



# **GEOLOGI FOR SAMFUNNET**

SIDEN 1858



**NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE**  
· NGU ·

**NGU RAPPORT  
2021.020**

---

Mineralressurser i Møre og Romsdal Fylke  
- kunnskapsgrunnlag



<b>Rapport nr.:</b> 2021.020	<b>ISSN: 0800-3416 (trykt)</b> <b>ISSN: 2387-3515 (online)</b>	<b>Gradering:</b> ÅPEN	
<b>Tittel:</b> Mineralressurser i Møre og Romsdal Fylke - kunnskapsgrunnlag			
<b>Forfatter:</b> Aasly, K. A., Raaness, A., Korneliussen, A., Nazuti, A., Gautneb, H., Solberg, J. K. Sandstad, J.S., Brønner, M., Arntsen, M. L., Olesen, O., Dahl, R., Solbakk, T., Hibelot, T., Angvik, T.L., Heldal, T., Finne, T.E, Slagstad, T., Schiellerup, H.		<b>Oppdragsgiver:</b> Møre og Romsdal Fylkeskommune	
<b>Fylke:</b> Møre og Romsdal		<b>Kommune:</b>	
<b>Kartblad (M=1:250.000)</b>		<b>Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)</b>	
<b>Forekomstens navn og koordinater:</b>		<b>Sidetall:</b> 38	<b>Pris:</b> 135
		<b>Kartbilag:</b>	
<b>Feltarbeid utført:</b>	<b>Rapportdato:</b> 30.juni 2021	<b>Prosjektnr.:</b> 343301	<b>Ansvarlig:</b> 
<b>Sammendrag:</b> NGU har på oppdrag fra Møre og Romsdal fylkeskommune utarbeidet denne rapporten som gir et kunnskapsgrunnlag for mineralressurser samt anbefaling for videre arbeid i fylket. Kunnskapsgrunnlaget er basert på NGU sin informasjon om mineralressurser og de geologiske forholdene i Møre og Romsdal.  Denne rapporten gir en grunnleggende oversikt over kjente forekomster av og potensialer for metaller, industrimineraler, naturstein, grus og pukk. Rapporten gir i tillegg oversikt over kunnskapsgrunnlaget for geologisk mangfold og naturbasert næringsliv samt hva som i dag finnes av geologiske, geofysiske og geokjemiske data som er viktig for å vurdere mulighetene for funn av nye mineralressurser samt som grunnlagsdata for utbygging av infrastruktur, i oljeindustri, havbruk og turistnæring.  Møre og Romsdal har et mangelfullt kartlagt ressurspotensial. Moderne undersøkelser og karakterisering av kjente ressursobjekter i regionalt perspektiv, med fokus på funn av nye forekomster, har i liten grad blitt gjennomført. Denne rapporten gjennomgår kunnskapsbehovet for de ulike forekomsttypene og gir forslag til videre undersøkelser av disse.  Nedstrøms foredling representerer en vesentlig del av verdiskapningen basert på mineralske ressurser, det er flere eksempler på dette i Møre og Romsdal med prosessering av kalkspatmarmor og olivin. På generell basis vil det også være ønskelig å oppnå total utnyttelse av den bergmassen som tas ut, og som tidligere har blitt sett på som et problem og avfall som må deponeres. Å finne nye bruksområder og markeder for disse massene vil derfor være til nytte både for bedriften ved at man øker inntjeningspotensialet, men også for samfunnet ved at man reduserer behovet for arealer som tas opp til deponi. En forutsetning er at ressursgrunnlaget er kartlagt og tilrettelagt i tilstrekkelig grad og at man kan lage salgbare produkter.			
<b>Emneord:</b>	Berggrunnsgeologi	Geofysikk	
Geokjemi	Mineralressurser	Byggeråstoffer	
Naturstein	Geologisk mangfold		

## INNHold

1.	INNLEDNING OG BAKGRUNN.....	4
2.	GEOLOGISKE DATA .....	4
3.	GEOLOGISK OVERSIKT .....	5
4.	METALLISKE FOREKOMSTER.....	6
4.1	Vanadium, jern og jern-titan .....	6
4.2	Kobber og jern på Smøla.....	8
4.3	Sjeldne jordarter .....	9
5.	INDUSTRIMINERALFOREKOMSTER.....	10
5.1	Industrimineraler .....	10
5.2	Kalkstein og marmor.....	11
5.2.1	Bruksområder og kvalitetskrav .....	11
5.2.2	Forekomster i Møre og Romsdal .....	12
5.2.3	Kvalitetsvariasjoner .....	13
5.2.4	Muligheter og anbefalinger .....	13
5.3	Olivin.....	13
5.3.1	Viktigste egenskaper og bruksområder for dunitt.....	14
5.3.2	Kvalitetskrav til olivin-råstoff .....	14
5.3.3	Bruksområder og produksjon. ....	14
5.3.4	Forekomster av olivin i Møre og Romsdal.....	15
5.3.5	Kvalitetsvariasjoner mellom olivinforekomstene.....	16
5.3.6	Potensiellaet for nye drivverdige olivin-forekomster.....	18
5.4	Andre industrimineraler .....	18
6.	NATURSTEIN OG MURESTEIN .....	19
6.1	Oversikt.....	19
6.2	Muligheter .....	20
6.3	Anbefalinger.....	20
7.	BYGGERÅSTOFFER .....	21
7.1	Byggeråstoffer .....	21
7.2	Grus .....	21
7.3	Pukk (knust fjell) .....	23
7.4	Anbefalinger.....	23
8.	GEOLOGISK MANGFOLD OG NATURBASERT REISELIV .....	23
8.1	Geologi som kilde til variasjon .....	24
8.2	Geologisk arv.....	24
8.3	Grotter og karst.....	25
8.4	Anbefalinger.....	25
9.	STATUS PÅ KARTLEGGING OG KUNNSKAPSNIVÅ, FORSLAG TIL PRIORITERTE TILTAK .....	26
9.1	Geologisk kartlegging .....	26
9.2	Geofysisk kartlegging .....	27
9.3	Geokjemisk kartlegging .....	30
10.	KUNNSKAPSNIVÅ OG FORSLAG TIL PRIORITERTE TILTAK .....	31
11.	FOREDLINGSBEHOV OG MULIGHET FOR NEDSTRØMS NÆRINGSUTVIKLING.....	33
	REFERANSER .....	34

## 1. INNLEDNING OG BAKGRUNN

NGU har på oppdrag fra Møre og Romsdal fylkeskommune utarbeidet denne rapporten som gir et kunnskapsgrunnlag for mineralressurser samt anbefaling for videre arbeid i fylket.

Kunnskapsgrunnlaget er basert på NGU sin informasjon om mineralressurser og de geologiske forholdene i Møre og Romsdal.

Samfunnet er avhengig av ulike typer mineralske råstoffer for å fungere og det har gjennom hele menneskehetens historie vært avgjørende for velstand og utvikling. Mineralressurser brukes i et stort antall produkter fra metaller til papir, kunstgjødsel og mat, glass og keramikk, veier, hus og batterier, vindmøller og solceller.

Gruvedrift/mineralutvinning er i mange tilfeller en distriktsnæring. Tilrettelegging for og utvikling av gruvedrift og mineralbasert industri bør følgelig sees i et overordnet samfunnsperspektiv. Det offentlige kan spille en tilretteleggende rolle som på sikt kan stimulere til ny mineralbasert verdiskaping. Særskilt viktig i denne sammenheng er gode geologiske, geofysiske og geokjemiske basiskart og en velutviklet mineralressursdatabase.

Ifølge Direktoratet for Mineralforvaltning sin publikasjon Harde Fakta (Mineralstatistikk 2019) var det i 2019 91 uttakssteder for mineralske råstoff. Det var rapportert om 278 årsverk og gruvnæringen hadde i 2019 en totalomsetning på 670 Mkr i Møre og Romsdal. Dette fordeler seg mellom byggeråstoff som hadde en omsetning på 269 Mkr kroner og andre råstoff med en omsetning på 401 Mkr, i tillegg kommer verdiskapningen fra videreforedling av råstoffene. Det ble eksportert mineralressurser for 357Mkr fra Møre og Romsdal i 2019.

Møre og Romsdal har, eller har hatt, drift på alle de overordnede typer mineralforekomster – metaller, industrimineraler, naturstein og byggeråstoffer (pukk og grus).

I dag er fylket en stor produsent av karbonatmineraler (kalk) og har en stor nedstrøms industri knyttet til forekomster dels i eget fylke og dels i andre fylker. Olivinproduksjonen i Åheim dekker ca halvparten av verdens behov for olivinmineraler.

Metallproduksjonen er kanskje primært kjent fra Raudsand gruve ved Tingvollfjorden, hvor det ble utvunnet jern og vanadium fra 1899 til 1987. I driftsperioden hadde Norge en ferrovanadiumproduksjon som baserte seg på uttaket i Raudsand. I dag er dagbruddsdelen i bruk til produksjon av byggeråstoff. Fylket har også tidligere produsert kobber.

Møre og Romsdal fylke har noe natursteinsproduksjon, primært på murestein av gneis, men har tidligere også produsert blokkstein av marmor. Fylket har også en betydelig produksjon av byggeråstoffer.

## 2. GEOLOGISKE DATA

Forekomstoversiktene i denne rapporten er basert på NGUs databaser og plottet på geologiske kart (se informasjon på [www.ngu.no](http://www.ngu.no) for tilgjengelige karttjenester).

Utvikling av geologiske kart er en av NGUs hovedoppgaver, og det pågår en kontinuerlig tilrettelegging av geologisk kartinformasjon for ulike innsynsløsninger tilpasset forskjellige brukergrensesnitt. Som et ledd i dette har NGU lansert et harmonisert berggrunnskart som dekker hele Norge i 1:250 000 skala ([https://geo.ngu.no/kart/berggrunn\\_mobil/](https://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/)) og datasett over mineralske ressurser tilpasset arealforvaltningen ([https://geo.ngu.no/kart/mineralressurser\\_mobil/](https://geo.ngu.no/kart/mineralressurser_mobil/)).

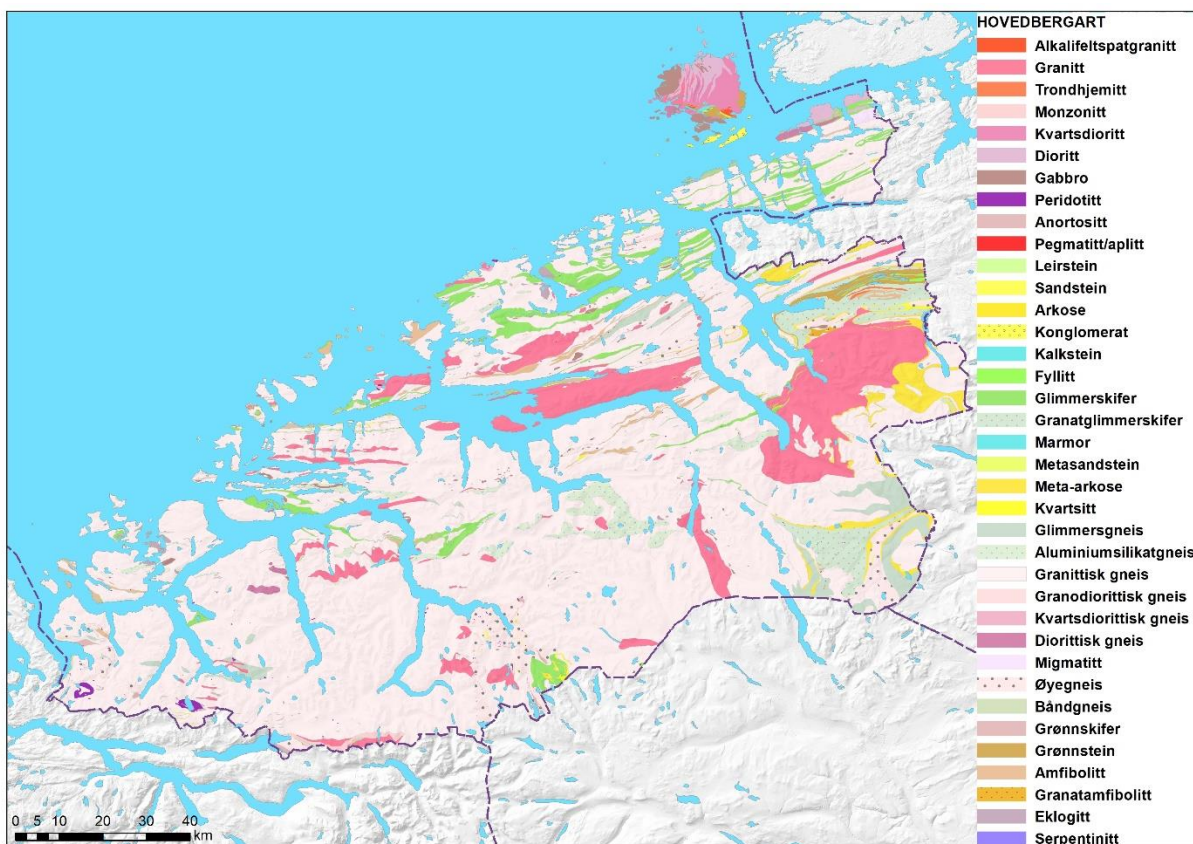
Ressursdatasettene som er tilpasset arealforvaltningen har symbolisering på størrelse og reflekteres også i kartene i denne rapporten. De største symbolene er godt dokumenterte forekomster hvor man kjenner både areal og har et estimert volum. Mellomklassen er prospekter hvor man har et potensiale for økonomisk utnyttelse, men mangler nok data til å kunne foreta et volum-estimat. De minste symbolene er registreringer, som kan inneholde mye så vel som lite informasjon. Nærmere beskrivelser av de ulike klassene finnes blant annet hos Raaness m. fl. (2018). For enkelhets skyld vil alt i denne rapporten omtales som forekomster eller registreringer.

Tilgjengelig informasjon gir en grov oversikt, dette gjelder for både geologiske, geofysiske og geokjemiske kart og for mineralressurser. For noen områder er detaljeringsgraden og kvaliteten

relativt god; for andre områder svært mangelfull. Dette blir til en viss grad diskutert i de påfølgende kapitler.

### 3. GEOLOGISK OVERSIKT

Berggrunnsgeologien i Møre og Romsdal er dominert av prekambrisk grunnfjell som ble dannet for mellom 1700 og 1600 millioner år siden. Grunnfjellsbergartene består i all hovedsak av ulike granitter og granittiske gneiser med spredte mafiske innslag (se Fig 1). Fra et malmgeologisk ståsted er de mafiske bergartene mest interessante, og inkluderer bla forekomsten rundt Raudsand gruver. Det prekambriske grunnfjellet ble dannet i forbindelse med at det baltiske skjoldet (grunnfjellet i Norge, Sverige, Finland og Nordøst-Russland) vokste seg større mot sørvest. Vi finner derfor gradvis yngre grunnfjellsbergarter når vi beveger oss sørvestover i Skandinavia. Det geologiske miljøet var det samme som det vi finner langs vestkysten av Sør- og Nord-Amerika og utenfor Sørøst-Asia, hvor havbunnskorpa som utgjør Stillehavsplata synker ned under kontinentalskorpa som utgjør disse kontinentene. Da oppstår lange rekker med vulkaner som danner ny kontinentalskorpe.



Figur 1 Harmonisert berggrunnskart, 1:250 000.

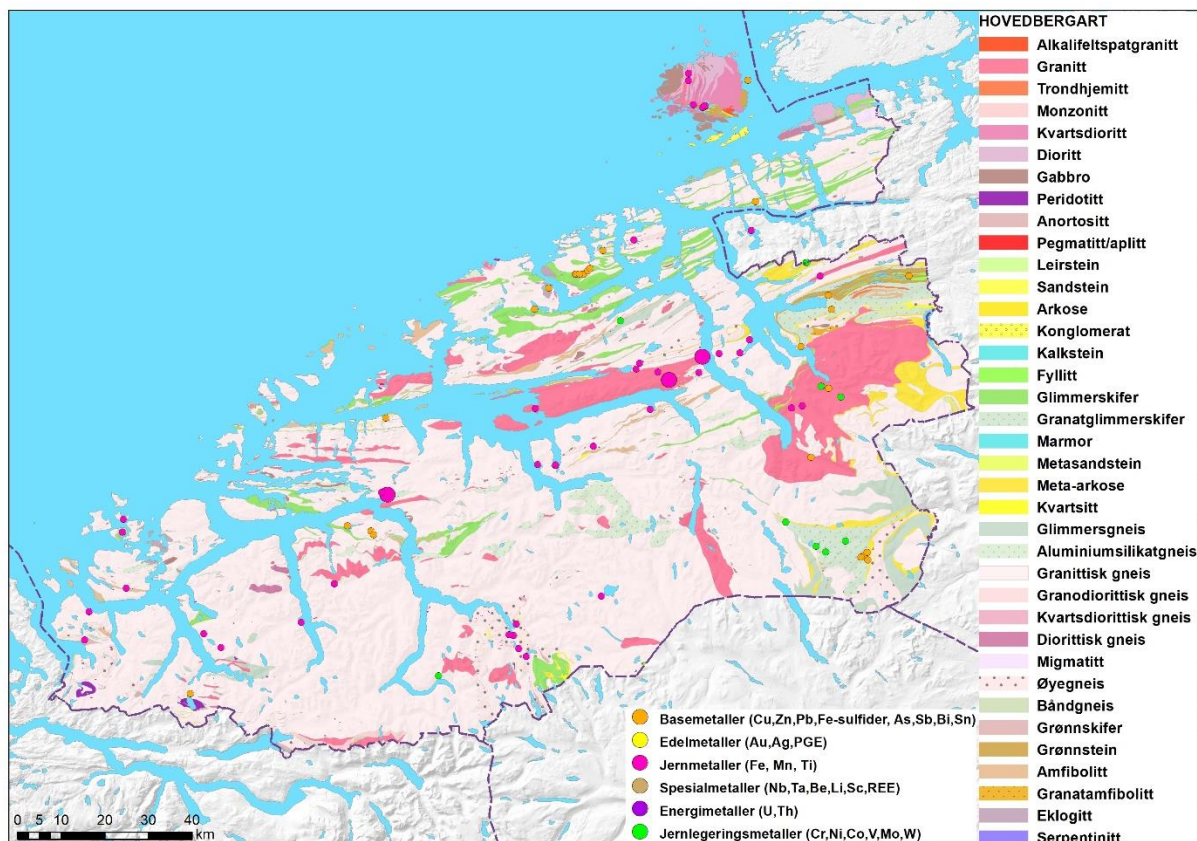
I Møre og Romsdal ble grunnfjellsbergartene omdannet (metamorfosert) for ca. 1000 millioner år siden, i forbindelse med den svekonorvegiske fjellkjededannelsen lenger sør i Skandinavia, vi kaller dette området for den vestlige gneisregion. Men det er en mye yngre metamorfose som virkelig har tiltrukket seg geologer fra hele verden. For ca. 400 millioner år siden kolliderte Skandinavia og Nord-Amerika (Grønland) da havet som lå mellom dem (ikke ulikt dagens Atlanterhav) lukket seg og dannet en fjellkjede som kan ha lignet på dagens Himalaya-fjellkjede, hvor India sakte, men sikkert presses under Asia. Vi kaller dette den kaledonske fjellkjededannelsen.

Under den kaledonske fjellkjededannelsen ble den vestlige marginen til den fennoskandiske skjoldet (grunnfjellet) presset ned under Grønland til dyp som kan ha oversteget 100 km. Dette vet vi blant annet fordi vi lokalt i Møre og Romsdal finner mikrodiamanter som ble dannet av det enorme trykket. Selv om det ikke er uvanlig å finne slike høytrykksbergarter rundt om i verden, er størrelsen på området som ble presset ned unikt i verden, og utfordrer ideer om hvordan kontinentale bergarter kan presses eller dras ned til slike dyp. Men ikke minst utfordrer bergartene i Møre og Romsdal ideer om hvordan de kommer opp til overflaten igjen – dette har geologene ennå ikke greid å finne en fullgod forklaring på.

I Møre og Romsdal, nærmere bestemt på Smøla, finner vi også rester av det overliggende nordamerikanske kontinentet som ble liggende igjen da de to kontinentene igjen drev fra hverandre og Atlanterhavet åpnet seg. Helt øst i Møre og Romsdal finner vi også slike kaledonske skyvedekker som ble skjøvet østover under fjellkjededannelsen. Disse dekkene kommer antakelig ikke fra det nordamerikanske kontinentet, men fra den tidligere kontinentalmarginen til det baltiske skjoldet.

#### 4. METALLISKE FOREKOMSTER

De kjente metallforekomstene i Møre og Romsdal er primært vanadiumholdig jern og jern-titan, samt kobber. I tillegg finnes det indikasjoner på at det kan finnes sjeldne jordartsmetaller i fylket. Les mer om disse nedenfor.



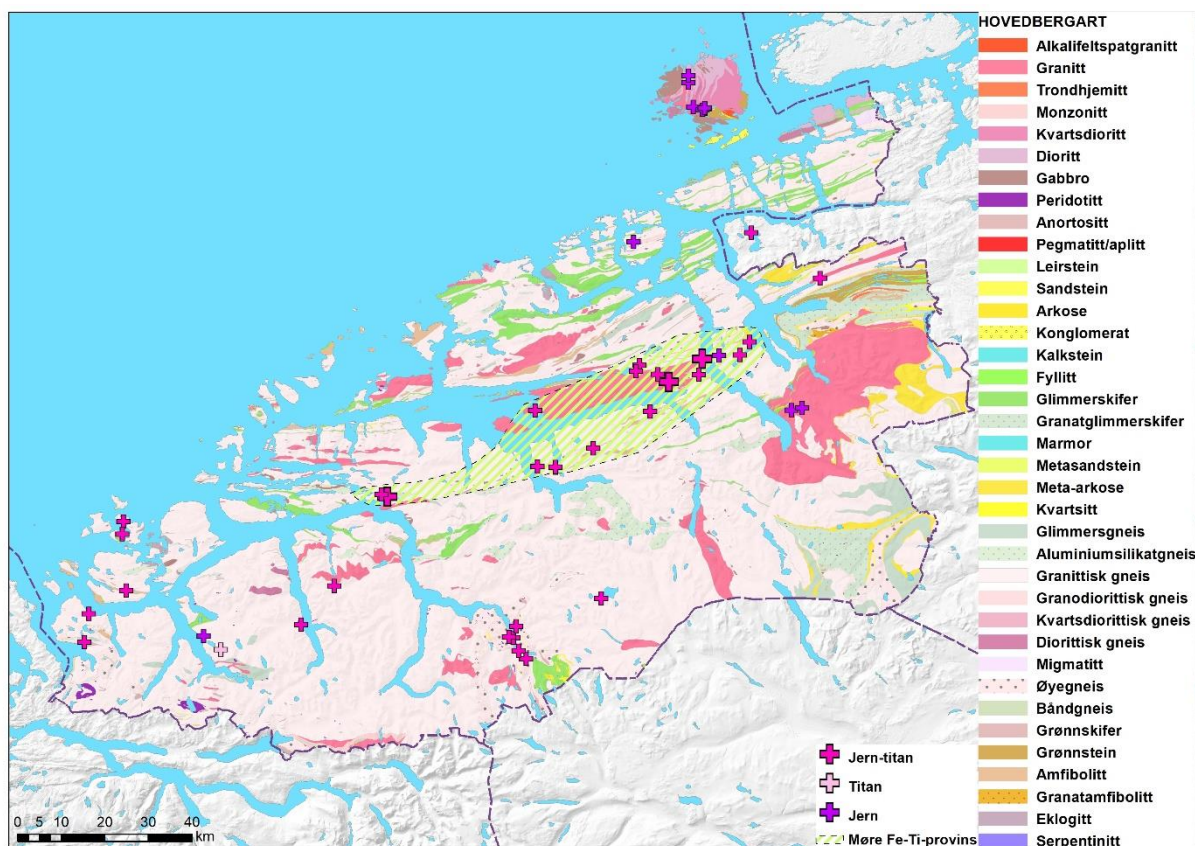
Figur 2 Registreringer i NGUs malmdatabase over harmonisert berggrunnskart 1:250 000.

##### 4.1 Vanadium, jern og jern-titan

Møre Fe-Ti metallogenetiske provins, se Figur 3, inngår i den vestlige gneisregionen som domineres av i hovedsak proterozoiske granitoid bergarter som i varierende grad har vært påvirket av den kaledonske fjellkjededannelsen.

Provinsen inneholder et stort antall vanadiumholdige magnetitt-ilmenitt forekomster assosiert med gabbroide (metagabbro) og amfibolittiske bergarter, se Carstens (1957), Gjelsvik (1957) og Geis (1971). Tidligere malmrettede undersøkelser er i stor grad utført av eller i samspill med Christiania Spigerverk. Geis (1968) gir oppsummerende informasjon om Norges jern-titanforekomster basert på tilgjengelig informasjon fra Christiania Spigerverk (senere Elkem), inkludert forekomster i Møre og Romsdal. En oppsummering av Korneliussen m. fl. (1985) er i stor grad basert på Geis (1968).

Rutil består av titanoksid. Rutil-førende eklogittbergarter er vanlige i deler av regionen, men har ikke vært ansett å ha økonomisk interesse for rutil. Den tilgjengelige informasjonen er imidlertid svært mangelfull, og mulighetene for interessante rutil (og granat)- forekomster bør undersøkes nærmere.



Figur 3 Jern (magnetitt og hematitt), titan (rutil) og jern-titan (ilmenitt) i Møre og Romsdal.

Raudsand-forekomsten (Sanetra 1985, Figur 3) var en viktig kilde til vanadiumholdig jernmalm i 80 år, inntil gruvedriften opphørte i 1981. Forekomsten ligger på vestsiden av Sunndalsfjorden, og opptrer i amfibolitt omgitt av Paleoproterozoisk granitoid gneis. Malmen består av disseminert til semi-massiv magnetitt (vanadiumholdig) og ilmenitt, og opptrer i form av en rekke malmkropper i amfibolitt. Individuelle malmkropper har lengdeutsrekning fra 50 til 700 m med mektighet fra 5 til 80 m. Gjennomsnittlig sammensetning av malmen er 27 vol.% titan- og vanadiumholdig magnetitt, 10.5 vol.% hemo-ilmenitt (ilmenitt med av blandinger av hematitt), og 1 vol.% sulfidminerale (hovedsakelig pyritt). Det ble til sammen utdrevet 15 millioner tonn malm med 25-30 % magnetitt og 3,5-4 % ilmenitt i Rausand. Magnetittkonsentratet inneholdt 64 % Fe, 2 %  $TiO_2$  og 0.5 % V, og var råmateriale for produksjon av svampjern og ferrovanadium i et smelteverk i Svelgen i daværende Sogn og Fjordane fylke. Ikke utdrevet påvist og sannsynlig malmressurs er 11 millioner tonn, mens mulige ressurser i regionen er på usikkert grunnlag ansett å utgjøre i størrelsesorden 120 millioner tonn, fordelt på en rekke forekomster.

Ved nye grunnundersøkelser ved Raudsand med hensyn til mulig deponi for farlig avfall ble det påvist en magnetisk anomali (Rønning m.fl. 2016, 2019) som ansees å representere en tilleggsressurs, men kvalitet og størrelse på denne er ukjent.

Titan i form av blandingsmineralet ilmenitt-hematitt (hemo-ilmenitt) har liten interesse for denne type forekomster, hovedsakelig fordi titaninnholdet i mineralkonsentratet blir for lavt.

Vanadium er av EU ansett som et kritisk viktig element på grunn av stor avhengighet av import fra land utenfor EU. Vurdering av anvendelse, teknologi, prisutvikling og markedsforhold er komplekst, jfr. rapport til EU-kommisjonen (European Commission, 2020).

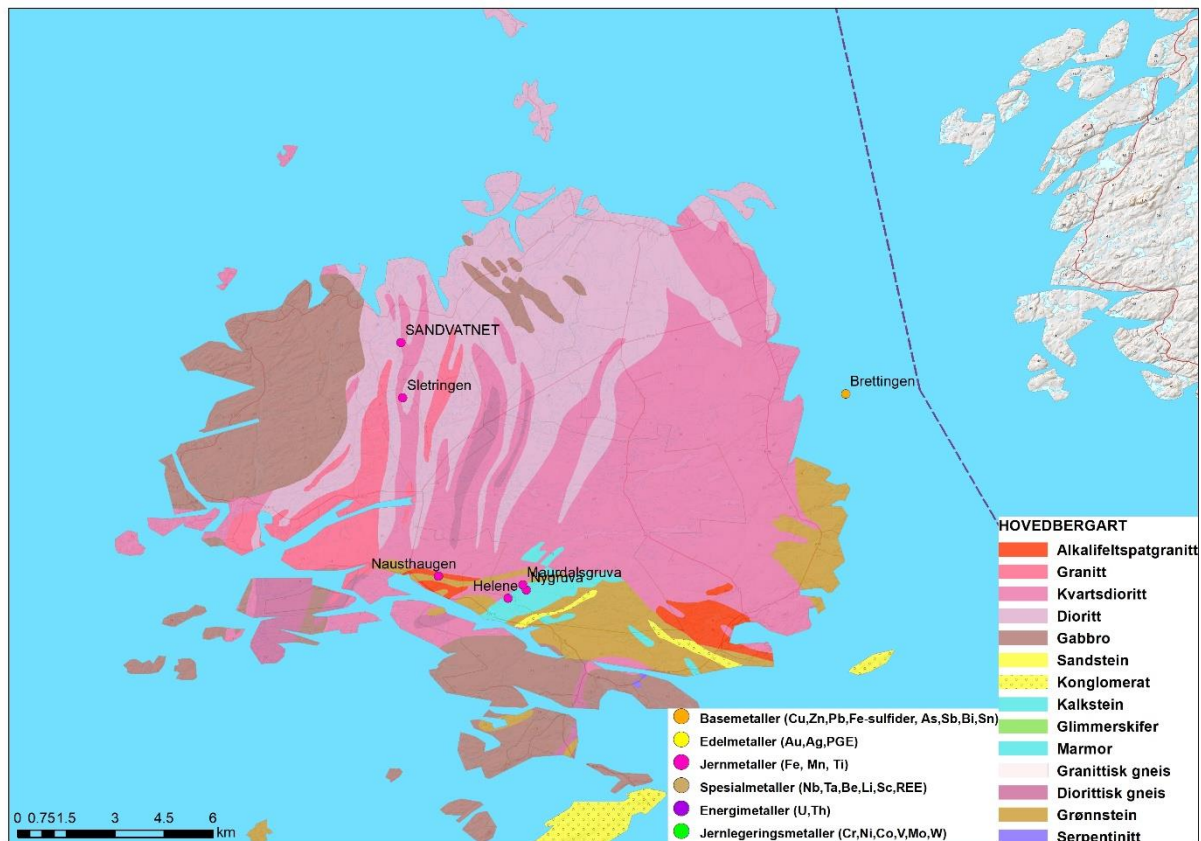
Daværende sjefsgeolog i Elkem Hans-Peter Geis opplyste på 1980-tallet (personlig meddelelse til A. Korneliussen) at han anså områdene ved Raudsand, Bersås og Meisingset som de mest interessante for eventuelle framtidige undersøkelser, med behov for relativt omfattende kjerneboringer på geofysiske anomalier.

Ut fra disse betraktningene er det relevant å vurdere forekomsten og det regionale ressursgrunnlaget på nytt med fokus på jern og vanadium.



En avgjørende faktor er malmenes egnethet i dagens markedssituasjon, og eventuelt om det kan la seg gjøre å få på plass en hensiktsmessig prosess for produksjon av markedsattraktive mineralprodukt, eventuelt metalliske sluttprodukt.

## 4.2 Kobber og jern på Smøla



Figur 4 Kart over Smøla. Malmregistreringer og utdrag fra berggrunnskart (1:250 000).

En rekke mindre, gamle, nedlagte gruver og skjerp ligger ved Skjølbergvågen på sørsida av Smøla. De mest kjente er Helene, Maurdal, Smehaugen (Nygruva) og Nausthaugen samt Sletringen (Gammeldamstua) som ligger litt lengre nord på øya. Gruvedriften startet tidlig på 1700-tallet, og de første mutingsrettighetene er på jern fra 1715 (Kvalheim 1938). Men etter ett par år begynte drift på kobber i stedet, og denne pågikk fra flere gruver fram til 1724 (Rangnes, 2019). Etter enkelte forsøk på ny drift igjen ble det ikke ny utvinning av jern før i 1916, men denne ble avsluttet allerede i 1918. Siste driftsperiode på jern var 1937-38 og totalt er det tatt ut kun 170 tonn jernmalm (Mikalsen 1983).

Forekomstene opptrer langs kontakten mellom ordoviciske dyp- og overflatebergarter som i hovedsak består av kalkstein. De er omdannet til kalksilikat bergarter; skarn og hornfels og er vertsbegarter for malmen og består i hovedsak av pyroksen, granat og epidot med varierende mengdeforhold. Malmmineralene er magnetitt, kobberkis, svovelkis, magnetkis og mindre mengder hematitt og sinkblende. Alle forekomstene er imidlertid for små til å ha noen økonomisk interesse for utvinning i dag.

I tillegg til disse skarnforekomstene er det også registrert en mindre, jern-sulfid forekomst som ligger i grønnstein på den lille øya Brettingen på østsida av Smøla. Den består av båndet, massiv magnetitt-svovelkis sone omgitt av disseminert svovelkis, magnetkis og kobberkis. Selv om den også er noe anriket på gull (2-4 ppm Au) er mineraliseringen uten økonomisk interesse i dag.

### 4.3 Sjeldne jordarter

Verden tar i bruk stadig flere elementer i det periodiske system. Sjeldne jordartsmetaller (Rare Earth Elements, REE) er et samle navn man benytter om 17 grunnstoffer (lantanoide, scandium og yttrium) som har helt unike egenskaper i sammenheng med moderne teknologi.

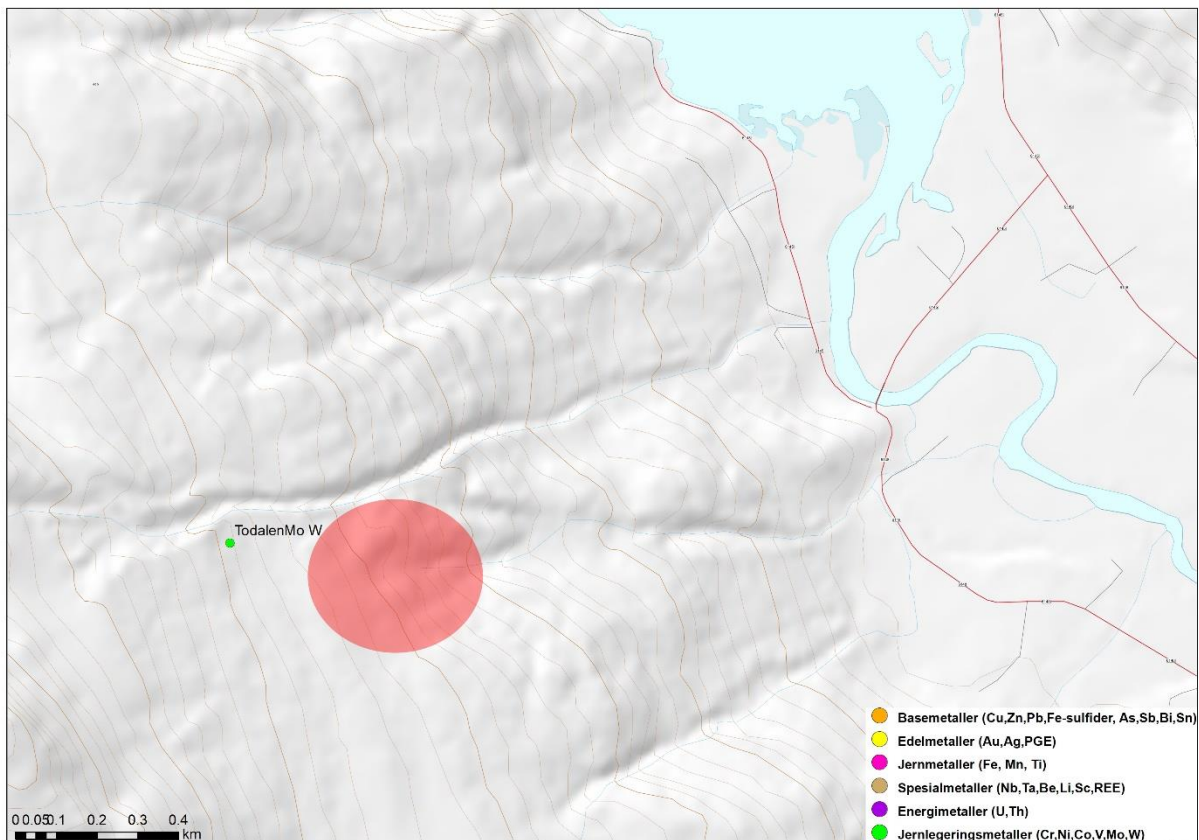
Under en befaring i 1977 av et molybdenskjerp i Todalen ble det tatt prøver, inkludert jordprøver, i nærområdet med sikte på videre bearbeiding. Noen av jordprøvene fra Todal hadde et bemerkelsesverdig høyt innhold av Ce, La og Y. Det var ingen interesse for sjeldne jordartsmetaller på den tiden og dette ble verken rapportert eller nærmere fulgt opp. I dag er situasjonen en helt annen, og EU anser sjeldne jordartsmetaller som kritisk viktige på grunn av avhengighet av import fra land utenfor EU. Anvendelser, teknologi, prisutvikling og markedsforhold er komplekse (European Commission, 2020).

Sett i lys av dagens store interesse for sjeldne jordartsmetaller er det relevant å vurdere nærmere både det regionale potensialet og den geokjemiske anomali i Todalen på nytt.

Analysedata av de jordprøvene som ble tatt foreligger i Tabell 1. Ved hjelp av XRF, totalanalyse og atomabsorpsjonsanalyse (syreløselig) ble det analysert på henholdsvis (1) sjeldne jordartselemente Ce og La, samt Y, Nb, U, Th, Br og W, og (2) Cu, Zn, Mo, Ni, Cd og Ag.

Det aktuelle området er angitt på kartet i Fig. 1. Spesielt prøve 3013 skiller seg ut med høyt innhold av yttrium (500 ppm Y), cerium (8000 ppm Ce), lantan (3000 ppm La), til sammen 11500 ppm (1,15 %). Samtidig er innholdet av uran og molybden relativt høyt, henholdsvis 125 ppm U og 112 ppm Mo.

Sjeldne jordartsmetaller (hvorav kun Ce og La er analysert), yttrium og molybden har økonomisk interesse i dagens situasjon, og de geologiske omstendighetene bør undersøkes nærmere. Uraninnholdet antyder at kildebergarten kan være relativt radioaktiv, og blotninger av den aktuelle kildebergarten vil derfor kunne påvises med radiometriske målinger.



Figur 5 Område med anomale jordprøver (i rødt) med høyt innhold av sjeldne jordarter, Todalen.

Tabell 1 Gamle analyser av jordprøver ved NGU lab.

Prøve	Spektrografisk lab (oppdr. 39/78, 65/78)								Atomabsorpsjon (oppdr. 59/77)						aske %
	Y ppm	Ce ppm	La ppm	Nb ppm	U ppm	Th ppm	Br %	W ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mo ppm	Ni ppm	Cd ppm	Ag ppm	
3001	-10	234	190	100	-10	10	0,02	20	32	5	1	2	0,3	0,5	13,2
3002	20	106	53	100	-10	10	-0,01	20	14	11	2	3	0,4	0,3	80,3
3003	16	119	117	100	-10	10	0,04	20	16	14	2	7	0,6	0,4	63,3
3004	-10	133	110	100	-10	10	0,02	20	20	10	-	3	0,1	0,2	36,2
3005	18	373	336	100	-10	10	0,03	20	14	15	3	5	0,3	0,4	16,3
3006	100	1 280	714	100	14	10	0,06	20	47	7	6	6	0,6	2,4	39,1
3007	23	604	337	100	33	10	0,04	20	36	47	6	14	0,8	0,5	23,7
3008	46	838	421	100	-10	10	0,07	20	57	5	9	5	0,8	1,8	26,2
3009	12	222	116	100	-10	10	0,06	20	20	12	5	5	0,4	0,6	47,6
3010	16	115	59	100	13	10	0,03	20	12	9	5	3	0,1	0,3	75,2
3011	88	627	499	100	49	10	0,02	20	32	12	7	7	0,2	0,6	81,6
3012	100	1 100	1 100	100	22	10	0,05	20	36	11	5	6	0,2	0,6	40,9
3013	500	8 000	3 000	100	125	10	0,07	20	59	20	112	7	0,9	3,6	48,2
3014	22	247	125	100	40	10	0,04	20	19	15	10	4	0,6	0,6	62,9
3015	15	137	75	100	-10	10	-0,01	20	14	13	3	3	0,4	0,4	66,6
3016	13	375	356	100	-10	10	0,01	20	16	31	2	2	0,2	0,5	7,7

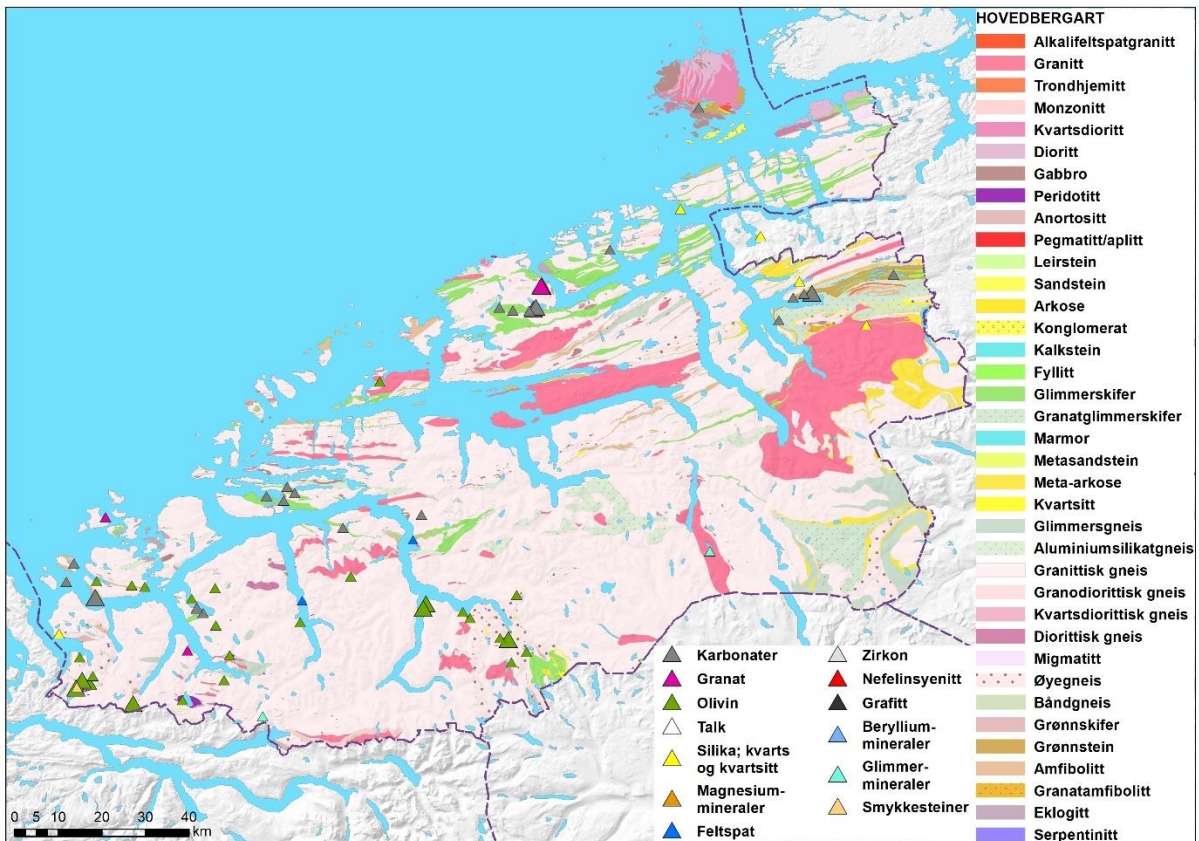
## 5. INDUSTRIMINERALFOREKOMSTER

### 5.1 Industrimineraler

Industrimineraler er mineraler og bergarter som produseres på grunn av sine fysiske, kjemiske, ikke-metalliske egenskaper.

Det finnes industrimineral-forekomster i fylket av både olivin og kalkspatmarmor som er svært viktige i dag og av internasjonal betydning. Flere av disse er i drift i dag, som olivinforekomstene ved Åheim og Steinsvik, og uttak av kalkspatmarmor ved Langnes, Nås, Visnes, Breivik og Glærum.

Også andre mineraler, som granat og talk, finnes i fylket.



Figur 6 Industrimineraler i Møre og Romsdal over berggrunnskart.

## 5.2 Kalkstein og marmor

Ofte blir kalkspatmarmor og kalkstein bare omtalt som kalk, men rent geologisk sett er marmor en kalkstein som har blitt omdannet under høyt trykk og høy temperatur slik at kalkspatkrystallene har gått i oppløsning og krystallisert på nytt – ofte som store krystaller. De fleste av kalkene som utnyttes i Møre og Romsdal er nettopp denne sterkt omdannede varianten og med fem aktive uttakssteder/gruver og prosessering i Elnesvågen, er Møre og Romsdal et viktig bergverksfylke for produksjon av kalkstein og marmor i Norge.



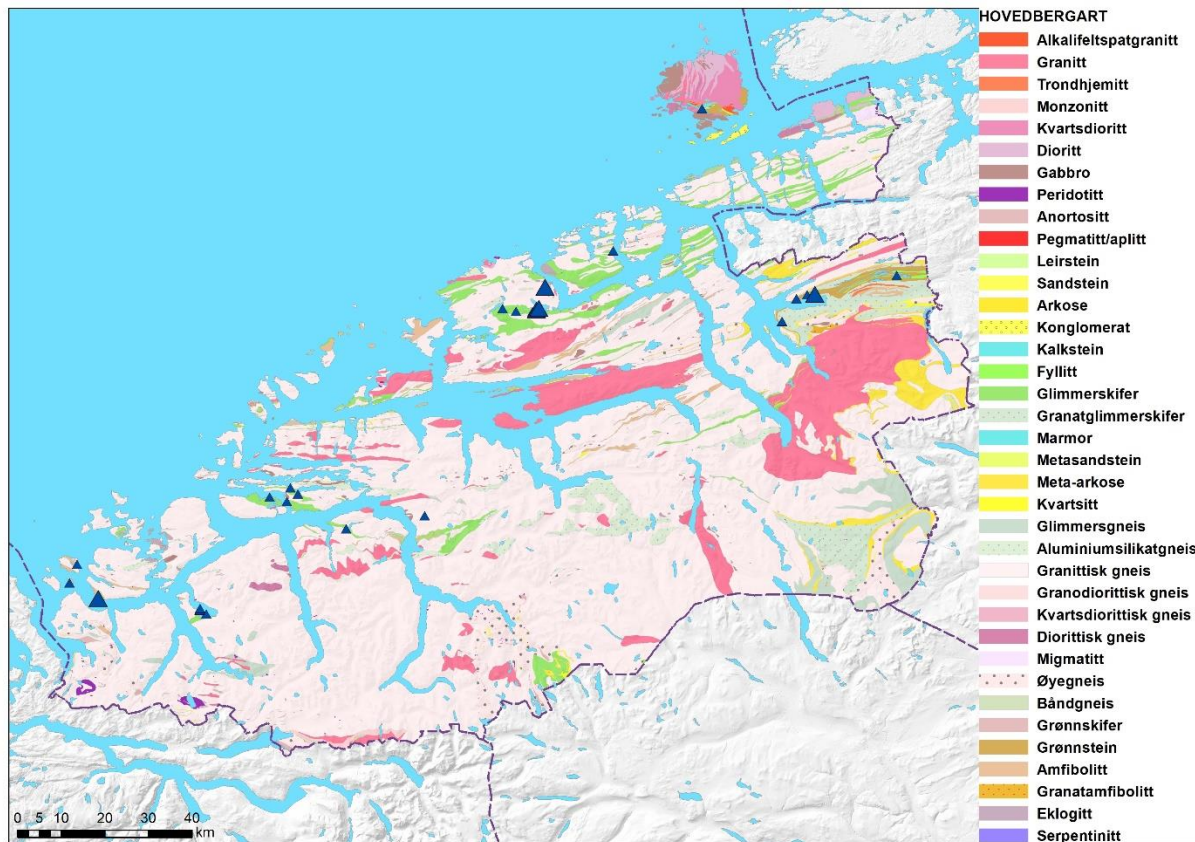
Figur 7 Bruddet til Visnes kalk sett fra øst mot vest. Foto: A. Raaness, 2021

### 5.2.1 Bruksområder og kvalitetskrav

Kalkstein og kalkspatmarmor har en rekke bruksområder. Disse spenner over alt fra hvitt fyllstoff i blant annet papir, maling, plast og gummi med mer, til produksjon av lesket kalk og sement, vannrensing og mjølkalk, tilsetning i dyrefor, kunstgjødsel og jordforbedringsmiddel, men også til ulike bygningsformål (se mer i kap 5).

Hver for seg stiller de ulike bruksområdene svært ulike krav til kjemisk sammensetning og fysiske egenskaper, og ofte har hvert enkelt produksjonssted og deres kunder egne kravspesifikasjoner. De

underliggende kravene bestemmes ofte av bergartens egenskaper som mineralsammensetning og krystallutvikling, totalkjemi og karbonatmineralenes kjemi og oppførsel i ulike bearbeidingsmetoder, som f.eks. mekanisk styrke, brennegenskaper med mer.



Figur 8 Kalkstein og kalkspatmarmor i Møre og Romsdal over berggrunnskart.

### 5.2.2 Forekomster i Møre og Romsdal

Det er fem aktive uttakssteder i fylket som utviner kalkstein til ulike formål: Glærum kalkgruve ([www.gkkalk.no](http://www.gkkalk.no)) i Surnadal kommune, Visnes ([www.visneskalk.no](http://www.visneskalk.no)), Nåsfjellet ([naaskalk.no](http://naaskalk.no)) og Langnes marmorbrudd ([langnesmarmor.no](http://langnesmarmor.no)) ved Hustadvika kommune og Breivik kalkverk ([www.breivik-kalkverk.no](http://www.breivik-kalkverk.no)) i Sande kommune, samt Omya Hustadmarmor ([www.omya.com](http://www.omya.com)) som viderefører nedknust kalkspatmarmor i Elnesvågen. Dette gjør Møre og Romsdal til et av de viktigste bergverksfylkene i Norge.

I tillegg til disse finnes flere andre registreringer i fylket i NGUs industrimineraldatabase:

- Sande kommune: Sandøy og Voksa
- Ørsta kommune: Hovde kalkgruve, Kilda marmorbrøt og Ørsta marmorbrøt
- Ålesund kommune: Holen, Humla, Blindheim og Spjelkavik
- Sykkylven kommune: Lyshol
- Hustadvika kommune: Tverrfjellet og Brandsæter
- Averøy kommune: Engvik
- Smøla kommune: Skjølberg
- Surnadal kommune: Årnes og Sjøholt (under jord nå en del av Glærum).

Limåskjerka, Limurshola og Trollkyrkja er registrert, men dette er karstgrotter. Les mer om karst og grotter i kap 8.3. I en rekke av disse nedlagte bruddområdene har det vært tatt ut kalk til brenning eller som jordbrukskalk og er blant annet omtalt hos Bøckman (1967), Bugge (1905) og så tidlig som hos Vogt (1897).

### 5.2.3 Kvalitetsvariasjoner

Kvaliteten på de ulike kalkspatmarmorene i fylket varierer fra relativt lite omdannet og fossilførende kalkstein til sterkt omvandlet og rekrystallisert grovkornet kalkspatmarmor, men vil også variere innad i de ulike bruddene.

For eksempel kan man i noen av bruddene i Eide-området, hvor kalkspatmarmoren grenser til en sidebergart som ofte er kartlagt som granatamfibolitt eller eklogitt, både se klare endringer i marmoren som ligger nærmest sidebergarten. Fargen går da gjerne fra lys grå og hvit til gul, noe som trolig reflekterer økt innhold av jern mot sidebergarten. Også en mer subtil fargeendring fra lysgrå til hvit ser ut til å ha en sammenheng med nærheten til sidebergarten, men årsaken til denne endringen er ennå ikke fullt ut forstått.

På Averøy opptrer kalkspatmarmoren i tynne soner med en rekke gulaktige og rosa lag, noe som kan indikere høyt innhold av jern og mangan i kalkspatkrystallene.

På Smøla er derimot kalkspatmarmoren langt mindre omvandlet, og det er tidligere også funnet fossiler her (Holtedahl 1915). Videre er det også det observert innblandinger av vulkanske bergarter som har reagert med kalksteinen og dannet skarn.

### 5.2.4 Muligheter og anbefalinger

Det mangler både prøver og oppdaterte analysedata for en rekke av kalksteinsregistreringene i NGUs mineralressursdatabase slik at det p.t. ikke er mulig å gjøre en sammenlignende studie av kvalitet for alle kalkspatmarmor- og dolomitmarmor-registreringene i fylket. Slike studier har vært utført for Nordland og pågår for Trøndelag. En slik studie er nødvendig for å si noe om potensialet for forekomster som pr i dag ikke er i drift.

## 5.3 Olivin

Møre og Romsdal er verdenskjent for sine Olivin-ressurser. I mange tiår har omtrent 50% av verdensproduksjonen av olivin kommet fra Sibelcos gruver ved Åheim.

Navnet olivin kommer fra latinsk "olvia" som betyr oliven farget. Olivin har vært kjent siden bibelsk tid og er en av de 12 steiner som prydet kong Arons prestedrakt da under navnet krysolitt (2. Mosebok, 28.18). Olivin ( $MgFe$ )<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> er alltid en blanding av de to mineralene fayalitt ( $Fe_2SiO_4$ ) og forsteritt ( $Mg_2SiO_4$ ).

Når man snakker om olivin som industrimineral det aldri snakk om rene olivin-mineraler, men bergartene dunitt og harzburgitt og serpentinit. Bergarten dunitt inneholder mer enn 90 % av mineralet olivin og bergarten harzburgitt inneholder fra 10-60 % ortopyroksen og resten olivin. Det er en litt inkonsekvent bruk av denne navnsetting i industrien, fra Norge produseres det dunitt, som i de fleste tilfelle er en harzburgitt. Fra Spania produseres det såkalte "Spanish dunite", som" så i prinsippet er en serpentinit.

Olivinforekomster representerer også i mange tilfelle forekomster av olivinfuruskog, en naturtype med en særskilt fauna som i deler av Norge er på rødlisten, se Figur 9. Blant annet er det i Møre og Romsdal registrert flere forekomster av den sjeldne bregnetypen og olivinspesialisten brunburkne (*Asplenium adulterinum*) (Holtan, 2008).



Figur 9 Gammelt prøveuttak av olivin i Bjørkedalen, Volda, bevokst med furu (*Pinus sylvestris*)

### 5.3.1 Viktigste egenskaper og bruksområder for dunitt.

Dunitt er i dag et viktig industrimineral på grunn av olivinens følgende egenskaper.

- Termisk stabilitet
- Lavt innhold av vannholdige mineraler
- Høyt magnesium innhold.
- Lineær ekspansjon ved oppvarming
- Høy egenvekt.
- Miljøvennlig, ingen giftige avrenningsprodukter
- Ingen fri silika og dermed ingen silikose-fare ved bruk
- Høy varmekapasitet og lav termisk konduktivitet
- Hardhet 6.5-7 på Mohs skala
- Kantete kornform og konkoidale bruddflater.

Dette er svært varierte egenskaper, men ingen enkeltprodukter forutsetter alle disse samtidig.

### 5.3.2 Kvalitetskrav til olivin-råstoff

Kommersiell olivin inneholder vanligvis 45-50 % MgO, 39-42 % SiO<sub>2</sub>, 5-8 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, og har et glødetap (loss on ignition, LOI) på 1-2 %. MgO-innholdet bør være høyest mulig og glødetapet lavest mulig for de beste kvalitetene. De før nevnte "spanske dunitter" har et glødetap på opptil 10%. Videre stilles det strenge krav til innholdet av alkalier (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) som må være lavest mulig. Kommer mengden alkalier over gitte grenseverdier (som varierer med bruksområde og kunde) utelukkes mange bruksområder. Videre er forholdet MgO/SiO<sub>2</sub> viktig da dette vil være et mål på mengde andre mineraler enn olivin i bergarten. Som ellers når det gjelder kvalitetskrav så stiller enkeltkundene sine produksjonsmessige krav. I tillegg til forholdene nevnt over, er kornfordelingskurver et vanlig krav fra sluttbruker. Olivin (dunitt) må anses som et forholdsvis billig industrimineral, knusing og sikting er hoved bearbeidingsmetodene for primær dunitt. Mange av sluttproduktene krever imidlertid en videre bearbeiding før salg. Disse er diskutert nedenfor.

### 5.3.3 Bruksområder og produksjon.

I dag er det 2 produsenter av olivin i Norge. Den viktigste er Sibelcos fabrikk på Åheim som i over 70 år har vært og fremdeles er verdens viktigste produsent av olivin. Helt siden etableringen i 1948 har olivin-produksjon vært den viktigste hjørnesteinsbedrift på Åheim (Aarøen, 1998). Den andre

produsenten er Steinsvik olivin som ligger innerst i Dalsfjorden ved Volda. Fra disse 2 bedriftene produseres det i dag ca. 1,3 millioner tonn med olivin. På midten av 1990-tallet var produksjonen av olivin på rundt 2,6 millioner tonn. I lys av dagens produksjon så er det en utnyttet produksjonskapasitet.

De viktigste bruksområdene for olivin i dag er som slaggdanner, ildfaste materialer, sandblåsing, ballastmateriale og tildekking av forurenset grunn.

Ett nytt og potensielt viktig bruksområde for olivin og dunitt kan være til lagring av CO<sub>2</sub>. En rekke studier har blitt utført med bruk av olivin som CO<sub>2</sub>-oppsamler f.eks (Atashin m. fl., 2015; Béarat m. fl., 2006; Garcia m. fl., 2010; Haug, 2010; Turri m. fl., 2017; Wang m. fl., 2019). Skulle dette bli anvendelig på stor global skala vil norske olivinforekomster med sin beliggenhet nær sjø representere noen av verdens viktigste ressurser til dette formålet.

#### 5.3.4 Forekomster av olivin i Møre og Romsdal

Norges olivinforekomster har vært forholdsvis systematisk undersøkt på landsbasis i flere omganger. De har vært beskrevet av bla. (Gautneb, 1996, 1997, 1998; Lindahl m. fl., 2003). Forekomstene i Åheim har vært beskrevet av bla. (Kostenko m. fl., 2002; Osland, 1998; Seljebotn, 2016). Beskrivelser, analyser og arealdefinering er registrert i NGUs mineralressursdatabase. Beskrivelse av de enkelte forekomster kan derfor hentes derfra.

I denne rapporten gis en oversikt over ressursene og de forhold som vi anser som viktigst. Siden forekomstene i Nordfjord området ved en ressursutnyttelse må sees i sammenheng med de nærliggende forekomstene i den sørligste del av Møre og Romsdal er disse også med i denne beskrivelsen.

*Det er 37 registrerte forekomster av olivin i Møre og Romsdal og nordligste del av Vestland fylke, se Figur 10 og*

**Tabell 2** ~~Feil! Fant ikke referansekilden.~~ ~~Feil! Fant ikke referansekilden.~~



Figur 10 Olivin i Møre og Romsdal, samt Nordfjord-området. Driftsstatus er hentet fra DMF.

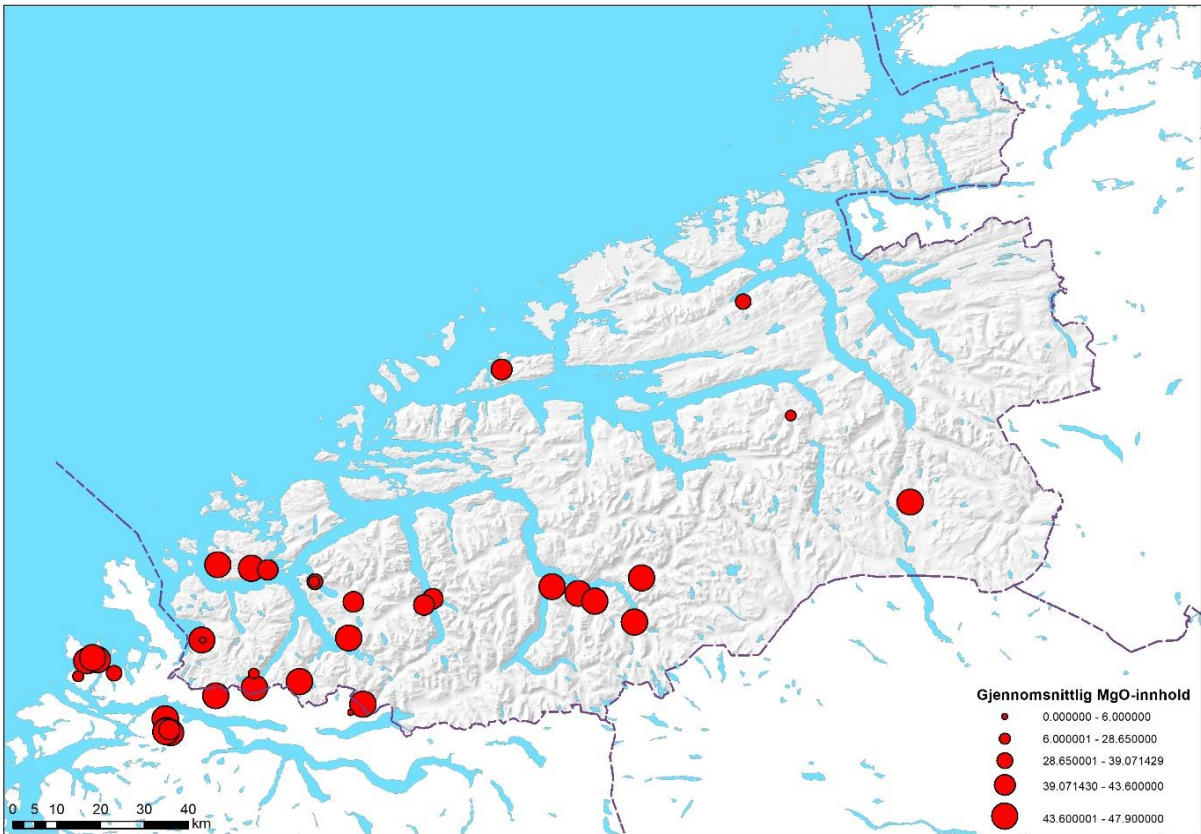


Tabell 2 Forekomster av olivin i Møre og Romsdal fylke inkludert også Nordfjord området i Vestland fylke, sortert på areal.

Depositt no	name	Knr	Knavn	Status	areal Km3	Average MgO	Average SiO2	Average LOI
4	Bjørkedalen	1577	Volda	Occurrence	12.38	45.04	41.00	3.84
15	Gusdal	1511	Vanylven	Active	4.00	47.00	41.45	1.56
56	Onilsavatn	1578	Fjord	Closed	0.66	44.96	42.34	1.55
20	Ullandsvatnet	1577	Volda	Occurrence	0.54	44.94	39.57	6.45
16	Kjølsdalen, (Furuhovden)	4649	Stad	Occurrence	0.49	46.98	42.10	1.30
24	Midsund	1506	Molde	Occurrence	0.44	41.76	38.60	9.32
54	Svarthammeren	1578	Fjord	Closed	0.27	47.18	40.50	2.81
17	Lianeset	1520	Ørsta	Occurrence	0.20	26.62	45.47	1.15
19	Trollkoppevatnet	1520	Ørsta	Occurrence	0.20	39.07	39.84	3.19
13	Rødskaret	1514	Sande	Occurrence	0.18	44.51	38.66	7.70
25	Valldal	1578	Fjord	Occurrence	0.15	45.30	40.13	6.24
67	Grøndalsvatnet, Eid	1577	Volda	Occurrence	0.12	45.30	39.95	5.32
6	Kleberga 2	4648	Bremanger	Occurrence	0.10	45.00	40.60	4.81
7	Kleberga 3	4648	Bremanger	Occurrence	0.10	43.60	40.80	4.96
12	Sandvik	1514	Sande	Occurrence	0.10	47.90	42.25	0.85
29	Vassbakkedalen (Steinsvik olivin)	1577	Volda	Active	0.10	45.73	40.57	4.47
46	Vikafjellet	1511	Vanylven	Occurrence	0.10	-	-	-
26	Sæbø	1520	Ørsta	Occurrence	0.06	42.72	37.36	11.77
22	Raudbergelva	1563	Sunnal	Occurrence	0.05	46.04	38.20	6.44
53	Skrednakken	1578	Fjord	Closed	0.04	46.23	41.08	3.25
3	Høgbruna	1520	Ørsta	Occurrence	0.04	42.48	40.63	5.87
18	Vistdal	1506	Molde	Occurrence	0.04	25.04	48.26	1.00
9	Gammelsætra	4648	Bremanger	Occurrence	0.04	45.70	40.00	5.25
2	Leknesnakken	1520	Ørsta	Occurrence	0.03	43.39	40.70	5.27
65	Dalsfjord	1577	Volda	Occurrence	0.03	24.54	27.98	2.49
10	Torskangerpollen	4602	Kinn	Occurrence	0.02	28.65	48.85	4.59
8	Kleberga 4	4648	Bremanger	Occurrence	0.02	45.00	40.90	4.83
5	Kleberga1	4648	Bremanger	Occurrence	0.01	44.50	41.15	4.76
49	Straumen	4649	Stad	Occurrence	0.01	36.00	44.55	1.95
23	Sjømæling	1557	Gjemnes	Occurrence	0.01	36.90	46.33	6.19
48	Ongelsvatnet	4602	Kinn	Occurrence	0.00	46.10	40.30	5.01
11	Refvikvannet	4602	Kinn	Occurrence	0.00	44.34	42.52	2.91
55	Norddal	1578	Fjord	Closed	0.00	46.07	41.33	2.33
50	Raudeberg	4602	Kinn	Closed	0.00	45.20	42.00	3.59
68	Breidvik	1514	Sande	Occurrence	0.00	46.57	41.07	3.40
66	Heggjadalsvatnet	4649	Stad	Occurrence	-	6.00	64.00	1.78
64	Jøsokstranda	1515	Herøy	Occurrence	0.01	41.43	36.48	13.24

### 5.3.5 Kvalitetsvariasjoner mellom olivinforekomstene.

Den kjemiske variasjon mellom de forskjellige olivinforekomstene er interessant for kvalitetsvurdering. Figur 11 viser variasjonene i % MgO for NGUs registrerte forekomster. En stor andel av forekomstene faller i øverste kvantil. Dette er naturlig siden MgO-innhold er en av de viktigste parametrene for utvelgelse av potensielt interessante forekomster.



Figur 11 Variasjon i MgO-innhold

Hvis vi ser på variasjonen i glødetap (loss on ignition - LOI), Figur 12, ser vi at den motsatte fordeling er tilfellet. Forekomster med høyt glødetap har som regel lavere MgO-innhold.



Figur 12 Variasjon i glødetap (LOI)

Det at olivinforkomstene på Møre generelt er lite omvandlet (serpentinisert) er karakteristisk. Tilsvarende forekomster sørover i Vestland fylke har i alminnelighet betydelig høyere glødetap og kan være totalt omdannet til talk og serpentinit, og er dermed også uegnet som olivin-råstoff.

#### 5.3.6 Potensiellaet for nye drivverdige olivin-forkomster.

Forbruket av olivin varierer sterkt med behovet til metallurgisk industri, som igjen er sterkt konjunktur-avhengig. Produksjonen av olivin i Norge har gått ned med en million tonn siden 1990-tallet. Olivinprodusentene, først og fremst Sibelco på Åheim, har dermed en uutnyttet produksjonskapasitet. Hvorvidt det vil være økonomisk mulig for nye produsenter å etablere seg skal NGU ikke spekulere i men vi konstaterer overnevnte forhold. Det finnes et titalls forekomster som kan settes i produksjon, men ingen med samme etablerte infrastruktur som Åheim.

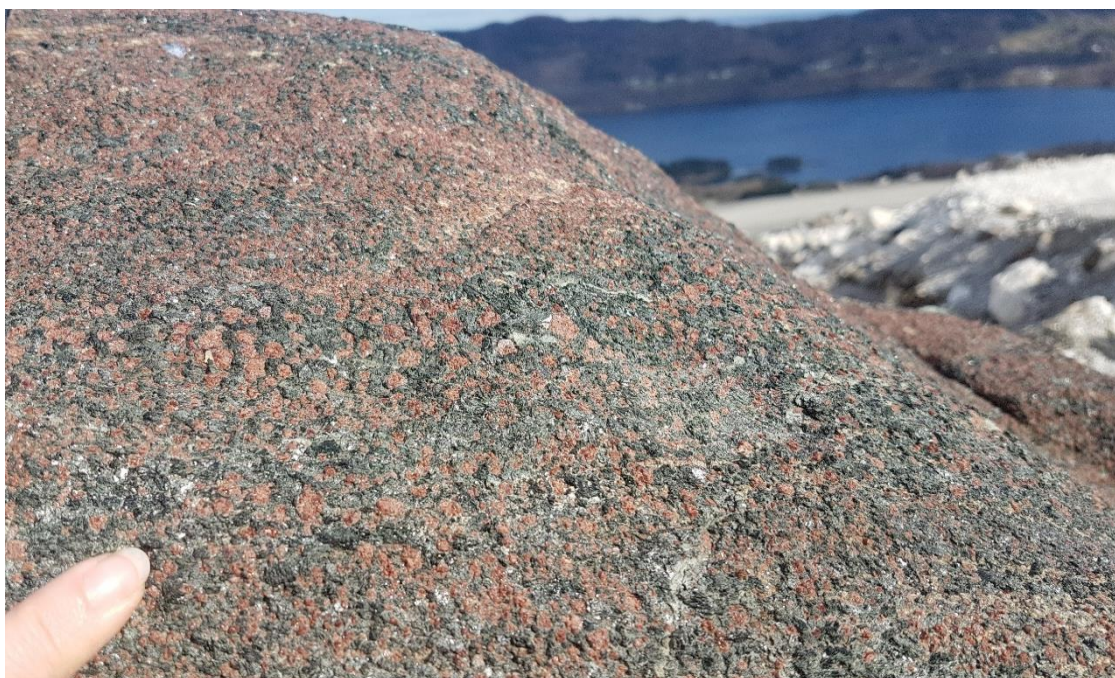
Skulle lagring av CO<sub>2</sub> i form av magnesiumkarbonat bli en økonomisk relevant metode kan dette bilde endre seg drastisk.

### 5.4 Andre industrimineraler

Det finnes også registreringer av andre industrimineraler i Møre og Romsdal enn olivin og kalkstein/marmor.

Tidligere har det også vært drift på glimmer/muskovitt (Osdalen og Seteraksla) og pegmatittisk feltspat (Sjøholt og Alnakken), samt prøvedrift på granat (Vassbotnet og Nerlandsøy), men ingen av disse er vurdert til å ha potensiale for fremtidig utnyttelse.

Derimot kan det være potensial for uttak av granater ved Visnes hvor man allerede har en infrastruktur for uttak. Sidebergarten til kalkspatmarmoren, kartlagt som en eklogitt eller granat-amfibolitt. Denne bergarten utnyttes i dag blant annet til ballastering, overdekning og beskyttelse av neddykkede installasjoner, men inneholder også opptil 30% granat som potensielt kan brukes som slipemiddel i sandblåsing og kutting med vannjet med mer.



Figur 13 Granater i eklogitt/granat-amfibolitt i Visnes. Foto: A. Raaness, 2021

Det finnes en rekke svært granatrike eklogitter i fylket, flere har vært vurdert med hensyn på granat. Det er imidlertid strenge kvalitetskrav til industriell granatsand bl.a. må granatene være homogene og uten mye interne sprekker som fører til støvdannelse ved sandblåsing. Så langt har ingen forekomst vært funnet drivverdig på granat alene. Det er imidlertid et forhold som kan endre seg ved endrede markedsforhold.

I nærheten av Midsund på Otrøya er det en forekomst av granat med tilnærmet edelsteins kvalitet. Det er laget smykker av disse, men granatene er for små til å ha stor verdi ved kommersiell smykkesteinsproduksjon.

I forbindelse med serpentinisering av olivinforekomster kan man også få dannet talk. De geologiske forholdene er imidlertid slik at det er kun olivinforekomstene på sørsiden av Nordfjord som inneholder industrielle mengder med talk.

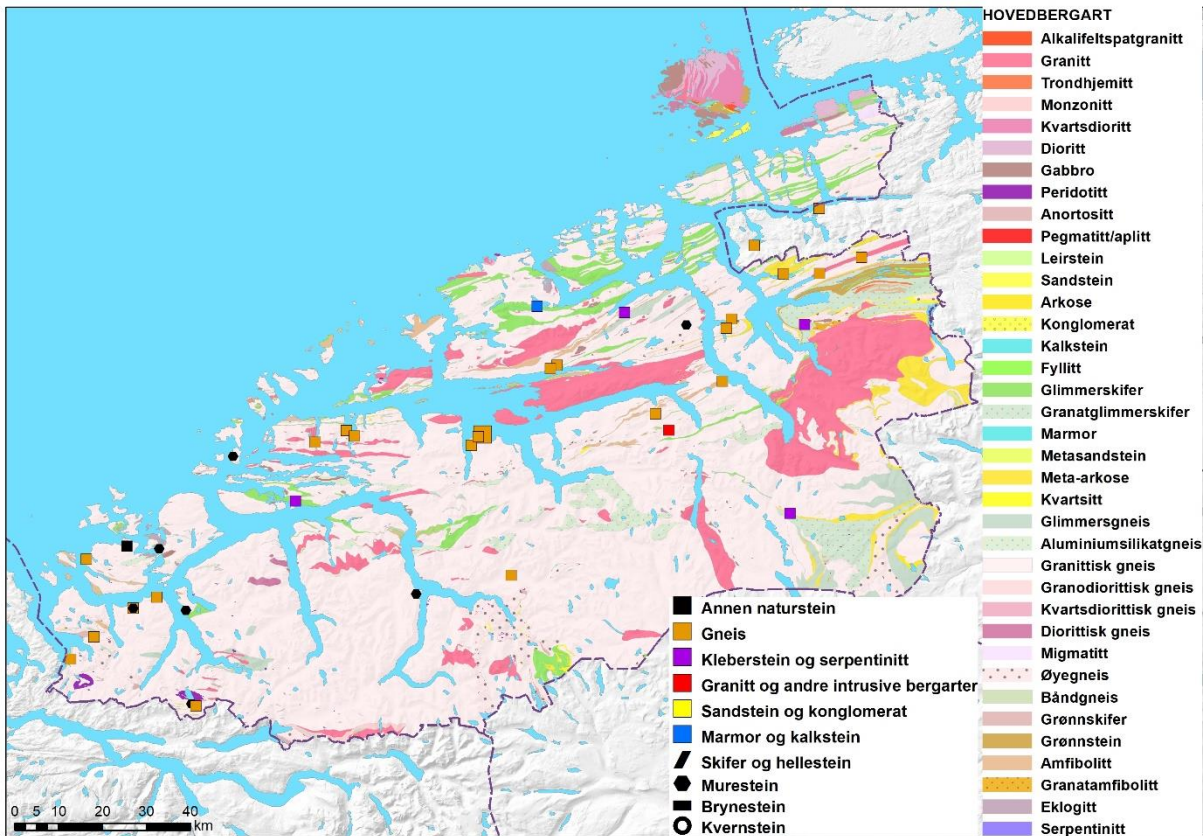
## **6. NATURSTEIN OG MURESTEIN**

### **6.1 Oversikt**

Berggrunnen i Møre og Romsdal domineres av granittisk og diorittisk gneis, som tradisjonelt har vært lite benyttet til naturstein foruten litt tørrmurer og heller. I dag har imidlertid den type tradisjon tatt seg betydelig opp, og det er noen store og en rekke små muresteinbrudd i fylket. Gneis ble også brutt ut i forbindelse med gjenoppbyggingen av Ålesund etter brannen i 1904, men vi kjenner ikke til senere regulær bygningssteinproduksjon fra slike lokale kilder.

Marmor finnes i foldete leier sammen med glimmerskifer, kvartsitt og amfibolitt. Marmoren er oftest hvit, men kan også forekomme i fargete nyanser, og er som regel grovkornet til svært grovkornet. Vi kjenner til at marmor ble brutt ut allerede på 1100-tallet til bygging av steinkirker (Åheim, Borgundkaupangen, Giske, Tingvoll, Herøya). Seinere ble det kalkbrenning som okkuperte mange av forekomstene, men på begynnelsen av 1900-tallet vet vi at det forekom en del produksjon av bygningsstein og gravmonumenter i Molde-Visnesområdet, ved Lyshol i Sykkylven og trolig også ved Digernes i Ørstafjorden (Bugge 1905, Hernes 1950). I dag er de vesentlig industrimineraler som utvinnes av marmoren i Moldeområdet, men ved Naas er det fremdeles sporadisk fremstilling av marmorplater.

I Vistdal var det en liten produksjon av en ultramafisk bergart som ble solgt under navnet «Vistdalitt». Produksjonen foregikk fra ca. 1930 til 1990-tallet. For øvrig er det sporadiske forekomster av kleberstein i fylket, noen kan være utnyttet fra middelalderen eller tidligere.



Figur 14 Naturstein i Møre og Romsdal over berggrunnskart

## 6.2 Muligheter

Etter vår vurdering ligger de største ressursmulighetene ved utnyttelse av murestein. Dette er allerede blitt en virksomhet i fylket. Her bør man være oppmerksom på forekomster som har særlig gode egenskaper for naturlig oppsprekning til murblokkformat og gunstig beliggenhet. Vi vil heller ikke utelukke mer fremtidig utnyttelse av marmor som naturstein; det kan være at dagens marked og teknologi gjør det mer interessant å vurdere slike ressurser enn for 20 år siden. Imidlertid må vi også være oppmerksomme på at kalkdrift gjennom lang tid kan ha fjernet de beste marmorkvalitetene.

## 6.3 Anbefalinger

NGU anbefaler oppgradering og modernisering av databaser for naturstein, med særlig vekt på marmor og murestein. Videre, søke å lokalisere særlig gunstige ressurser av murestein i områder der det vil være forsvarlig med slik drift.

Ålesund har en arkitekturarv av betydelig verdi. NGU vil foreslå en rask bygningsundersøkelse for å registrere bruk av naturstein og hvor den er tatt ut, for fremtidige registreringsformål.



Figur 15 Nærbilde av hvit marmor (venstre) og eksempel på bruk i Aheim kirke (høyre)

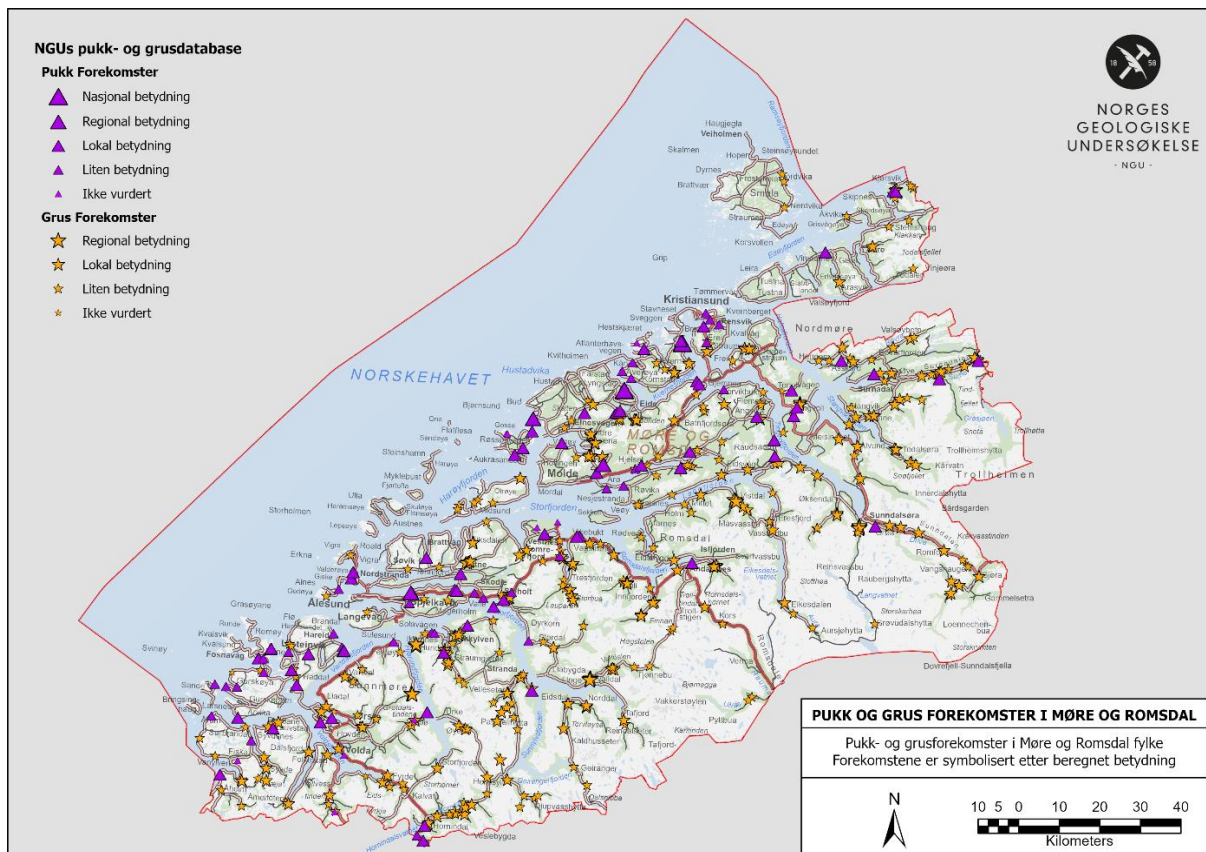
## 7. BYGGERÅSTOFFER

### 7.1 Byggeråstoffer

Uttak av pukk/knust fjell og sand og grus til bruk som byggeråstoff er en viktig mineralnæring i Møre og Romsdal. Mesteparten av byggeråstoffene benyttes lokalt og regionalt, men det er også stor eksport fra fylket. Det er en klar trend i markedet at knust stein (pukk) i større grad overtar som råstoff på bekostning av naturgrus. Dette skyldes både mangel på slik grus, men også at grusforekomster ofte har flere bruksområder, og at uttak kan medføre arealkonflikter. Bergartene i fylket er av varierende kvalitet for byggeformål. Ressursene er middels godt kartlagt, men det kan være fornuftig å foreta en levetidsberegning på slike ressurser; spesielt uttak av sand og grus konkurrerer ofte med annen arealbruk, og levetid for kjente ressurser vil være nyttig i kommunal ressursforvaltning.

### 7.2 Grus

Fylket har relativt begrensede ressurser av sand og grus, men noen forekomster er vurdert til å være av regional betydning. Flere breelvdelta avsatt under og etter siste istid ved fjordene er og har vært viktige ressurser, men det er også andre arealinteresser knyttet til bruken av dem. Flere steder er også forekomstene tilnærmet utdrevet. Det antas at flere grusressurser i fylket har en kvalitet og beliggenhet som gjør at de har et potensiale i markedet til formål som ikke kan dekkes gjennom uttak av pukk.



Figur 16 Registrerte forekomster av byggeråstoffene pukk og grus i Møre og Romsdal



Figur 17 Massetak i breelvvsetning i Standal, Ørsta kommune. Foto: Rolv M. Dahl, 2005.

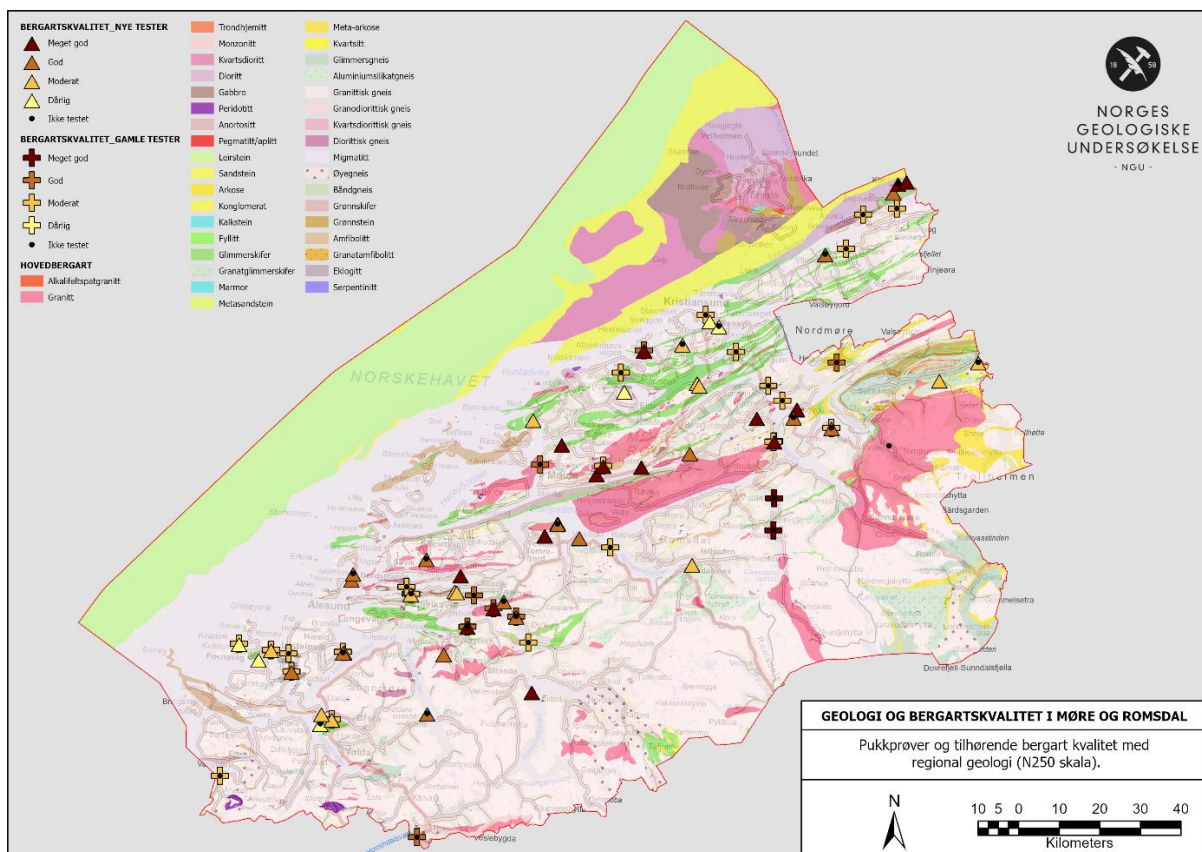
### 7.3 Pukk (knust fjell)

Fylket har store ressurser av pukk. Det finnes muligheter for store, kystnære pukkverk med ulike kvaliteter til spesielle formål. Gneis er de mest benyttede ressursene i store pukkverk, mens eklogitt og trondhemitt er produkter til nisjemarkeder. Som Figur 18 viser, består fylkets berggrunn for en stor del av gneis, som har litt ulik bergartskvalitet.

Vi har i dag ikke oversikt over hvor mye masser fra tunnel- og andre utbyggingsprosjekter som benyttes som byggeråstoff, men kjenner til at større byggeprosjekter (blant annet Ormen Lange-utbyggingen på Aukra) har hatt dette som prinsipp. I fremtiden forventer vi økt fokus på å bruke så mye som mulig av overskuddsmasser for å minimere primæruttak.

### 7.4 Anbefalinger

I forbindelse med både fremtidig bruk av anleggsmasser og behov for primæruttak, anbefales å utarbeide et prognosekart for kvaliteter av pukk i fylket. Det kan utføres ved å supplere eksisterende tester av mekaniske egenskaper med et utvalg av nye, og korrelere resultatene med berggrunnsgeologi. I tillegg vil NGU anbefale å vurdere nye, fremtidige ressurser for eksport av pukk. Vi har ikke detaljkunnskap om ressursstrømmene internt i fylket, det vil et eventuelt ressursregnskap kunne gi svar på.



Figur 18 Pukk-kvalitet, sammenholdt med berggrunnskart.

## 8. GEOLOGISK MANGFOLD OG NATURBASERT REISELIV

Geologisk mangfold er variasjonene i berggrunn, mineraler, løsmasser, landformer og prosessene som skaper dem. Det geologiske mangfoldet er både en kilde til variasjon i biologisk mangfold, natur- og kulturlandskap. Disse områdene kalles for geotoper. Det geologiske mangfoldet er også geosteder, lokaliteter for geologisk arv med en iboende verdi for forskning, undervisning og opplevelser.

Geologisk mangfold er definert som en del av vårt naturmangfold og er innlemmet i naturmangfoldloven. Det er regnet som en naturressurs med naturmangfoldsverdi. Geologisk mangfold er en viktig ressurs for naturbasert reiseliv, men kanskje viktigst som en ressurs for kunnskap om og ivaretagelse av naturgrunnlaget.



Møre og Romsdal har et spektakulært landskap som er en viktig innsatsfaktor i en omfattende naturbasert reiselivsnæring, som også er opptatt av å drive etter bærekraftige prinsipper. En kartlegging av fylkets geologiske mangfold vil kunne gi bedre verktøy for de som jobber med å skape opplevelsesprodukter basert på fjorder, fjell, øyrekker og spektakulære landskap.

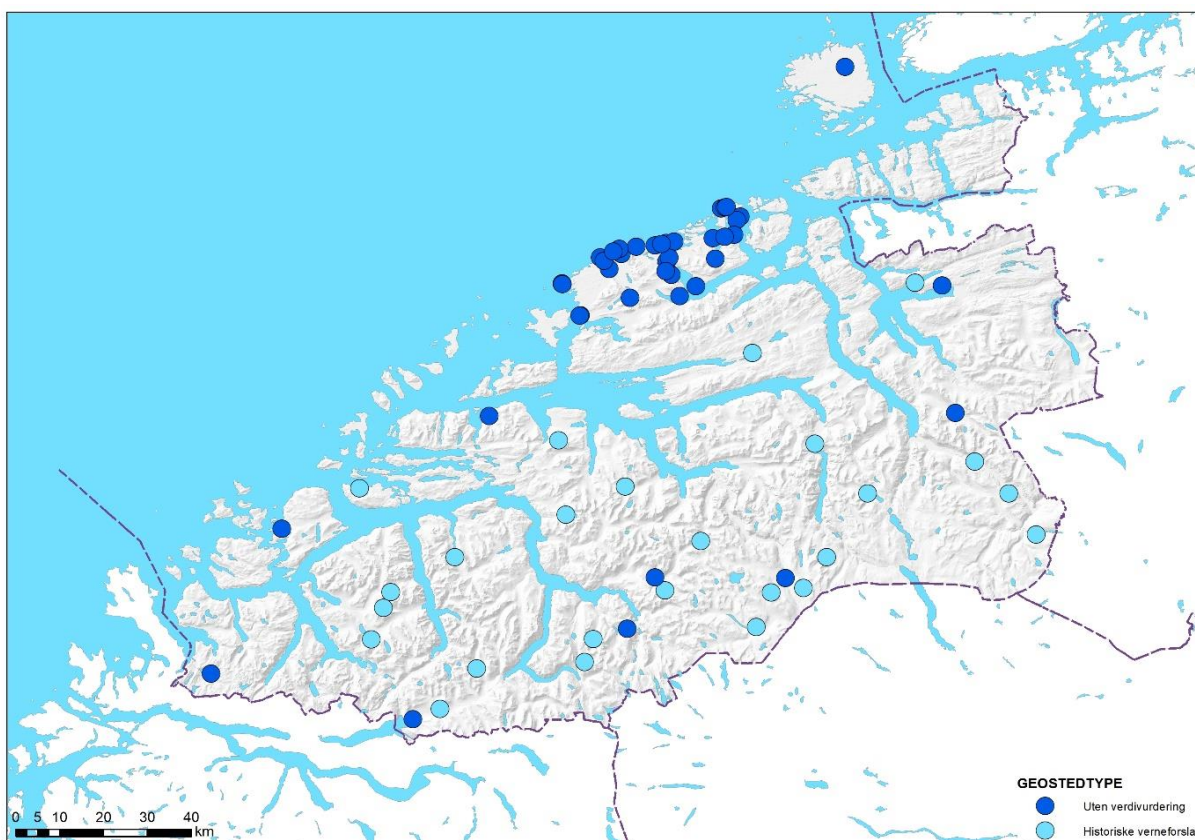
Samtidig har fylket en rekke steder med geologiske lokaliteter som er viktige naturdokumenter. Disse bidrar til forståelsen av hvordan landskapet og naturressursene i fylket har blitt til, og/ eller gir grunnlag for et verdifullt biologisk mangfold.

### 8.1 Geologi som kilde til variasjon

Områder med variasjoner som grunnlag for et biologisk og/eller kulturlandskapsmessig mangfold, kalles for geotoper. Dette inkluderer blant annet landformer. Verdien av en geotop er sterkt knyttet til kvantitative størrelser (sjelden, truet osv). Landformkartlegging er et konsept som kartlegger spesifikke landformer med tanke på å få oversikten over hvilke som er sjeldne eller truet, og som dermed trenger ekstra oppmerksomhet fra forvaltningen.

### 8.2 Geologisk arv

Områder som har en egenverdi for geologisk arv kalles for geosteder. Verdien på slike geosteder vurderes kvalitativt. Metodikken for å kartlegge og verdivurdere slike geosteder er relativt ny, og skal blant annet benyttes i konsekvensutredninger, der også konsekvenser for geologisk mangfold skal vurderes. Arbeidet med å lage kart med verdisatte geosteder, såkalte verdikart er så vidt i gang. Foreløpig har vi lite av dette i dagens NGU-database for geologisk mangfold. Et verdikart over geologisk mangfold for Møre og Romsdal kan synliggjøre svært verdifulle områder i regionen og kunne benyttes aktivt i samspill med ressurskartlegging. Ved evt. mineraluttak vil en i forkant ta høyde for avbøtende tiltak og ivaretagelse i koeksistens og bidra til økt legitimitet for uttaket. I tillegg vil høye verdier for opplevelse være en viktig ressurs for naturbasert reiseliv.



Figur 19 Registrerte geosteder i Møre og Romsdal i NGUs database for geologisk arv

### 8.3 Grotter og karst

Begrepet karst omfatter karakteristiske landformer på og under overflaten, som dannes når lettoppløselige bergarter (hovedsakelig av bergartene kalkstein, marmor, dolomitt) løses opp i vann under bestemte geologiske og hydrologiske forhold. Grotter, doliner og karstdekker er typiske karstlandformer i Norge. Grotter kan utgjøre komplekse nettverk under bakken, og den kan ha en unik biodiversitet.

NGU er nå i gang med å bygge en nasjonal grotte- og karstdatabase. Dette vil være en database som inneholder informasjon om karstgrotter, andre karstformer og andre grottetyper. Grotte og karst-databasen vil være et viktig verktøy i veiplanlegging og andre infrastrukturprosjekter for å ivareta rødlistearter, og for å unngå geofarar, for eksempel tilstedeværelsen av karstformer som kan gi utfordringer for infrastruktur, for eksempel såkalte «synkehull». NGU samler egne data om grotter og karstformer fra eget arbeid, og andre kilder, men besitter ikke en komplett oversikt og samarbeider derfor med andre institusjoner i dette arbeidet.

NGU har i dag i alt 58 registreringer av grotter og karstformer i Møre og Romsdal, dette er grotter i form av ulike typer brenningshuler og grotter, nedløp, jettegryter og jettegrytefelt. Oversikten antas å være mangelfull.

Møre og Romsdal har en lang og rik kulturhistorie med flere viktige arkeologiske lokaliteter i grotter og hellere. Grotter og hellere representerer et unikt arkiv over klimaendringer med sitt innhold av sedimenter, dryppsteiner og beinrester. Til grotter og hellere er det knyttet mange sagn og historier, og de er derfor også viktige kulturminner. De har vært brukt som boliger, gravplasser, skjulesteder og templer i steinalder og tidligere epoker. Under følger en kort omtale av utvalgte huler.

Det mest kjente havbrenningshulene er Skjonghelleren på Giske og Hamnsundhelleren i Ålesund, disse ble beskrevet av Hans H. Reusch i det populærvitenskapelige magasinet *Naturen* i 1877 (Reusch, 1877) og er også kartlagt av henholdsvis (Larsen, Lie & Indrelid, 1984) og (Valen, Larsen & Mangerud, 1994).

Karstgrottene i fylket er lite undersøkt. Trollkyrkja er en av de mest kjente grotter på Nordmøre og er et mye brukt turmål, grotta ligger ca. 10 km vest for Eide, om lag 500 moh. Trollkyrkja er en karstgrotte med lengde på 500 m. Det renner en bekk gjennom deler av grotta med et 14 meter høyt fossefall. Ifølge Schrøder (privat meddelelse) skal det være en grotte i fylket som er lengre enn en km, ved Volda. NGU har ikke ytterligere opplysninger om denne. Kalkgrotter og karstformer er ellers blant annet kjent fra Surnadal og fra Larsnes.

### 8.4 Anbefalinger

For å kunne ha tilstrekkelig kunnskap om naturgrunnlaget og for naturbasert reiseliv i fylket vil en kartlegging av fylkets geologiske mangfold være nødvendig.

Landformkartlegging er en nyetablert metodikk, som per dags dato ikke er tilgjengelig i NGUs databaser. I Møre og Romsdal finnes ingen slik kartlegging så langt. For tiden testes metoder for å mest mulig effektivt kartlegge utvalgte landformer knyttet til istiden.

Per dags dato, har NGU en database for ikke-verdivurderte geologiske lokaliteter. I Møre og Romsdal fylke består dagens datasett av et tynt og spredt datagrunnlag hovedsakelig basert på foreldete verneforslag, med unntak av Kristiansund-Hustadvika. En oppdatert kartlegging og verdivurdering av lokaliteter kan gi fylket et bedre verktøy for naturbasert reiseliv og bedre grunnlag for sin forvaltning av natur.

NGUs datasett om grotter og karstformer i fylket krever en kvalitetsheving og geografiske plasseringer må bekreftes, oppgitte grotter og karstformer fra andre kilder må bør verifiseres, vurderes og dokumenteres gjennom feltundersøkelser. En oppdatert kartlegging vil gi fylket bedre informasjon som kan brukes i veiplanlegging og andre infrastrukturprosjekter, for å ivareta rødlistearter, og for å unngå geofarar.

## 9. STATUS PÅ KARTLEGGING OG KUNNSKAPSNIVÅ, FORSLAG TIL PRIORITERTE TILTAK

### 9.1 Geologisk kartlegging

De geologiske berggrunnskartene danner et viktig grunnlag for identifisering og vurdering av mineralressurser i berg, og brukes dessuten som grunnlag i utbygging av infrastruktur, i oljeindustri, havbruk og turistnæring. Berggrunnskartene baserer seg på tolkninger fra iherdige timer med feltkartlegging over flere sesonger, i tillegg til blant annet geofysiske data og terrengdata. Under feltarbeidet studeres bergarter og strukturer i berggrunnen, og det tas prøver for å bestemme mineralinnhold, kjemisk sammensetning, tektonisk historie og alder. Til sammen danner all denne informasjonen grunnlaget for å sammenstille et berggrunnsgeologisk kart, som i tillegg til fordelingen av de ulike bergartene, viser den geologiske historien og oppbyggingen av området.

Fylket er generelt sett dårlig dekket av gode høy-oppløselige berggrunnsgeologiske kart i mer detaljert målestokk enn 1:250 000. Det er totalt 13 kartblad i berggrunn 50 000-serien merket som "godkjent", som berører fylket. Disse 13 kartene er produsert i årene 1975-2003, og kvaliteten er varierende, men oppfyller i hovedsak ikke dagens krav til berggrunnskart. Dette betyr blant annet at de kan mangle geologiske profiler, mangler en tektonostratigrafisk oppbygging eller har en for generalisert inndeling og beskrivelse.

Per i dag foregår det berggrunnskartlegging for kartbladene Kristiansund og Bremnes, med ønske om utvidelse til Vinjeøra, Hemne, Skarsøya og Halså. I dette området har det allerede blitt gjort en del arbeid, og noen av disse kartbladene kan muligens ferdigstilles med en begrenset innsats. Øvrige kartblad krever en betydelig innsats. Normalt påregnes et nytt berggrunnskart en tidsramme på 4-5 år med et forskerteam på 3-4 personer. Om kartblad er nært geologisk knyttet sammen med likheter i det regionale bildet, blir tidshorizonten mindre.



Figur 20 Dekningskart over berggrunn 1:50 000. Godkjente og publiserte kart er skraverne med farge.

## 9.2 Geofysisk kartlegging

Geofysisk kartlegging av store områder er mest effektiv og økonomisk med fly eller helikopter. NGU har kartlagt Norge fra lufta siden 1959 og har siden 1974 kontinuerlig fløyet deler av landet på nytt for å forbedre datakvalitet og detaljnivå. De data NGU samler inn omfatter magnetiske, radiometriske og elektromagnetiske data som bidrar med viktig bakgrunnsinformasjon for geologisk og ressursrettet kartlegging. Dessuten inneholder data fra flymålinger viktig informasjon om potensialet for radonfare, opptreden av kvikkleire, svakhetssoner i fjell, og områder med mulighet for relativt høye temperaturer i fjell som indikerer potensial for geotermisk energi.

Store deler av Møre og Romsdal fylke er i dag bare målt med lav oppløsning og med bare noen av målemetoder NGU vanligvis bruker, se Figur 21 og Tabell 3.

Hele Møre og Romsdal fylke ble fløyet med fly i perioden 2011-2013 i sammenheng med to industrifinansierte forskningsprosjekt 'Crustal onshore-offshore project', COOP1 og 2 (Olesen m. fl., 2013, 2015). Formålet med prosjektet var å kople geologi på land med geologi på sokkelen, og flymålingene ble tilpasset dette formålet. Det vil si at kystområdet med SAS-11 og TRAS-12 (**Feil! Fant ikke referanseilden.**) er kartlagt med god oppløsning og med magnetiske og radiometriske metoder. Dataene ble benyttet for å oppdatere berggrunnskart langs kysten og for å undersøke potensial for geotermisk energi (Maystrenko m.fl., 2015). Elektromagnetiske (EM) metoder for å kartlegge blant annet kvikkleire og opptreden av sulfidmineraliseringer mangler.

I 2013 ble det i tillegg målt magnetometri (STAS-13) øst for SAS-11. Disse to datasettene gir full flymagnetisk dekning over hele fylket (**Feil! Fant ikke referanseilden.** og Tabell 3). Den lave oppløsningen av STAS-13 er ikke tilstrekkelig for bruk i for eksempel geologisk kartlegging i 1:50.000-målestokk, men har likevel ny og nyttig informasjon for mer regional geologisk kartlegging i 1:250.000-målestokk.

Det ble også laget aktsomhetskart for svakhetssoner i fjell med bruk av AMAGER-metoden (Olesen m. fl., 2007, Baranwal m. fl., 2017, Brønner m. fl., in press), som er basert på magnetiske data. Aktsomhetskart gir nyttig informasjon for arealplanlegging som veibyggning og fergefri E39.

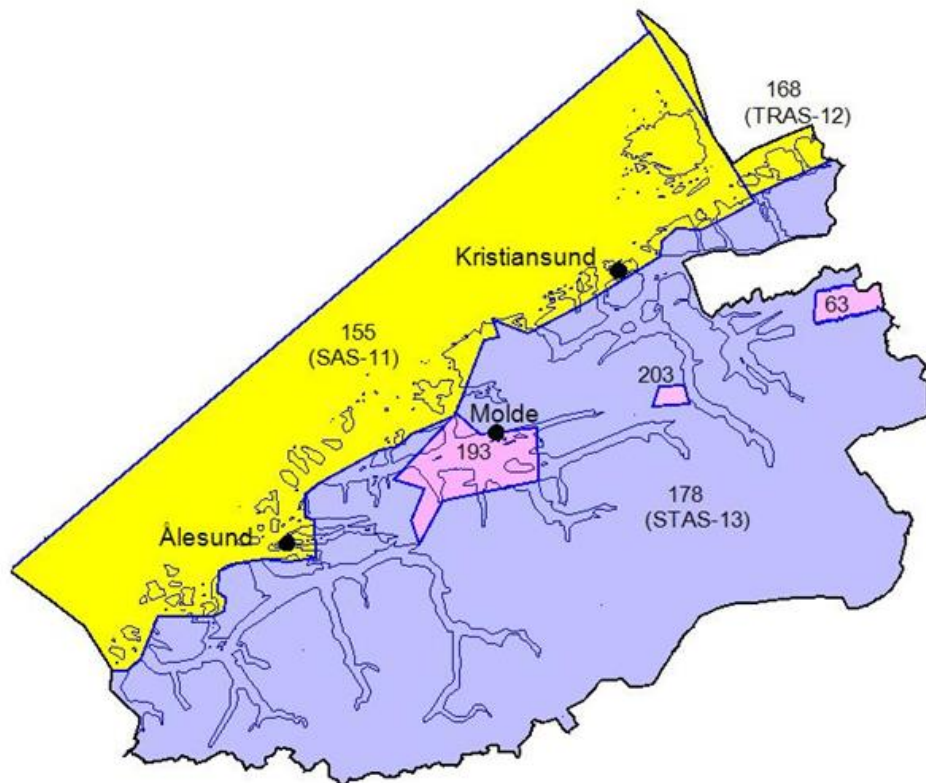
I tillegg foreligger noen lokale datasett som ble innsamlet av NGU og private aktører i forbindelse med mineralressursundersøkelser og planlegging av ny E39. Disse data skal rapporteres til Direktoratet for Mineralforvaltning (DMF). NGU har imidlertid ikke fullstendig oversikt over alle datasett skaffet til veie av private aktører. Vi har i dag kjennskap til og data for tre områder hvor det er utført detaljundersøkelser: Surnadalen (1982), Moldefjorden (2014-2015) og Raudsand (2016). De førstnevnte målingene ble utført i forbindelse med malmleting i Løkken-området i Trøndelag.

Sammenlignet med andre fylker har Møre og Romsdal mangelfull dekning med høyoppløselige geofysiske data. Samtidig viser Coop-data langs kysten stort potensial for bruk av denne type data i geologisk kartlegging og mineralressursundersøkelser, samt for arealplanlegging. Coop-data ble for eksempel brukt i planleggingen av de store tunnelprosjektene på Nordøyane (Dehls m.fl., 2012). Store infrastrukturprosjekter, som bygging av slike nye veier og tunneler, blir lettere å planlegge og gjennomføre etter budsjett med bedre kunnskap om svakhetssoner i fjellet. NGU har allerede utført helikoptermålinger over deler av Romsdalsfjorden for Vegvesenet før planlegging av ny E39 gjennom området (den såkalte Møre-aksen) (Ofstad 2015, Rønning m. fl., 2019). Raudsand-målingene i 2016 ble utført for å kartlegge mulighetene for lagring av avfall i nærheten av de gamle jern/vanadium-gruvene i Raudsand (Rønning m. fl., 2016).

Eksempel fra andre deler av landet viser at radiometri også bør måles i resten av fylket for å kartlegge potensialet for radon, samt for å påvise opptreden av Cs forårsaket av radioaktivt nedfall relatert til Tsjernobyl. Berggrunnen i Kristiansund inneholder forholdsvis mye uran og har derfor en fare for høye radonkonsentrasjoner i boliger. Den østlige delen av fylket ble dessuten rammet av Tsjernobyl-nedfall.

Kvikkleire-problematikken er kjent i enkelte områder i fylket og EM-målinger fra helikopter kan gi supplerende data for NVEs kartlegging i området.

Det er utført geofysisk logging i tre dype borehull, Aure (Tjeldbergodden), Smøla (Veidholmen) og Tingvoll (Raudsand). De termiske gradientene i dette området er høyere enn i de fleste andre steder i landet. Kristiansund kommune har derfor et potensial for å utnytte dyp geotermisk energi i sitt fjernvarmeanlegg.



Figur 21 Dekningskart for Møre og Romsdal viser områder som er geofysisk kartlagt fra fly og helikopter. De store gule og blå områdene er målt med fly. Det gule området er målt med lav flyhøyde (60 m) og liten profilavstand (250 m) og har både magnetiske og radiometriske målinger mens det blå området har magnetiske målinger med mer enn 200 m flyhøyde og 1000 m profilavstand. De røde områdene viser detaljundersøkelser med helikopter.

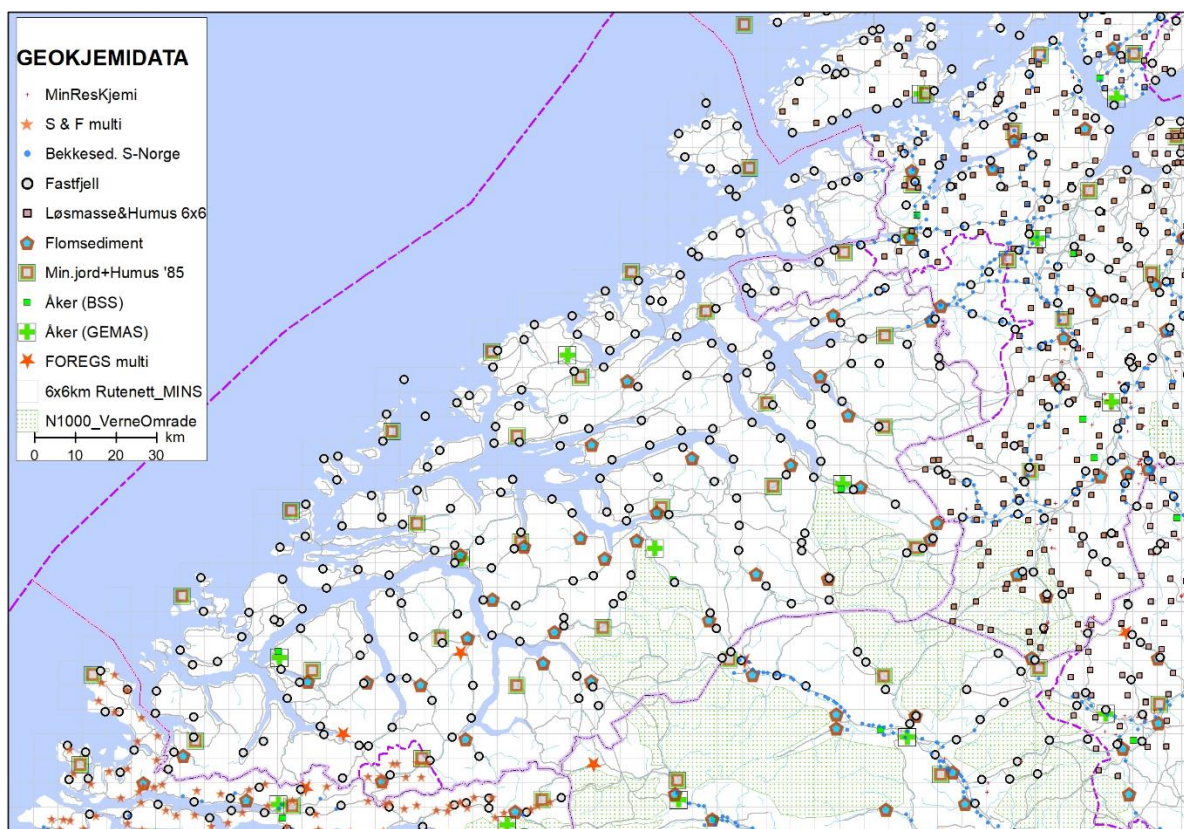
Tabell 3 Opplysninger om fly- og helikopter-målinger innenfor Møre og Romsdal fylke. Det kan eksistere flere detaljundersøkelser fra private aktører som NGU ikke har kjennskap til. Kolonnene for 'Total profilengde' og 'Areal' vise til hele måle-oppdraget og ikke bare området innenfor Møre og Romsdal fylke. Dette gjelder alle oppdrag unntatt de to siste i tabellen.

Id-nummer i NGUs database	Navn	År	Rapport	Tittel	Instrument-høyde (m)	Profil-avstand (m)	Total profil-lengde (km)	Operatør	Metode	Areal (km <sup>2</sup> )	Fly/ helikopter
63	Løkken - 1982	1982	BV 4607	DIGHEM II survey of Løkken area for Orkla Industrier A/S	60	200	4 415	DIGHEM	Mag, EM	929	Helikopter
155	SAS - 2011	2011	R11089	Fixed-wing magnetic and radiometric survey of the Stad Region in Western Norway.	60	250	58 023	Novatem Airborne Geophysics	Mag, Rad	13 416	Fly
168	TRAS - 2012	2012	Novatem C12095_NGU	Airborne magnetic and radiometric survey Norges geologiske undersøkelse (NGU) calibration report Trøndelag Region Airborne Survey: TRAS-12 Norway 2011-2014	60	250	170 418	Novatem Airborne Geophysics	Mag, Rad	36 420	Fly
178	STAS - 2013	2013	EON Geoscience Inc. Report	Geological Survey of Norway (NGU) fixed wing Stavanger-Trondheim Aeromagnetic Survey 2013 (STAS-13) Final Survey Report	200	1000	75 115	EON Geoscience Inc.	Mag	67 797	<b>Fly</b>
193	Romsdalsfjorden - 2015	2015	NGU rapport 2015.015/2015.016	Helikopter-borne magnetic and radiometric geophysical survey in Romsdalsfjorden, Møre og Romsdal. / Tunnel under Romsdalsfjorden ved Molde. Tolkning av svakhetssoner fra magnetisk data målt fra helikopter.	52	200	2 750	NGU	Mag, Rad	464	Helikopter
203	Raudsand - 2016	2016	NGU Rapport 2016.037	Helikopter-borne magnetic, electromagnetic and radiometric geophysical survey in Raudsand, Nesset municipality, Møre og Romsdal county	47	100	700	NGU	Mag, EM, Rad	67	Helikopter

### 9.3 Geokjemisk kartlegging

Eksisterende geokjemi-data som dekker hele Møre og Romsdal fylke utgjør en del av de landsdekkende datasett fra 1980-90-tallet. En undersøkelse av løsmasser og humus med drøye 500 lokaliteter (ca 1 lokalitet/600 km<sup>2</sup>) for hele landet ble gjennomført i et samarbeid mellom NGU og Universitetet i Trondheim/AVH (nå IKJ/NTNU) 1985-86. Analyser av 29 grunnstoffer i mineraljordas B- og C-horisonter, samt i humuslaget ble rapportert av Njåstad m. fl. (1994). Med noe tettere prøvetaking (ca 1/470 km<sup>2</sup>) samlet NGU inn flomsedimenter fra 690 elvesletter i hele landet i 1995-96. Disse prøvene ble analysert på 32 grunnstoffer etter salpetersyreekstrakt, og for totalinnholdet av 31 grunnstoffer med røntgenfluorescenssteknikk (XRF). Resultatene foreligger i bokform (Ottesen m. fl., 2000). Et par mindre undersøkelser er gjennomført i Nesset kommune (Sæther og Follestad, 1992), og i Tingvoll kommune (Ryghaug, 1983). Disse omhandlet hhv vurdering av mulig aluminiumforurensning eller naturlig forgiftning, og en vurdering av Fe- og Ti- konsentrasjoner i området rundt Rausand.

Geokjemisk prøvetaking, analyse og rapportering pågår for tiden på nasjonalt plan, og prøvetaking i Møre og Romsdal fylke startet i juni 2021. Prøvetakingen vil ventelig være fullført i 2022 med om lag 420 lokaliteter. Prøvetakingen følger et mønster med rutenett på 6x6 km, der det tas en prøve av «kortreiste» løsmasser (morene, forvittringsjord eller skredmasser) og en av humuslaget, og etter ekstraksjon i kongevann analyseres prøvene mhp konsentrasjon av 53 grunnstoffer. Datasettet, som så langt omfatter Nord-Norge (Reimann m.fl., 2011) og Trøndelag (Finne m. fl., 2014, Finne og Eggen, 2015, Flem m.fl. 2020 og 2021), demonstrerer regionale variasjoner i konsentrasjon av grunnstoffer. Det kan være interessant kunnskap i flere sammenhenger, eller avsløre kjemiske forhold som kan støtte ulike letemodeller. De geokjemiske data er samtidig viktig i natur- og miljøforvaltning. Det finnes noe eldre data, som bl.a. jordprøvene fra Todalen tatt på 1970-tallet viser, (se kap. 3.4). Når data for Møre og Romsdal fra det nasjonale kartleggingsprosjektet foreligger, bør det prioriteres områder for mer detaljerte og tverrfaglige undersøkelser.



Figur 22 Kartet viser lokaliteter prøvetatt og analysert for 10 – 65 grunnstoffer slik: Prøvemedium /antall i fylket, referanse. FOREGS multi (flomsediment, humus, løsmasse, bekkesediment, bekkevann)/2, Foregs Geochemical Atlas (gtk.fi) <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/>; Åker (BSS) Ploglag og dypt lag/4, Reimann m. fl. 2000, Reimann m. fl. 2003; Åker (GEMAS) ploglag og beitelandjord/ 5, Reimann m.fl. (2014); Min.jord +Humus '85/25. Njåstad m.fl. 1994; Flomsediment/31, Ottesen m.fl. 2000; Fastfjell/176 borkjerner og 41 andre bergartsprøver. Slagstad 2017. Løsmasse&Humus 6x6, Bekkesed S-Norge, S&F

multi og MinREsKjemi (kjemiske analyser hentet fra NGUs mineralressursdatabase) er tatt med for å illustrere forskjellen i observasjonstetthet mellom fylkene.

## 10. KUNNSKAPSNIVÅ OG FORSLAG TIL PRIORITERTE TILTAK

Møre og Romsdal har et mangelfullt kartlagt ressurspotensial. Moderne undersøkelser og karakterisering av kjente ressursobjekter i regionalt perspektiv, med henblikk på funn av nye forekomster, har i liten grad blitt gjennomført. En regional sammenstilling av eksisterende data bør danne grunnlag for detaljering av videre undersøkelser innen alle typer mineralressurser og geologisk arv.

Basert på gjeldende kunnskap om mineralressurser, samt status på geologisk, geofysisk og geokjemisk kartlegging er det i Tabell 4 satt opp et forslag til tiltak som kan iverksettes for å utvide mulighetsrommet for fremtidige funn av drivbare mineralressurser i Møre og Romsdal. Det er imidlertid viktig å være klar over at geologiske data som vil frembringes via de foreslåtte undersøkelsene har bruksverdi som går langt utover de rene næringsinteressene. Geologiske, geokjemiske og geofysiske data er viktige i miljø- og samfunnsikkerhets-perspektiv og for forvaltningen av naturressurser i videre forstand enn mineralske råstoffer. Kunnskapsnivå og forslag til tiltak er angitt tabellarisk i Tabell 4.

Tabell 4 Vurdering av kunnskapsnivå og behov for tiltak

Type	Kap	Kunnskapsnivå	Behov for tiltak
Geologisk kartlegging	9.1	Med unntak av enkelte områder er fylket mangelfullt geologisk kartlagt i målestokk 1:50.000	Det bør utarbeides en langsiktig plan for videre geologisk kartlegging. Dette vil gi en bedre kartdekning i fylket som grunnlag for blant annet utbygging av infrastruktur, i oljeindustri, havbruk og turistnæring. Gode geologiske kart er en forutsetning for kartlegging rettet mot bestemte ressurstyper av økonomisk interesse.
Geofysisk kartlegging	9.2	Langs kysten og i tre små områder er fylket kartlagt med høyoppløselige data, utover det er oppløsningen for lav for bruk i for eksempel geologisk kartlegging i 1:50.000-målestokk. Radiometriske data mangler i store deler av fylket og elektromagnetiske målinger mangler totalt.	Geofysiske data er viktige bakgrunnsdata for kartlegging av geologi- og geologiske ressurser og bør inngå som en del av dette arbeidet. Kvikkleire og radonproblematikk bør følges opp med flere detaljkartlegginger. Terreng med høye fjell krever kartlegging med helikopter
Geokjemisk kartlegging	9.3	Eksisterende geokjemi-data som dekker hele fylket, inngår i landsdekkende datasett fra 1980-90-tallet. Ny geokjemisk prøvetaking, analyse og rapportering pågår for tiden på nasjonalt plan, prøvetaking i Møre og Romsdal fylke startet i juni 2021, vil etter planen være fullført i 2022 med om lag 420 lokaliteter.	Når data for Møre og Romsdal fra det nasjonale kartleggingsprosjektet foreligger, bør det prioriteres områder for mer detaljerte og tverrfaglige undersøkelser. Dette datasettet vil være interessant kunnskap i flere sammenhenger, blant annet kan det avsløre kjemiske forhold som kan støtte ulike letemodeller. De geokjemiske data er samtidig viktig i natur- og miljøforvaltning.
Vanadium og Jern-Titan	3.2	Malmen i Rausand består av disseminert til semi-massiv magnetitt (vanadiumholdig) og ilmenitt, og opptrer i form av en rekke malmkropper i amfibolitt. Ved nye grunnundersøkelser ved Raudsand i 2016 ble det påvist en magnetisk anomali som ansees å representere en tilleggsressurs, men kvalitet og størrelse på denne er ukjent. Vanadium er av EU ansett som et kritisk viktig element på grunn av stor avhengighet av import fra land utenfor EU.	Forekomsten og ressursgrunnlaget i Rausand og mineralpotensialet i regionen rundt Rausand bør vurderes på nytt med fokus på jern, titan og vanadium.
Rutil	4.1	Rutil-førende eklogittbergarter er vanlige i deler av regionen, men har ikke vært ansett å ha økonomisk interesse for rutil.	Den tilgjengelige informasjonen er svært mangelfull, og mulighetene for interessante rutil (og granat)-forekomster bør undersøkes nærmere.
Kobber	4.2	Det er ingen økonomisk interesse ut fra forliggende informasjon	ingen



Sjeldne jordarter (REE)	4.3	Analyser av jordprøver fra Todalen i 1977 hadde et høyt innhold av Ce, La og Y. Sjeldne jordartsmetaller kan ha økonomisk interesse i dagens situasjon.	Sett i lys av dagens store interesse for sjeldne jordarter er det relevant å vurdere nærmere en geokjemisk anomali i Todalen på nytt. Det vil også være relevant å prøveta andre bergarter i fylket med henblikk på sjeldne jordarter.
Kalkstein og marmor	5.2	I tillegg til de forekomstene hvor det er aktiv drift idag, er det flere registreringer som bør undersøkes nærmere for å kartlegge variasjon i kvalitet.	Systematisk prøvetaking og nye analyser vil gjøre det mulig å gjøre en sammenlignende studie av kvalitet for alle kalkspat- og dolomitmarmor-registreringene i fylket. Med en slik studie vil det være mulig å si noe om potensialet for forekomster som pr i dag ikke er i drift
Olivin	5.3	Norges olivinforekomster har vært systematisk undersøkt på landsbasis. Dette er registrert i NGUs mineralressursdatabase. Variasjon i MgO-innhold mellom de ulike olivinforekomstene bør undersøkes nærmere. Et nytt potensielt bruksområde for olivin kan være til lagring av CO <sub>2</sub> .	Systematisk prøvetaking og nye analyser av for å kartlegge MgO-innholdet vil gjøre det mulig å foreta en sammenlignende studie av alle olivinforekomster i fylket.
Granat	5.4	Sidebergarten til kalkspatmarmoren på Visnes, eklogitt, inneholder opptil 30 % granat som potensielt kan benyttes som slipemiddel og kutting.	Granatrike eklogitter i fylket bør vurderes nærmere med hensyn til bruk til industrielle formål
Naturstein	6	De største ressursmulighetene ligger i utnyttelse av murestein. Med dagens teknologi og marked kan fremtidig utnyttelse av marmor til natursteinsformål være aktuelt	En oppgradering og modernisering av NGUs natursteinsdatabase med særlig vekt på marmor og murestein. Identifikasjon av særlig gunstige ressurser av murestein i områder der det vil være forsvarlig med slik drift.  Ålesund har en arkitekturav betydelig verdi. NGU vil foreslå en rask bygningsundersøkelse for å registrere bruk av naturstein og hvor den er tatt ut, for fremtidige registreringsformål.
Grus	7.2	Det antas at flere grusressurser i fylket har en kvalitet og beliggenhet som gjør at de har et potensiale i markedet til formål som ikke kan dekkes gjennom uttak av pukk.	En levetidsberegning på grusressurser; vil være nyttig i kommunal ressursforvaltning.
Pukk	0	Fylket har store ressurser av pukk. Det finnes muligheter for store, kystnære pukkverk med ulike kvaliteter til spesielle formål.	Et prognosekart for kvalitet av pukk i fylket vil være et nyttig verktøy for å oversikt over hvor man i fremtiden planlegge nye byggeråstoffuttak. I tillegg vil NGU anbefale å vurdere nye, fremtidige ressurser for eksport av pukk. For å få detaljkunnskap om ressursstrømmene internt i fylket, vil et eventuelt ressursregnskap være nyttig
Geologi som kilde til variasjon	8.1	Landformkartlegging er en nyetablert metodikk, som per dags dato ikke er tilgjengelig i NGUs databaser.	En langsiktig plan for landformkartlegging i fylket bør etableres. Dette vil gi oversikt over hvilke landformer som er sjeldne eller truet, og som dermed trenger ekstra oppmerksomhet fra forvaltningen.
Geologisk arv	8.2	Dagens datasett for geologisk arv består av et tynt og spredt datagrunnlag hovedsakelig basert på foreldete verneforslag, med unntak av Kristiansund-Hustadvika.	En oppdatert kartlegging og verdivurdering av lokaliteter kan gi fylket et bedre verktøy for naturbasert reiseliv og bedre grunnlag for sin forvaltning av natur.
Grotter og karst	8.3	Det er registrert flere grotter og karstlokaliteter i fylket. Oversikten er mangelfull	Lokaliteter bør bekreftes, oppgitte grotter og karstformer fra andre kilder bør verifiseres, vurderes og dokumenteres gjennom feltundersøkelser.

## 11. FOREDLINGSBEHOV OG MULIGHET FOR NEDSTRØMS NÆRINGSUTVIKLING

Foruten selve uttaket av mineralske råstoffer ligger det også et stort potensial i nedstrøms industri og foredling av de mineralske råstoffene. I Møre og Romsdal finnes gode eksempler på dette både i Hustadvika hvor Omya foredler nedknust kalkstein og kalkspatmarmor og Sibelcos prosessering av olivin i Åheim.

Også for andre forekomster og kjente mineralressurser med attraktive kvaliteter som av ulike grunner for tiden ikke er i drift kan dette være relevant. Eksempler på dette er nevnt Tabell 5.

På generell basis vil det også være ønskelig å oppnå total utnyttelse av den bergmassen som tas ut, og som tidligere har blitt sett på som et problem og avfall må deponeres. Å finne nye bruksområder og markeder for disse massene vil derfor være til nytte både for bedriften ved at man øker inntjeningspotensialet, men også for samfunnet ved at man reduserer behovet for arealer som tas opp til deponi. En forutsetning er at ressursgrunlaget er kartlagt og tilrettelagt i tilstrekkelig grad og at man kan lage salgbare produkter.

Tabell 5 Vurdering av foredlingsbehov og muligheter for nedstrøms næringsutvikling

Ressurstype	Foredlingsbehov og nedstrøms næringspotensial
Vanadiumholdig magnetitt	Vanadium er ansett å være et kritisk element av EU, som forbruker omtrent 13% av verdensproduksjonen. EU har p.t. ingen produksjon av vanadium selv, og det importeres i form av vanadiumoksider eller som biprodukt fra andre malmtyper. Vanadium brukes pr i dag primært i ulike typer stål og legeringer, men andelen som brukes til ulike andre teknologier øker. (European Commission, 2020) Det finnes trolig fortsatt gjenværende ressurser igjen i Raudsand-området, og gjenværende ressurser er estimert til å være i størrelsesordenen 11 millioner tonn å 27% titan- og vanadiumholdig magnetitt. Usikre estimater for hele regionen ligger på 120 millioner tonn fordelt på en rekke forekomster. (Sanetra, 1985)
Ilmenitt	Ilmenitt opptrer sammen med de vanadiumholdige magnetittene i Raudsand-området og ble utvunnet som biprodukt da Raudsand var i drift. Ilmenitt kan være en kilde til titan og titanoksid, men titan i form av blandingsmineralet ilmenitt-hematitt (hemo-ilmenitt) har liten interesse for denne type forekomster, hovedsakelig fordi titaninnholdet i mineralkonsentratet blir for lavt.
Rutil	Rutil er en mulig ressurs for produksjon av titanpigment og opptrer blant annet i eklogitter sammen med granat. Skal dette bli aktuelt må ressursgrunlaget økes.
Granat	Granat opptrer ofte i samme bergart som rutil. I tillegg er også sidebergarten til en del av de kalkspatmarmorene man finner i fylket svært rike på granat. I dag utnyttes blant annet det granatrike sideberget til Visnes kalk til tyngre dekkemasser, men man kan også se for seg nye bruksområder som granat i betong.
Kobber og gull	Det er ikke kjent kobber- og gullforekomster som er egnet for videreforedling.
Sjeldne jordarter (REE)	Også sjeldne jordarter er listet opp på EUs liste over kritiske råvarer, men hvilke av de sjeldne jordartene som har høyest etterspørsel varierer. Lokal nedstrøms verdiskaping krever at det identifiseres en svært stor drivverdig ressurs.
Olivin	Dagens forbruk av olivin varierer sterkt med behovet til metallurgisk industri, som igjen er sterkt konjunkturavhengig. Det finnes et titalls olivinforekomster som kan settes i produksjon, men ingen har samme infrastruktur som Åheim. Skulle lagring av CO <sub>2</sub> i form av magnesiumkarbonat bli en økonomisk relevant metode vil mulighetene for produksjon og nedstrøms verdiskaping øke.
Talk	Det er ikke kjente talkforekomster egnet for videreforedling.
Karbonat	Kalkspatmarmor er pr i dag kilde til høy nedstrøms verdiskaping.
Naturstein	Særlig skifer bearbeides til ferdige produkter, spesielt til lokal og regional bruk. Murestein i seg selv har ikke et stort behov for nedstrøms bearbeiding, men bruk av lokal murestein vil ha en god virkning oppstrøms både ved at det generelt sparer bruk av betong og dermed også reduserer klimaavtrykket.
Pukk, sand og grus	Pukk, sand og grus anses normalt som ferdig når de leveres fra produsent, men det er potensiale for nisjeprodukter og spesialprodukter. Kvalitetsforbedring, som for eksempel ved å vaske bort finstoff fra knust fjell, kan også føre til både kostnadsinnsparinger, lavere klimaavtrykk og økt verdiskaping

## REFERANSER

- Atashin, S., Wen, J. Z., & Varin, R. A. (2015). Investigation of milling energy input on structural variations of processed olivine powders for CO<sub>2</sub> sequestration. *Journal of Alloys and Compounds*, 618, [555-561](#).
- Baranwal, V., Brønner, M., Olesen, O. & Nasuti, A. (2017). Rock construction awareness map from South Norway. (NGU Report [2017.048](#)) Norges geologiske undersøkelse.
- Béarat, H., McKelvy, M. J., Chizmeshya, A. V., Gormley, D., Nunez, R., Carpenter, R., Squires, K., & Wolf, G. H. (2006). Carbon sequestration via aqueous olivine mineral carbonation: role of passivating layer formation. *Environmental Science & Technology*, 40(15), [4802-4808](#).
- Beyer, E. E., Brueckner, H. K., Griffin, W. L., O'Reilly, S. Y., & Graham, S. (2004). Archean mantle fragments in proterozoic crust, western Gneiss Region, Norway. *Geology*, 32(7), 609-612. <https://doi.org/10.1130/g20366.1>
- Brønner, M., Olesen, O., Rønning, J.S. & Larsen, B.E. (2021). *Deeply weathered basement along the Norwegian coast and implications for the strandflat formation*. [Under utarbeidelse] Norwegian Journal of Geology.
- Bugge, C. (1905). Kalkstein og Marmor i Romsdals Amt NGU 43 (6). Norges geologiske undersøkelse. 1-37 [https://www.ngu.no/FileArchive/NGUPublikasjoner/NGUnr\\_43\\_VI\\_Bugge.pdf](https://www.ngu.no/FileArchive/NGUPublikasjoner/NGUnr_43_VI_Bugge.pdf)
- Bøckman, K. L. (1967). *Norges kalksteins- og kvartsforekomster*. Elektrokemisk A/S. (BA 5245). Norges geologiske undersøkelse, Bergarkivet. <https://www.ngu.no/FileArchive/BArappporter/BA5245.pdf>
- Carstens, H. (1957). Investigations of titaniferous iron ore deposits. Part I. Gabbros and associated titaniferous iron ore in the West-Norwegian gneisses. *Det kgl. Norske Vidensk. Selsk. Skr.* 1957, nr. 3. 67 s. Det kongelige Norske Videnskabers Selskab.
- Dehls, J.F., Olesen, O. & Rønning, J.S. (2012). *Magnetisk og batymetrisk kartlegging av vegprosjektet Fv. 659 Nordøyvegen, Møre og Romsdal*. (NGU Rapport [2012.012](#), 22 s.) Norges geologiske undersøkelse.
- Dighem Limited (1982) *DIGHEM II survey of Løkken area for Orkla Industrier A/S*, Bergvesenet rapport nr BV4635.
- EON Geoscience Inc (2013). *Geological Survey of Norway (NGU) fixed wing Stavanger-Trondheim Aeromagnetic Survey 2013 (STAS-13) Final Survey Report*. EON Geoscience Inc. Report
- European Commission, Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020), Factsheets on Critical Raw Materials, 819 s. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42883/attachments/2/translations/en/renditions/native>
- Finne, T.E., Reimann, C. & Eggen, O.A. (2014). *Mineral soil geochemistry in Nord-Trøndelag and Fosen*. (NGU-rapport [2014.047](#), 91 s). Norges geologiske undersøkelse.
- Finne, T.E. & Eggen, O.A. (2015). *Organic soil geochemistry in Nord-Trøndelag and Fosen*. (NGU-rapport [2014.057](#), 82 s). Norges geologiske undersøkelse.
- Flem, B, Acosta-Gongora, P., Andersson, M., Minde, Å. & Finne, T.E. (2021). *Organic soil geochemistry in southern Trøndelag, QC – report*. (NGU-rapport [2021.006](#), 123 s). Norges geologiske undersøkelse.
- Flem, B, Andersson, M., Finne, T.E. & Minde, Å. (2020). *Mineral soil geochemistry in southern Trøndelag*, (NGU-rapport [2020.017](#), 127 s). Norges geologiske undersøkelse.

- Garcia, B., Beaumont, V., Perfetti, E., Rouchon, V., Blanchet, D., Oger, P., Dromart, G., Huc, A.-Y., & Haeseler, F. (2010). Experiments and geochemical modelling of CO<sub>2</sub> sequestration by olivine: Potential, quantification. *Applied Geochemistry*, 25(9), [1383-1396](#).
- Gautneb, H. (1996). *Oversikt over olivin- og serpentinitforekomster, registrert ved NGU* (NGU rapport [96.077](#), 65 s). Norges geologiske undersøkelse.
- Gautneb, H. (1997). *Resultater fra regionale olivin- og serpentinundersøkelser i Norge 1996* (NGU rapport [97.043](#) 60 s) Norges geologiske undersøkelse.
- Gautneb, H. (1998). *Prøvetaking og kjerneboring av olivinforekomster i Raudbergvik- området, Norddal kommune, Møre og Romsdal* (NGU rapport [98.055](#), 18 s) Norges geologiske undersøkelse.
- Geis, H.P. (1968). Norges jern-titan forekomster. Elkem-Spigerverket, (NGU BA-rapport nr. [7907](#), 165 s.) Norges geologiske undersøkelse Bergarkivet.
- Geis, H.P. (1971). A short description of the iron-titanium provinces in Norway with special reference to those in production. *Miner. Sci. Eng.* July 1971, 14–24.
- Gjeldsvik, T. (1957). Geochemical and mineralogical investigations of titaniferous iron ores, west coast of Norway. *Economic Geology* 52 (5). [482–498](#).
- Haug, T. A. (2010). Dissolution and carbonation of mechanically activated olivine-Investigating CO<sub>2</sub> sequestration possibilities. [Doktogradsavhandling] Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmliui/handle/11250/235863>
- Hernes, I. (1950) *Molde-feltets marmorforekomster*. (BA [7982](#)). Norges geologiske undersøkelse, Bergarkivet.
- Holtan, D. (2008). *Olivinskogene i Norge - en oppsummering av status og verdi*. (Rapport [2008:06](#).) Møre og Romsdal fylke, areal- og miljøvernavdelinga
- Korneliussen, A., Geis, H. P., Gierth, E., Krause, H., Schott, W., Robins, B. (1985). *Registered occurrences of titaniferous magnetite, ilmenite and rutile in Norway*. (NGU rapport [85.125](#), 20 s.) Norges geologiske undersøkelse.
- Korneliussen, A., Geis, H.P., Gierth, E., Krause, H., Robins, B., Schott, W. (1985). Titanium ores: An introduction to a review of titaniferous magnetite, ilmenite and rutile deposits in Norway. *NGU Bulletin* 402, [7-23](#). Norges geologiske undersøkelse.
- Kostenko, O., Jamtveit, B., Austrheim, H., Pollok, K., & Putnis, C. (2002). The mechanism of fluid infiltration in peridotites at Almklovdalen, western Norway. *Geofluids*, 2(3), [203-215](#).
- Kvalheim, A. (1938). Kommissjonen for nye arbeidstiltak, planlegging og selvbergling. T/GP: *Ad Tron Tronsens søknad vedkommende Helena grua*. BA 1689. Norges geologiske undersøkelse, Bergarkivet. [https://aps.ngu.no/pls/oradb/rf.Visdok?c\\_dokid=0000020846](https://aps.ngu.no/pls/oradb/rf.Visdok?c_dokid=0000020846)
- Larsen, E., Lie, R., & Indrelid, S. 1984. Skjonghelleren - en enestående geologisk og faunahistorisk lokalitet. I Indrelid, S og Larsen, S. U. (red.), *Sunnmøres forhistorie* (Fra de eldste fotefar) 24-26. Sunnmørsposten Forlag. <https://www.nb.no/items/8ebd3e27d26456526e090cc3b5125a3c>
- Lindahl, I., Furuhaug, L., Korneliussen, A., & Nilsson, L. P. (2003). *Olivin- og serpentinitforekomster i Finnmark, Troms, Nordland og Nord-Trøndelag. Del 1: Hovedtekst og tabeller. Del 2: Forekomstbeskrivelse. Del 3: Kart og kartutsnitt*. (NGU rapport [2003.103](#)). Norges geologiske undersøkelse.
- Maystrenko, Y.P., Elvebakk, H.K., Osinska, M. & Olesen, O. (2021). New heat flow data from the Veiholmen and Raudsand boreholes, middle Norway. *Geothermics* 89, [101964](#).
- Mikalsen, T. (1983). *Gruver på Smøla*. (BV Rapport 155). Trondheimske Bergdistrikt. <https://dirmin.no/sites/default/files/bibliotek/BV155.pdf>

- Mineralstatistikk 2019. Harde fakta om mineralnæringen. Direktoratet for mineralforvaltning med Bergmesteren for Svalbard. <https://dirmin.no/harde-fakta-om-mineralnaeringen-mineralstatistikk-2019>
- NGU (2016). *Helicopter-borne magnetic, electromagnetic and radiometric geophysical survey in Raudsand, Neset municipality, Møre og Romsdal county*. NGU Rapport [2016.037](#)
- Njåstad, O., Steinnes, E., Bølviken, B. & Ødegård, M. (1994). *Landsomfattende kartlegging av elementsammensetning i naturlig jord: Resultater fra prøver innsamlet i 1977 og 1985 oppnådd ved ICP emisjonsspektrometri*. (NGU-rapport [94.027](#), 114 s.) Norges geologiske undersøkelse.
- Novatem Airborne Geophysics (2011) *Fixed-wing magnetic and radiometric survey of the Stad Region in Western Norway*. R11089
- Novatem Airborne Geophysics (2012) *Airborne magnetic and radiometric survey Norges geologiske undersøkelse (NGU) calibration report Trøndelag Region Airborne Survey: TRAS-12 Norway 2011-2014*. Novatem C12095\_NGU
- Ofstad, F. (2015). *Helicopterborne magnetic and radiometric geophysical survey in the Molde area, Møre og Romsdal County*. NGU Report [2015.015](#).
- Olesen, O. & Ofstad, F. (2015). *Tunnel under Romsdalsfjorden ved Molde. Tolkning av svakhetssoner fra magnetisk data målt fra helikopter*. (NGU Rapport [2015.016](#), 13 s.) Norges geologiske undersøkelse.
- Olesen, O., Dehls, J.F., Ebbing, J., Henriksen, H., Kihle, O. & Lundin, E. (2007). Aeromagnetic mapping of deep-weathered fracture zones in the Oslo Region – a new tool for improved planning of tunnels. *Norwegian Journal of Geology* 87, [253-267](#).
- Olesen, O., Brønner, M., Ebbing, J., Elvebakk, H., Gellein, J., Koziel, J., Lauritsen, T., Lutro, O., Maystrenko, Y., Müller, C., Nasuti, A., Osmundsen, P.T., Slagstad, T. & Storrø, G. (2013). *Coop Phase I - Crustal Onshore-Offshore Project*. (NGU rapport [2013.002](#), 357 s.) Norges geologiske undersøkelse.
- Olesen, O., Baranwal, V., Brønner, M., Dalsegg, E., Dumais, M-A., Gellein, J., Gernigon, L., Heldal, T., Larsen, B.E., Lauritsen, T., Lutro, Ole; Maystrenko, Yuriy; Nasuti, Aziz; Roberts, David; Rueslåtten, H., Rønning, J.S., Slagstad, T., Solli, A. & Stampolidis, A. (2015). *Coop Phase 2 Crustal Onshore-Offshore Project*. (NGU-rapport [2015.063](#), 410 s.) Norges geologiske undersøkelse.
- Osland, R. (1998). *Modelling of variation in Norwegian olivine deposits* [Doktogradsavhandling] Norwegian University of Science and Technology.
- Ottesen, R.T., Bogen, J., Bølviken, B., Volden, T. & Haugland, T. (2000). *Geokjemisk atlas for Norge - del 1: Kjemisk sammensetning av flomsedimenter*. 140 s.) Norges geologiske undersøkelse og Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen.
- Raanes, A. M., Aasly, K. A. & Schiellerup, H. (2018). *Mineralske ressurser og vindkraft*. (NGU-rapport [2018.008](#), 14 s.) Norges geologiske undersøkelse.
- Rangnes, S. (2019) Smølen Kobbervært og gruvedrift på Smøla [https://lokalhistoriewiki.no/wiki/Kjeldearkiv:Smølen Kobbervært og gruvedrift på Smølen](https://lokalhistoriewiki.no/wiki/Kjeldearkiv:Smølen_Kobbervært_og_gruvedrift_på_Smølen) Hentet 4. mai 2021.
- Reimann, C., Siewers, U., Tarvainen, T., Bityukova, L., Eriksson, J., Gilucis, A., Gregorauskiene, V., Lukashev, V., Matinian, N.N., Pasieczna, A. (2000). Baltic soil survey: total concentrations of major and selected trace elements in arable soils from 10 countries around the Baltic Sea. *Science of The Total Environment*, Volume 257, Issues 2–3, 10 August 2000, Pages 155-170, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969700005155>

- Reimann, C., Siewers, U, Tarvainen, T., Bityukova, L., Eriksson, J., Giucis, A., Gregorauskiene, V., Lukashev, V.K., Matinian, N.N., Pasieczna, A. (2003). Agricultural Soils in Northern Europe A Geochemical Atlas, *Geologisches Jahrbuch (Reihe D H 5)*, Schweizerbart, Hannover. 279 pp [https://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783510959068/Sonderheft\\_SD\\_5\\_Geol\\_Jahrb\\_Reihe\\_D](https://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783510959068/Sonderheft_SD_5_Geol_Jahrb_Reihe_D)
- Reimann, C., Birke, M., Demetriades, A., Filzmoser, P. & O'Connor, P. (Editors), (2014). Chemistry of Europe's agricultural soils - Part A: Methodology and interpretation of the GEMAS data set. *Geologisches Jahrbuch (Reihe B 102)*, Schweizerbart, Hannover, 528 pp. + DVD. <http://gemas.geolba.ac.at/>
- Reimann, C., Finne, T.E. & Filzmoser, P. (2011). Nye geokjemiske data fra en samling moreneprøver fra Nordland, Troms og Finnmark. (NGU-rapport [2011.044](#), 152 s.) Norges geologiske undersøkelse.
- Reusch, H. H., 1877. *Nogle norske huler. Naturen* 1877 (Januar), 1-8. <https://www.nb.no/items/e0a01b26625c06da30b81ea0308f236d>
- Ryghaug, P. (1983). *Sporelementer og hovedelementer i bekkesedimenter, kartblad Meisingset, BMN 113114-20*. (NGU-rapport [1845](#), 12 s.) Norges geologiske undersøkelse.
- Rønning, J.S., Baranwal, V.C. & Ofstad, F. (2016). *Grunnundersøkelser ved Raudsand, Nesset kommune i Møre og Romsdal. Resultater fra helikoptermålinger og forslag til videre undersøkelser*. (NGU-rapport [2016.043](#), 19 s.) Norges geologiske undersøkelse.
- Rønning, J.S., Baranwal, V., Brønner, M., Elvebakk, H., Fabian, C., Haase, C., Rueslåtten, H. & Schiellerup, H. (2019). *Grunnundersøkelser ved Raudsand, Nesset kommune i Møre og Romsdal. Supplerende undersøkelser i 2019*. (NGU-rapport [2019.003](#), 38 s.) Norges geologiske undersøkelse.
- Rønning, J.S., Baranwal, V.C. & Ofstad, F. (2016). *Grunnundersøkelser ved Raudsand, Nesset kommune i Møre og Romsdal. Resultater fra helikoptermålinger og forslag til videre undersøkelser*. (NGU Rapport [2016.043](#), 19 s.) Norges geologiske undersøkelse.
- Rønning, J.S., Tassis, G. & Larsen, B.E. (2019). *E39 Krysning av Romsdalsfjorden. Reprosessering og tolkning av tidligere utført geofysikk*. (NGU Rapport [2019.007](#), 53 s) Norges geologiske undersøkelse.
- Sanetra, S. (1985). The Rødsand Fe-Ti-V deposits, Møre, Western Norway. *NGU Bulletin* [402](#), 39–49. Norges geologiske undersøkelse.
- Schrøder, I (1983) *Personlig meddelelse*.
- Seljebotn, J. V. (2016). *Structural and Petrological Survey of Peridotite at Almklovdaalen, Norway*. [Master-oppgave] University of Bergen. <http://bora.uib.no/handle/1956/13141>
- Slagstad, T. (2017). *Foreløpige kjemiske analysedata fra LITO-prosjektets borkjerner og fra andre bergartsprøver*. Personlig meddelelse 2017.
- Sæther, O.M. & Follested, B.A. (1992). *Aluminiumsforgiftning av jord i fjellområder, Nesset kommune, Møre og Romsdal*. (NU-rapport [92.214](#), 29 s.) Norges geologiske undersøkelse.
- Turri, L., Muhr, H., Rijnsburger, K., Knops, P., & Lopicque, F. (2017). CO<sub>2</sub> sequestration by high pressure reaction with olivine in a rocking batch autoclave. *Chemical Engineering Science* (171), [27-31](#).
- Valen, V., Larsen, E., Mangerud, J., 1994. Hamnsundhelleren -et unikt arkiv over klima endringer gjennom siste istid. I Larsen, S. U., Jarle, S., *Sunnmøres eldste historie* (I balansepunktet) 456-462. Sunnmørsposten Forlag. <https://www.nb.no/items/5def1a4f78110028019dd359735151d3>
- Vogt, Johan H. L. (1897). *Norsk marmor*. Norges geologiske undersøkelse nr 22. Norges geologiske undersøkelse. [https://www.ngu.no/FileArchive/NGUPublikasjoner/NGUnr\\_22\\_Vogt.pdf](https://www.ngu.no/FileArchive/NGUPublikasjoner/NGUnr_22_Vogt.pdf)

Wang, F., Dreisinger, D., Jarvis, M., & Hitchins, T. (2019). Kinetics and mechanism of mineral carbonation of olivine for CO<sub>2</sub> sequestration. *Minerals Engineering*, 131, [185-197](#).

Aarøen, M. (1998). *Det grønne gullet, A/S Olivin 50 år. A/S Olivin*.



NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE  
- NGU -

Norges geologiske undersøkelse  
Postboks 6315, Sluppen  
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse  
Leiv Eirikssons vei 39  
7040 Trondheim

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