

## Novi (testni) geoid

Ove Omang<sup>1</sup>, Dag Solheim<sup>1</sup>, Klemen Medved<sup>2</sup>, Sandi Berk<sup>3</sup>, Oskar Sterle<sup>4</sup>, Miran Kuhar<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Statens Kartverk, Hønefoss, Norveška

<sup>2</sup> Geodetska uprava republike Slovenije, Ljubljana

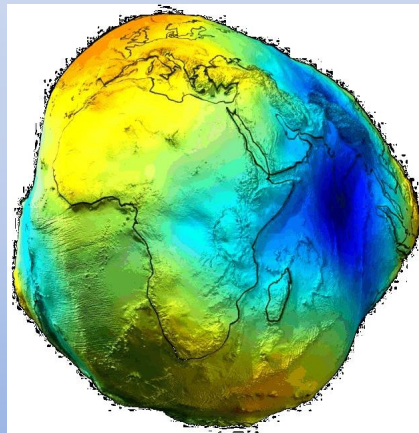
<sup>3</sup> Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana

<sup>4</sup> Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

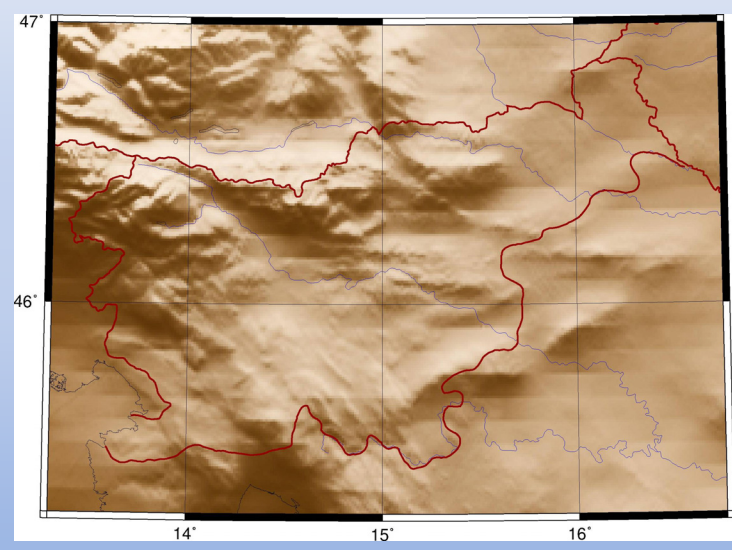
## Geoid?

- C.F. Gauss (1828), definicija "matematične" oblike Zemlje:  
"ekvipotencialna ploskev zemeljskega telesa ponazorjena s srednjo gladino svetovnih morij namišljeno podaljšana pod celine."

- Oblika globalnega geoida ⇒

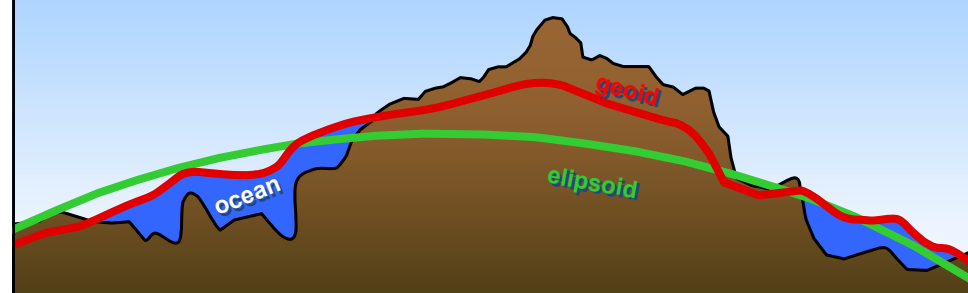


## Oblika ploskve geoida v Sloveniji



## Geodetske referenčne ploskve (1)

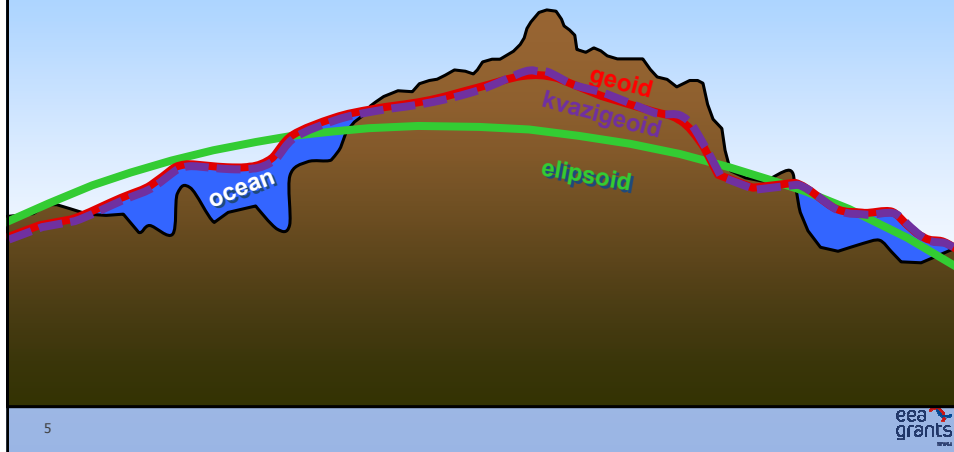
Geoid ni analitična ploskev; je matematična oblika Zemlje. Ni primeren za geodetska računanja, zato se nadomesti z rotacijskim elipsoidom.



Rotacijski elipsoid je matematični približek oblike Zemlje; primeren za geodetska računanja in določitev položaja.

## Geodetske referenčne ploskve (2)

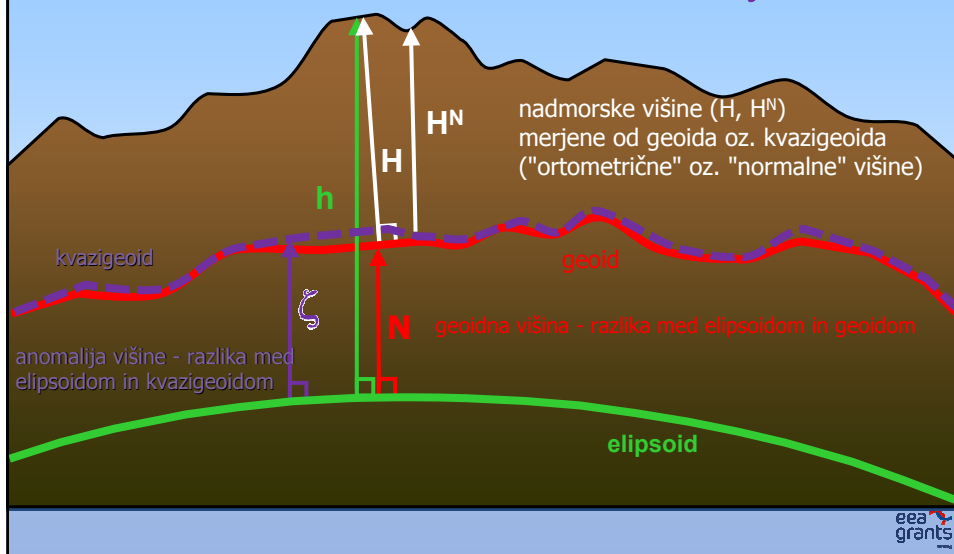
- Redukcija merjenih količin na geoid nam v postopku izračuna da **geoid**.
- Uporaba merjenih količin v izvorni obliki (na površju Zemlje) nam da **kvazigeoid**.



## Zveza med ploskvami

$$h = H + N$$

$$h = H^N + \zeta$$



## Uporaba geoida v geodeziji in drugih geoznanostih

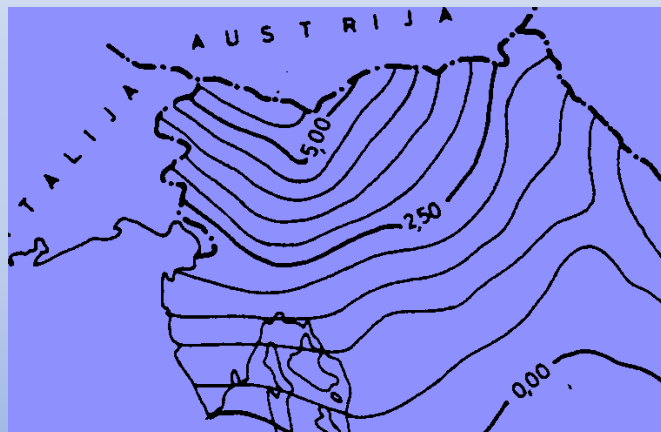
- Geodezija
  - (Kvazi)geoid je višinska referenčna ploskev.
  - Povezava terestričnih opazovanj in opazovanj v satelitski geodeziji:
    - Preračunavanja med različnimi tipi koordinat v istem sistemu in
    - transformacije med koordinatnimi sistemi.
    - GNSS-višinomerstvo:  $h$  določimo z meritvami,  
 $N$  interpoliramo iz modela,  
 $\Rightarrow H = h - N$
  - Stroga redukcija terestričnih opazovanj na referenčni elipsoid.
- Geofizika:
  - oceanografija,
  - geodinamika,
  - hidrologija.

7

Zaključna konferenca "Vzpostavljanje evropskega prostorskega referenčnega sistema v Sloveniji", 24.XI. 2010

## Geoid v Sloveniji (1)

- Prof. A. Muminagić (1974), astrogeodetska rešitev (Besselov elipsoid):



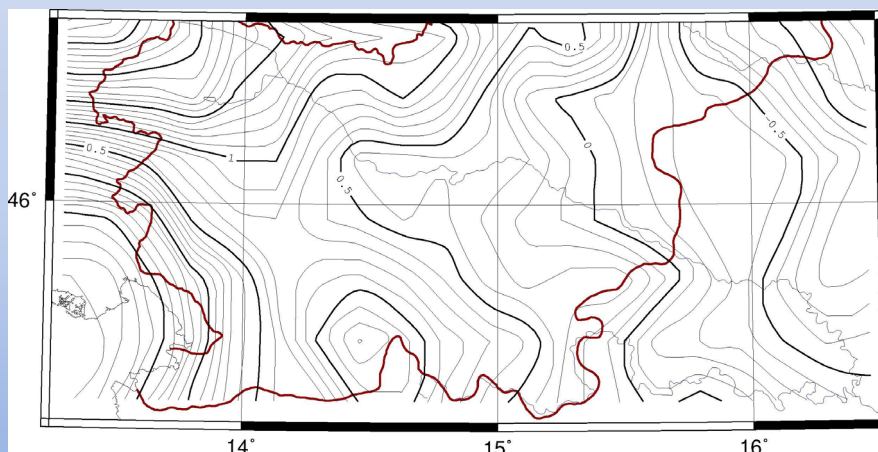
8

Zaključna konferenca "Vzpostavljanje evropskega prostorskega referenčnega sistema v Sloveniji", 24.XI. 2010



## Geoid v Sloveniji (2)

- Prof. dr. T. Bašić, (GF Zagreb), 1993, astrogeodetska rešitev (Besselov elipsoid):

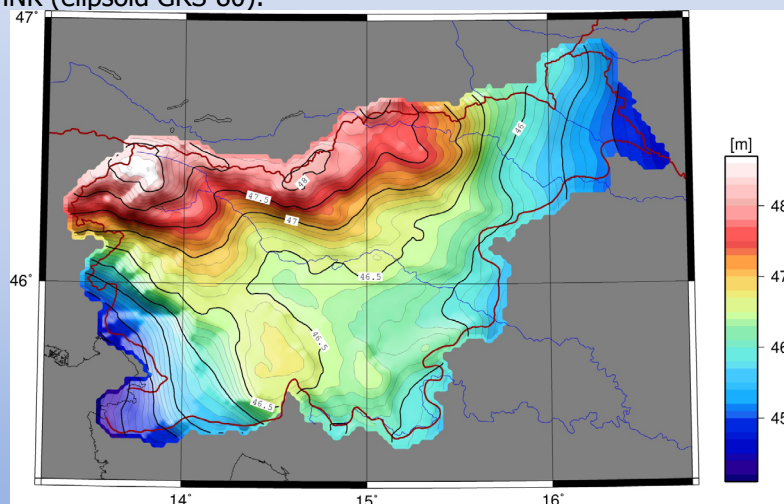


9

Zaključna konferenca "Vzpostavljanje evropskega prostorskega referenčnega sistema v Sloveniji", 24.XI. 2010

## Geoid v Sloveniji (3)

- Prof. dr. B. Pribičević (GF Zagreb), 2000, kombinirana rešitev, kolokacija MNK (elipsoid GRS-80):

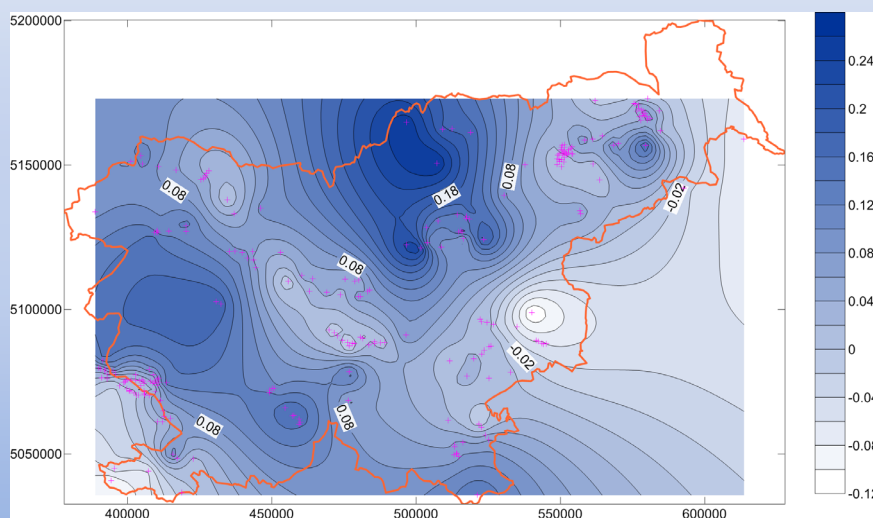


10

## Lastnosti rešitve iz leta 2000

- Višinska orientacija izračunane ploskve geoida opravljena na 163 "GPS/nivelman" točkah, zelo neenakomerno razporejenih po območju Slovenije.
- Uporabljene so bile nadmorske višine teh točk iz časa pred preračunom višinske mreže Slovenije leta 2000.
- Nehomogena natančnost določitve višin teh točk, nadmorskih kot tudi elipsoidnih.
- Odstopanja interpoliranih geoidnih višin in "merjenih" ( $N=h-H$ ) tudi do 28 cm (na posameznih območjih države).
- Vključena v programski paket SITRA.

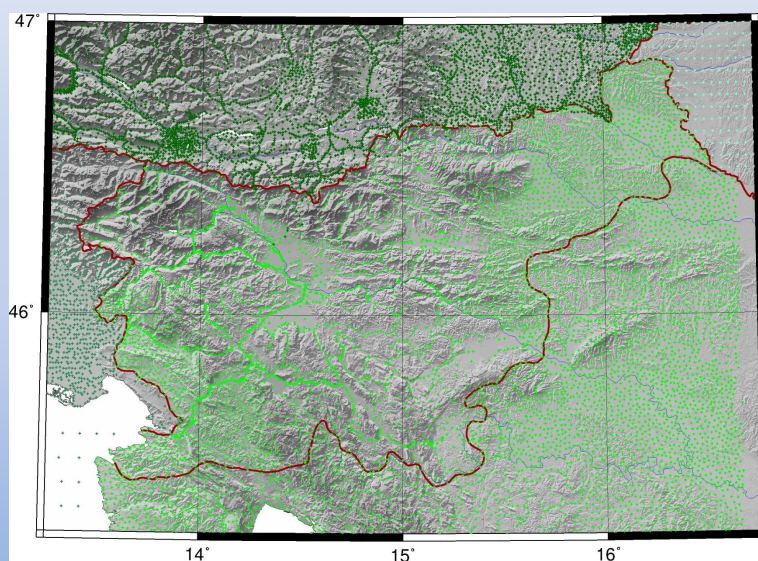
## Rešitev iz leta 2000: odstopanja na "GPS/nivelman" točkah



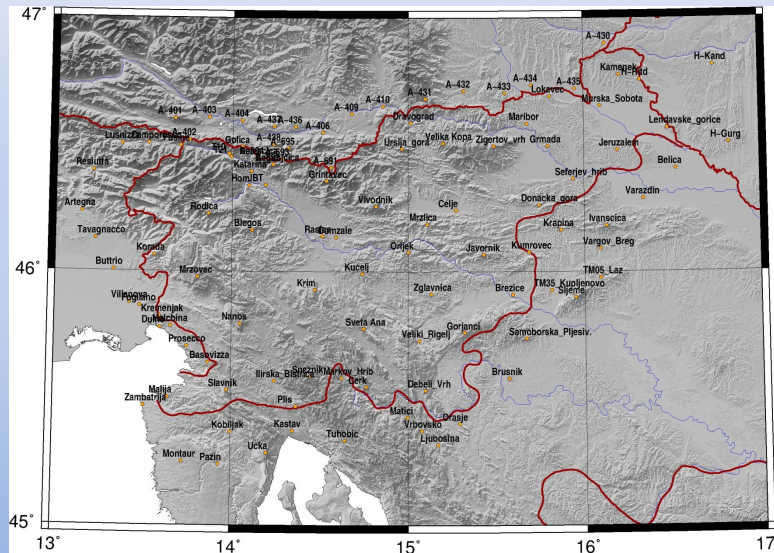
## Dela v okviru projekta

- Gravimetrične, nivelmanske in GNSS-meritve na točkah za višinsko orientacijo geoida:
  - čez 700 novih vrednosti g-ja (od leta 2007),
  - 370 GPS/nivelman točk (od leta 1995).
- Vzpostavitev dva modela DMV za ožje in širše območje izračuna, koordinate grida v sistemu ETRS89, prvič v Sloveniji!
- Vrednotenje obstoječih podatkov:
  - testni izračuni kažejo na prisotnost grobih pogreškov!
- Pridobitev in vrednotenje novih podatkov od sosedov: Italija, Madžarska (v teku)!
- Testni izračuni...

## Trenutno zbrani in uporabljeni podatki - merjene vrednosti g-ja



## Trenutno zbrani in uporabljeni podatki – komponente odklona navpičnice

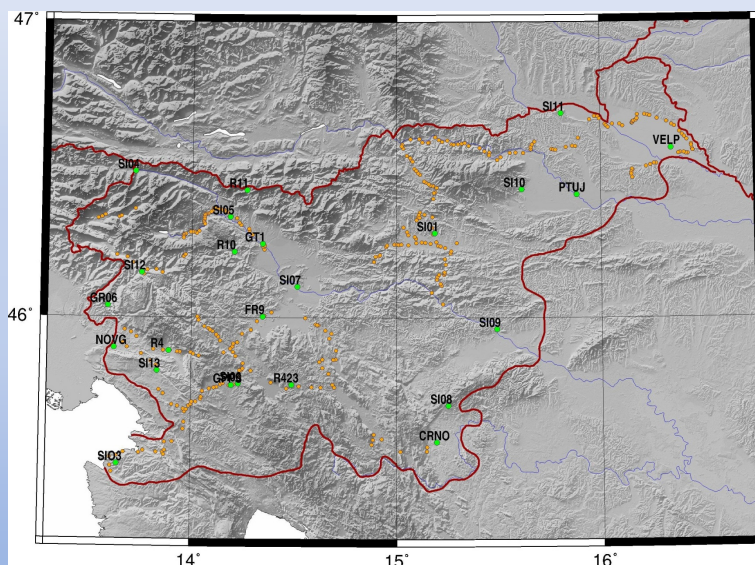


15

Zaključna konferenca "Vzpostavlanje evropskega prostorskega referenčnega sistema v Sloveniji", 24.XI. 2010



## Trenutno zbrani in uporabljeni podatki – "GPS/nivelman" točke



16

Zaključna konferenca "Vzpostavlanje evropskega prostorskega referenčnega sistema v Sloveniji", 24.XI. 2010



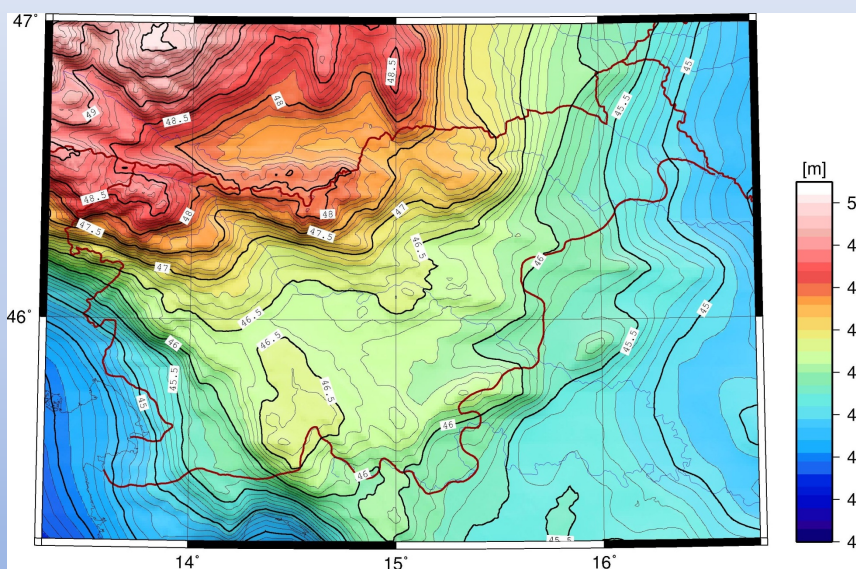


## Rezultati testnih izračunov

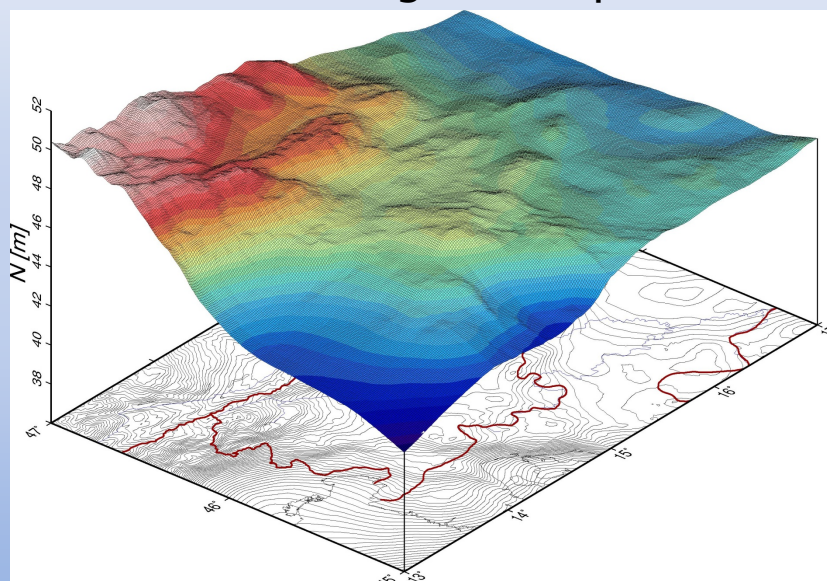
- Testni izračuni opravljani v STATENS KARTVERK, Hønefoss, november 2010.
- Gravimetrična metoda: uporabljene samo merjene vrednosti g-ja.
- Izračunana ploskev geoida višinsko orientirana (vpeta) na 23 GPS/nivelman točkah ⇒ **višinska referenčna ploskev**.
- Kontrola opravljena 347 drugih GPS/nivelman točkah.  
Osnovne statistična merila kakovosti iz odstopanj na točkah:

št. točk	sredi na [ m ]	maksi mum [ m ]	ni ni mum [ m ]	s d. odkl on [ m ]
347	- 0, 0037	0, 0935	- 0, 1039	0, 0355

## Testni izračun geoida – prikaz 1



## Testni izračun geoida – prikaz 2



19

Zaključna konferenca "Vzpostavljanje evropskega prostorskega referenčnega sistema v Sloveniji", 24.XI. 2010



## Nadaljnja dela

- Cilj: izračun geoida "centimetske natančnosti" na območju celotne Slovenije!
- Pridobitev kvalitetnejših gravimetričnih podatkov iz sosednjih držav (Italija; tudi Madžarska).
- Za kakovostno višinsko orientacijo (vklop) izračunane geoidne ploskve uporabiti čim večje število natančnih "GPS/nivelman" točk, enakomerno razporejenih po celotnem ozemlju Slovenije.
- Oceniti natančnost izračunane višinske referenčne ploskve na "GPS/nivelman" točkah, čim bolj enakomerno razporejenih po območju države.
- Skrben pregled vseh opazovanj in rezultatov obdelave opazovanj ter jih testirati glede na prisotnost grobih pogreškov.
- Izračunati ploskev geoida z uporabo vseh podatkov.

20

Zaključna konferenca "Vzpostavljanje evropskega prostorskega referenčnega sistema v Sloveniji", 24.XI. 2010



## Ustanove in osebe, ki so prispevale podatke in izkušnje

- Statens Kartverk, Hønefoss (dr. O.C.D. Omang & D. Solheim),
- Gradjevinski Fakultet Beograd (Izr. prof. dr. D. Blagojević),
- Geodetski fakultet Zagreb (Prof. dr. T. Bašić),
- BEV, Wien Austria (dr. D. Ruess, N. Höggerl),
- Politecnico di Milano, Italy (Prof. dr. R. Barzaghi)
- Universita' degli studi di Trieste, Italy (Prof. dr. G. Poretti),
- Eötvös Loránd Geophysical Institute, Budapest, Hungary (G. Csapo),
- Institut für Erdmessung, University of Hannover (dr. H. Denker),
- Geodeettinen laitios Geodetiska institutet, Masala, Finland (dr. J. Mäkinen),