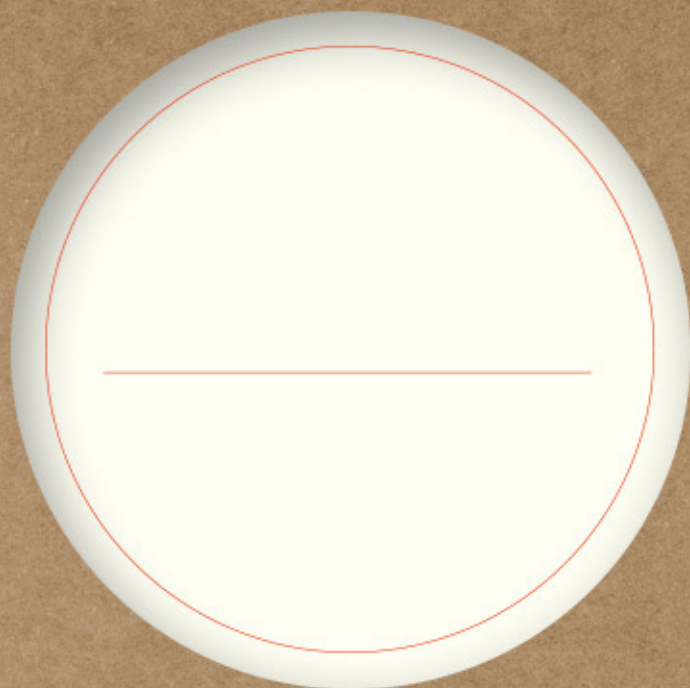




GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
· NGU ·

NGU RAPPORT

2024.009

Videreutvikling av grunnlag for
aktsomhetskart under marin grense



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
- NGU -

NGU RAPPORT

Geologi for samfunnet – kunnskap for framtida

Norges geologiske
undersøkelse
Postboks 6315 Torgarden
7491 Trondheim
Tlf. 73 90 40 00

Rapport nr.: 2024.009

ISSN: 0800-3416 (trykt)

ISSN: 2387-3515 (online)

Gradering: Åpen

Tittel: Videreutvikling av grunnlag for aktsomhetskart under marin grense

Forfattere: Inger-Lise Solberg, Lina Bøe, Trine Flobak, Louise Hansen, Ingrid Havnen, Fredrik Høgaas, Anne M. Olaussen, Anders Romundset, Mikis van-Boeckel

Oppdragsgiver: NVE

Fylke:

Kommune:

Kartblad: (M=1:250.000):

Kartbladnr. og -navn: (M=1:50.000):

Forekomstens navn og koordinater:

Sidetall: 34

Pris: 120 kr

Feltarbeid utført:

Rapportdato: 29.02.2024

Prosjektnr.: 404 700

Ansvarlig: Martina Bøhme

Emneord: marin grense, aktsomhet, løsmasser, berg i dagen, kvikkleire, AR5 Grunnforhold, GIS

Sammendrag

Områder under marin grense kan være utsatt for kvikkleireskred. Dagens aktsomhetskart for disse områdene hos NVE er basert på NGUs løsmassekart og marin grense-datasettet. I områder med løsmassekart grovere enn målestokk 1:50 000 er alt areal under marin grense markert som aktsomhetsområder, noe som fører til store kostnader til utredning av reguleringsplaner og byggesaker. For disse områdene vil en innsnevring av aktsomhetsarealet ved å ta ut områder med berg i dagen og tynne løsmassedekker ha stor betydning.

Prosjektet har sett på muligheter og begrensninger med tanke på forbedring av dagens aktsomhetskart. Det er jobbet med metodikk for å vurdere om en grovere og raskere kartlegging kan være tilstrekkelig som grunnlag for å redusere aktsomhetsområder, fram til de samme områdene blir kartlagt med ordinær løsmassekartlegging. Tilgjengelig informasjon er benyttet for å skille områder med bart fjell eller tynne løsmassedekker fra områder med tykke løsmassedekker.

Rapporten oppsummerer erfaringene fra metodeutviklingen og fra testområder. I tillegg er datasettet AR5 Grunnforhold gjennomgått og vurdert. En veiledning med anbefalt kartleggingsmetodikk utgis som egen rapport.

INNHOOLD

1. Innledning.....	4
2. Landskapstyper	5
2.1 Landskapstype Kyst	6
2.2 Landskapstype Fjord- og dalområder	6
2.3 Landskapstype Innland.....	7
3. Metoder og datasett.....	8
3.1 Datasett.....	8
3.2 Kartlegging	8
3.3 AR5 Grunnforhold	9
3.4 Aktsomhet i strandsonen	12
4. Testområder – resultater fra kartleggingen.....	13
4.1 Landskapstype kyst: Bjørnafjorden.....	13
4.1.1 Generell karakteristik	13
4.1.2 Kartleggingsmetodikk og resultater.....	13
4.1.3 Sammenligning med data om grunnforhold og AR5 Grunnforhold	14
4.1.4 Refleksjoner rundt kartleggingsarbeidet.....	15
4.1.5 Refleksjoner rundt geologiske forhold.....	16
4.2 Landskapstype fjord og dal: Surnadal.....	16
4.2.1 Generell karakteristik	16
4.2.2 Kartleggingsmetodikk og resultater.....	16
4.2.3 Sammenligning med data om grunnforhold og AR5 Grunnforhold	19
4.2.4 Refleksjoner rundt kartleggingsarbeidet.....	20
4.2.5 Refleksjoner rundt geologiske forhold.....	21
4.3 Landskapstype innland: Eidskog	21
4.3.1 Generell karakteristik	21
4.3.2 Kartleggingsmetodikk og resultater.....	21
4.3.3 Sammenligning med data om grunnforhold og AR5 Grunnforhold	22
4.3.4 Refleksjoner rundt kartleggingsarbeidet.....	22
4.3.5 Refleksjoner rundt geologiske forhold.....	23
5. Resultater AR5 Grunnforhold	24
6. Resultater oppsummert	27
7. Diskusjon.....	28
7.1 Erfaringer fra kartleggingsarbeidet.....	28
7.2 Nivåer for kartlegging av grunnlag for aktsomhet under marin grense	30
8. Konklusjoner	31
9. Referanser	32
Vedlegg 1	33
Vedlegg 2.....	34

1. Innledning

Områder under marin grense (MG) kan være utsatt for kvikkleireskred. Dagens aktsomhetskart for disse områdene hos NVE er basert på NGUs løsmassekart og MG-datasettet. Aktsomhetskartet ligger i NVE Atlas / NVE Temakart Kvikkleire og kommuner må forholde seg til dette ved reguleringsplaner og byggesaker. I områder med løsmassekart grovere enn målestokk 1:50 000 er alt areal under MG markert som aktsomhetsområder. Her kreves det geoteknisk utredning for nesten alle byggesaker og reguleringsplaner. For disse områdene vil en innsnevring av aktsomhetsarealet ved å ta ut f.eks. områder med berg i dagen og tynne løsmassedekker ha stor betydning.

Dagens metodikk for ordinær kvartærgeologisk kartlegging i målestokk 1:50 000 eller bedre er basert på omfattende feltundersøkelser og derfor svært tidkrevende. NVE og NGU hadde i 2023 et samarbeidsprosjekt for å vurdere om en grovere og dermed raskere kartlegging kan være tilstrekkelig, som grunnlag for å redusere aktsomhetsområder. Prosjektet har sett på muligheter og begrensninger med tanke på forbedring av dagens aktsomhetskart, og videreutvikling av grunnlaget for disse kartene.

Vi har hatt fokus på en overordnet kartlegging, der man benytter tilgjengelig informasjon for å skille områder med bart fjell eller svært tynne løsmassedekker fra områder med tykke løsmassedekker. En slik oversiktskartleggingen kan senere benyttes som en del av forarbeidet til mer detaljert, tradisjonell løsmassekartlegging. I teksten benyttes begrepene *fjell* og *berg* likestilt.

Prosjekt mål:

- I områder med dårlig dekning av kvartærgeologiske kart skal prosjektet foreslå og teste arbeidsflyt for å framskaffe datasett som kan benyttes for å innsnevre aktsomhetsarealene under MG ved å ta i bruk tilgjengelig informasjon.
- Utarbeide en veiledning/anbefaling for hva som bør kartlegges, vurderes og dokumenteres som en del av grunnlaget for oppdaterte aktsomhetskart i områder uten tilstrekkelig kvartærgeologisk kartgrunnlag under MG.

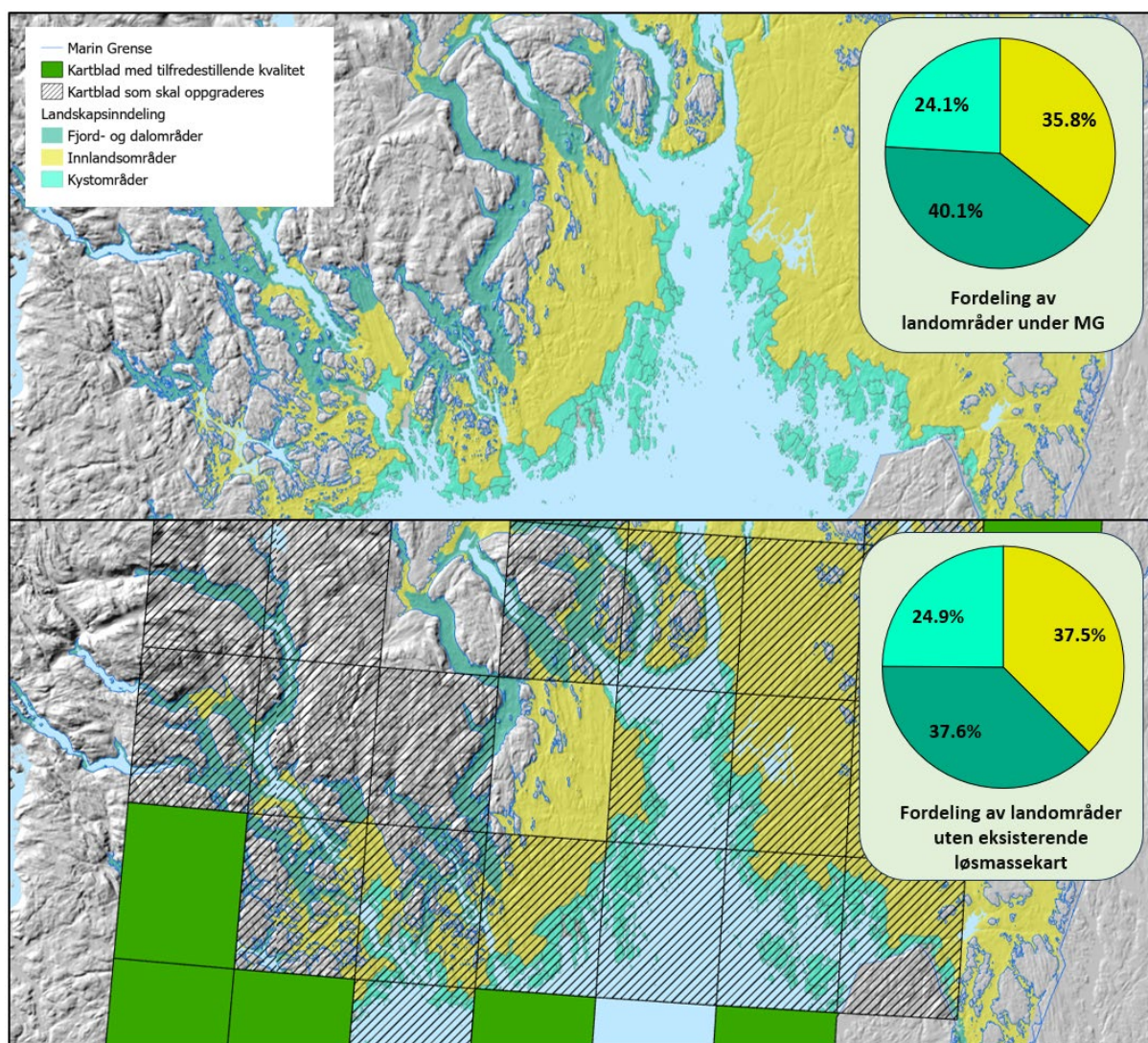
Denne rapporten oppsummerer erfaringene fra metodeutviklingen og fra testområder. I tillegg er datasettet AR5 Grunnforhold gjennomgått og vurdert. Veiledning med vår anbefaling for kartleggingsmetodikk for å bidra til å redusere aktsomhetsarealer under marin grense, utgis som egen rapport (NGU 2024b).

Kartlegging i forbindelse med reduksjon av aktsomhetsområder meldes inn til NVE (NVE 2024a), og benyttes til å forbedre NVEs aktsomhetskart. Resultatene kan også benyttes av NGU i forbindelse med mer detaljert kvartærgeologisk kartlegging.

2. Landskapstyper

I prosjektet er landområder under marin grense delt inn i tre regioner som har lignende geologiske forhold, kyst, fjord og dal, innland, se eksempel figur 1. Se vedlegg 1 for fordeling av areal under MG etter NiN landskapstyper (NiN 2.2).

For testområder i prosjektet ble det besluttet å velge kommuner fra hver av landskapstypene kyst, fjord og dal, og innland. Noen generelle karakteristikk av landskapstypene er gitt i det følgende.



Figur 1. Øverst: Fordeling av landområder under marin grense. Innlandsområder er sammenstilt av LA-TI-I-S Innlandsslettelandskap og LA-TI-I-A Innlandsås- og fjellandskap. Fjord- og dalområder er sammenstilt av LA-TI-I-D Innlandsdallandskap, LA-TI-K-F Fjordlandskap. Kystområder er sammenstilt av LA-TI-K-S Kystslettelandskap og LA-TI-K-A Kystås- og kystfjellandskap. Landområdene er basert på NiN 2.2-inndeling av landskapstyper (Erikstad mfl. 2019). Nederst: Arealer som gjenstår å kartlegge (alle områder med/uten skravur). De grønne kartbladene er løsmassekartlagt i tilfredsstillende kvalitet.

2.1 Landskapstype Kyst

Norskekysten under marin grense er generelt sett dominert av mye eksponert berggrunn og lite løsmasser. Dette skyldes både berggrunnsforhold (mye harde og bestandige bergarter), den kraftige breerosjonen under istida, og bølgevasking i strandsona under den etterfølgende landhevinga. I mange områder er alle oppstikkende formasjoner (knauser, hauger, små fjell osv.) fri for løsmasser, mens det gjerne ligger løsmassedekker av ulike tykkelser i forsenkningene. De tynne dekkene kan bestå av marine løsmasser, men opptrer ofte også i kombinasjon med morenejord og forvittringsjord. Skred i bratt terreng forekommer stort sett alle steder langs norskekysten. Slike skredavsetninger er derfor svært vanlige og kan i tilfeller ligge over marine avsetninger.

Under isavsmeltinga ble enorme mengder breslam (silt og leire) ført ut til kysten og havet. Mye av dette ble transportert videre med havstrømmer, men det ble også avsatt finkorna materiale i kystområdene, der forholdene lå til rette for det. Norskekysten er imidlertid for det meste kupert og oppstykket og har lite rom for større avsetninger. Bølgevasking under landhevinga har også gjort sitt til å fjerne mye finkorna materiale. Det finnes imidlertid unntak der mindre lommer av løsmasser kan være bevart i områder som har ligget mer i le for erosjonen. Slike lommer av finkorna materiale vil da ofte være mer eller mindre dekket av et lag grovere, strandvasket materiale. Det er viktig å merke seg at slike små avsetninger av liten arealmessig utbredelse kan ha betydelig tykkelse, avhengig av den lokale topografien.

Høyden til marin grense er en grunnleggende avgrensing for hvor høyt i terrenget det teoretisk sett kan ligge marine løsmasser. Siden marin grense varierer mye både regionalt, men også lokalt (over få km) er det svært viktig å vurdere hvor sikkert marin grense er avgrensa i det aktuelle området. I praksis betyr dette å undersøke hvor den geografisk nærmeste sikre observasjon av marin grense er. Dette må også sees i sammenheng med isavsmeltingen og relasjonen til israndposisjoner der en kan forvente sprang i høyden til marin grense.

Det er gjerne færre spor etter kvikkleireskred i kystområdene sammenlignet med daler og innlandsområder. Det er likevel nødvendig å ta hensyn til problemstillingen i strandsonen, siden skred kan starte i løsmasser på sjøbunnen og forplante seg inn på land. Topografien, løsmassene og eventuelle fjellblotninger i overgangen mellom land og sjø er derfor viktig.

2.2 Landskapstype Fjord- og dalområder

Under isavsmeltinga trakk de ulike utløpsbreene fra den gjenværende ismassen seg tilbake i fjordene. Ofte skjedde tilbaketrekkinga raskt ved kalving og oppstykking av isen. Men brefronten kunne også bli stående over lengre tidsrom på grunnere fjordterskler. Hele tida under tilbaketrekkinga ble enorme mengder breslam ført ut i fjordene. De dype fjordbassengene fungerte som rolige avsetningsmiljø og i mange av de norske fjordene ligger det derfor flere hundre meter tykke lag med breslam der mesteparten ble avsatt i denne relativt korte perioden mot slutten av siste istid.

Landhevinga under og etter isavsmeltinga har medført at betydelige volum av finkornede, marine løsmasser er hevet over havnivå i mange fjordområder. Dette gjelder spesielt innerst i dagens fjorder og fjordarmer, og i dalfører og dalforgreninger i forlengelse av fjordene. På grunn av et ofte bratt landskap er slike områder gjerne tydelig avgrensede, men det kan også her være usikkerhet forbundet med nøyaktig bestemmelse av marin grense. Det kan også være stor lokal variasjon i løsmasstype i områder der breen har stoppa opp under

nedsmeltinga. Her har smeltevannet spylt ut grovere masser, som opptrer i veksling med de mer finkorna sedimentene. I slike områder kan for eksempel finkorna masser være overdekket med grovere grusmasser. Det kan også ha gått skred av ulike typer ned i dalbunnen, slik at skredmasser fra dalsidene ligger over finkorna marine fjordavsetninger. Det er vanlig at det ligger elveavsetninger over marine fjordavsetninger i de sentrale deler av dalførene.

Det kan finnes spor etter mange kvikkleireskred i denne landskapstypen, spesielt langs elver, bekker og raviner.

2.3 Landskapstype Innland

Med «innlandsområder» menes i denne sammenheng relativt flate områder under marin grense på det sentrale Østlandet, i Trøndelag og et mindre område i Pasvik (Finnmark). Dette er områder som under isens avsmelting utgjorde større og mer eller mindre lukkede fjorder eller havområder, der store mengder breslam ble avsatt. Den store arealmessige utbredelsen og tykkelsen på sedimentene, gjør at slike marine avsetninger gjerne er sterkt ravinerte og har nærmest utallige spor etter større og mindre skredhendelser. Mange kvikkleireskred skjer i denne typen avsetninger. Tykkelsen til de marine avsetningene varierer, men kan være betydelig. Som i fjorddalene opptrer ofte avsetningene i nærheten av mer grovkornede israndavsetninger. Det er derfor viktig å kjenne til eventuelle kartlagte israndposisjoner og isens tilbaketrekkingssmønster i relasjon til landhevingsforløpet. Mye av arealet til de marine avsetningene i innlandsområder bærer lite preg av strandvasking, da områdene er relativt flate og ofte ligger tett oppunder marin grense. De ble derfor svært tidlig og raskt hevet over havnivået, uten særlig mye omfordeling i strandsonen.

3. Metoder og datasett

3.1 Datasett

Datasett benyttet i prosjektet er:

LiDAR-data fra Kartverket	https://hoydedata.no
Grunnundersøkelser i NADAG og GRANADA	https://geo.ngu.no/kart/nadag
Marin grense og Løsmassekart fra NGU	https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/
AR5 Grunnforhold fra NIBIO	https://kilden.nibio.no
Ortofoto fra Norge i Bilder	https://www.norgeibilder.no/
NiN Landskap	https://artsdatabanken.no/nin/landskap , https://okologiskegrunnkart.artsdatabanken.no/?layers=47,45,46,44,48,252,50&favorites=false

3.2 Kartlegging

Testområder som ble brukt i prosjektet er Bjørnafjorden (kystlandskap), Surnadal (fjord- og dallandskap) og Eidskog (innlandslandskap).

Kartleggingen ble utført i ESRI ArcMap og ArcGIS Pro og kartleggingsdata som polygoner, linjer og punkter ble lagret i lokale geodatabaser. Kartleggingen ble hovedsakelig utført ved hjelp av en fjellskygge-WMS fra geodataonline. WMS-tjenesten leverer et sømløst, vegetasjonsfritt skyggerelieff basert på bakkepunkter fra LiDAR-data, og i tilfeller fra flytofofotogrammetri. Innstrålingsretning og -vinkel (azimuth/angle) i skyggerelieffet er henholdsvis 225° og 45°. Det ble i tillegg benyttet en flyfoto-wms fra Geodataonline og topografiske kart fra Kartverket. For ett testområde ble skyggerelieff laget fra LiDAR-rådata og WMS-tjenesten ble kun brukt som støtteverktøy.

I etterkant av kartleggingen ble resultatene sammenlignet med boredata fra Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG) og Nasjonal grunnvannsdatabase (GRANADA) (dyp til fjellkartlaget). Det ble også sjekket for tidligere skredhendelser i NVE Atlas. Det ble utført en sidemannskontroll av kartleggingen. Dette innebar en overordnet gjennomgang av kartlagte arealer, samt en vurdering av de geologiske forholdene innenfor testområdene. Mer spesifikk metodikk er beskrevet under de ulike testområdene.

NADAG inneholder data fra både offentlige og private aktører. Nyere grunnundersøkelser er meldt inn med rådata, og kan lastes ned. Eldre data er ofte kun tilgjengelig som rapport i pdf-format, og vil derfor være mer tidkrevende å gå gjennom og å finne riktig plassering av borepunkter. Det ble i prosjektet kun gjennomgått et utvalg av disse rapportene, der områder som var av spesiell interesse ble prioritert. Databasen er ikke fullstendig, og det kan finnes mye relevant informasjon som ikke er meldt inn til NADAG. Surnadal kommune og Eidskog kommune ble kontaktet med forespørsel om de kjente til øvrige grunnundersøkelser eller vurderinger i testområdene. Det ble også oppfordret til å melde inn data til NADAG.

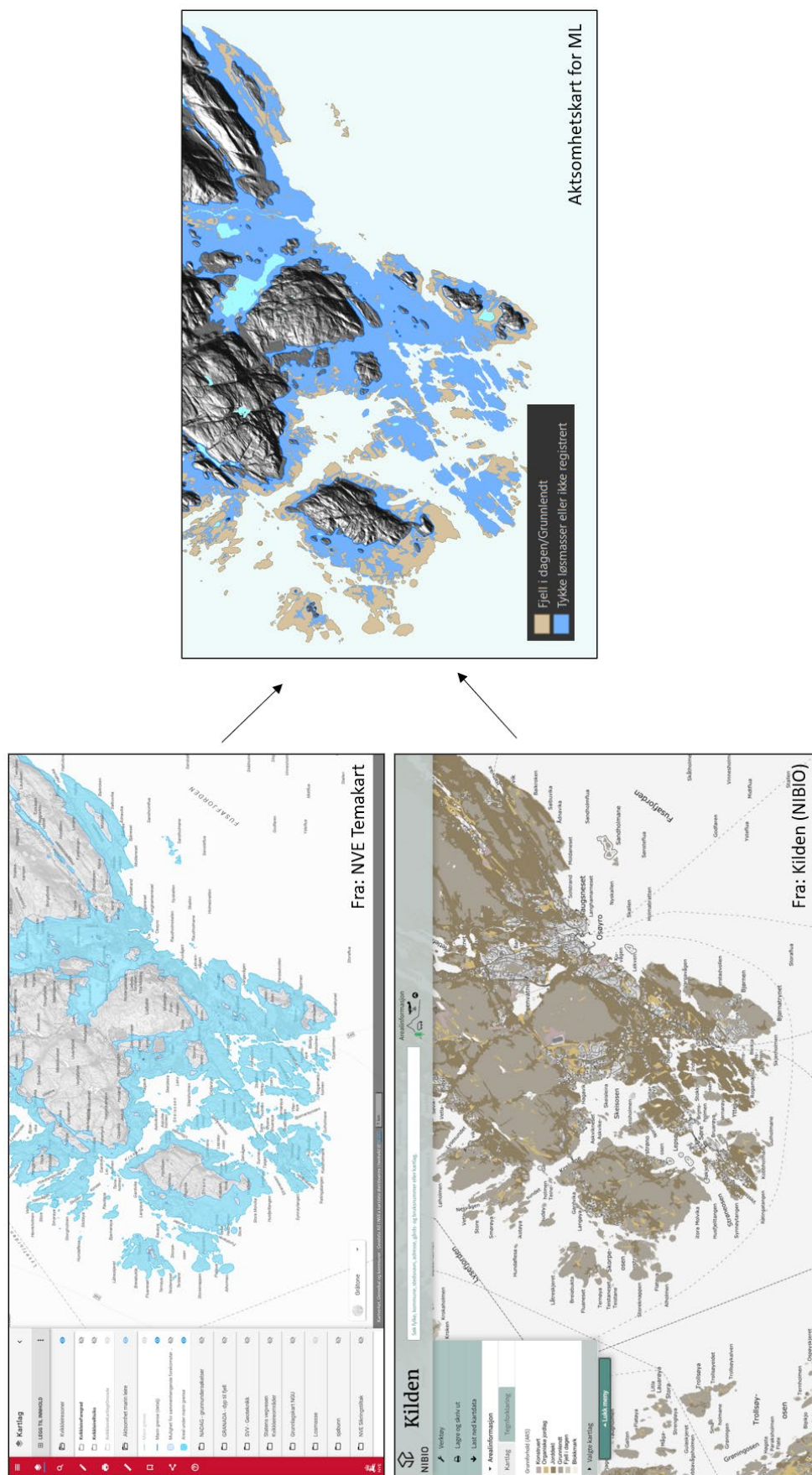
3.3 AR5 Grunnforhold

FKB-AR5 er et nasjonalt, heldekkende datasett utviklet av NIBIO som viser arealressurser med vekt på produksjonsgrunnlaget for jord- og skogbruk (NIBIO 2019). Landarealet er delt inn etter arealtype, treslag, skogbonitet og grunnforhold. AR5 er basert på markslag i økonomisk kartverk, som var kartlagt i tidsrommet 1960-1990.

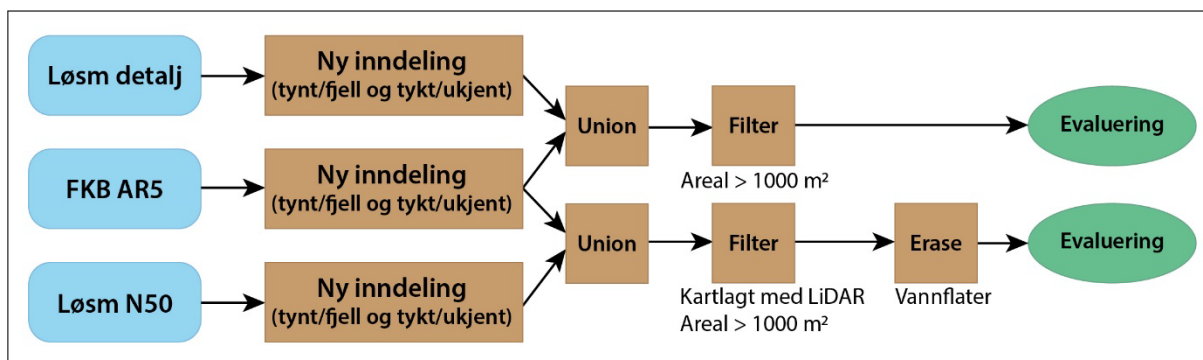
Grunnforhold, basert på tykkelse, type og utbredelse av jorddekket, er delt inn i 8 egenskapsverdier: *Organiske jordlag*, *Jorddekt*, *Grunnlendt*, *Fjell i dagen*, *Blokkmark*, *Konstruert* og *Ikke relevant* (se vedlegg 2). Arealer klassifisert som *Fjell i dagen* og *Grunnlendt* tyder på tynne løsmassemektheter der kvikkleireskred som regel ikke vil oppstå. Datasettet kan derfor potensielt brukes for å innsnevre aktsomhetsområder i eksisterende aktsomhetskart for marin leire, se figur 2. Datasettet er tilpasset målestokk 1:1000 – 1:10 000. Kommunen har ansvar for kontinuerlig ajourhold av AR5-datasettet (NIBIO 2019). Datasettet blir altså jevnlig endret når aktiviteter som utbygging eller naturlige prosesser krever omklassifisering av areal, eller når feil må rettes opp.

Vi har vurdert kvaliteten til datasettet AR5 Grunnforhold ved å sammenligne kategoriene *Fjell i dagen* og *Grunnlendt* med eksisterende løsmassekart under marin grense (figur 3). I analysen har vi kun brukt detaljerte løsmassekart og N50 løsmassekart som er kartlagt med hjelp av høy oppløselige høydemodeller (LiDAR). Grunnen til dette er at datasettene i løsmassedatabasen er kartlagt i ulike målestokker og har ulik kvalitet. Det er avgjørende at løsmassene har blitt kartlagt så nøyaktig som mulig. I dag brukes løsmassekart i målestokk 1:50 000 (N50) eller bedre som en del av grunnlaget i aktsomhetskart for marin leire, men ikke alle disse er av en kvalitet og presisjon som forventes av dagens kvartærgeologiske kart.

Kategorier som tyder på grunne og tykke/ukjente forhold i jorddekket har blitt slått sammen for løsmassekart og AR5 grunnforholdkart, og er listet i tabell 1.



Figur 2. Utsnittet nederst til venstre er fra AR5 Grunnforhold (NIBIO 2024). I dette datasettet finnes kategoriene «Fjell i dagen» og «Grunnleire». Når man slår sammen disse, kan datasettet benyttes til å redusere dagens aktsomhetskart for marin leire (eksempel fra denne tjenesten er vist øverst til venstre (NVE 2024b)). Utsnittet til høyre viser et eksempel på hvordan resulterende redusert aktsomhetskart kan bli.



Figur 3. Arbeidsflyt i ArcGIS for sammenligning av AR5 Grunnforhold med Detaljerte løsmassekart (målestokk bedre enn 1:50 000) Løsmassekart (målestokk 1:50 000).

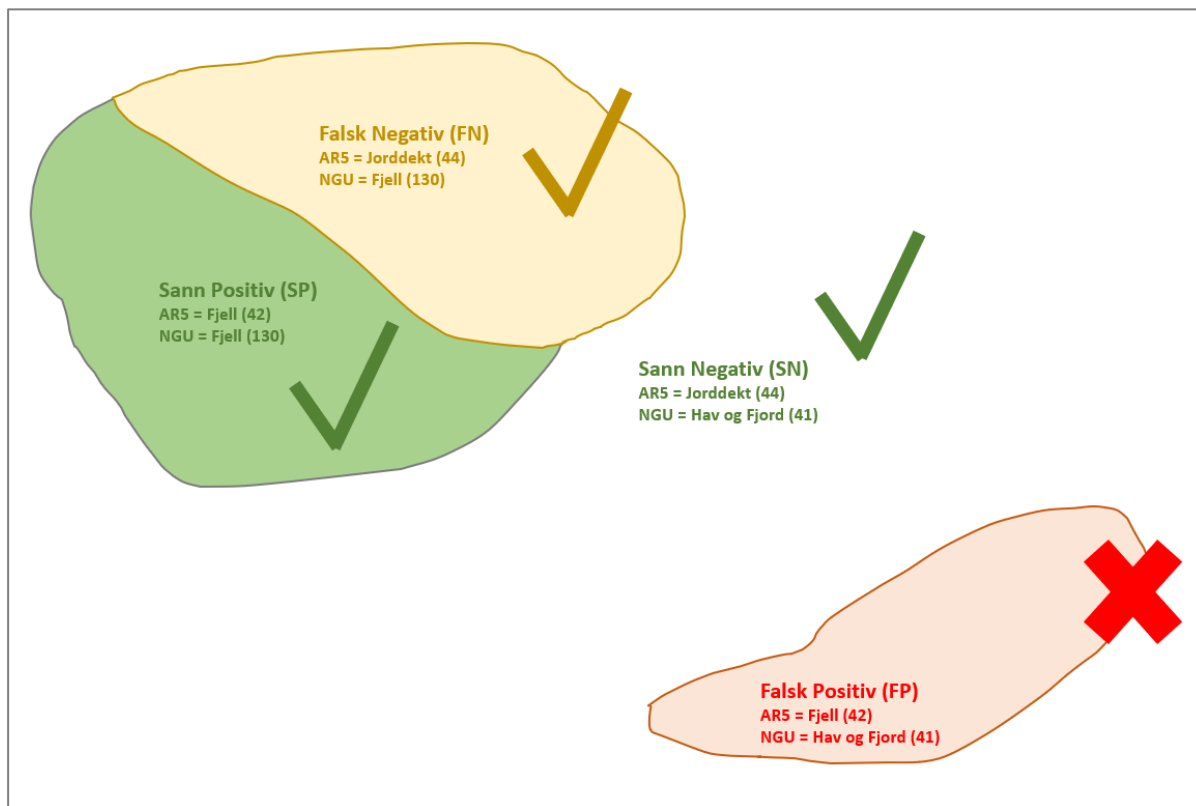
Tabell 1. Liste over sammenslåtte kategorier som skiller grunne forhold med tykke/ukjente forhold i jorddekket for løsmassedata (fra NGU) og AR5 Grunnforhold-data (fra NIBIO).

	Grunne forhold i jorddekket eller fjell (kode – kodenavn)	Tykke/ukjente forhold i jorddekket
Kategorier Løsmasser (NGU 2024a)	12 – Morenemateriale, usammenhengende og tynt dekke over berggrunnen. 43 – Hav-, fjord-, og strandavsetning, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen. 72 – Forvittringsmateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen. 100 – Tynt dekke av organisk materiale over berggrunnen. 130 – Bart fjell	Alle andre løsmasse kategorier
Kategorier AR5 Grunnforhold (NIBIO 2019)	42 – Fjell i dagen 43 – Grunnlendt	Alle andre grunnforhold kategorier

Resultatet fra sammenligningen av arealer med berg i dagen og tynne løsmassedekker fra løsmassekart og arealer fra AR5 Grunnforhold kan deles inn i 4 kategorier (figur 4):

- **Sann Positiv (SP)** – Begge datasett har klassifisert et areal som grunne forhold: fjell eller tynne løsmassedekker / grunnlendt. Dette betyr at datasettene har kartlagt arealet likt.
- **Falsk Positiv (FP)** – Et areal har blitt klassifisert som grunt i AR5 datasettet (f.eks. Grunnlendt), men som tykke/ukjente forhold i løsmassekart. Dette betyr at arealet anses å være et aktsomhetsområde ifølge løsmassekart, men ville blitt «friskmeldt» med bruk av AR5-datasettet. Dette anser vi som feil av alvorlig art, der datasettene ikke kommer overens.
- **Sann Negativ (SN)** – Begge datasett har klassifisert arealer som tykke løsmasser eller ukjent tykkelse (ikke registrert). Dette betyr at datasettene har kartlagt arealer likt eller at dybdeinformasjon mangler.
- **Falsk Negativ (FN)** – Et areal har blitt klassifisert som tykke/ukjente forhold i AR5-datasettet, men som grunne forhold eller fjell i løsmassekart. Dette betyr en konservativ

tilnærming av AR5 datasettet, arealet blir friskmeldt med bruk av løsmassekart men ikke av AR5-datasettet.



Figur 4. Skjematisert inndeling av datasett i sammenligningen av løsmassekart og AR5 Grunnforhold. Overlapp mellom ulike arealer kan gi 4 ulike utfall: Sann Positiv (SP), Falsk Positiv (FP), Sann Negativ (SN) og Falsk Negativ (FN). I analysen anses Falsk positiv som grov feil. Metoden indikerer om datasettet AR5 Grunnforhold er egnet for å «friskmelde» aktsomhetsområder for marin leire sammenlignet med løsmassekart.

AR5 Grunnforhold har også blitt vurdert i forhold til kvikkleireområder (SVV 2024) og kvikkleirefaresoner (NVE 2024b), samt påviste kvikkleireforekomster fra borehullsdata (NADAG 2024). Arealer der kvikkleireområder, -faresoner eller -forekomster overlapper med arealer klassifisert som grunt i AR5 grunnforhold har blitt sett over og evaluert med tanke på aktsomhet for marin leire.

3.4 Aktsomhet i strandsonen

Det er i forbindelse med prosjektet utført topografiske analyser for å se på hvilke områder der et skred i sjøen kan forplante seg bakover og utløse et skred på land. NVE har utviklet en app for vurdere terreng i sjø, der man ser på avstand til marbakken og vurderer om det er langgrunt eller ikke. Resultatene fra analysene er ikke benyttet direkte i kartleggingen i dette prosjektet, men vi ser at det i videre arbeid kan være nyttige analyser i forbindelse med aktsomhetsvurderinger. Appen, metodikken og resultatene fra analysene vil bli presentert i metodebeskrivelse for nytt aktsomhetskart for kvikkleireskred, som er under utarbeidelse i regi av NVE.

4. Testområder – resultater fra kartleggingen

Metodikken for å kartlegge områder med grunt til fjell er testet ut i ulike typer av områder og resultater og erfaringer er presentert herunder.

4.1 Landskapstype kyst: Bjørnafjorden

4.1.1 Generell karakteristik

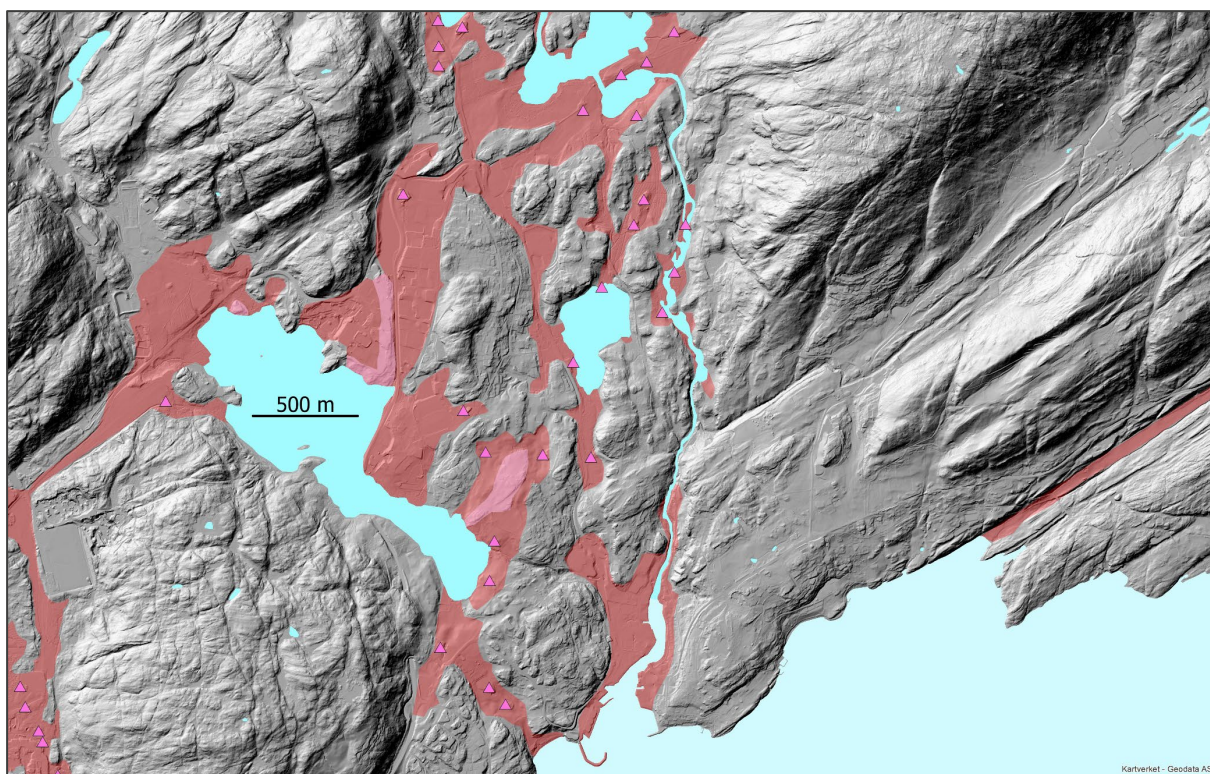
Vestre deler av Bjørnafjorden kommune ligger i et kystlandskap, men området blir stadig mer kupert mot øst og kan der stedvis beskrives som et fjell- og fjordlandskap. Marin grense (MG) stiger fra 57 moh. i vest til 85 i øst, men til tross for relativt høy MG er det små arealer som har vært dekket av havet. I all hovedsak gjelder dette noen lavereliggende områder rundt Osøyro, samt en relativt beskjeden stripe land langs fjordene ellers i kommunen. I kartleggingen har vi undersøkt alle områder under MG i hele Bjørnafjorden kommune.

4.1.2 Kartleggingsmetodikk og resultater

Arbeidet innebar å identifisere og kartlegge arealer hvor det potensielt kan forekomme marine løsmasser. Dette omfattet også kartlegging av soner hvor avsetningene ble vurdert som tynne og/eller usammenhengende dekker.

Kartleggingen ble utført ved hjelp av skyggerelieff-wms (fjellskygge, geodataonline) og ble innledningsvis med hensikt ikke sjekket mot boredata og dyp til fjell i NADAG og GRANADA. Soner med «mulige marine løsmasser» ble kartlagt som polygoner i ArcMap. I tillegg ble berggrunn omsluttet av marine løsmasser og mindre fjellblotninger kartlagt i form av henholdsvis polygoner og punkter. Det ble utført en rask sidemannskontroll av arbeidet – og en senere «egenkontroll» – som avdekket at kartleggingen hadde gått glipp av noen små arealer med mulige marine løsmasser.

Detaljgrad på arbeidet varierer. I et kupert kystlandskap er det i mange tilfeller lett å skille ut tydelige soner med mulige marine løsmasser fra omkringliggende berg, og kartleggingsmålestokken ble derfor i mange tilfeller svært detaljert. Jevnt over holder kartleggingen bedre oppløsning enn målestokk 1:20 000 og lokalt sett bedre enn målestokk 1:10 000 (se figur 5). Totalt ble 138 løsmassearealer tilsvarende et 19 km² stort areal kartlagt som «mulige marine løsmasser». Tidsbruk for kartlegging av hele kommunen ble om lag 10 timer, og i forkant ble det brukt 2 timer for oppsett av kartleggingsprosjektet.



Figur 5. Utdrag fra kartleggingen, ved Osøyro i Bjørnafjorden. Rødt areal = mulige marine løsmasser, Rosa areal = berg i dagen omsluttet av mulige marine løsmasser, Små, rosa trekanter = fjellblotninger.

4.1.3 Sammenligning med data om grunnforhold og AR5 Grunnforhold

Kartleggingen ble sammenlignet med data om grunnforhold og dyp til fjell i etterkant av arbeidet. Det er registrert noen få geotekniske borepunkter innenfor kommunen der det er levert informasjon om påvist eller antatt sprøbruddmateriale. Punktene er i nærheten av Osøyro (figur 5) og alle punktene faller innenfor områdene som er kartlagt som tykke, mulige marine løsmasser under MG. Kartleggingen stemmer godt overens med AR5 grunnforhold-kartene, men sistnevnte er mye mer konservativ og inkluderer langt mer areal med «mulige marine løsmasser».

Det er et stort antall borepunkter i NADAG i Bjørnafjorden, men i prosjektet er boredata kun gjennomgått for deler av områdene. I områder med tynne løsmassedekker ble dette i stor grad kartlagt fra LiDAR, og borepunkter og grunnvannsbrønner kunne benyttes til å bekrefte dette. Eksempel på borepunkter og grunnvannsbrønner er vist på figur 6.

En faresone for kvikkleire ble meldt inn til NVE i etterkant av testkartleggingen i prosjektet. Det ble utført en betydelig mengde grunnundersøkelser i forbindelse med vurderingen, og detaljeringsgraden på sonen er derfor høy. Det viste seg at arealet av den innmeldte faresonen generelt samsvarer godt med testkartleggingen, se figur 6. Polygon med skravur viser det potensielle løsneområdet og polygon med prikker viser tilhørende utløpsområde.

Det oppleves som at man får god dekning med lite tidsbruk i denne typen landskapsområde. Det er lite løsmasser generelt i området og da kan man være relativt sikker på at løsmassene man observerer under MG faktisk har marint opphav. Nytte-kost-forholdet oppleves derfor som høyt. Dette vil imidlertid være annerledes i områder det er mer og flere typer løsmasser.

4.1.5 Refleksjoner rundt geologiske forhold

I all hovedsak fremstår området trygt med tanke på skred i marine løsmasser. Det er registrert enkelte skredhendelser og noen få borepunkter med sprøbruddmateriale innenfor kartleggingsområdet (NADAG 2024; NVE 2024b). Det er få områder med dype raviner og få spor etter utglidninger eller skred i løsmassene.

Når man kun utfører fjernanalytisk kartlegging er det vanskelig å skille hav- og fjordavsetninger og strandavsetninger, hvor tykke løsmassene er, og om det eventuelt finnes skredutsatte løsmasser stratigrafisk under andre masser. I mange tilfeller vil sannsynligvis de kartlagte områdene bestå av grovere, mindre skredfarlige løsmasser og ikke finkornede marine sedimenter, men i mange tilfeller må det feltarbeid til for å avdekke dette. Boredata vil hjelpe denne tolkningen der det finnes.

En sone av morenerygger og breelv-delta knyttet til innlandsisens fremrykk under yngre dryas ligger innenfor kartleggingsområdet. I teorien kan det derfor finnes hav- og fjordavsetninger under andre avsetninger, som under breelv-avsetningene nord og vest for Ulvenvatnet. Det ses ingen klar sammenheng mellom posisjonen på denne forhenværende israndsonen og tykkelsene av løsmassene som er kartlagt.

4.2 Landskapstype fjord og dal: Surnadal

4.2.1 Generell karakteristikk

Mens innlandet typisk kjennetegnes av tykke, sammenhengende løsmassedekker og ytre kystområder av berggrunn med avgrensede lommer av løsmasser, er situasjonen i fjord- og dalfører mer sammensatt. Her veksler områder under marin grense (MG) mellom berggrunnsblotninger og løsmasser av varierende opphav, kornstørrelsesfordeling, tykkelse og dekningsgrad. Landskapet preges av glidende overganger mellom ulike løsmassetyper. Tynne og usammenhengende dekker kan utgjøre betydelige arealer.

Surnadal viser dette avsetningsmønsteret. Tynne løsmassedekker preger store deler av studieområdet, mens tykkere løsmasser sees i noen områder. Berggrunnsblotninger forekommer jevnt over og i varierende omfang. Kartleggingen i prosjektet ble stedvis utført i omtrentlig skala 1:50 000 og stedvis i 1:100 000.

4.2.2 Kartleggingsmetodikk og resultater

Kartlegging av testområde Surnadal ble gjort i Arc GIS Pro med utgangspunkt i landskapstypens fordeling av løsmasser. Vi etablerte to kategorier: bart fjell og løsmassedekke. Vi skilte altså ikke mellom ulike typer og tykkelse på løsmasser, og det ble ikke utført geofaglig vurdering av geologiske prosesser og forhold i dalen. Arbeidet viste tidlig

at avgrensning etter løsmassetykkelse i et fjord- og dalføre som Surnadal ville kreve en innsats som nærmer seg fullstendig kvartærgeologisk kartlegging.

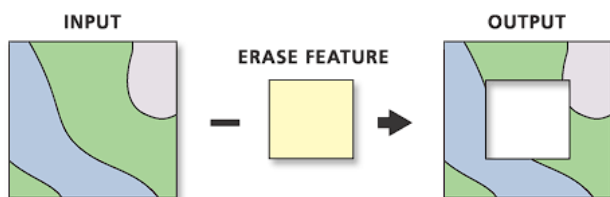
Vi benyttet modellert marin grense, digitale terrengdata og ortofoto i kartleggingen. Første steg i arbeidsløypa var inntegning av arealet under MG som utgangspunkt. Avsetningsmønsteret i Surnadal tilsier at det er teknisk enklere å avgrense bart fjell fra løsmassedekket, heller enn å avgrense løsmasser fra bart fjell. Vi skilte derfor ut bart fjell ved å tegne inn blotningene som polygoner i et eget lag (*Feature Class*). Når samtlige berggrunnsblotninger av tilstrekkelig størrelse var avdekket, kunne laget «berggrunnsblotninger» trekkes fra laget «arealer under MG». Resultatet ble et nytt og eget lag som viser områdets totale løsmassedekke, et sammenhengende areal med «hull». Se figur 7 for illustrasjon av teknisk tilnærming og resultat.

Med hensyn til verktøybruk i Arc GIS, brukte vi *trace* for å avgrense kartleggingsområdet med MG. Det ville antakeligvis vært klokere å benytte *Copy Feature*. For å trekke berggrunnspolygonene fra avgrensningspolygonen valgte vi verktøyet *Pairwise Erase*. Dette fungerte godt. Se figur 8 for illustrasjon av operasjonen. Det endelige laget ble så lastet opp til Arc GIS Online for deling internt i prosjektet.

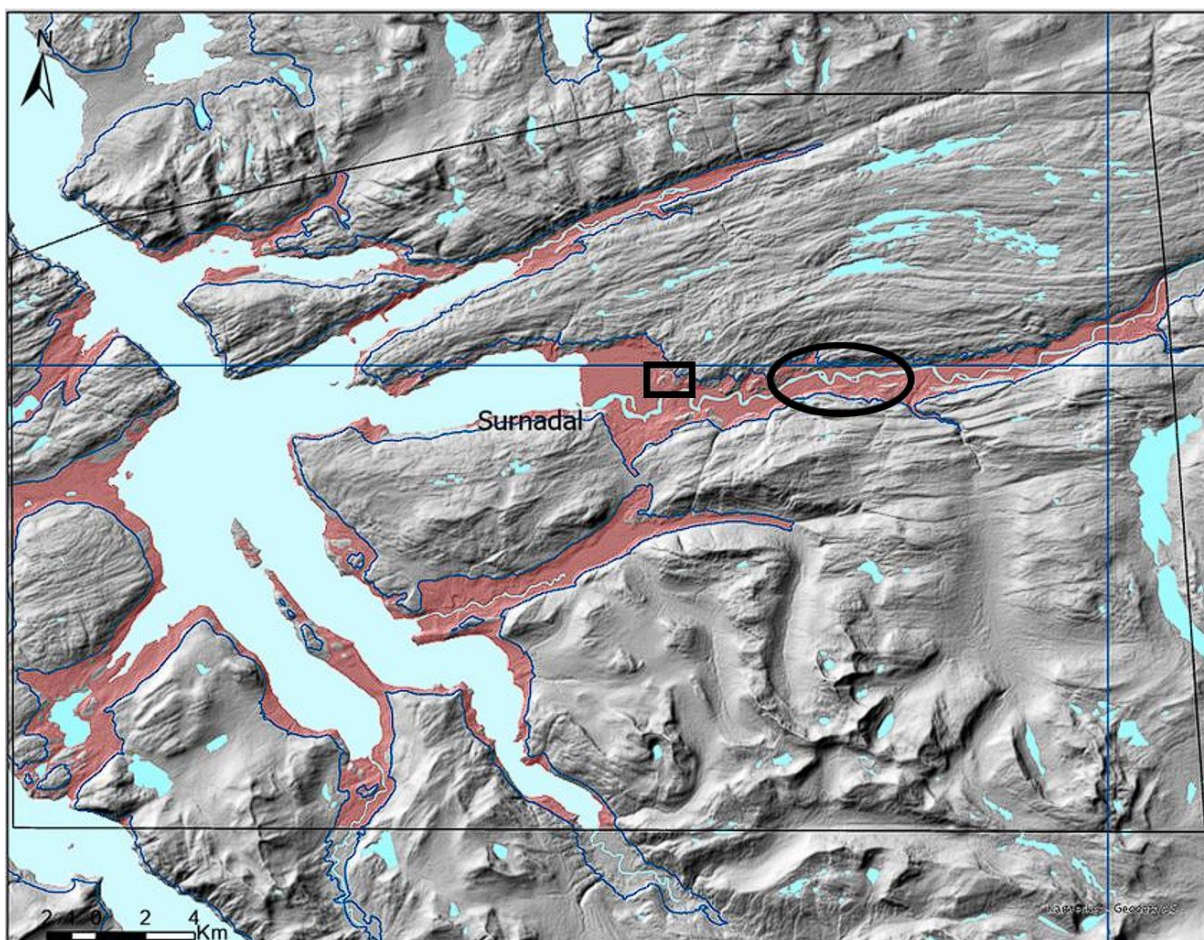
Studieområdets totale kartleggingsareal ligger på omtrent 127 km². Total tidsbruk endte på omtrent 30 timer. Se figur 9 for kartleggingsresultatet.



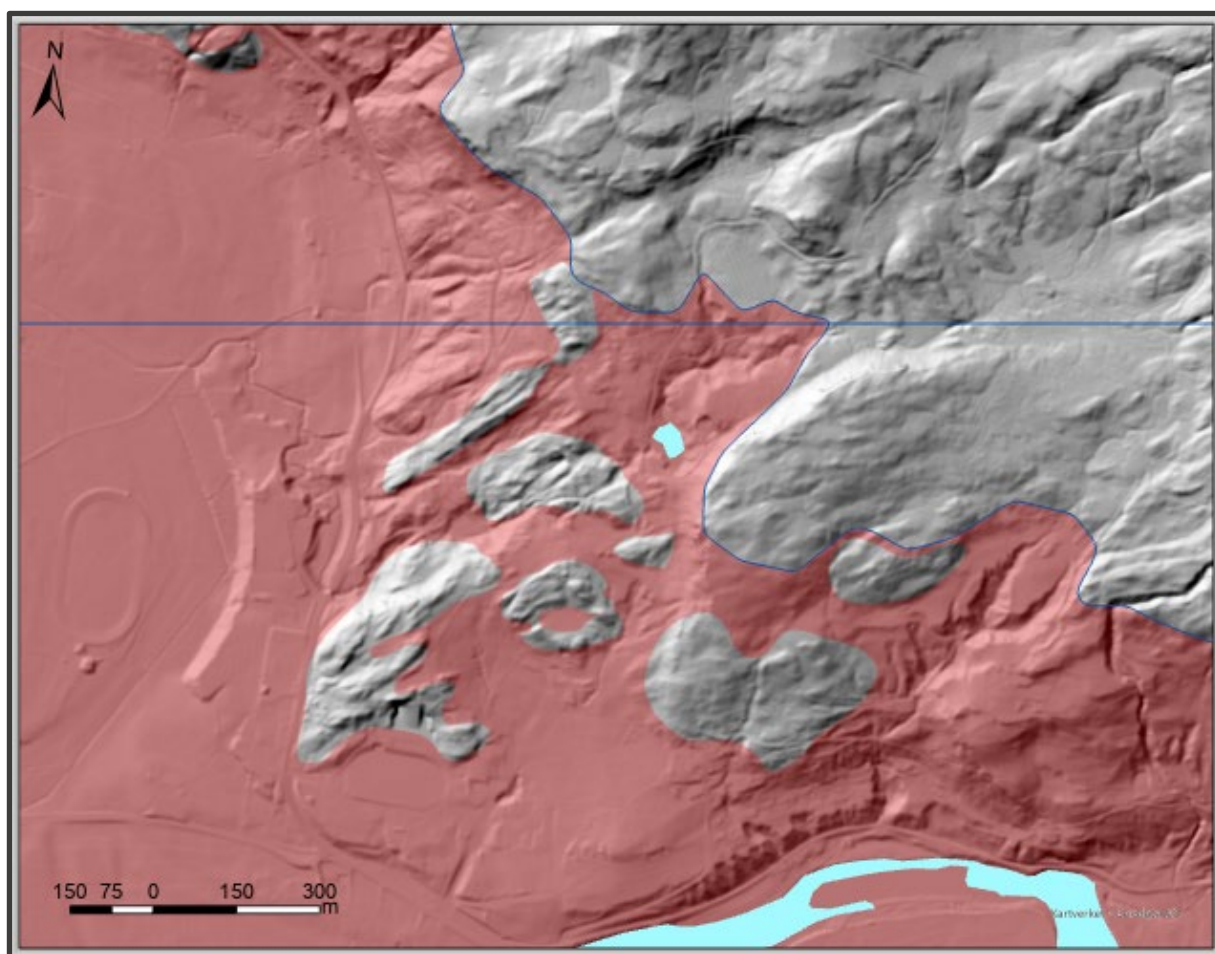
Figur 7. Prinsippskisse som viser teknisk tilnærming til kartlegging i landskapstypen fjord- og dalfører. I slike områder skilles berggrunnsblotninger fra omliggende løsmasser.



Figur 8. Prinsippskisse som illustrerer bruken av GIS-verktøyet *Pairwise Erase*. Figuren er hentet fra pro.arcgis.com.



Figur 9. Kartleggingsresultat for studieområdet fjord- og dalføre, Surnadal og omegn. Rødt areal viser løsmassedekket under marin grense (MG), indikert med blå linje. Hele kartleggingsområdet er avgrenset med en tynn svart linje. Se figur 10 for utsnitt markert med fet, svart rektangel. Fet, svart ellipse markerer området som omtales i figur 11. (Blått rutenett skyldes konfigurasjon av MG i GIS.)



Figur 10. Eksempelområde med kartleggingsresultat for studieområdet fjord- og dalføre, Surnadal og omegn. Utsnittet er markert med fet, svart rektangel på figur 9. Rødt areal viser løsmassedekke under marin grense (MG). MG er indikert med blå linje. (Blå horisontal linje skyldes konfigurasjon av MG i GIS.)

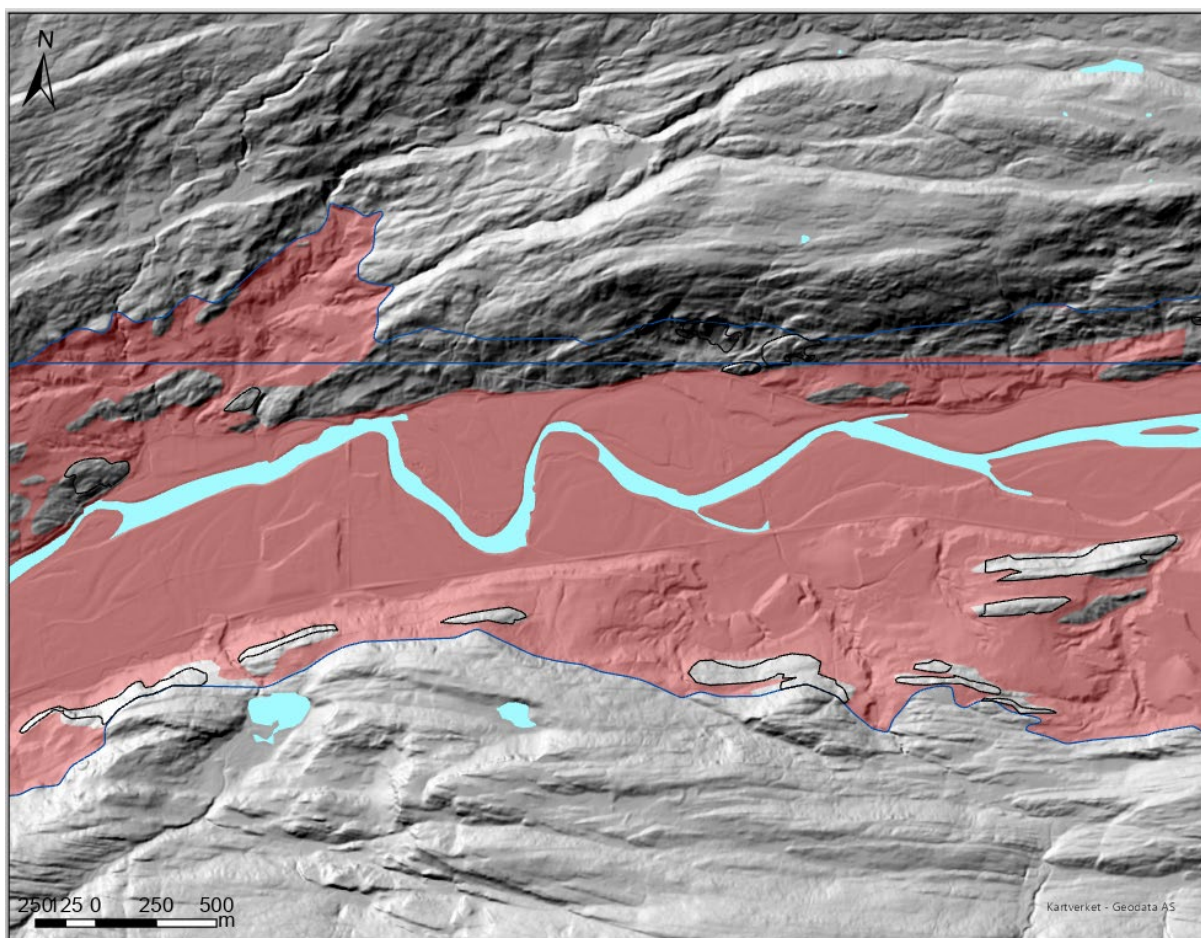
4.2.3 Sammenligning med data om grunnforhold og AR5 Grunnforhold

Boredata fra GRANADA kan bidra med informasjon om tykkelse på løsmassedekker. LiDAR-data (høydemodell og skyggerelieff) kan i mange tilfeller være tilstrekkelig for kvalitative vurderinger av tykkelser over og under en halv meter. Grunnboringsdata fungerer imidlertid som god støtte i tilfeller hvor LiDAR-data ikke gir entydige svar. Kartleggingsarbeidet krevde imidlertid ikke slike vurderinger, fordi avgrensning ble gjort utelukkende mellom berggrunn og løsmasser.

Resultater fra grunnundersøkelser er ikke tatt inn i kartleggingen. Erfaringen fra Surnadal er at man ikke har tilstrekkelig omfang eller riktig plassering på grunnundersøkelsene til å gjøre en avgrensning for de tykke løsmassene.

Datasettet AR5 grunnforhold skiller mellom tykke og tynne løsmassedekker. Kartleggingen i Surnadal er imidlertid gjennomført med kun én kategori av løsmasser. Til tross for dette indikerer en grov og manuell kvalitativ sammenligning mellom kartleggingen og datasettet stedvis noenlunde overensstemmelse. De samme områdene er fanget opp, men AR5 er

mindre konservativ i avgrensningen og skiller ut smalere arealer med berggrunn enn manuell kartlegging. Se eksempel på sammenligning i figur 11.



Figur 11. Utsnitt fra testområdet som viser sammenligning mellom kartleggingsarbeidet og datasettet AR5. Rødt areal viser løsmassedekke under marin grense, indikert med blå linje. Avgrensning av bart fjell i AR5 er indikert med svart omriss. Omrissene av AR5-polygonene dekker her samme, men arealmessig mindre områder enn kartleggingen fanget opp. Sammenligningsområdet er markert med fet, svart ellipse på figur 9. (Blå horisontal linje skyldes konfigurasjon av MG i GIS.)

4.2.4 Refleksjoner rundt kartleggingsarbeidet

Kartleggingsmålestokk ble ikke avklart i forkant av arbeidet. Kost-nytte vurderinger knyttet til målestokk utgjorde derfor en viktig del av uttestingen. For studieområde Surnadal testet vi kartlegging i omtrentlig skala 1:50 000 og stedvis 1:100 000. Dette var mulig ettersom vi ikke skilte mellom løsmassetyper. Kartlegging av tilsvarende områder burde antakeligvis legges til minimum 1:20 000 for å være grundig nok. Kartlegging i liten målestokk resulterte i konservativ inntegning av berggrunnspolygoner. Kartleggingen fanget ikke opp mindre berggrunnsblotninger.

Modellert marin grense ble benyttet til absolutt avgrensning av kartleggingsområdet. Slik absolutt bruk ga imidlertid unaturlig områdeavgrensning. Høydedata viser stedvis kontinuerlige løsmassedekker som krysser MG flere steder. Den modellerte MG-linjen er beheftet med usikkerhet, og i noen områder er usikkerheten større enn i andre. Kartleggingsområders

utstrekning må i fremtiden justeres manuelt i henhold til høydedata og lokal vurdering av MG. Sammenhengende løsmassedekker kan riktignok endre karakter over og under MG, men slike vurderinger krever geologisk kompetanse. Dersom kartlegging utføres av personell med begrenset geologisk kompetanse, må avgrensing av kartleggingsområder inkludere fullstendige arealer av ev. avsetninger som krysser modellert MG med en antakelse om avvik på opptil fem høydemeter i terrenget.

Avslutningsvis vektlegger vi to poeng. Gjennomført kartlegging besto av mekanisk arbeid muliggjort av bildegjenkjenningsteknikk. Dyp geologisk kompetanse er ikke nødvendig for å trene øyet til å se forskjell på berggrunn og løsmasser i digitale terrengdata. Kartleggingen i Surnadal ble utført av person med lite kartleggingserfaring. Dermed ble resultatet mindre nøyaktig og mer konservativt enn hva erfarne kartleggere ville kunne produsere. Det innebærer samtidig at situasjonen kan sammenlignes med kartlegging fra personell med noe mindre geofaglig erfaringsgrunnlag.

4.2.5 Refleksjoner rundt geologiske forhold

Det er observert spor etter utglidninger, skred og ravinering i flere områder innenfor testområdet. På nordsiden av hovedveien i Surnadal, hvor Surna eroderer i yttersving ved Øye/Bergheim, ses ravinering og utglidninger. Spor etter utgliding ses også i dalsiden nord for Pellan. Ravinering kan ses ved Austerholten i Østbødalen og ved Ålvund innerst i Ålvundfjorden. Utglidninger og skredkanter finnes ved Åsen, i terskelområdet mellom Surnadal og Østbødalen. Ravinering og utgliding ses videre i områdene mellom Grytskogan og Gjerstad hvor Søya renner ut i Todalsfjorden. Samtlige lokaliteter ligger under marin grense og faller innenfor kartlagte områder. Som beskrevet i kap. 4.2.2. er geologiske forhold ikke hensyntatt i kartleggingsarbeidet for testområdet. De geologiske forholdene er derfor vurdert svært grovt og på overordnet nivå.

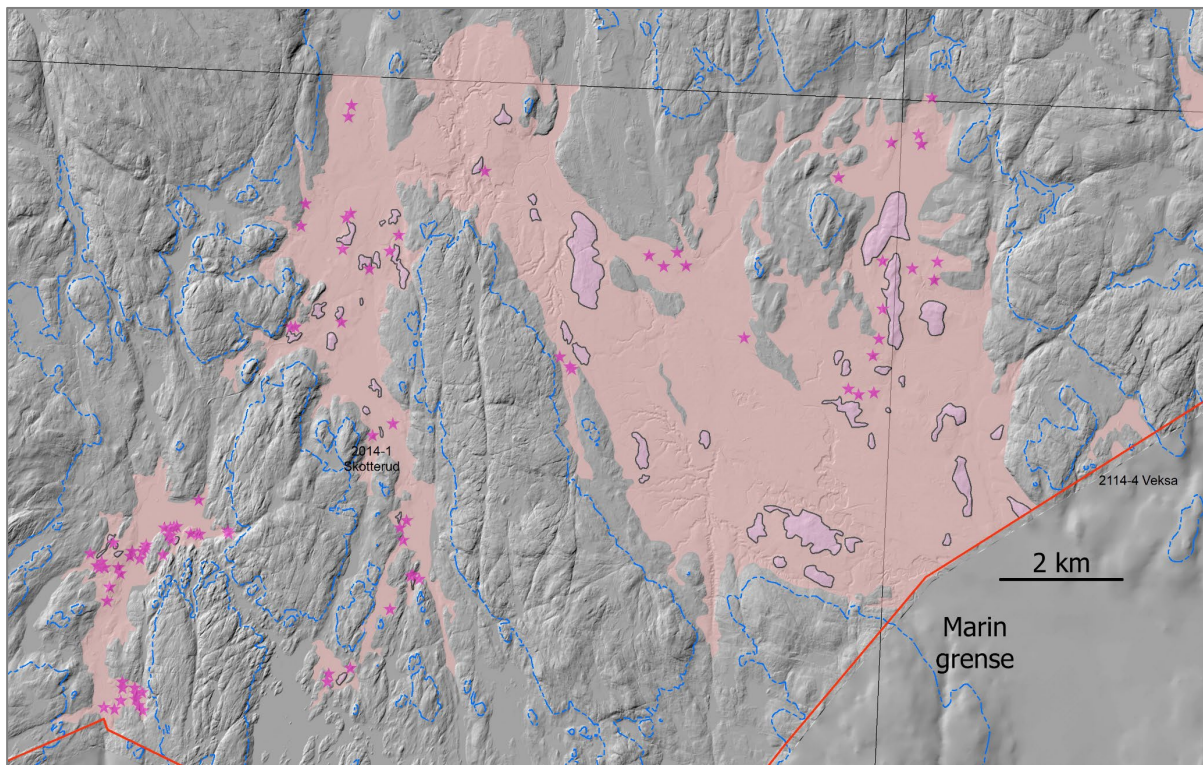
4.3 Landskapstype innland: Eidskog

4.3.1 Generell karakteristikk

Eidskog representerer et klassisk innlandsområde på sørøstlandet, med slake og udramatiske landskapsformer og generelt mye og tykke løsmasser. Marin grense i området er på om lag 200 moh. og det er derfor store arealer som tidligere har vært dekket av hav. Arbeidet ble utført under marin grense i deler av Eidskog kommune, ettersom nordlige deler av kommunen dekkes av løsmassekart i målestokk 1:50 000.

4.3.2 Kartleggingsmetodikk og resultater

Arbeidet fulgte samme kartleggingsmetodikk som beskrevet for Bjørnafjorden kommune ovenfor. På grunn av mindre tydelige overganger mellom ulike løsmassetyper sammenlignet med Bjørnafjorden, ble imidlertid detaljgraden noe grovere enn for «kystkartleggingen» og det ble typisk jobbet i målestokk ~1:30 000. Totalt ble et 65 km² stort areal kartlagt som kategorien «mulige marine løsmasser» (figur 12). Tidsbruk for kartlegging av områdene var om lag 3 dager, inkludert sidemannskontroll og teknisk oppsett.



Figur 12. Utdrag fra kartleggingen. Lyserødt areal = mulige marine løsmasser, Rosa areal med svart ramme = berg i dagen omsluttet av mulige marine løsmasser, Rosa stjerner = fjellblotninger.

4.3.3 Sammenligning med data om grunnforhold og AR5 Grunnforhold

Kartleggingen ble sammenlignet med data om grunnforhold i etterkant av arbeidet. Det er også her registrert noen få geotekniske borepunkter der det er påvist eller antatt sprøbruddmateriale. Alle punktene faller innenfor områdene som er kartlagt som «mulige marine løsmasser». Kartleggingen stemmer godt overens med AR5 grunnforhold-kartene, men også her er sistnevnte mye mer konservativ og vurderer langt mer areal som områder med «mulige marine løsmasser».

Det er utført en gjennomgang av utvalgte geotekniske grunnundersøkelser (NADAG). Det er registrert enkelte punkter med sprøbruddmateriale. Mange av de tilgjengelige rapportene er av eldre dato. I en del av undersøkelsene er det ikke utført laboratorieundersøkelser, og en del borepunkter er avsluttet i løsmasser. Basert på gjennomgangen av grunnundersøkelser, så peker områdene langs Leirbekken og langs deler av Vrangselva seg ut til ha størst innhold av leire med sprøbruddegenskaper, men disse massene virker å ligge nokså dypt.

4.3.4 Refleksjoner rundt kartleggingsarbeidet

Kartleggingsarbeidet er betydelig vanskeligere i en slik type landskap sammenlignet med kyst- og fjordlandskapet innenfor Bjørnafjorden kommune. Langs kysten ligger løsmassene typisk i naturlige forsenkninger i terrenget, mens i innlandet draperer løsmassene et mindre kupert landskap, og de har ofte stor utbredelse og tykkelse. Resultatet blir at overgangene mellom tykke og mer usammenhengende og/eller tynne løsmassedekker blir mindre tydelige i

innlandet. Det er også mer løsmasser over MG, noe som bidrar til å gjøre overgangene mellom ulike typer løsmasser rundt MG mindre tydelige.

Metodikken fra arbeidet i Bjørnafjorden kommune med å kartlegge relevante løsmassesoner som polygoner ble overført til kartleggingen i Eidskog. Her er det imidlertid langt større sammenhengende soner som må kartlegges, og det ble etter hvert klart at det da er lite hensiktsmessig å benytte polygoner. Her bør man heller avgrense relevante områder ved bruk av linjesymboler og gi områdene en kode som representerer ønsket kartleggingskategori. Linjer kan i neste steg lukkes til polygoner.

I innlandsområder er det spesielt viktig å benytte skyggerelieff med ulike innstrålingsretninger og terrengoverdrivelser. På den måten kommer berggrunnsblotninger og løsmasseoverganger bedre frem i det slake landskapet og kartleggingen blir gjerne mer nøyaktig. Det må likevel understrekes at det i mange tilfeller vil være vanskelig å bestemme presise grenser for de ulike løsmassetypene og berg i slikt terreng, kun basert på analyser av høydemodeller og flyfoto.

I sum oppleves det at man innenfor Eidskog bruker lang tid på relativt små områder.

4.3.5 Refleksjoner rundt geologiske forhold

Området virker i all hovedsak lite utsatt for skred og utglidninger i marin leire. Det er typiske raviner i noen områder, men ingen tegn til skred i løsmassene. Tilbaketrekningsmorener (De Geer-morener) ses i deler av det undersøkte området. Slike morenerygger ble dannet langs iskanten da den trakk seg nordover, og er ikke dekket av finkornede marine sedimenter i ettertid. Mellom ryggene kan det imidlertid være tykke pakker av finkornede løsmasser som i teorien kan være marine og derfor potensielt sensitive.

Sentrale deler av hoveddalføret i Eidskog ble oversvømt av en stor flom av smelte vann under isavsmeltingen for omtrent 10 500 år siden. De store grusavsetningene som strekker seg fra Skotterud til Magnor ble dannet under denne hendelsen. At grusavsetningene ligger helt i overflaten i dag indikerer at sedimentasjonen av silt og leire etter hendelsen for 10 500 år siden, må ha vært minimal. Eventuelle marine sedimenter under grusavsetningene kunne potensielt ligge nokså dypt. Grunnboringer fra området viser imidlertid sprøbruddmateriale under grusavsetningen, noe som illustrerer at det kan være vanskelig å trekke slutninger rundt skredutsatthet, kun basert på en overordnet geologisk vurdering.

5. Resultater AR5 Grunnforhold

Datasettet AR5 Grunnforhold dekker 94 % av arealet under marin grense i hele Norge. Mesteparten av de arealene som ikke er dekket av datasettet ligger i Nordland, Troms og Finnmark, og som regel utenfor bebygde områder. Ved å bruke deler av AR5 Grunnforhold-datasettet som grunnlag for å redusere aktsomhetsarealet i områder som har kvartærgeologiske kart i målestokk grovere enn 1:50 000, reduseres arealet under marin grense med 7700 km². Dette betyr en reduksjon på omtrent 20 % av arealet til eksisterende aktsomhetsområder.

Sammenligningen av AR5 Grunnforhold og N50 løsmassekart viser at det er en generell god overenstemmelse, se tabell 2. Av 1149 km² kartlagte løsmassearealer og AR5 Grunnforhold er bare 8 km² (1 % av totalarealet) feil av alvorlig art (Falsk Positiv). 75 % av disse Falsk Positiv-arealene, som tilsvarer ca. 6 km², består av polygoner mindre enn 10 dekar. Mange av disse små polygonene er *sliver polygons* som oppstår når to datasett blir slått sammen. Dette er ofte et resultat av at grenser er tegnet inn ulikt pga. annen type datagrunnlag, eller kartlegging i ulik målestokk.

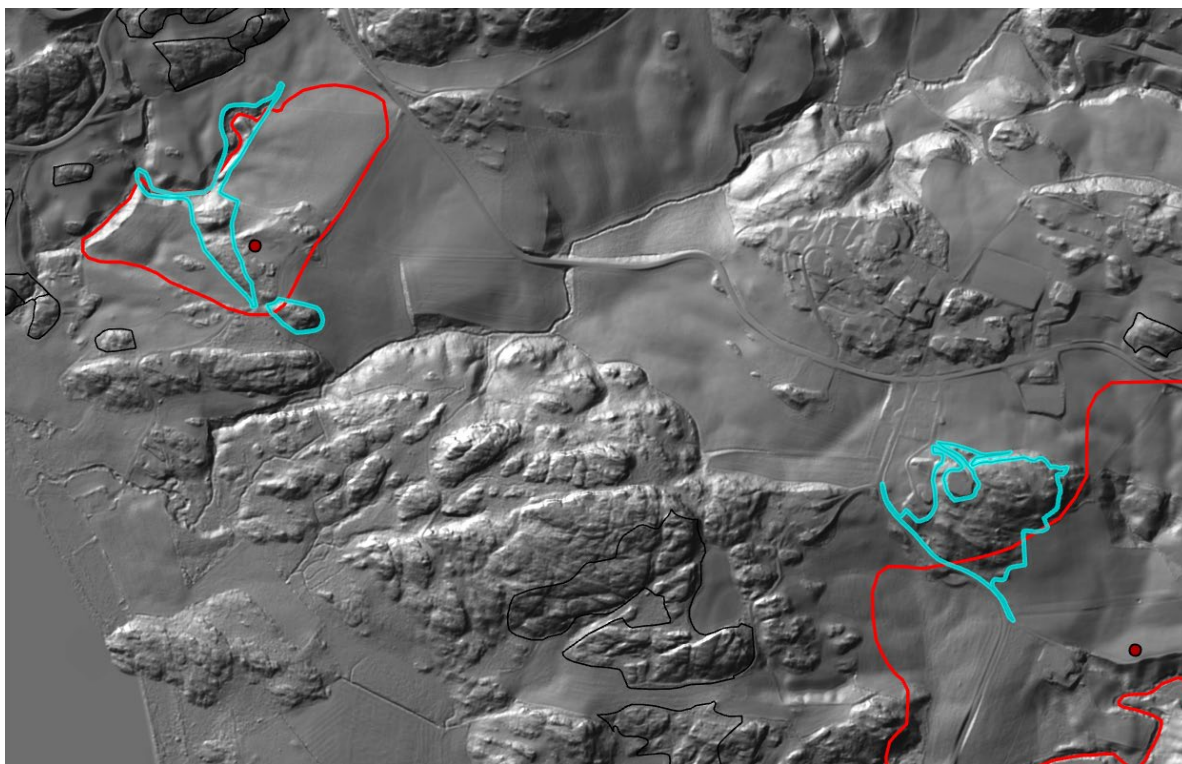
Tabell 2. Feil-matrise av sammenligning AR5 grunnforhold datasettet med NGU løsmassekart (kartlagt i målestokk 1:50 000 og detaljerte kart). Merk at bare 1 % av arealet som er dekket av AR5 Grunnforhold og Løsmassekart (1:50k) anses som å være feil av alvorlig art.

NGU N50	AR5 Fjell/Grunnlendt			AR5 Tykke løsmasser / ukjente forhold i jorddekket		
	Resultat	Areal (km ²)	%	Resultat	Areal (km ²)	%
Tynne løsmasser/fjell	Sann Positiv	290	25	Falsk Negativ	540	47
Tykke Løsmasser	Falsk Positiv	8	1	Sann Negativ	310	27
NGU (detalj)						
Tynne løsmasser/fjell	Sann Positiv	32	6	Falsk Negativ	102	19
Tykke Løsmasser	Falsk Positiv	2,2	0,4	Sann Negativ	401	75

Detaljerte løsmassekart har lignende overenstemmelse med AR5 Grunnforhold-kartet, med bare 0,4 % feil av alvorlig art (tabell 2). Derimot er andelen *Falsk Negativ* en del større. 47 % av N50 løsmassekart og 19 % av løsmasse detaljkart er kartlagt som tynne løsmasser eller bart fjell, men som tykke eller ukjente forhold i AR5 Grunnforhold-datasettet. Ofte gjelder disse arealene nedbygde områder eller skogsområder. Nedbygde områder har ikke blitt klassifisert etter grunnforhold og mangler derfor informasjon om jorddekket (NIBIO 2019). Grunnen til at skogsområder i grunnlendt områder ikke har blitt klassifisert som grunnlendt i AR5-datasettet, men som tynne løsmasser i løsmassekartet, kan ligge i definisjonen ved kartlegging. Kode 43 i løsmassekart er definert som; Hav-, fjord-, og strandavsetning – tynt (<0,5m) og/eller

usammenhengende dekke, mens kode 43 i AR5 Grunnforhold-datasettet er definert som areal der mer enn 50 % har mindre jorddybde enn 30 cm, men som ikke kan klassifiseres som fjell i dagen. Den konservative tilnærmingen for å klassifisere arealer med tynne jorddekker i AR5 Grunnforhold betyr at datasettet ikke helt fanger opp alle arealer som eventuelt kunne redusere muligheten for marin leire basert på fjell i dagen eller tynne jorddekker. Dette må eventuelt suppleres med ny kartlegging.

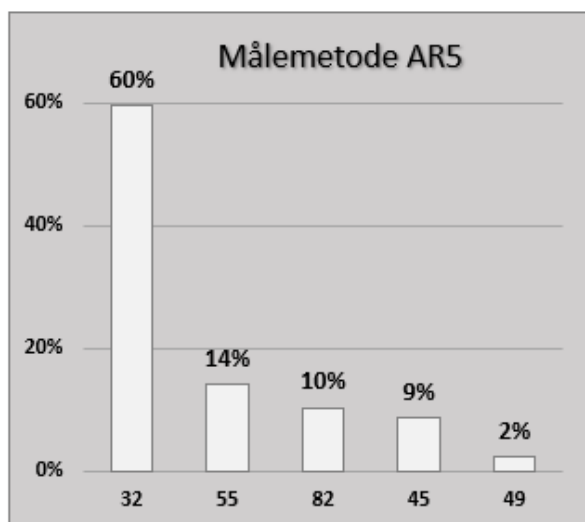
Gjennom hele Norge overlapper 23 kvikkleirepunkter fra NADAG, 435 kvikkleireområder fra SVV og 805 kvikkleirefasesoner fra NVE med arealer som er klassifisert som grunnlendt eller fjell i dagen i AR5-datasettet. Nesten alle kvikkleirepunkter ligger nær grensen til arealer klassifisert som grunnlendt i AR5, men det har med inntegningen av grensen å gjøre. Det kan hende at polygoner ikke er tegnet inn nær fjellet pga. målestokk, geometri overføring fra papirkart eller datagrunnlag. Mange arealer klassifisert som grunnlendt ligger innenfor SVV kvikkleireområder eller NVE kvikkleiresoner. Eksemplet nedenfor, se figur 13, viser tydelig at blottet fjell eller fjellknauser med tynt løsmassedekke ligger innenfor kvikkleirepolygonen. Slike situasjoner gjelder for nesten alle arealer der grunnlendt i AR5-datasettet overlapper med kvikkleirepolygoner, og har derfor ikke stor betydning for å angi feil av alvorlig art. AR5-datasettet kan gi nyttig informasjon for å redusere størrelsen på faresonene.



Figur 13. Eksempel på arealer klassifisert som grunnlendt i AR5-datasettet (blå linjer), men som også ligger innenfor kvikkleiresoner (røde linjer). I dette tilfelle dekker kvikkleiresoner også områder med blottet fjell og derfor anses ikke overlappen som feil av alvorlig art. Røde punkt er antatt/påvist kvikkleire. Bakgrunnsbildet er skyggerelieff produsert fra LiDAR-data.

Økonomisk kartverk, som er datagrunnlaget for AR5-datasettet, har blitt kartlagt i ulike målestokker og har til en viss grad varierende kvalitet. De fleste *Falsk Positiv*-polygoner, som anses som feil av alvorlig art (se kap. 3.3) har blitt registrert med målemetode kode 32 og 55,

denne attributtet angir hvordan geometrien er overført og digitalisert, se figur 14. Disse polygonene har noen ganger blitt forskjøvet ved overføringen av geometrien, bare i enkelte tilfeller har klassifiseringen for større polygoner vært ulik løsmassekartet. Ulempen med å filtrere ut data basert på målemetode er at det kan redusere arealet av kartlagte AR5-grunnforhold-polygoner betydelig. Da vil store arealer av riktige polygoner (Sann Positiv og Sann Negativ) bli tatt ut. Vi anbefaler derfor ikke å gjennomføre filtrering av AR5 Grunnforhold-datasettet basert på attributtets målemetode.

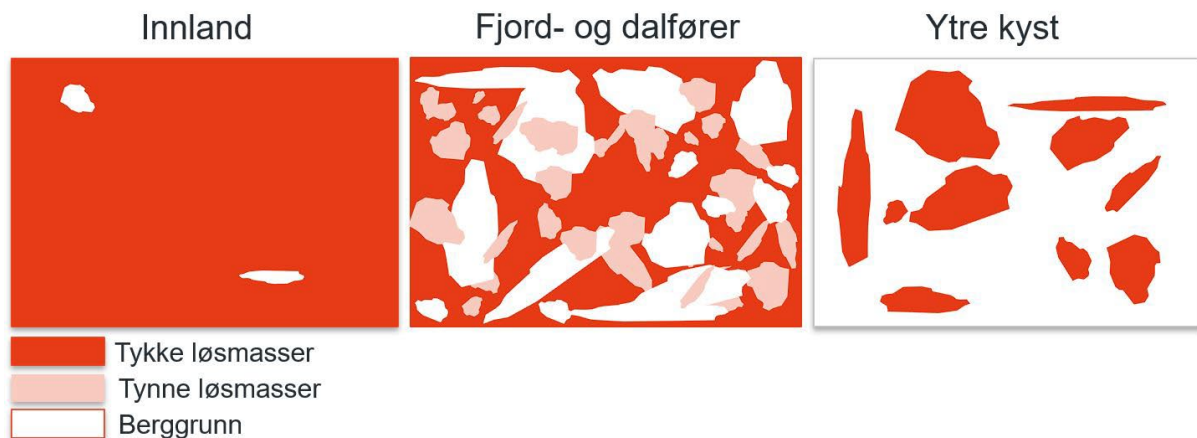


Kode	Definisjon
32	Geometri overført fra kart maskinelt ved hjelp av skanner. Kartmedium er rissefolie
55	Geometri overført fra kart ved hjelp av manuell registrering på et digitaliseringsbord. Kartmedium er papirkopi
82	Digitalisert ut fra frihåndstegning (direkte på skjerm). Frihåndstegning er basert på svært grovt grunnlag eller ikke noe grunnlag.
45	Geometri overført fra ortofoto ved hjelp av manuell registrering på skjerm
49	Vektorisering fra laserdata, brukes også der vektoriseringen støttes av ortofoto

Figur 14. Målemetode brukt for digitalisering av polygoner for Fjell i dagen (kode 42) og Grunnlendt (kode 43) i datasettet AR5 Grunnforhold.

6. Resultater oppsummert

Resultatene fra testområdene er basert på noe ulike metodiske tilnærminger (tabell 3). Kartleggingsarbeidet har hensyntatt den geologiske variasjonen som skiller norske landskapstyper, og metodikken har følgelig variert noe. Innlandet preges gjerne av topografiske bassenger som er fylt med tykke løsmasser, mens ytre kystområder kjennetegnes av løsmasser i mer avgrensede lommer. Fjord- og dalfører viser ofte en kombinasjon av de to. Tynne løsmassedekker kan forekomme overalt, men utgjør spesielt i fjord- og dalfører stedvis en betydelig del av arealet. Løsmassefordelingen i de ulike landskapstypene er forenklet skissert i figur 15.



Figur 15. Prinsippskisse som viser forenklet løsmassefordelingen i tre ulike landskapstyper.

Bruken av ulike kartleggingsmetoder og -målestokker har vært bevisst. For kystområdene var det mest hensiktsmessig å tegne områdene med mulige marine løsmasser som polygoner. Denne metoden ble forsøkt overført til testområdet i innlandet. I innlandet ble imidlertid arbeidet mye mer tidkrevende på grunn av langt større løsmassearealer og mindre tydelige eksponerte fjellblotninger og arealer med tynne løsmassedekker over berg. I fjord- og dalfører var det mest hensiktsmessig å tegne polygoner rundt berggrunnsblotninger. Utskilte berggrunnsområder ble deretter teknisk klippet ut fra løsmassedekket.

Det kan se ut til at kystområdene får størst redusert aktsomhetsareal gjennom kartleggingen (tabell 3). Dette vil imidlertid variere både med geologiske forhold og metodisk tilnærming, og tallet vil følgelig være svært omtrentlig. Tallet er beregnet ved å sammenligne kartlagt areal med mulige marine løsmasser med det totale arealet under marin grense i samme område. Innenfor det totale arealet vil det være store områder hvor det er fjell i dagen og hvor det åpenbart er grunt til fjell. Avledet forholdstall som gjenspeiler redusert aktsomhetsområde (tabell 3) blir derfor kunstig høyt.

Resultatet fra testområdene er sammenlignet med AR5 datasettet og vist i tabell 3. Arealet som er kartlagt som fjell i dagen eller grunnlendt i AR5 datasettet er mye lavere enn kartleggingen som har blitt gjennomført i testområdene. Dette betyr AR5 datasettet er en konservativ kilde for å redusere fjell i dagen eller grunnlendt mark fra aktsomhetsområdet. Samtidig har arealer fra AR5 datasettet en stor overenstemmelse med testområdene (>98 %), som tyder på at kartleggingen har blitt gjort riktig.

Tabell 3. Sammenligning av testområdene.

	Kyst	Fjord og dal	Innland
	Bjørnafjorden	Surnadal	Eidskog
Kartlagt/vurdert areal under MG (sjø trukket fra)	120 km ²	127 km ²	231 km ²
Kartlagt areal med mulige marine løsmasser	16 km ²	90 km ²	62 km ²
Redusert størrelse aktsomhetsareal med prosjekt-kartleggingen	87 %	29 %	73 %
Tidsbruk	12 timer	30 timer	23 timer
Kartleggingsmålestokk	1:10 000-1:20 000	1:50 000-1:100 000	1:30 000
Metode	Kartlagt: • Løsmasse-polygoner • Berg i dagen-polygoner • Berg i dagen-punkt	Kartlagte berg i dagen-polygoner ble trukket fra areal under MG for å få løsmassepolygon	Kartlagt: • Løsmasse-polygoner • Berg i dagen-polygoner • Berg i dagen-punkt
Overensstemmelse mellom AR5 Grunnforhold og prosjektkartleggingen	99 %	96 %	98 %
Redusert størrelse aktsomhetsareal med kun AR5 Grunnforhold	28 % (33,3 km ²)	5 % (6,3 km ²)	3 % (7,2 km ²)

7. Diskusjon

7.1 Erfaringer fra kartleggingsarbeidet

Erfaringer og resultater etter kartleggingsarbeidet reflekterer kompleksiteten i norsk kvartærgeologi og nødvendigheten av detaljert kvartærgeologisk kartleggingspraksis. Kartleggingsarbeidet bekrefter at det først er gjennom fullstendig kvartærgeologisk kartlegging med feltundersøkelser at et område kan forstås godt nok til detaljert vurdering og differensiering av grunnlag for aktsomhet for marin leire.

Med hensyn til metodikken å skille berggrunn fra løsmasser, er tilnærmingen mekanisk og basert på bildegjenkjenningsteknikk. I fjord- og dalfører og innlandsområder har man gjerne fokus på å tegne berg i dagen-polygoner, mens på ytre kyst kan det være enklere å tegne løsmassepolygoner. Å skille berggrunn og løsmasser er en såpass enkel arbeidsprosess at dette kan gjennomføres i svært detaljert skala. Spørsmålet er om høy detaljgrad er hensiktsmessig og hvordan kost-nytte-forholdet vurderes ved bruk av ulike kartleggingsmålestokker. Dette er et spørsmål som må vurderes med hensyn til landskapstype, kartleggingsformål, bebyggelse, infrastruktur, geologiske forhold med mer.

Spesielt for landskapstypene ytre kyst og fjord- og dalfører kan det stedvis veksle hyppig mellom berggrunn og små løsmassearealer, og kartleggingsmålestokken vil i stor grad diktere arbeidsmengden. Dersom lommene av løsmasser er små, er sannsynligvis også skredfaren i

marin leire mindre. Avhengig av kartleggingsmålestokk kan da flere arealer med eksponert fjell eller tynne løsmassedekker slås sammen. Målestokken reflekterer dermed usikkerheten rundt forekomst av løsmasser og følgelig også sannsynligheten for skred i kartlagte «berggrunnsområder».

I arbeidet ble denne mekaniske kartleggingsmetodikken benyttet for testområde Surnadal (fjord- og dalføre). Her ble skala satt stedvis til 1:100 000 og stedvis til 1:50 000, en vurdering som hovedsakelig ble gjort med hensyn til områdets størrelse og tilgjengelig tid til rådighet i perioden kartleggingen skulle gjennomføres (~30 timer). I ettertid hadde det kanskje vært klokere å redusere testområdet, og heller prøve ut mer detaljert kartlegging i de mest geologisk komplekse og tettest befolkede områdene. Denne kartleggingsmetodikken, hvor berggrunn og løsmasser adskilles, er antakeligvis mest effektiv og lettest å beregne arbeidsomfang for i ytre kyst-områder, hvor skillet mellom berggrunn og løsmasser er tydeligst.

For testområde Bjørnafjorden (landskapstype kyst) var det lettere å gå mer detaljert til verks. Det er færre sammenhengende løsmassearealer og løsmassene skiller seg tydelig fra omkringliggende fjell og tynnere dekker. Det er få spor etter leirskred i området, men det er registrert sprøbruddsmateriale i enkelte boreprøver og det har vært noen historiske skred. De aktuelle områdene fanges i alle tilfeller opp av kartleggingen, til tross for at det er lite spor etter hendelser. Metoden som ble benyttet for Bjørnafjorden er potensielt tidkrevende, siden den innebærer at man rammer inn alle områder med mulige marine løsmasser under marin grense. Dette avhenger imidlertid av de geologiske forholdene, og for Bjørnafjorden var det relativt lett å skille ut relevant geologi. Her ble heller utfordringen hvor konsekvent man var med tanke på kartleggingsmålestokk, altså å begrense hvor detaljert man figurerte arealene og hvor små arealer som ble inkludert.

I testområde Eidskog (landskapstype innland) ble bruk av samme metode som på kysten tidkrevende. Innlands-landskapstyper er ofte preget av sammenhengende løsmassedekker og det er i tilfeller langt mellom bergblotninger og tynne løsmassedekker. Det er i tillegg større variasjon i typer løsmasser enn langs kysten, hvor løsmassene typisk ble avsatt i havet eller i strandsonen, noe som gjør at man må inkludere alle slags løsmasser i en sekkekategori. Underliggende fjelltopografi er også gjerne mildere, slik at blotninger og tynne løsmassedekker ikke trer like godt frem og blir mindre tydelig enn for eksempel langs kysten. I slike områder ville det vært mer hensiktsmessig å skille berg fra løsmassene, enn omvendt.

I forkant av kartleggingen i Eidskog ble det av ansvarlig kartlegger antatt at enkelte geologiske forhold ville utelukke muligheten for sprøbruddsmateriale i dypet. Boredata indikerer imidlertid at det finnes sensitiv leire stratigrafisk under grusmasser i det aktuelle området. Vi anbefaler derfor forsiktighet i forbindelse med å vurdere geologiske forhold i dypet kun basert på fjernanalyse og fjernvurdering av den geologiske historien. Noen strategisk plasserte borepunkter kunne imidlertid vist om den sensitive leire ligger så dypt at den ikke medfører fare for områdeskred.

Datasettet AR5 Grunnforhold gir en mer konservativ tilnærming for å redusere aktsomhetsarealet under MG enn NGUs kvartærgeologiske kartlegging, men testingen i prosjektet viste likevel at AR5 Grunnforhold-datasettet kan redusere aktsomhetsarealet med ca. 20 % under marin grense i områder uten tilstrekkelig dekning av kvartærgeologiske kart. Det ble funnet få feil av alvorlig art, når data ble sammenlignet med løsmassekart (Falsk positiv, se kap. 3.3) og kvikkleireregistreringer. Imidlertid finnes det store arealer med tynne løsmassedekker eller berg i dagen som ikke er registrert i AR5 Grunnforhold-datasettet. Årsaken er at et av formålene med AR5-datasettet er å beskrive arealressursene ut fra

produksjonsgrunnlaget for jord- og skogbruk, der for eksempel informasjon om grunnforholdet i nedbygde arealer ikke blir registret (NIBIO 2019). Datasettet kan derfor ikke brukes som fasit for å angi grunne forhold i jorddekket eller berg i dagen, men kan utelukke arealer eller redusere aktsomhetsarealet.

NADAG har mye informasjon, og en systematisk gjennomgang av alle tilgjengelige grunnundersøkelser kan være svært tidkrevende. Det anbefales at det prioriteres hvilke områder grunnundersøkelsene vil tilføre ny informasjon. Vår erfaring er at gamle grunnundersøkelser ofte gir begrenset verdi, da stedfestelsen ofte kan være unøyaktig og noen ganger er f.eks. borepunkter vanskelig å lokalisere pga. dårlig kart i rapporten.

I områder med bedre kvartærgeologisk kartgrunnlag, og som dermed har det avledede produktet «mulighet for marin leire» (MML), vil en mer detaljert gjennomgang av grunnundersøkelser kunne, kombinert med topografisk informasjon, bidra til å utelukke fare for kvikkleireskred. Erfaringen fra gjennomgangen er imidlertid at plasseringer av borepunkter og type undersøkelser ofte ikke er tilstrekkelig til å gjøre en avgrensning. En avgrensning basert på resultater fra grunnundersøkelser i kohesjonsmasser krever geoteknisk kompetanse og en god forståelse av skredmekanismer.

7.2 Nivåer for kartlegging av grunnlag for aktsomhet under marin grense

Det er store arealer under marin grense (MG) i Norge, og potensielt kan alle disse områdene inneholde marine leiravsetninger. Når det gjelder å være aktsom for kvikkleire, er det ønskelig å kunne avgrense områdene med marin leire best mulig. I det følgende er det beskrevet tre nivåer for kartlegging i områder under marin grense. Når man går fra ett nivå til det neste snevres aktsomhetsområder inn, og detaljgraden i kartene øker. I tillegg øker arbeidsmengden som skal til for å øke kunnskapen om grunnforholdene, og forhåpentligvis redusere arealet for aktsomhet.

Dette er *ikke ulike nivåer* av aktsomhet, men *ulikt grunnlag* for kartleggingen av aktsomhet.

På bakgrunn av erfaringene fra testområdene i prosjektet er det laget en veiledning for hvordan man kan gjennomføre en kartlegging av grunnlag for aktsomhetsområder for *midterste nivå* (NGU 2024b).

Laveste nivå

For områder uten god nok dekning av NGUs løsmassekart: Utgangspunktet her er alle arealer under MG. Her kan man benytte datasettet AR5 Grunnforhold der kategoriene Fjell i dagen og Grunnlendt slås sammen til polygoner som kan trekkes fra arealer under marin grense (NIBIO 2019; 2024). På denne måten kan aktsomhetsarealet reduseres med ca. 20 %. Dette er en konservativ tilnærming, og en del områder med berg i dagen og tynt løsmassedekke fanges ikke opp.

Midterste nivå

For områder uten god nok dekning av NGUs løsmassekart: Her benyttes LiDAR-data og andre datasett for å redusere aktsomhetsarealet. Kartlegging av polygoner og punkt, primært for berg

i dagen og tynne løsmassedekker. Slik kartlegging kan utføres iht. til veiledning fra NGU og NVE (NGU 2024b). Tilnærmingen er konservativ.

En mer avansert vurdering kan inkludere kartlegging av bl.a. tykke friksjonsmasser og lite sensitiv leire. Se NVE (2024a) for informasjon om registrering av områder uten fare.

Høyeste nivå

Ordinære løsmassekart fra NGU i målestokk 1:50.000 eller bedre. Kartlagt vha. LiDAR-data, felt m.m. Geologisk kompetanse/forståelse er nødvendig for kartleggingen. Fra dette avledes produktet Mulighet for Marin Leire (MML). I enkelte områder vil detaljkunnskap benyttes for en ytterligere vurdering av om områdene trolig har marin leire eller ikke (Tolket Marin Leire, TML).

8. Konklusjoner

Prosjektet har vist at man ved tilgjengelig informasjon kan gjøre en rask kartlegging for å skille berg i dagen og tynne løsmassedekker fra områder med tykkere løsmasser, og at dette vil forbedre grunnlaget for aktsomhetskart i områder med dårlig dekning av kvartærgeologiske kart.

Samtidig viser erfaringene og resultatene etter kartleggingsarbeidet kompleksiteten i norsk kvartærgeologi og nødvendigheten av detaljert kvartærgeologisk kartleggingspraksis for å kunne høyne nivået ytterligere. Det er først gjennom fullstendig kvartærgeologisk kartlegging med feltundersøkelser at et område kan forstås godt nok til detaljert vurdering og differensiering av grunnlag for aktsomhet for marin leire.

I prosjektet er det også gjort en vurdering av datasettet AR5 Grunnforhold. Datasettet gir en mer konservativ tilnærming for å redusere aktsomhetsarealet enn NGUs kvartærgeologiske kartlegging, men kan likevel redusere aktsomhetsarealet med ca. 20 % i områder under marin grense som ikke har kvartærgeologiske kart i tilstrekkelig målestokk.

Prosjektet har også resultert i veiledning med anbefalt kartleggingsmetodikk for områder med grovt kvartærgeologisk kartgrunnlag: «Veiledning: Kartlegging av fjellblotninger og grunnlendte områder, som grunnlag for reduksjon av aktsomhetsområder for kvikkleireskred». Denne utgis som egen rapport (NGU-rapport 2024.010).

9. Referanser

Erikstad, L., Halvorsen, R. & Simensen, T. 2019: Natur i Norge (NiN) versjon 2.2. Inndelingen i landskapstyper. - Artsdatabanken, Trondheim.

NADAG 2024: Nasjonal database for grunnundersøkelser. Tilgjengelig fra <https://geo.ngu.no/kart/nadag/>

NGU 2024a: Nasjonal løsmassedatabase med marin grense. Tilgjengelig fra [https://geo.ngu.no/kart/losmasse mobil/](https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/)

NGU 2024b: Veiledning: Kartlegging av fjellblotninger og grunnlendte områder, som grunnlag for reduksjon av aktsomhetsområder for kvikkleireskred. NGU-rapport 2024.010

NIBIO 2019: AR5 Klassifikasjonssystem. Klassifisering av arealressurser. NIBIO BOK 5(5)2019. ISBN: 978-82-17-02325-8, <https://nibio.no/tema/jord/arealressurser/arealressurskart-ar5/klassifikasjonssystem-ar5#publication--069f3819a-e5f9-45db-a164-bf8e919f0034-collapse>

NIBIO 2024: Kilden – arealinformasjon. Tilgjengelig fra <https://kilden.nibio.no/>

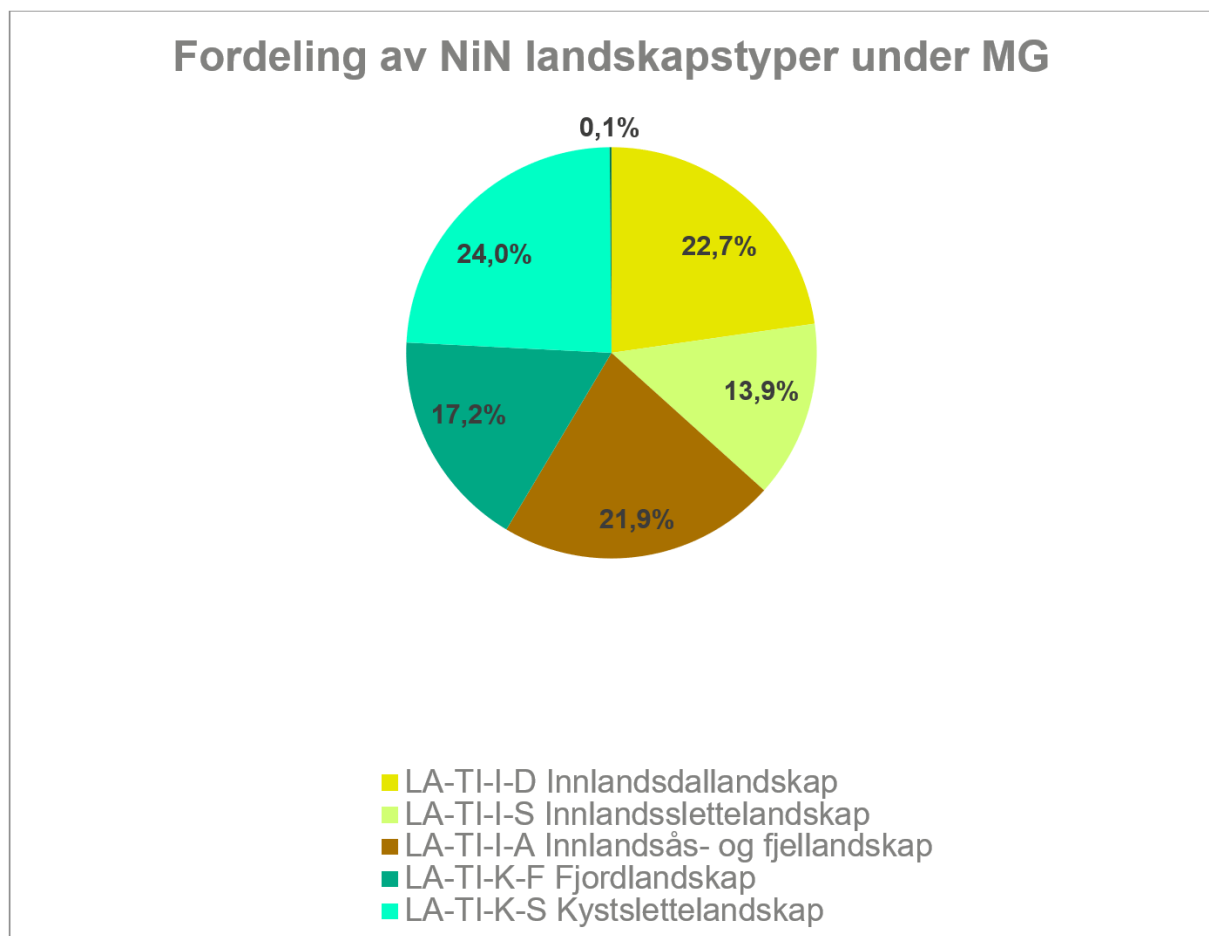
NVE 2020: Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred. Metodebeskrivelse, NGI. NVE ekstern rapport 9/2020

NVE 2024a: Innmelding av kvikkleiresoner og grunnundersøkelser. <https://www.nve.no/naturfare/utredning-av-naturfare/innmelding-av-farekartlegging/innmelding-av-kvikkleiresoner-og-grunnundersokelser/>

NVE 2024b: Kvikkleiresoner og skredhendelser. Tilgjengelig fra <https://atlas.nve.no/>

SVV 2024: Statens vegvesen Kvikkleiereområder og -punkt. Tilgjengelig fra NVE (2024b) og NADAG (2024). <https://www.vegvesen.no/fag/Teknologi/Geofag/Geoteknikk/kvikkleireomrader>

VEDLEGG 1



Landområdene er basert på NiN 2.2-inndeling av landskapstyper (Erikstad mfl. 2019).

VEDLEGG 2

Definisjon og koder av egenskapsverdier av grunnforholdkategorier (fra NIBIO 2019).

Egenskaps-verdi	Kode-verdi	Definisjon
Blokkmark	41	Areal der overflata i hovedsak er dekt med steinblokker.
Fjell i dagen	42	Areal der mer enn 50 % er bart fjell og mindre enn 10 % har jord dypere enn 30 cm.
Grunnlendt	43	Areal der mer enn 50 % har mindre jorddybde enn 30 cm, men som ikke kan klassifiseres som fjell i dagen.
Jorddekt	44	Fastmark der mer enn 50 % av arealet har større jorddybde enn 30 cm.
Organiske jordlag	45	Areal som har et organisk jordlag tykkere enn 30 cm i skog og utmark, og tykkere enn 20 cm på jordbruksareal.
Konstruert	46	Areal som er sterkt menneskepåvirket og lite biologisk produktivt.
Ikke relevant	98	Opplysning om grunnforhold er ikke relevant.
Ikke registrert	99	Opplysning om grunnforhold er ikke registrert.



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
Nettside www.ngu.no