Klimadatastyrelsen

GLMSL: Referenceflade for middelvandstand i og omkring Grønland



Geodætisk systembeskrivelse

GeoNotes 12
Version 2
2026-05-15

GeoNotes 12. Version 2, 2026-05-15

Geodætisk systembeskrivelse:

GLMSL: Referenceflade for middelvandstand i og omkring Grønland

Forsiden: Havudsigt, Nuuk (Foto: Kristian Evers)

Udarbejdet af: Kristian Evers, KDS

The *GeoNotes Series* is published by Klimadatastyrelsen/Agency for Climate Data (KDS), Copenhagen, Denmark.

The publications in this series include working papers and preliminary reports from ongoing projects.

Hence, results and conclusions reported may be tentative and subject to change. Opinions expressed do not necessarily reflect the position of KDS.

Copyright by the Agency for Climate Data and the author(s). This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Indhold

GLMSL 3

Middel havniveau og havoverfladens topografi 3

Geoiden og MSL 3

Hvordan laver man en MSL-model? 4

Dækningsområde 4

Transformationer 4

Realiseringer af GLMSL 4

GLMSL(2023) 4

GLMSL(2025) 5

Geodætiske registre 6

Kriterier for nyrealisering 7

Fejlretning 7

Governance 7

Licens 7

Litteratur 7

GLMSL

GLMSL er den overordnede betegnelse for modeller over middelvandstanden i og omkring Grønland.

Den aktuelle model, som geodætisk kaldes en *realisering af GLMSL*, betegnes `GLMSL(yyyy)`, hvor yyyy er en firecifret angivelse af en karakteristisk epoke for modelrealiseringen (se i øvrigt afsnittet Fejlretning nedenfor).

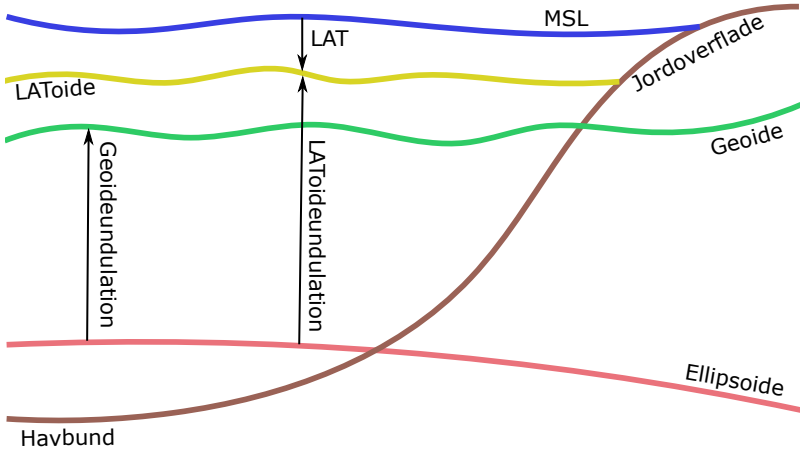
Middel havniveau og havoverfladens topografi

Begrebet MSL refererer til den tidslige middelværdi af havets overflade over en længere periode. Hvis man kunne eliminere fænomener som vindstuvning og havstrømme, der påvirker havoverfladen, så ville MSL være sammenfaldende med den referenceflade vi på landjorden kalder "geoiden" og som udgør udgangspunktet for måling af koter til lands. Det er årsagen til at man i løst sprogbrug ofte omtaler en kote som "højden over havet". Det er ikke helt forkert, men heller ikke helt rigtigt.

Geoiden afspejler først og fremmest jordens tyngdefelt: Hvis jorden var dækket af vand, og hvis vind, vejr og tidevand var væk, så ville den globale vandoverflade indstille sig sådan at den overalt (og altid) var vinkelret på det lokale tyngdefelt.

I den virkelige verden, hvor vi har både vind, vejr, havstrømme og tidevand er det mere kompliceret: Tidevandseffekterne kan vi modellere og fjerne fra vandstandsmålinger, og ved at midle over tilstrækkeligt lange intervaller kan vi også få bugt med *en del af* vejr-, vind-, og strømeffekterne. Men da havstrømme typisk ligger hvor de ligger, og da vinden oftere kommer fra nogle retninger end fra andre, så vil der altid være en rest af disse effekter tilbage, selv om man midler over meget lange intervaller.

Denne rest kaldes "middel dynamisk topografi" og betegnes kort MDT. Det vi står tilbage med når vi har korrigeret vores vandstandsmålinger for tideeffekter og har midlet over lange intervaller, det er summen af geoidehøjden og MDT.



Figur 1: Fortegnet overblik over vertikale referenceflader.

Til lands er man ikke nødvendigvis interesseret i at have MDT-effekter med i sin referenceflade for koter, men til vands er det ganske praktisk at referere sine dybdemålinger til den faktiske middelvandstand. Derfor er der behov for en MSL-referencemodel, som kan spille samme rolle som geoidemodellen gør til lands: At være et praktisk anvendeligt udgangspunkt for målinger af dybder (og højder).

Geoiden og MSL

På land gør man GNSS-målte højder praktisk anvendelige ved at regne dem om til koter (ofte kaldet "højden over havet"). Det gør man ved at fratrække en modelværdi fra den GNSS-målte højde. Modelværdien findes ved interpolation i en geoidemodel (et grid der ofte blot kaldes "geoiden"). På havet vil forskellen mellem geoidemodellen og MSL afspejle MDT, bortset fra en konstant værdi, der repræsenterer nulpunktet for det gældende kotesystem (p.t. GVR2016).

Hvordan laver man en MSL-model?

Typisk vil MSL-modeller været baseret på årtiers målinger fra højdemålende satellitter. Men i øvrigt forholder denne systembeskrivelse sig ikke til hvilke metoder der bør anvendes i tidevandsmodelleringen bag en given MSL-model, men specificerer udelukkende kriterierne for udvælgelse af kandidater til nye realiseringer af GLMSL (jf Kriterier for nyrealisering nedenfor).

Dækningsområde

Realiseringer af GLMSL er juridisk gældende for den grønlandske eksklusive økonomiske zone (EEZ). For at kunne dække denne med et ækvivangulært grid kommer griddet til at dække områder også uden for den grønlandske EEZ. Gridværdier i disse områder skal anses for rent regnetekniske elementer.

Transformationer

Referencefladen GLMSL er relateret til den aktuelle spatiale referenceramme og udgør dermed en direkte transformation til aktuelle ellipsoidehøjder fra højder over GLMSL.

Transformationer til og fra GLMSL udføres ved hjælp af en MSL-model, der, som beskrevet i afsnittet Hvordan laver man en MSL-model?, relaterer sig til ellipsoiden (se figur 1). Transformationer med MSL-modellen er givet ved følgende forhold:

$$D_{\phi,\lambda} = M_{\phi,\lambda} - h_{\phi,\lambda} \tag{1}$$

hvor, $h_{\phi,\lambda}$ er højden over ellipsoiden, $M_{\phi,\lambda}$ er MSL-værdien og $D_{\phi,\lambda}$ er dybden under MSL for en koordinat med breddegrad ϕ og længdegrad λ. MSL-værdien for en given koordinat (ϕ, λ) bestemmes ved hjælp af bilineær interpolation i MSL-griddet tilhørende GLMSL.

Den inverse transformation er givet ved

$$h_{\phi,\lambda} = M_{\phi,\lambda} - D_{\phi,\lambda} \tag{2}$$

Transformation mellem realiseringer foretages ved først at transformere dybder givet ved fx GLMSL(2023) til ellipsoidehøjder (formel 2) og derefter at transformere disse ellipsoidehøjder til fx GLMSL(2025)-dybder (formel 1).

Da GLMSL realiseres ved en model vil man implicit opnå en nøjagtighedsforbedring af data ved at transformere fra en ældre til en nyere realisering.

Realiseringer af GLMSL

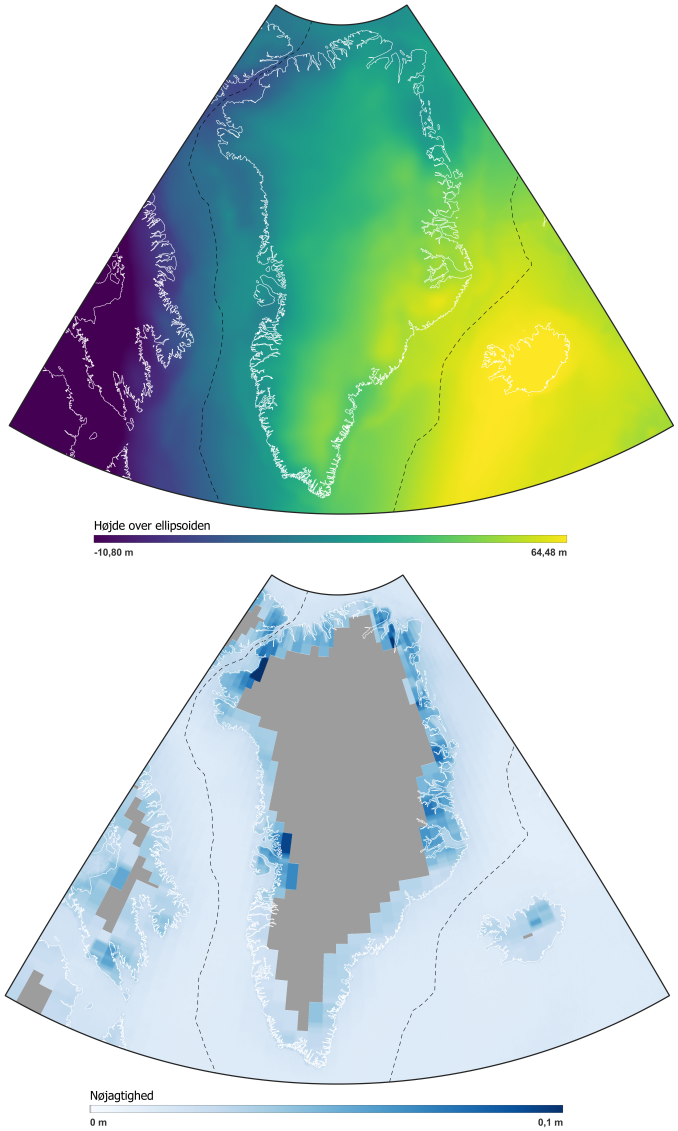
Herunder beskrives de forskellige realiseringer af GLMSL.

GLMSL(2023)

Første realisering af GLMSL betegnes GLMSL(2023) og er baseret på modellen DTU23, der er en videreudvikling af DTU21 (*Andersen*, 2022), baseret på teknikker udviklet af *Cheng and Andersen* (2011) og *Andersen et al.* (2018).

Den tilhørende transformationsmodel er kendt under navnet **`glmsl_2023.tif`** og kan downloades via styrelsens webside. GLMSL(2023)-modellen er afbilledet i figur 2.

I tabel 1 ses eksempler på ellipsoidehøjder og GLMSL-dybder for udvalgte lokationer, der kan bruges til at verificere implementering af transformationer til og fra GLMSL.



Figur 2: Øverst: GLMSL(2023)s referenceflade givet i højder over ellipsoiden. Nederst: Nøjagtigheden af GLMSL(2023). Grå områder befinder sig på land og her angives ikke en nøjagtighed på modellen. Fuldtoptrukne linjer angiver kystlinje og stiplede linjer angiver Grønlands eksklusive økonomiske zone.

	Breddegrad	Længdegrad	Ellipsoidehøjde	GLMSL(2023) dybde
Nuuk	64.15438°N	-51.73099°E	2.12 m	25.72 m
Sisimiut	66.92923°N	-53.71751°E	-14.32 m	41.10 m
Illulisat	69.23924°N	-51.22201°E	-53.52 m	77.11 m
Daneborg	74.30411°N	-20.26660°E	18.73 m	29.08 m

Tabel 1: GLMSL(2023) koordinateksempler for udvalgte steder i Grønland. Breddegrader, længdegrader og ellipsoidehøjder er refereret til GR96.

GLMSL(2025)

GLMSL(2025) er baseret på DTU25-modellen (*Nilsson et al.*, 2025), der estimerer den globale middelhavoverflade baseret på målinger fra satellitter. Modellen er en forbedring af DTU23-modellen, som GLMSL(2023) baserer sig på. DTU25-modellen retter systematiske fejl i den foregående model, og er dertil forbedret med yderligere to års data fra kilder anvendt i DTU23, samt nye data fra satellitmissionen SWOT (Surface Water and Ocean Topography). Data fra SWOT har en højere rumlig opløsning og giver anledning til markante forbedringer af GLMSL i en lang række grønlandske fjorde. Desuden er referenceepoken for DTU25 ændret til 2023 til forskel fra DTU23s referenceepoke i 2003. Herved tages der højde for den globale vandstandsstigning de seneste tyve år, hvilket giver en mere retvisende model.

Figur 3 viser forskellen mellem GLMSL(2025) og GLMSL(2023) samt usikkerheden på GLMSL(2025). Generelt ses der markante ændringer i de kystnære områder og i særdeleshed i fjordene. Disse forskelle skyldes det opdaterede modelgrundlag, der langt bedre afspejler vandstanden i fjordene. Derudover skyldes en del af forskellene også, at der i 2025-modellen er rettet en fejl vedr. hvilket tidesystem der overordnede model er beregnet i. Til sammen betyder de to forhold at forskellen mellem de to modeller kystnært overordnet ligger omkring 20-30 cm.

Transformationsmodellen der hører til GLMSL(2025) er kendt under navnet **`glmsl_2025.tif`** og kan downloades via styrelsens webside. I tabel 2 ses eksempler på ellipsoidehøjder og GLMSL-dybder for udvalgte lokationer, der kan bruges til at verificere implementering af transformationer til og fra

GLMSL.

	Breddegrad	Længdegrad	Ellipsoidehøjde	GLMSL(2025) dybde
Nuuk	64.15438°N	-51.73099°E	2.12 m	25.46 m
Sisimiut	66.92923°N	-53.71751°E	-14.32 m	40.74 m
Illulisat	69.23924°N	-51.22201°E	-53.52 m	76.79 m
Daneborg	74.30411°N	-20.26660°E	18.73 m	29.09 m

Tabel 2: GLMSL(2025) koordinateksempler for udvalgte steder i Grønland. Breddegrader, længdegrader og ellipsoidehøjder er refereret til GR96.

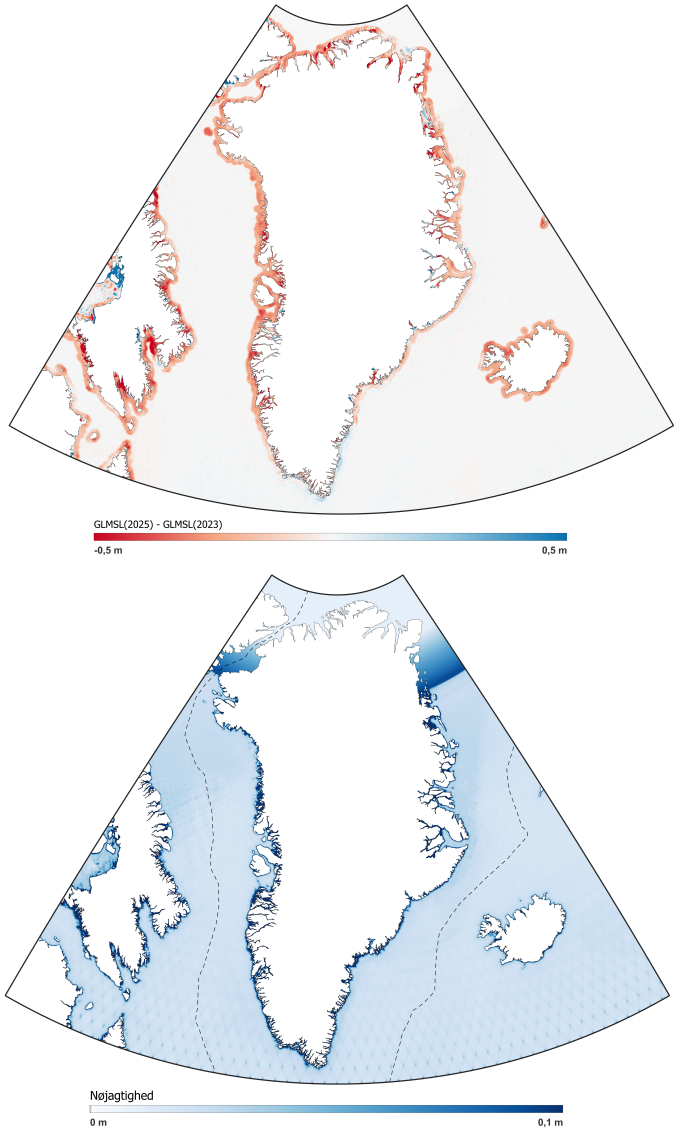
Geodætiske registre

For at lette arbejdet med geodata, der er refereret til GLMSL er systemet og dets realisering registreret i det geodætiske register, EPSG. Selve GLMSL-systemet er registeret som et såkaldt "datum ensemble", der dækker over alle realiseringer af GLMSL. De enkelte realiseringer er også registreret individuelt, så det er muligt at angive en specifik realisering som georeference i et datasæt. Desuden er der registreret kombinationer af GR96 og GLMSL til anvendelse i 3D datasæt. En oversigt ses i Tabel 3.

Det anbefales at angive en speficik realisering af GLMSL når data georefereres, da det, som nævnt i afsnit giver mulighed for på et senere tidspunkt at transformere data til en nyere realisering og dermed opnå en bedre nøjagtighed af datasættet (under antagelse af at en nyere realisering har bedre nøjagtighed end de foregående).

Kode	Beskrivelse	Type
EPSG:11455	GLMSL dybde	Vertikalt datumensemble
EPSG:10649	GLMSL(2023) dybde	Vertikalt datum
EPSG:11451	GLMSL(2025) dybde	Vertikalt datum
EPSG:10651	GR96 + GLMSL(2023) dybde	Kombineret datum
EPSG:11453	GR96 + GLMSL(2025) dybde	Kombineret datum

Tabel 3: EPSG-koder relateret til GLMSL.



Figur 3: Øverst: Forskelle mellem GLMSL(2025) og GLMSL(2023). Bemærk at visse steder overstiger forskellen mellem de to modeller 0,5 m. Nederst: Nøjagtigheden af GLMSL(2025). Bemærk, at nøjagtigheden på land og isdækkede områder er ringere end de 0,1 m skalaen angiver, da det i praksis ikke er muligt at bestemme et MSL-værdi i disse områder. Fuldtoptrukne linjer angiver kystlinje og stiplede linjer angiver Grønlands eksklusive økonomiske zone.

Kriterier for nyrealisering

Realiseringer af GLMSL udvælges og publiceres af KDS. To kriterier skal være opfyldt før der publiceres en ny realisering:

1. At den gamle realisering ikke længere anses for tilstrækkelig nøjagtig i praktisk brug, inden for et eller flere af anvendelsesdomænerne, og
2. At der eksisterer en mere nøjagtig, velrenommeret model, der kan kanoniseres som ny realisering.

Fejlretning

Hvis opfyldelsen af første nyrealiseringskriterium skyldes at der konstateres systematiske fejl i dataproduktet, som ikke kan henføres til den bagvedliggende modellering, så rettes disse fejl og modellen genpubliceres med samme navn, blot tilføjet en litrabetegnelse, fx GLMSL(2023), GLMSL(2023a), GLMSL(2023b), etc.

Governance

KDS er myndighed for geodæsi, og dermed for GLMSL. Så KDS er ansvarlig for valg af nyrealiseringer. Ved beslutning om nyrealisering inddrages holdninger fra først og fremmest søkortmyndigheden og fra marine anlægsaktører. I øvrigt er alle interessenter velkomne til at bidrage med relevant information om eventuelle fejl og mangler via gdl@kds.dk.

Licens

Denne systembeskrivelse kan frit videredistribueres som dokumentation under CC-BY 4.0 (*Creative Commons*, 2013).

Realiseringer af systemet licenseres jævnfør hver enkelt realiserings betingelser. Der lægges ved udvælgelsen af nyrealiseringer vægt på at kunne publicere det relevante materiale i overensstemmelse med EU-kommisionens "Public Sector Information Directive" (*Council of the European Union*, 2019).

Litteratur

Andersen, O., P. Knudsen, and L. Stenseng, A New DTU18 MSS Mean Sea Surface - Improvement from SAR Altimetry, p. 172, 25 years of progress in radar altimetry symposium ; Conference date: 24-09-2018 Through 29-09-2018, 2018. (document)

Andersen, O. B., DTU21 Mean Sea Surface, doi:10.11583/DTU.19383221.v1, 2022. (document)

Cheng, Y., and O. B. Andersen, Multimission empirical ocean tide modeling for shallow waters and polar seas, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, *116*(C11), doi:https://doi.org/10.1029/2011JC007172, 2011. (document)

Council of the European Union, Council regulation (EU) no 2019/1024, 2019. (document)

Creative Commons, Attribution 4.0 International (CC BY 4.0), 2013. (document)

Nilsson, B., O. B. Andersen, and P. Knudsen, The DTU25 Mean Sea Surface: From and For SWOT, *Earth System Science Data Discussions*, *2025*, 1–41, doi:10.5194/essd-2025-404, 2025. (document)

Klimadatastyrelsen

Sankt Kjelds Plads 11
2100 København Ø

https://www.kds.dk