

(Endnu en) ny dansk geoide DKGEOID12A – fra tyngdedata, GOCE og GPS

Rene Forsberg
Geodynamikafdelingen, DTU-Space
Nov 2012
rf@space.dtu.dk

Baggrund

Dette notat beskriver en ny dansk geoidemodell, beregnet med brug af alle tyngdedata, GOCE og GPS-nivellement. Det er en opdatering af en tilpasset geoide DKGEOID12 (notat August 2012) med en helt ny underliggende gravimetriske geoide.

Den underliggende geoide er lavet med basis i EGM2008 og den nyeste GOCE model, med brug af Fourier metoder. Der er *ikke* brugt digitale terrænmodeller, og geoiden er derfor fundamentalt forskellig fra NKG-geoiderne (næste version forventes klar i 2014). Der er primært tale om en opdatering af Fehmarn Belt geoiden (notat Maj 2010).

Fordelingen af underliggende tyngdedata er vist i Fig. 1.

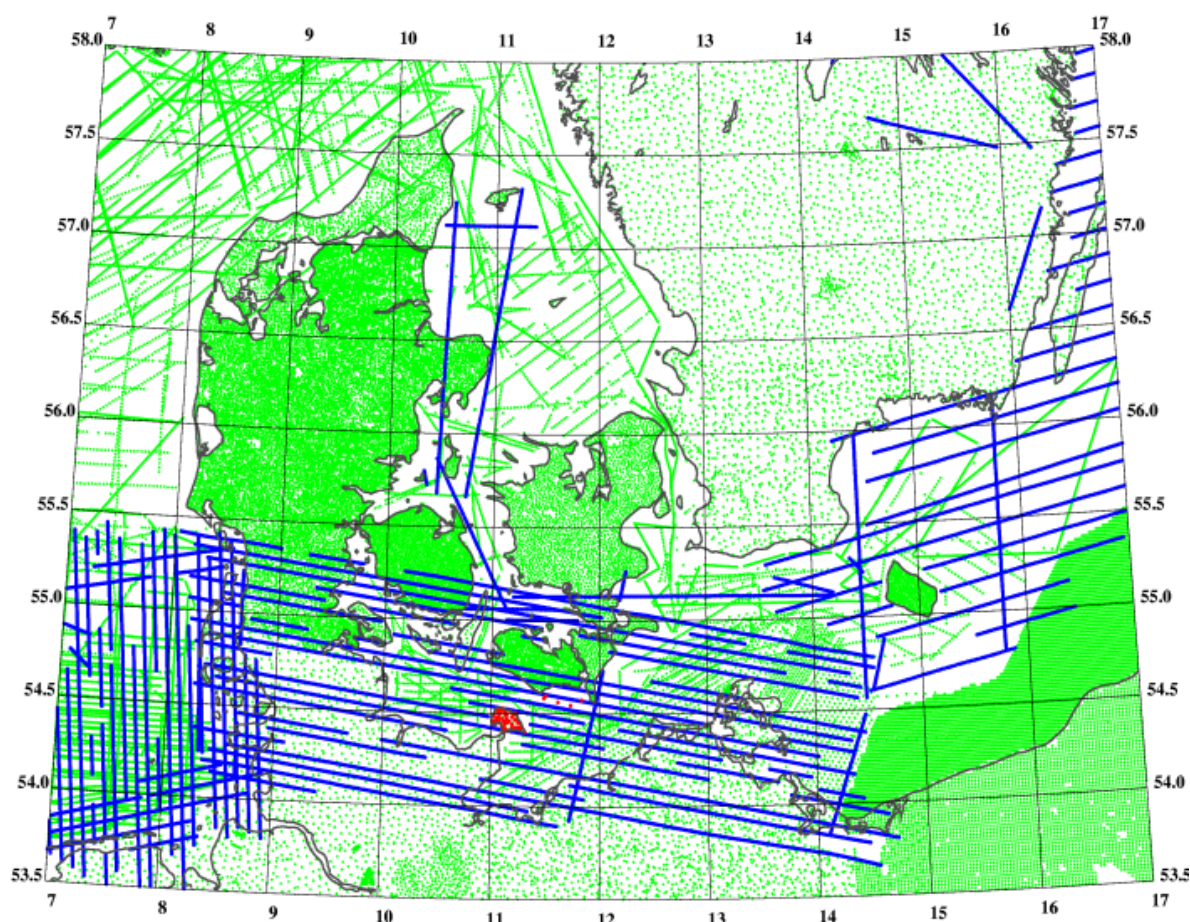


Fig. 1. Tyngdedata brugt i DKGEOID12A geoiden: grøn – NKG data base; blå – luftbårne tyngdemålinger; rød – nye data til Fehmarn Belt geoiden.

Kvalitetskontrol af tyngdedata omkring Bornholm

For at sikre kvaliteten af data omkring Bornholm, er de eksisterende hovedkilder i NKG data basen (Fig. 2) checket mod hinanden, og mod flybårne data. Følgende datakilder er undersøgt:

- 1) #42: GI marine tyngdedata (Bedsted Andersen og Engsager, 1977), øst for 13°E
- 2) #610: Håkon Mossby 1996 marine data (EU AGMASCO projekt)
- 3) #342: Østtyske data
- 4) #353: Polske offshore data

Data er sammenlignet med GOCE referencefeltet og KMS/DTU-Space flybårne data fra NKG Baltic Survey (1999) og BALGRACE (2006), statistik er vist i Tabel 1. Sammenligningen med referencefeltet giver kun en indikation, da de marine data i forvejen er indeholdt i EGM08, og områderne med data er for små til at kunne opløses med GOCE.

Det ses at GI's marine data 1977 har et (overraskende) bias på omkring 4.3 mGal (middelværdi af femhævede tal i Tabel 1). Et sådant bias er ikke set i de indre danske farvande, hvorfor der kun er korrigeret for denne kilde øst for 13°E. Data bias må sandsynligvis skyldes forkert tie på Bornholm, eller fejl i udjævningen. *Dette understreger vigtigheden af de igangværende marine tyngdemålinger med opmålingsskibene for at checke de ældre data.*

Saxovs land data på Bornholm er checket mod absolut måling ved Rønne Kirke, og land data er ok.

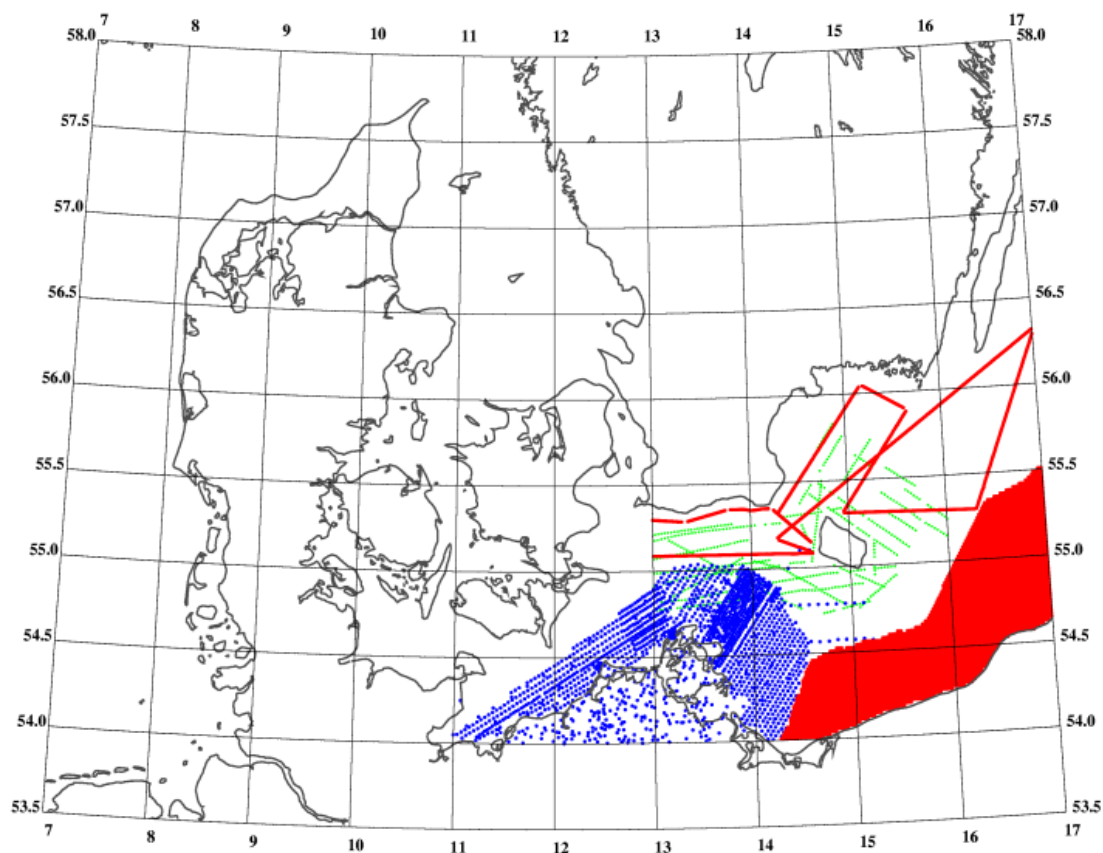


Fig. 2. De vigtigste marine data kilder: Østtyskland (blå), Polen marine (rød), GI marine tyngdedata (grøn) samt Håkon Mossby 1996 (røde linier nord for Bornholm).

Tabel 1. Sammenligninger af forskellige tyngdesurveys omkring Bornholm. Enhed mGal.

<i>Sammenligning til referencefelt:</i>	Middel	Std.afv.
GI marine data – EGM08-GOCE model	-3.8	6.3
Østtyske data – EGM08-GOCE	-1.0	3.6
Polske data – EGM08-GOCE	-1.5	3.8
<i>Sammenligninger mellem data (krydspunkter < 2 km)</i>		
Flybåren gravimetri – GI marine data	3.3	4.5
Flybåren gravimetri – Østtyske data	0.7	1.7
Flybåren gravimetri – Polske data	-0.1	1.3
Flybåren gravimetri – Håkon Mossby marine data	0.1	1.7
Håkon Mossby data – GI marine data	5.4	4.9

Den gravimetriske geoide

Geoiden er beregnet med gridning med collocation, efterfulgt af sfærisk FFT (3 zoner, 100% zero padding). Geoiden er beregnet i et grid med $0.01^\circ \times 0.016666^\circ$ grad opløsning, svarende til ca. 1 km. Residualer efter fratrækning af EGM2008-GOCE kombineret referencefelt (grad 720) er vist i Fig. 3. Der ses ingen oplagte fejl (anomalien i Skagerrak er den tertiære intrusion/vulkan).

Der er benyttet Wong-Gore modifikation, d.v.s. baggrunds satellitmodellen fra GOCE og GRACE er benyttet op til en harmonisk grad 150. Derefter er effekten ”tapered” så der fra grad 160 alene er brugt lokale data. Grad 150 svares til en opløsning på ca 130 km (ved højere GOCE grader begynder GOCE fejl at spille en større rolle, og fejlen stiger). Fig. 4 viser geoid forbedringen (”restore field”) og Fig. 5 effekten af tyngdefejlen i de marine målinger.

Det ses fra Tabel 2 at den nye geoide passer væsentligt bedre til GPS data end NKG04 (som det burde). Bemærk at middelværdien i forskellen til den gravimetriske geoide ikke er relevant – den skyldes referencesystem og højdeforskel til DNN (DVR90) datum relativt til det globale system (NKG04 blev tilpasset til GPS over hele Norden med en konstant – derfor passer den bedre).

Den nye geoide understøtter at Bornholms nul ligger 13 cm over DVR90. Da GOCE data er brugt på en skala som svarer til Østersøens bredde omkring Bornholm er forskellen ikke fra geoiden.

Tabel 2. Sammenligning mellem geoider og GPS-nivellement data

<i>Geoide data (sammenligning) – Enhed m</i>	<i>Alle GPS undtagen på mindre øer (677 punkter)</i>		<i>Bornholm (20 punkter)</i>	
	<i>Middel</i>	<i>Std.afv.</i>	<i>Middel</i>	<i>Std.afv.</i>
NKG04 geoide (geoiden bag DKGEIOD12)	-0.004	0.027	0.107	0.158
EGM2008 alene (grad 2160)	0.298	0.026	0.439	0.016
Gravimetrisk geoide 2012 (GOCE grad 150-160)	0.288	0.021	0.414	0.013
Samme, efter korrektion af GI marine data 1977	0.288	0.021	0.410	0.012
Tilpasset geoide DKGEIOD12A	0.000	0.006	0.001	0.006

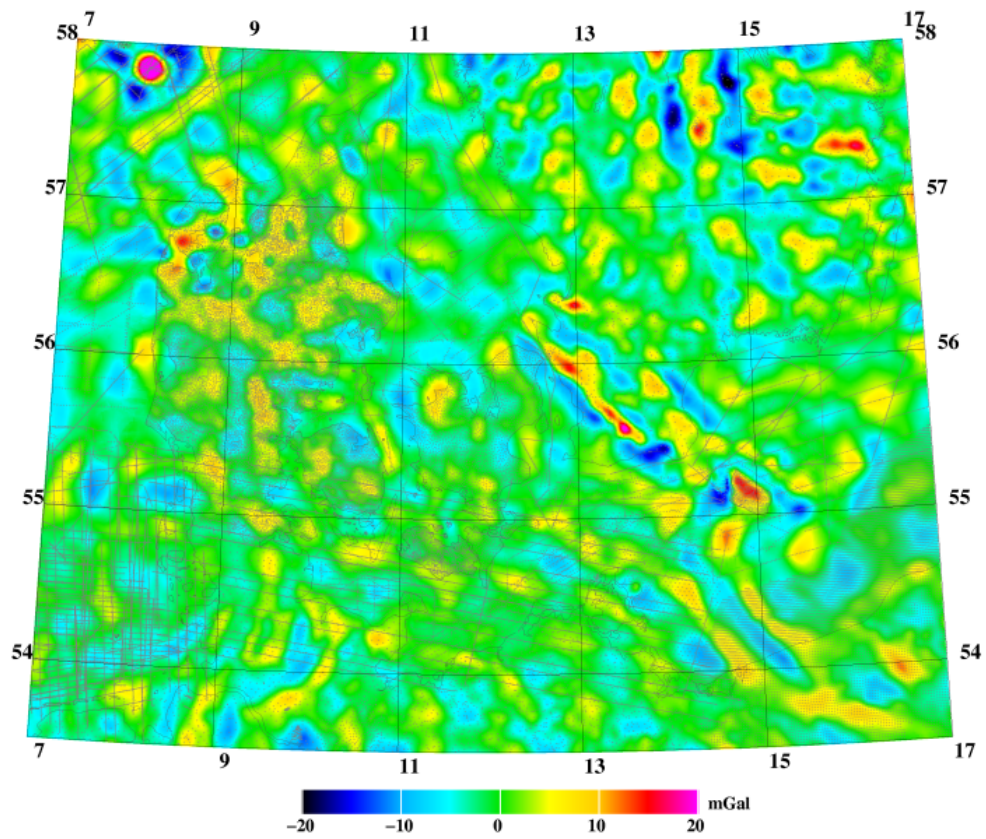


Fig. 3. Reducerede tyngdeanomaly data, brugt til transformation til geoiden.

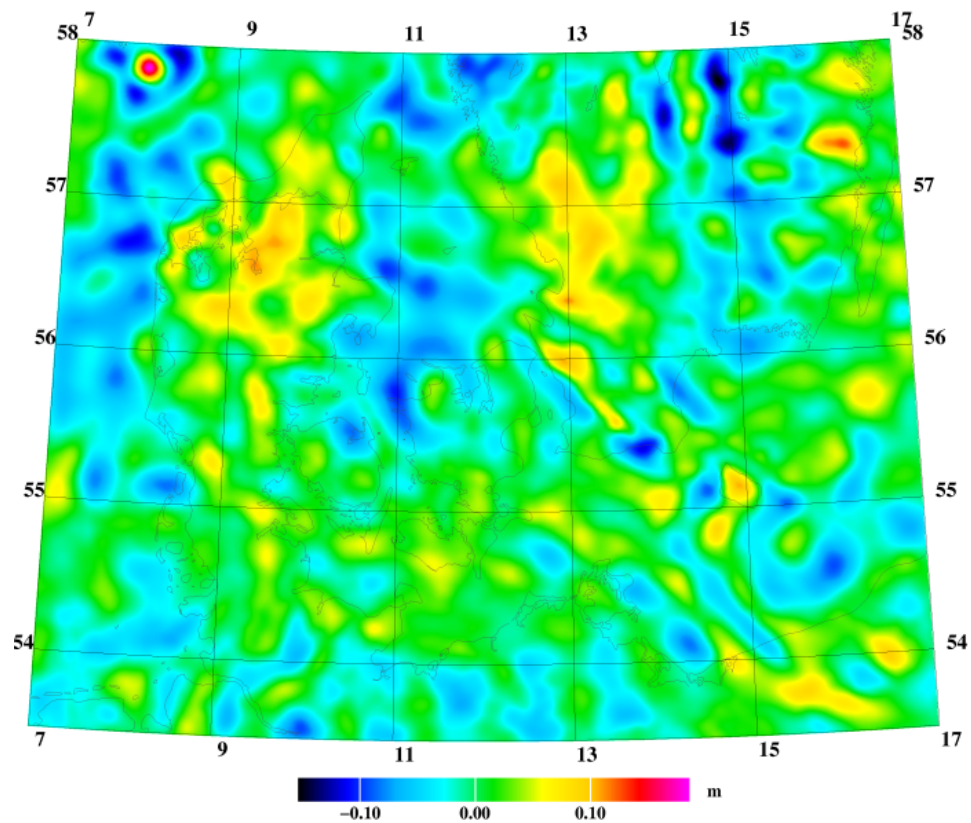


Fig. 4. Geoideeffekt fra de lokale tyngdedata (relativt til EGM-GOCE model til grad 720)

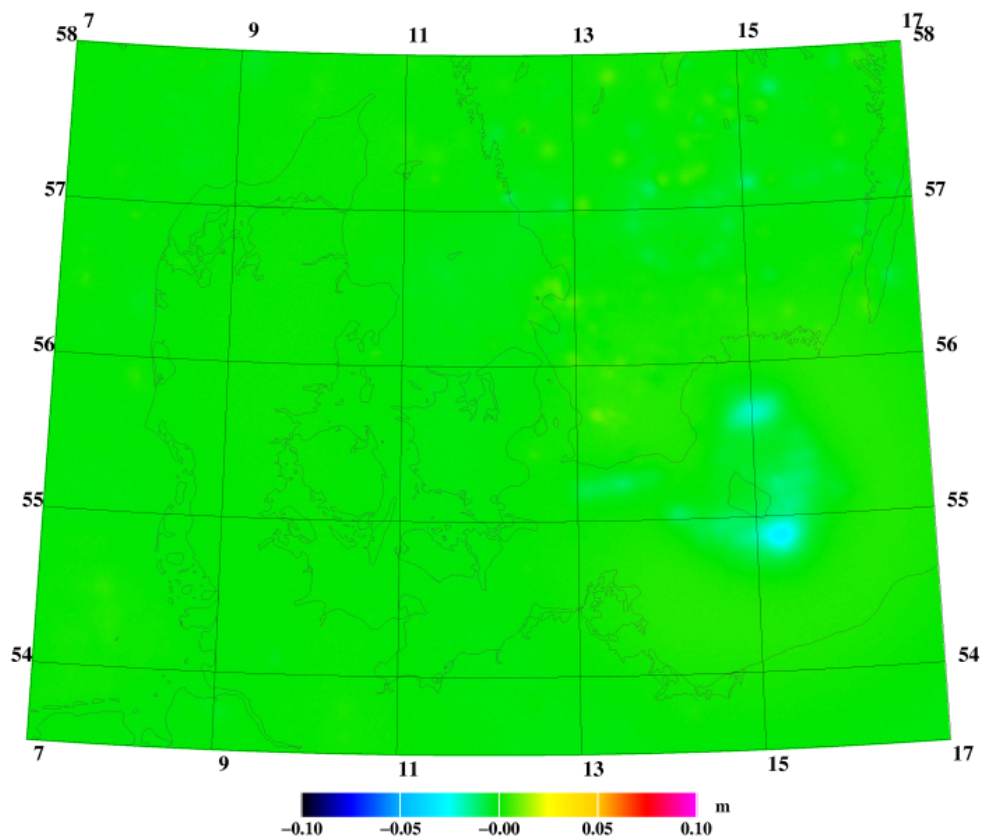


Fig. 5. Effekt på geoiden af korrektion af source 42 (GI marine data øst for 13 °E).

GPS-nivellement korrektioner

Der er fra KMS udnyttet 722 punktinformationer fra de permanente GPS stationer og 10 km-nettet til dannelsen af de observerede geoidenhøjder (3); heraf er 2 punkter fjernet p.g.a. kotefejl (den permanente station i Gedser samt 212-00-0001 på Midsjælland). Punkterne er identiske til August 2012 tilpasningen. Fig. 6 viser geoidetilpasningen, samt de underliggende GPS punkter.

Sammenligning med tilpasning fra August 2012

Tilpasningen til NKG04 geoiden giver samme statistiske fejl (6 mm, 1-sigma). Men udenfor områderne vil geoiden være meget forskellig. Der er nye data, og først og fremmest bedre kontrol med de lange bølgelængder fra GOCE. Fig. 7 viser forskellen mellem de to tilpassede geoider.

Da den nye geoid er bedre end NKG04, anbefales det at *DKGEIOD12A indføres som ny dansk geoid*, indtil NKG14 er klar. Det skal bemærkes at DKGEIOD12A alene bør bruges på land og i de indre danske farvande. For Nordsøens centrale dele bør der laves en særlig løsning/definition af højdeniveau (og indtil da bruges BLAST fladerne)

Det anbefales også at vi fortsætter tyngdemålinger i de indre danske farvande i de kommende år for at checke for fejl i de ældre marine tyngdedata.

RF, 4-11-2012

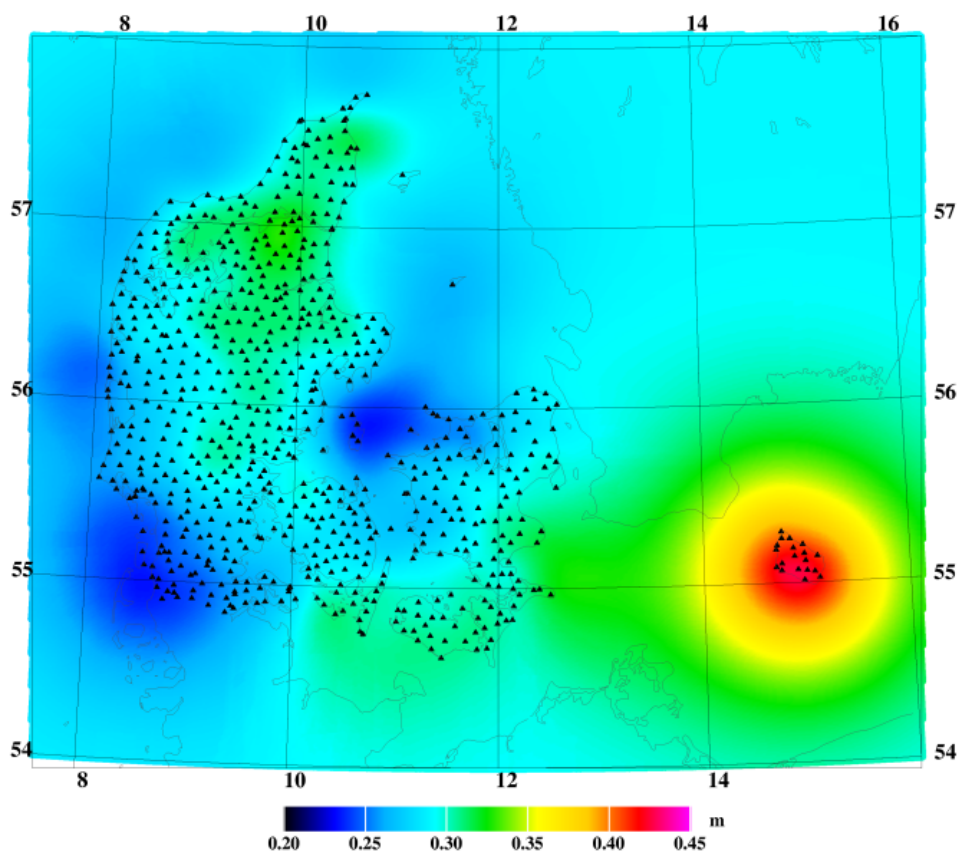


Fig. 6. Korrektionssignal fra GPS/nivellement i geoidtilpasningen DKGEOID12A

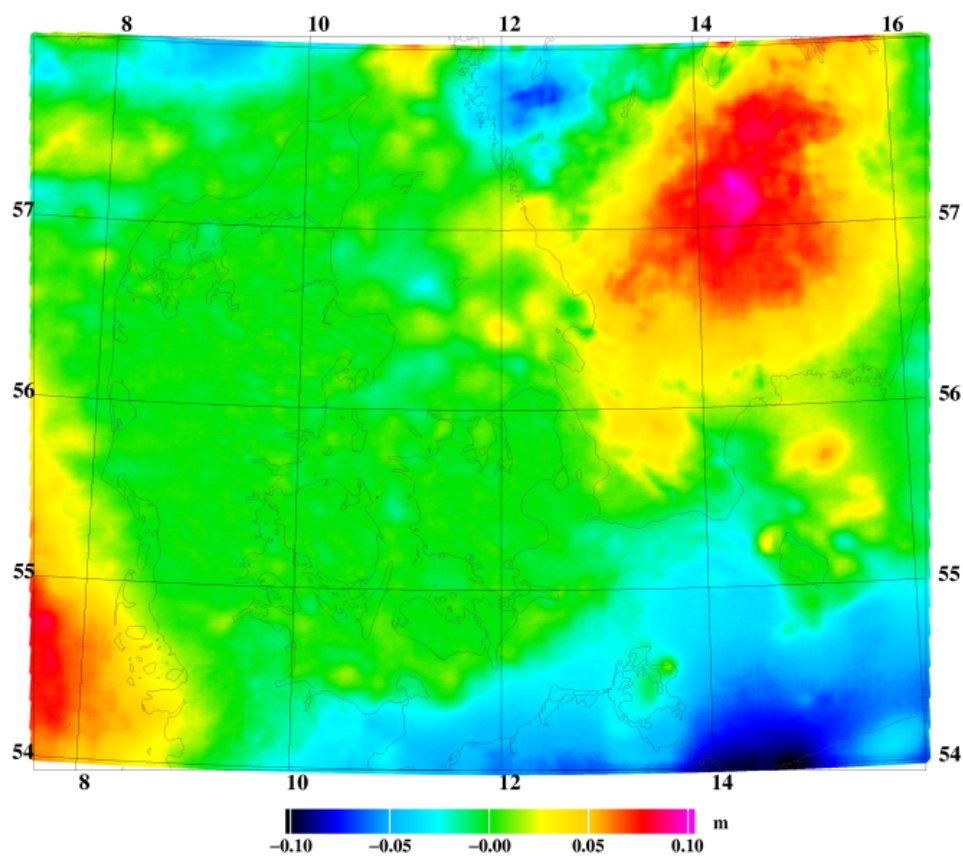


Fig. 7. Forskel mellem de tilpassede geoider DKGEOID12 og DKGEOID12A.