



# **GEOLOGI FOR SAMFUNNET**

SIDEN 1858



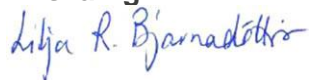
**NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE**  
· NGU ·

**NGU RAPPORT  
2022.005**

---

Datasett for registrering av marin  
Grense (MG) i Norge, v. 2.0



<b>Rapport nr.:</b> 2022.005	<b>ISSN:</b> 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	<b>Gradering:</b> Åpen	
<b>Tittel:</b> Datasett for registrering av marin grense (MG) i Norge, v. 2.0			
<b>Forfatter:</b> Fredrik Høgaas, Louise Hansen, Kjersti Mølmann, Bo Nordahl, Eirik Pettersen, Anders Romundset, Lena Seternes og Janne Grete Wesche		<b>Oppdragsgiver:</b> NGU/NVE	
<b>Fylke:</b> Hele Norge		<b>Kommune:</b>	
<b>Kartblad (M=1:250.000):</b>		<b>Kartbladnr. og -navn (M1:50.000):</b> xxx	
<b>Forekomstens navn og koordinater:</b>		<b>Sidetall:</b> 35	<b>Pris:</b> 120
		<b>Kartbilag:</b>	
<b>Feltarbeid utført:</b>	<b>Rapportdato:</b>	<b>Prosjektnr.:</b> 389000	<b>Ansvarlig:</b> 
<p>Sammendrag: Marin grense (MG) definerer det høyeste nivået havet har stått i et gitt område etter siste istid. MG representerer dermed det høyeste naturlige nivået i landskapet hvor det kan forekomme marin leire og er følgelig svært viktig informasjon, for eksempel i forbindelse med arealplanlegging og skredfarevurderinger. Informasjon om MG-registreringer (punkter), modellert marin grense (linje) og avledete tema kart som «tidligere havdekte områder» (polygoner) er tilgjengelig i kartinnsynet for Løsmasser – nasjonal løsmassedatabase (<a href="http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/">http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/</a>). Informasjonen er også tilgjengelig som WMS-tjeneste. Datasettet marin grense inngår i det offentlige kartgrunnlaget (DOK) og kan lastes ned fra <a href="http://ngu.no">ngu.no</a> og <a href="http://geonorge.no">geonorge.no</a>.</p> <p>I 2020 ble det påbegynt en oppdatering av MG-datasettet med mål om å kvalitetssikre innholdet, blant annet ved hjelp av nye, mer presise høydedata. I tillegg ble datasett-strukturen utvidet for å kunne angi MG-registreringer som på faglig grunnlag skulle utelates fra MG-modelleringen. Denne rapporten dokumenterer det faglige grunnlaget for registrering av MG i Norge og for den landsdekkende modelleringen basert på MG-informasjonen. I tillegg er datasett-strukturen beskrevet og resultatene av endringene diskutert. Etter oppdateringen inneholder MG-datasettet 1907 registreringer. Registreringene er blitt benyttet for å modellere nye landsdekkende MG-linjer og -flater som viser områder i Norge som har vært dekket av havet, altså arealer under MG. Som en følge av oppdateringene ligger MG mange steder i landet nå noe høyere i terrenget enn det som tidligere har vært angitt.</p>			
<b>Emneord</b>			
<i>Marin grense</i>	<i>Havnivå</i>	<i>Strandlinjer</i>	
<i>Kvartærgeologi</i>	<i>Marin leire</i>	<i>Strandforskylning</i>	

## INNHOLD

1. INTRODUKSJON OG BAKGRUNN.....	4
1.1 Marin grense og havnivåutvikling etter istiden .....	4
2. GEOFAGLIG GRUNNLAG FOR VURDERING AV MG: 4 HOVEDTYPER.....	6
2.1 Glasifluviale avsetninger .....	7
2.2 Marin abrasjon .....	8
2.3 Marine strandavsetninger .....	11
2.4 Isolasjonsbasseng.....	12
2.5 Kilder til MG-informasjon og måling av høyde.....	13
3. DATASETT-STRUKTUR .....	14
4. MODELLERING AV MG .....	14
5. OPPDATERT OVERSIKT OVER MG I NORGE .....	15
5.1 Modelleringsresultater .....	17
5.2 Innsynsløsning – hvordan bruke og tolke innholdet.....	18
6. REFERANSER .....	21
7. VEDLEGG.....	23
7.1 Datasett-struktur .....	23
7.2 Produktark: Marin grense (MG).....	25
7.3 Marin grense-kart .....	28
7.4 Python-modell, modellering av marin grense.....	31

## 1. INTRODUKSJON OG BAKGRUNN

Det høyeste havnivået etter siste istid i et gitt område defineres som marin grense (MG). MG varierer fra om lag 5-220 meter over dagens havnivå basert på hvor i landet man befinner seg, og det er derfor store forskjeller på hvor store områder som har ligget under havnivå i ulike deler av Norge. MG er høyest i områder rundt Trondheimsfjorden og Oslofjorden og lavest langs kysten av Vestlandet og Sørlandet. MG representerer landskapets høyeste naturlige grense for hvor det kan forekomme marin leire, altså leire som i tilfeller kan være sensitiv eller kvikkleire. En god oversikt over marin grense og tidligere havnivå er derfor viktig informasjon for vår forståelse av kvartærgeologisk utvikling, løsmassenes utbredelse og egenskaper, grunnvannsforekomster og eventuelle geofarar, og er følgelig viktig kunnskapsgrunnlag i mange samfunnsspørsmål, blant annet for kommunalt og statlig planarbeid.

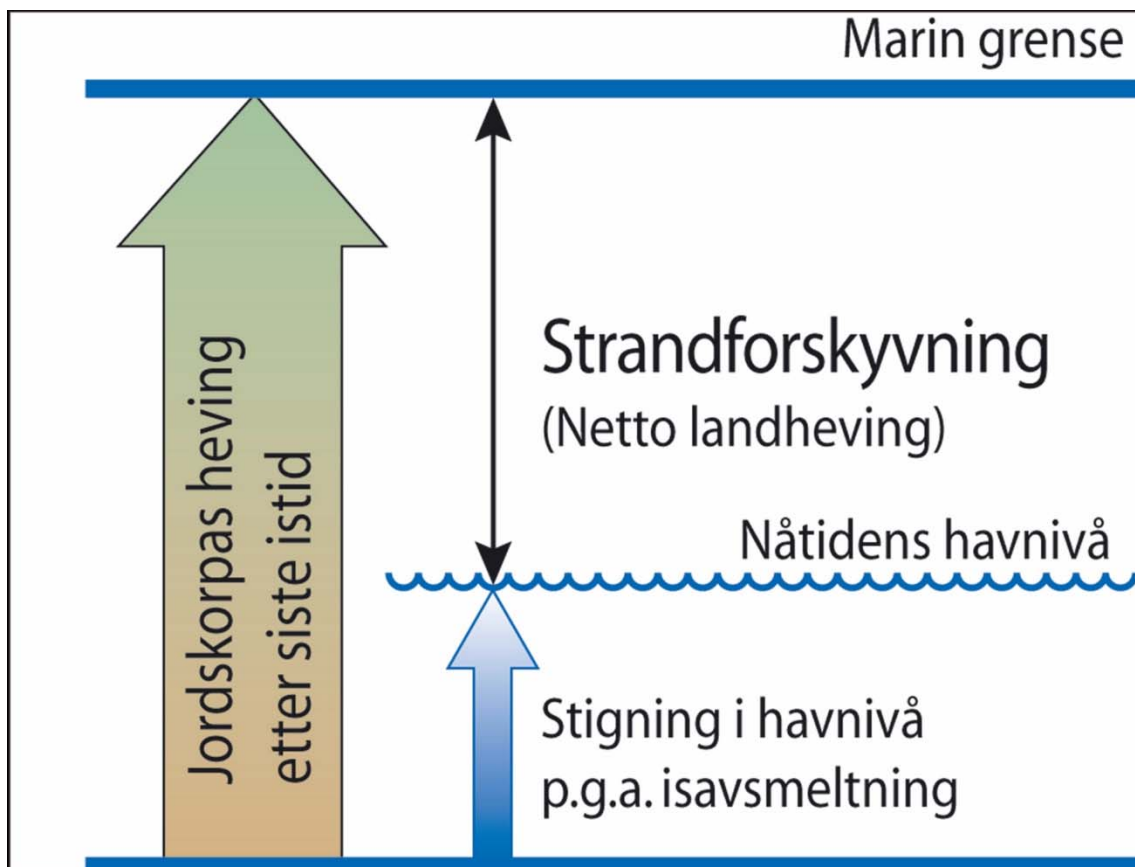
På bakgrunn av dette ble det i 2011 opprettet en database som skulle registrere og sammenstille MG-informasjon i Norge basert på litteratur, kartverk og andre kilder (Hansen mfl., 2012; Høgaas mfl., 2012). Den gangen ble det registrert 1670 MG-observasjoner landet over og registreringene ble, sammen med en høydemodell, benyttet for å modellere en landsdekkende MG-linje og -flate for tidligere havdekte områder. MG-datasettene ble innlemmet i NGUs nasjonale løsmassedatabase og siden den første lanseringen er MG-informasjonen blitt oppdatert og modellert i flere omganger.

Denne rapporten beskriver en mer omfattende oppdatering av MG-databasen med hensyn til datasett-struktur, MG-registreringer og avledete produkter. Dette innebærer kvalitetskontroll og oppdatering av MG-registreringer i henhold til nyere og mer presise terrengdata, med mål om å gjengi MG så presist som overhodet mulig. En heving eller senkning av MG-nivået på noen meter kan medføre store endringer i angivelsen av tidligere havdekte områder i Norge, noe som følgelig gir store konsekvenser for de som benytter informasjonen.

### 1.1 Marin grense og havnivåutvikling etter istiden

Variasjonen i høyde på MG i Norge er generelt sett et resultat av jordskorpas bevegelser på grunn av det tidligere isdekket over Skandinavia (glasial isostasi) og endringer av mengde vann i verdenshavene (eustasi). Tyngden av innlandsisen under siste istid gjorde at den øverste delen av jordskorpen (litosfæren) ble presset ned i den underliggende mantelen (astenosfæren). Da breene begynte å trekke seg tilbake på slutten av istiden, fulgte havet etter og flommet over de nedpressede landområdene etter hvert som de ble isfrie. Høyden på MG reflekterer dermed ulik grad av nedpressing – og påfølgende heving – av landet under og etter siste istid og er generelt sett høyest der innlandsisen var på sitt tykkeste. Dagens landhevingsrate varierer fra flere millimeter per år i enkelte indre strøk, til omtrent null på Sør-Vestlandet.

Samtidig som landet har hevet seg har også havet steget. Under siste istid var mye vann bundet opp i store isdekker på flere kontinenter og det globale havnivået var 125-130 m lavere enn i dag (Fairbanks, 1989; Yokoyama, mfl., 2018). Da isdekkene begynte å smelte på slutten av siste istid ble dette vannet gradvis ført tilbake til verdenshavene. Det har derfor skjedd en global eustatisk havnivåstigning samtidig med den regionale isostatiske landhevingen i Norge. Forholdet mellom landheving og havnivåstigning er illustrert i figur 1.



**Figur 1.** Strandforskyvningen ved en tenkt lokalitet i Norge. Jordskorpas totale heving (stor pil til venstre) etter siste istid er delvis oppveid av den samtidige globale havnivåstigningen (blå pil) og summen av disse – strandforskyvningen eller «netto landheving» – ses som den svarte pilen fra MG til dagens havnivå. Fra Sveian, 1995.

Dette betyr at den faktiske landhevingen har vært mye mer omfattende enn hva man kan spore som gamle strandlinjer i terrenget i dag, da den er delvis maskert av den samtidige havnivåstigningen. Så selv om MG i enkelte steder av landet er mindre enn 10 meter over dagens havnivå, betyr det ikke at det ikke har foregått omfattende landheving her, men at den totale landhevingen har vært såpass begrenset at den er nær usynliggjort av havnivåstigningen. I realiteten har det skjedd en omfattende heving av jordskorpa, disse stedene også. I fagspråket benytter man gjerne begrepet *relativt havnivå* om eldre tiders strandlinjer på et gitt sted, ettersom strandlinja er et resultat av endringer i både hav- og landnivå. Utviklingen i det relative havnivået langs norskekysten etter siste istid har variert mye, både over tid og fra sted til sted. Ved å undersøke gamle strandlinjer og marine sedimenter på ulike høyder over dagens havnivå kan man finne ut hvordan strandforskyvningen – utviklingen av det relative havnivået i et gitt område – har foregått siden istiden.

Havnivået tilsvarende MG inntraff som regel med det samme isen trakk seg tilbake, og i de fleste områdene i Norge har landhevingen vært sterkest siden den gang, slik at man har hatt et jevnt og trutt relativt havnivåfall siden istiden. Det finnes imidlertid noen få områder der senere havnivåstigning har ført til et relativt havnivå høyere enn strandlinja fra isavsmeltningen, for eksempel på Vestlandet og Sørlandet, som beskrevet i det følgende.

Et veldig fremrykk av innlandsisen under den kalde yngre dryas-perioden helt på tampen av siste istid førte til en relativ havnivåstigning (transgresjon) på deler av Vestlandet og Sørlandet. Bakgrunnen til havnivåstigningen er forklart med midlertidig saktere landheving i

kombinasjon med at det økende isvolumet førte til økt gravitasjonseffekt på havoverflaten (Fjeldskaar og Kanestrøm, 1980; Lohne mfl., 2004). I noen tilfeller, for eksempel på Sotra vest for Bergen, førte dette til et høyere havnivå enn ved isavsmeltingen, slik at yngre dryas-transgresjonen representerer lokal MG (Lohne mfl., 2007). Det er mulig at lignende forhold var gjeldende andre steder i Norge, som i Vestfjorden i Nordland hvor det er antatt et nær like stort fremrykk av innlandsisen under yngre dryas som på Vestlandet. En transgresjon under yngre dryas er imidlertid ikke blitt påvist andre steder i landet.

Tapes-transgresjonen skjedde for omtrent 10 000 til 7000 år siden og var et resultat av at landhevingen her hjemme hadde avtatt betydelig, samtidig som isavsmeltingen globalt fortsatt pågikk, noe som gjorde at hastigheten på havnivåstigningen overskred landhevingsraten flere steder langs den ytre norskekysten (Øyen, 1903; Fjeldskaar og Bondevik, 2020). Tapes-transgresjonen utgjør MG på deler av Sørlandet og Nord-Vestlandet, etter som havet da steg høyere enn strandlinjen knyttet til isavsmeltingen (Romundset mfl., 2015; Longva mfl., 1983). Mange andre steder førte en midlertidig, mindre hurtig landheving til at havet kunne slå inn over land på nær samme sted over lengre tid. Tapes-høyden er derfor ofte forbundet med store og tydelige strandvoller og abrasjonslinjer.

## 2. GEOFAGLIG GRUNNLAG FOR VURDERING AV MG: 4 HOVEDTYPER

Det finnes flere typer spor etter tidligere, høyere havnivå i landskapet. De mest åpenbare er hevete strandlinjer og forekomster av marine sedimenter og skjell over dagens havnivå. De fleste av disse sporene er imidlertid skapt under et lavere havnivå enn MG. Øvre utbredelse av finkornete sedimenter (silt og leire) utgjør et geologisk grunnlag for å kunne sannsynliggjøre at et område en gang har vært gammel havbunn, men slike avsetninger representerer sedimentasjon ned på et visst vanddyb og vanligvis ikke nær strandsonen. Øvre grense av finkornete avsetninger vil derfor som regel undervurdere områdets MG.

En regional vurdering er veldig viktig for å kunne anslå gyldigheten av MG-observasjoner. Etersom Norge er nokså stabilt tektonisk sett og landhevingen har vært relativt forutsigbar siden istiden, er det god sammenheng i MG-høyde fra område til område. Samtidig kan forskjeller i isavsmeltingsforløpet ha ført til at tilstøtende områder ble isfrie og oversvømt av havet på ulike tider. Kunnskap om hvordan isavsmeltingen har skjedd gjennom tid og rom er derfor viktig for å kunne vurdere eventuelle variasjoner i MG-høyde innenfor et område.

Et gitt steds MG defineres *ikke* av den høyeste havnivåindikatoren man kan se i terrenget, etter som vannstanden ved MG ikke nødvendigvis etterlot seg noen spor i form av landformer eller avsetninger. I tilfeller hvor det er tvil om MG bør det gjennomføres studier av sedimenter i myrer og innsjøer på relevante høyder over havet, slik man eventuelt kan påvise marine avsetninger i dypet av bassengene. Studier av slike *isolasjonsbassenger* er den sikreste metoden for å vurdere MG og andre tidligere havnivå, ettersom man da knytter eventuelle marine sedimenter i dypet med høyden på bassenget (dvs. utløpsterskelen). Glasifluviale avsetninger, marine abrasjonsspor eller strandavsetninger kan utvikles noe over havnivå og MG-observasjoner basert på slike landformer kan i tilfeller overdrive MG noe, dog sjelden mer enn noen få meter. Det geofaglige grunnlaget som kan benyttes for vurdering av MG gjennomgås i det følgende.

## 2.1 Glasifluviale avsetninger

Glasifluviale avsetninger utvikles hvor smeltevannselver fra breene brått mister transportkapasiteten i møtet med havet og materiale sedimenteres ut i det marine miljøet. Slike avsetninger representerer et øyeblikksbilde av forholdene mellom bre og hav under isavsmeltingen. Iblant stanset breene tilstrekkelig lenge på ett sted – og sedimentasjonen var høy nok – til at man fikk avsatt glasifluviale delta (breelv-delta). Smeltevannselver fraktet enorme mengder løsmasser mot breenes ytterpunkter på slutten av siste istid og i mange tilfeller er disse sedimentene samlet i store glasifluviale delta.

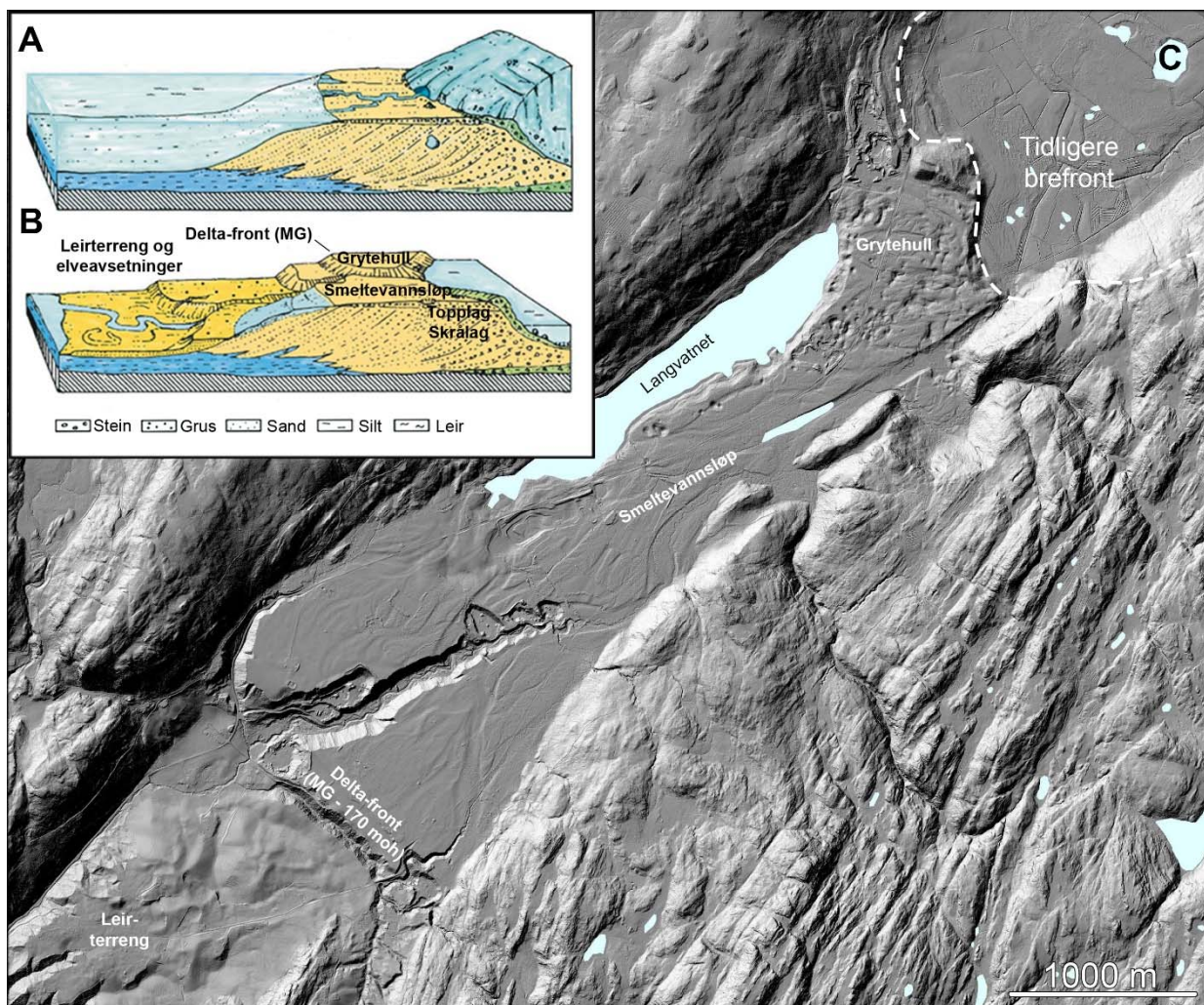
Ved midlertidige opphold i fjordene under isavsmeltingen, ble en mengde materiale dumpet ut foran brefronten og det ble etter hvert utviklet en ryggformet avsetning – en randås – langs ismarginen. Randåser er vanlige landformer i mange dalfører i Norge og gjenspeiler at det har vært et opphold i tilbaketrekingen på det aktuelle stedet, men at oppholdet ikke har vært langvarig nok (eller sedimentasjonen høy nok) til at det ble utviklet et delta. Det sedimentologiske innholdet i randåser er gjerne svært variert og kan bestå av sortert grus og sand, og mer usorterte eller diamikt materiale fra slamstrømmer og skred. Dette gjenspeiler høy energi og sedimentasjon nær bremarginen.

Noen steder ble randås-avsetningen bygget helt opp til havnivå og det ble da utviklet glasifluviale delta-avsetninger. På deltaet fraktet smeltevannselvene materiale over den tidligere avsetningen og frem mot havet, hvor materialet ble avsatt i horisontale topplag (topsets) på delta-overflaten og skrålag (foresets) i fjorden da smeltevannselvene nådde fronten av deltaet. Havnivået (i mange tilfeller marin grense) på det tidspunktet avsetningen ble utviklet, kan i løsmassesnitt i grustak fastsettes til et nivå litt over overgangen mellom de horisontale topplagene og skrålagene (Eilertsen mfl., 2011).

I mange tilfeller ble delta-flatene bygget stadig lenger ut i fjordene, slik at det ble en stor landbarriere med forgrenete nettverk av smeltevannselver mellom bre-fronten og havet. En slik avsetning kalles et sandur-delta og ses i dag gjerne som en jevn slette med gamle, forlatte smeltevannsløp. Et velutviklet eksempel er Ramfjordmoen ved Tromsø. Transportkompetansen avtar med distanse fra ismarginen og de indre delene av sandur-deltaene kan på grunn av dette ligge flere meter over datidens havnivå. MG-observasjoner basert på toppflater av glasifluviale landformer bør derfor helst også kombineres med stratigrafiske undersøkelser av avsetningen i felt.

Overflaten på delta-avsetningene graderes mot havnivået, noe som gjør at den ytterste (distale), flate delen av deltaene gir et godt estimat på MG (se f.eks. Mangerud mfl., 2019). Etter istiden er mange slike avsetninger blitt løftet langt opp over dagens havnivå som følge av landhevingen. Gardermoen (Hauerseier-deltaet), Fremo-avsetningen ved Gauldalen i Trøndelag (figur 2) og Høybuktmoen nær Kirkenes i Finnmark, er alle bevart nært intakt slik de ble utviklet på slutten av siste istid og er derfor skolebokeneksempler på hvordan slike avsetninger ser ut (se figur 2). Det finnes imidlertid svært mange «fossile» delta-avsetninger i ulike former og størrelser over hele landet.

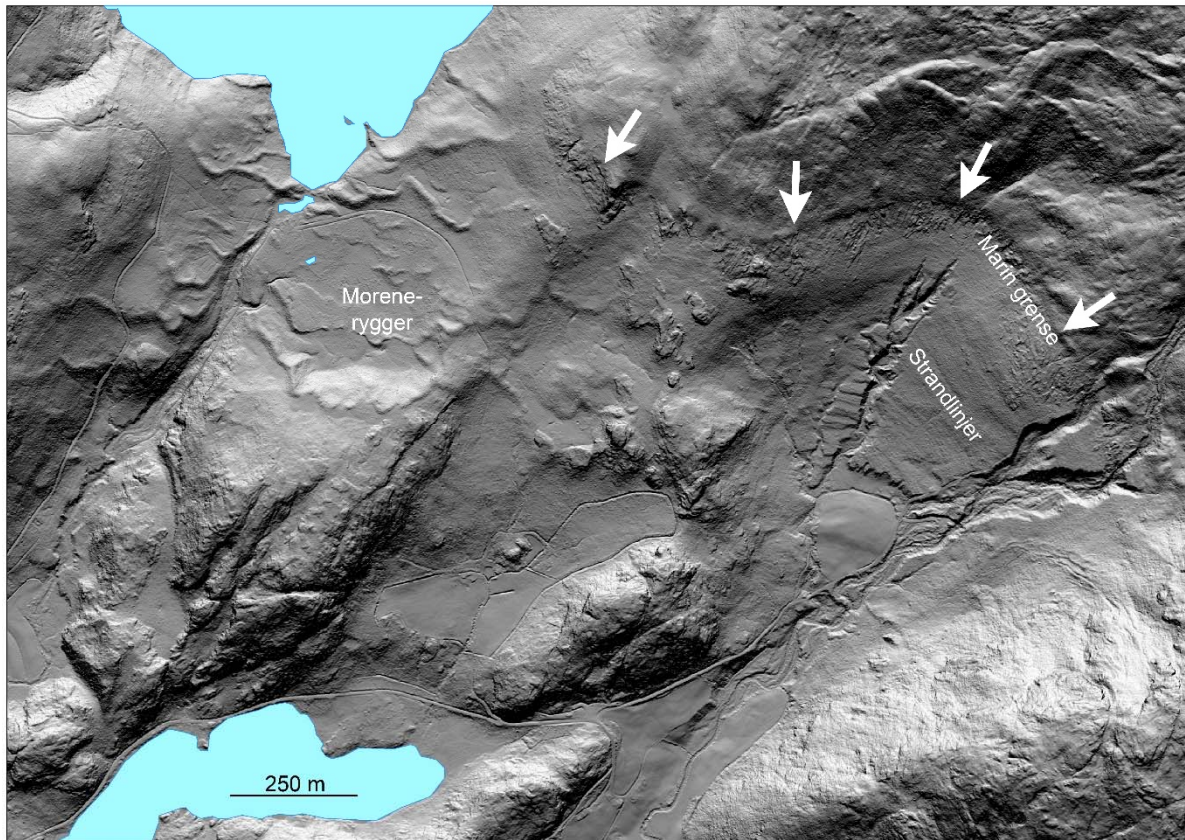




**Figur 2.** Skjematisk skisse over oppbyggingen av et glasifluvialt delta/sandurdelta (A) og hvordan det ofte fremstår i dag etter at landhevingen har hevet det høyt over havnivå og elva har skåret seg ned i avsetningene (B). A og B er modifisert etter Bargel (2005). C viser en LiDAR-illustrasjon av et stort sandur-delta i Melhus kommune (Fremo). Det at sandur-deltaet ikke er blitt mye erodert etter at det ble avsatt, gjør at vi kan lese dannelsen og utviklingen av landformen – fra den tidligere brefronten og frem til datidens delta-front. Marin grense her er rett i overkant av 170 meter over dagens havnivå.

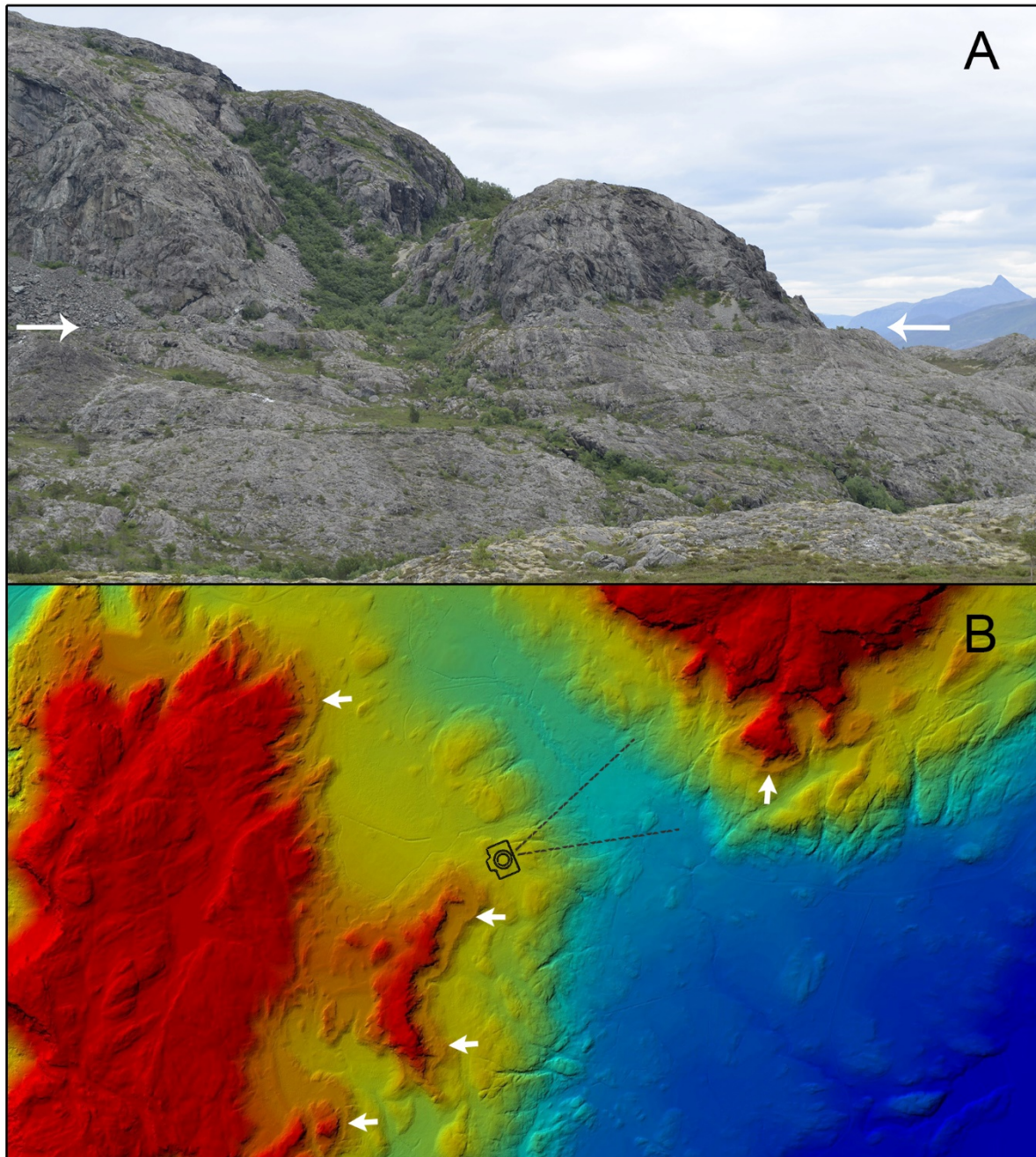
## 2.2 Marin abrasjon

Marin abrasjon representerer landformer der bølgeaktivitet har ført til vasket terreng, strandhakk, -linjer eller -terrasser i terrenget – i løsmasser eller fast fjell. Landformer dannet av marin abrasjon er utbredt i mange tidligere havdekte områder og representerer i noen tilfeller MG (Figur 3). Marin abrasjon ses oftest i form av langstrakte og horisontale eller svakt skråstilte strandlinjer i løsmasser, men finnes også som linje- og terrasseformer i fast fjell. Abrasjonsspor i fjell er naturlig nok også betinget av berggrunnsforholdene. Det er for eksempel mer vanlig med marin abrasjon i fast fjell i sedimentære bergarter i Finnmark enn i harde gneiser på Vestlandet.



**Figur 3.** Skyggerelieff av LiDAR-høydemodell fra rett nord for Hardangsfjorden sør i Nordland. Her utgjør marin abrasjon i form av en tydelig øvre vasket sone (hvite piler) marin grense. Sonen ligger på ca. 140 meter over dagens havnivå.

Tydelige spor etter marin abrasjon i fast fjell kan også være knyttet til spesielle klimatiske forhold, som for eksempel hovedstrandlinja, som ble utviklet under den kalde perioden yngre dryas på slutten av siste istid (Høgaas og Sveian, 2015). Hovedstrandlinja ses i områder som en bred og flat terrasse som kan følges på samme nivå over flere kilometer (figur 4 og 5). Den påfallende strandlinjen ble trolig utviklet på grunn av kraftig frostforvitring i strandsonen under yngre dryas. Klimaforverringen den gangen førte til en siste krampetrekning av innlandsisen og voldsomme brefremrykk langs ismarginen (Andersen mfl., 1995). Det er spekulert i at brefremrykkene da resulterte i en midlertidig, saktere landhevingen slik at havnivået lå relativt stabilt over noe tid og dermed la til rette for mer effektiv strandlinjeutvikling (Lohne mfl., 2004).

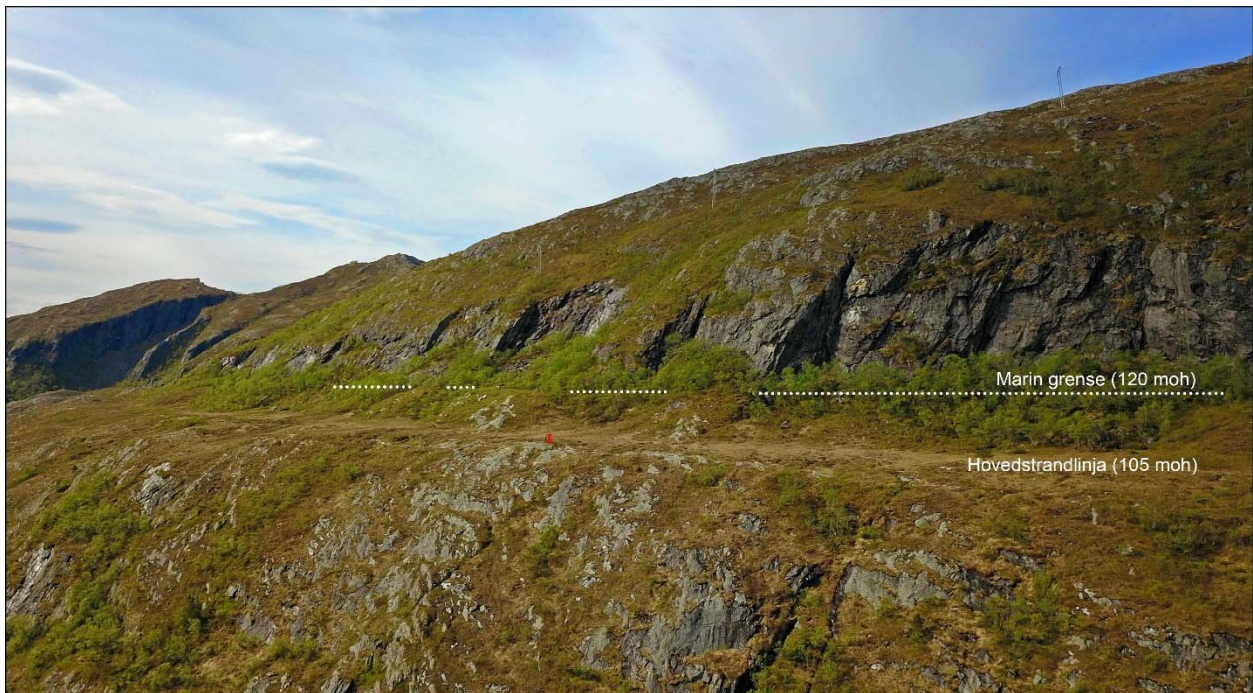


**Figur 4.** A. Fotografi (posisjon gjengitt i B) fra Leka med hovedstrandlinja markert. B. Høydemodell hvor enkelte segmenter av hovedstrandlinja er markert med hvite piler.

I tillegg var det mye is og smeltevann i fjordene den gangen, noe som gjorde at isfjell og sjøis gnagde mot klippene i takt med tidevannet og ferskvann trengte inn i sprekker i berget, frøs til og sprengte løs stein for stein. Et tydelig tegn på mye is i fjordene er at all masse erodert ut i forbindelse med utviklingen av hovedstrandlinja, ikke er å se noe sted i nærheten av landformene, men er blitt plukket opp av sjøis og dumpet tilfeldig i fjordene og ute på storhavet.

Hovedstrandlinja er spesielt tydelig fra Midt-Norge og nordover, men representerer MG bare i nær tilknytning til randsoner fra yngre dryas. Områdene utenfor (distalt for) disse randsonene ble isfrie tidligere og gjennomgikk noe landheving før yngre dryas. Et eksempel er på Leka helt nord i Trøndelag. Her ses hovedstrandlinja fra yngre dryas svært markant og påfallende i terrenget (figur 4) og er derfor i noen tilfeller blitt mistolket som MG. I realiteten ligger MG

15-20 meter høyere og ses som marine strandavsetninger lokalt i et dalføre på nordsiden av øya (Høgaas, 2016).



**Figur 5.** To strandlinjer i fast fjell langs Velfjorden sør i Nordland. Marin grense ses som delvis borteroderte bergterrasser på om lag 120 meter over havet, mens den svært markante hovedstrandlinja ligger omtrent 15 meter lavere. Fotografen står rett ved den røde streken midt i bildet og utgjør (en 188 cm høy) skala.

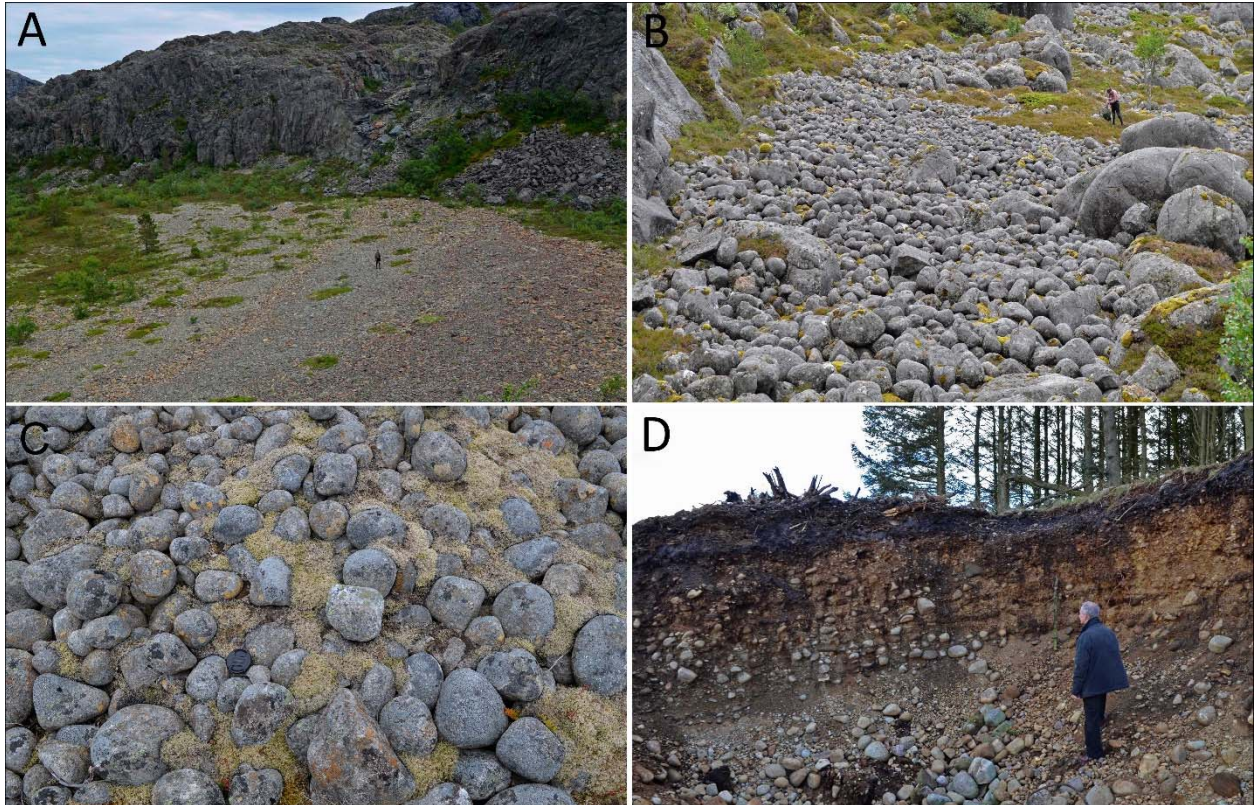
### 2.3 Marine strandavsetninger

Marine strandavsetninger representerer løsmasser som er synlig blitt påvirket av bølgeaktivitet i strandsonen. Avsetningene kan ses som landformer – for eksempel strandvoller – eller løsmassedekker av ulike opphav, der overflaten eller større deler av avsetningen består av partikler slipt mer eller mindre runde av bølger (Figur 6). På slutten av siste istid da innlandsisen trakk seg tilbake, begynte havet umiddelbart å bearbeide, sortere og (re)avsette eksisterende materiale. I store områder langs kysten ses havets tidligste påvirkning på terrenget vårt som marine strandavsetninger godt over dagens havnivå, og i flere tilfeller representerer de høyestliggende av disse MG.

Strandavsetninger er best utviklet i kystområder som ligger åpent til og er (og har vært) eksponert for kraftig bølgeaktivitet. Her kan man for eksempel se at avsetningene utelukkende består av godt rundete fotballstore blokker (Figur 6B). Slike blokkfelt kalles gjerne rullesteinstrender og utgjør imponerende geologiske spor etter havets kraft. Her har blokkene blitt slengt rundt og slipt runde av kraftige bølger, mens mindre partikler som sand og grus er vasket langt ut til havs.

Strandvoller er det klassiske eksemplet på landformer knyttet til marine strandavsetninger. Vollene er små forhøyninger eller rygger som strekker seg langs terrengekotene og gjenspeiler at sand, grus og stein er blitt slengt opp av kraftige bølger over datidens havnivå. På grunn av dette kan høyeste funn av marine strandavsetninger og strandvoller overdrive MG noe, men det er vanskelig å vite presist hvor langt over datidens middelvannstand sedimentene er avsatt. Utviklingen av strandvoller er avhengig av den lokale geologien, landskapsforhold, eksponeringsgrad mot havet og lokal sedimenttilgang og -transport. I tillegg er tid en viktig

faktor. I områder hvor det skjedde en midlertidig relativ havnivåstigning under Tapes-perioden, fikk strandvollene tid til å vokse seg større og mange steder langs norskekysten skiller Tapes-strandvollen derfor seg ut som langt større enn strandvollene over og under denne høyden.



**Figur 6.** A. Strandsedimenter med strandvoller på Leka, Trøndelag. Person for skala. B. Rullesteinstrand på vestsiden av Vega, Nordland. Person for skala. C. Godt rundete strandsteiner på Søla, Nordland. Objektivdeksel (diameter ca. 6 cm) for skala. D. Snitt i Tapes-strandvollen på Lista, Agder. Tapes-transgresjonen representerer marin grense på Lista og i områdene rundt.

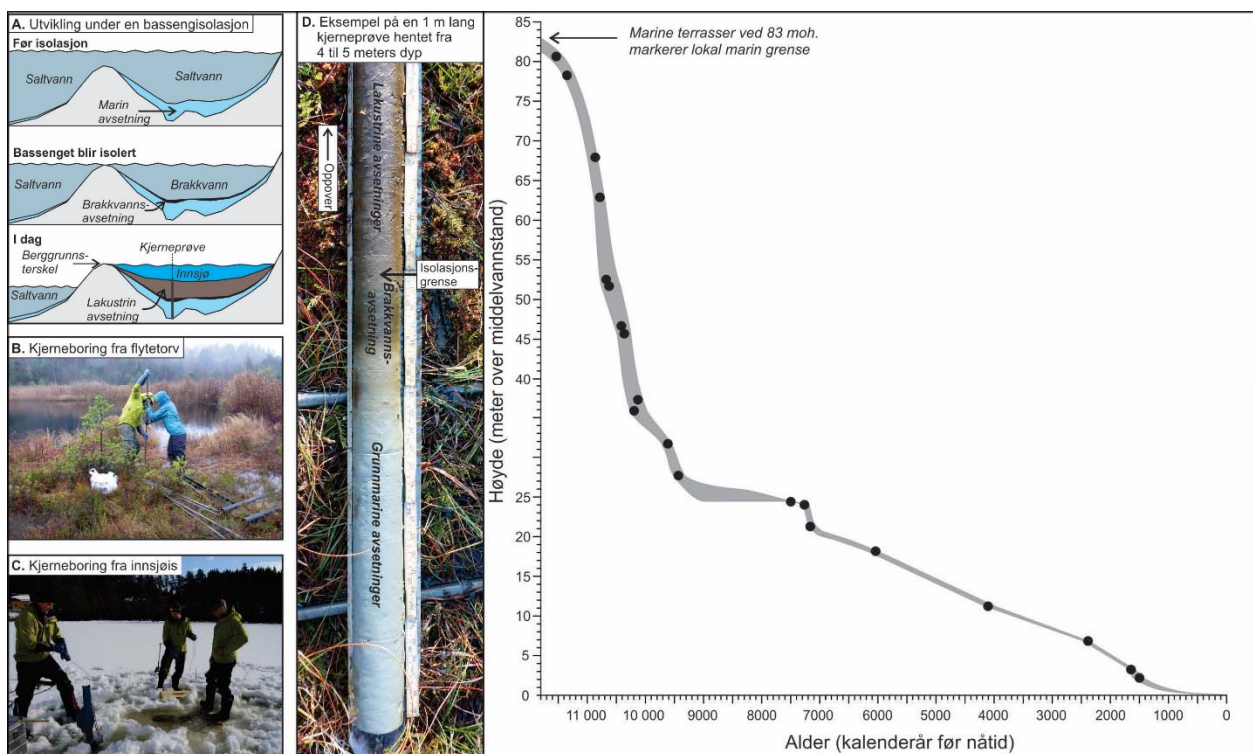
## 2.4 Isolasjonsbasseng

Høyden på MG kan anslås ved hjelp av undersøkelser av sedimenter på bunnen av topografiske fordypninger (bassenger i berggrunnen), som i dag gjerne er fylt av myrer og innsjøer. Tidligere marine bassenger som er blitt hevet over havnivå (isolert fra havet) i forbindelse med landhevingen, kaller vi isolasjonsbassenger (se figur 7). Ved å undersøke hvor høyt en finner slike bassenger i et område, vil man kunne begrense høyden på MG relativt presist.

Terskelhøyden på bassenget bestemmer når havet trenger inn i bassenget og når landhevingen gjør at det isoleres fra havet. I perioden mellom disse miljøene er det en kortvarig fase med brakkvann i bassenget, før miljøet blir helt ferskt. Ved å hente ut sedimentkjerner fra flere isolasjonsbassenger i ulike høyder, men innenfor samme område, kan man studere og rekonstruere havnivåhistorien fra istiden og frem til i dag. De ulike fasene i isolasjonsbassengets utvikling gjenspeiles i form av variasjon i sedimentene som er avsatt på bunnen av bassenget og fossilinnholdet i disse. I hav- og ferskvannsmiljøene trives naturlig nok helt ulike dyr og planter – vi kaller de gjerne miljøindikatorer – og rester av organismene finnes ofte bevart i sedimentene og gjør at vi kan tolke hva slags miljø de ble avsatt i og

miljøendringer over tid. I et marint miljø avsettes ofte blågrå og organisk-fattig silt og leire med rester av for eksempel marine skjell og mikroorganismer. Sedimenter som blir avsatt under en ferskvannsfase, har mye høyere innhold av organisk materiale og inneholder gjerne materiale fra planter og organismer som finnes i og rundt bassenget. Brakkvann er oksygenfattig, og det er kun få organismer som trives under slike forhold. Brakkvannsfasen kan ofte identifiseres visuelt i sedimentene som tynne, mørke lamineringer mellom de marine og ferske sedimentene i bassenget. Hurtigheten til strandforskyvningen, i tillegg til tidspunktet for isolasjonen i tilknytning til isavsmeltingen, har stor betydning for hvordan sedimentene fremtrer i stratigrafien i isolasjonsbassenger (Romundset mfl., 2018).

Studier av isolasjonsbassenger gir mulighet til å undersøke et områdes strandforskyvning etter siste istid. Ved å datere organisk materiale (for eksempel planterester) rett over siste fase med brakkvannsinntilflytelse (isolasjonskontakten), får man en alder på når bassengterskelen ble løftet så høyt av landhevingen at høyvannet/springfloen ikke lenger gikk over terskelen og inn i bassenget. Ved å undersøke og datere mange bassenger på ulike høyder over havet kan man få en detaljert kurve som illustrerer hvordan havnivået har utviklet seg siden et område ble isfritt (se strandforskyvningskurven i figur 7). Variasjoner av lagfølger i sedimentkjernene kan også gjøre det mulig å påvise eventuelle variasjoner i havnivået, som yngre dryas- eller Tapes-transgresjonen.



**Figur 7.** Figuren viser de ulike fasene i et isolasjonsbasseng (A), eksempler på prøvetaking i felt (B, C) og et eksempel på en 1 meter lang sedimentkjerne (D). Til høyre ses en strandforskyvningskurve fra Tvedestrand-området, som viser havnivåutviklingen fra istiden og frem til i dag. De runde punktene representerer isolasjonsbassengene som er blitt undersøkt. Figuren er basert på en figur fra Romundset mfl. (2018).

## 2.5 Kilder til MG-informasjon og måling av høyde

MG er viktig informasjon i mange geologiske sammenhenger og har inngått som en del av kvartærgeologisk kartlegging og forskningsarbeid siden 1800-tallet. Informasjon rundt MG

finnes derfor spredt rundt i ulike typer publikasjoner, rapporter og kartverk. Det finnes en rekke mulige feilkilder involvert i den faglige vurderingen av MG i landskapet. Dette gjelder blant annet hva som er observert, men også hvordan det er målt. MG-datasettet inkluderer registreringer fra gamle publikasjoner (eldste referanse er fra 1960) og tidligere målte man høyde på en annen måte – og hadde andre referansenivåer – enn i dag. I dag er høyde over havet basert på detaljerte kartverk og høyoppløselige LiDAR-data, men tidligere ble høyde over havet gjerne funnet ved hjelp av barometer. Barometeret ble ofte kalibrert ved havnivå før man skyndte seg å måle det man skulle før lufttrykkforholdene endret seg og målingene var derfor utsatt for å variere noe, avhengig av om det var flo eller fjære i forbindelse med kalibreringen. Andre steder ble posisjonen på tang- og rur-randen benyttet for å kalibrere barometeret, etter som utbredelsen av disse artene gir en god indikasjon på middelvannsstanden. Feilkildene innebærer at tidligere observasjoner kan avvike noe fra moderne målinger, men denne feilmarginen trolig relativt lav og i alle tilfeller innenfor  $\pm 5$  meter. Høyde over havet i kart og høydemodeller i dag er basert på referansenivået normalnull 2000 (NN2000), som siden 2011 gradvis har overtatt for det tidligere vertikale datumet NN1954.

### 3. DATASETT-STRUKTUR

MG-datasettet inneholder blant annet tabeller med informasjon (metadata) som MG-type (faglig hovedtype, se kapittel 2), høyde over havet, lokalitetsnavn, opphav og geologisk beskrivelse for hver enkel MG-registrering. Egenskapslisten og informasjon om attributtene i MG-datasettet er presentert i vedlegg 7.1. Produktarket for MG finnes på [https://www.ngu.no/upload/Aktuelt/Produktark\\_MarinGrense\\_NGU.pdf](https://www.ngu.no/upload/Aktuelt/Produktark_MarinGrense_NGU.pdf) og er gjengitt i vedlegg 7.2. To nye attributter – «inklModellering» og «inklModelleringForklaring» – ble innført i forbindelse med oppdateringen av MG-datasettet.

### 4. MODELLERING AV MG

Det oppdaterte innholdet av MG-registreringer (punkter) er sammen med topografisk informasjon (digital høydemodell med oppløsning på 10 meter) blitt benyttet for å modellere et nytt sett med landsdekkende MG-informasjon. Dette inkluderer MG-nivåer (linjer) og kart som viser tidligere havdekte områder (polygoner) for hele Norge.

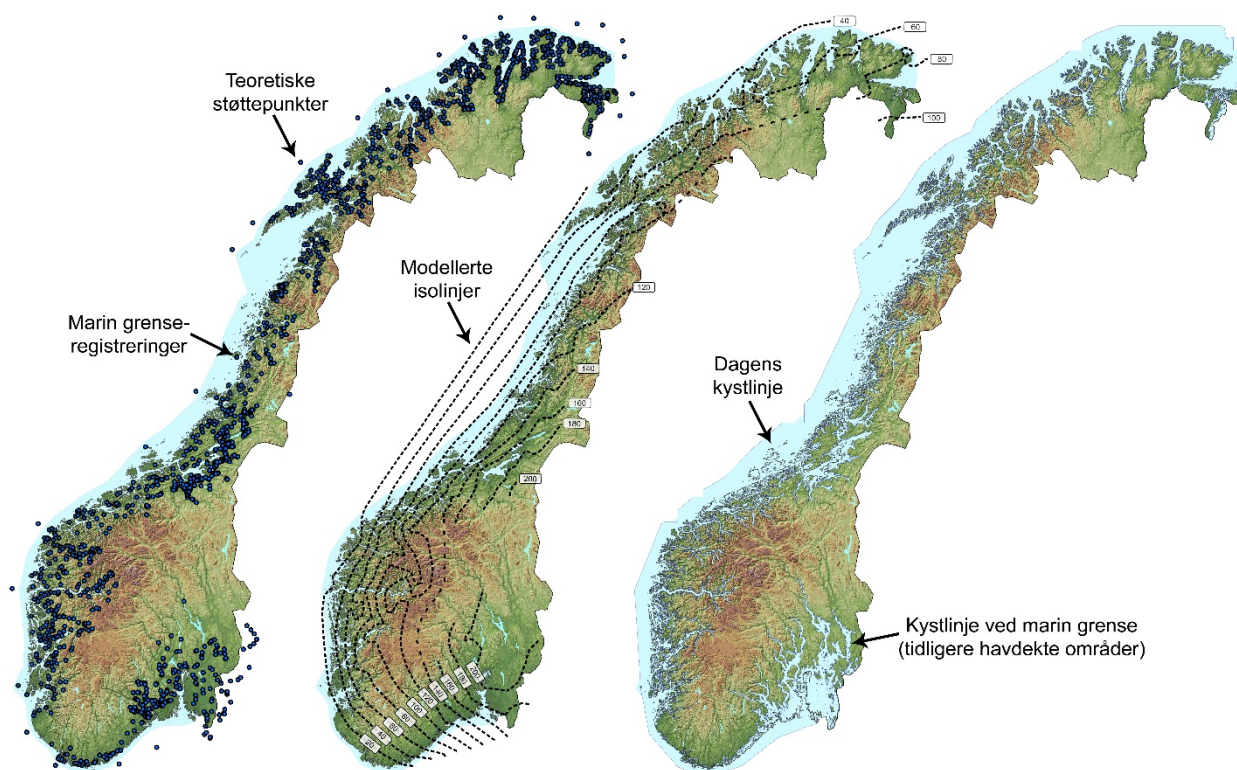
Modelleringen tar hensyn til MG-registreringer i Sverige og teoretiske støttepunkter. MG-registreringene fra datasettet som inngår i modelleringen er valgt ut i henhold til egenskapen «inklModellering» (se kapittel 5 og vedlegg 7.1), som definerer om en registrering benyttes i den nasjonale modelleringen eller om den utelates. I egenskapen «inklModelleringForklaring» begrunnes det hvorfor registreringen ikke skal inkluderes i modelleringen.

Overflaten til MG er generert ved hjelp av ArcGIS-verktøyet «naturlig nærmeste nabo» («natural neighbor») med ti-meters cellediameter (DTM10m). Overflate-rasteret er så sammenlignet med DTM10 og der førstnevnte er lik eller mindre (på samme eller lavere nivå i terrenget), defineres «MGoverflate» til under marin grense. Forenkling og utjevning av lagene er utført med verktøyene «Focal statistics tool» og «Smooth polygon». Felt og verdier som representerer «over MG» og «under MG» er deretter lagt til før feltene er eksportert som egne polygoner. En gjengivelse av modelleringsmodellen i form av python-script ses i vedlegg 7.4.

## 5. OPPDATERT OVERSIKT OVER MG I NORGE

Etter oppdateringen inneholder datasettet per dato 01.01.2022 til sammen 1907 MG-registreringer, noe som er 237 flere enn i siste datasettversjon. Av 1907 registreringer er 1873 faktiske MG-observasjoner, mens 34 er teoretiske punkter som er opprettet for å «styre» modelleringen av tidligere havdekte områder. I tillegg er 26 MG-observasjoner fra Sverige inkludert for å «styre» modelleringen mot nabolandet på Sør-Østlandet. Merk at MG-registreringer og avledete produkt er et resultat av den beste informasjonen som er tilgjengelig per dags dato. Innholdet vil oppdateres etter som den kvartærgeologiske kartleggingen av landet skrider fremover og at det publiseres relevante studier. Ny modellering av MG og tidligere havdekte områder utføres i forbindelse at man får større endringer i MG-datasettet.

Fordelingen av alle registreringene i datasettet gjengis i figur 8. Det er god dekning av MG-registreringer i Trøndelag, Oslofjord-området og i Troms og Finnmark. Dette sammenfaller med at det er utført relevante studier og kartleggingsprosjekter her, i tillegg til at MG er relativt høy og de geologiske sporene etter MG er tydelige. Det er få registreringer på Sør-Vestlandet og i deler av Nordland. For førstnevntes del kommer dette av en relativt lav MG og følgelig at mindre areal har tidligere vært dekket av havet, mens for sistnevntes del skyldes dårlig dekning få utførte studier. Figur 8 viser også en enkel isolinje-interpolasjon som knytter sammen områder med lik MG. Linjene viser noen spesielle variasjoner på Vestlandet, noe som kan være på grunn av varierende alder på MG (deglasasjonsbetinget) lokalt sett eller et svakt datagrunnlag. Merk at MG inntraff på ulike tidspunkt i ulike områder og havnivået som vises i den modellerte MG-linjen og tidligere havdekte områder inntraff derfor ikke samtidig.

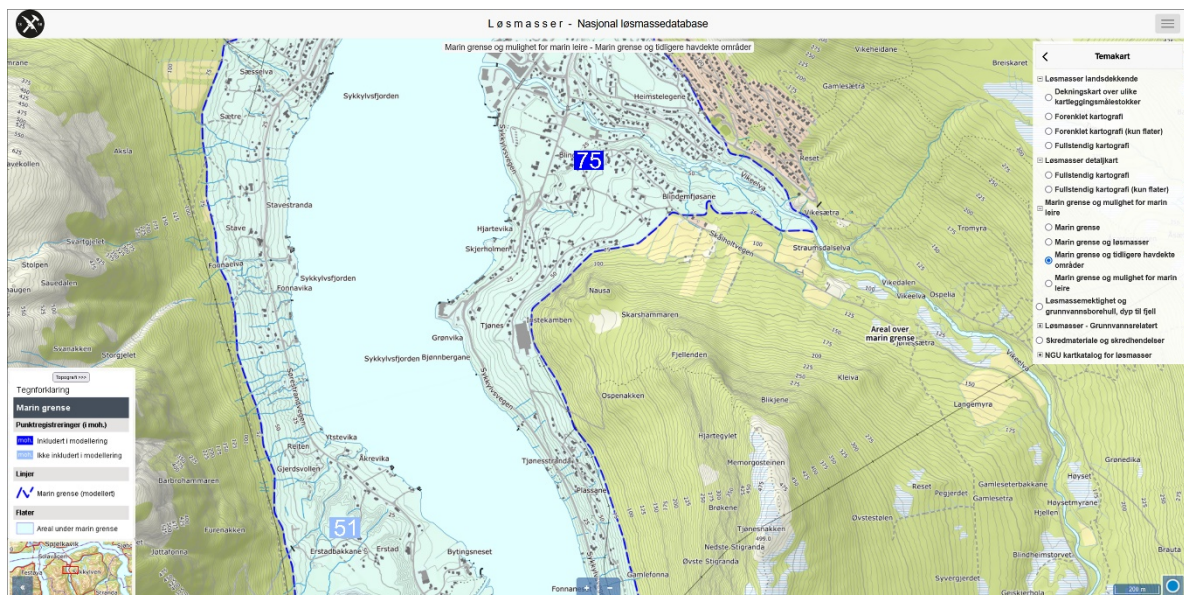


**Figur 8.** Kart med alle MG-registreringer, isolinjer og tidligere havdekte områder for hele Norge. Tidligere havdekte områder er basert på modellering av punktene i datasettet og viser derfor maksimal havutbredelse, men dette temakartet raffineres noe i innsynsløsningen, se kapittel 5.2. Fullversjoner av kartene finnes i vedlegg 7.3.

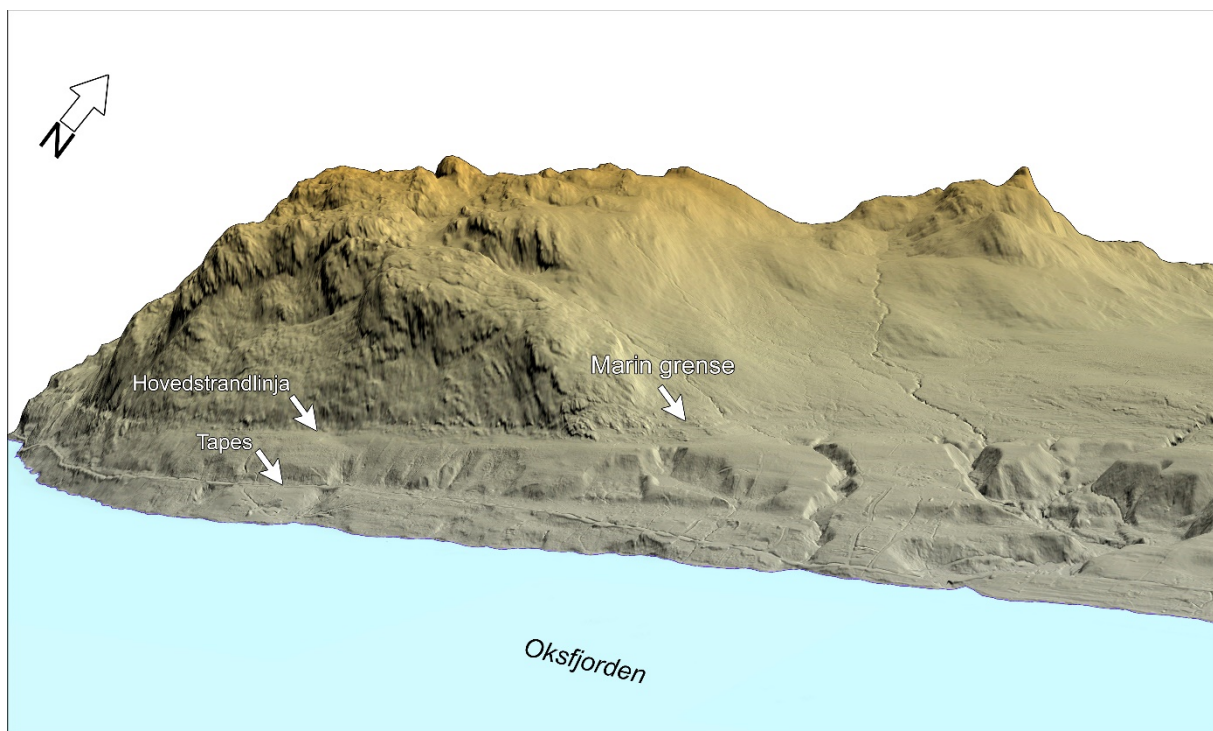


425 registreringer i datasettet er basert på glasifluviale avsetninger, 119 og 71 på henholdsvis marin abrasjon og strandsedimenter, og 6 registreringer baseres seg på funn fra isolasjonsbasseng. For de resterende MG-registreringer er det ikke spesifisert hva de baseres på, for eksempel der hvor MG-observasjoner er presentert på større plansjer eller illustrasjoner, eller er beregnete verdier basert på nærliggende områder.

I forbindelse med datasett-revisjonen er 85 MG-registreringer blitt utelatt fra modelleringen av tidligere havdekte områder. De utelatte registreringene er ikke slettet fra datasettet og vises fortsatt i innsynsløsningen på nett, men visualiseres annerledes enn punktene som benyttes i modelleringen (figur 9). Registreringene er som regel utelatt på grunn av at kildematerialet og/eller høydeobservasjonene virker upresise og at andre, tilstøtende registreringer fremstår som mer korrekte. Begrunnelsen gis i egenskapen «inklModelleringForklaring». I enkelte tilfeller utelates også registreringer fordi de representerer en yngre og geografisk begrenset MG, for eksempel i forbindelse med brefremrykk under yngre dryas. Noen steder er hovedstrandlinja feilaktig tolket som MG, når det i realiteten finnes spor etter høyere havnivå (Figur 10). Ofte kommer dette av at hovedstrandlinja er en veldig påfallende og tydelig strandlinje, som beskrevet over.



**Figur 9.** Skjermdump fra innsynsløsningen fra Sykkylvsfjorden som viser punkter som inkluderes (mørkeblått punkt, 75 moh) og ikke inkluderes (lyseblått punkt, 51 moh) i modelleringen. Det lyseblå MG-punktet er basert på en deltaavsetning knyttet til et brefremstøt i yngre dryas og er derfor uegnet for å brukes i modelleringen av regional marin grense.



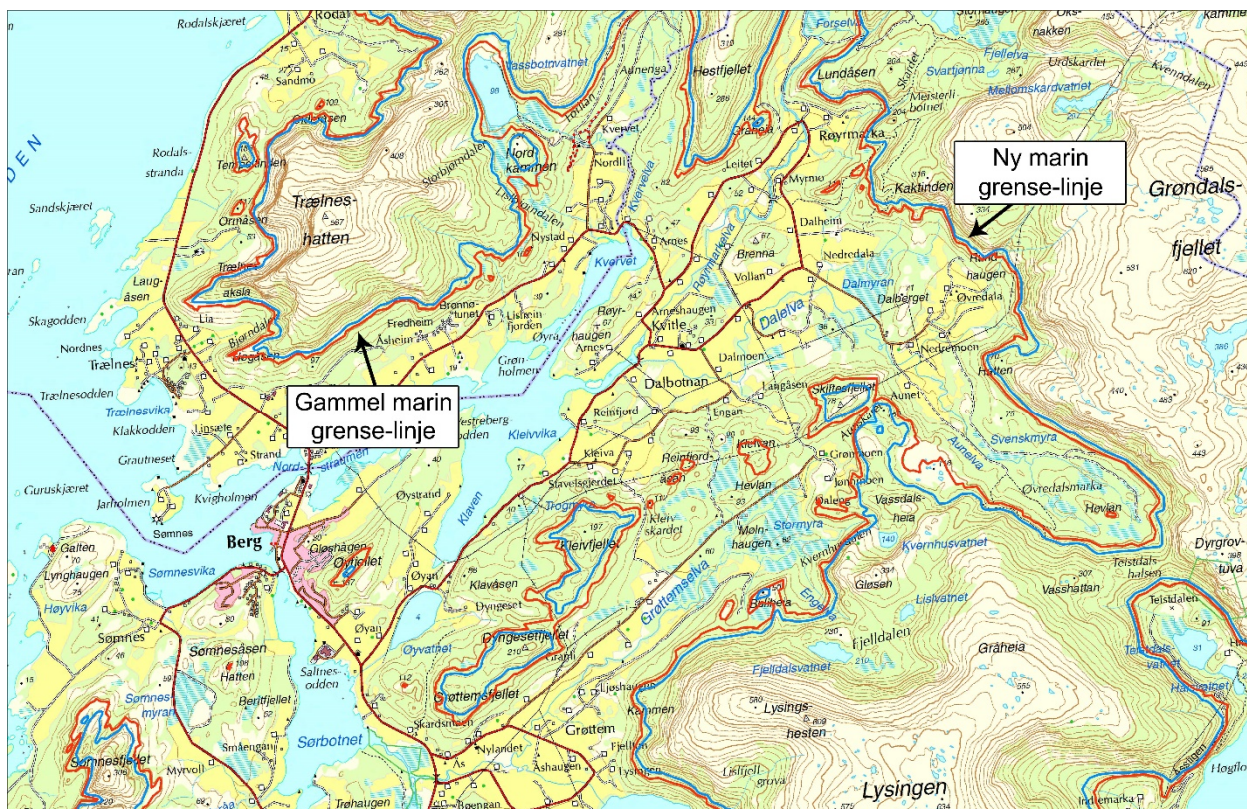
**Figur 10.** LiDAR-skråbilde fra Oksfjorden i Nordreisa, kommune, Troms og Finnmark. Hovedstrandlinja er svært tydelig i deler av regionen og er ofte blitt misforstått som marin grense, til tross for at det finnes spor etter høyere havnivå.

## 5.1 Modelleringsresultater

Den oppdaterte MG-modelleringen har resultert i noen endringer av tidligere havdekte områder nasjonalt sett. Stort sett innebærer det at MG-linjen nå går noe høyere i terrenget, men revisjonen av datasettinnholdet har også ført til at linjen er senket i enkelte områder. Spesielt gjelder dette kysten av Finnmark, som stedvis hadde svært høye MG-registreringer. Her har vi ikke funnet belegg for at havnivået har stått så høyt som foreslått og som en konsekvens av dette ble noen registreringer ekskludert fra modelleringen. Følgelig ligger MG-linjen her lavere nå enn i forrige versjon.

MG-linjen er blitt hevet for eksempel på Søndre Helgeland og i Lyngen-Kvænangen-regionen i Troms. For sistnevnte var MG tidligere blitt tolket for lavt over store områder, trolig på grunn av at observasjonene var basert på hovedstrandlinja, se figur 10.

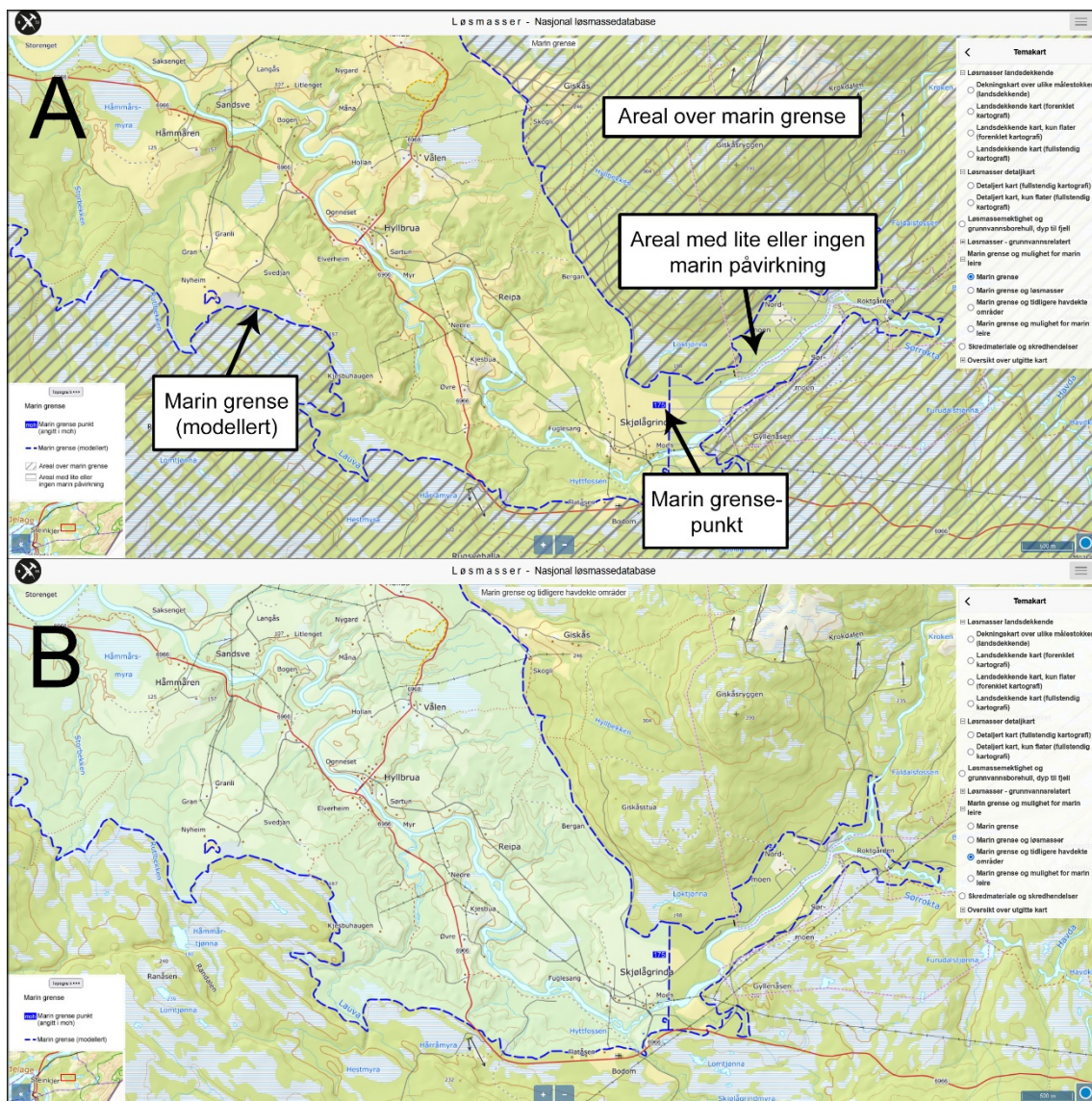
For Søndre Helgeland har et kvartærgeologisk kartleggingsprosjekt ført til at MG er blitt hevet betraktelig (10-15 m) over et større område. Dette illustreres i figur 11, hvor et kartutsnitt fra Brønnøy-Sømna-området er fremstilt med gammel (rød) og ny (blå) MG-linje. En endring på MG med 10-15 meter innebærer at mye ekstra areal har vært dekket av havet, spesielt i flatere områder.



**Figur 11.** Kartutsnitt fra område i Brønnøy og Sømna kommuner, Nordland, hvor marin grense (vist som linjer i terrenget) er blitt hevet med om lag 15 meter basert på det oppdaterte datasettinnholdet og ny modellering. Rød linje – gammel modellert linje, blå linje – ny modellert linje.

## 5.2 Innsynsløsning – hvordan bruke og tolke innholdet

Informasjon rundt MG er tilgjengelig i NGUs nasjonale løsmassedatabase ([http://geo.ngu.no/kart/losmasse\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/)), og presenteres som MG-punkter og et landsdekkende MG-linjeverk. I tillegg visualiseres tidligere havdekte områder med en gjennomiktig blå flate (figur 12). Hvert MG-punkt er klikkbart og inneholder informasjon om MG-type (geologisk grunnlag), høyde over havet og opphavet til registreringen. Tekster med forklaring av MG og bruken av innsynsløsningene finnes også på NGUs hjemmesider (<https://www.ngu.no/emne/marin-grense/>).



**Figur 12.** Skjermdump fra innsynsløsningen som viser kart med modellert marin grense, arealer over marin grense og arealer med lite eller ingen marin påvirkning (A) og marin grense og tidligere havdekte områder (B).

Det landsdekkende, blå MG-linjeverket er modellert ut fra MG-punktene i datasettet. I mange tilfeller vil denne linjen ekstrapoleres innover i landet fra det nærmeste tilgjengelige MG-punktet, for eksempel i store dalfører. Dette innebærer at havet i flere tilfeller kan ha gått lenger inn i landet enn den «innerste» MG-registreringen. I mange tilfeller har vi opprettet teoretiske støttepunkter for å styre denne modelleringen, slik at ekstrapolerte MG-nivåer ikke blir liggende for høyt eller lavt innover i landet fra denne innerste registreringen.

I noen tilfeller er imidlertid dalføret blitt kraftig erodert etter at erosjonsbasis (havet) senket seg, slik at deler av dalen er gravd ut av elvene etter istiden. Konsekvensen av dette kan være at dalføret i dag ligger under høyden på MG, når det i realiteten aldri har vært dekket av havet. Vi har forsøkt å identifisere disse dalførene og gjengir slike områder med «Areal med lite eller ingen marin påvirkning» i innsynsløsningen på nett. Akkurat hvor langt inne i dalføret havet har gått er i mange tilfeller veldig vanskelig å svare på. Her har vi for eksempel støttet oss på grunnboringer utført av andre aktører (som gjengitt for eksempel i NADAG - <http://geo.ngu.no/kart/nadag/>), slik at soner med påvist marin leire i alle fall faller innenfor «tidligere havdekte områder». Informasjonen som presenteres har derfor vært gjennom en faglig vurdering av geologiske forhold og den blå MG-linjen er derfor ikke kun et rent

ekstrapolasjonsresultat av modelleringen. En helt korrekt gjengivelse av hvor langt inn i landet havet har gått, er imidlertid i mange tilfeller utfordrende.

I noen områder langs MG forekommer det usammenhengende modellering, det vil si lommer av områder over modellert MG som er avsnørt fra «hoved-MG-linjen». I de fleste tilfellene inntreffer dette på grunn av at terrenget innenfor (ovenfor) MG-linjen er marginalt lavere enn modellert MG, for eksempel der det er en innsjø eller myr innenfor en noe høyere terskel. I noen tilfeller skyldes dette imidlertid geologiske forhold. For eksempel kan massebevegelser og skred i mindre dalfører føre til at høyden på dalbunnen nå ligger høyere, en god stund etter at MG inntraff her. I slike tilfeller plukker modelleringen opp at havet faktisk kan ha gått lenger inn i dalen. På grunn av at det kan skyldes geologiske forhold, og derfor i tilfeller viser reelle havdekte områder, er ikke denne usammenhengende modelleringen luket ut av visningstjenesten.

## 6. REFERANSER

- Andersen, B.G., Mangerud, J., Sørensen, R., Reite, A., Sveian, H., Thoresen, M., Bergstrøm, B. 1995. Younger Dryas ice-marginal deposits in Norway. *Quaternary International*, 28, 147–169.
- Bargel, T. 2005. Spor etter istiden i Oslo og Akershus. Norges geologiske undersøkelse, Gråsteinen 10, 142 sider.
- Eilertsen, R., Corner, G.D., Aasheim, O., Hansen, L. Facies characteristics and architecture related to palaeodepth of Holocene fjord-delta sediments. *Sedimentology*, 58, 1784-1809.
- Fairbanks, R. G., 1989. A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting dates on Younger Dryas event and deep ocean circulation. *Nature*, 342, 637-642.
- Fjeldskaar., W., Bondevik, S. 2020. The Early-Mid Holocene transgression (Tapes) at the Norwegian coast—comparing observations with numerical modelling. *Quaternary Science Reviews*, 242, 106435.
- Fjeldskaar W., Kanestrøm R. 1980. Younger Dryas geoid-deformation caused by deglaciation in Fennoscandia. In *Earth Rheology, Isostasy and Eustasy*, Mörner N.-A. (ed.). Wiley: Chichester; 569–574.
- Hansen, L., Sveian, H., Olsen, L., Høgaas, F., Rindstad, B.I., Wiig, T. & Lyche, E. (2012) The marine limit as a basis for mapping of landslide susceptibility in fine-grained, fjord deposits, onshore Norway. In: Eberhardt et al. (Eds.) *Landslides and Engineered Slopes: Protecting Society through Improved Understanding*. 11th International Symposium on Landslides, Banff, Canada, June 2012. Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-62123-6. p. 1833-1838.
- Høgaas, F. 2016. Beskrivelse til Leka - 1725 III - kvartærgeologisk kart M 1:30 000. Landformer, løsmasser og landskapsutvikling på Leka. Norges geologiske undersøkelse, Rapport 2015.044.
- Høgaas, F., Hansen, L., Rindstad, B.I., Sveian, H. Olsen, L. 2012. Database for registrering av marin grense (MG) i Norge. Norges geologiske undersøkelse, Rapport 2012.063.
- Høgaas, F., Sveian, H. 2015. The Younger Dryas Main Line on Leka, Norway, as determined from a high resolution digital elevation model derived from airborne LiDAR data. *Geomorphology*, 231, 63-71.
- Lohne, Ø.S., Bondevik, S., Mangerud, J., Schrader, H., 2004. Calendar year age estimates of Allerød–Younger Dryas sea-level oscillations at Os, western Norway. *Journal of Quaternary Science* 19, 443–464.
- Lohne, Ø.S., Bondevik, S., Mangerud, J., Svendsen, J.I., 2007. Sea-level fluctuations imply that the Younger Dryas ice-sheet expansion in western Norway commenced during the Allerød. *Quat. Sci. Rev.* 26, 2128–2151.
- Longva, O., Larsen, E., Mangerud, J. 1983. Stad. Beskrivelse til kvartærgeologisk kart 1019 II - M 1:50 000 (med fargetrykt kart). Norges geologiske undersøkelse, Skrifter 48, 66 sider.

Mangerud, J., Hughes, A.L.C., Sæle, T.H., Svendsen, J.I. 2019. Ice-flow patterns and precise timing of ice sheet retreat across a dissected fjord landscape in western Norway. *Quaternary Science Reviews*, 214, 139-163.

Romundset, A., Fredin, O., Høgaas, F. 2015. A Holocene sea-level curve and revised isobase map based on isolation basins from near the southern tip of Norway. *Boreas*, 44(2), 383-400.

Romundset, A., Lakeman, T. R., Høgaas, F. 2018. Quantifying variable rates of postglacial relative sea level fall from a cluster of 24 isolation basins in southern Norway. *Quaternary Science Reviews*, 197, 175-192.

Sveian, H. 1995. Sandsletten blir til: Stjørdal fra fjordbunn til strandsted. Norges geologiske undersøkelse, Skrifter 117, 44 sider.

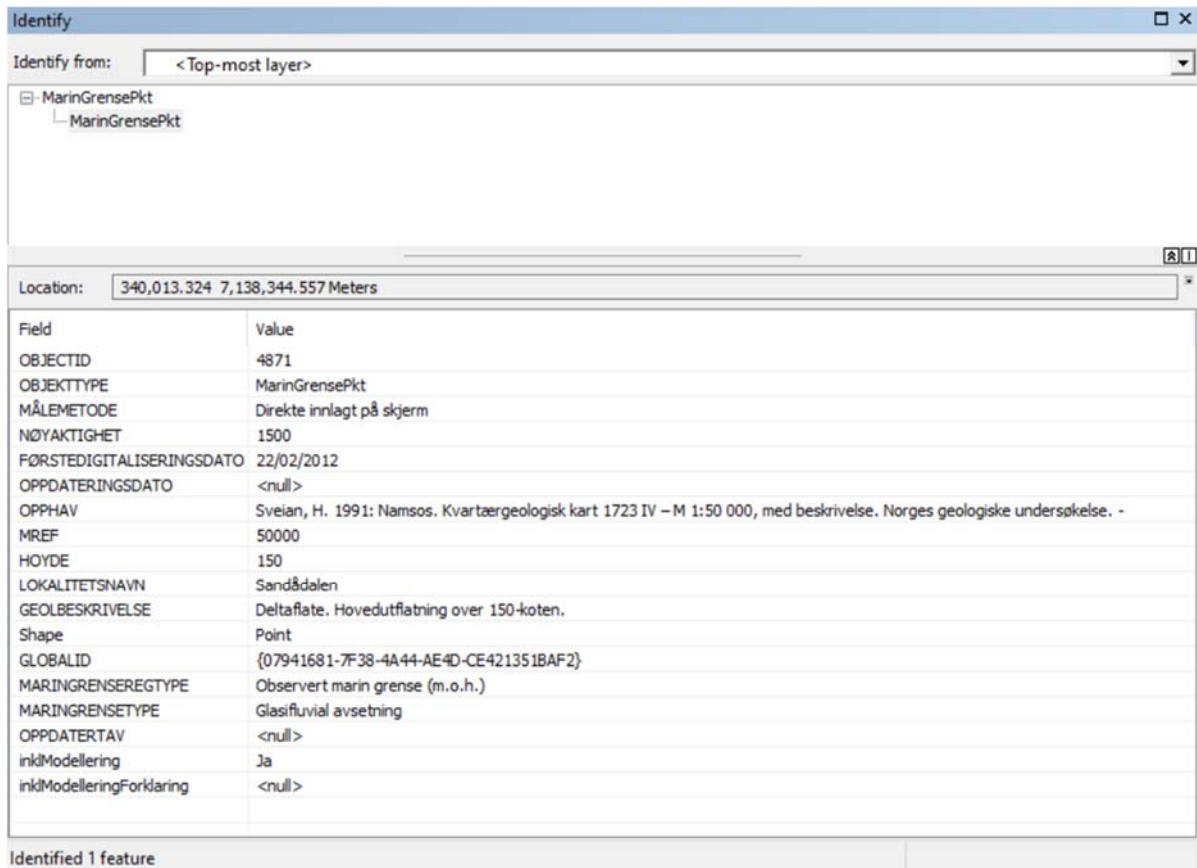
Yokoyama, Y., Esat, T. M., Thompson, W. G., Thomas, A. L., Webster, J. M., Miyairi, Y., Sawada, C., Aze, T., Matsuzaki, H., Okuno, J., Fallon, S., Braga J.-C., Humblet, M, Iryu, Y., Potts, D.C., Fujita, K., Suzuki, A., Kan, H. 2018. Rapid glaciation and a two-step sea level plunge into the Last Glacial Maximum. *Nature*, 559(7715), 603-607.

Øyen, P.A. 1903. Tapes-niveauet paa Jæderen. Videnskapselskapets skrifter. I Matematisk-naturvidenskabelig klasse, 7, s. 8.

## 7. VEDLEGG

### 7.1 Datasett-struktur

I det følgende presenteres en oversikt over alle attributter i MG-datasettet. De to siste attributtene («inklModellering» og «inklModelleringForklaring») ble opprettet og inkludert i forbindelse med datasettoppdateringen.



Field	Value
OBJECTID	4871
OBJEKTTYPE	MarinGrensePkt
MÅLEMETODE	Direkte innlagt på skjerm
NØYAKTIGHET	1500
FØRSTEDIGITALISERINGSDATO	22/02/2012
OPPDATERINGSDATO	<null>
OPPHAV	Sveian, H. 1991: Namsos. Kvartærgeologisk kart 1723 IV – M 1:50 000, med beskrivelse. Norges geologiske undersøkelse. -
MREF	50000
HOYDE	150
LOKALITETSNAVN	Sandådølen
GEOLBESKRIVELSE	Deltaflate. Hovedutflatning over 150-koten.
Shape	Point
GLOBALID	{07941681-7F38-4A44-AE4D-CE421351BAF2}
MARINGRENSEREGTYPE	Observert marin grense (m.o.h.)
MARINGRENSETYPE	Glasifluvial avsetning
OPPDATERTAV	<null>
inklModellering	Ja
inklModelleringForklaring	<null>

OBJECTID: Automatisk generert ID.

OBJEKTTYPE: Geografisk objekttype er en klasse av objekter med felles egenskaper, forholdet mot andre objekttyper og funksjoner (SOSI). Eksempel på objekttype er MarinGrensePkt.

MÅLEMETODE: Metode som ligger til grunn for registrering av posisjon. Se <https://register.geonorge.no/sosi-kodelister/malemetode>

NØYAKTIGHET: Punktstandardavviket i grunnriss for punkter samt tverravvik for linjer. Merknad: Oppgitt i cm. Eksempel: kodeverdi 200 angir nøyaktighet på 2 m – tilsvarende kartmålestokk 1:5000

FØRSTEDIGITALISERINGSDATO: Dato første gang observasjonen ble registrert i databasen.

OPPDATERINGSDATO: Dato for oppdatering av registreringen.



**OPPHAV:** Opphavet til registreringen. Artikkel, rapport, kartverk, feltobservasjon eller lignende. Kan også beskrive navn på person og årsak til oppdatering.

**MREF:** Målestokkreferanse til MG-registreringen. Mange punkter stammer fra kvartærgeologiske kartverk og målestokkreferansen sier hva slags skala kartleggingen er utført i.

**HOYDE:** Høyde over havet på observasjonen.

**LOKALITETSNAVN:** Lokalitetsnavn som oppgis i opphavet – eventuelt et stedsnavn i nærheten satt av innlegger.

**GEOLBESKRIVELSE:** Geologisk beskrivelse av MG-observasjonen. Beskrivende tekstfelt eller link (URL) til tekstlig beskrivelse.

**GLOBALID:** Automatisk generert ID.

**MARINGRENSEREGTYPE:** «Observert marin grense (m.o.h)» eller «teoretisk marin grense (m.o.h.)». Sistnevnte brukes for å styre og støtte modelleringen, for eksempel i ytterpunktene, og vil også kunne brukes i områder hvor vi vil heve eller senke MG uten å ha direkte observasjoner.

**MARINGRENSETYPE:** Type geologi registreringen er basert på: «Glasifluvial avsetning», «isolasjonsbasseng», «marin abrasjon», «strandavsetning», «annet» eller «uspesifisert».

**OPPDATERTAV:** Hvem som har etablert eller oppdatert registreringen.

**inklModellering:** Definerer om registreringen skal inkluderes (JA) eller ikke inkluderes (NEI) i modellering av tidligere havdekte områder. Ekskludering av MG-observasjoner er basert på en regionalgeologisk vurdering. På denne måten kan vi ekskludere punkter fra modelleringen uten å slette punktene.

**inklModelleringForklaring:** Begrunner hvorfor en registrering ikke skal inkluderes i modelleringen.

## 7.2 Produktark: Marin grense (MG)



NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
- NGU -



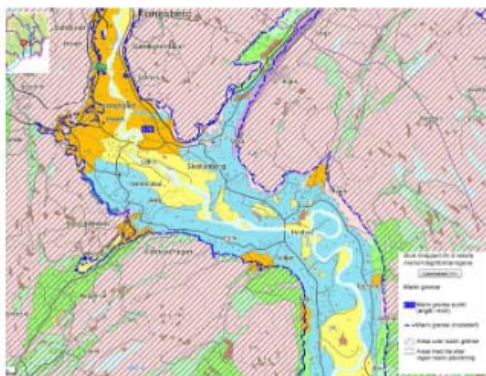
MARIN GRENSE (MG)

### PRODUKTARK: MARIN GRENSE (MG)

#### BESKRIVELSE



Enkelt kartinnsyn.



Kartinnsyn med flere tema.

Marin grense (MG) angir det høyeste nivå som havet nådde etter siste istid. Høyden på marin grense vil avhenge av hvor man er i Norge. Noen steder er dette nivået hele 220 m over dagens havnivå. Data for MG består av punktregistreringer, linjer samt polygoner. Linjer og polygoner er modellert fra punktene og en 10 m terrengmodell. Stiplet blå linje angir modellert MG. Arealer med skrå skravur ligger over MG. Arealer med horisontal skravur angis for

enkelte områder der det forventes å ha vært lite eller ingen marin påvirkning.

#### FORMÅL/BRUKSOMRÅDE

MG angir høyeste nivået for marint avsatte sedimenter på land. Problemstillinger som involverer slike avsetninger kan utelukkes over MG, hvilket er viktig informasjon i bl.a. offentlig planarbeid. For eksempel kan kvikkleire og skred i hav- og fjordavsetninger, som marin leire, kun forekomme under MG. Videre kan grunnvannskvaliteten under MG være påvirket av relikvt saltvann, og leire kan begrense utbredelsen av akviferer. Se [link](#) og kartproduktet «mulighet for marin leire» for informasjon om bruk av marin grense og løsmassekart for å avgrense områder der marin leire kan forekomme. Se også [informasjon om landheving og havnivåendringer](#).

#### EIER/KONTAKTPERSON

Norges geologiske undersøkelse.

Datateknisk: wmsdrift@ngu.no

Fagekspert: Fredrik Høgaas, wmsdrift@ngu.no

#### DATASETTOPPLØSNING

Målestokktall: 50.000

Stedfestingsnøyaktighet (meter): 50

#### UTSTREKNINGSINFORMASJON

Dekningsoversikt

Utstrekningsbeskrivelse

Hele fastlands-Norge med øyer langs kysten.

Dekningsoversikt

<http://geo.ngu.no/kart/kartkatalog/>

(velg tema Marin grense)



## KILDER OG METODE

MG registreringene er basert på litteratur, geologiske kart og observasjoner i felt av erfarne geologer. Beskrivelse av hva MG er, av parametere i databasen og usikkerheter knyttet til MG registreringene er gitt i NGU rapport 2012.063 [http://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2012/2012\\_063.pdf](http://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2012/2012_063.pdf)

I 2020 ble det gjennomført en revidering av databaseinnholdet for å klargjøre datasettet til en ny, landsdekkende modellering av MG og tidligere havdekte områder. Dette innbar en kvalitativ vurdering av hver enkelt MG-registrering, for eksempel basert på LiDAR-data, noe som har ført til at flere punkter er blitt utelatt fra den landsdekkende modelleringen.

Terrengmodellen som er benyttet i analysen har oppløsning (rutenettstørrelse) på 10x10 meter, og er hentet fra [hoydedata.no](http://hoydedata.no). Terrengmodellen er generert ut fra de detaljerte laserdata som var tilgjengelig høsten 2020, supplert med høydedata fra 2013-utgaven av DTM10 for områder uten dekning.

## AJOURFØRING OG OPPDATERING

### Status

Datasettet er landsdekkende. Til hver MG-registrering er det inkludert tilknyttet informasjon, for eksempel geologisk beskrivelse, referanse og en vurdering av kvaliteten for registreringen.

## LEVERANSEBESKRIVELSE

### Format (Versjon)

- ESRI Shape
- SOSI
- ESRI File Geodatabase

### Projeksjoner

UTM sone 32, 33 eller 35 (EUREF89)  
UTM sone 32, 33 eller 35 (WGS84)  
Geografiske koordinater bredde/lengde (WGS84)

## Tilgangsrestriksjoner

Informasjon tilgjengeliggjøres under [Norsk lisens for offentlige data \(NLOD\)](#).

Ved bruk av informasjon fra Norges geologiske undersøkelse (NGU), skal følgende tekst alltid oppgis:

"Inneholder data under Norsk lisens for offentlige data (NLOD) tilgjengeliggjort av Norges geologiske undersøkelse (NGU)".

## Tjeneste

<http://geo.ngu.no/mapsserver/MarinGrenseWMS3>

Formell beskrivelse av tjenesten (capabilities):

<http://geo.ngu.no/mapsserver/MarinGrenseWMS3?REQUEST=GetCapabilities&SERVICE=WMS>

## OBJEKTTYPELISTE

- MarinGrense
- MarinGrenseFlate
- MarinGrensePkt
- Temakartavgrensning
- FiktivDelelinje

## EGENSKAPSLISTE

- marinGrenseRegType
- marinGrenseType
- annetKvTema
- førsteDigitaliseringsdato
- oppdateringsdato
- målemetode
- opphav
- høyde
- navn
- geolBeskrivelse
- datauttaksdato
- geolPavisningstype
- egnetMålestokk
- inklModellering



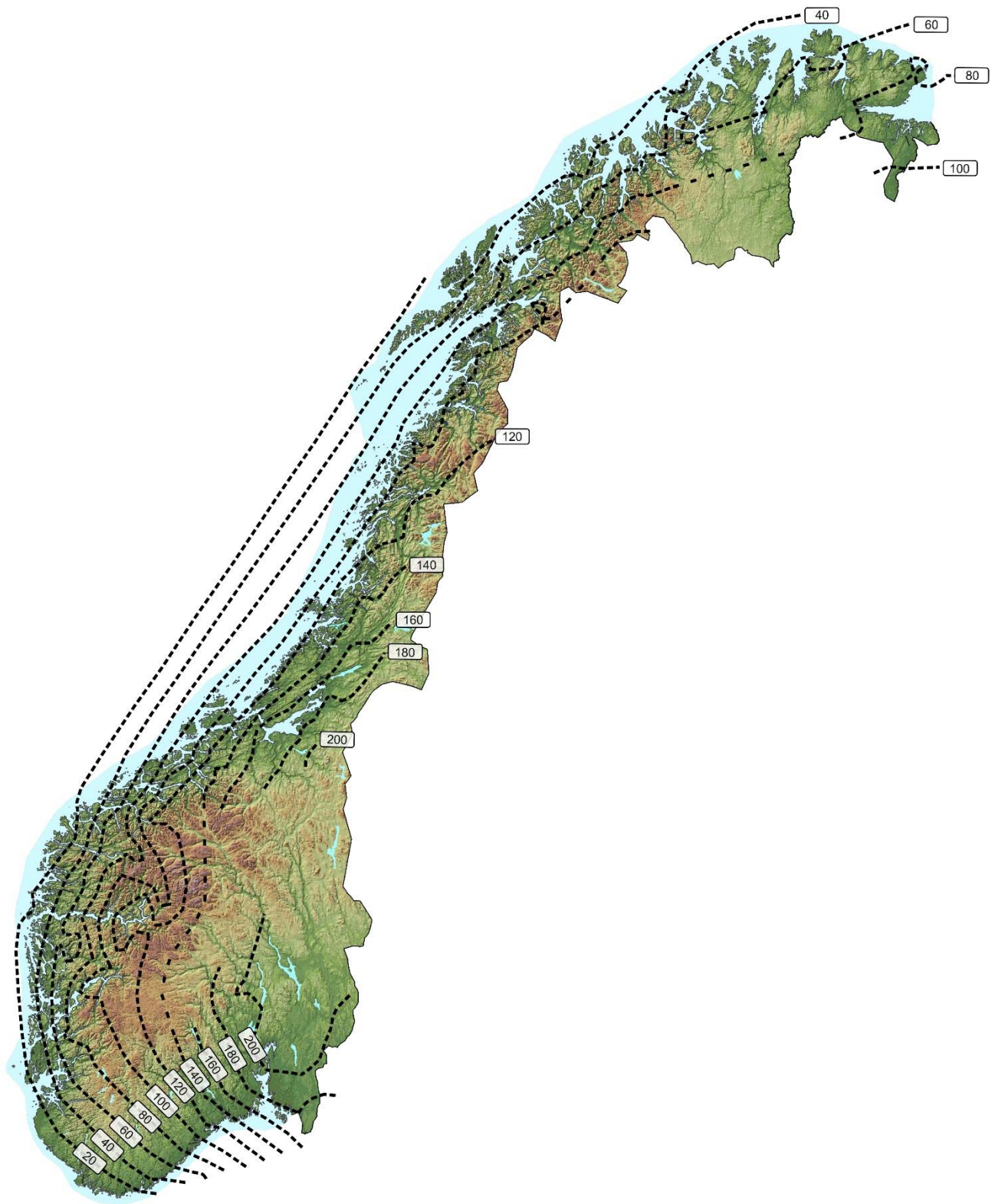
#### LENKER

- [SOSI-standard \(v. 4.0\) Løsmassegeologi](#)
- [Metadata i Geonorge](#)
- SOSI Produktspesifikasjon Marin grense
- [Norsk lisens for offentlige data \(NLOD\)](#)  
<http://data.norge.no/nlod/no/1.0>
- [Produktark for DTM10 Terrengmodell \(UTM33\)](#)

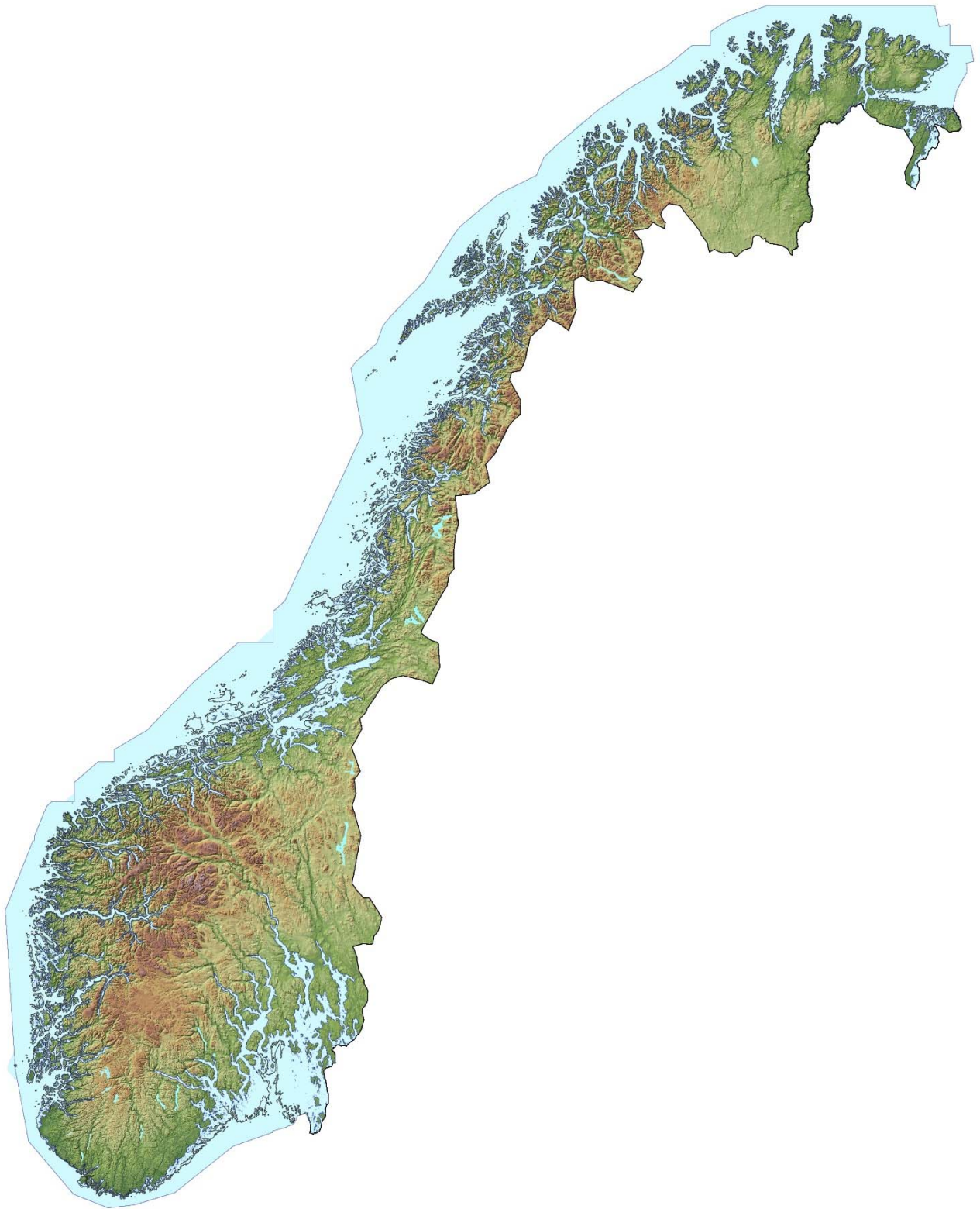
### 7.3 Marin grense-kart



Figur 13. Kart som viser alle registreringer i MG-datasettet.



Figur 14. Kart med isolinjer som knytter sammen områder med lik MG.



**Figur 15.** Kart som viser tidligere havdekte områder, basert på MG-datasettet.

## 7.4 Python-modell, modellering av marin greense

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Modified from ArcGIS ModelBuilder export
MarinGreense.py v1.0 2021-12-13
Copy paste in a ArcGIS pro jupyter notebook and run in one cell after replacing source data
"""

import arcpy
from sys import argv

# config
# location of point layer MarinGreensePkt
MarinGreensePunkt_src = "<path to MarinGreensePkt>"

# Terrain model that gives the cell size for the modeled sealevel and combined with the new
sealevel models gives area under historical sealevel
DTM_src = "<path to DTM>"

# Polygons delimiting areas where there should be indicated little influence of marine
sediments
LitenIngenPåvirkning = "<path to little influence polygons>"

# Output fgdb name and path
out_folder = "<output folder>"
out_fgdb = "<output filegeodatabase name>"

# Arcpy conversion toolbox location
arcpytoolbox = r"<path to arcgis pro toolboxes>\ArcToolbox\toolboxes\Conversion
Tools.tbx"

# Paths for workspaces both need to be empty fgdb or not exist and creates a temporary fgdb
scratch_workspace = r"F:\Marin Greense\New\test.gdb"
work_space = r"F:\Marin Greense\New\test.gdb"
MG_scratch = arcpy.management.CreateFileGDB(out_folder_path=r"F:\Marin Greense\New",
out_name="test.gdb", out_version="CURRENT")[0]

# Function to generate MarinGreense surface raster, MarinGreense polygons, MarinGreense
lines, MarinGreense contours

def MarinGreense(LOSMSDE_MarinGreensePkt=MarinGreensePunkt_src, DTM=DTM_src,
Liten_eller_ingen_marin_påvirkning=LitenIngenPåvirkning,
Output_fGDB_folder=out_folder, Output_fGDB=out_fgdb): # MarinGreense

    # To allow overwriting outputs change overwriteOutput option to True.
    arcpy.env.overwriteOutput = False

    # Check out any necessary licenses.
    arcpy.CheckOutExtension("3D")
    arcpy.CheckOutExtension("spatial")
    arcpy.CheckOutExtension("ImageAnalyst")
```



```

arcpy.ImportToolbox(arcpytoolbox)

# Select points to include in the modeling
# Process: Select Layer By Attribute (Select Layer By Attribute) (management)
MarinGrensePkt_Layer, Count =
arcpy.management.SelectLayerByAttribute(in_layer_or_view=LOSMSDE_MarinGrensePkt,
selection_type="NEW_SELECTION", where_clause="INKLMODELLERING = 'Ja'",
invert_where_clause="")

print("Points selected starting Natural Neighbor (this will take some time; 3-4
hours)\n(1/7)")

# Create a surface raster from the selected points
# Process: Natural Neighbor (Natural Neighbor) (sa)
MGO = fr"{arcpy.env.scratchGDB}\MGO"
Natural_Neighbor = MGO
with arcpy.EnvManager(scratchWorkspace=scratch_workspace):
    MGO = arcpy.sa.NaturalNeighbor(in_point_features=MarinGrensePkt_Layer,
z_field="HOYDE", cell_size=DTM)
    MGO.save(Natural_Neighbor)

print("\nNatural Neighbor finished! \nStarting raster operations\n(2/7)")

# Create a raster where MG is less than or equal to DTM
# Process: Less Than Equal (Less Than Equal) (sa)
Maringrense_DTM_lik_eller_mindre =
fr"{arcpy.env.scratchGDB}\Maringrense_DTM_lik_eller_mindre"
Less_Than_Equal = Maringrense_DTM_lik_eller_mindre
Maringrense_DTM_lik_eller_mindre =
arcpy.sa.LessThanEqual(in_raster_or_constant1=DTM, in_raster_or_constant2=MGO)
Maringrense_DTM_lik_eller_mindre.save(Less_Than_Equal)

# Remove small irregularities
# Process: Focal Statistics (Focal Statistics) (sa)
FocalSt_LESS1 = fr"{arcpy.env.scratchGDB}\FocalSt_LESS1"
Focal_Statistics = FocalSt_LESS1
with arcpy.EnvManager(extent="MAXOF"):
    FocalSt_LESS1 =
arcpy.sa.FocalStatistics(in_raster=Maringrense_DTM_lik_eller_mindre,
neighborhood="Circle 3 CELL", statistics_type="MAJORITY", ignore_nodata="DATA",
percentile_value=90)
    FocalSt_LESS1.save(Focal_Statistics)

# Cast the raster to integer type (categoricals)
# Process: Int (Int) (sa)
MG_binary = fr"{arcpy.env.scratchGDB}\MG_binary"
Int = MG_binary
MG_binary = arcpy.sa.Int(in_raster_or_constant=FocalSt_LESS1)
MG_binary.save(Int)

print("\nRaster operations finished.\nGenerating and modifying polygons.\n(3/7)")

```

```

# Generate polygon from the raster
# Process: Raster to Polygon (Raster to Polygon) (conversion)
MGPolygon_Non_smooth = fr"{arcpy.env.scratchGDB}\MGPolygon_Non_smooth"
with arcpy.EnvManager(outputMfl.ag="Disabled", outputZFlag="Disabled"):
    arcpy.conversion.RasterToPolygon(in_raster=MG_binary,
out_polygon_features=MGPolygon_Non_smooth, simplify="SIMPLIFY",
raster_field="VALUE", create_multipart_features="SINGLE_OUTER_PART",
max_vertices_per_feature=None)

# Removes the sharp angles of the base DTM 10m cells so the finished product doesn't look
like it has a 10m resolution
# Process: Smooth Polygon (Smooth Polygon) (cartography)
MarinGrensePolygon_3_ = fr"{arcpy.env.scratchGDB}\MarinGrensePolygon_temp"
with arcpy.EnvManager(transferGDBAttributeProperties=False):
    arcpy.cartography.SmoothPolygon(in_features=MGPolygon_Non_smooth,
out_feature_class=MarinGrensePolygon_3_, algorithm="PAEK", tolerance="35 Meters",
endpoint_option="FIXED_ENDPOINT", error_option="RESOLVE_ERRORS",
in_barriers=[])

# Makes a union with the area indicated for "little to no marine influence" and adds the
atributtes for litle, under and above marine influence
# Process: Union (Union) (analysis)
Onion = fr"{arcpy.env.scratchGDB}\Onion"
arcpy.analysis.Union(in_features=[[MarinGrensePolygon_3_, ""],
[Liten_eller_ingen_marin_påvirkning, ""]], out_feature_class=Onion, join_attributes="ALL",
cluster_tolerance="", gaps="GAPS")

# Process: Add Field (Add Field) (management)
Identity_2_ = arcpy.management.AddField(in_table=Onion, field_name="MarinGrense",
field_type="TEXT", field_precision=None, field_scale=None, field_length=55,
field_alias="", field_is_nullable="NULLABLE", field_is_required="NON_REQUIRED",
field_domain="")[0]

# Process: Select Layer By Attribute (2) (Select Layer By Attribute) (management)
Identity_Layer, Count_2_ =
arcpy.management.SelectLayerByAttribute(in_layer_or_view=Identity_2_,
selection_type="NEW_SELECTION", where_clause="YesNo <> 'Lite' And gridcode = 1",
invert_where_clause="")

# Process: Select Layer By Attribute (4) (Select Layer By Attribute) (management)
Identity_Layer1, Count_4_ =
arcpy.management.SelectLayerByAttribute(in_layer_or_view=Identity_2_,
selection_type="NEW_SELECTION", where_clause="gridcode = 0",
invert_where_clause="")

# Process: Select Layer By Attribute (5) (Select Layer By Attribute) (management)
Identity_Layer2, Count_5_ =
arcpy.management.SelectLayerByAttribute(in_layer_or_view=Identity_2_,
selection_type="NEW_SELECTION", where_clause="YesNo = 'Lite' And gridcode = 1",
invert_where_clause="")

```

```

# Process: Calculate Field (Calculate Field) (management)
Identity_Layer_2_ = arcpy.management.CalculateField(in_table=Identity_Layer,
field="MarinGrense", expression="\Areal under marin grense\\"",
expression_type="PYTHON3", code_block="", field_type="TEXT",
enforce_domains="NO_ENFORCE_DOMAINS")[0]

# Process: Calculate Field (2) (Calculate Field) (management)
Identity_Layer1_2_ = arcpy.management.CalculateField(in_table=Identity_Layer1,
field="MarinGrense", expression="\Areal over marin grense\\"",
expression_type="PYTHON3", code_block="", field_type="TEXT",
enforce_domains="NO_ENFORCE_DOMAINS")[0]

# Process: Calculate Field (3) (Calculate Field) (management)
Identity_Layer2_3_ = arcpy.management.CalculateField(in_table=Identity_Layer2,
field="MarinGrense", expression="\Områder med lite eller ingen marin påvirkning\\"",
expression_type="PYTHON3", code_block="", field_type="TEXT",
enforce_domains="NO_ENFORCE_DOMAINS")[0]

# Process: Dissolve (2) (Dissolve) (management)
MarinGrensePolygon = fr"{arcpy.env.scratchGDB}\MarinGrensePolygon"
arcpy.management.Dissolve(in_features=Identity_2_,
out_feature_class=MarinGrensePolygon, dissolve_field=["MarinGrense"], statistics_fields=[],
multi_part="SINGLE_PART", unsplit_lines="DISSOLVE_LINES")

print("Polygons modified.\nBeginning contours.\n(4/7)")

# Generates contours
# Process: Contour (Contour) (sa)
MG_Kontur_10m = fr"{arcpy.env.scratchGDB}\MG_Kontur_10m"
arcpy.sa.Contour(in_raster=MGO, out_polyline_features=MG_Kontur_10m,
contour_interval=10, base_contour=0, z_factor=1, contour_type="CONTOUR",
max_vertices_per_feature=None)

print("Contours finished. \nCreating lines\n(5/7)")

# Creates MarinGrenseLinje from the MarinGrense polygons
# Process: Feature To Line (Feature To Line) (management)
MarinGrenseLinje = fr"{arcpy.env.scratchGDB}\MarinGrenseLinje"
arcpy.management.FeatureToLine(in_features=[MarinGrensePolygon],
out_feature_class=MarinGrenseLinje, cluster_tolerance="", attributes="NO_ATTRIBUTES")

print("Lines finished. \nCopying to output fgdb\n(6/7)")

# Creates the output file geodatabase
# Process: Create File Geodatabase (Create File Geodatabase) (management)
MG_out_gdb = arcpy.management.CreateFileGDB(out_folder_path=Output_fgdb_folder,
out_name=Output_fgdb, out_version="CURRENT")[0]

# Copies the non-raster featureclasses into the output file geodatabase
# Process: Feature Class To Geodatabase (Feature Class To Geodatabase) (conversion)

```

```

Updated_Geodatabase =
arcpy.conversion.FeatureClassToGeodatabase(Input_Features=[MarinGrensePolygon,
Liten_eller_ingen_marin_påvirkning, MG_Kontur_10m, MarinGrenseLinje,
LOSMSDE_MarinGrensePkt], Output_Geodatabase=MG_out_gdb)[0]

# Copies the raster featureclasses into the output file geodatabase
# Process: Raster To Geodatabase (Raster To Geodatabase) (conversion)
Updated_Geodatabase_2_ =
arcpy.conversion.RasterToGeodatabase(Input_Rasters=[MG_binary, MGO],
Output_Geodatabase=MG_out_gdb, Configuration_Keyword="")[0]

print("Done\n(7/7)")

if __name__ == '__main__':
# Global Environment settings
with arcpy.EnvManager(scratchWorkspace=scratch_workspace, workspace=work_space):
    MarinGrense(*argv[1:])

```



NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE  
· NGU ·

Norges geologiske undersøkelse  
Postboks 6315, Sluppen  
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse  
Leiv Eirikssons vei 39  
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00  
E-post [ngu@ngu.no](mailto:ngu@ngu.no)  
Nettside [www.ngu.no](http://www.ngu.no)