj točki grida rezolucije 60"x90",
8. Računanje konformne komponente transformacije u svakoj točki GRID-a,
9. Testiranje grida.

Navedeni slijed radnji nužno traži primjenu iteracijskog postupka kod računanja GRID-a !

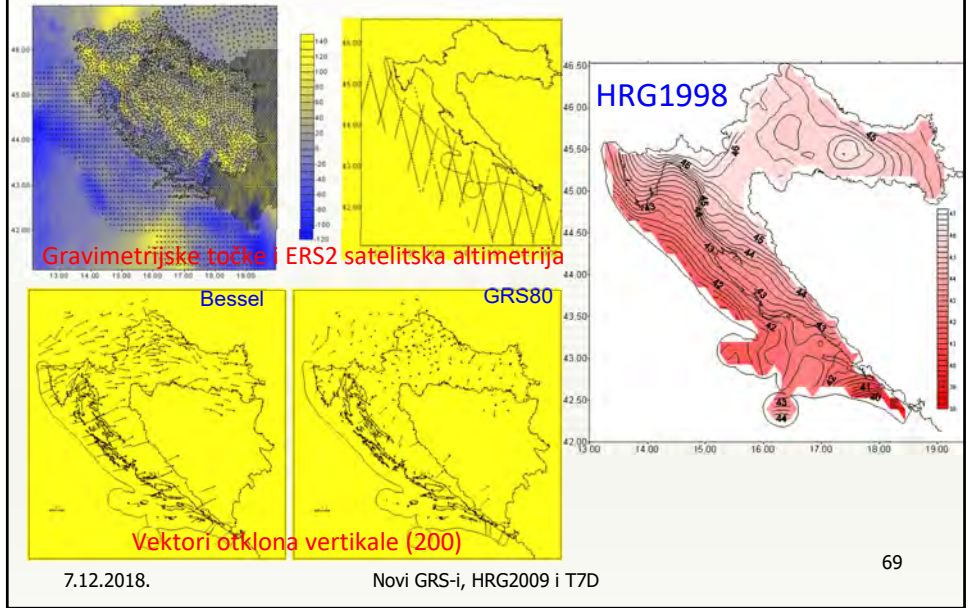
7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

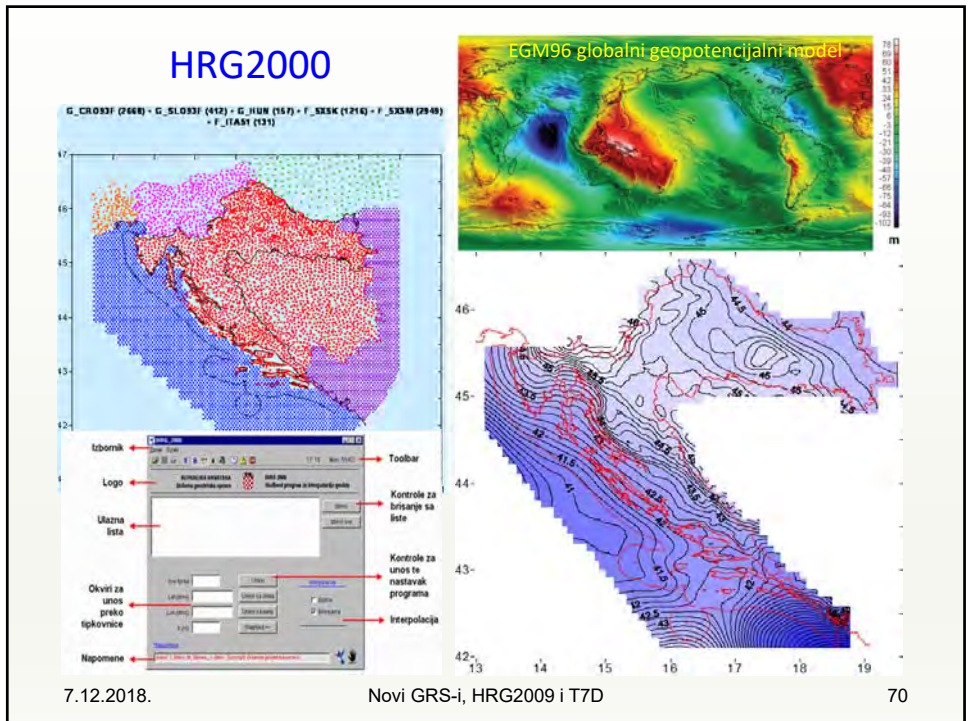
68

68

Istraživanja Zemljina polja ubrzanja sile teže u RH



69



70

Računanje HRG2009 geoida

Spomenimo najvažnija poduzeta istraživanja:

- analiza recentnih globalnih geopotencijalnih modela (GGM) baziranih na CHAMP i GRACE misijama te posebno EGM2008 rješenja,
- prikupljanje i kontrola kvalitete znatno većeg broja podataka za silu težu
- kreiranje i provjera 3"x3" DMR-a iz podataka Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) za potrebe računanja visokofrekventnog dijela spektra Zemljina polja ubrzanja sile teže,
- uspostava Osnovne gravimetrijske mreže, EUVN i EUVN_DA (kontrola),
- analiza razlika visina između starog i novog visinskog datuma,
- uspostava preko 500 novih GNSS/Nivelmanskih točaka diljem kopnenog dijela RH za potrebe bolje apsolutne orijentacije novog geoida, ali i nezavisne ocjene kvalitete HRG2000,
- konačno računanje nove plohe geoida – HRG2009 (srpanj-rujan 2009.).

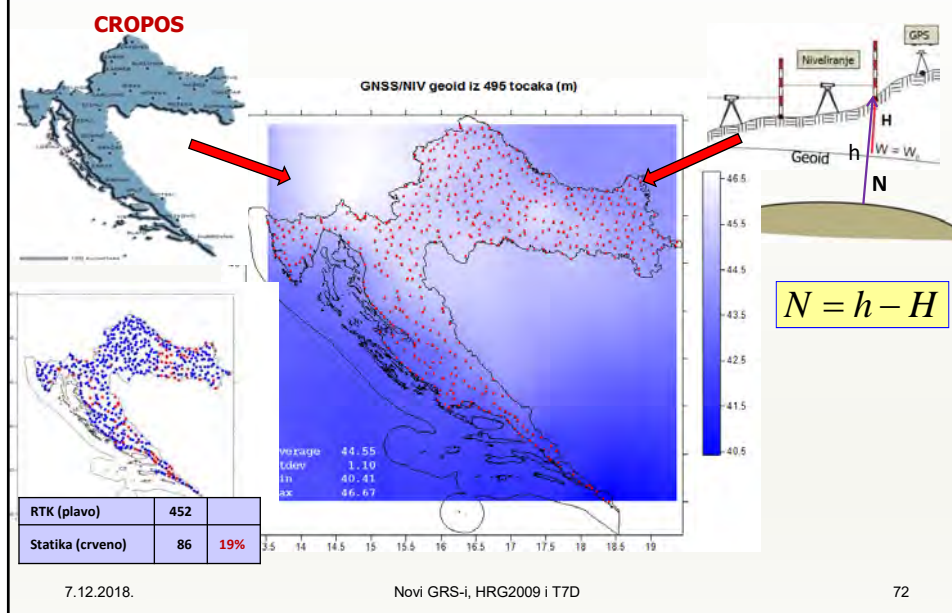
7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

71

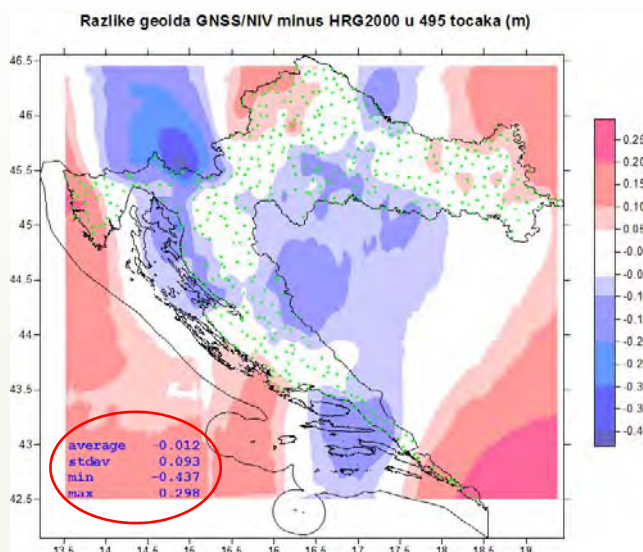
71

Definiranje GNSS/Niv. točaka 2009. godine



72

Nezavisna kontrola kvalitete HRG2000 geoida



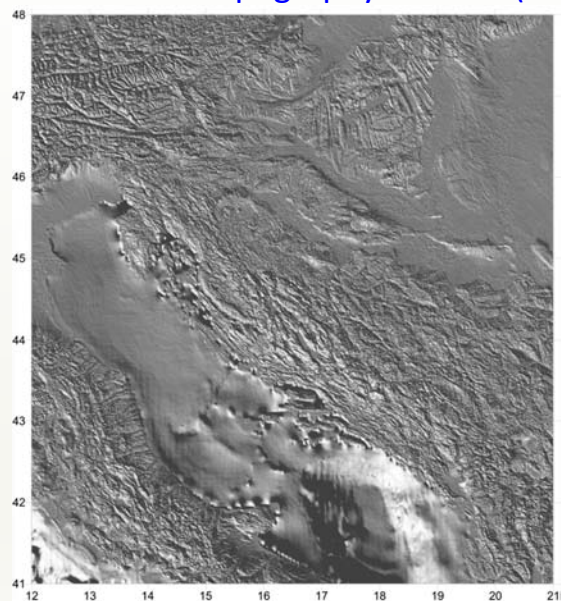
7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

73

73

DTM Shuttle Radar Topography Mission (SRTM 3"x3")



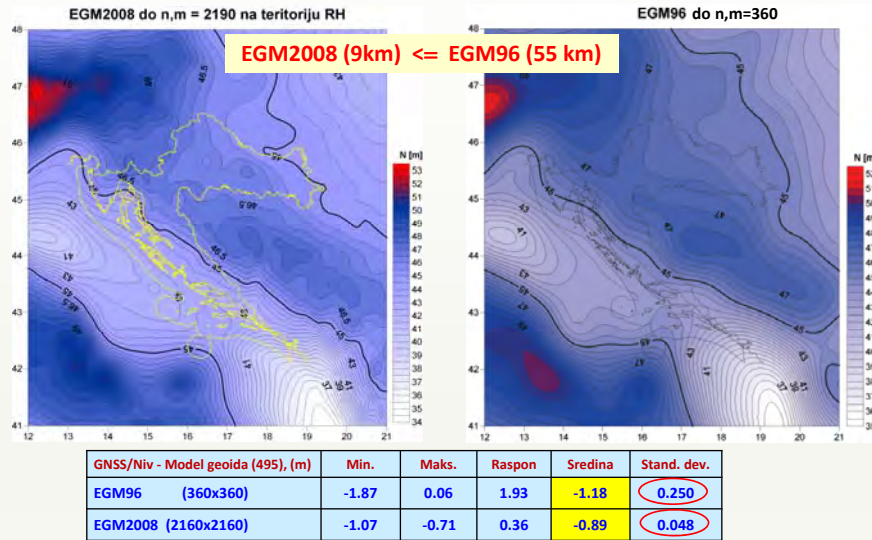
7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

74

74

EGM2008 versus EGM96 u Hrvatskoj



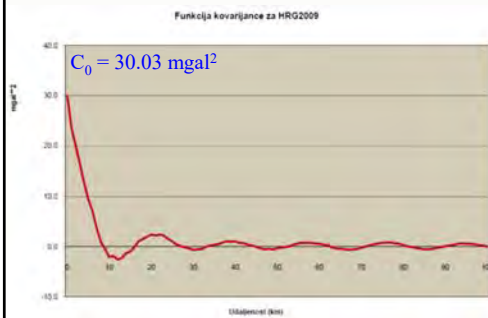
7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

75

75

Kolokacija po najmanjim kvadratima (LSC)



$$C(s) \equiv \text{cov}_s \{ \Delta g \} = M \{ \Delta g \Delta g^1 \}$$

$$C_g(P, Q) = A \sum_{n=3}^{\infty} \frac{n-1}{(n-2)(n+B)} S^{n+2} P_n(\cos \psi)$$

Reducirana opažanja (remove):

$$x_i = L_i(T) - L_i(T_{EGM}) - L_i(T_{RTM}) + n_i \quad (1)$$

LSC definira aproksimaciju:

$$\tilde{T}'(P) = C_P^T (C + D)^{-1} x \quad (2)$$

Resultat (restore):

$$L_j(\tilde{T}) = L_j(\tilde{T}') + L_j(T_{EGM}) + L_j(T_{RTM}) \quad (3)$$

gdje su linearni funkcionali:

$$\zeta = \frac{T}{\gamma} \quad ; \quad \Delta g = -\frac{\partial T}{\partial r} - \frac{2}{r} T \quad (4)$$

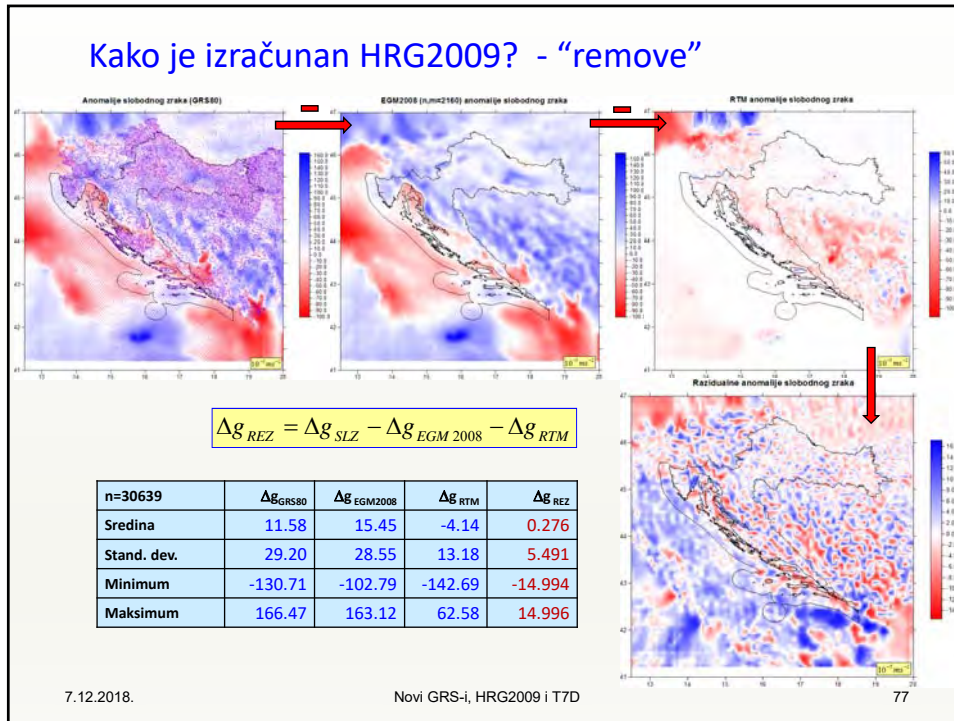
$$\xi = \frac{1}{r\gamma} \frac{\partial T}{\partial \varphi} \quad ; \quad \eta = -\frac{1}{r\gamma \cos \varphi} \frac{\partial T}{\partial \lambda}$$

7.12.2018.

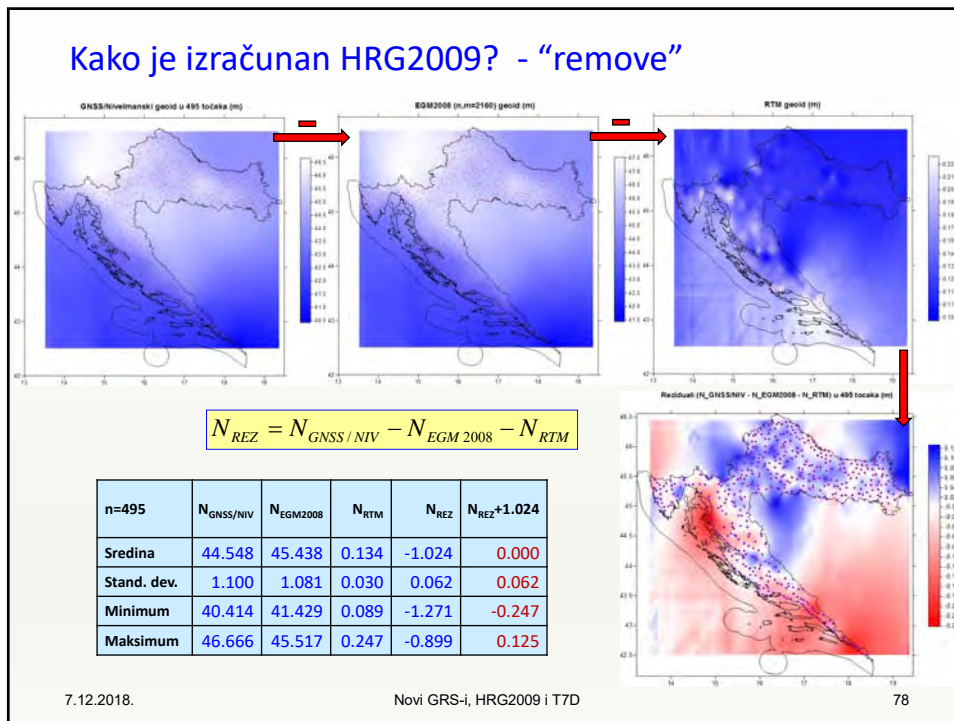
Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

76

76

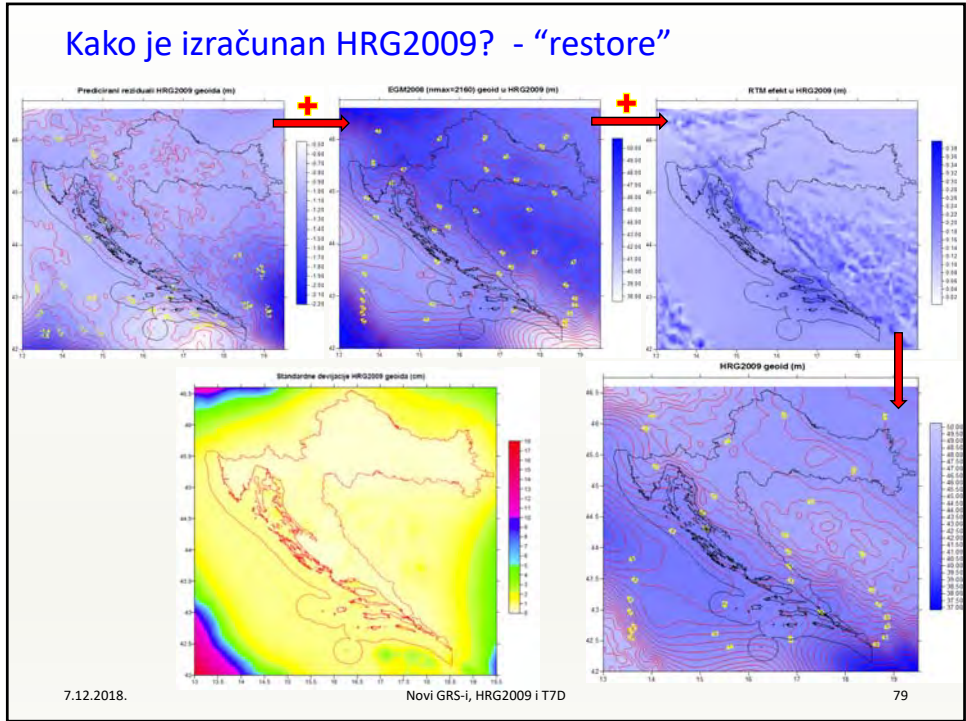


77



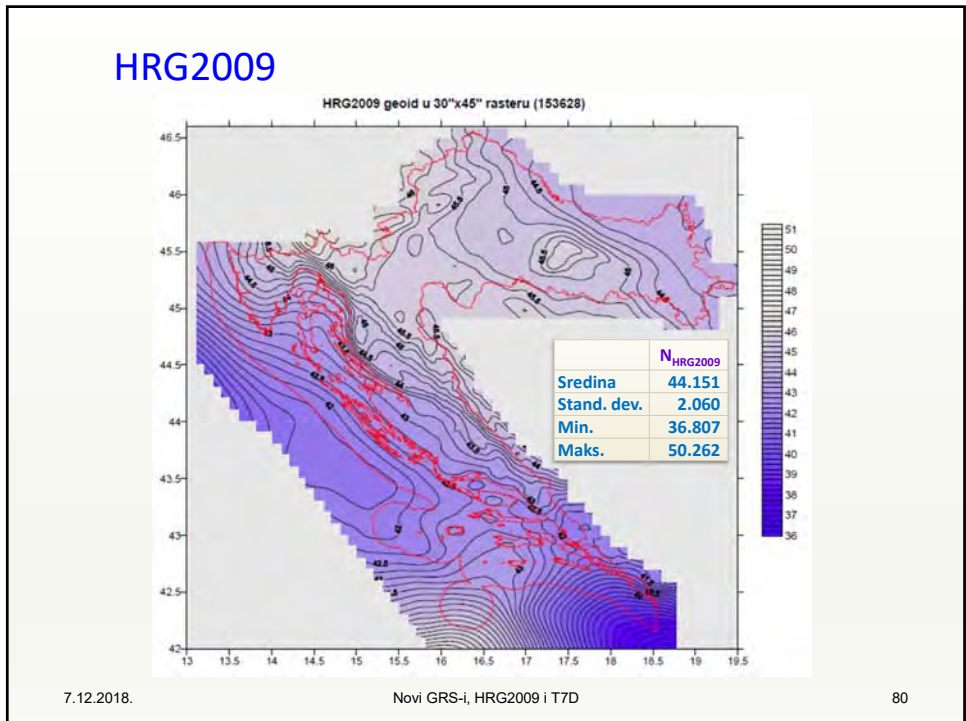
78

Kako je izračunan HRG2009? - "restore"

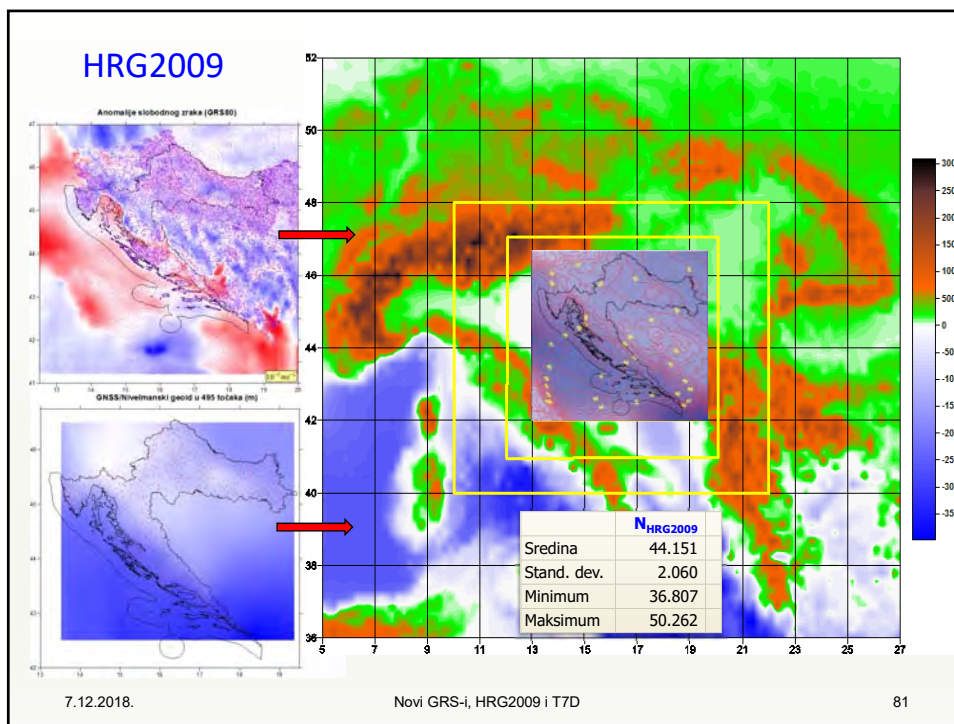


79

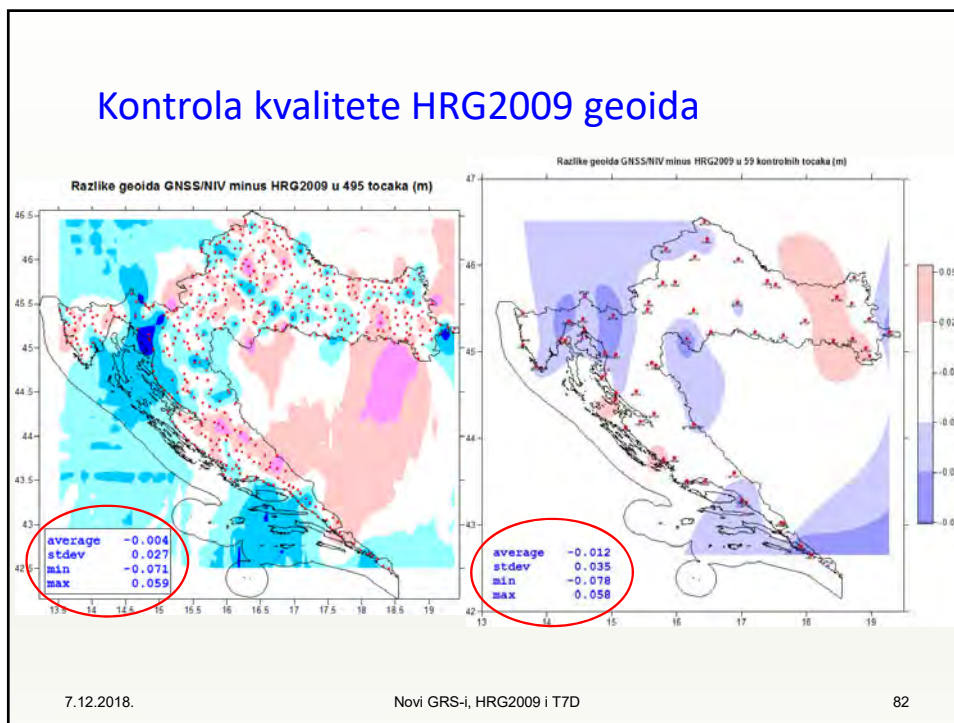
HRG2009



80

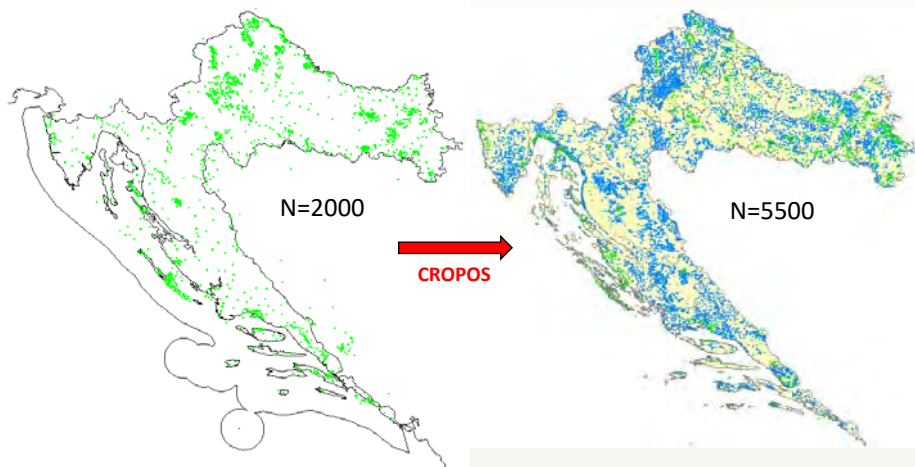


81



82

DGU progušćenje točaka za transformaciju 2009. godine



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

83

83

Grubo pogrešne točke u bazi DGU

Tablica 3.3: Popis grubo pogrešnih trigonometara u bazi stalnih geodetskih točaka DGU
(neslaganje veće od 1 km)

No.	Station	X (m)	Y (m)	Z (m)	N-S (m)	E-W (m)	Height (m)
8	1009644	-624.70	1169.67	333.52	427.47	1298.00	45.56
429	1014135	59.97	3959.87	-1099.71	-1586.29	3791.74	.85
648	1024551	-8768.83	-2785.54	8988.93	12862.83	6.34	12.83
935	1000151	-1278.86	-375.67	1286.12	1852.20	9.46	.25
1587	1011094	-44.02	-2030.41	618.28	853.23	-1943.65	31.57
1639	1010713	-272.95	974.08	-8.30	-11.59	1011.57	-.38
2413	1014156	-7116.58	-4521.21	7732.18	11185.97	-2397.11	-39.88
2421	1014145	-1330.81	3012.24	461.07	646.92	3261.66	16.69
2497	1014937	16338.95	1309.50	-15799.14	-22588.06	-2831.95	219.91
2524	1014772	7644.69	-2055.60	-6693.95	-9599.84	-3912.37	110.27
2601	1011825	-2062.39	-2098.81	2359.42	3474.38	-1466.10	-67.44
2645	1011341	-1056.35	3779.16	4.82	5.93	3924.02	.92
2929	1018136	5882.92	-23676.76	1469.14	1478.24	-24388.76	599.25
3107	1019969	-3879.85	21478.82	-1500.37	-2086.54	21778.17	-43.38
3359	1021293	34.85	-3909.73	1219.63	1591.52	-3770.39	160.96
3601	1021739	3193.45	-12748.11	11.05	2.93	-13142.01	12.71
3989	1023836	194.54	2046.69	-734.85	-1064.83	1905.32	52.06
4152	1020682	6840.65	1843.58	-7030.88	-9979.72	178.06	6.66
4994	1010144	-85.38	1009.97	-230.15	-326.31	986.82	-.04

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

84

84

Grubo pogrešne točke u bazi DGU ...

Tablica 3.4: Popis grubo pogrešnih trigonometara u bazi stalnih geodetskih točaka DGU
(neslaganje veće od 100 m i manje od 1000 m)

No.	Station	X (m)	Y (m)	Z (m)	N-S (m)	E-W (m)	Height (m)
62	1009803	7.35	100.35	-34.10	-48.55	94.49	-.29
66	1009907	-598.61	-37.77	583.25	829.90	105.88	-.51
73	1009886	341.39	737.64	-526.70	-736.94	628.47	-1.46
989	1001023	702.90	-123.11	-682.82	-938.63	-306.97	-14.72
1633	1010716	-251.44	-67.64	248.88	360.17	4.55	-.49
3279	1015860	-59.52	-227.77	131.78	180.53	-200.48	.70
3342	1021308	436.85	-286.10	-339.75	-482.05	-394.57	-7.69
3460	1022376	-85.56	-90.01	103.09	147.29	-66.01	-.43
3468	1022353	83.95	91.53	-102.20	-145.82	67.88	.23
4361	1030241	78.40	-289.86	.12	-.08	-300.28	.25
4593	1031608	-142.70	-534.04	309.72	436.90	-458.91	1.12
4968	1009643	-154.85	-110.54	197.79	266.42	-64.17	14.68
4970	1009653	107.41	26.71	-107.61	-154.25	-6.12	-.37

Tablica 3.5: Popis grubo pogrešnih trigonometara u bazi stalnih geodetskih točaka DGU
(neslaganje veće od 10 m i manje od 100 m)

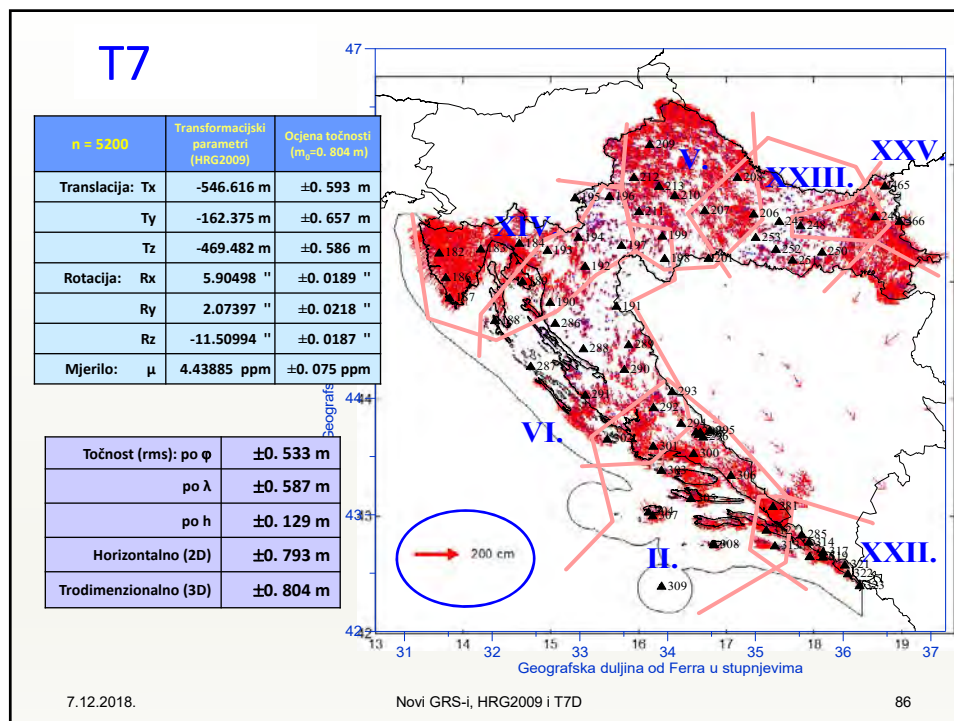
No.	Station	X (m)	Y (m)	Z (m)	N-S (m)	E-W (m)	Height (m)
5	1009637	-48.98	-31.80	58.10	80.52	-17.31	1.36
7	1009641	-8.18	19.19	3.01	4.03	20.69	.28
12	1009670	.51	-9.75	2.98	3.88	-9.43	.37
14	1009702	6.11	7.75	-9.19	-12.24	5.64	-.29
34	1009728	-30.25	-34.67	38.10	54.98	-23.34	-.47
36	1009725	10.63	-47.83	4.05	6.27	-48.77	-.45
55	1009786	-33.06	7.35	27.73	40.56	16.45	-.60
...							

7.12.2018.

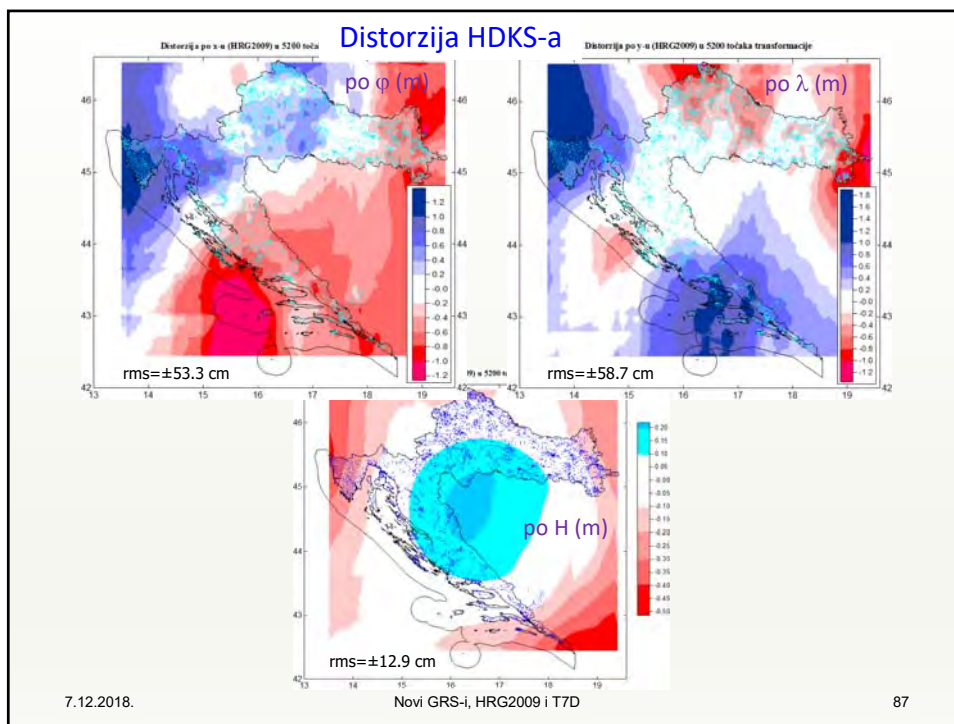
Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

85

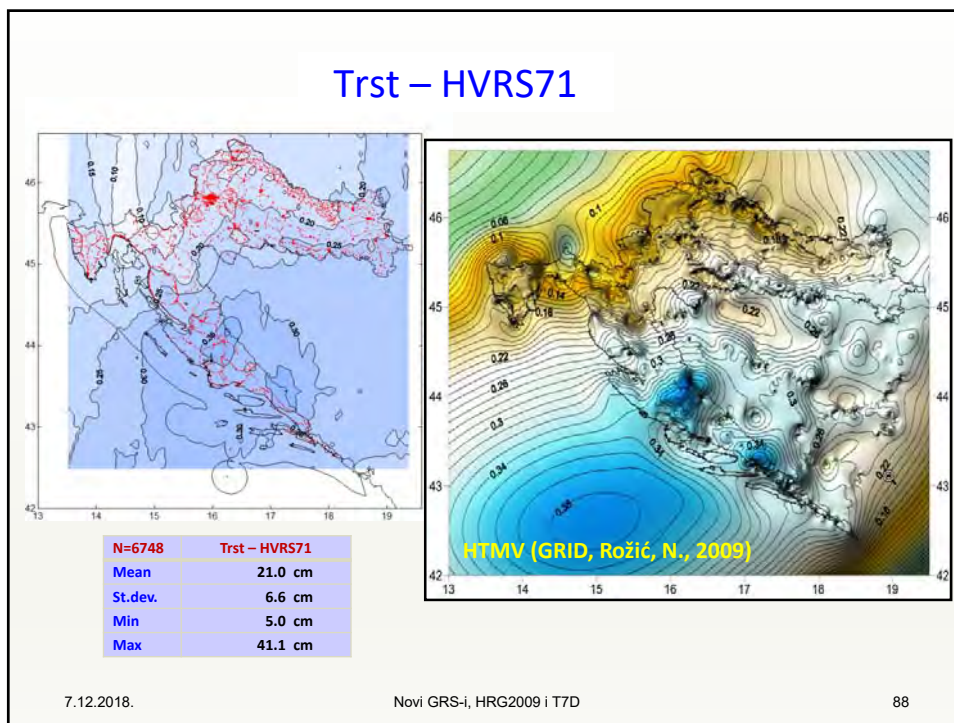
85



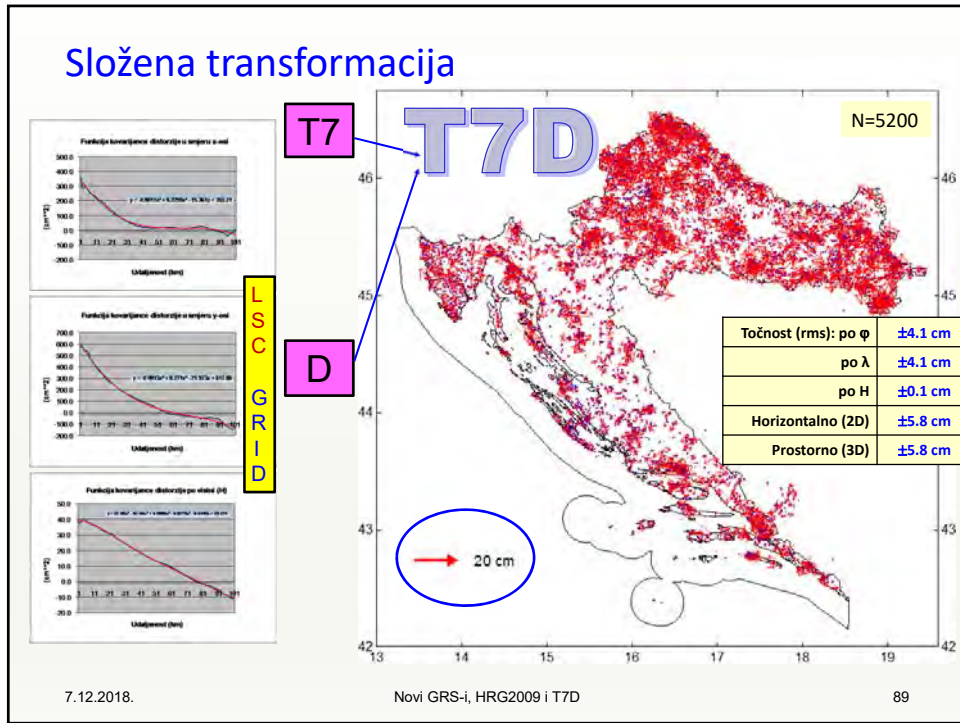
86



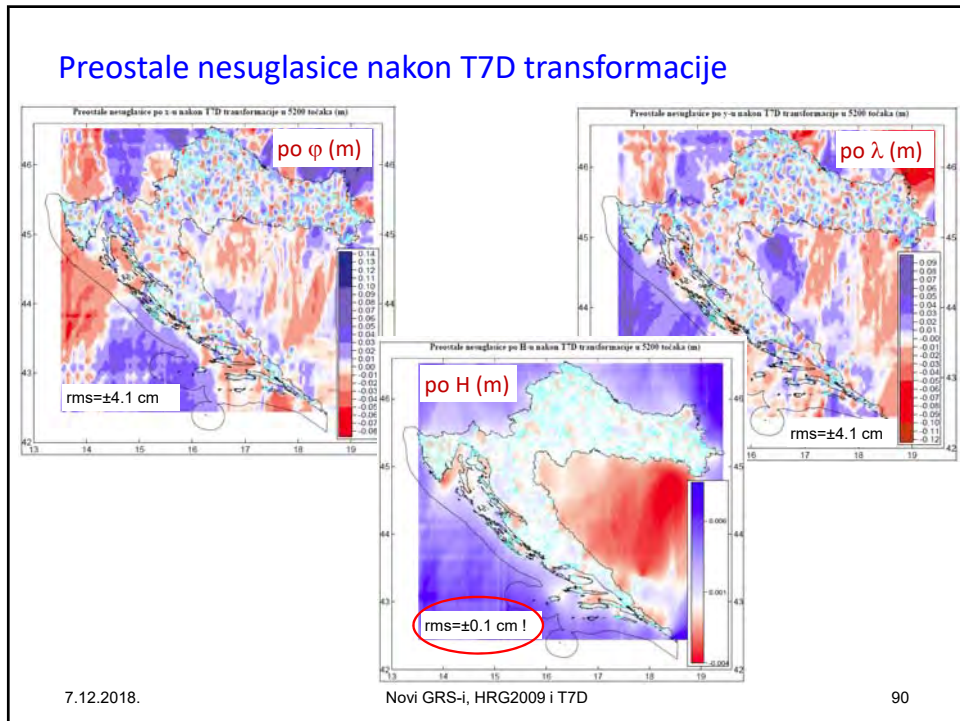
87



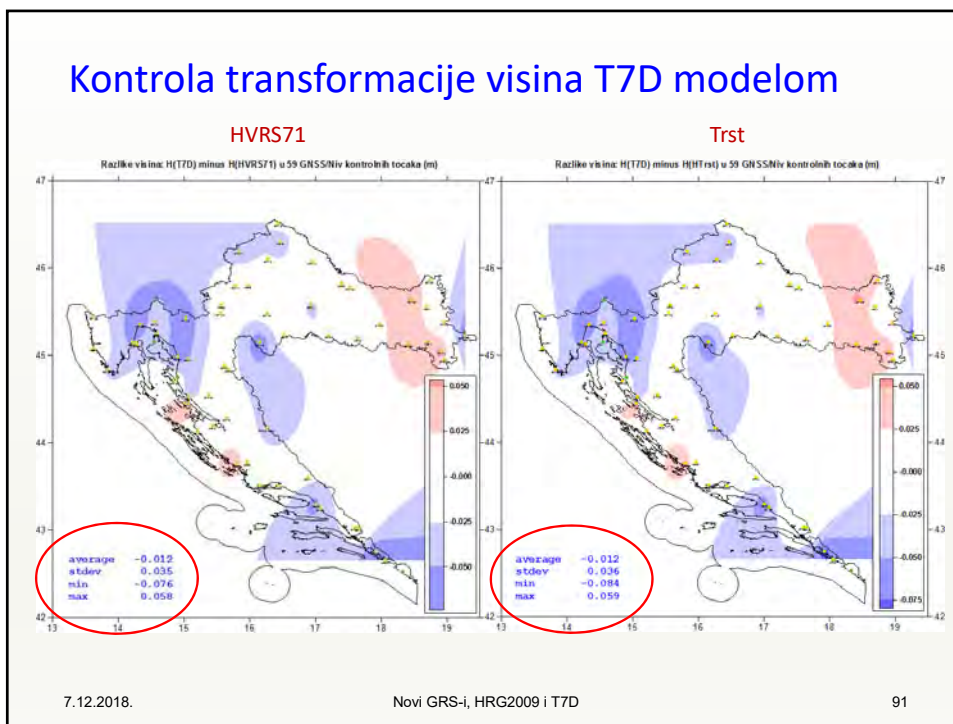
88



89



90



91

T7D kompjutorski program za transformaciju

Medudatumske transformacije:

a) HTRS96	a) ravninske koordinate
b) HDKS	b) elipsoidne DMS (stupnjevi minute sekunde)
c) ETRS89	c) elipsoidne DEG (decimalni stupnjevi)
d) ITRF2000	d) elipsoidne GON (grad/goni)
e) ITRF2005	e) kartezijeve XYZ
f) ITRF94_96_97	

a) Jednostavna lista
b) Formatirana lista
c) Detaljna lista

Primer detaljne liste:

```

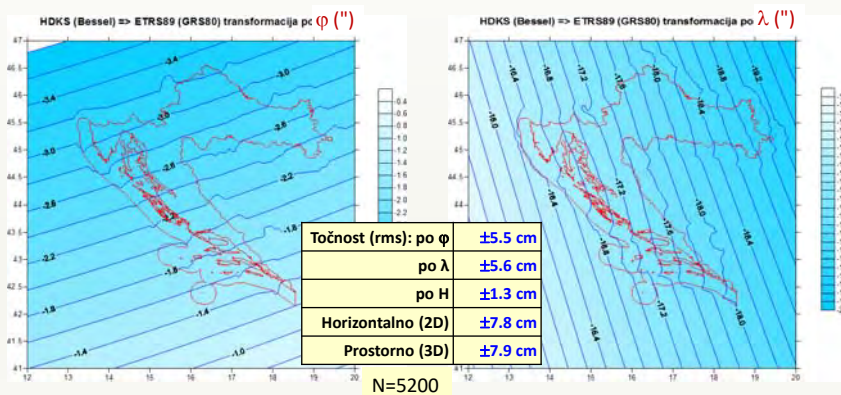
.....
* ODRZAK:.....
* INFORMISAN:.....
* DRZAVNA ORGANIZACIJA:.....
* JAKOŠĆ:.....
* PROGRAM:.....
.....
Točka: FI (ETRS89)  N (ETRS89)  E (ETRS89)  FI (HDKS)  a (DMS)  H (HVRS71)
           LA (ETRS89)  LA (ETRS89)  W (HDKS)  LA (HDKS)  p (DMS)  B (DMS)
0726_DMS  48 48 38.861882  172046.807  142.327  48 48 42.842382  626842.835  38.224
           19 09 42.140724  -629210.821  44.104  19 09 20.478289  6812977.488  38.424
0726_HRS  48 08 33.823421  1510588.294  230.144  48 08 34.888129  6261020.679  134.882
           17 04 01.999289  849918.940  48.212  17 04 20.197002  6470228.034  138.147
0727_HRS  48 34 42.895144  804942.134  243.979  48 34 43.709930  6048418.301  223.897
           18 24 12.628420  -674489.299  43.683  18 24 10.214980  5544972.813  223.641
0728_HRS  48 09 54.214211  802099.224  144.076  48 09 14.471217  6011310.892  101.490
           19 42 42.041442  678889.192  44.563  19 43 00.801888  6864340.424  101.949
0729_HRS  44 01 55.763040  497824.634  80.033  44 01 54.474944  4949460.247  37.283
           18 01 44.149329  230204.142  43.279  18 01 02.446024  849192.468  37.437
0730_HRS  44 00 51.878317  4946822.848  1448.418  44 00 51.153231  4944813.509  1423.413
           18 02 04.484211  384840.424  44.800  18 02 11.447984  8804217.704  1424.060
            
```

7.12.2018.
Novi GRS-i, HRG2009 i T7D
92

92

T7D položajna transformacija iskazana kao $\Delta\varphi$ i $\Delta\lambda$ pomak

Metoda "Varijabilnog pomaka bloka" je izvedenica T7D transformacije nastala definiranjem promjenljivih vrijednosti parametara pomaka $\Delta\varphi$ i $\Delta\lambda$ po (φ, λ) koordinatama, utvrđenih iz raspoloživih zajedničkih točaka na području Hrvatske (slika). Točnost ove metode transformacije nešto je lošija od originalne T7D transformacije: $\approx \pm 10$ cm.



7.12.2018.

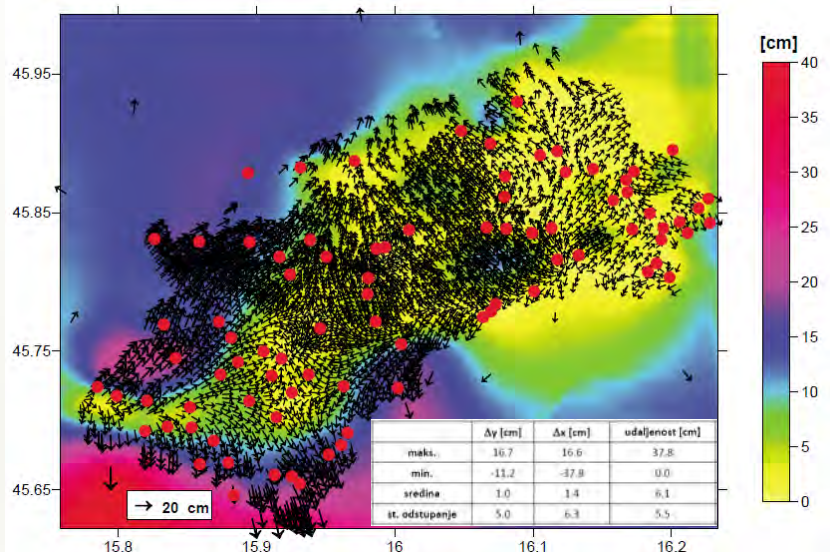
Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

93

93

Usporedba T7D i T7 (Databmo) – bitno znati za praksu!

ZAGREB: položajne razlike (T7D - Databmo)

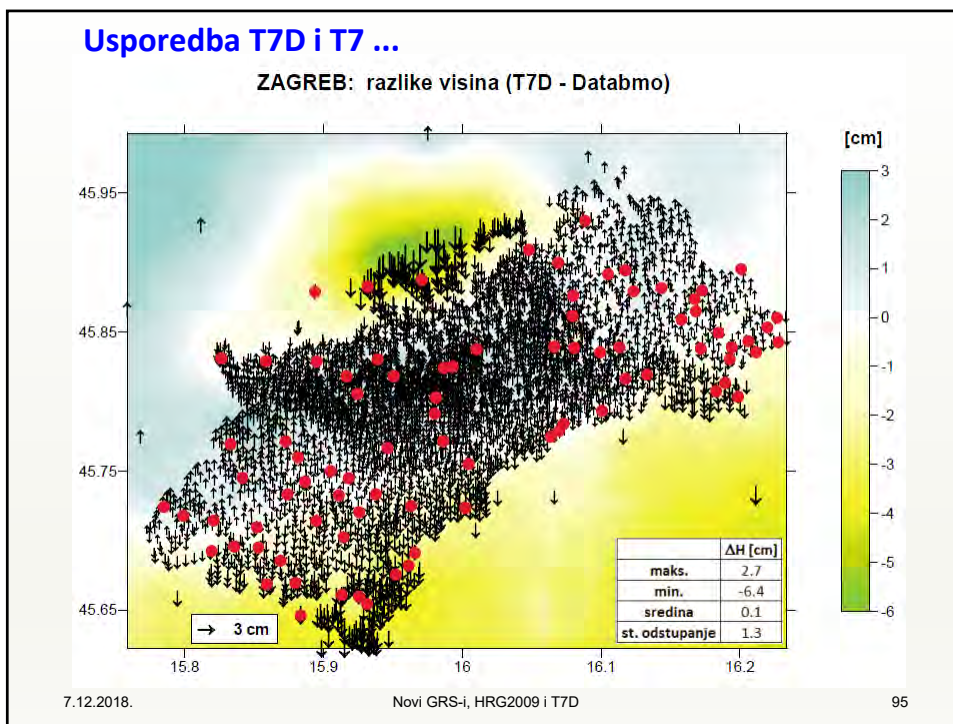


7.12.2018.

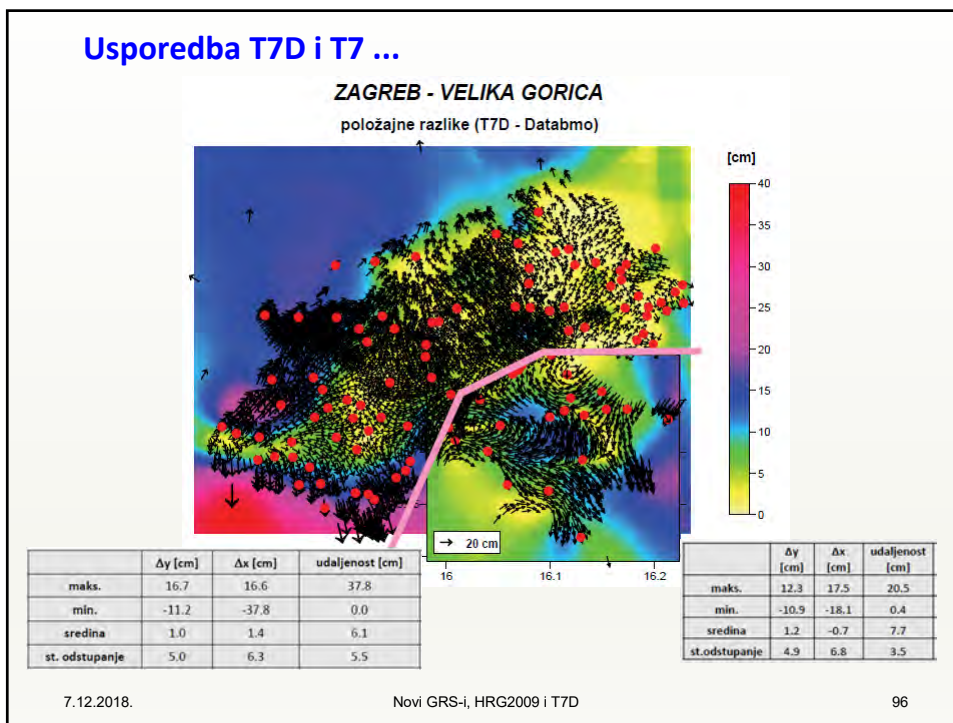
Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

94

94



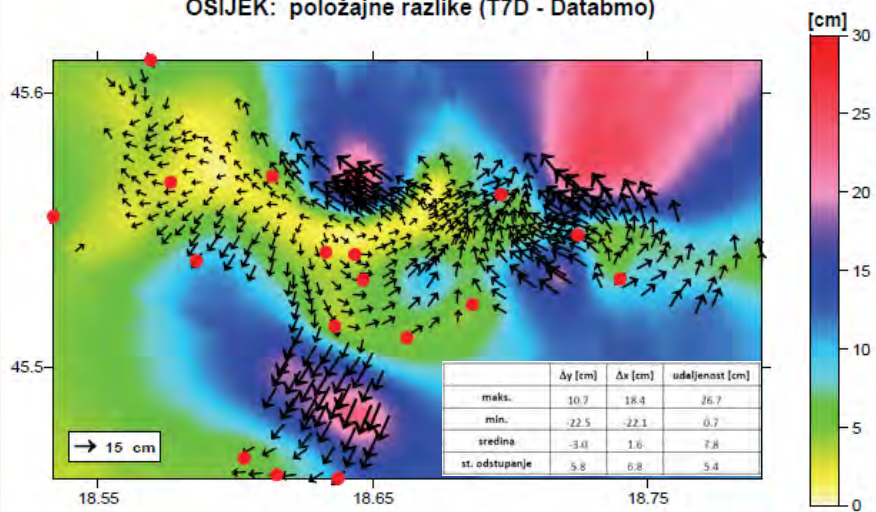
95



96

Usporedba T7D i T7 ...

OSIJEK: položajne razlike (T7D - Databmo)



7.12.2018.

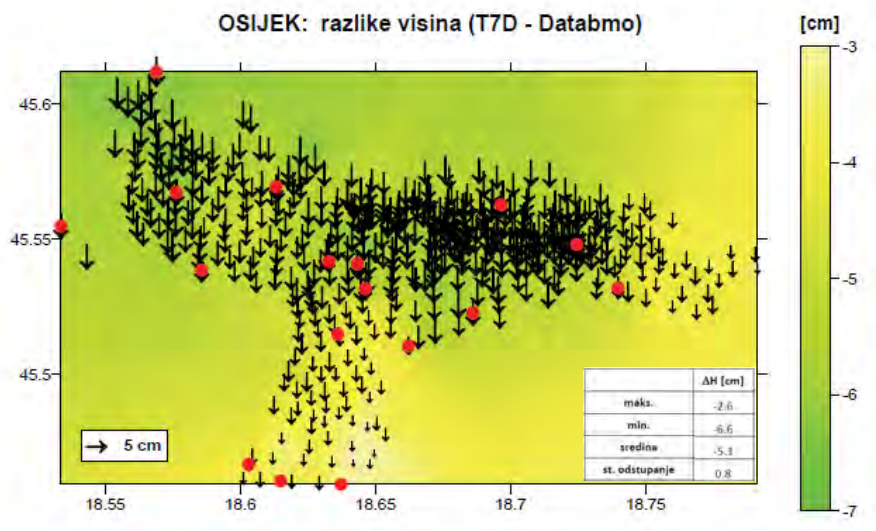
Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

97

97

Usporedba T7D i T7 ...

OSIJEK: razlike visina (T7D - Databmo)



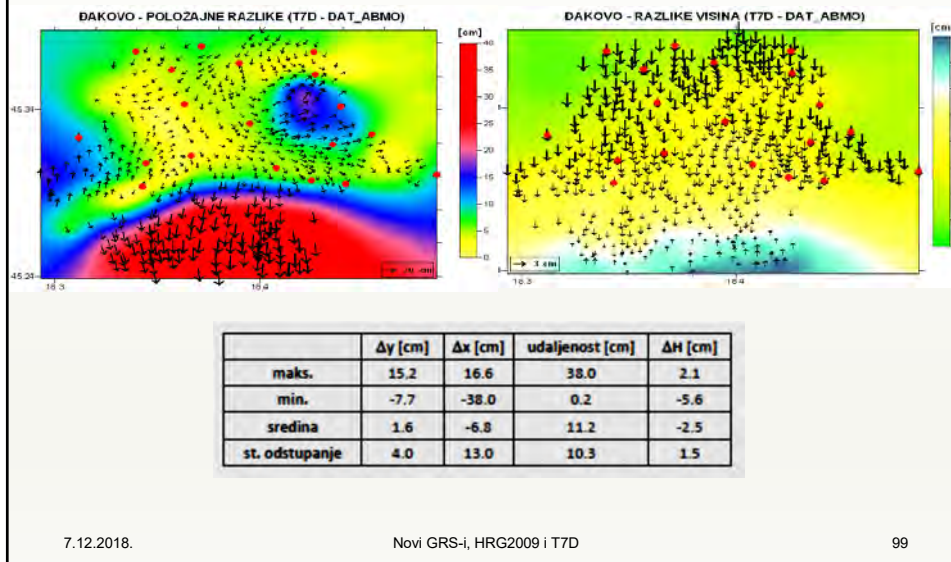
7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

98

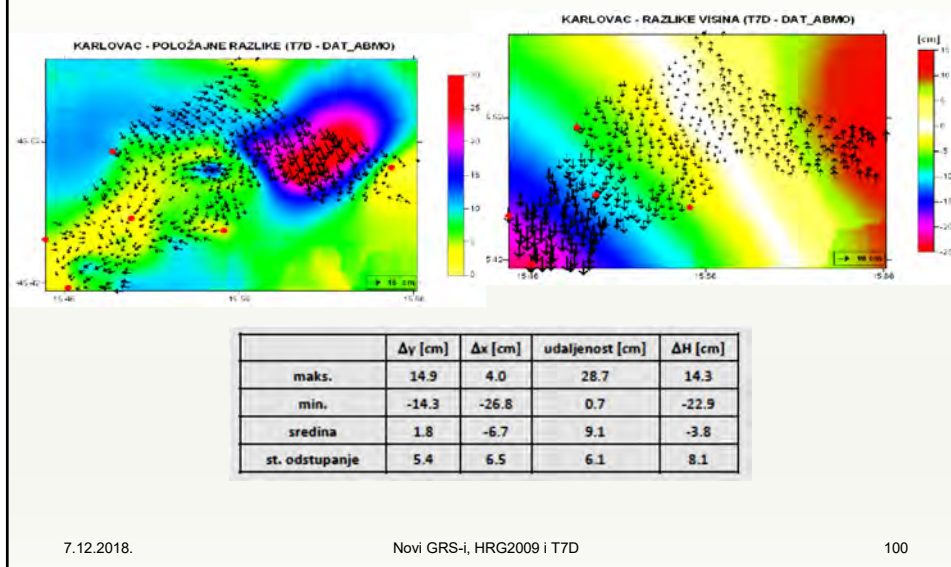
98

Usporedba T7D i T7 ...



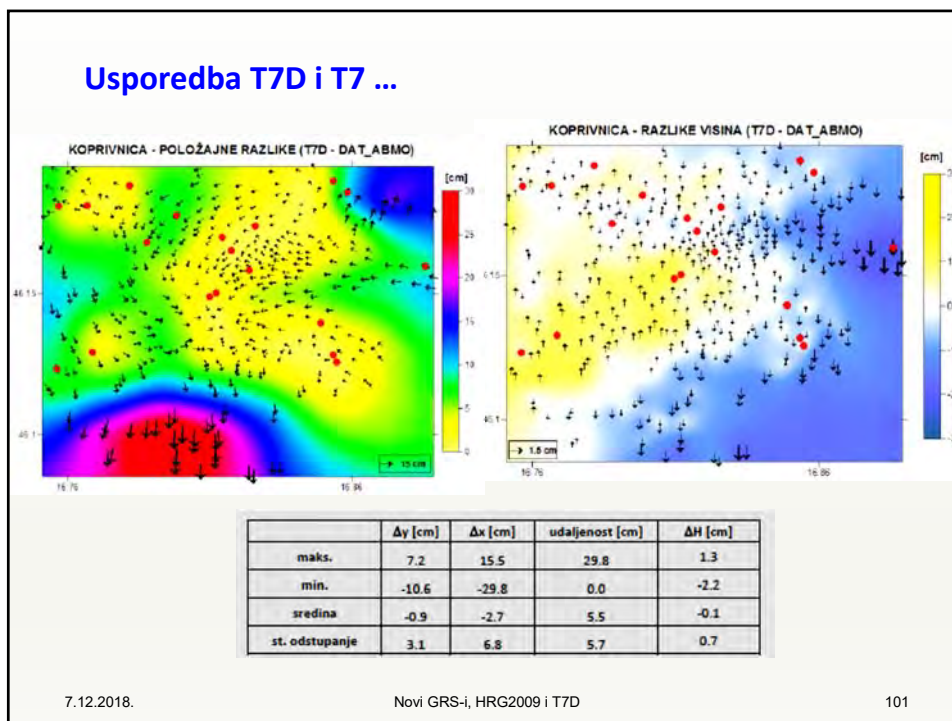
99

Usporedba T7D i T7 ...



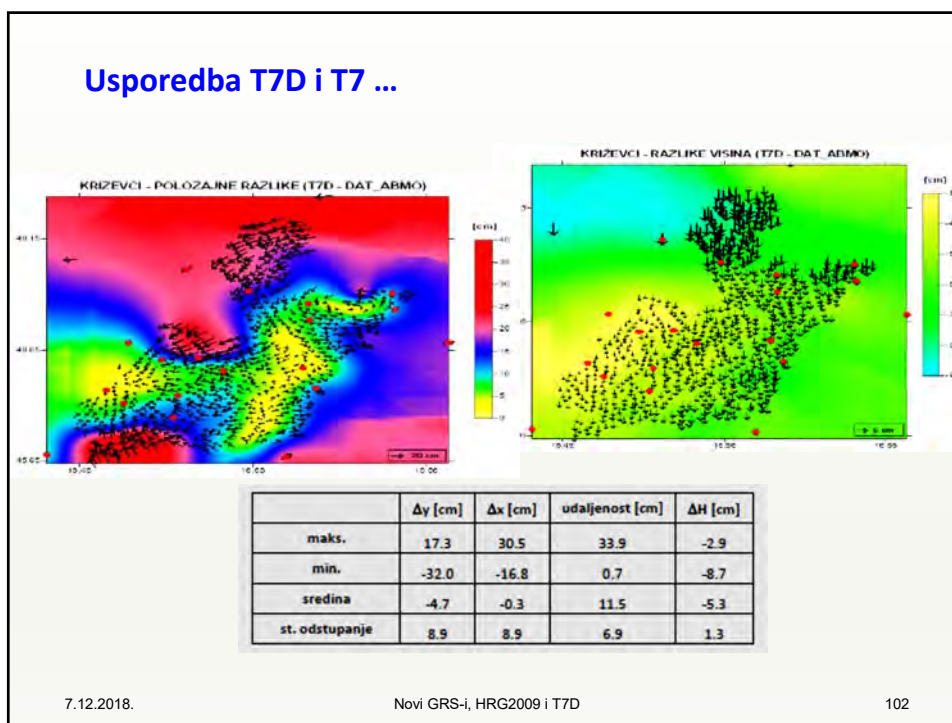
100

Usporedba T7D i T7 ...



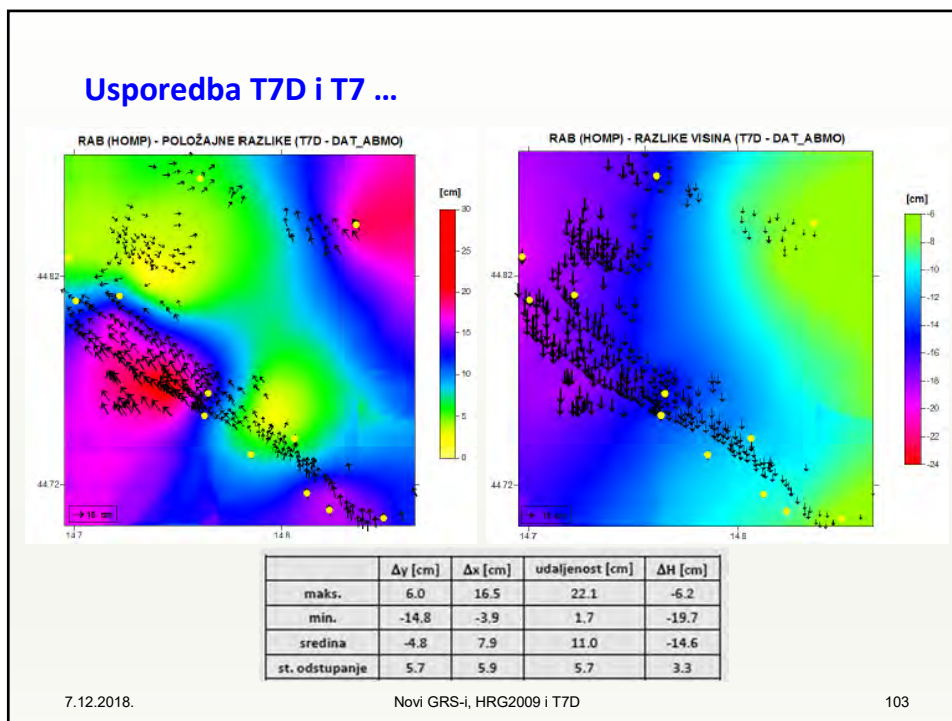
101

Usporedba T7D i T7 ...



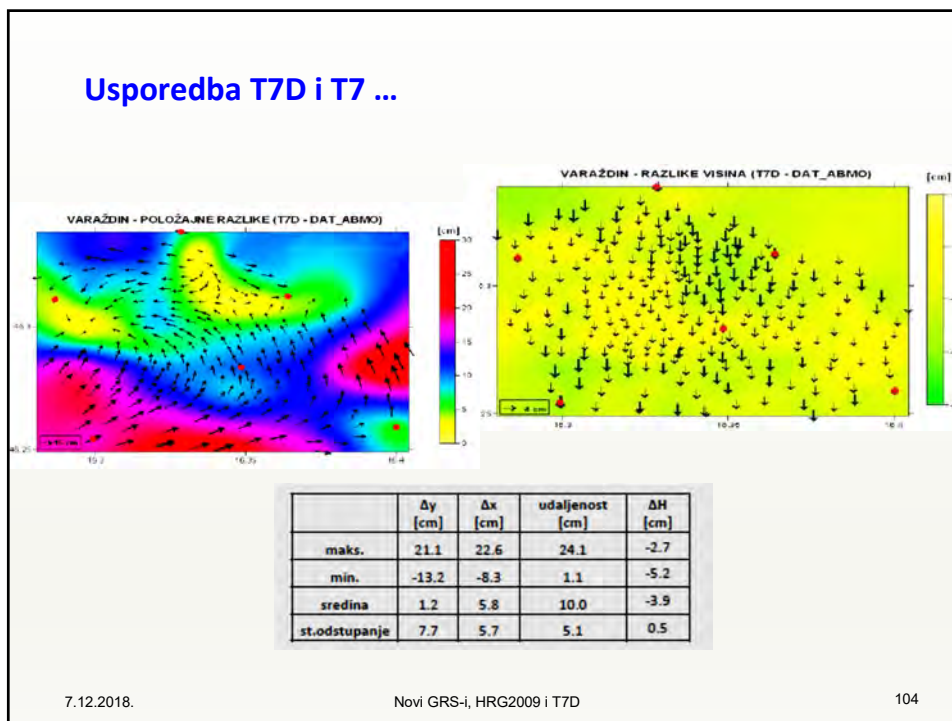
102

Usporedba T7D i T7 ...



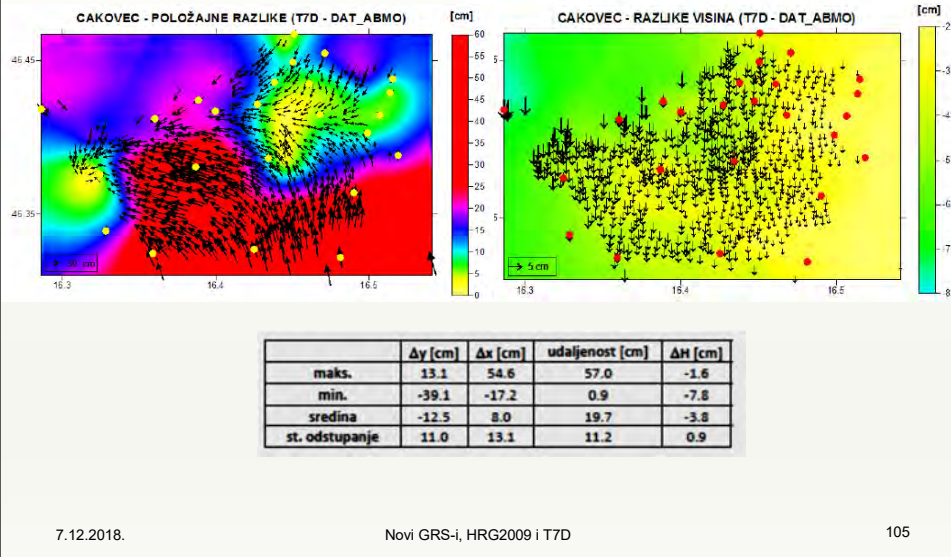
103

Usporedba T7D i T7 ...



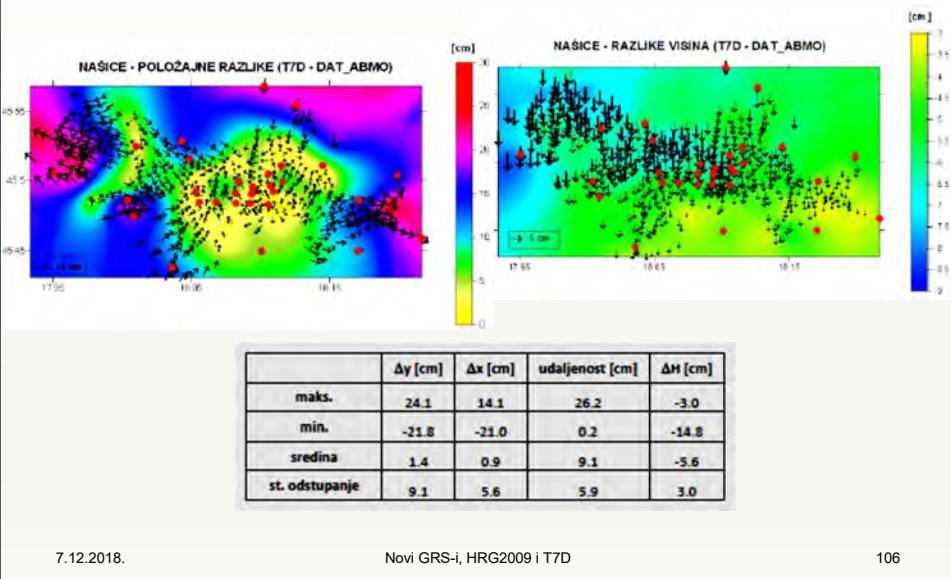
104

Usporedba T7D i T7 ...



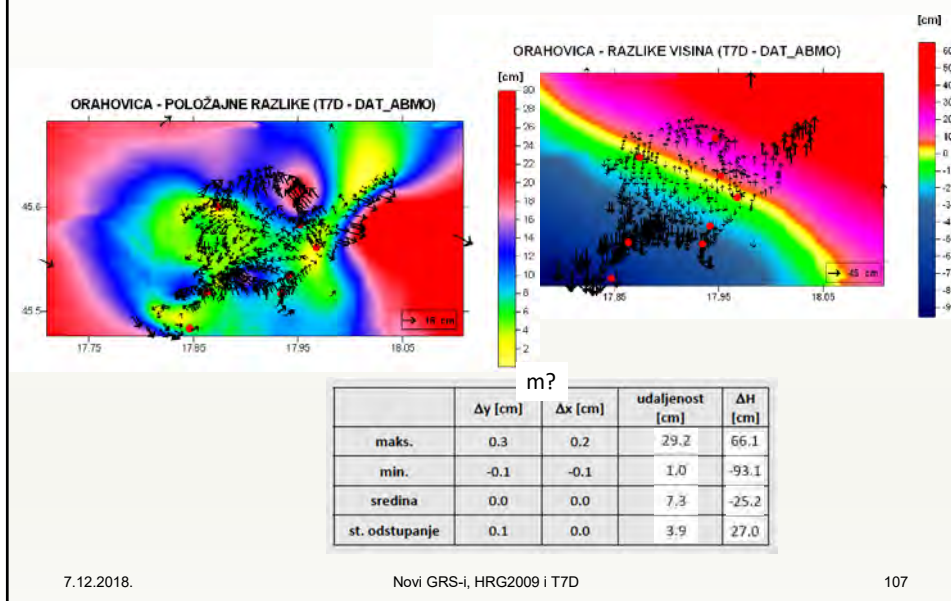
105

Usporedba T7D i T7 ...



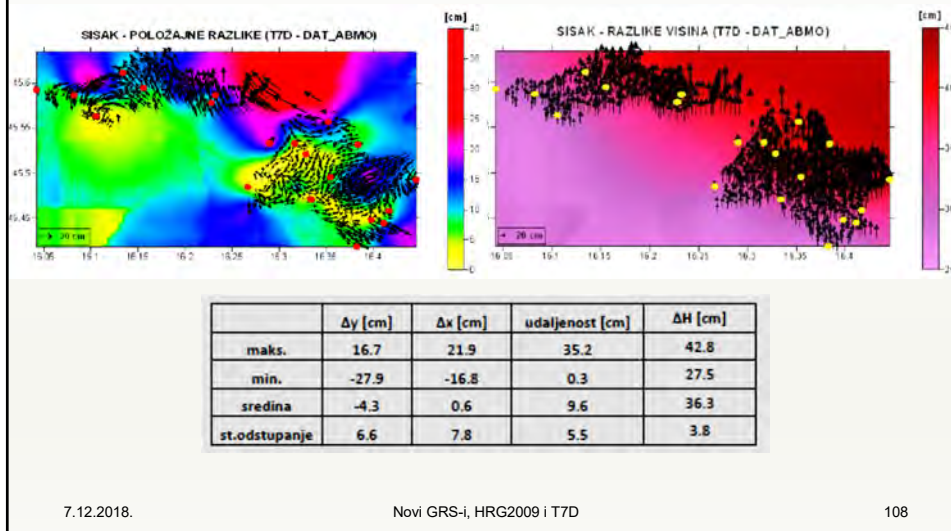
106

Usporedba T7D i T7 ...



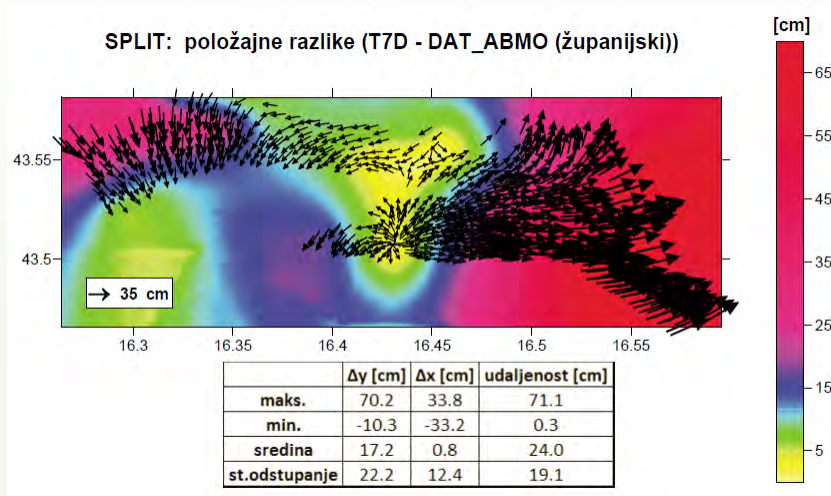
107

Usporedba T7D i T7 ...



108

Usporedba T7D i T7 (županija) ...



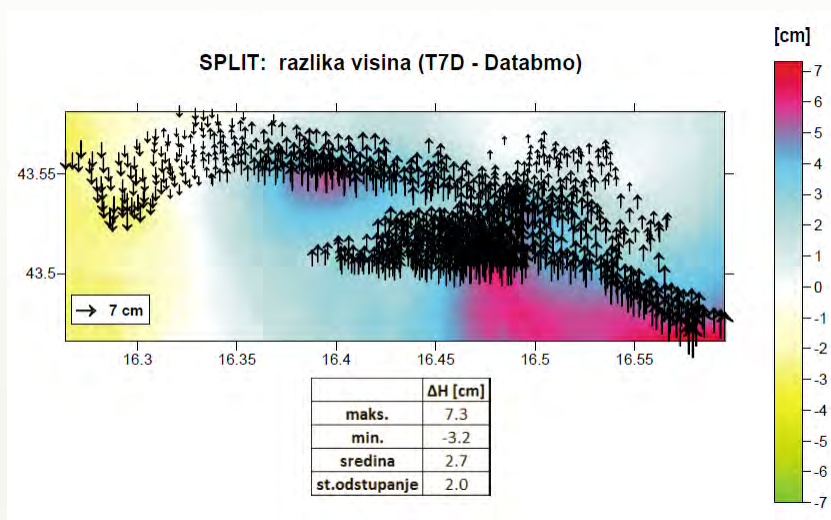
7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

109

109

Usporedba T7D i T7 (županija) ...



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

110

110

Globalni navigacijski satelitski sustavi (GNSS)

Globalni navigacijski satelitski sustavi (GNSS) pružaju autonomno geoprostorno pozicioniranje (određivanje pozicija i brzina gibanja točaka) u globalnom referentnom koordinatnom okviru i s globalnom pokrivenošću.

Najpoznatiji GNSS-i su:

- američki **NAVSTAR GPS** (engl. **NAV**igational **S**atellite **T**ime **A**nd **R**anging **G**lobal **P**ositioning **S**ystem),
- ruski **GLONASS** (rus. **G**lobal'naya **N**avigatsionnaya **S**putnikovaya **S**istema),
- europski **GALILEO**, i
- kineski **BeiDou** (kineski Veliki medvjed, **COMPASS**).



Korišteni elipsoidi	Velika poluos a	Spljoštenost f	GM (x10 ⁹ m ³ s ⁻²)
WGS-84 (GPS)	6 378 137.0 m	1/298.257223563	398 600.4418
PZ-90 (GLONASS)	6 378 136.0 m	1/298.257839303	398 600.4400
GTRF (Galileo)	6 378 137.0 m	1/298.257222101	398 600.4418
CGS2000 (BeiDou)	6 378 137.0 m	1/298.257222101	398 600.4418

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

111

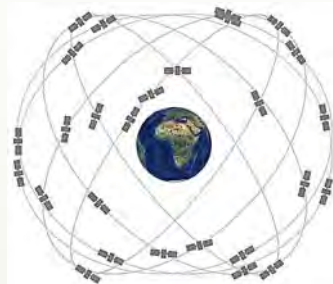
111

Globalni Pozicijski Sustav (GPS) ...

Global Positioning System (GPS) se sastoji od tri segmenta: prostornog, kontrolnog i korisničkog. Američko ratno zrakoplovstvo (U.S. Air Force) razvija, održava i upravlja s dva segmenta: prostornim i kontrolnim.

Prostorni segment GPS-a se sastoji od konstelacije satelita koji emitiraju radio signale korisnicima. SAD se zalaže za održavanje dostupnosti najmanje 24 operativna GPS satelita, 95% vremena. Kako bi se to osiguralo, američke zračne snage su posljednjih nekoliko godina lansirale 31 operativni GPS satelit.

- Trenutno je 31 satelit operabilan, i to 11 blok GPS IIR, 7 blok GPS IIR-M, 12 blok IIF i 1 satelit GPS IIA, dok je 1 satelit GPS IIR-M na održavanju (rezerva)
- Kontinuirano je procjenjivanje zdravlja konstelacije kako bi se utvrdila potreba lansiranja
- Globalne performanse GPS-a za civilne potrebe se održavaju stalno od prosinca 1993.



GPS CONSTELLATION STATUS, 30.10.2018.

Total satellites in constellation	32 SC
Operational	31 SC
In commissioning phase	-
In maintenance	1 SC
In decommissioning phase	-

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

112

Globalni navigacijski satelitski sustav GLONASS

GLONASS je radijski satelitski navigacijski sustav kojim upravljaju Ruske svemirske snage (Russian Space Forces), koji čine:

- 24 satelita u tri orbitalne ravnine prenose signal svaki na jedinstvenoj frekvenciji FDMA (Frequency division multiple access)
- Prvi satelit lansiran je 1982. godine
- Sustav je skoro propao kolapsom Sovjetskog Saveza, pa je nadopunjavanje i modernizacija konstelacije postala glavni prioritet Rusije pod predsjedanjem predsjednika Putina



GLONASS CONSTELLATION STATUS, 30.10.2018.

Total satellites in constellation	26 SC
Operational	24 SC
In commissioning phase	-
In maintenance	1 SC
Under check by the Satellite Prime Contractor	-
Spares	-
In flight tests phase	1 SC

<https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/>

- Točnost GLONASS-a se je znatno poboljšala tijekom proteklih pet godina; približavajući se performansama GPS-a.

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

113

113

Galileo

Galileo je europski vlastiti globalni navigacijski satelitski sustav, nastao kao zajednička inicijativa **Europske svemirske agencije (European Space Agency - ESA)** i **Europske komisije**, koji pruža vrlo točan, zajamčeni servis globalnog pozicioniranja pod civilnom kontrolom. Potpuno raspoloživi Galileo sustav sastojati će se od 24 operabilna satelita plus 6 rezervnih u orbiti, smještenih u 3 kružne MEO (Medium Earth Orbit) orbite na 23 222 km visine iznad Zemlje i pri nagibu orbitalnih ravnina od 56° stupnjeva prema ekvatoru (**prostorni segment**). Početne usluge postale su dostupne krajem 2016. Kako se konstelacija nadograđuje, nove će se usluge testirati i učiniti dostupnima s dovršetkom sustava zakazanog za 2020. godinu.



GALILEO CONSTELLATION STATUS, 30.10.2018.

Total satellites in constellation	26 SC
Operational	18 SC
In commissioning phase	4 SC
In maintenance	2 SC
Spares	-
In flight tests phase	2 SC

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

114

114

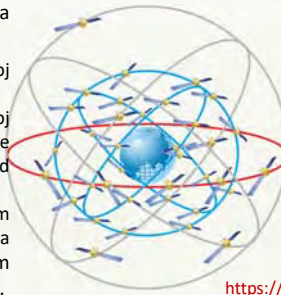
BeiDou sustav (Kompas)

BeiDou ("Northern Dipper", kineski za konstelaciju Veliki medvjed) je koncept za kineski regionalni navigacijski sustav prvi puta uveden 1983., da bi 1989. sustav od dva geostacionarna DFH-2/2A komunikacijska satelita (Twinsat) prošao validaciju u orbiti. Prvi sateliti BeiDou-1A i BeiDou-1B lansirani su u 2000., a BeiDou-1C u 2003.

Satovi BeiDou-1 konstruirani su na temelju DFH-3 geostacionarne komunikacijske platforme. Sustav prve generacije uspješno je pušten u rad **15. prosinca 2003.**, **svrstavši Kinu među tri zemlje koje posjeduju svoje navigacijske satelitske sustave.** U 2006., Kina je službeno najavila razvoj nacionalnog GNSS-a druge generacije, uključujući konstelaciju MEO satelita BeiDou-2 (ili Compass kao alternativni naziv).

Do 2020. god., BeiDou orbitalna konstelacija će uključivati 35 satelita:

- 5 BeiDou-G satelita u geostacionarnoj orbiti (GEO)
- 27 BeiDou-M satelita u srednjoj orbitalnoj orbiti (MEO), u tri ravnine na visini od 21528 km i nagibom od 55° prema ekvatoru
- 3 BeiDou-I satelita u nagnutim geosinkronim orbitama (IGSO) na visini od 35786 kilometara i nagibom od 55° prema ekvatorijalnoj ravnini.



BEIDOU CONSTELLATION STATUS
30.10.2018.

Total satellites in constellation	34
SV is included in operational orbital constellation	17
SV is not included in operational orbital constellation	17

<https://www.glonass-iac.ru/en/BEIDOU/>

7.12.2018.

Novi GRS-I, HRG2009 i T7D

115

115

Povećani satelitski sustavi (SBAS)

SBAS (Satellite-Based Augmentation Systems) su regionalni povećani (prošireni) satelitski navigacijski sustavi, koji nadopunjuju američki GPS kako bi korisnicima pružili informacije s još većom pouzdanošću i integritetom (poboljšani sustavi).

➤ Povećani sustav za široka područja (Wide Area Augmentation System - WAAS)

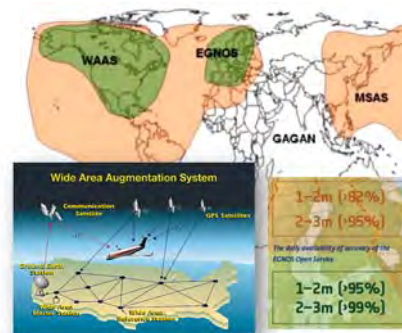
- Sa sustavom koje je naručen 2003. godine, upravlja američka Federalna zrakoplovna uprava (Federal Aviation Administration - FAA), kako bi omogućila navigaciju zrakoplova u zračnom prostoru SAD-a.

➤ Europski geostacionarni navigacijski sustav prekrivanja (European Geostationary Navigation Overlay System - EGNOS)

- Tri geostacionarna satelita i mreža zemaljskih stanica povećavaju od 2009. godine GPS satelitski navigacijski sustav u Europi.

➤ MSAS - Japanski povećani višenamjenski satelitski sustav za zrakoplovstvo, u upotrebi od 2007.

➤ GAGAN - Indijski GPS i Geo-prošireni navigacijski sustav, implementiran u 2008.



7.12.2018.

Novi GRS-I, HRG2009 i T7D

116

116

CROPOS 2018. (od 2008. 30 → 43 → 51)

Republika Hrvatska (Državna geodetska uprava) je 9. prosinca 2008. godine implementirala proširenje GPS-a i GLONASS-a, koje se naziva **Hrvatski pozicijski sustav – CROPOS (CROatian P OSitioning System)**.

CROPOS servisi	Metoda rješenja	Prijenos podataka	Točnost	Format podataka
DPS	umreženo rješenje kodnih mjerenja u realnom vremenu	Wireless Internet (GPRS/UMTS), NTRIP protokol	30 do 50 cm	RTCM
VPPS	umreženo rješenje faznih mjerenja u realnom vremenu	Wireless Internet (GPRS/UMTS), NTRIP protokol, GSM	2 cm (2D) 4 cm (3D)	RTCM
GPPS	post-processing	Internet (FTP, e-mail)	1 cm (2D, 3D)	RINEX

7.12.2018. Novi GRS-i, HRG2009 i T7D 117

117

CROPOS (www.cropos.hr)

33 – CROPOS, 7 – SIGNAL, 4 – GNSSnet.hu
2 – MontePOS, (3 + 2) – FBHPOS i SRPOS → zbog terenskih i infrastrukturnih (ne)mogućnosti sama CROPOS mreža nije mogla ostvariti.

Referentni okvir CROPOS-a ⇒ ETRF2000 (R05) e2008.83 (7x24 h sesija, GPSW: 1503

$$\sigma_{\phi} = 1.1 \text{ mm}, \sigma_{\lambda} = 1.2 \text{ mm}, \sigma_h = 3.4 \text{ mm}.$$

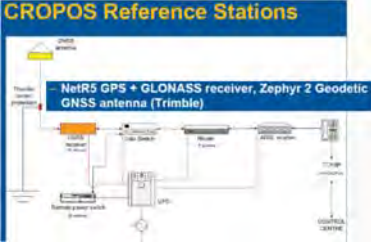
7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

118


118

CROPOS – hardware i software




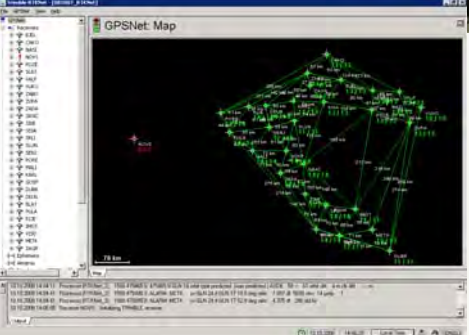
CROPOS Reference Stations

NetRS GPS + GLONASS receiver, Zephyr 2 Geodetic GNSS antenna (Trimble)



CROPOS Control Centre





7.12.2018.
Novi GRS-i, HRG2009 i T7D
119

119

Nadogradnja CROPOS sustava 2011.

- Implementacija modela T7D i HRG2009 u CROPOS – VPPS sustav koja omogućuje preračunavanje/transformaciju koordinata u realnom vremenu (Trimble Transformation Generator – TTG software, RTCM 3.1):
 - **ETRS89 > HTRS96/TM (GRS80, HVRS71)**
CROPOS_VRS_HTRS96 – undulacija geoida HRG2009
 – službeno u upotrebi **od 3. siječnja 2011. godine**
 - **ETRS89 > HDKS (Bessel, Trst)**
CROPOS_VRS_HDKS – transformacija između geodetskih datuma i visinskih sustava
 – službeno u upotrebi **od 18. srpnja 2011. godine**

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i
T7D

120

120

Nadogradnja CROPOS sustava 2011. ...

- Server za transformaciju (2)
- Trimble Transformation Generator (TTG)

Input podaci za TTG:

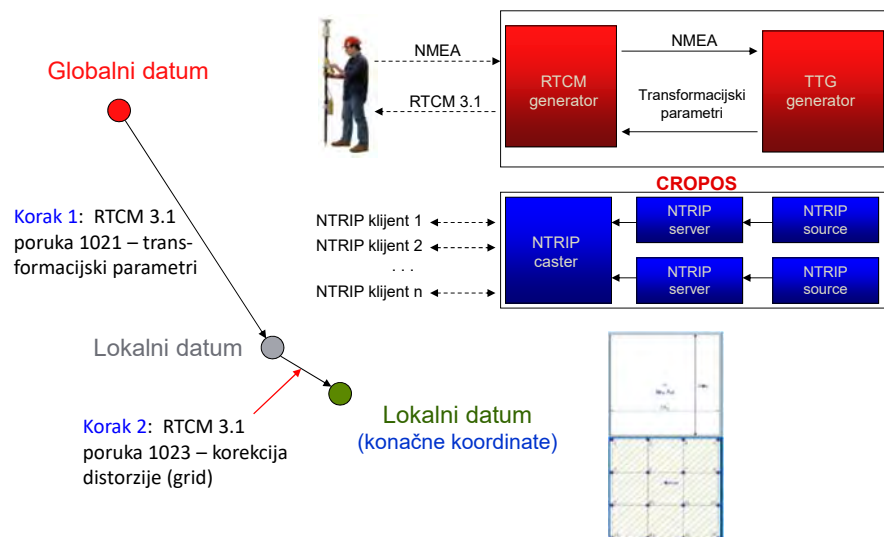
- **CROPOS_VRS_HTRS96**
 - Polazni elipsoid GRS80 => Ciljni elipsoid GRS80 (a,b)
 - Transformacijski parametri (7P = 0.0)
 - Grid datoteka: Geoid u HVRS71 (undulacije N)
Distorzija (korekcije = 0.0)
- **CROPOS_VRS_HDKS**
 - Polazni elipsoid GRS80 => Ciljni elipsoid Bessel (a,b)
 - Transformacijski parametri (7P: Tx,Ty,Tz,m,Rx,Ry,Rz)
 - Grid datoteke: Geoid u „Trst“ (undulacije N)
Distorzija (korekcije u x i y smjeru)

Novi GRS-i, HRG2009 i
7.12.2018.

121

121

Tijek podataka u CROPOS-u



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

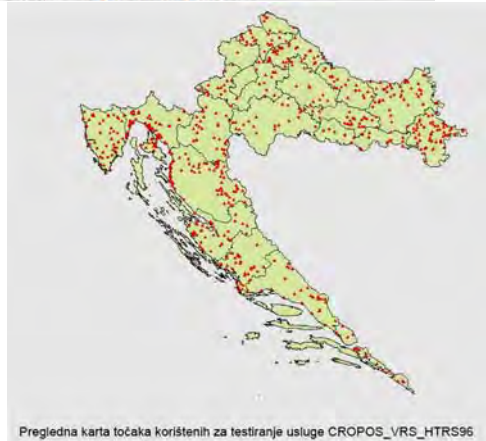
122

122

Testiranje CROPOS_VRS_HTRS96 usluge

Testiranje **CROPOS_VRS_HTRS96** usluge uspješno je obavljeno u suradnji sa Područnim uredima za katastar u razdoblju od 20. rujna do 10. prosinca 2010. godine na 604 kontrolne točke. Kontrola nove usluge obavljena je usporedbom on-line rezultata i korištenjem HRG2009 geoida u T7D modelu. Razlike dobivenih ortometrijskih visina (on-line vs post-processing) su slučajnog karaktera (0 mm, +1 mm ili -1 mm) što u potpunosti zadovoljava za praktičnu primjenu.

CROPOS izmjera trigonometara za testiranje CROPOS_VRS_HTRS96 usluge i T7D modela		
PUK	Točaka u reviziji	Točaka izmjereno
Bjelovar	23	16
Gospić	60	56
Varaždin	28	18
Virovitica	27	14
Čakovec	33	7
Sisak	21	17
Koprivnica	40	28
Osijek	47	33
Krapina	0	0
Požega	35	26
Pula	27	27
Zagreb	30	22
Zadar	68	32
Sl. Brod	17	11
Vukovar	63	60
Karlovac	31	31
Rijeka	55	53
Šibenik	31	28
Split	15	15
Dubrovnik	22	14
OGR - nisu trig.	0	107
Ukupno:	673	604



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

123

123

Testiranje CROPOS_VRS_HDKS usluge

Testiranje **CROPOS_VRS_HDKS** usluge uspješno je obavljeno u suradnji sa Područnim uredima za katastar u razdoblju od 1. travnja do 30. lipnja 2011. godine na 1035 kontrolnih točaka. Testiranje je obavljeno koristeći sve tri CROPOS HDKS usluge ovisno o području mjerenja:

- **CROPOS_VRS_HDKS** (Istra, Dalmacija i Središnja Hrvatska),
- **CROPOS_VRS_HDKS_NW** (Sjevero-zapadna Hrvatska) i
- **CROPOS_VRS_HDKS_NE** (Istočna Hrvatska).

Kontrola novih usluga obavljena je usporedbom on-line rezultata i rezultata dobivenih aplikacijom T7D. Postignuta je točnost (standardno odstupanje) za položajne koordinate (y | x) = ± 1.6 cm i za visine H = ± 0.9 cm.

CROPOS izmjera trigonometara za testiranje CROPOS_VRS_HDKS usluge i T7D modela 1.4. - 30.6. 2011. god.			
PUK	Točaka izmjereno	PUK	Točaka izmjereno
Bjelovar	54	Zagreb	52
Gospić	66	Zadar	55
Varaždin	35	Sl. Brod	42
Virovitica	40	Vukovar	52
Čakovec	29	Karlovac	55
Sisak	58	Rijeka	63
Koprivnica	34	Šibenik	39
Osijek	62	Split	65
Krapina	36	Dubrovnik	18
Požega	47	SU OGR	82
Pula	51	Ukupno:	1035



7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

124

124

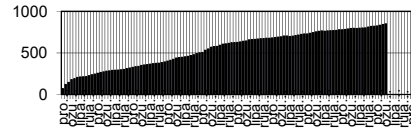
Stabilnost CROPOS-a 2009.-2012.

	ETRF2000 (RoS) e2008.83 vs ETRF2000 (RoS) e2010.94					
statistika	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]	ΔE [m]	ΔN [m]	ΔU [m]
min.	-0.0057	-0.0053	-0.0022	-0.0059	-0.0032	-0.0040
max.	0.0054	0.0038	0.0080	0.0035	0.0101	0.0074
sredina	-0.0005	0.0002	0.0014	0.0004	0.0013	0.0007
st.dev.	0.0030	0.0027	0.0023	0.0024	0.0028	0.0028

Tablica 2: Statistika apsolutnih razlika koordinata CROPOS mreže



31.03.2018. Registracija tvrtki



Godina	REG. TVRTKI	VPPS LICENCI
2009	253	380
2010	71	107
2011	76	114
2012	104	155
2013	119	178
2014	56	84
2015	48	65
2016	50	96
2017	47	74
2018	24	33
Ukupno:	848	1286

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

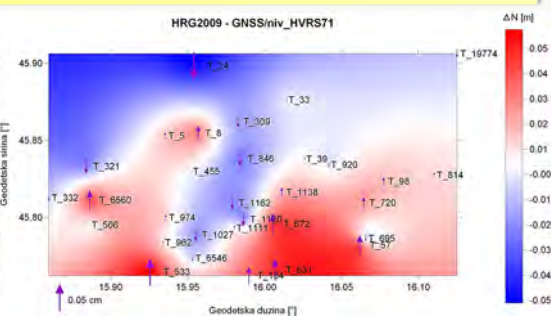
125

125

Određivanje visina pomoću CROPOS-a na test primjeru Grada Zagreba

V. Simpozij ovlaštenih inženjera geodezije Opatija, 20. listopad 2012.

Uspostava 30 GNSS/niveliranih točaka na području Grada Zagreba primjenom CROPOS_VRS_HTRS96 servisa s istovremenim povezivanjem na repere postojeće visinske osnove, u svrhu usporedbe GNSS/niveliranih undulacija s HRG2009 geoidom.



Min: -5.5 cm Max: 5.5 cm Sredina: 0.4 cm St. odst.: ±2.6 cm

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

126

126

Zaključak o primjeni T7D u praksi

- T7D rješenje na temelju bitno gušćeg polja identičnih točaka i novog geoida HRG2009 predstavlja vrlo pouzdan jedinstveni GRID model za **HTRS96(ETRS89) ↔ HDKS** transformaciju položaja i **HVRS71 ↔ Trst** transformaciju visina za kompletni teritorij RH. Točnost položajne transformacije iznosi $\pm 5-10$ cm, dok je točnost transformacije visina bolja od ± 5 cm na najvećem dijelu (kontinentalne) Hrvatske.
- Prioritetni smjer za položajnu transformaciju s T7D softverom je **HDKS → HTRS96**, što znači transformacija "starih" podataka u novi položajni referentni sustav RH! S obzirom na izuzetnu točnost HRG2009 geoida (kojega cm!), postalo je stvar rutine "**GNSS/HRG2009 niveliranje**" (**h → H**), tj. efikasno i za dobar dio geodetske prakse pouzdano i jeftino dobivanje treće koordinate (visine).

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

127

127

Zaključak o primjeni T7D u praksi ...

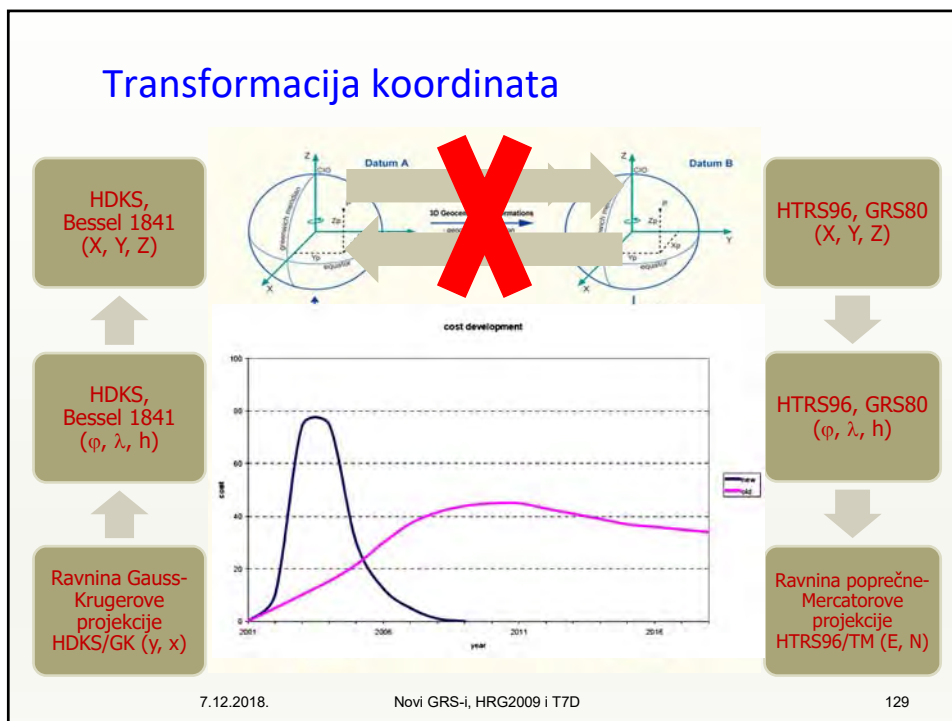
- Nije potrebno računati vlastite transformacijske parametre (pitanje subjektivnosti).
- Mjerenja se obavljaju u jedinstvenom službenom referentnom okviru ("globalni").
- Obavljanje transformacije je moguće *on-line* tijekom terenskih mjerenja ili u *post-processingu*.
- Povećana učinkovitost i pojednostavljenje obavljanja radova
- U 2011. godini uključena je transformacija, kako visina tako i položaja, u poruci CROPOS signala, tako da se direktno na terenu može primati **H** umjesto **h** odnosno po potrebi "stare" Gauss-Krüger koordinate (*transformacija u realnom vremenu*)!

7.12.2018.

Novi GRS-i, HRG2009 i T7D

128

128



129

HVALA NA PAŽNJI !


Prof. dr. sc. Tomislav Bašić
 University of Zagreb - Faculty of Geodesy
 Department of Geomatics - Chair of State Survey
 Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Croatia

+385 1 4639237
 +385 91 3233333
 @ tbasic@geof.hr

ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Tomislav_Basic
 GoogleScholar: <https://scholar.google.com/citations?user=K4UTu48AAAAJ&hl=en>
 CROSBİ: <https://www.bib.irb.hr/pregled/znanstvenici/98593>

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2655-6130>
 ResearcherID: N-8004-2018, ID znanstvenika: 98293 (Hrvatska)
 Publons: <https://publons.com/author/1527005/tomislav-basic#profile>

7.12.2018. Novi GRS-i, HRG2009 i T7D 130

130