



Til: Gjerdrumutvalget  
Fra: NGU  
Arkiv: 21/00033  
Dato: 9. desember 2021

---

## NGUs INNSPILL TIL GJERDRUMUTVALGETS ARBEID MED NOU

---

### Sammendrag

Norges geologiske undersøkelse (NGU) kartlegger Norges geologi og sprer kunnskap om den. I dette notatet presenterer vi våre innspill til Gjerdrumutvalget for temaer som berører vårt samfunnsoppdrag og vår virksomhet.

Kvartærgeologiske kart og data er en forutsetning for kunnskap om kvikkleireforekomster i Norge og svært viktig for å forebygge skred. For å identifisere områder med potensiell kvikkleire må vi i utgangspunktet kartlegge alle områder under marin grense. Pr. i dag er mindre enn 60 % av disse arealene kartlagt i tilfredsstillende målestokk og kvalitet. Med dagens fremdrift vil det ta nærmere 120 år å kartlegge alle norske landarealer under eller delvis under marin grense.

Ut over de kvartærgeologiske kartproduktene som dekker landareal er det også bruk for økt innsats på kartlegging i strandsonen da marine avsetninger, inklusive mulig kvikkleire, fortsetter under vann.

Kvikkleireskredet i Rissa i 1978 førte til en kraftig styrking av geologisk kartlegging av leirområder i Norge. På 1980-tallet jobbet 29 geologer ved NGU med slik kartlegging og kartproduksjon. I dag driver kun ca. 12 spesialister i NGU med kvartærgeologisk kartlegging.

NGU mottar årlig bevilgning over statsbudsjettet. I tillegg finansieres noe av vår virksomhet av samarbeidspartnere og oppdragsgivere, deriblant NVE. NVEs samfunnsoppdrag, behov og bestillinger er styrende for hvilke arealer NGU gjør kvartærgeologisk kartlegging. NGU mener at finansieringen og prioriteringen av kvartærgeologisk kartlegging under marin grense må styrkes.

Videreutvikling av Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG) med gjenbruk og tilgjengelighet av data fra grunnundersøkelser er et viktig virkemiddel i forebygging av kvikkleireskred. NGU anbefaler derfor at det innføres innmeldingsplikt for grunnundersøkelser for å øke dette datagrunnlaget. Utvidet tverrfaglig arbeid som involverer bruk av nye teknologier som terrenganalyser med LiDAR, samt bruk av InSAR og geofysikk, har stort potensiale og bør fortsatt ha fokus.

# Innhold

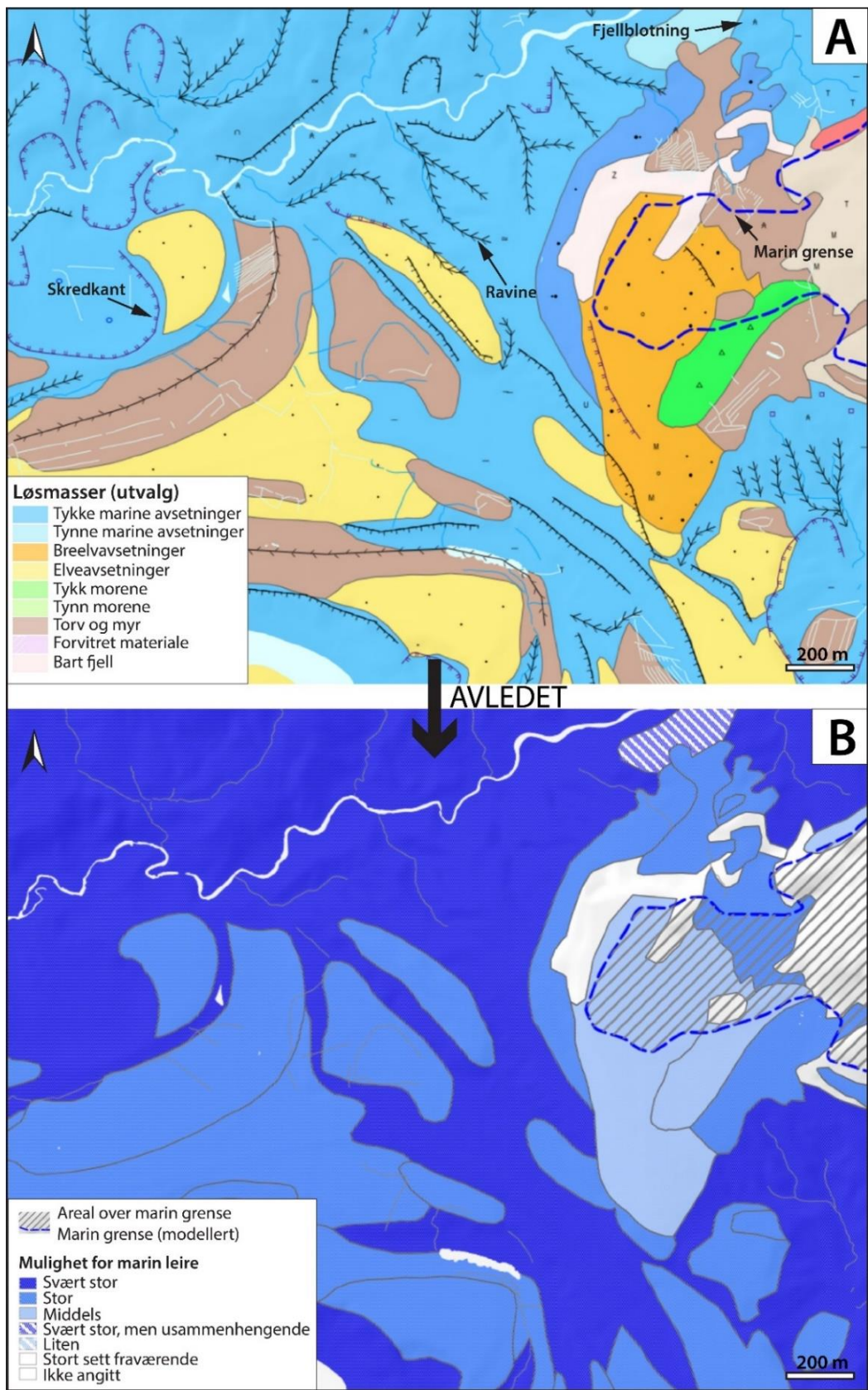
<b>1</b>	<b>KVARTÆRGEOLOGISKE KART (LØSMASSEKART)</b> .....	<b>2</b>
1.1	BESKRIVELSE AV METODE OG KART .....	2
1.2	STATUS I DAG.....	6
1.3	UTFORDRINGER OG MULIGHETER.....	8
<b>2</b>	<b>DATA FRA GRUNNUNDERSØKELSER</b> .....	<b>12</b>
2.1	STATUS I DAG.....	12
2.2	UTFORDRINGER OG MULIGHETER .....	14
2.3	ANBEFALINGER OG ØKONOMISKE KONSEKVENSER .....	14
<b>3</b>	<b>TVERRFAGLIG ARBEID OG BRUK AV NYE TEKNOLOGIER</b> .....	<b>15</b>
3.1	STATUS I DAG OG ANBEFALINGER .....	15
<b>4</b>	<b>TILTAK OG ANBEFALINGER</b> .....	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>REFERANSER</b> .....	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>VEDLEGG: BAKGRUNN FOR NOTATET</b> .....	<b>21</b>

## 1 Kvartærgeologiske kart (løsmassekart)

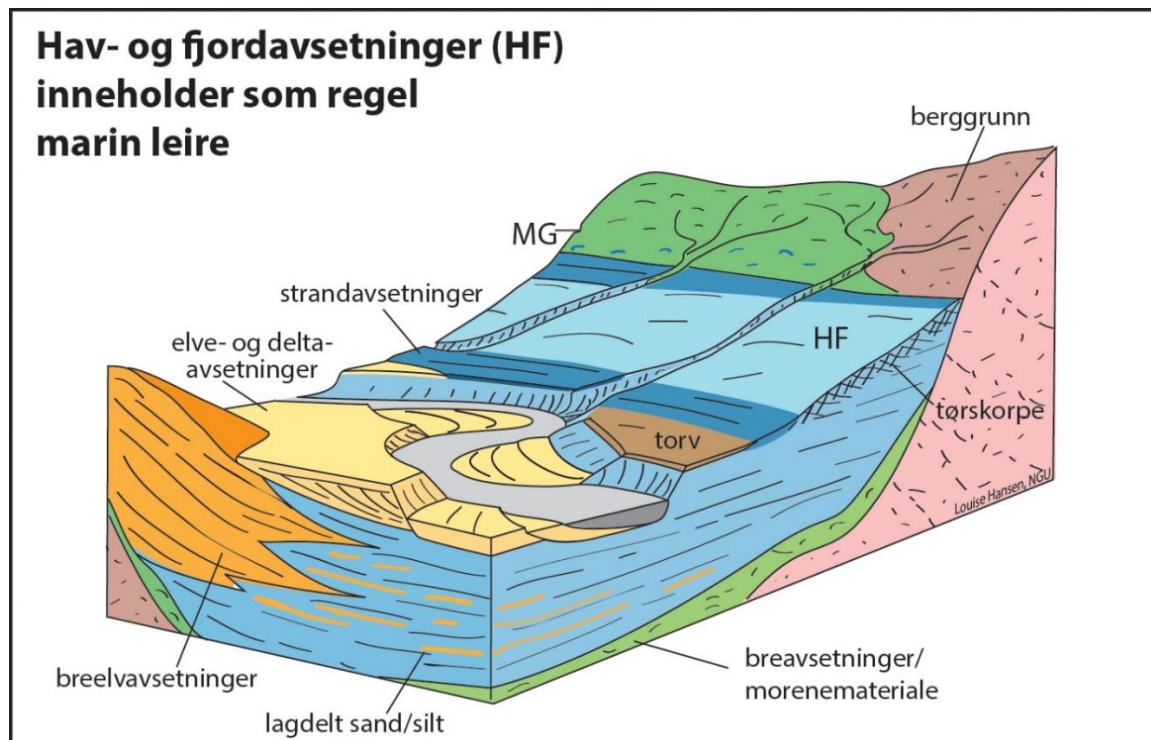
### 1.1 *Beskrivelse av metode og kart*

De kvartærgeologiske kartene er flatedekkende grunnlagskart som gir en helhetlig oversikt over de geologiske forholdene i det norske landskapet som inkluderer løsmassene. Løsmassene og landskapselementene som kartlegges har opphav i det vi kaller kvartærtiden, det vil si istidene og mellomistidene inklusive tidene frem til i dag (totalt sett de siste 2,6 mill. årene) [1]. Kvartærgeologisk kartlegging, også omtalt som løsmassekartlegging, er en av kjerneoppgavene ved NGU. Kartleggingen har foregått gjennom flere tiår, og har vært basert på studie av vertikalfoto (flyfoto, stereopar), topografiske kart og kartlegging i felt. De siste 7-10 årene har bruk av terrengmodeller fra LiDAR-data hatt stor betydning for detaljgraden til kartene og hjulpet fokuseringen i felt.

Fargepolygoner på kartet viser ulike løsmassetypers utbredelse og dannelse. Linje- og punktsymboler viser overflateformer, kornstørrelser, observasjoner m.m. (Figur Aa). Noen steder kan man også få informasjon om lagdeling i løsmassene. Geologenes tolkning av landskapet er romlig, men blir representert på kartene i 2D. Av den grunn gir kartene også noe implisitt informasjon om hva som kan ligge under overflateavsetningene (Figur B).



Figur A. (A) Eksempel på kvartærgeologisk kart med fargepolygoner som viser løsmassers dannelse og utbredelse. Linje- og punktsymboler på kartene viser overflateformer, kornstørrelser, observasjoner m.m. Se [2] for full tegnforklaring. (B) «Mulighet for marin leire» er avledet fra løsmassekartet. Data fra NGU.



Figur B. Løsmassekart viser fordelingen av løsmasser i overflata, men marin leire kan finnes under andre avsetningstyper. Illustrasjon L. Hansen.

Sentrale deler av **de kvartærgeologiske kartproduktene fra NGU, som lagres i Nasjonal løsmassedatabase, er tilgjengelige direkte via NGUs karttjeneste på nett** [2]. Det landsdekkende datasettet er satt sammen av mange kvartærgeologiske kartprodukter i ulike målestokker, fra 1 : 5000 til 1 : 500 000 (Figur C). I tillegg er hele landet kartlagt i målestokk 1 : 1 000 000. Kartleggingen følger fastsatte prosedyrer utviklet ved NGU. Drift, oppdatering og utvikling av databasen gjøres i henhold til norsk SOSI-standard.

Til Nasjonal løsmassedatabase er det flere karttjenester og avledede kartprodukter. Karttjenesten «Marin grense» og det avledede kartproduktet «Mulighet for marin leire» er nyttige for eksempel innen offentlig planarbeid [1]. **Marin grense (MG)** er det høyeste nivået havet hadde etter siste istid, og marin leire kan finnes i terreng lavere enn MG. Høyden avhenger av hvor man er i Norge og varierer mellom null og ca. 220 meter over dagens havnivå. MG kan anvendes som en aktsomhetsgrense for potensielle kvikkleireforekomster. NGU registrerer punkter for MG, og marin grense-linjen blir modellert mellom disse. Oppdatering av denne linjen blir gjort med ujevne mellomrom. I noen områder er det mange registreringer, mens det andre steder er få. MG-linjen er derfor stedvis beheftet med noe usikkerhet. Siste oppdatering var i februar 2021.

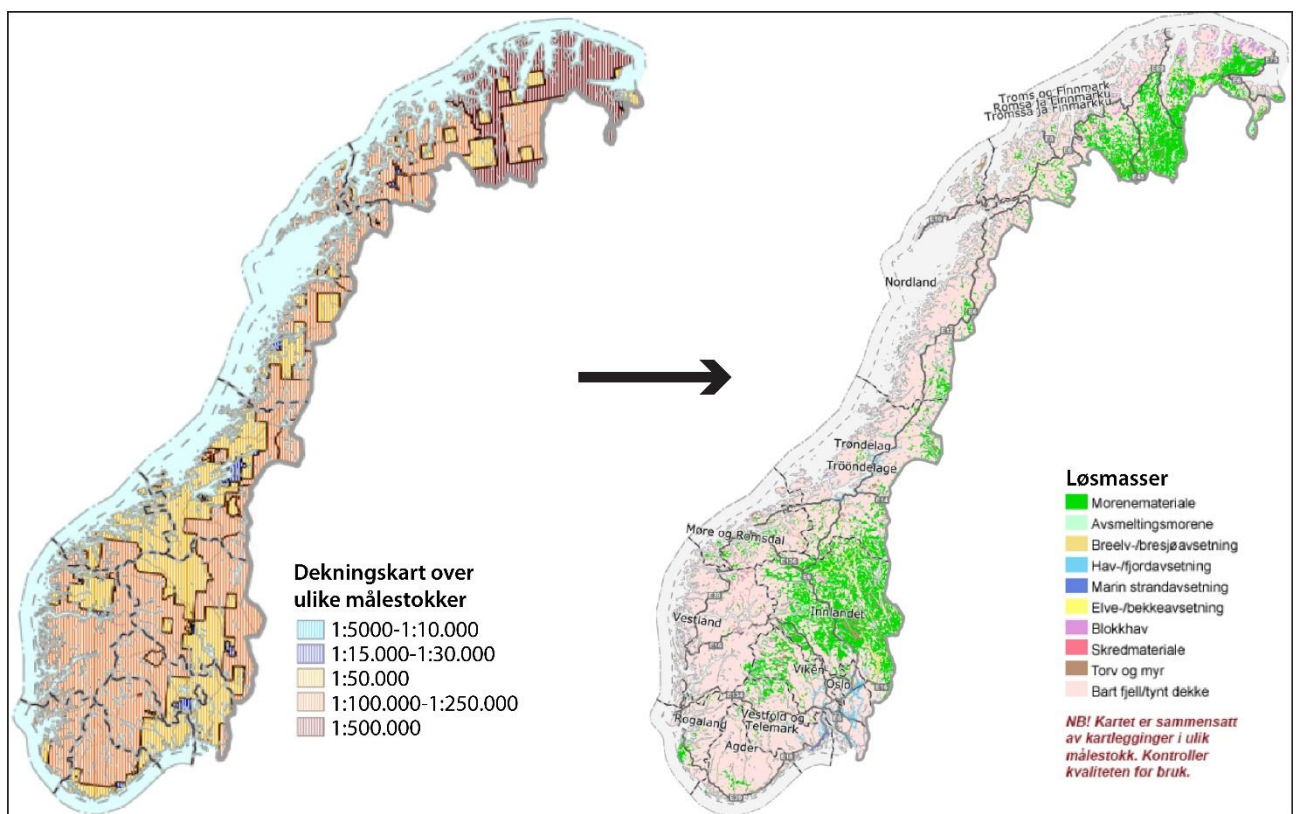
Datasettet «**Mulighet for marin leire**» (**MML**) er basert på løsmassekartet og datasettet for marin grense. Kartet viser hvor det potensielt kan finnes marin leire – enten oppe i dagen eller under andre løsmassetyper. Polygonene viser seks klasser fra «Svært stor» til «Stort sett fraværende» (Figur Ab). MG og MML fra NGU blir brukt av NVE som basis for deres aktsomhetskart («Aktsomhet marin leire»).

De kvartærgeologiske kartene gir en totaloversikt over landskapet og er dermed **nyttig innen alle tenkelige problemstillinger som angår naturgrunnlaget**. Kartene favner dermed bredt mht. samfunnsnytte, hvilket øker kost-nytte verdien av kvartærgeologisk kartlegging. Kartene er imidlertid ikke tiltenkt å være detaljerte på «tomte-nivå» men er bra utgangspunkt for mer lokalspesifikke undersøkelser.

**Kvartærgeologiske kart er en del av det offentlige datagrunnlaget** som benyttes til bl.a. arealplanlegging og byggesaksbehandling. Kartene brukes også innen naturforvaltning, miljøplanlegging (beredskap og sårbarhet), turisme og nasjonalparker, vurdering av ressurser (sand/grus/grunnvann/dyrkingsjord), vurdering av geofarer (jordskred, flom, kvikkleire, kyst- og elveerosjon), potensielle grunnvannskilder og infiltrasjon av avløpsvann. Kvartærgeologiske kart er også til nytte innen undervisning, formidling og forskning, også inn mot andre fagområder. Brukerne er bl.a. offentlige institusjoner, private konsulenter og privatpersoner.

Hvordan kvartærgeologiske kart kan anvendes, vil avhenge av hvilken målestokk og kvalitet de er kartlagt i. Områder må være kartlagt i målestokk 1 : 50 000 eller bedre for å kunne benyttes som grunnlag for NVEs arbeid med faresoner for potensielle kvikkleireskred.

Tidligere ble kartene trykket på papir, og til disse var det gjerne informasjon om de lokale geologiske forholdene. I noen områder har det også blitt publisert **beskrivelser og rapporter**, og dette er viktig geologisk tilleggsinformasjon.



Figur C. Til venstre sees dekningskart som viser hvilke målestokker NGUs løsmassekart på nett er satt sammen av (til høyre). Landet er i tillegg kartlagt i målestokk 1 : 1 000 000. Se detaljer i [2]. Data fra NGU.

Områder under vann langs **strandsonen** omfattes tradisjonelt sett ikke av de kvartærgeologiske kartene på tross av at løsmassene naturlig fortsetter fra land og ut i sjøen. Kvartærgeologisk kartlegging i fjordområdene, som krever helt andre teknikker, har vært utført i noen områder. Slike undersøkelser har til dels vært utført av de samme personene som kartlegger på land. Det økte behovet for kartlegging i strandsonen kommer i tillegg til det totale behovet for økt kvartærgeologisk kartlegging. Se informasjon om marine grunnkart i kystsonen senere i notatet.

## 1.2 Status i dag

**N50-kartserien** er en serie av 1 : 50 000-kart som består av 727 kartblad, hvorav 512 (70 %) inkluderer arealer under MG. Totalt 197 (27 %) av N50-kartbladene er ferdig kartlagt (Figur D, Tabell 1), og de fleste av disse (164 kartblad) er fra områder som ligger under/delvis under MG. Totalt 530 kartblad (73 %) gjenstår å kartlegge, derav 347 kartblad (48 %) som ligger under/delvis under MG. Det er viktig å merke seg at 113 (16 %) av disse har mindre enn ca. 10 % areal under MG. I tillegg kommer arealer under vann som generelt ikke kartlegges, men som også vil kunne ha arealer med marine avsetninger (dette gjelder både sjø og innsjø). Det er dermed mindre enn 2/3 av landets areal under MG som er kartlagt i 1 : 50 000 eller mer detaljert.

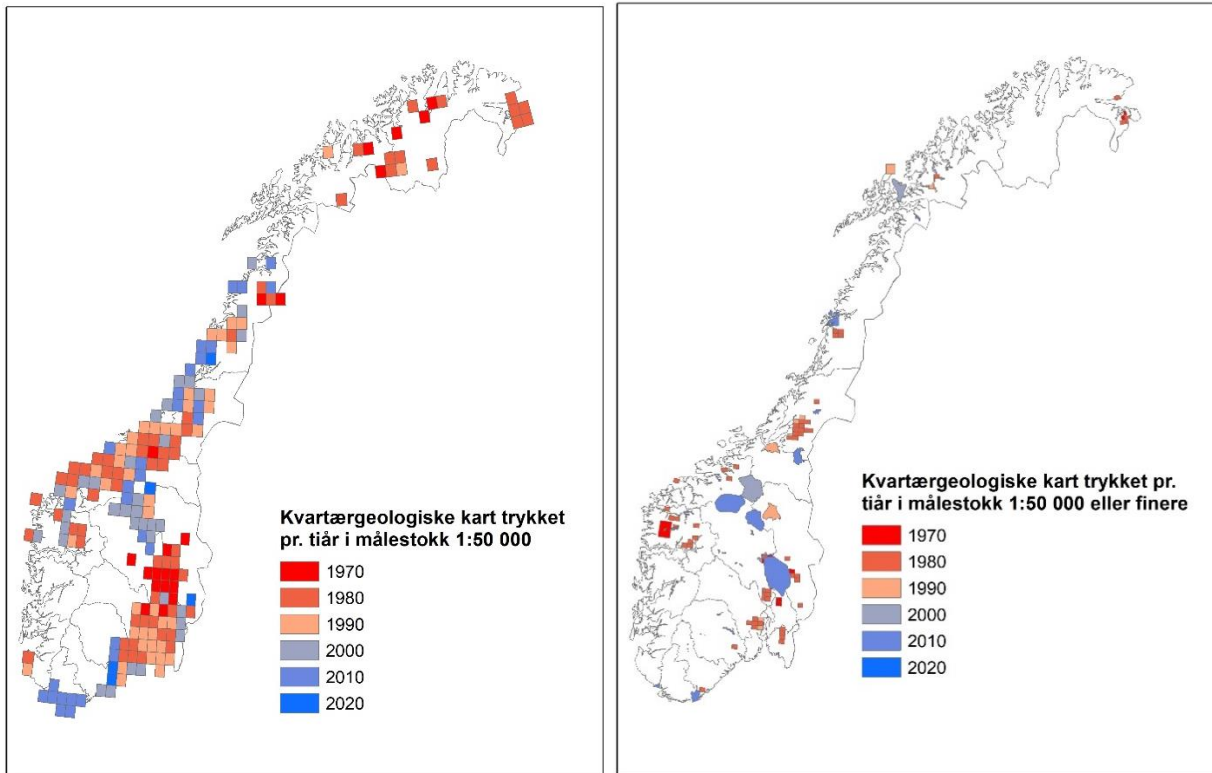
De siste 10 årene har det blitt produsert i snitt ca. tre N50-kartblad pr. år. Med dagens fremdrift vil det ta 116 år å fullføre kartleggingen i områder under/delvis under MG. Med en fremdrift tilsvarende 80- og 90-tallet vil det ta 56 år. Tilsvarende tid for kartlegging av alle resterende kartblad (over og under MG) er hhv. 177 år og 86 år.

På starten av 1970-tallet var det fokus på kartlegging av sand- og grusressurser, og en del kvartærgeologiske kart ble laget med fokus på dette. Etter Rissaraset i 1978 ble det, ved hjelp av midler fra Naturskadefondet, en kraftig vekst i den kvartærgeologiske kartleggingen av leirområdene i Norge. På 1980-tallet ble det produsert 62 kartblad i N50-serien og på det meste var produksjonen oppe i 11 kartblad pr. år (Figur D og E). Samtidig var 29 kvartærgeologer sysselsatt med denne produksjonen ved NGU.

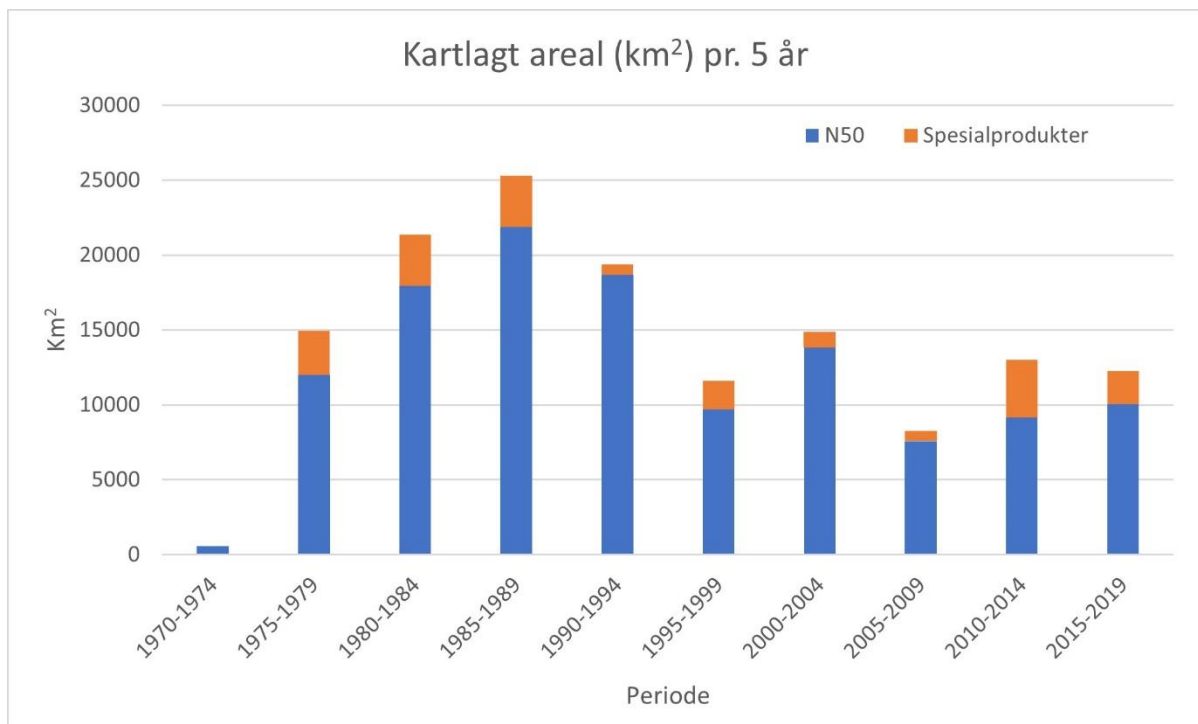
I dag jobber totalt 12 kvartærgeologer med kvartærgeologisk kartlegging i NGU (til sammen 7 årsverk rene i kartleggingsprosjekter). Mesteparten jobber med kvartærgeologisk kartlegging som er full- eller delfinansiert (50 %) av NVE. NVEs behov for robust kvartærgeologisk kunnskap i forhåndsbestemte områder er styrende for NGUs prioritering av kartleggingsområder. I områder under marin grense kartlegger NGU ca. 2000 km<sup>2</sup> pr. år. Omtrent 8 kvartærgeologer bruker tilsvarende ca. 4,5 årsverk på denne aktiviteten. NVE legger til ca. kr 2,6 mill. pr. år de siste årene til kartlegging av områder som inkluderer areal under MG (3,8 mill. i 2021) og NGU bidrar med tilsvarende sum. Utover denne aktiviteten brukes ca. 1 årsverk på annen NGU-finansiert kvartærgeologisk basiskartlegging.

Tabell 1. Oversikt over antall ferdigstilte kart og areal pr. tiår for hhv. N50-serien og Spesialprodukter.

Tiår/år	N50 kartblad		Spesialprodukter	
	Antall kart	Areal km2	Antall kart	Areal km2
1970-1979	21	12571	19	2960
1980-1989	63	39821	58	6829
1990-1999	44	28367	10	2611
2000-2009	34	21408	30	1743
2010-2019	30	19225	84	6038
2020	5	3148	0	0
<b>TOTALT</b>	<b>197</b>	<b>124539</b>	<b>201</b>	<b>20181</b>



Figur D. Venstre: Kvartærgeologiske kart i N50-kartserien, farget etter produksjonstiår. Høyre: Kvartærgeologiske kart i Spesialproduktserien, i målestokk 1 : 50 000 og mer detaljert. Hvite områder er bare kartlagt på fylkeskartnivå, for det meste i målestokk 1 : 250 000 (Finnmark 1 : 500 000). Data fra NGU.



Figur E. Søyler viser kartlagt areal (km<sup>2</sup>) pr. 5 år for hhv. N50 kartserien (målestokk 1 : 50 000) og Spesialprodukter (målestokk 1 : 50 000 og mer detaljert).

NGUs kvartærgeologiske kartlegging omfatter også en del **Spesialprodukter** som ikke er avgrenset av et kartbladramme (Figur D). Spesialproduktene er kartlagt i ulike målestokker, noen i 1 : 50 000 og andre i enten finere eller grovere skala. Eksempler på spesialprodukter er kommunekart (vanligvis i målestokk 1 : 175 000 – 1 : 100 000). Noen av kommunekartene viser kun hvilke avsetningstyper som ligger i overflata, og mangler informasjon om stratigrafi, tekstur, formelementer og symboler. Kommunekartene er av noe varierende kvalitet. Andre spesialprodukter har hatt mer målrettet, detaljert kartlegging i utvalgte områder (målestokk 1 : 10 000 til 1 : 20 000). Mesteparten av disse kartene ble produsert på hhv. 1980- og 2010-tallet (Tabell 1).

I 2012 startet NVE faresonekartlegging i kommuner der bebyggelse er utsatt for skredfare i **bratt terreng**. Det vil si fare for jord- og flomskred, steinsprang og steinskred samt snøskred og sørpeskred. De fleste av disse områdene ligger over marin grense, men noen ligger også delvis under MG. Faresonene i bratt terreng skal brukes i reguleringsplan og byggesak, og er følgelig svært detaljerte. Kvartærgeologiske kart er et viktig datagrunnlag i skredfarevurderinger i bratt terreng da de blant annet viser hvilke områder som har vært utsatt for ulike skredprosesser. Fordi skred har en tendens til å gå der skred har gått tidligere, vil skredhistorikk alltid være en viktig del av en skredfarevurdering. Spor etter tidligere skred, i form av skredavsetninger og spor i terrenget etter skredkanter og skredbaner er derfor viktig informasjon. For å kunne brukes i en detaljert skredfarevurdering må det kvartærgeologiske kartet også være detaljert nok.

Mye ressurser er derfor brukt på detaljert kartlegging (Målestokk 1 : 10 000) i utvalgte områder i ulike kommuner der bebyggelse er utsatt for skred fra bratt terreng. De siste 5 årene har denne aktiviteten utgjort ca. 1,5 årsverk for 4 kvartærgeologer. Kartleggingsarealet har vært ca. 100 km<sup>2</sup> pr. år og NVE har bidratt med ca. kr 3 millioner pr. år for kartleggingen i denne femårsperioden.

### 1.3 *Utfordringer og muligheter*

NGUs landsdekkende kvartærgeologiske kart på nett er som nevnt satt sammen av kart av ulik målestokk (Figur C). Selv om denne informasjonen finnes tilgjengelig på alle datasettene, er det **utfordrende å formidle kartleggingens detaljgrad til brukerne**. Et papirkart trykket i målestokken det er kartlagt i gir intuitiv informasjon om detaljgraden. Det samme kartet i digitalt format gir brukeren mulighet til å zoome helt inn på tomtenevå og vil derfor potensielt brukes og tolkes mye mer detaljert enn det er grunnlag for.

Selv innenfor samme kartleggingsmålestokk er det store variasjoner i hvor detaljerte kartene er. Dette kan skyldes alder til kartleggingen, hvilket datagrunnlag som ble benyttet, og hva som var formålet med kartleggingen, samt prioriteringer/ressurser.

304 kommuner av i alt 363 har arealer under marin grense (MG)). Det er stor forskjell på typer problemstillinger disse kommunene har knyttet til potensielle kvikkleireskred. Noen har store arealer under MG og tykke leiravsetninger. Andre kommuner har store arealer under MG, men få leiravsetninger. Noen kommuner er preget av mange raviner, elver/bekker, og spor etter skred mens andre har lange strandsoner og viker med potensielle kvikkleireforekomster. Når forutsetningene er så forskjellige for ulike kommuner når det kommer til det kvartærgeologiske grunnlaget burde kanskje kommunene grupperes og håndteres på forskjellig måte i det videre arbeidet med kvikkleireproblemstillinger.

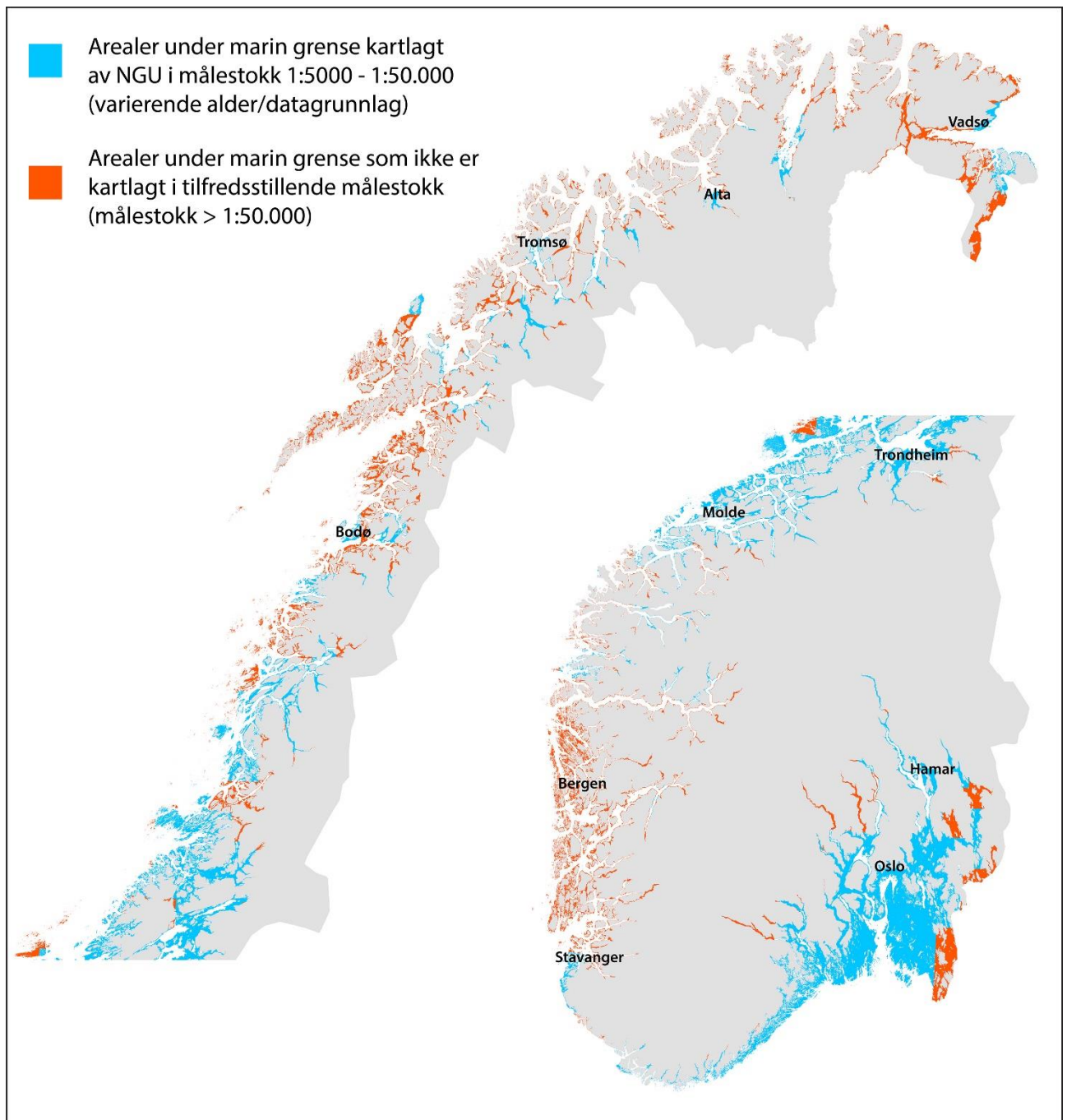


Figur F viser arealer under marin grense og **status for NGUs kvartærgeologiske kartlegging**. En del områder i Trøndelag og på Østlandet er kartlagt i målestokk 1 : 50 000 eller bedre. Det finnes likevel en god del områder i Nord-Norge, på Vestlandet og Østlandet som er for grovt kartlagt til å kunne brukes for vurdering av fare for kvikkleireskred. I tillegg er det som nevnt stor forskjell på detaljgraden også innenfor samme kartleggingsmålestokk.

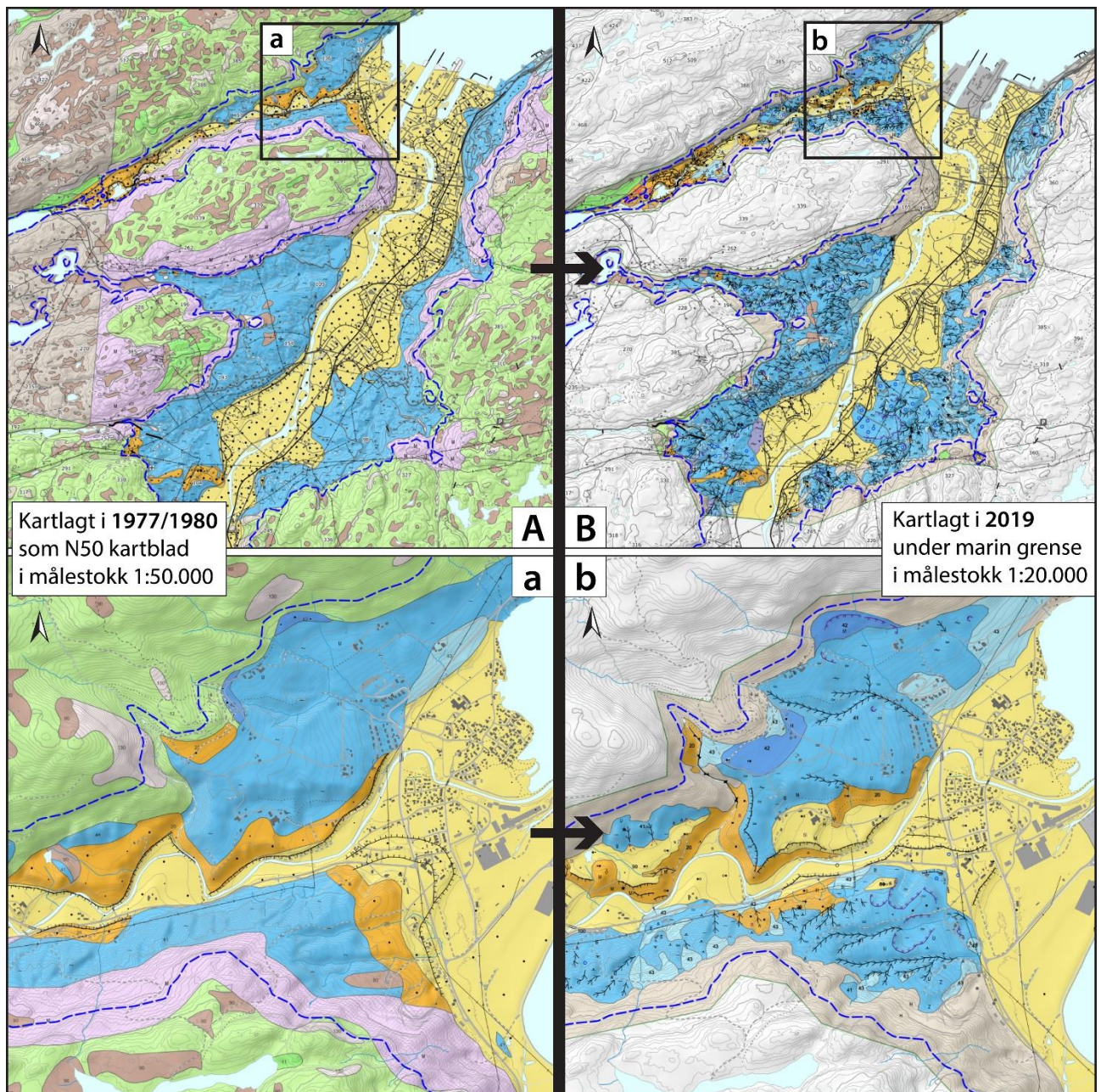
NGU mottar jevnlig spørsmål om observasjoner kan legges inn i kart slik at de kan gjøres mer detaljerte som en slags **oppgradering**. I mange tilfelles skyldes dette at brukeren har zoomet mye lenger inn enn det er grunnlag for, og symbolet eller grensen i kartet havner derfor feil i forhold til terrenget. Andre ganger mangler symboler i kartet. Dersom NGU skal rette opp annet en rent tekniske feil i et kart, må større områder gjennomgås samtidig. Siden det allerede er utfordringer med at det landsdekkende kartet er sammensatt av flere kart, vil det bli enda mer uoversiktlig dersom svært små arealer oppdateres isolert. NGU har de siste årene likevel nykartlagt større areal under marin grense der det gamle 1 : 50 000-kartet synes foreldet, samt oppgradert enkelte områder under marin grense primært basert på bruk av terrengmodeller (LIDAR-data), med noe feltsjekk (Figur G). En viktig utfordring er om oppgradering av gamle og lite detaljerte 1 : 50 000-kart i viktige områder skal prioriteres foran detaljert kartlegging i områder der det ennå ikke finnes kart i 1 : 50 000.

Det oppleves som en utfordring at geologisk informasjon i for liten grad blir brukt i forbindelse med utredning av skredfare. **Det er potensiale for et økt faglig samarbeid** mellom f.eks. geologer, geoteknikere, geofysikere og hydrogeologer, siden en tverrfaglig tilnærming til et område kan gi et mer helhetlig bilde av grunnforholdene. Selv ved vurdering av områdestabilitet bør det først zoomes ut slik at forståelsen av de grunnforholdene man finner gjennom geotekniske og geofysiske grunnundersøkelser blir satt i en større sammenheng. Da blir det enklere å tolke utbredelsen av løsmassene og deres egenskaper, samt beliggenheten til bergoverflaten. Dette har betydning for de hydrogeologiske forholdene og for de prosessene som har ledet fram til det landskapet man har i dag. Når man så zoomer inn igjen til kritiske skråninger vil geoteknikeren ha et bedre grunnlag for å beregne stabilitet.

Mer detaljerte løsmassekart vil bl.a. gi en mer helhetlig forståelse av geologien, gi bedre kvikkleire-utredninger, være et godt grunnlag for kommuneplaner, og gi nyttig informasjon til privatpersoner. For å få til dette er det behov for å styrke kvartærgeologisk kartlegging ved å tilføre mer kapasitet.



Figur F. Kommuner og areal under marin grense, samt oversikt over målestokk for NGUs kartlegging i de ulike områdene. Data fra NGU.



Figur G. Eksempel på områder i Orkdal som tidligere (1977) var kartlagt i målestokk 1 : 50 000 , og som nylig er oppgradert. Se Figur A eller [2] for tegnforklaring. Data fra NGU.

## 2 Data fra grunnundersøkelser

### 2.1 *Status i dag*

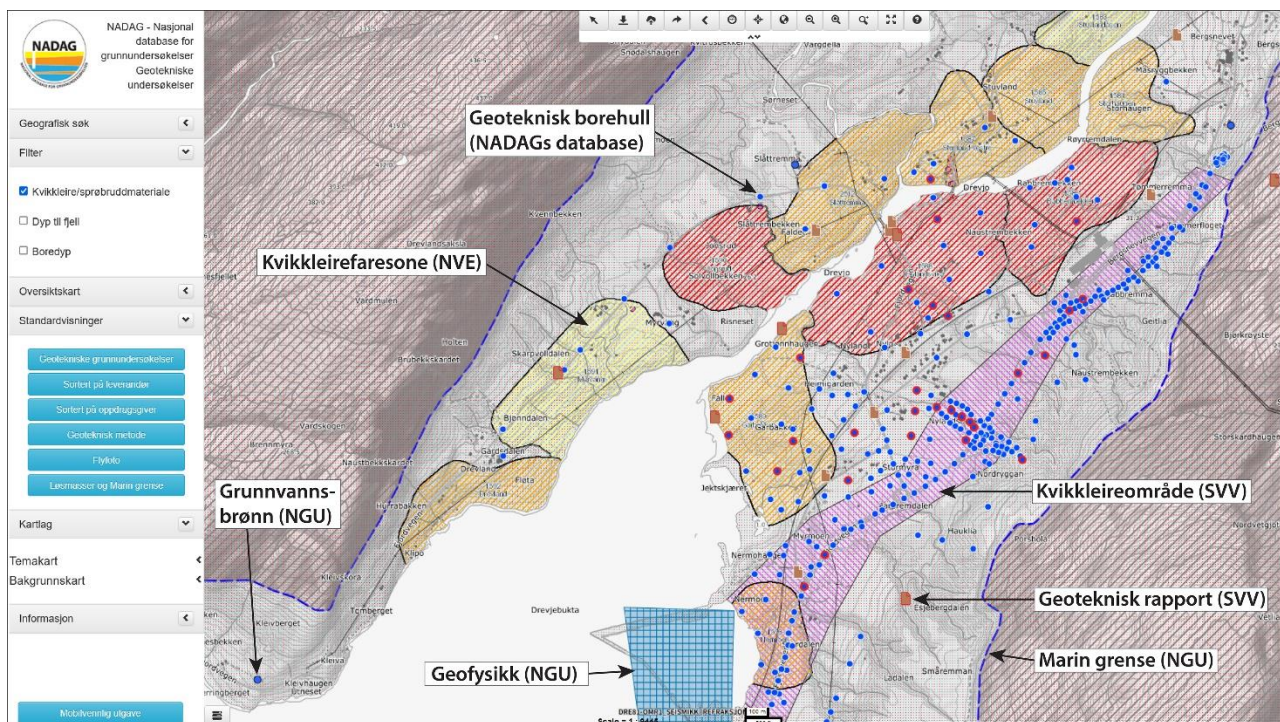
#### 2.1.1 NADAG

Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG) skal sikre fri deling og gjenbruk av samfunnsviktige data fra grunnundersøkelser i Norge [3]. Databasen inneholder geotekniske data, men resultater fra andre grunnundersøkelser som f.eks. geofysiske undersøkelser og grunnvannsbrønner, samt ulike geologiske kart, er tilgjengelige gjennom kartinnsynene (Figur H).

Undergrunnen brukes stadig mer. Spesielt i byer og tettbygde strøk er det konkurranse om å utnytte arealer, rom og ressurser i undergrunnen. Gjenbruk av data fører til store besparelser for samfunnet ved utbygging av infrastruktur, og er i tillegg viktig for beredskap og krisehåndtering ved skredhendelser eller andre naturfarer. I en rapport fra Vista Analyse i 2015 ble det slått fast at NADAG er samfunnsøkonomisk meget lønnsom, med et forventet kost-nytteforhold på ca. 1 : 7 [4]. Her ble det blant annet pekt på at databasen kan bidra til redusert antall grunnundersøkelser dersom informasjon finnes fra før. Brukerne sparer samtidig tid på å lete fram informasjon hos ulike institusjoner, utbyggingsprosjektene kan bli billigere og beredskapen bedre.

NADAG er landsdekkende og utviklet av NGU i samarbeid Statens vegvesen, Bane Nor og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Konsulentselskapene Norkart, Trimble og CGI har bidratt i utviklingen. Prosjektet om NADAG ble opprettet i 2012, og selve utviklingsarbeidet startet i 2013. Siden oppstarten har NADAG kontinuerlig blitt videreutviklet, og bl.a. er nye løsninger for dataflyt opprettet. Statsbygg var de første til å levere et landsdekkende datasett, og etter det har samarbeidsetatene samt en rekke kommuner levert mye data til NADAG. Også flere private konsulentselskaper åpner nå i økende grad for å legge inn data selv om de kan tape et konkurransefortrinn. Mer tilgjengelige data kan likevel hjelpe konsulentene å gjøre bedre vurderinger og beregninger knyttet til ulike tiltak. Når datamengden øker, øker også nytten av NADAG. Etter skredulykken på Gjerdrum i desember 2020 har interessen for å legge inn data i NADAG økt. I dag er det ca. 460 000 enkeltborehull i databasen, men i praksis omtrent 500 000 borehull siden det i tillegg finnes ca. 3800 prosjekter hvor borehullene kun er tilgjengelige gjennom de vedlagte geotekniske rapportene.

For at gjenbruk av grunnundersøkelsesdata skal bli mest mulig effektiv og til nytte for samfunnet, bør alle dataeiere levere data til NADAG. NADAG kan ta imot og vise data av ulik detaljeringsgrad, og alle data er fritt tilgjengelige for alle. Det er i dag to måter å levere data til NADAG på. Den ene er gjennom verktøyet GeoSuite Toolbox som en del konsulenter bruker som prosjekteringsverktøy. Fullstendige datasett leveres på denne måten, og disse er enkle å gjenbruke i GeoSuite. En annen måte data kan leveres på er gjennom NADAG WebReg, som primært er utviklet for dataeiere som ønsker å få oversikt over og tilgjengeliggjøre sine mer eller mindre «analoge» data og rapporter. Data kan i dag lastes ned på GeoSuite-format, men det arbeides med å muligheter for nedlasting også på andre formater. Geotekniske rapporter og vedlegg til prosjektområder og borehull kan lastes ned som .pdf-filer eller lignende. I tillegg finnes WMS-tjeneste for NADAG.



Figur H H. Eksempel fra NADAGs kartinnsyn [3]. Her er det kun de geotekniske borehullene som ligger i selve databasen, alle de andre kartlagene er hentet fra andre karttjenester fra NGU, NVE og SVV. For de data som ligger i databasen, kan ulike filter benyttes. Her er borehull hvor levert informasjon om antatt/påvist kvikkleire er markert med rød ring.

### 2.1.2 Geofysiske data

Geofysiske målinger benyttes ved ressursundersøkelser, miljøundersøkelser, ingeniørgeologiske undersøkelser og geotekniske undersøkelser. Det finnes en rekke ulike metoder, og valg av metode avhenger av formålet med undersøkelsene og hvilket medium undersøkelsene skal gjennomføres i [5]. For kvikkleirerelaterte problemstillinger er det nyttig å vite lagdeling, mektighet og egenskaper til løsmasser. Bergtopografi under løsmassene, bergets beskaffenhet, og grunnvannsnivået i løsmassene, er annen relevant informasjon.

GeofReg er NGUs løsning for registrering av geofysiske grunnundersøkelser. Den vil også være tilgjengelig for eksterne brukere slik at denne type data kan leveres til Nasjonal geofysikkdatabse, hvor data bl.a. er tilgjengelige gjennom NADAG (Figur H).

### 2.1.3 Grunnvannsbrønner

Grunnvanns- og energibrønner finnes over hele Norge. I Nasjonal grunnvannsdatabse (GRANADA) finnes data fra over 100.000 brønner [6]. De fleste brønner som bores i dag benyttes for utnyttelse av grunnvarme, og de fleste bores i fjell. Det bores etter grunnvann til drikkevann både i løsmasser og fjell. Løsmasser gir stort sett de største vannmengdene, men Norges geologi gjør at fjellbrønner er mest brukt til lokal vannforsyning [6]. Det betyr at svært mange brønner er boret ned til og i berg, og gir derfor nyttig informasjon om dyp til fjell. I noen tilfeller har brønnborene også registrert lagdeling av løsmassene. Informasjon fra brønnboring er derfor et godt supplement til andre typer grunnundersøkelser, og datasettet er tilgjengelig gjennom NADAGs kartinnsyn (Figur H).

## 2.2 *Utfordringer og muligheter*

### 2.2.1 Deling av data fra grunnundersøkelser

NGU er vassdragsmyndighet for brønnboring og grunnvannsundersøkelser etter Vannressursloven § 46, jfr. Forskrift om oppgaveplikt ved brønnboring og grunnvannsundersøkelser [6]. Brønnborer er lovpålagt å registrere brønnen til NGU med et minimum av opplysninger, slik at informasjon om beliggenhet, geologi og utforming av brønnen blir offentlig tilgjengelig. En tilsvarende lovpålagt innmelding finnes for rapporter fra undersøkelser av statens mineraler etter Mineralloven § 25.

Foreløpig finnes det ikke innmeldingsplikt for andre typer grunnundersøkelser. Bestillere av grunnundersøkelser kan likevel i sine avtaler med konsulenter kreve at data skal, i tillegg til å leveres til oppdragsgiveren, gjøres tilgjengelig gjennom f.eks. NADAG. Stortingsmelding 15 om flom og skred understreket blant annet viktigheten av å dele informasjon fra grunnundersøkelser [7]. NADAG er et svar på denne meldingen, og har som mål at alle grunnundersøkelser betalt av det offentlige skal være tilgjengelig for samfunnet.

NVE fikk i oppdrag fra Olje- og energidepartementet den 23.06.2021 å utrede et lov- og forskriftsforslag til en innmeldingsplikt for grunnundersøkelser og naturfareutredninger, i samarbeid med berørte etater. NGU har gitt innspill til innholdet i denne utredningen som skal leveres innen utgangen av 2021, og anbefaler at både geotekniske og geofysiske data omfattes av en innmeldingsplikt.

### 2.2.2 Datakvalitet

Den som leverer data til NADAG er ansvarlig for innholdet i datasettet. NGU foretar teknisk kvalitetskontroll, men retter ikke eventuelle feil i selve datasettene. NADAG og bidragsyttere er ikke ansvarlige for den enkeltes bruk av datasettene som ligger i NADAG. Datasettene og rapportene som man får tilgang til gjennom NADAG ble laget for bestemte formål/prosjekt. Den som benytter data for nye formål/prosjekt må derfor gjøre egne og selvstendige vurderinger av dataenes kvalitet, egnethet og gyldighet. Dette er likevel noe geoteknikere har måttet ta hensyn til også tidligere, ved gjenbruk av data. Det er derfor ikke et argument mot å dele data.

Det er også viktig at data- og vurderingsrapporter leveres sammen med rådata fra grunnundersøkelser. Dette vil bidra til dokumentasjon av datasettet, og gi informasjon om formålet og tolkningen av data. For vurderinger og beregninger av stabilitet er rådata sentrale og primært for de med geoteknisk kompetanse, men de som ønsker å vite noe om grunnforhold omfatter en større gruppe brukere. Informasjonen som finnes i en rapport vil være mer forståelig og viktig for mange av disse.

## 2.3 *Anbefalinger og økonomiske konsekvenser*

### 2.3.1 Innmeldingsplikt geotekniske og geofysiske data

Det er ønskelig at innmelding av data fra geotekniske og geofysiske grunnundersøkelser blir lovpålagt, og NADAG er en naturlig mottaker for disse datasettene. Innmeldingsplikten vil likevel trolig gjelde kun nye data. Det er også viktig at data tidligere grunnundersøkelser også blir levert inn og tilgjengeliggjort. For data som er bundet av tidligere kontrakter, vil det kunne være begrensninger på hva som kan publiseres. I disse tilfellene bør man gå gjennom disse kontraktene, og avklare med leverandør om hva som kan publiseres i NADAG. En del dataleverandører har signalisert at det vil være uproblematisk å publisere metadata, f.eks. stedfestelse,

boretype, boret dybde, firma, dato, rapportnummer. Samtidig er en del data allerede publisert gjennom byggesak i kommuner, og burde således kunne tilgjengeliggjøres også i NADAG [8].

Utviklingen av NADAG har vært og er et spleiselag mellom samarbeidsetatene, mens drift og vedlikehold finansieres av NGU. En innmeldingsplikt vil føre til større leveranser av data og økte kostnader til utvikling og datalagring. En mer robust finansieringsmodell vil da være nødvendig.

### 2.3.2 Datainnlevering og ressurser

Det er stor forskjell på hvilke format data og systemer data fra grunnundersøkelser er lagret i hos ulike dataeiere og -leverandører. Data må derfor både finnes fram til og systematiseres for å kunne registreres i en offentlig tilgjengelig database. Arbeidet vil kunne være tid- og ressurskrevende. For å få fortgang i innlevering av data vil det kunne være nødvendig å finansiere dette arbeidet, både for dataleverandører som f.eks. konsulenter, og dataeiere som kommuner og etater.

### 2.3.3 Dataformat

Det vil komme behov knyttet til nye datautvekslingsformater, for levering og uthenting av grunnundersøksdata. Det vil likevel være lite hensiktsmessig og lite økonomisk å lage mange ulike løsninger for å tilpasse hver dataleverandør sine systemer. Derfor bør f.eks. den geotekniske bransjen bli enig om nye behov knyttet til datautveksling med NADAG.

## 3 Tverrfaglig arbeid og bruk av nye teknologier

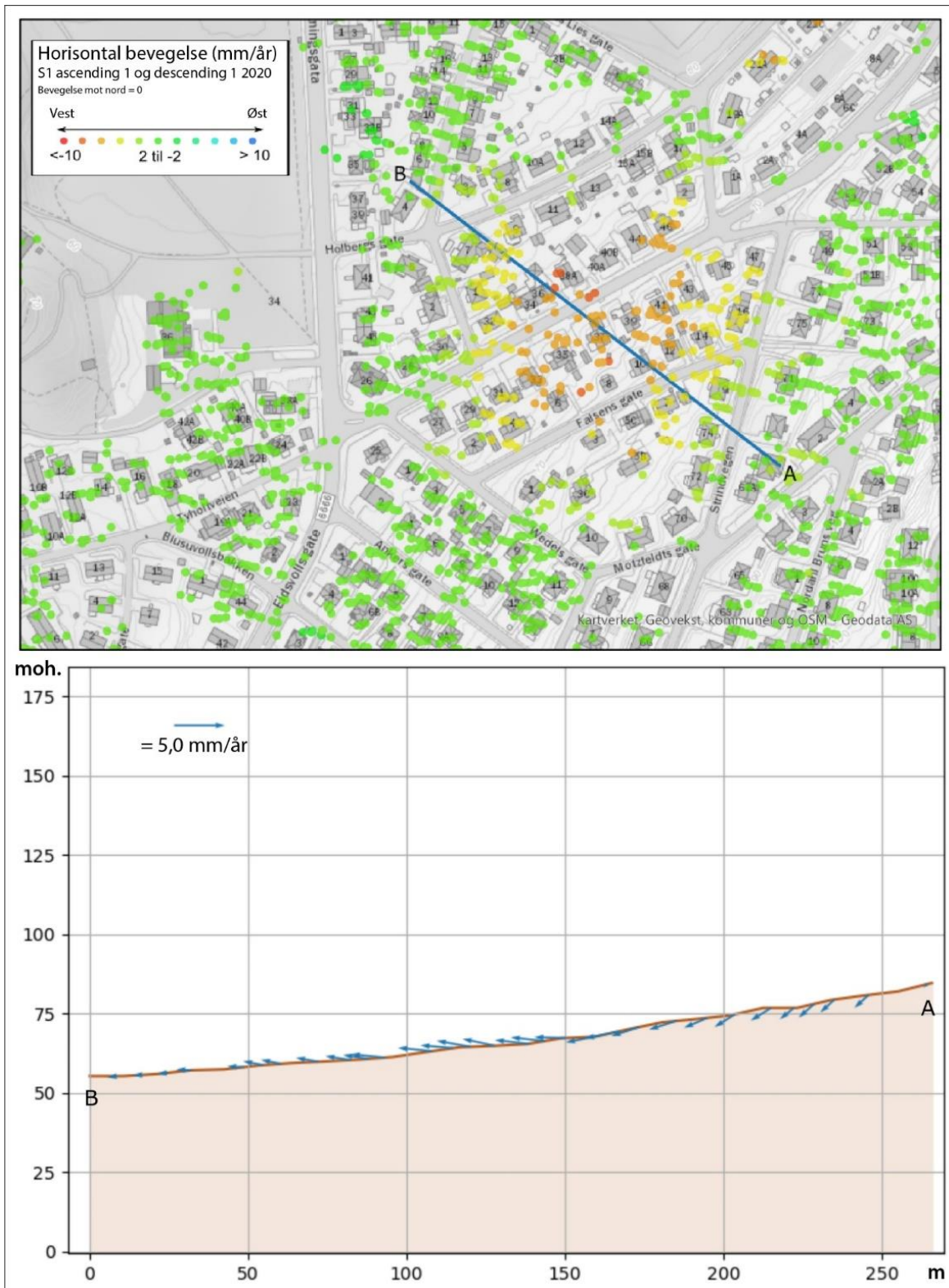
### 3.1 *Status i dag og anbefalinger*

#### LiDAR og InSAR

Som nevnt tidligere har NGU de siste 7-10 årene benyttet LiDAR-data som en del av grunnlaget for kvartærgeologisk kartlegging. Datasettet brukes også til analyser av ulike typer skred. Kjennskapen til datatypen har utvidet bruksområdene, senest som bidrag til Gjerdrumutvalgets utredning av årsakene til skredet i Gjerdrum 30.12.2021 [9]. Gode høydemodeller gjør det enklere å kartlegge geomorfologi som skredkanter og raviner, og kan også vise mindre utglidninger i terrenget. Store datasett av skredkanter og raviner benyttes av NGU til analyser knyttet til forekomst, landskapsutvikling o.l. Sammenligning av detaljerte datasett fra flere år kan vise endringer som nedskjæring og aktiv erosjon, og har potensiale til å peke ut områder som bør følges opp. NGU ser også et stort potensiale i å benytte slike terrengeanalyser for automatisk detektering av områder som tilfredsstillende bestemte terrengkriterier. Også NVE og SVV har i år testet ut disse mulighetene og etatene bør utarbeide denne metodikken i fellesskap, gjerne i samarbeid med geotekniske rådgivere. For å kunne videreføre dette arbeidet er det nødvendig at LiDAR-data av god kvalitet jevnlig samles inn, og gjelder spesielt for detektering av landskapsendringer.

NGU, NVE og Norsk Romsenter lanserte InSAR Norge i 2018, som er den første landsomfattende og gratis nettbaserte karttjenesten for InSAR-data i verden [10]. InSAR brukes til å måle bevegelser i landskapet, og brukes mye i forbindelse med ustabile skråninger. Innsynkning som følge av f.eks. setninger i urbane områder kan også måles. Siden satellittene tar bilder av et område hver sjettede dag, egner ikke datasettet seg til å fange opp raske hendelser som kvikkleireskred. Likevel finnes det muligheter knyttet til datasettet, bl.a. ved

dekomponering av data for å få fram vektorer som viser mer horisontal bevegelse, f.eks. i form av rotasjon (Figur I).



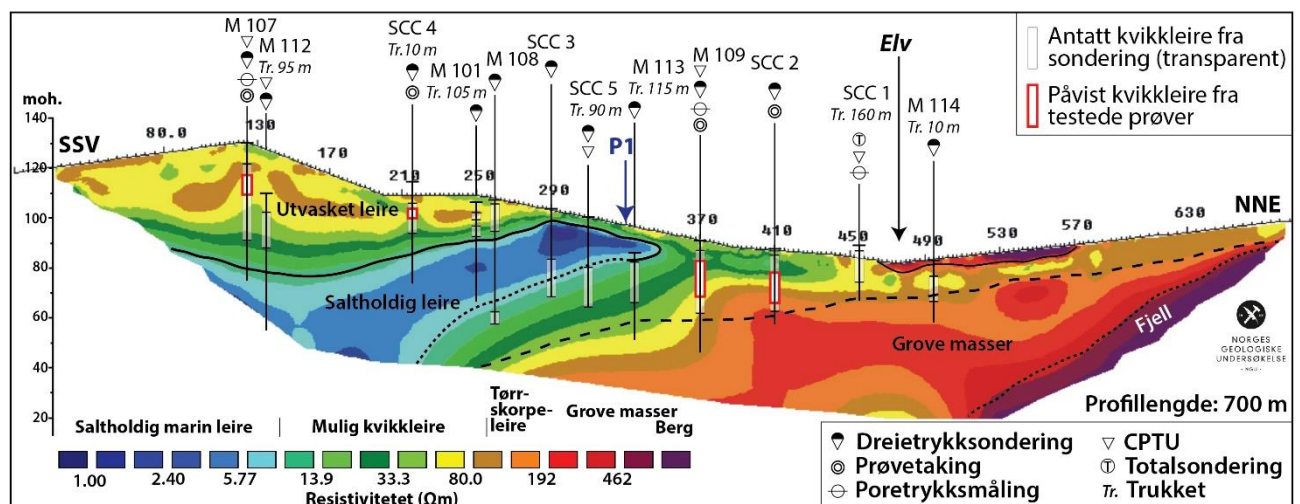
Figur I. Eksempel fra InSAR-data hvor kombinasjon av to ulike datasett kan gi informasjon om horisontal bevegelse. Analyse utført av NGU, data fra [10].



### 3.1.1 Geofysiske metoder

NGU har i mange år hatt prosjekter med tverrfaglige tilnærminger til kvikkleirerelatert kartlegging og problemstillinger (bl.a. geologi, geofysikk, hydrogeologi og geoteknikk).

For å kartlegge potensielle kvikkleireforekomster og deres geometri er resistivetsmålinger den beste geofysiske metoden [11, 12]. Metoden baserer seg på ulike materialers elektriske ledningsevne. For eksempel vil saltholdig marin leire ha svært god ledningsevne (resistivitet lavere enn ca. 10  $\Omega\text{m}$ ), mens utvasket marin leire vil ha noe dårligere ledningsevne (dvs. høyere resistivitet, ca. 10-100  $\Omega\text{m}$ ). Grove masser og berggrunn vil vanligvis ha svært dårlig ledningsevne og dermed høy resistivitet (opptil flere tusen  $\Omega\text{m}$ ) (Figur J). Data kan gi informasjon om utbredelsen av ulike typer sedimenter, deres fordeling, egenskaper og eventuelt lagdeling (i grov skala), og indikasjoner om dyp til fjell. Informasjon om oppstikkende fjell og/eller andre type løsmasser enn kvikkleire, vil være svært nyttig for å forstå dreneringsforholdene og utstrekningen av et eventuelt skred.



Figur J. ERT-profil (NGU) fra Melhus i Trøndelag tolket sammen med geotekniske data (Multiconsult og Scandiaconsult). Figur modifisert etter [13].

Den elektriske resistiviteten kan måles i laboratoriet, ved punktmåling i bakken som en del av en trykksondering (RCPTU), som elektrisk eller elektromagnetisk måling på bakken (ERT, EM), eller som elektromagnetisk måling fra luften (AEM). ERT og AEM gir et kontinuerlig bilde av grunnforholdene. Det er stor forskjell i oppløsningen til resultatene fra disse ulike måtene å måle resistivitet på.

Resistivetsmetoden er et nyttig supplement til geotekniske undersøkelser, og gir god informasjon om grunnforholdene mellom borehull. Dataene gir også innspill til gunstige borelokaliteter. Ved å kombinere geofysiske og geotekniske undersøkelser får man et mer helhetlig bilde av de geologiske forholdene. NGU har gjennom forskningsprosjekter vært med å utvikle resistivetsmetoden for kvikkleirekartlegging siden 2002.

Andre geofysiske metoder som seismikk kan gi nyttig informasjon om lagdeling og mektighet til løsmasser, samt bergtopografi under løsmassene og bergets beskaffenhet. Georadar egner seg også godt til å kartlegge

sand- og grusavsetninger som ligger over leire, og grunnvannsnivået i de grove avsetningene, men kan ikke gi informasjon om hva som ligger under leire med høyt vanninnhold.

### 3.1.2 Hydrogeologi

Kunnskap om hydrogeologiske forhold er viktig for forståelsen av vannets strømming på og under overflaten. De hydrogeologiske forholdene i områder med marin leire har bl.a. betydning for langsomme prosesser som dannelsen av kvikkleire og landskapsutviklingen, og raskere prosesser som aktiv erosjon og poretrykksforhold.

På generelt grunnlag vil bedre tilgang til data om geologi og grunnvann styrke planleggingen på mange samfunnsområder og redusere risikoen for kostnadskrevende hendelser. NGU leverte høsten 2021 et satsingsforslag til Nærings- og fiskeridepartementet om geologi og grunnvann for en mer bærekraftig og kostnadseffektiv samfunnsplanlegging og klimatilpasning, samt redusert risiko for skader på miljø og infrastruktur. En rekke ulike tiltak er nevnt i satsingsforslaget, som bl.a. involverer NADAG.

### 3.1.3 Strandsone og Marine grunnkart

Maringeologi ved NGU har i over 40 år kartlagt sjøområdene langs norskekysten og utviklet en serie med geologiske kart og avledede kart over sjøbunnen som vi kaller marine grunnkart. Eksempler er kart over bunnsedimenter, ankringsforhold, gravbarhet, bunnfellingsområder og forurensing. Kartleggingsprosjektene har vært delfinansiert av fylker, kommuner og oppdrettsnæringen. Til utarbeidelse av kartene benyttes blant annet detaljerte data fra multistråleekkolodd (dybde og bunnreflektivitet), grunnseismikk, sediment-ekkolodddata, bunnprøver og video.

I 2020 fikk Kartverket, NGU og Havforskningsinstituttet (HI) over statsbudsjettet gjennomslag for et pilotprosjekt over 3 år for å kartlegge 3 områder av norskekysten for å demonstrere nytteverdien av en full kartlegging av hele kystsonen. Prosjektet, med et budsjett på 85 millioner kroner, er et spleiselag hvor også samferdsels-, klima- og miljøsektoren, og fylker og kommuner bidrar til finansieringen.

Et av produktene fra pilotprosjektet er et satsingsforslag om å kartlegge hele kystsonen i løpet av en periode på 20 år. Satsingsforslaget «Marine grunnkart i kystsonen» har en økonomisk ramme på 4,8 milliarder kroner, og ble levert i november 2021. Planen er at kartene skal dekke kystsonen helt inn til strandlinjen, og kunne kobles sammen med tilsvarende kart på land. Dette skal gjennomføres blant annet ved å ta i bruk nye metoder slik som grønn laser, som er testet i pilotprosjektet, for å kartlegge på grunt vann ned til rundt 20 m dybde.

Etter at Kartverket og HI kom med i arbeidet, er definisjonen av marine grunnkart utvidet til å omfatte kart over dybder, geologi, biologi, oseanografi, naturtyper, forurensing og en hel serie med avledede kart. Serien av geologiske kartprodukter inkluderer nå landformer, deriblant skredtema, og kvartærgeologi. Landformene som kartlegges er blant annet skredkanter, skredgroper, skredvifter, kanaler og pockmark på sjøbunnen. Dette er viktige tema for å kunne vurdere skredfare i kystsonen, blant annet i forbindelse med utbyggingsprosjekter. Kvartærgeologiske kart i sjøen vil gi en pekepinn på grunnforholdene i de nære kystområdene.

## 4 Tiltak og anbefalinger

Gjennom denne beskrivelsen av deler av NGUs virksomhet relevant for kvikkleireproblemstillinger har vi vist status, pekt på noen utfordringer og muligheter, samt gitt noen anbefalinger vi ønsker å rette oppmerksomheten mot. Et utvalg av disse er gjengitt under.

- Kvartærgeologiske kart er en forutsetning for kartlegging av kvikkleire, og finansiering og prioritering av kvartærgeologisk kartlegging må styrkes - spesielt for områder med arealer under marin grense.
- Det er behov for økt innsats av kartlegging i strandsonen, og NGU har laget et satsingsforslag om Marine grunnkart.
- Det er potensiale for et økt tverrfaglig samarbeid for å få et mer helhetlig bilde av grunnforholdene som grunnlag for vurdering av sikkerhet og for stabilitetsberegninger.
- Det bør innføres en innmeldingsplikt for grunnundersøkelser for å øke datagrunnlaget for håndtering av kvikkleireproblemstillinger.
- NGU ønsker å øke kunnskapen om hydrogeologiske forhold og har laget et satsingsforslag om geologi og grunnvann.

## 5 Referanser

- [1] Beskrivelser om kvartærgeologi, marin grense, mulighet for marin leire m.m.: <https://www.ngu.no/emne/kvart%C3%A6rgeologi>
- [2] Nasjonal løsmassedatabase: [http://geo.ngu.no/kart/losmasse\\_mobil](http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil), NGU 2021
- [3] NADAG, Kartinnsyn: <https://geo.ngu.no/kart/nadag/> og Informasjon: <https://www.ngu.no/emne/nadag>
- [4] Vista Analyse: Nytte og kostnader av nasjonale databaser: Metodeutvikling og utprøving på nasjonal database for grunnundersøkelser. Vista Analyse rapport nr. 2015/03. <https://www.ngu.no/sites/default/files/VA-rapport%202015-03%20Nytte%20og%20kostnader%20av%20nasjonale%20databaser%20%282%29.pdf>
- [5] Geofysiske metoder: <https://www.ngu.no/emne/geofysikk>
- [6] GRANADA: Kartinnsyn [http://geo.ngu.no/kart/granada\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/) og Informasjon: <https://www.ngu.no/grunnvanninorge/alt-om-grunnvann/forvaltning>
- [7] Meld. St. 15 (2011-2012): Hvordan leve med farene – Om flom og skred. <https://www.regjeringen.no/contentassets/65e3e88d0be24461b40364dd61111f21/no/pdfs/stm201120120015000dddpdfs.pdf>
- [8] Brev fra NVE og NADAG til kommunene om innsending av data 2019: [https://www.ngu.no/upload/Kart\\_og\\_data/nadag/201801231-14-Brev\\_om\\_innsending\\_til\\_NADAG\\_og\\_kvikkleiresoner\\_27112019.pdf](https://www.ngu.no/upload/Kart_og_data/nadag/201801231-14-Brev_om_innsending_til_NADAG_og_kvikkleiresoner_27112019.pdf)
- [9] Penna, I. & Solberg, I.L. 2021: Landscape changes and bedrock reconstruction in Gjerdrum area. Methodological approach and main results. NGU-rapport 2021.023.
- [10] InSAR Norge, Kartinnsyn: <https://insar.ngu.no/> og Informasjon: <https://www.ngu.no/emne/insar-norge>
- [11] NGF 2019: Veiledning for detektering av sprøbruddmateriale. Norsk Geoteknisk Forening melding nr. 12. <http://ngf.no/wp-content/uploads/2020/02/NGF-melding-12-Veiledning-for-detektering-av-sprobruddmateriale.pdf>
- [12] Resistivitetsmålinger for kvikkleirekartlegging: <https://www.ngu.no/emne/2d-resistivitet-kvikkleirekartlegging>
- [13] Sandven, R. & Solberg, I.L. 2014: Geophysical and geotechnical site investigations for a major highway in a quick-clay area. I: L'Heureux mfl. (red): Landslides in Sensitive Clays: From Geosciences to Risk Management, Advances in Natural and Technological Hazards Research 36, kap. 16, DOI 10.1007/978-94-007-7079-9\_13, Springer Science+Business Media Dordrecht 2014

## 6 Vedlegg: Bakgrunn for notatet

Gjerdrumutvalget ble oppnevnt ved Kongen i statsråd 5. februar 2021 for å finne årsakene til kvikkleireskredet i Gjerdrum 30. desember 2020, og vurdere tiltak for å styrke forebygging av kvikkleireskred i hele landet. Utvalget skal også vurdere risikobildet for bebyggelse og fare for kvikkleireskred i Norge, ansvarsdeling, regelverk og forvaltningspraksis. Utvalget leverte del 1 om årsaksforholdene 29. september 2021, og skal levere del 2 som en NOU i første del av 2022.

Utvalget har bedt om innspill vedrørende erfaringer, vurderinger og anbefalinger om hvordan det norske samfunnet forvalter og håndterer risikoen for kvikkleireskred. Mandatet påpeker at det er viktig å dekke flere fagfelt for å vurdere tiltak for å forebygge ulykker med kvikkleireskred. Behovet for ny kunnskap og hvorvidt den mest oppdaterte kunnskapen og teknologien i tilstrekkelig grad tas i bruk av det geotekniske fagmiljøet og hos myndighetene skal også vurderes. I tillegg skal utvalget foreslå tiltak for å bedre forebygging av skadelige kvikkleireskred i hele landet, og ev. tiltak for å styrke samfunnets evne til å lære av slike hendelser.

Dette notatet fra Norges geologiske undersøkelse (NGU) gir innspill til noen av problemstillingene Gjerdrumutvalget skal gjennomgå, og omhandler NGUs kvartærgeologiske kartlegging, data fra grunnundersøkelser, og annet kvikkleirerelatert arbeid ved NGU.

Innvitasjonen til innspill: <https://files.nettsteder.regjeringen.no/wpuploads01/sites/461/2021/06/Brev-Innvitasjon-til-a-gi-innspill-til-Gjerdrum-utvalget-28.05.2021-1.pdf>

Utvalgets mandat: <https://nettsteder.regjeringen.no/gjerdrumutvalget/forside/mandat/>