

Latvijas kvaziġeoīda modeļa LV'14 aprēķināšanas metodika

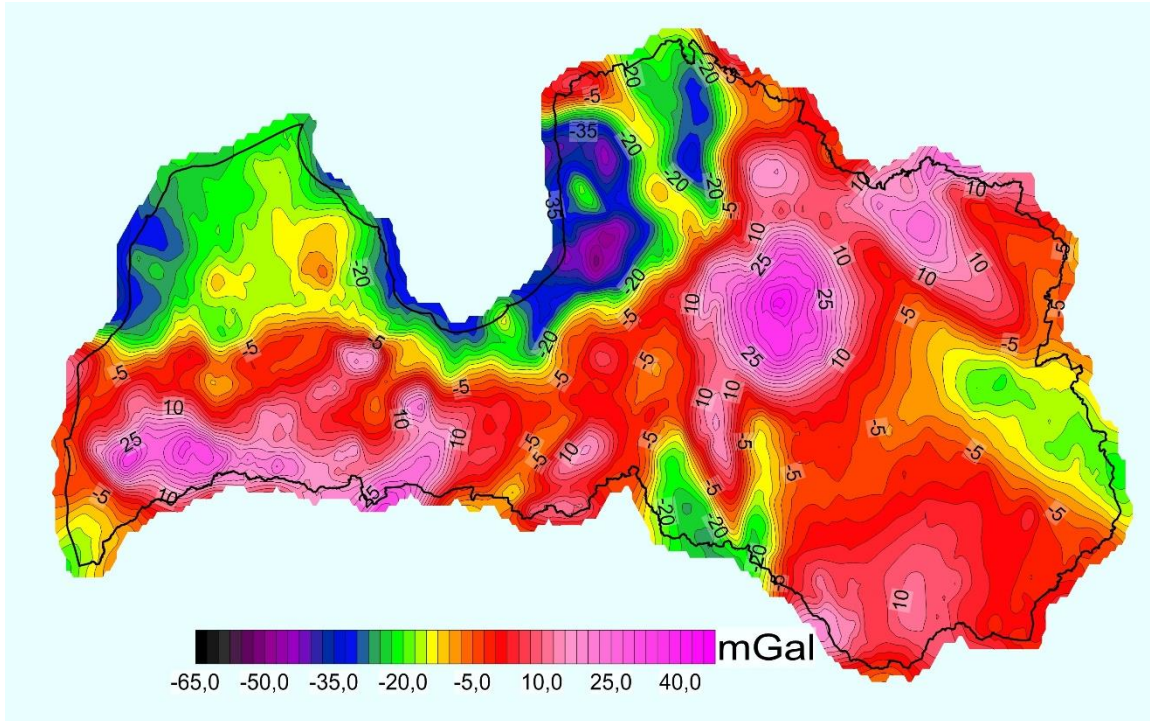
Latvijas kvaziġeoīda modelis LV'14 kalpo par augstumu pārejas virsmu no ġeodēziskiem (elipsoidāliem) augstumiem uz valstī lietoto Latvijas normālo augstumu sistēmu epochā 2000,5 (turpmāk-LAS-2000,5). Modeļa galvenais mērķis ir pēc iespējas labāka saderība un mazāka novirze no LAS-2000,5 realizācijas laukā Valsts nivelēšanas tīkla.

Modelēšanai izmantots Dānijas Tehniskās universitātēs mācībbspēku radītais programmatūras kopums GRAVSOFTE ar Python grafisko saskarni Windows vidē. Programmatūra nekomerciāliem mērķiem ir izmantojama bez maksas un tās detāls apraksts pieejams http://cct.gfy.ku.dk/nmexample_rev2.pdf. No iespējamām kvaziġeoīda modelēšanas metodēm izvēlēts tā saucamais 3D risinājums, kas veic modelēšanu konkrētos punktos izmantojot augstuma anomālijas.

Balstoties uz modelēšanas risinājumu un noņemšanas-atjaunošanas metodi (no angļu val. remove-restore method) tika iegūti, sagatavoti un modelēti sekojoši dati:

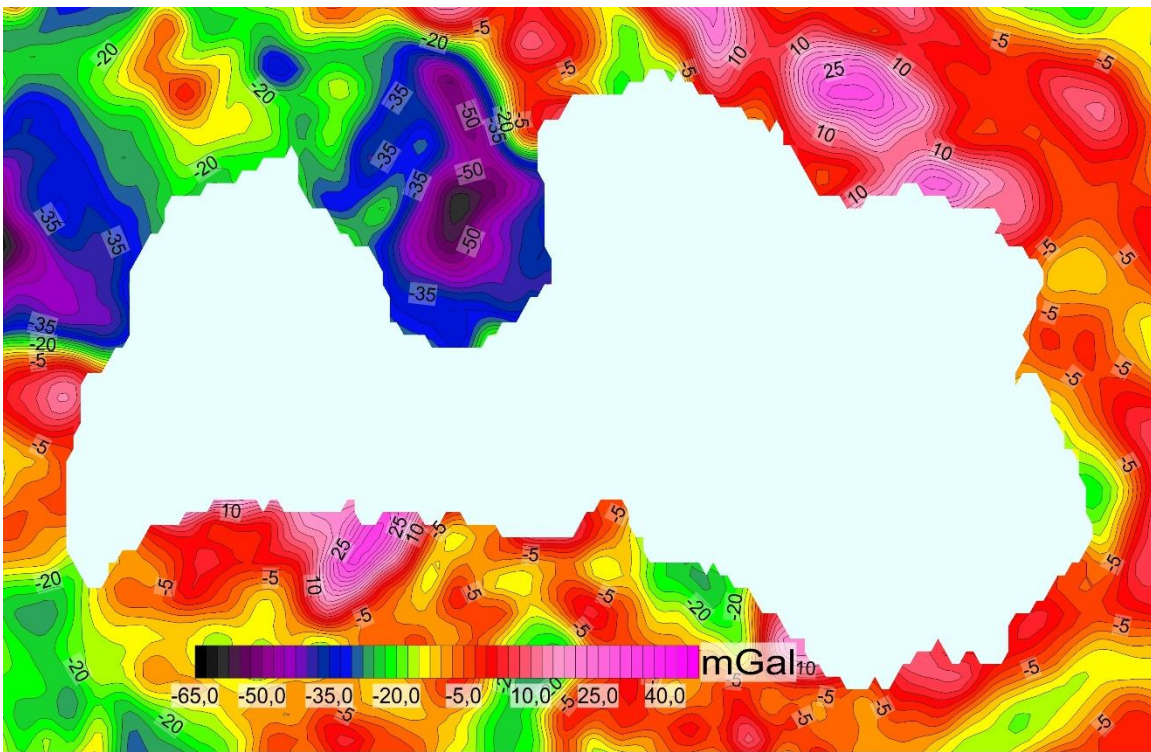
- Latvijas sauszemes teritorijas brīvā gaisa gravitācijas anomālijas;
- Ārpus Latvijas sauszemes teritorijas brīvā gaisa gravitācijas anomāliju modelis, kas iegūts no satelītu altimetrijas;
- Pasaules ġeopotenciāla modelis;
- Latvijas sauszemes teritorijas digitālais virsmas modelis;
- Ārpus Latvijas sauszemes teritorijas šatla radara topogrāfiskajā misijas digitālais virsmas modelis;
- GNSS/nivelēšanas punkti Latvijas sauszemes teritorijai.

Modelēšanai izmantotie dati



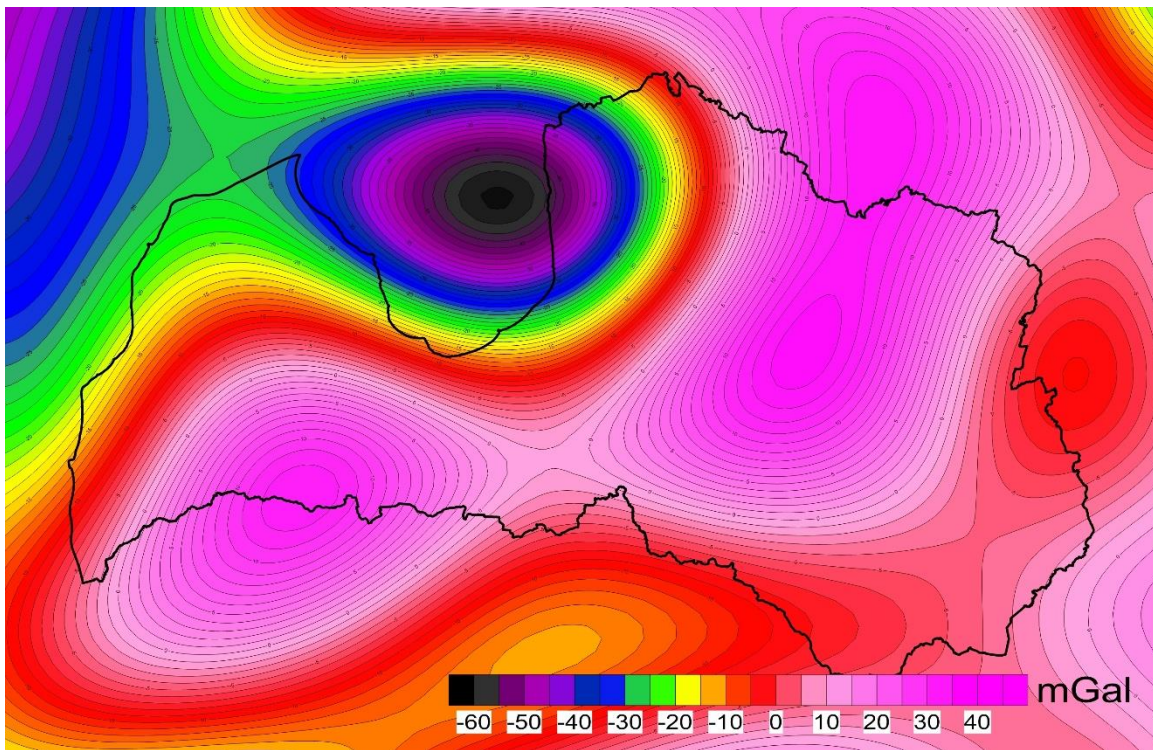
Latvijas teritorijas brīvā gaisa gravitācijas anomālijas:

- Gravimetriskos mērījumus īstenoja - Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra un Valsts Zemes dienests;
- Avots - Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra;
- Modelēšanai izmantots robežās – Latvijas sauszemes teritorija;
- Uzmērīts – no 1998. līdz 2011. gadam, pret trim absolūtiem punktiem Pope, Rīga un Višķi;
- Izmantoti – 4886 ar relatīvo gravimetru uzmērīti punkti;
- Standartnovirze pret trim absolūtiem punktiem – 0,055 mGal.



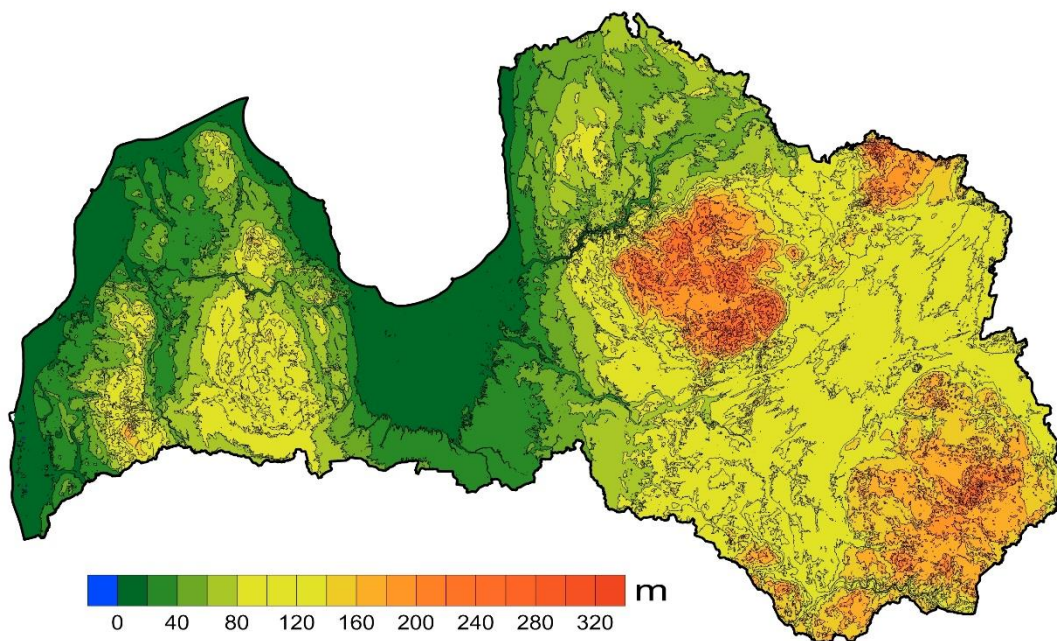
Brīvā gaisa gravitācijas anomālijas modelis DTU13 no satelīta altimetrijas:

- Autors – Dānijas Tehniskā universitāte (no angļu val. - *Technical University of Denmark, DTU*) aprēķināts 2013. gadā;
- Avots - <ftp://ftp.space.dtu.dk/pub/DTU13/>;
- Modelēšanai izmantots robežās – no $55,40^\circ$ līdz $58,35^\circ$ Z.p. un no $20,50^\circ$ līdz $28,70^\circ$ A.g., izslēdzot datus Latvijas sauszemes teritorijā;
- Datu ieguves veids– satelītu altimetrijas;
- Izšķirtspēja – 2 loka minūtes;
- Faila formats *.gra



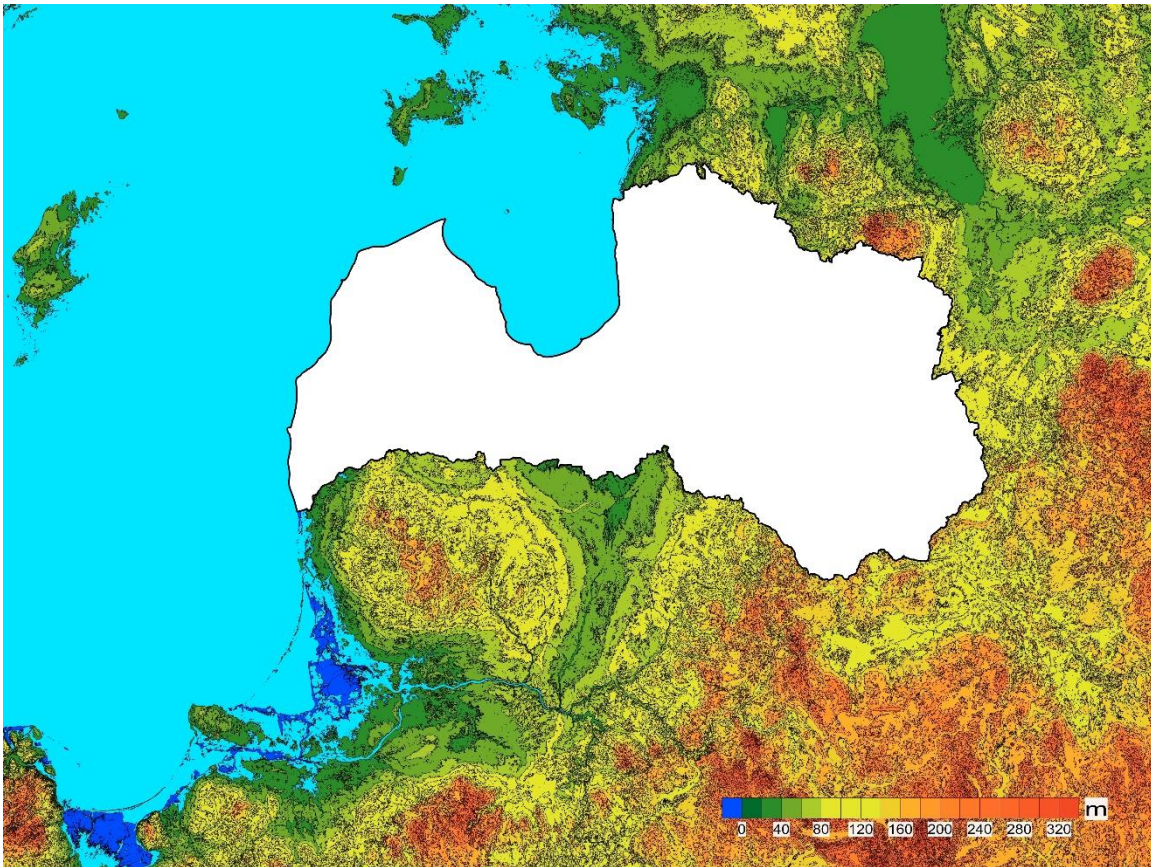
Pasaules ģeopotenciāla modelis GOGRA02s

- Autors: Minhenes Tehniskās universitātes Astronomijas un fizikālās ģeodēzijas institūts (no vācu val. - *Technische Universität München Institut für Astronomische und Physikalische Geodäsie*, TUM IAPG);
- Avots: <http://icgem.gfz-potsdam.de/ICGEM/> ;
- Modelēšanai izmantots robežās – no 55,40° līdz 58,35° Z.p. un no 20,50° līdz 28,70° A.g.;
- Dati ieguves veids- tikai satelītmisju (GRACE un GOCE);
- Pakāpe un kārta – 230;
- Faila formāts *.gfc



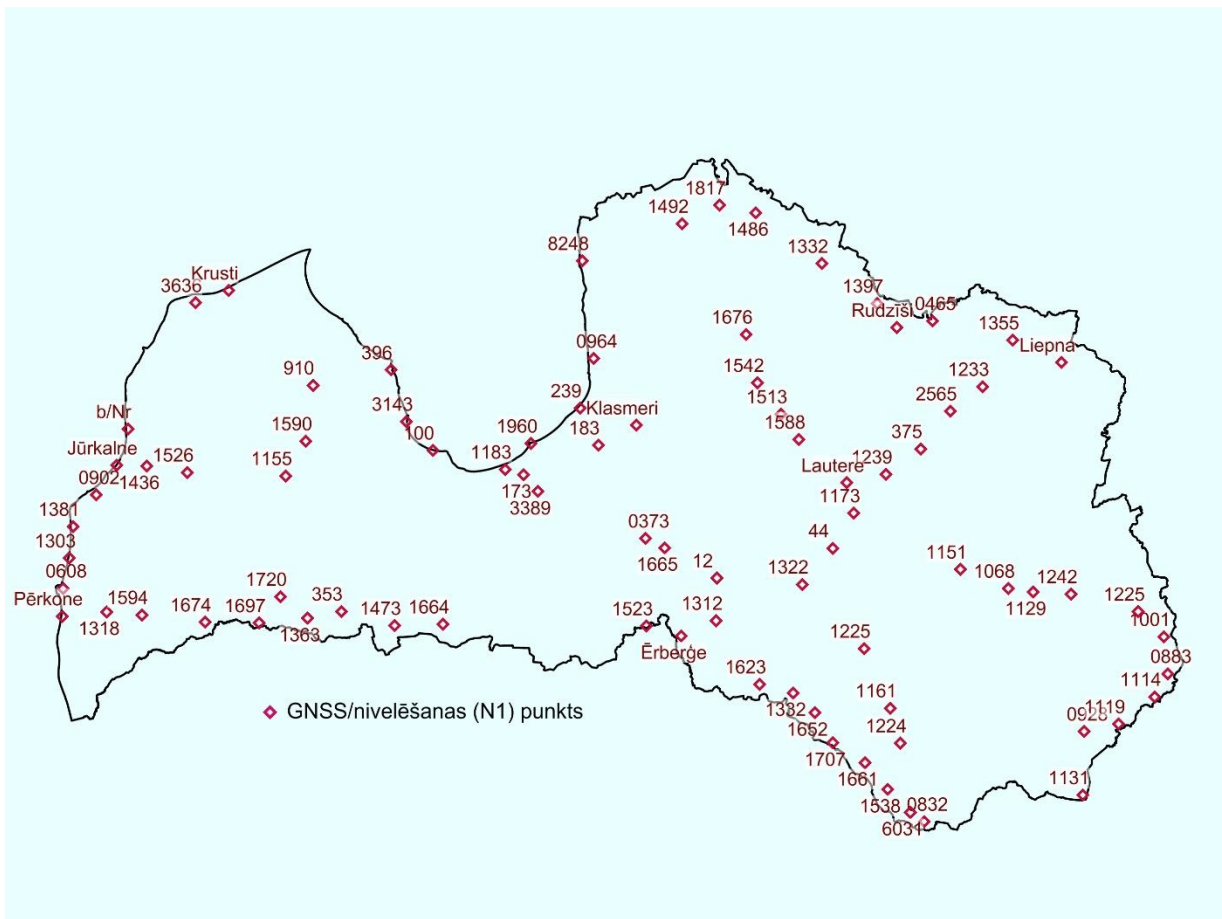
Latvijas sauszemes teritorijas digitālais virsmas modelis:

- Autors- Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra;
- Modelēšanai izmantots robežās – Latvijas sauszemes teritorija. Galējie punkti no $55,76^{\circ}$ līdz $58,08^{\circ}$ Z. p. un no $20,97^{\circ}$ līdz $28,23^{\circ}$ A.g.;
- Izšķirtspēja – 3 loka sekundes;
- Datu ieguves veids- topogrāfiskās kartes;
- Faila formāts *.adf.



Šatla radara topogrāfiskās misijas (turpmāk - *SRTM*, no angļu val. - *Shuttle Radar Topographic Mission*) digitālais virsmas modelis:

- Autors- Nacionālā aeronautikas un kosmosa administrācija (no angļu val. - *National Aeronautics and Space Administration, NASA*);
- Avots – <http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/> NASA SRTM 3 loka sekundes;
- Modelēšanai izmantots robežās – no $54,00^\circ$ līdz $58,99^\circ$ Z.p. un no $18,00^\circ$ līdz $29,99^\circ$ A.g.;
- Izšķirtspēja – 3 loka sekundes;
- Faila formāts *.asc.



GNSS/nivelēšanas punkti:

- Mērījumus īstenoja - Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra;
- Avots - Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra;
- Modelēšanai izmantots robežās – Latvijas sauszemes teritorija;
- Uzmērīts – no 2010. līdz 2011. gadam uz nivelēšanas tīkla 1. klases punktiem, veicot neatkarīgas sesijas 4 stundu garumā;
- Izmantoti – 84 punkti;
- Standartnovirze – 0,015 m.

Kvaziģeoīda modelēšana

Modelēšana norit ar ar divām datu kopā paralēli. Pirmā datu kopa ir 84 savietotie nivelēšanas un globālās pozicionēšanas punkti, otrā kopa ir 4886 sauszemes relatīvie gravimetriskie punkti, kas savienoti ar DTU13 punktiem reģionam robežās no 54,00° līdz 58,99° Z.p. un no 18,00° līdz 29,99° A.g.

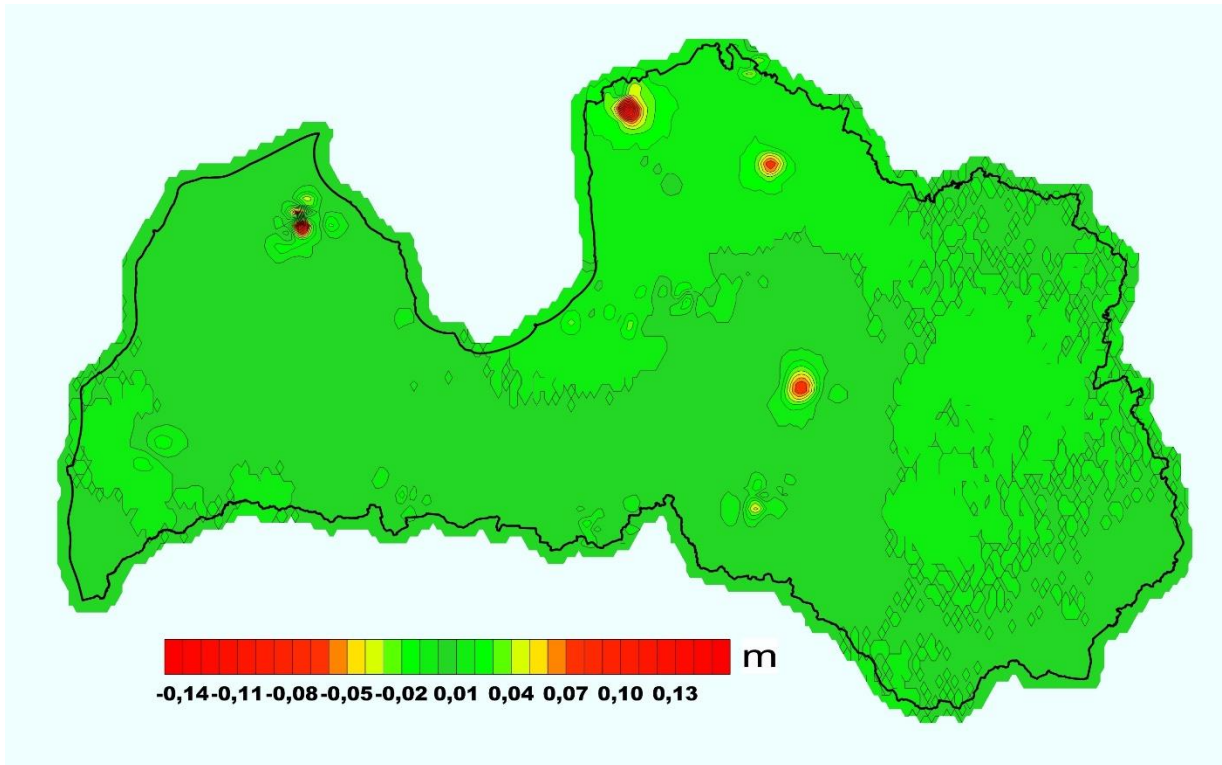
Modelēšana norit sekojošos galvenos etapos:

- Zemes gravitācijas lauka modeļa ieguldījuma noņemšana, izmantojot GOGRA02s ģeopotenciāla modeli no katra punkta;
- Atlikušā reljefa modeļa ieguldījuma noņemšana, izmantojot kopējo datni ar DTM un SRTM datiem, kas ņem vērā topogrāfisko ietekmi līdz 20 km no katra punkta;
- Empīriskas kovariācijas funkcijas izveide no atlikušās gravitācijas anomālijas;
- Analītiska empīriskās kovariācijas funkcijas reprezentācijas parametru noteikšana, izmantojot ģeopotenciālā modeļa kļūdu pakāpes variānces modeli;
- Normālvienādojuma izveide un aprēķināšana, izmantojot noteiktos kovariācijas funkcijas reprezentācijas parametrus, ģeopotenciālā modeļa kļūdu pakāpes variānces modeli, sauszemes relatīvo gravimetrisko mērījumu novērtējumu un savietotos punktus pārbaudei;
- Atlikušās augstuma anomālijas aplēses un to kļūdas novērtēšana, papildus pievieno 84 savietotos punktus un to novērtējumu;
- Atlikušā augstuma anomālijas modeļa iegūšana, konkrētam apgabalam tīkla faila veidā ar definēto soli 0.025 grādi. Sauszemes teritorija robežās no 55,6° līdz 58,1° Z.p. un no 20,9° līdz 28,3° A.g. Abu ieguldījumu atjaunošana izmantojot DTM un SRTM savienoto datni un GOGRA02s datus

Iegūst augstumu anomāliju modeli konkrēti nedefinētam apgabalam. Veic modeļa validāciju/kontroli savietotos punktos ar pietiekoši ticamiem augstumiem LAS-2000,5 un virs rotācijas elipsoīda.

Kvaziġeoīda modelēšana koriģēšana

Samazinot sauszemes gravimetrisko datu atšķirību pret DTU13 modeļa datiem, tika koriģēti kvaziġeoīda modeļa LV'14 izejas dati un pats modelis. Īstenojot koriģētā kvaziġeoīda modeļa salīdzinājumu ar iepriekšējo LV'14 modeļa versiju, tika konstatēti pieci datu reģioni, kur abu modeļu vērtības atšķiras virs 5 cm, maksimālā starpība sasniedzot ap 14 cm.



Apskatot globālās pozicionēšanas tīkla punktu augstumu starpības sistēmā LAS-2000,5 var secināt, ka maksimālās izmaiņas (virs 1 cm augstumiem) ir rādiusā līdz 30 km no izslēgtajiem sauszemes gravimetrisko mērījumu punktiem.

Attēlā norādītas vietas, kur globālās pozicionēšanas tīkla punktu augstumu starpības pārsniedz 1 cm. Pārsvārā starpības starp modeļa versijām ir tuva nullei.

