



# **GEOLOGI FOR SAMFUNNET**

SIDEN 1858



**NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE**  
· NGU ·



<b>Rapport nr.:</b> 2020.027	<b>ISSN: 0800-3416 (trykt)</b> <b>ISSN: 2387-3515 (online)</b>	<b>Gradering:</b> Åpen	
<b>Tittel:</b> Mineralressurser i Vestland fylke			
<b>Forfatter:</b> Korneliussen, A., Brønner, M., Heldal, T., Gautneb, H., Nilsson, L.P., Raaness, A., Sandstad, J.S., Schiellerup, H., Wanvik, J.E.		<b>Oppdragsgiver:</b> Vestland fylkeskommune	
<b>Fylke:</b> Vestland		<b>Kommune:</b>	
<b>Kartblad (M=1:250.000)</b> Florø, Årdal, Bergen, Odda, Haugesund og Sauda		<b>Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)</b>	
<b>Forekomstens navn og koordinater:</b>		<b>Sidetall:</b> 58	<b>Pris:</b> kr 203,-
		<b>Kartbilag:</b>	
<b>Feltarbeid utført:</b>	<b>Rapportdato:</b> 22.07.2020	<b>Prosjektnr.:</b> 343300	<b>Ansvarlig:</b> <i>Jean E Sandstad</i>
<p>I forbindelse med opprettelsen av Mineralråd Vestland ble NGU i mars 2020 bedt om å gjennomføre en mulighetsstudie for fremtidige næringsmuligheter knyttet til mineralressurser i Vestland fylke.</p> <p>Studien rapporteres her i form av en grunnleggende oversikt over kjente forekomster av, og potensialer for, mineralressurser av metaller, industrimineraler, naturstein, grus og pukk i fylket. Rapporten gir i tillegg en oversikt over hva som per i dag finnes av geologiske, geofysiske og geokjemiske data som er viktige for å vurdere mulighetene for funn av nye mineralforekomster.</p> <p>Dagens kunnskapsnivå har mangler som bør prioriteres. Rapporten gjennomgår derfor de ulike kunnskapsbehovene knyttet til de forskjellige forekomststyper og gir forslag til prioritering av videre undersøkelser.</p> <p>Nedstrøms foredling representerer en svært vesentlig del av verdiskapingen basert på mineralske ressurser. Temaet er i første rekke relevant for forekomster i drift og for kjente mineralressurser med attraktive kvaliteter, men som av ulike grunner ikke er i drift. Vestland fylke har enkelte ressurstyper med åpenbare muligheter for nedstrøms næringsutvikling i stort omfang, mens andre har mer generelle samfunnsøkonomiske synergieffekter.</p>			
<b>Emneord:</b>	Mineralressurser	Byggeråstoffer	
Metalliske forekomster	Naturstein	Industrimineraler	

## INNHOOLD

1.	INNLEDNING .....	5
2.	GEOLOGISKE DATA .....	6
3.	METALLISKE FOREKOMSTER.....	8
3.1	Metaller .....	8
3.2	Titan (rutil) og jern-titan (Fe-Ti) .....	9
3.3	Nikkel-kobber-forekomster .....	15
3.4	Kobber-sink ± gull-forekomster.....	17
3.5	Sjeldne jordartsmetaller.....	22
4.	INDUSTRIMINERALER .....	23
4.1	Anortositt .....	24
4.2	Kvarts.....	27
4.3	Kvartsitt .....	31
4.4	Talk .....	32
4.5	Apatitt.....	34
4.6	Karbonat.....	35
5.	NATURSTEIN .....	38
6.	BYGGERÅSTOFFER: GRUS OG PUKK .....	41
7.	STATUS PÅ KARTLEGGING OG KUNNSKAPSNIVÅ, FORSLAG TIL PRIORITERTE TILTAK .....	44
7.1	Geologisk kartlegging .....	44
7.2	Geofysisk kartlegging.....	45
7.3	Geokjemisk kartlegging .....	48
7.4	Kunnskapsnivå og forslag til prioriterte tiltak .....	51
8.	FOREDLINGSBEHOV OG MULIGHETER FOR NEDSTRØMS NÆRINGSUTVIKLING.....	53
9.	REFERANSER .....	55

## FIGURER

Figur 1: Forekomster, prospekter og registreringer av mineralressurs-gruppene metaller, industrimineraler og naturstein plottet på forenklet geologisk kart basert på en tektonisk inndeling.....	7
Figur 2: Metalliske forekomster i Vestland fylke i NGUs databaser over berggrunnsgeologisk kart. ....	8
Figur 3: Oversikt over registrerte magnetitt-, rutil- og magnetitt-ilmenitt-forekomster.....	11
Figur 4: Registrerte magnetitt-, rutil- og magnetitt-ilmenitt-forekomster ved Førdefjorden og mellom Dalsfjord og Sognefjord. ....	12
Figur 5: Registrerte magnetitt, rutil og magnetitt-ilmenitt-forekomster i Bergensbuene.....	14
Figur 6: Bergen-Hosanger nikkell-kobber og kobber-forekomster. ....	16
Figur 7: Registrerte kis, kobber-sink og gull-forekomster i Hardangerområdet. ....	18
Figur 8: Kobberforekomster i Grimeliumrådet og på Svanøy i Stavfjorden. ....	20
Figur 9: Kobberforekomstene ved Årdal. ....	21
Figur 10: Industrimineralforekomster plottet på forenklet berggrunnsgeologisk kartgrunnlag. ....	23
Figur 11: Syreløselighet som funksjon av An-innhold i plagioklas. ....	24
Figur 12: Anortositt-forekomster i Vestland fylke. ....	24
Figur 13: Variasjon i syreløselighet og innhold av mafiske mineraler i Indre Sogn anortosittene.....	25
Figur 14: Illustrasjon av verdipotensial fra anortositt versus prosessert anortositt. ....	26
Figur 15: Kvarts og kvartsitt-forekomster .....	27
Figur 16: Geologisk kart over Nesodden kvartsforekomst, etter Ihlen og Müller (2009). ....	28
Figur 17: Foto fra Nesodden kvartsforekomst. ....	29
Figur 18: Kvalvik kvartsittforekomst med nettverk av kvartsårer. ....	31
Figur 19: Talkforekomster i Vestland fylke.....	33
Figur 20: Raudberget og Framfjord talkforekomster .....	34
Figur 21: Kalksteinsforekomster i Vestland fylke. ....	36
Figur 22: Gammel kalkovn på Skorpo. ....	37
Figur 23: Natursteinforekomster plottet på forenklet geologisk berggrunnskart. ....	39
Figur 24. Marmorbroen i København er i stor grad bygget av marmor fra Sunnhordland. ....	40
Figur 25: Bergen Privatbank - bygget av granitt fra Austevoll og Årdal, samt gneis fra Vaksdal. ....	40
Figur 26: Sand og grusforekomster med masseuttak over forenklet kvartærgeologisk bakgrunnskart som viser løsmasser over berggrunnen.....	41
Figur 27: Uttak av pukk/knust fjell over et forenklet geologisk bakgrunnskart. ....	42
Figur 28. Bergarter i Vestland og kvalitet til vegformål. ....	43
Figur 29: Dekningskart berggrunnsgeologi i målestokk 1:50 000 for Vestland fylke .....	44
Figur 30: Dekningskart for Vestlandet viser områder som ble geofysisk kartlagt fra fly og helikopter. ....	46
Figur 31: Magnetiske anomalikart for Vestland.....	47
Figur 32: Innhold av Ce i bekkersedimenter over berggrunnskart. ....	48
Figur 33: Innhold av fosfor (P) i bekkersedimenter over geologisk berggrunnskart. ....	49
Figur 34: Bekkesediment-lokaliteter i Lærdal med anomalt innhold av P over flybildebakgrunn.....	50

## TABELLER

Tabell 1: Mineralbasert omsetning og årsverk i 2018.....	5
Tabell 2: Kjemiske analyser av prosessert Nesodden-kvarts (Dorfner Anzaplan 2012). ....	30
Tabell 3. Typer og bruk av naturstein i Vestland fylke .....	38
Tabell 4: Vurdering av kunnskapsnivå og behov for tiltak. ....	51
Tabell 5: Vurdering av foredlingsbehov og muligheter for nedstrøms næringsutvikling. ....	53



## 1. INNLEDNING

I forbindelse med opprettelsen av Mineralråd Vestland har NGU blitt bedt om å gjennomføre en mulighetsstudie for fremtidige næringsmuligheter knyttet til mineralressurser i Vestland fylke. Studiet gir en oversikt over kjente forekomster av mineralske ressurser, en vurdering av fremtidige muligheter for nye funn og status på kunnskap, og et forslag til prioritering av videre undersøkelser. Nedstrøms foredling representerer en svært vesentlig del av verdiskapingen basert på mineralske ressurser, og der ressursgrunnlaget for utvikling av foredlingsindustri virker å være til stede er også dette temaet berørt.

Direktoratet for Mineralforvaltning (DMF) har i 2018 registrert 135 uttakssteder av mineralske råstoff i Vestland fylke med til sammen 488 årsverk, jfr. Tabell 1. Samlet produksjonsverdi er 949 Mkr hvorav 859 Mkr (90%) er innenfor byggeråstoffer og 91 Mkr (10%) andre råstofftyper. Innenfor byggeråstoff er pukk/knust fjell dominerende. En langtidstrend er at pukkproduksjonen er økende, hovedsakelig fra noen få store og kystnære eksportrettede pukkverk; eksportandelen forventes å øke i årene framover.

Et stort gruveprosjekt er under utvikling ved Engebøfjellet i Sunnfjord kommune, basert på rutil (kategorisert som industrimineral basert på bruksområde, men definert som metallisk mineral i Mineralloven §7<sup>1</sup>) og granat (industrimineral).

Tabell 1: Mineralbasert omsetning og årsverk i 2018.

Fylke	Antall uttak	Omsetning (Mkr)					Årsverk
		Byggeråstoff	Andre råstoff	Innenlands	Eksport	Totalt	
Hordaland	56	325	57	321	60	381	214
Sogn Fjordane	79	534	34	163	405	568	274
Vestland	135	859	91	484	465	949	488
%-andel jfr. hele landet	9,4 %	12,7 %	2,2 %	7,4 %	10,7 %	8,8 %	10,8 %
Hele landet	1442	6757	4077	6507	4327	10834	4537

Basert på Tabell 2 i Mineralstatistikk for 2018 (Direktoratet for Mineralforvaltning, 2019).

Samfunnet er grunnleggende avhengig av produkter derivert fra mineralske råstoff. Gruvedrift er nødvendig for samfunnets eksistens, men hvor dette gjøres og hvordan avhenger av ulike omstendigheter. For Vestland fylke er det i denne sammenheng ønskelig å identifisere gode og konkurransedyktige mineralressursmuligheter som kan tenkes å kunne gi grunnlag for framtidig verdiskaping og arbeidsplasser.

Gruvedrift/mineralutvinning er en distriktsnæring. Tilrettelegging for og utvikling av gruveindustri 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.

<sup>1</sup> <https://lovdata.no/lov/2009-06-19-101/§7>

Hensynet til natur og miljø og mulige arealkonflikter er ikke tema i denne rapporten, men må vurderes av kommune og fylkeskommune i de enkelte tilfeller. Det er dog på sin plass å nevne at dagens krav til miljøakseptable løsninger er strenge og sannsynligvis vil bli enda strengere i framtiden. Utviklingen går i retning av totalutnyttelse av massene som tas ut, det vil si gruvedrift uten avgang og behov for deponering av overskuddsmasser. For noen forekomsttyper kan dette være mulig i dag, for andre ikke. Også i dette perspektivet er det viktig med kunnskap om ressursgrunnlaget og hvilke muligheter dette kan gi for industriell produksjon. Kunnskap kan bli et avgjørende redskap for å komme fram til gode løsninger for framtidig mineralutvinning, og samtidig oppnå tilstrekkelig samfunnsaksept. Dette er svært utfordrende.

## 2. GEOLOGISKE DATA

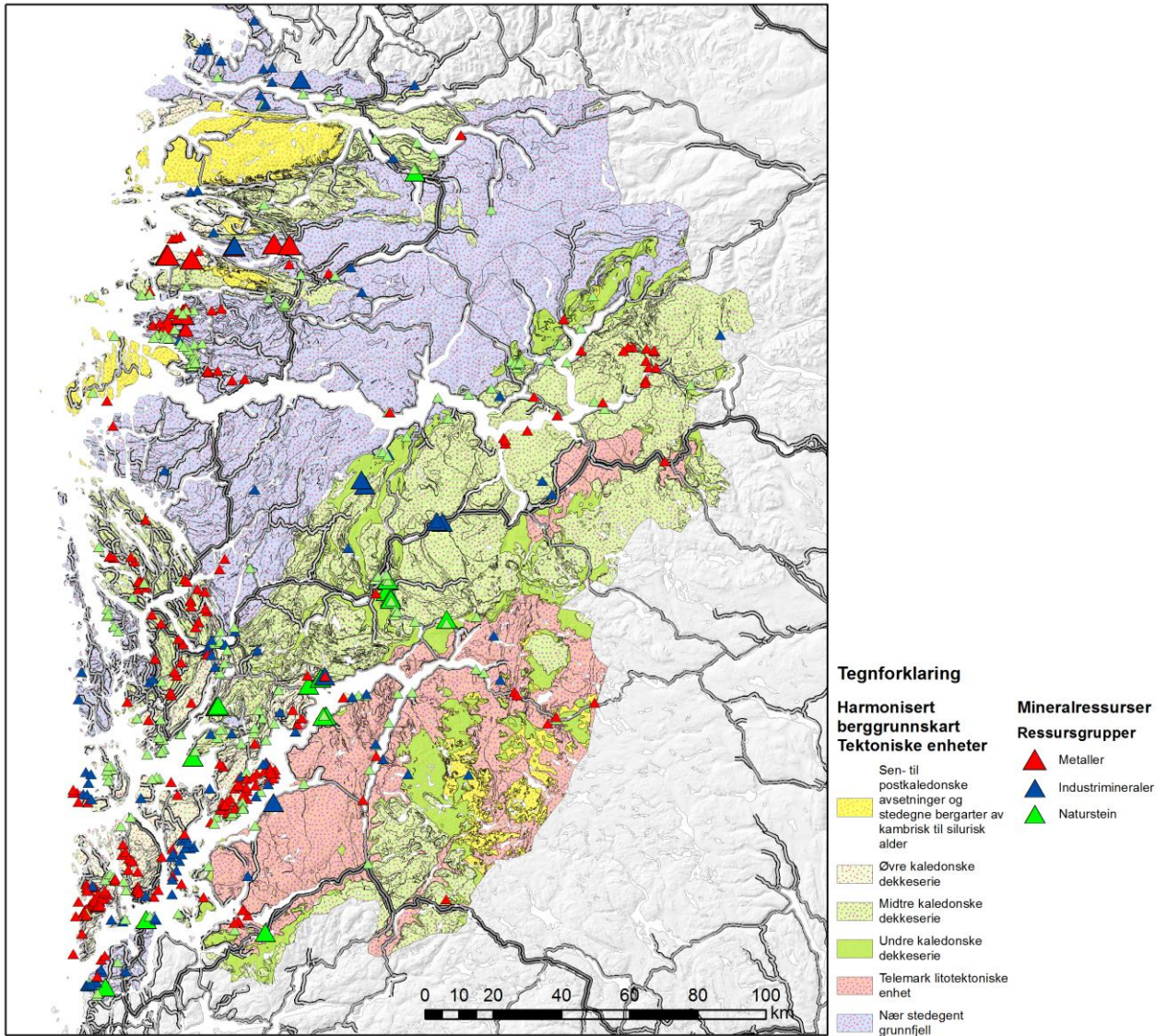
Forekomstoversiktene i denne rapporten er basert på NGUs mineralressursdatabaser og plottet på forenklede geologiske kart (se informasjon på [www.ngu.no](http://www.ngu.no) for tilgjengelige karttjenester). Utvikling av geologiske kart er en av NGUs hovedoppgaver, og det pågår en kontinuerlig tilrettelegging av geologisk kartinformasjon for ulike innsynsløsninger tilpasset forskjellige brukergrensesnitt. Som et ledd i dette har NGU nylig lansert et harmonisert berggrunnskart som dekker hele Norge i 1:250 000 skala<sup>2</sup> og lansert datasett over mineralske ressurser tilpasset arealforvaltningen.

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.

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.

---

<sup>2</sup> [http://geo.ngu.no/kart/berggrunn\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/)



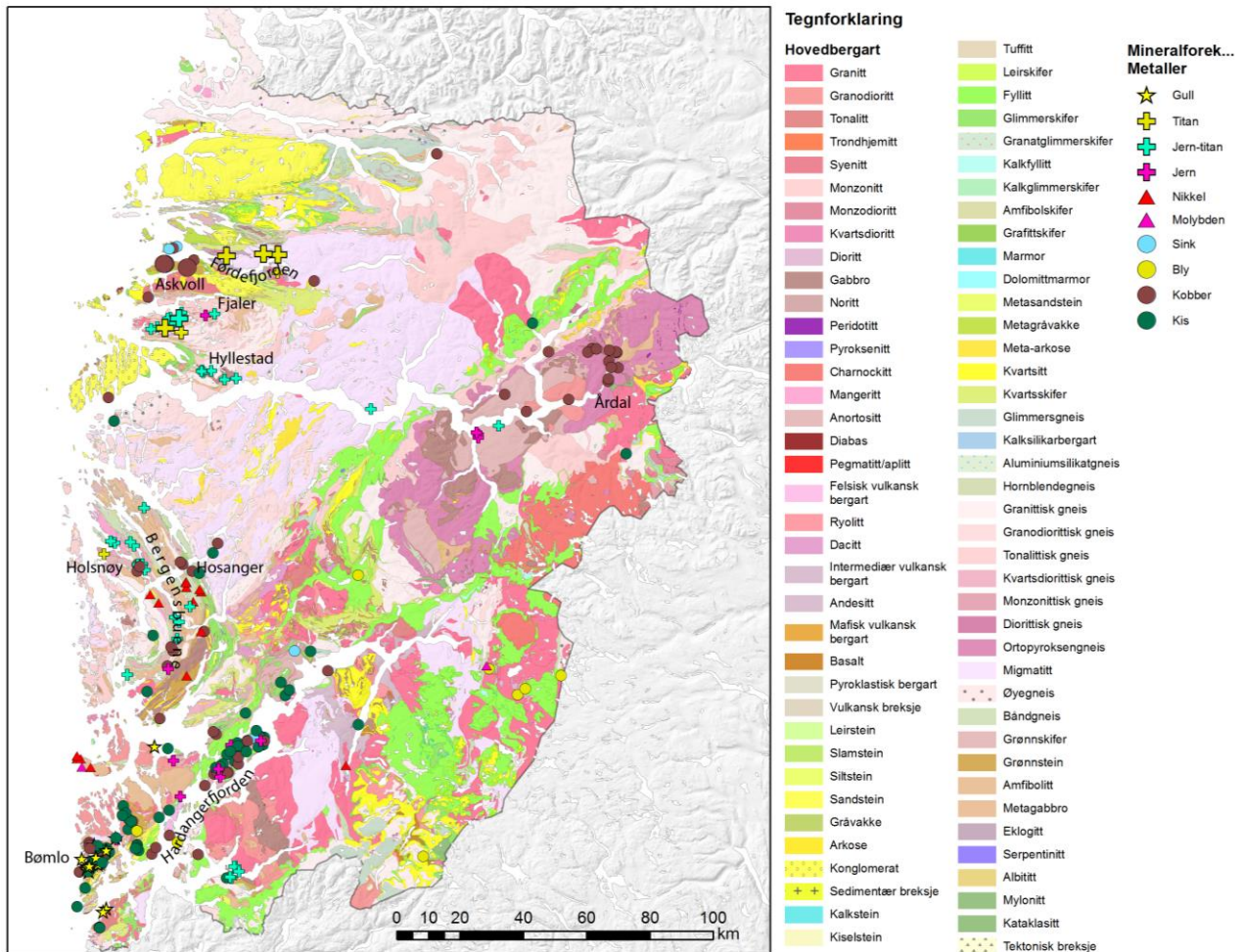
Figur 1: Forekomster, prospekter og registreringer av mineralressurs-gruppene metaller, industrimineraler og naturstein plottet på forenklet geologisk kart basert på en tektonisk inndeling.



### 3. METALLISKE FOREKOMSTER

#### 3.1 Metaller

Med metalliske forekomster (malmer) menes vanligvis forekomster eller bergarter av interesse på grunn av sitt metallinnhold. I praksis er de fleste registrerte forekomster uten økonomisk interesse, vanligvis fordi de er for små eller for fattige på de verdifulle bestanddelene. Likevel vil en konsentrasjon av mange små forekomster av en bestemt type i et område være en indikasjon på at det kan være et potensial for større og mer interessante forekomster.



Figur 2: Metalliske forekomster i Vestland fylke i NGUs databaser over berggrunnsgeologisk kart.



I mineralloven skilles det mellom mineraler eid av staten<sup>3</sup> og mineraler eid av grunneier<sup>4</sup>. Undersøkelser av forekomster av statens mineraler krever en tildeling av undersøkelsesrett fra Direktoratet for Mineralforvaltning, mens det for grunneiers mineraler kreves en avtale mellom undersøker og grunneier.

De kjente malmforekomstene i Vestland fylke kan inndeles i fire hovedtyper (se også Figur 2).

- Titan, jern-titan (Ti, Fe-Ti).  
Titan i form av mineralet rutil er i dag den viktigste malmressursen i Vestland fylke og finnes ved Førdefjorden, i Fjaler-Hyllestad området og på Holsnøy, mens Bergensbuene er det viktigste området for jern-titan-forekomster basert på mineralet ilmenitt.
- Nikkel - kobber ± platinagruppe-metaller (Ni-Cu±PGE).  
Ni-Cu-forekomster er i hovedsak kjent fra Hosanger-området innenfor Bergensbuene, hvor det tidligere har vært gruvedrift, men kan også ha et potensial innenfor Jotundekkekompleksets bergarter øst i fylket.
- Kobber - sink ± gull (Cu-Zn±Au).  
Sulfidforekomster med varierende innhold av basemetaller og gull finnes i hovedsak langs Hardangerfjorden, og i tillegg har det tidligere vært drift på kobber ved Grimeli i Askvoll og ved Øvre Årdal.
- Gull (Au).  
Gruvedrift på gull har tidligere i all hovedsak vært konsentrert til Bømlø, men flere mindre gullmineraliseringer er også registrert i Bergensbuene.

### 3.2 Titan (rutil) og jern-titan (Fe-Ti)

Med titanforekomster menes her forekomster med titanmineralet rutil ( $\text{TiO}_2$ ) som i Vestland fylke opptrer i bergarten eklogitt. Hovedmineralene i eklogitt er granat, pyroksen og amfibol. Rutil er et underordnet mineral, vanligvis 1-2 %, men kan i noen tilfeller komme opp i 3-4 % og høyere. Forekomster av rutil i kombinasjon med granat representerer mineralressurser av stor framtidig interesse.

Med jern-titan-forekomster (Fe-Ti-forekomster) menes lokaliteter og forekomster med magnetitt ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) og ilmenitt ( $\text{FeTiO}_3$ ), i noen tilfeller også anrikt på fosformineralet apatitt ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH},\text{F},\text{Cl})$ ). Magnetitt i slike forekomster er ofte anrikt på vanadium. Sammenlignet med tilsvarende forekomster andre steder anses Fe-Ti-forekomster i Vestland fylke per i dag som lite interessante som mineralressurs.

---

<sup>3</sup> Statens mineraler utgjør alle metaller med egenvekt 5 gram/cm<sup>3</sup> eller høyere, herunder krom, mangan, molybden, niob, vanadium, jern, nikkel, kobber, sink, sølv, gull, kobolt, bly, platina, tinn, sink, zirkonium, wolfram, uran, kadmium og thorium og malmer av slike metaller (med unntak av alluvialt gull). I tillegg inngår metallene titan og arsen, og malmer av disse, samt magnetkis og svovelkis. Titanmineralet rutil er etter norsk lovgivning Statens mineral, selv om det internasjonalt regnes som industrimineral.

<sup>4</sup> Grunneiers mineraler er mineraler med en egenvekt lavere enn 5 gram/cm<sup>3</sup>. Eksempler på det er industrimineraler som kalkstein, kvarts, granat og anortositt, naturstein og byggeråstoffer.

Fe-Ti-forekomstene opptrer i det som en gang var prekambriske basiske intrusivbergarter (basalt eller gabbro) av ulike aldre (950-1500 millioner år gamle). Disse ble utsatt for høy-trykks-metamorfose for omtrent 400 millioner år siden, slik at de titanrike bergartene ble omdannet til eklogitt. Denne omdanningsprosessen (eklogittisering) endrer ikke bergartenes kjemiske sammensetning, men mineralsammensetningen og dermed også verdipotensiale, vil endres. For eksempel vil en gabbrobergart med 4 %  $\text{TiO}_2$  bundet i ilmenitt være uten økonomisk interesse, mens eklogittvarianten av den samme bergarten med 4 % rutil og 25-40 % granat, vil ha stor potensiell verdi<sup>5</sup>.

Elkem AS (tidligere Christiania Spigerverk A/S) gjorde på 1950, 1960 og 1970-tallet undersøkelser av Fe-Ti-forekomster på Vestlandet, med det formål å sikre råvaretilgang av vanadiumholdig magnetitt til et smelteverk i Svelgen hvor det ble produsert ferrovanadium og jern. Råstoffet til dette smelteverket var vanadiumholdig magnetitt fra Raudsand gruve i Møre og Romsdal. Denne gruvedriften ble lagt ned i 1988 og smelteverket i Svelgen ombygget for andre formål.

Elkem AS gjorde en oppsummering fra sitt forekomstarkiv tilgjengelig for NGU, og deler av dette materialet er tilgjengeliggjort via NGUs mineralressursdatabase. Det er tilstrekkelig dokumentert at Fe-Ti-forekomstene enten er ubetydelige og/eller har ugunstig kjemisk og mineralogisk sammensetning. Dette gjelder alle kjente forekomster av denne type i Vestland fylke. Videre undersøkelser av denne type forekomster anbefales derfor ikke.

Rutil i eklogittbergarter i Førdefjordområdet ble rekognoserende undersøkt av sjefsgeolog Hans-Peter Geis i Elkem AS i 1975-76. Engebøfjellet ble da identifisert som en forekomst av potensiell økonomisk interesse. Som videreføring av Elkems undersøkelser ble det i 1978 (-1980) etablert et samarbeidsprosjekt mellom NGU, Elkem og Sogn og Fjordane fylkeskommune for nærmere kartlegging av rutilførende eklogittbergarter. Granat ble den gangen ikke nærmere vurdert fordi markedet ble ansett som for lite.

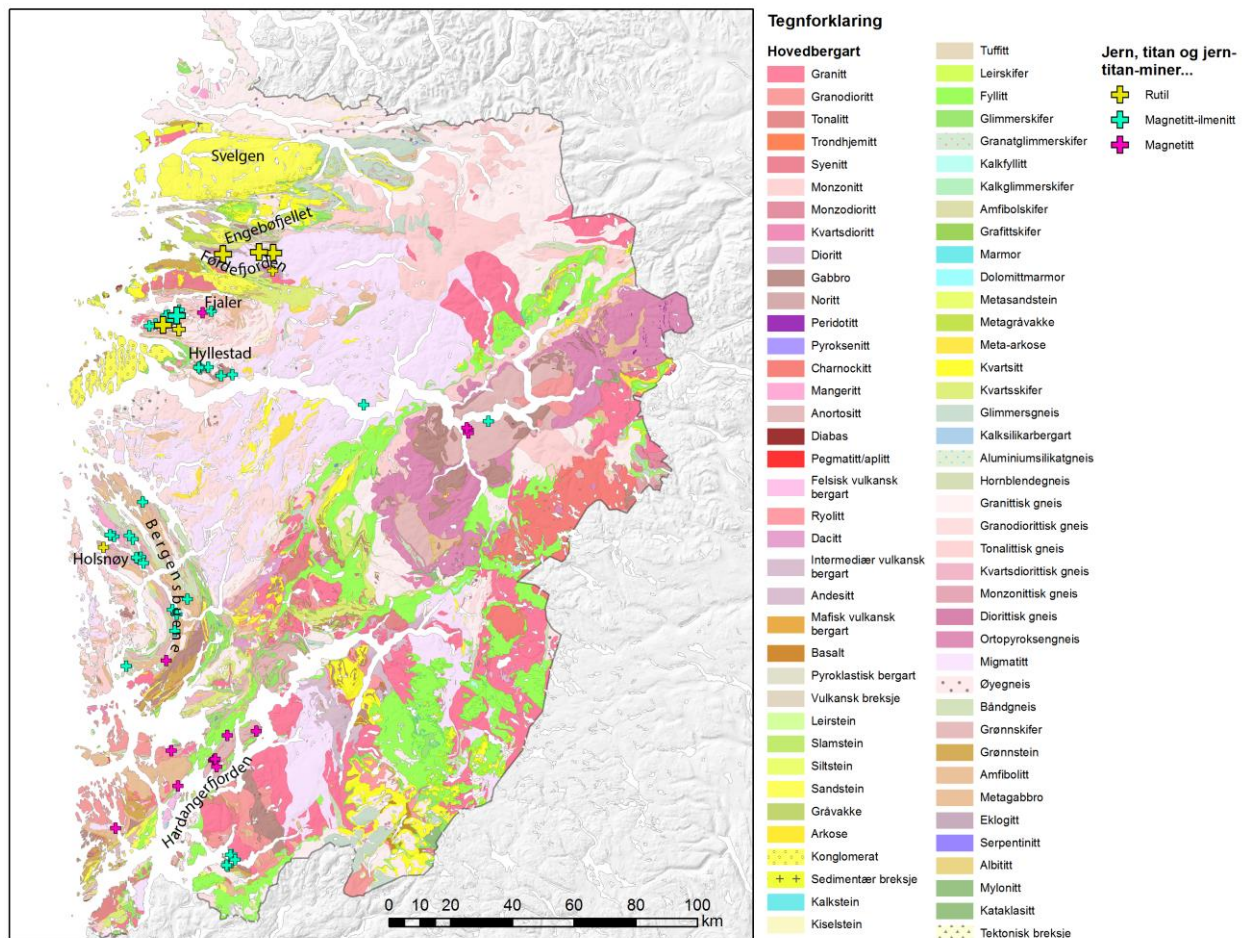
Rutil/eklogitt-undersøkelsene ble tatt opp igjen av NGU noen år senere, først i form av nye feltundersøkelser på Holsnøy i Hordaland, og deretter i Førdefjord-området. Det ble da skaffet til veie ny informasjon som gav grunnlag for en viss optimisme, og i 1992 ble det etablert et samarbeid med det amerikanske selskapet DuPont (og oljeselskapet Conoco Norge som den gang var en del av DuPont-konsernet). I første omgang hadde dette samarbeidsprosjektet en regional karakter, men fra 1995 ble fokus rettet mot Engebøfjellet i daværende Naustdal kommune. En oppsummering av eklogitt/rutil-ressursene i området fra 2001 (Korneliusen 2001) har fortsatt relevans for dagens situasjon.

Av de kjente forekomstene er Engebøfjellet den eneste som ble grundig undersøkt i form av relativt omfattende kjerneboringer og mineralprosesseringsforsøk. DuPont stoppet sitt prosjekt i 1997.

Engebøfjell-forekomsten er i dag under utvikling av selskapet Nordic Rutile AS, eid av Nordic Mining ASA, med fokus på rutil og granat. Et konkurrerende selskap, Arctic Mineral Resources AS, har et annet driftskonsept som i sin helhet er rettet mot granat.

---

<sup>5</sup> Som et eksempel og veldig grovt regnet har eklogitt med 3 % rutil og 35 % granat en potensiell «råverdi» på i størrelsesorden 700-800 kr/t, mens verdien av en kjemisk korresponderende gabbrobergart med ilmenitt vil være neglisjerbar i forhold.



Figur 3: Oversikt over registrerte magnetitt-, rutil- og magnetitt-ilmenitt-forekomster.

### 3.2.1 Rutilforekomster ved Førdefjorden

Eklogitt opptrer i Førdefjordområdet (Figur 4) i bergartskomplekser med alder omkring 1500 millioner år. Eklogitt er en omvandlingsbergart (flere varianter) dannet under høytrykksmetamorfose under en sen fase av den kaledonske fjellkjededannelsen, for ca. 400 millioner år siden. Utgangsbergarten for eklogitt er basiske bergarter av både vulkansk og intrusiv opprinnelse. Ved eklogittiseringsprosessen ble mineralene i utgangsbergarten erstattet av eklogittmineraler, mens bergartens kjemiske sammensetning forble uforandret.

De viktigste forekomstene i Førdefjordområdet er Engebøfjellet, Steinkrossen, Naustdal og Fureviknipa.

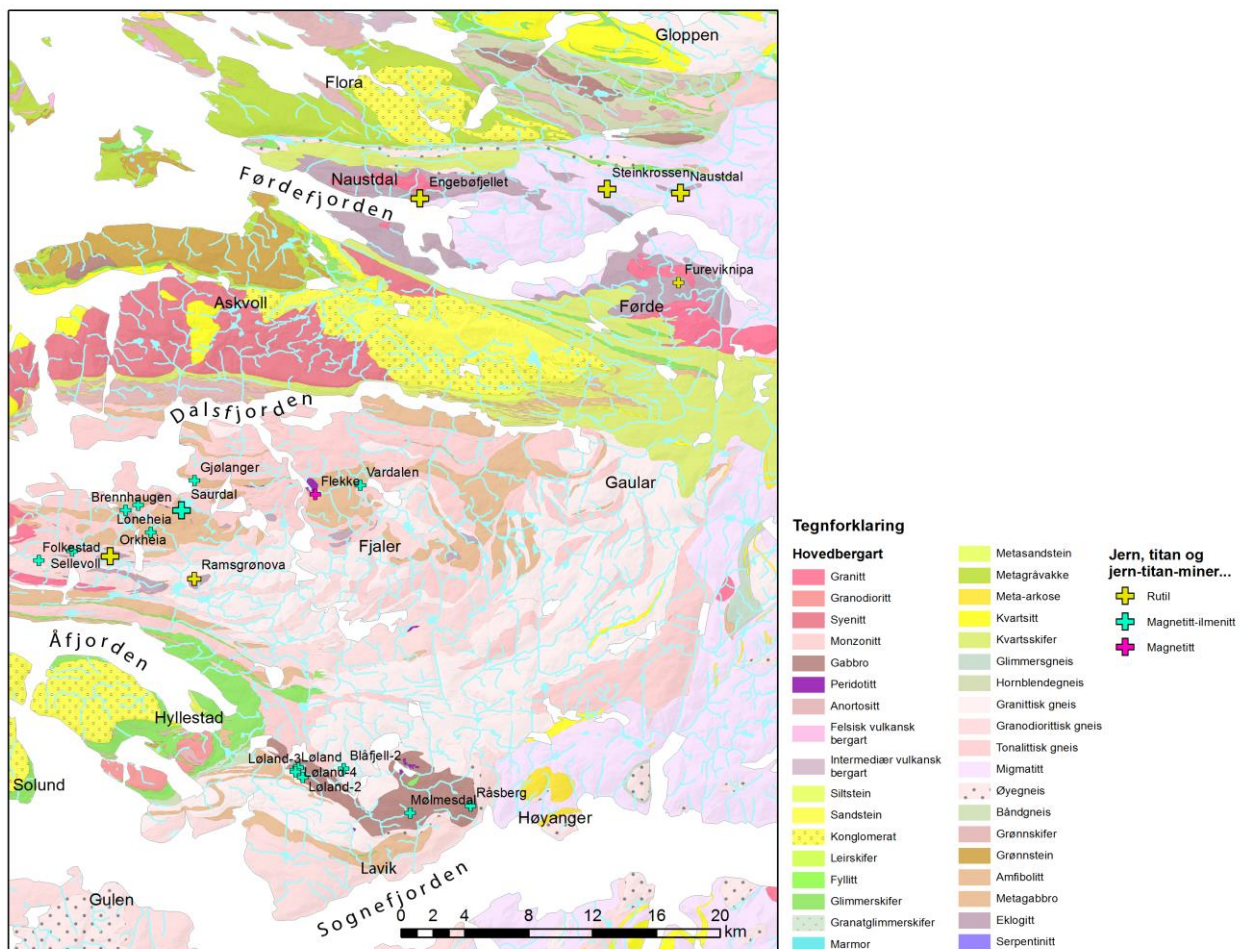
Engebøfjell-forekomsten er den mest kjente av disse. Sentrale deler av forekomsten er under utvikling for produksjon av rutil og granat i regi av Nordic Rutil/Nordic Mining (se <https://www.nordicmining.com/operations/engebo/>). Det konkurrerende selskapet Arctic Mineral Resources (<https://arcminres.no/>) ønsker å utvinne granat fra den vestlige delen av forekomsten.

Steinkrossen ble påvist etter at det ble gjort geofysiske målinger (Elvebakk m.fl. 1999, Dalsegg m.fl. 1999). Forekomsten ligger 3-4 km vest for Naustdal sentrum, 700 m.o.h. Den gravimetriske tolkningen viser at anomalien representerer et tungt bergartslegeme av betydelig størrelse og som sannsynligvis strekker seg helt ned til havnivå. Anomali-kilden stikker opp i overflaten i form av eklogitt med varierende

rutilinnhold fra 1-2 % til 5 %. Denne forekomsten kan ha et betydelig potensial for mineralutvinning, men eventuelle videre undersøkelser vil kreve kjerneboring.

Naustdal rutil/eklogitt-forekomst består av en ca. 2,5 km lang åsrygg som strekker seg østover over elven (Nausta) like nord og nordøst for Naustdal sentrum. Store deler av forekomsten er dekket av et boligfelt, og forekomsten er av den grunn uaktuell som mineralressurs.

Fureviknipa forekomstområde strekker seg fra toppen av fjellet Fureviknipa ca 750 moh. ca 1,4 km mot SØ, med varierende mineralkjemiske karakteristika. Forekomsten ble undersøkt av Foslie (1980) og av Korneliussen & Furuhaug (1991). Forekomsten ble noen år senere av NGU/DuPont-prosjektet vurdert som relativt sett mindre interessant, men uten at dette ble nærmere dokumentert.



Figur 4: Registrerte rutil-, magnetitt- og magnetitt-ilmenitt-forekomster ved Førdefjorden og mellom Dalsfjorden og Sognefjorden.

Ressursgrunnlaget i Førdefjordområdet er utvilsomt formidabelt og kan gi næringsutvikling i generasjoner framover. Den videre utviklingen ved Engebøfjellet blir viktig, blant annet fordi et vellykket resultat vil kunne stimulere til ny prosjektutvikling for andre forekomster. I denne sammenheng er det relevant å heve kunnskapsnivået om ressursgrunnlaget, i første omgang ved geofysiske undersøkelser i form av gravimetri på sørsiden av Førdefjorden, tilsvarende det som ble gjort på nordsiden av Førdefjorden på 1990-tallet i kombinasjon med geologisk kartlegging og prøvetaking.



### 3.2.2 Titan (rutil) og jern-titan-forekomster (Fe-Ti) i Fjaler, Hyllestad og Høyanger

Fe-Ti-forekomster (magnetitt-ilmenitt, til dels vanadium-holdig) opptrer i to områder (Figur 4): i de nordlige deler av området mellom Åfjorden og Dalsfjorden, og i et sørlig område nord for Lavik. Vertsbergarten er i begge områdene omvendte gabbroide bergarter (metagabbro og amfibolitt av sannsynlig alder 1500 millioner år). Eklogitt er et karakteristisk innslag i det nordlige området.

Det er flere interessante rutil- og granat-forekomster i det nordlige området. I sør forekommer eklogitt i fjellområdet vest for Lavik og også sporadisk på sørsiden av Sognefjorden (utenfor kartet i Figur 4). Rekognoserende undersøkelser på 1990-tallet påviste ikke rutil-mineraliseringer av økonomisk interesse i de sørlige områdene.

Orkheia eklogitt består av en foldet "plateformet" kropp som går "opp i luften" mot øst og vest, og har sannsynligvis en begrenset utstrekning mot dypet; informasjon om forekomsten er oppsummert av Korneliussen (2001). Forekomsten ble estimert å inneholde i størrelsesorden 25-30 mill. tonn (til 100 m dyp) med minst 3 % rutil i gjennomsnitt.

Ramsgrønova har lignende karakteristika som Orkheia, med estimert forekomststørrelse 20-30 millioner tonn med over 3 % rutil, beregnet ned til 100 m dyp (Korneliussen 2001).

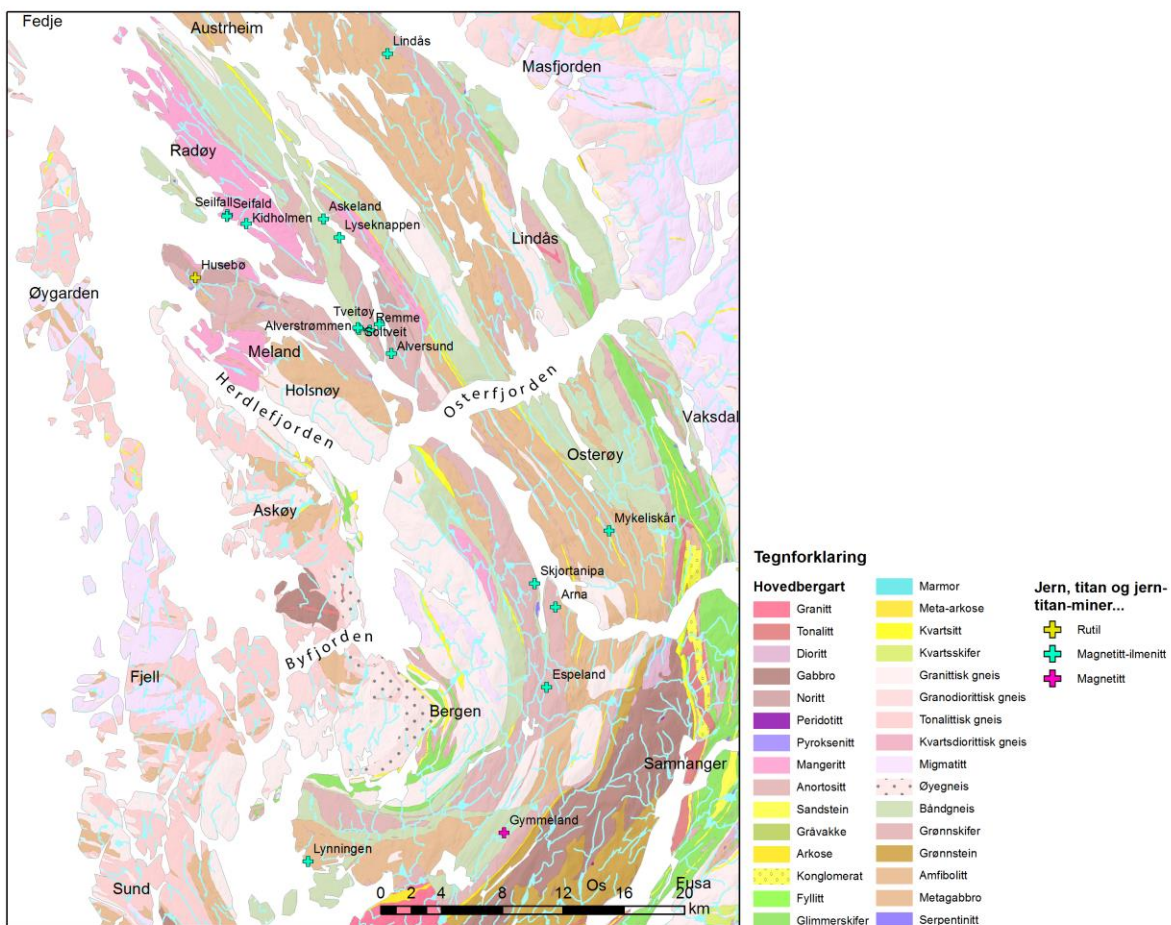
Saurdal eklogittforekomst fremstår som en åsrygg (Sørdalshaugen) ved gården Saurdal like vest for Saurdalsvatnet ved Gjøllanger. I den sørlige flanken av åsen ble det på 1990-tallet foretatt en prøvedrift på eklogitt som naturstein. Eklogittforekomsten går mot sør over i en klorittrik granatamfibolittisk bergart som inneholder massive lag av magnetitt-ilmenitt malm. Denne malmen var på begynnelsen av 1900-tallet gjenstand for forsøksdrift på jern, noe som ble mislykket på grunn av det høye titaninnholdet. Magnetitten i denne forekomsten er relativt vanadiumrik. Forekomsten ble kjerneboret etter vanadiumholdig magnetitt av Christiania Spigerverk A/S i 1956. Eklogitten er rutilførende, og forekomsten ble første gang rekognoserende undersøkt av NGU i 1979 (Korneliussen 1980), og ytterligere prøvetatt av NGU i samarbeid med DuPont og Stokke Industri i 1993-95, med fokus på rutil. I NGUs mineralressursdatabase framstår forekomsten med et areal (Sørdalshaugen) som indikerer eklogitt-delen av forekomsten. Forekomsten er imidlertid plottet som magnetitt-ilmenitt forekomst på kartet i Figur 4, selv om den har framtidig interesse hovedsakelig som eklogitt/rutil/granat-forekomst. I området ellers opptrer en rekke mindre mineraliseringer i form av massive bånd og disseminasjon av magnetitt-ilmenitt i metagabbro, noen av disse er registrert i NGUs mineralressursdatabase og er plottet i Figur 4. I dagens situasjon vurderes de kjente magnetitt-forekomstene i området å ikke ha økonomisk interesse, både fordi de er små og fordi kvaliteten ikke er attraktiv i dagens marked.

Ved Løland har det vært en viss skjerpning på soner av massiv og disseminert magnetitt-ilmenitt malm. I området videre østover fra Løland, ved Mølmesdal og videre mot Råsberg, er et karakteristisk innslag gabbroide bergarter med impregnasjon av magnetitt-ilmenitt. Noen steder finnes det også tynne bånd av massiv malm. De disseminerte mineraliseringer kan ha betydelig arealmessig utstrekning, men har for lite innhold av de økonomisk interessante mineralene til å være av interesse.

Gjøllanger-Ramsgrønova-Orkheia-området er som helhet svært interessant i rutil/granat-sammenheng. Som samlet sett kan trolig de mange forekomstene i dette området utgjøre et stort nok ressursgrunnlag for en integrert gruvevirksomhet. Det er behov for geofysiske undersøkelser (gravimetri) for å påvise eklogittkropper under løsmasse-overdekning og mot dypet, kombinert med oppfølgende geologisk kartlegging og prøvetaking. Et positivt trekk sammenlignet med Førdefjordområdet er at kornstørrelsen i eklogittene er større, noe som kanskje kan gjøre det mulig å produsere et større spektrum av markedsattraktive mineralprodukter av både granat og rutil.

### 3.2.3 Titan- (rutil) og jern-titan-forekomster (Fe-Ti) i Bergensbuene

Titanrike bergarter assosiert med Bergensbuenes anortosittkompleks (dannet for ca 950 mill. år siden) har i de nordlige deler av Holsnøy gjennomgått en omvandling til eklogitt i kaledonske skjærsoner (400 mill. år siden). Titan var i den opprinnelige bergarten er bundet i mineralet ilmenitt ( $\text{TiFeO}_3$ ), mens det i eklogitt-utgaven er bundet til rutil ( $\text{TiO}_2$ ). På nordlige Holsnøy er det ved Husebø påvist en forekomst med et utgående på i størrelsesorden 100 000 m<sup>2</sup>. Ned til 100 m dyp vil dette utgjøre ca. 30 millioner tonn. En rekke mindre forekomster/mineraliseringer finnes i nærområdet. Rutilinnholdet i Husebø-forekomsten varierer fra 1 til 5 % med et gjennomsnittsinhold på 2,13 % rutil. Rutilrike deler av forekomsten kan ha i størrelsesorden 3 % rutil, jfr. Korneliussen m.fl. (1991). Granatinnholdet er i størrelsesorden 25-40 %.



Figur 5: Registrerte rutil-, magnetitt- og magnetitt-ilmenitt-forekomster i Bergensbuene.

Som det framgår av kartet i Figur 5 er det kjent en rekke forekomster av Fe-Ti-malm (magnetitt-ilmenitt) i området. Disse opptrer i mafiske bergarter assosiert med Bergensbuenes anortosittkompleks. Generelt sett ansees forekomstene å være altfor små eller fattige til å kunne ha økonomisk interesse, men er mangelfullt undersøkt.

Økt interesse for granat gjør at rutilførende eklogittbergarter bør vurderes på nytt, spesielt på Holsnøy. Mineralogiske karakteristika er noe annerledes enn for eklogittforekomster for eksempel ved Førdefjorden, spesielt kornstørrelsen er større, noe som kan gi fortrinn med hensyn til granatproduktkvaliteter.

### 3.3 Nikkel-kobber-forekomster

#### 3.3.1 Bergen-Hosanger nikkel-kobber (Ni-Cu)

Bergen-Hosanger-området (Figur 6) hører geologisk med til Lindåsdekket, som er en tektonostratigrafisk enhet som inkluderer prekambriske dypbergarter med anortosittisk, jotunnittisk og mangerittisk sammensetning innenfor Bergensbuene. Lindåsdekket ble skjøvet på plass under den kaledonske fjellkjededannelsen, og deler av regionen ble samtidig utsatt for kraftig omdanning. Området inneholder en rekke nikkel-kobber-forekomster (Boyd m. fl., 2012).

I Hosanger-området er en rekke historiske nikkel-kobber-forekomster kjent fra den nedre delen av en sterkt deformert noritt, Hosanger-intrusjonen, som er en del av Holsnøysuiten (Ragnhildstveit & Helliksen, 1997). Den er antatt å være dannet for ca. 950 millioner år siden.

Nikkelmalmene i Hosanger-området kan deles inn i to hovedtyper (Bjørlykke, 1949):

- Primær magmatisk malm
- Offset malm

Den primære nikkelmalmen opptrer i nedre del av noritten, og dels i store inneslutninger av gneis i noritt. Karakteristisk for denne malmtypen, som dominerer i Litland- og Lien-forekomstene, er at det er gradvis overgang mellom sulfidrik noritt med nikkelforekomster og noritt uten sulfider. Offsetmalmen er nikkelrike gangfyllinger og linser med skarp grense til vertsbergarten som består av både noritt og gneis.

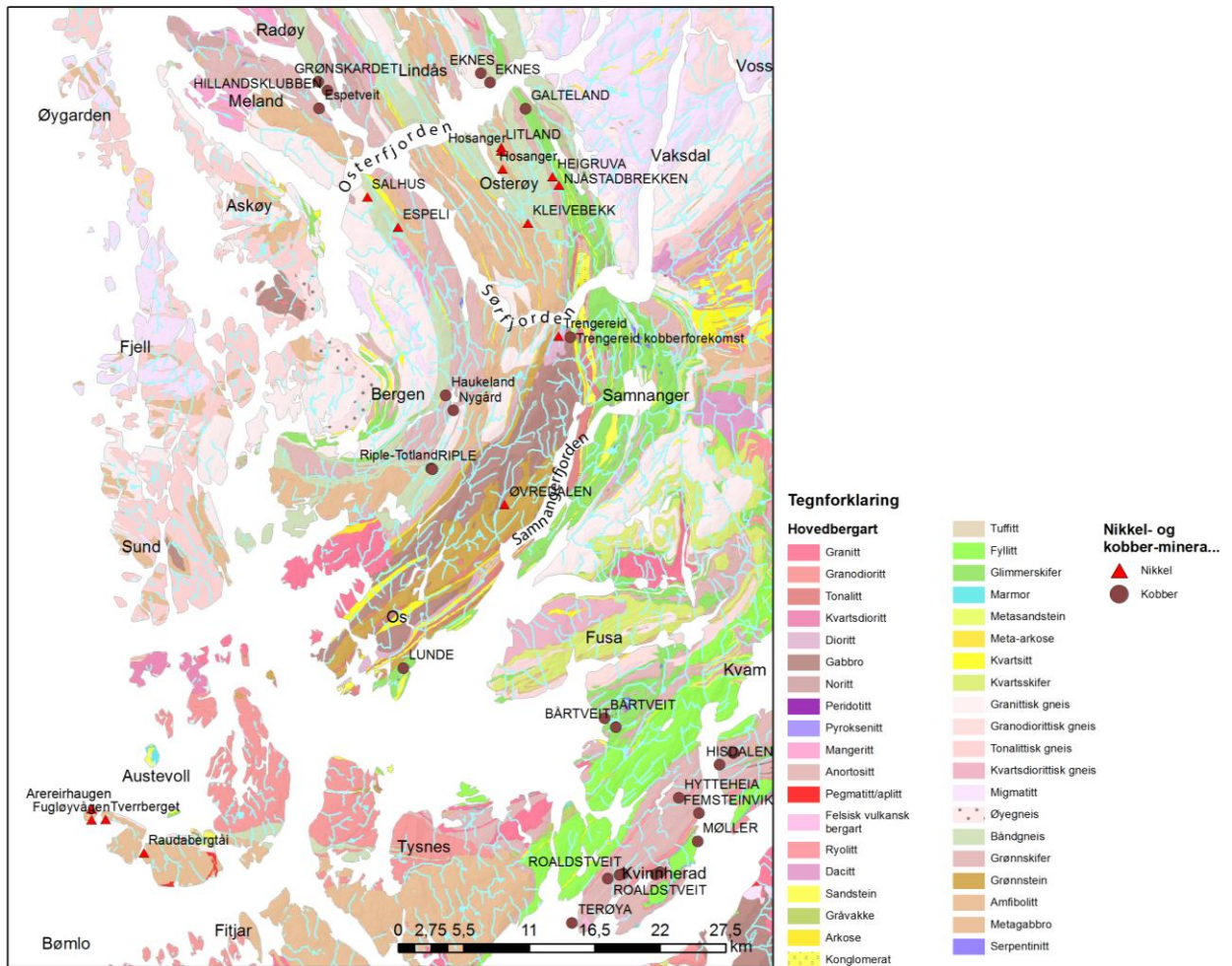
Den første nikkelforekomsten ble påvist i 1875 på Osterøy, og gruvedrift foregikk periodevis fram til 1945. I den første perioden ble driften konsentrert til små nikkel-rike linser i den øvre delen av noritten i Nonås-feltet, lengst sør i noritten. De viktigste forekomstene ligger i den nedre del av noritten. Litland som ligger på sørsida av Litlandvannet, ble funnet i 1899, og gruvedriften kom i gang i 1915. Lien-forekomsten ligger nord for vannet og ble påvist i 1915, men produksjonen kom først i gang i 1938. Nikkellinnholdet i malmen varierte fra 0,67 til 1,215 % Ni og kobber fra 0,285 til 0,44 % Cu i disse forekomstene. Blackstone Ventures<sup>6</sup> har anslått at total produksjon var 462.000 tonn med 1,05 % nikkel, 0,35 % kobber og 0,05 % kobolt, med opptil 3 % Ni i enkelte perioder. Innholdet av edelmetallene platina, palladium og gull er relativt lavt i malmen (Barnes m.fl. 1988; Boyd m.fl. 1990). Tolkninger av geofysiske undersøkelser utelukker at det finnes massive sulfidforekomster på grunne dyp i Litland-området (Eidsvig, 1971), men Mathiesen (1978) mener at disseminerte nikkel-mineraliseringer i Nonås-området kan være av interesse da prøver viser at de også har relativt høyt innhold av kobber i sulfidfasen. Gjennom ulike letekampanjer er ca. 50 kjerneborhull blitt boret i området (Pursuit Minerals, 2020). Fra og med februar 2020 har det australske selskapet Pursuit Minerals Limited undersøkelsesrett i området.

Flere mindre nikkel-kobber mineraliseringer er i tillegg registrert i NGUs mineralressursdatabaser i Lindåsdekket men NGU mangler nærmere opplysninger; Salhus og Espelid i Åsane, Heigruva og Njåstadbekken øst for Hosanger og Kleivbekk sør for Lonevåg. I tillegg er det registrert nikkel-kobber-forekomster i gabbro i Hardangerfjorddekket; Trengereid på sørsida av Sørfjorden og Øvredalen vest for Samangerfjorden. En rekke små og ubetydelige nikkel-kobber-forekomster i gabbro er befart i Austevoll (Wulff, 1996); Tverrberget, Fugløyvågen, Arereirhaugen og Raudabergtåi.

---

<sup>6</sup> Internett i 2010, referansen er ikke lenger tilgjengelig.

Enkelte mindre kobberforekomster er også registrert innenfor denne provinsen (Wulff, 1996). Nygård, Trengereid og Riple-Totland er hydrotermale kvartsgangforekomster med dels rik kobberkismineralisering. Nygårdforekomsten er i tillegg også anrikt på kobolt, men alle disse forekomstene er små og har uregelmessig mineralisering.



Figur 6: Bergen-Hosanger nikkel-kobber og kobber-forekomster.



### 3.3.2 Jotunheimen Ni-Cu-PGE (nikkel-kobber-platina gruppe metaller)

I Espedalen i tidligere Oppland fylke, sørøst for det egentlige Jotunheimen, men geologisk tilhørende Jotun-Valdresdekkekomplekset (Siedlecka m.fl. 1987) fins en konsentrasjon av Ni-Cu-sulfidforekomster kjent fra gammelt av. I perioden 2006 – 2009 ble det etter målrettet prospektering i dette området funnet to nye Ni-Cu-forekomster av samme type (Reddic Consulting Inc. 2009). I det sentrale Jotunheimen, og videre mot SV mot de indre delene av Sognefjorden, fins imidlertid ingen kjente forekomster av Ni-Cu-sulfider. Man kjenner derimot én palladium (Pd) - platina (Pt) mineralisering assosiert med Cu-sulfider knyttet til jernrike ultramafiske bergarter (ferropyroksenitter). Mineraliseringen er bare kjent fra ansamlinger av helt lokale og til dels store løsblokker innenfor en tre km lang morenerygg i fronten av Gråsubreen i østflanken av Glittertindmassivet og er så langt ikke funnet i fast fjell (Nilsson 1984, Barnes m.fl. 1988, Often & Nilsson 2012). Om denne mineraliseringstypen fins andre steder innenfor Jotunheimen vet man ennå ikke, men under en stor bekkesediment-undersøkelse som dekket hele tidligere Sogn og Fjordane fylke, inkludert store deler av Jotundekket, fant man at bekkesediment-prøver tatt blant annet i Utladalen var anomalt forhøyet i nettopp Pd og Pt og derved skilte seg markant fra resten av fylket (Ryghaug 1986, 1989). På grunn av opprettelsen av Jotunheimen nasjonalpark med tiliggende Utladalen landskapsvernområde i 1980, ble de anomale prøvene aldri fulgt opp. NGU har påvist anrikninger av kobber flere steder i skyvesonen i basis av Jotundekket, særlig langs NV-randen av dekket (Krog 1983, Rønning m.fl. 1983).

## 3.4 **Kobber-sink ± gull-forekomster**

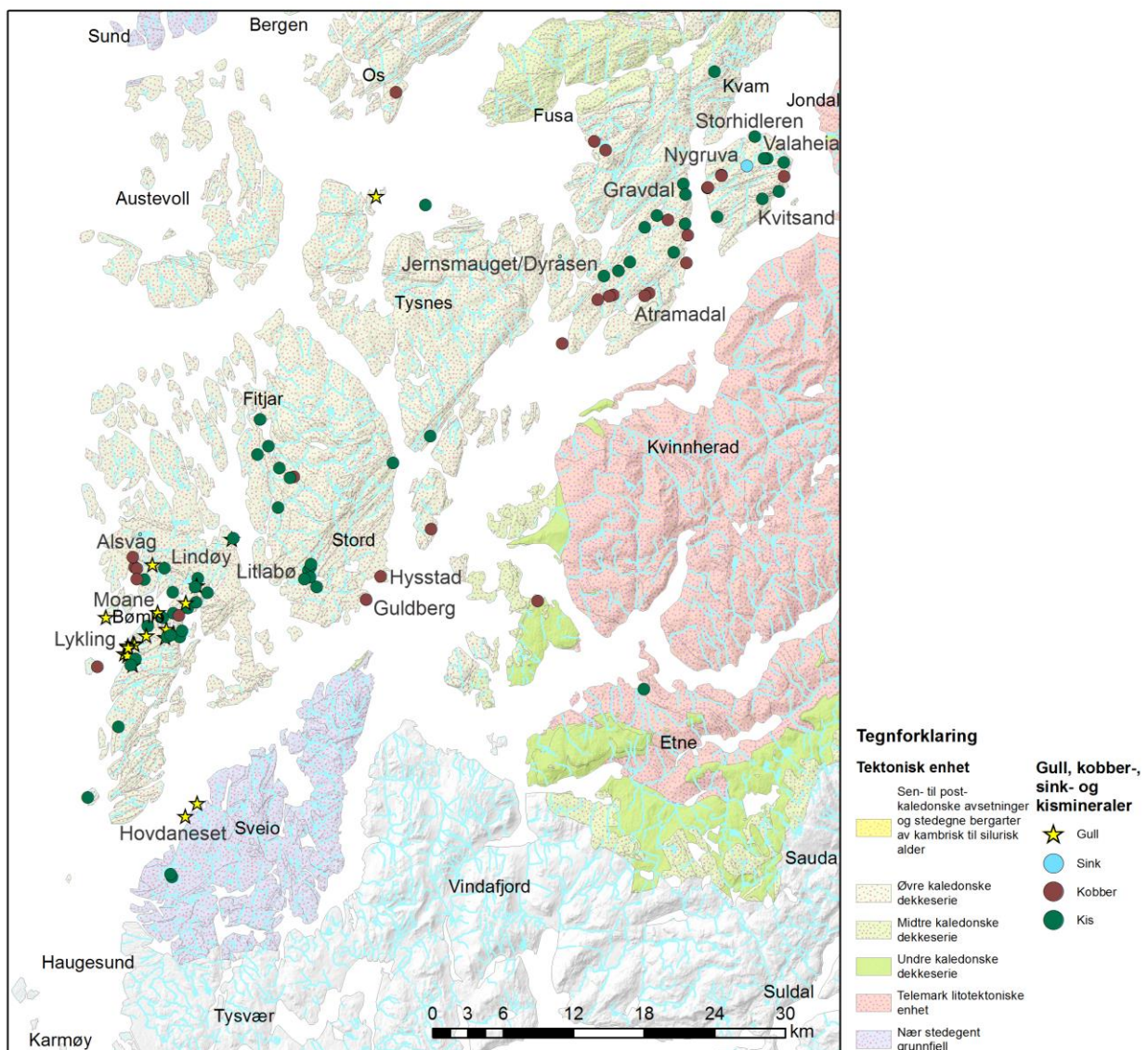
### 3.4.1 Hardanger kobber-sink-gull-provins

Hardanger kobber-sink-provins (Figur 7) ligger på nordsiden av Hardangerfjorden og strekker seg fra Bømlø og Stord i sørvest og videre innover fjorden inkludert Tysnesøya, Huglo og Varaldsøy, over en lengde på ca. 100 km (Sandstad 2012). Berggrunnen i området domineres av omdannede vulkanske og sedimentære bergarter av kambrisk til silurisk alder (ca. 420-500 millioner år) avsatt på havbunnen eller i tilknytning til vulkanske øybuer. De ble omdannet og deformert under den kaledonske fjellkjededannelsen og tilhører Øvre kaledonske dekkserie som mange av de andre kjente sulfid-distriktene i Norge som for eksempel Løkken, Folldal og Grong.

Mer enn 150 malmforekomster og -mineraliseringer er kjent fra dette området (Wulff 1996). De mest kjente forekomstene i denne provinsen er gullforekomstene ved Lykling på Bømlø som var i drift i perioden 1884-1910 (ca. 200 kg gull ble produsert) og sulfidforekomsten Stordø i Litlabø som var i periodevis drift på slutten av 1800-tallet og kontinuerlig drift fra 1904 til 1968. Stordø produserte ca. 9 millioner tonn svovelkismalm for utvinning av svovel til hovedsakelig framstilling av svovelsyre. Andre større sulfidforekomster som har vært i drift ligger på Varaldsøy og til sammen 0,5 – 1 millioner tonn malm ble utvunnet fra forekomstene Gravdal, Valaheien og Nygruva.

Etter at gruvedriften ble avsluttet har flere selskap gjort videre undersøkelser. NGU fikk gjennomført en kartlegging og prøvetaking av de fleste sulfidforekomstene i området midt på 1990-tallet, og det viste seg at en rekke av disse også var anrikt på gull i tillegg til kobber og sink (Wulff 1996). Norrbotten Exploration AB (NEAB) fulgte opp disse resultatene og gjennomførte prospektering i dette området i perioden 2009-2010. Detaljerte geofysiske målinger fra helikopter på Varaldsøy og et område mellom Ølve og Hatlestrand ble gjort. I dag er det ingen som har undersøkelsesrett i området.

De fleste kjente metallforekomstene på Bømlo er gullmineraliseringene i kvartsganger omkring Lykling. De fleste er tilknyttet deformasjonssoner (skjærsoner) i gabbro. I tillegg til gull kan gangene også være anriket på sølv, kobber, bly, arsen og tellur. Selv om spektakulære prøver med gull fortsatt kan oppdages er disse mineraliseringene med et gjennomsnittlig gull-innhold omkring 2-5 g/t antatt å være for små til de har noen interesse for omfattende kommersiell drift i dag. Tilsvarende gangforekomster med gull finnes også på fastlandet på Hovdaneset på sørsida av fjorden. På Bømlo finnes det også enkelte andre små gangforekomster som er rikere på basemetallene kobber, sink og bly; Moane og Alsvåg (Wulff 1996). En rekke små forekomster dannet i tilknytning til vulkansk aktivitet på havbunnen (VMS, vulkanske massive sulfider) med lavt innhold av basemetaller, såkalt vasskis, er også kjent; Lindøy er den største av disse.



Figur 7: Registrerte kis, kobber-sink og gull-forekomster i Hardangerområdet.

Den desiderte største VMS-forekomsten innenfor provinsen er Stordø (Litlabø) på Stord. Den ble drevet ned til et dyp på 600 m i perioden 1865-1968 og produserte ca. 9 millioner tonn svovelkismalm fattig på kobber og sink. Malmen inneholdt i gjennomsnitt 40 % svovel og 0,26 % sink (Foslie 1926), og nyere

analyser viser kun opptil 0,11 % kobber. Forekomsten består av flere steiltstående sulfidlinser, 5-50 m tykke, over en total mektighet på 150 m i lagrekken. Den ligger i en sekvens av omdannede turbiditter, chert og grunnmarine vulkanske bergarter. Flere andre sulfidmineraliseringer finnes også i denne sekvensen. Guldberg lengst sør på øya består av en rekke mindre gruver som i gjennomsnitt inneholder 4 % kobber (NEAB, pers. kommentar).

Flere mindre VMS-forekomster har vært i drift i Ølve og på Varaldsøy. De er gjerne svovelkisrike og har generelt lavt innhold av basemetaller; gjennomsnittlig 0,7 % kobber og 3,4 % sink i Nygruva og 1,35 % kobber og 0,7 % sink i Gravdal. En av de rikere forekomstene er Atramadal i Ølve med enkeltprøver med 15-20 % sink og 10-15 % kobber (NEAB, pers. kommentar). Forekomsten er 600 m lang, men imidlertid bare 1 m mektig. Drift på denne startet allerede i 1642, og den kan være den eldste gruva i Hardanger-området. Enkelte av VMS-forekomstene er anrikt på andre metaller som kan gi høyere malmverdi. Nygruva (opptil 1,2 g/t Au) og Storhidleren (opptil 10 g/t Au) på Varaldsøy er blant forekomstene som er anrikt på gull. I dag er kobolt (Co) også av stor interesse da det er et viktig metall i den nye batteriteknologien. Guldberg og Hysstad (i gjennomsnitt 0,04 % Co, 4 prøver) og Kvitsand på Varaldsøy (i gjennomsnitt 0,07 % Co og 1 g/t Au; 5 prøver) er VMS-forekomster som kan være interessante med hensyn til kobolt. Enkelte av disse jernrike sulfidforekomstene er magnetitrike, som for eksempel Jernsmauged-Dyråsen i Ølve. Disse har imidlertid ingen økonomisk interesse i dag.

### 3.4.2 Grimeli kobberforekomst

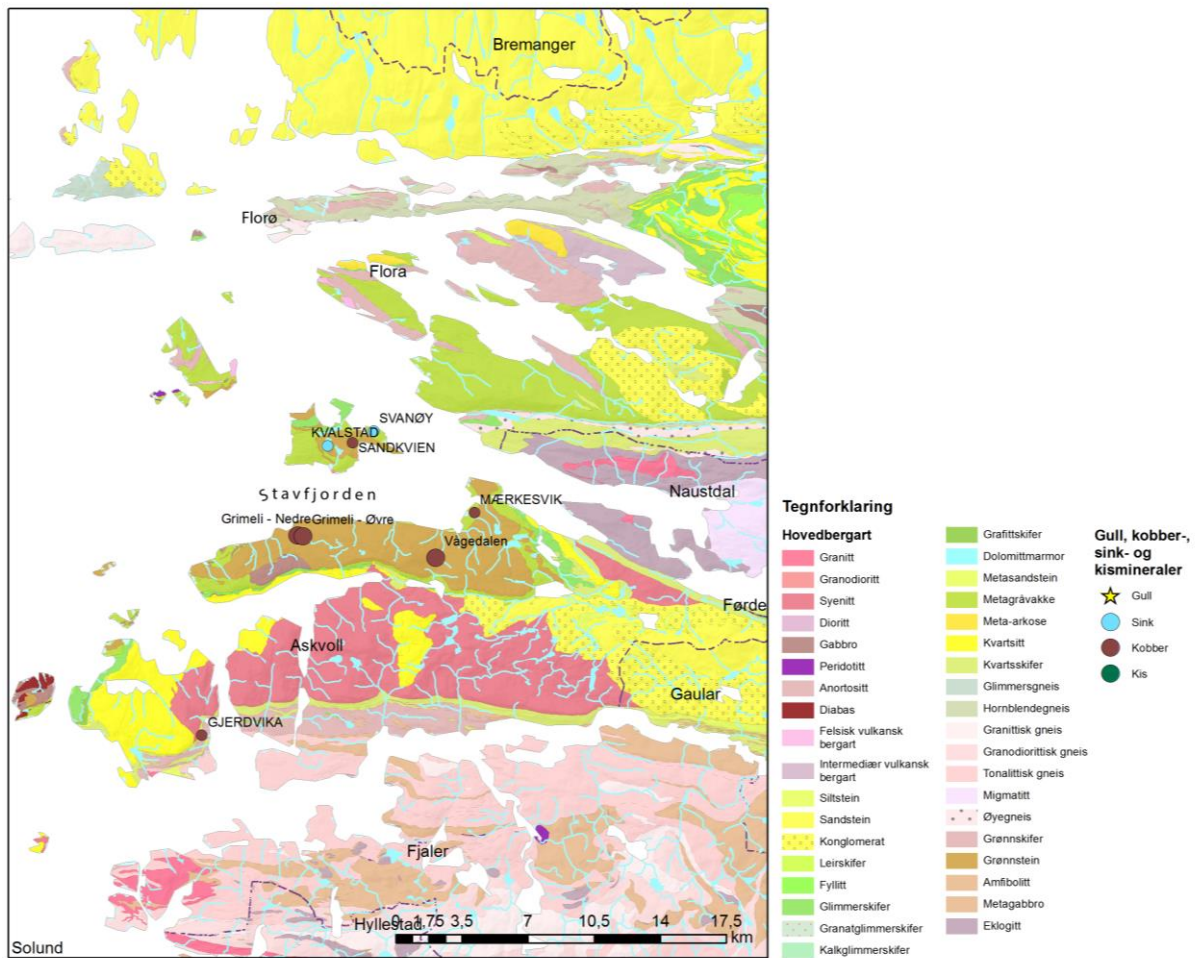
"Grimmeliens Kobberværk" startet i 1759 gruvedrift på kobber i Grimeli (Figur 8) på sørsiden av Stavfjorden i Askvoll kommune. Gruva var i drift i tre perioder på til sammen omkring 50 år fram til 1920. I tillegg til hovedforekomsten Grimeli, som består av Øvre, Nedre og Vestre gruve, finnes en rekke andre liknende forekomster og mineraliseringer i området. De største av disse, hvor det var noe aktivitet samtidig med aktiviteten på Grimeli, ligger i Vågedalen, ca. 8 km lengre øst på Svanøy. Flere selskaper har senere gjort undersøkelser i området. NGU gjennomførte geofysiske målinger og geologisk kartlegging, inkludert rekognoserende kjerneboring (pack-sack) i perioden 1976-80 (Korneliussen & Often 1981, Rønning 1981). Det britiske selskapet Kodal Minerals Norway gjennomførte kjerneboringer i 2015 uten at NGU har tilgang til disse resultatene. Et lokalt selskap fra Stongfjorden, SGC PeTech AS har i dag undersøkelsesrett til Grimeli-området.

Disse sulfidforekomstene opptrer i Stavenesgruppen som i hovedsak består av mafiske metavulkanitter av ordovicisk alder, og er antatt å være dannet i forbindelse med vulkansk aktivitet på havbunnen og i vulkanske øybuer. De er senere omdannet og deformert under den kaledonske fjellkjededannelsen.

Sulfidmineraliseringene i Grimeli opptrer i flere nivå og består av massive bånd, striper og disseminasjoner av magnetkis, svovelkis, kopperkis og sinkblende. Mektigheten til de mineraliserte soner varierer fra noen få mm til flere meter, over en total lengde på opptil 2 km. Tolkninger basert på de geofysiske målingene viser at malmsonen i Nedre/Vestre gruve består av en plate med bredde 450 m og en lengde langs fallet (60°) på 600 m. Ved Øvre gruve er de tilsvarende tall 380 m og 600 m (Rønning 1981). En usikker beregning basert på NGUs undersøkelser angir totale malmressurser i Grimeli til 1,5 mill. tonn med et innhold av omtrent 2-4 % kobber+sink i gjennomsnitt over en anslått mektighet på en meter, og i tillegg kommer et anslag på 0,7 Mt fra Vågedalen (Korneliussen & Often 1981). Disse ressursene er antatt å være for små for økonomisk utnyttelse, men det er interessant å registrere at spesielt Grimeli-mineraliseringene er anrikt på kobolt. Seks prøver innsamlet på tippen inneholder i gjennomsnitt 0,13 % kobolt (Korneliussen & Often 1981).

Sulfidforekomstene på Svanøy er ikke nærmere undersøkt av NGU i nyere tid og mangler oppdatert informasjon i mineralressursdatabasen. De var i drift i 1860- og 1880-årene og i periodene 1905-07 og

1911-20. Totalt er det produsert omtrent 36.000 tonn malm med i gjennomsnitt 43 % svovel og 1,75 % kobber (Jensen 1965). De ligner Grimeli-forekomstene og består av cm-m mektige massive og disseminerte lag i grønnstein (Korneliusen & Often 1981).



Figur 8: Kobberforekomster i Grimeliområdet og på Svånøy i Stavfjorden.

### 3.4.3 Årdal kobberforekomster

Kobberforekomstene i Årdalsområdet (Figur 9) opptrer i områder med mafiske Jotundekkebergarter i form av i varierende grad deformert (forgneiset) mangeritt, jotunnitt/gabbro og amfibolitt.

Hovedforekomstene i Årdalsområdet er Guds Gave og Kongens gruver på Gruvefjellet, Blåbergets gruve like ved Øvre Årdal (Farnes) og Prins Fredriks gruver på østsiden av Fardalen ved Åsete. I tillegg kommer en rekke andre lokaliteter (mineraliseringer) som på grunn av ubetydelig størrelse og lavt kobberinnhold er av mindre betydning.

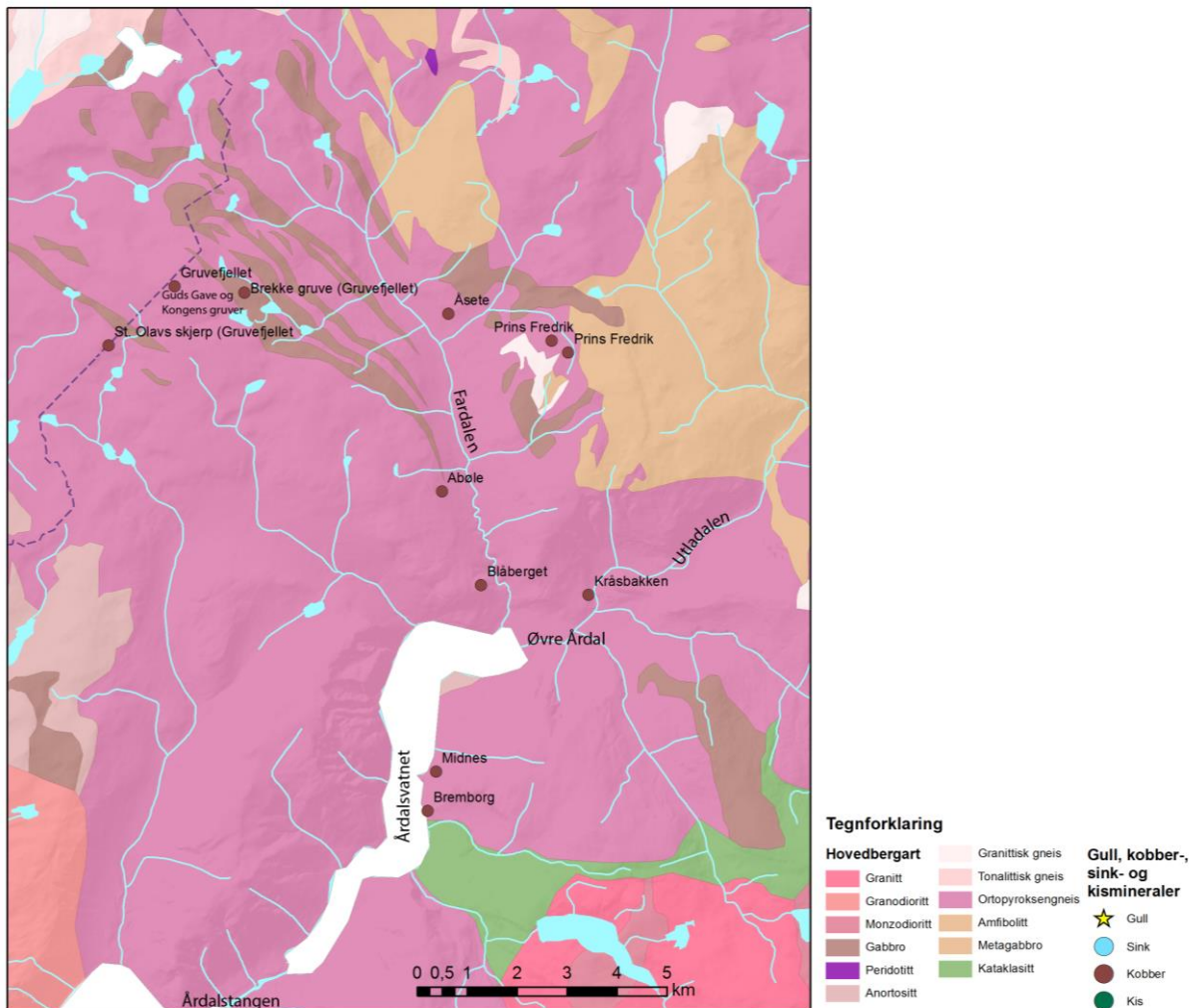
En reingjeter, Botolf Hæreid, fant i år 1700 kobbererts på toppen av Grøndalsfjellet (nå Gruvefjellet) 1500 m.o.h., og i 1702 ble det satt i gang drift, jfr. Bygdebok for Årdal (Ve 1971). Omtrent samtidig ble det funnet malm i Blåberget. Driften på Gruvefjellet ble etter hvert redusert samtidig som en trappet opp i Blåberget, som på tross av fattigere malm ble foretrukket på grunn av gunstigere beliggenhet og enklere driftsforhold. I 1723 ble gruvene på Gruvefjellet nedlagt samtidig som en startet drift på en



nyoppdaget forekomst, Prins Fredriks gruve. Kobberverket gikk imidlertid dårlig, og all drift ble avsluttet i 1734.

Årdal-forekomstene ble undersøkt av NGU i 1976-78 i form av bekkesediment prøvetaking i de aktuelle områder (Krog 1977, 1978), geofysikk (IP) i området ved Blåbergets gruver i Fardalen (Eidsvig 1978) og diverse prøvetaking og oppfølging av geokjemiske anomalier (Korneliussen & Staw 1977).

Guds gave og Kongens gruver kan anses som samme forekomst på toppen av Gruvefjellet 1510 m.o.h. Kobbermineraliseringene består av bornitt, kobberglans og kobberkis, og er i første rekke tilknyttet opptil noen få dm mektige hornblendittiske linser og bånd. Disse opptrer enten som skarpt avgrensede legemer eller i uregelmessige breksjelliknende partier. Hornblenditten er tilknyttet en sterkt oppknyt feltspatisk bergart (jotunitt), også med sulfidmineraliseringer, men fattigere enn i hornblenditten.



Figur 9: Kobberforekomstene ved Årdal.

Blåbergets gruver ligger like nord for tettstedet Øvre Årdal, i østre og sørøstre side av Blåberget ved utløpet av Fardal ca. 500 m.o.h. Bergartene i området er mangerittiske, amfibolittiske, granatamfibolittiske samt intrusive ganger av granodioritt (alder 890 mill. år). Kobbermineraliseringen er i form av disseminert bornitt, kobberglans og kobberkis i hornblenditt og amfibolitt. Mektigheten av de mineraliserte partier/soner varierer fra noen cm til 4-5 m. Amfibolittenes og hornblendittens utstrekning og form er sterkt varierende, forårsaket av kraftig deformasjon. I hovedsak ser de

mineraliserte bergarter ut til å opptre langs den samme sone/nivå i mangeritt, og kan følges mellom gruveåpningene langs fjellsiden nedover mot Årdalsvatnet i vest, over en avstand av ca. 1 km. Ved NGUs undersøkelser i 1976-77 (Korneliusen & Staw 1977) ble det foretatt en relativt omfattende overflateprøvetaking i og ved gruveanlegget. Kobberinnholdene er gjennomgående lave, i størrelsesorden 0,5 % kobber (Cu) og lavere. En sammenslått prøve av bornittrik hornblenditt fra gruvetippene ved Blåbergets gruver ble analysert i 2004; den inneholdt 0,85 ppm gull (Au) og 0,2 ppm paladium (Pd), i tillegg til >1 % kobber<sup>7</sup>.

Prins Fredriks gruve ligger i østre dalside av Fardalen, 800 m.o.h. 6 km NNV for Øvre Årdal. Gruveåpningene er helt tildekket av rasmasser fra en knusningssone som danner et markant skar mot øst høyt oppe i dalsiden. Opp av ura rett nedenfor skaret stikker det opp morkne rester av gamle tømmerstokker som kan stamme fra gruveanlegget. Svært lite er kjent av gruvegeologiske forhold. I ura nedenfor skaret finnes blokker av en lys feltspatisk bergart med sprekkefyllinger av gedigent kobber og cupritt. Disse funnene er i overensstemmelse med omtaler av malmen fra gammelt av (se Ve 1971, Bygdebok for Årdal s. 424-426) som sier at malmen består av "gedigent kopper og flere kopperertser". Bygdeboka sier om malmåren at den står som en steiltstående 25 cm mektig skive i fjellet øverst i lia, men blir mektigere lenger ned og kommer noen steder opp mot 2 m. Det er dermed sannsynlig at malmen opptre i tilknytning til den ovenfor nevnte knusningssonen. Det ble i forbindelse med NGUs Årdalsprosjekt utført geofysiske målinger (IP) og jordprøvetaking i området. Det ble påvist 3 geofysiske anomalier langs den antatte fortsettelsen av knusningssonen innover i fjellet mot øst, men uten at dette ble videre fulgt opp av NGU.

Som resultat av NGUs undersøkelser på 1970-tallet ble Årdal-områdetets kobberforekomster ansett ikke å ha økonomisk interesse, dog uten god informasjon om malmen i Prins Fredriks gruve. Kobberanomalier i bekkesedimenter fra deler av Jotundekket, inkludert Årdal-området, er markante, noe som antyder at berggrunnen inneholder unormalt mye kobber. Tilsvarende foreligger iøynefallende bekkesediment anomalier av platinagruppens metaller, uten tilfredsstillende geologisk forklaring. Det er behov for å vurdere situasjonen på nytt.

### 3.5 Sjeldne jordartsmetaller

Geokjemiske bekkesediment prøver fra geokjemiprojektet i Sogn og Fjordane på 1980-tallet (Ryghaug 1986) viser markant anomale verdier for cerium (Ce) og lantan (La) (andre sjeldne jordartsmetaller ble ikke analysert), mellom Aurland og Nordfjord/Stryn. Anomalimønsteret er til dels sammenfallende med et tilsvarende mønster for fosfor (P).

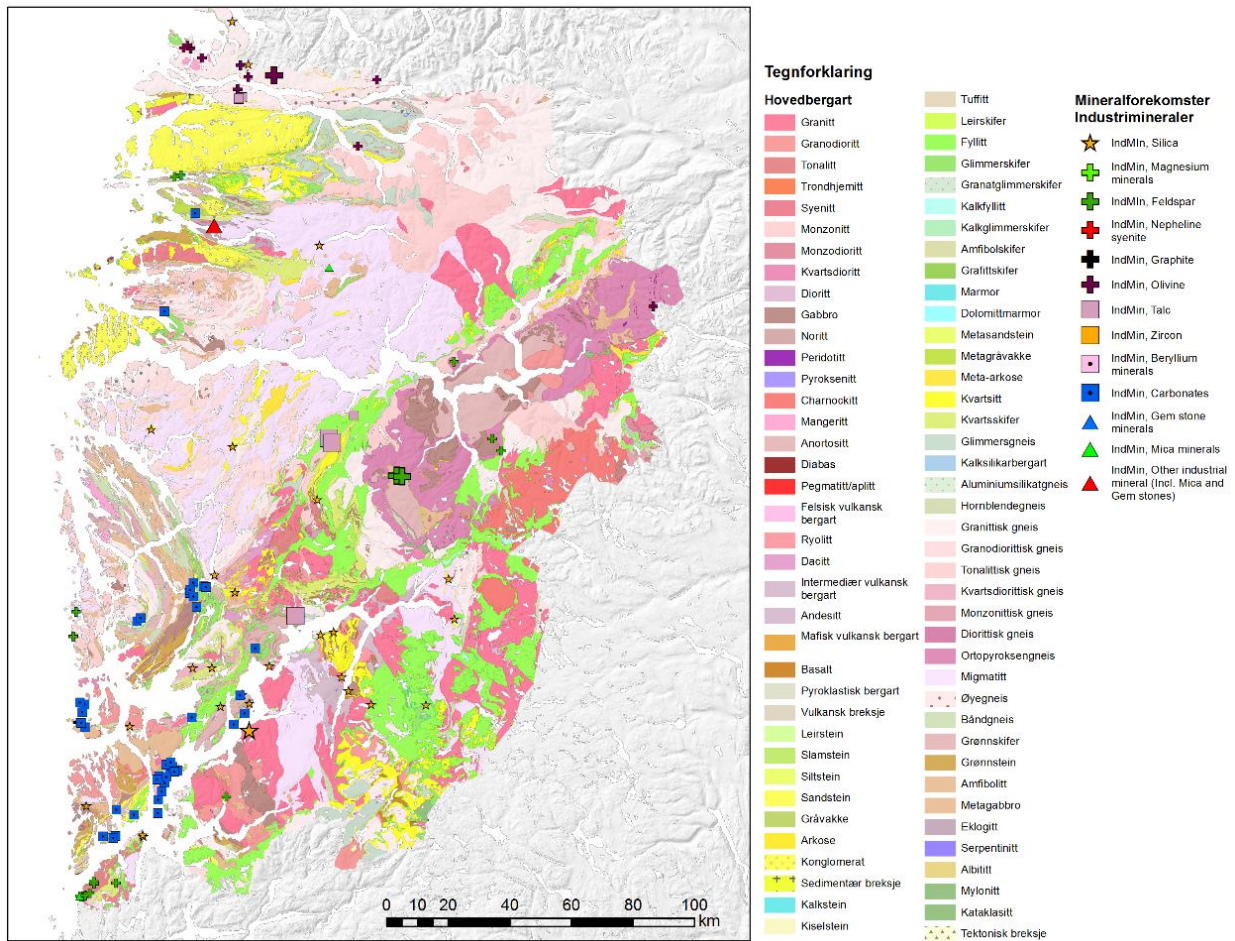
Det er behov for videre oppfølging, se nærmere omtale i Kapittel 7.3

---

<sup>7</sup> Ved den analysemetoden som ble benyttet var 1 % kobber øvre deteksjonsgrense; > betyr at prøven inneholder mer enn 1 % kobber.

## 4. INDUSTRIMINERALER

Industrimineraler er mineraler og bergarter som produseres på grunn av sine fysiske, kjemiske, ikke-metalliske egenskaper. Foruten titan-mineralet rutil (omtalt under metaller), er det kjente forekomster av granat, anortositt, kvarts og kvartsitt, talk og kalkstein/marmor (karbonater). Basert på geokjemiske analyser kan det også finnes potensiale for fosformineralet apatitt.



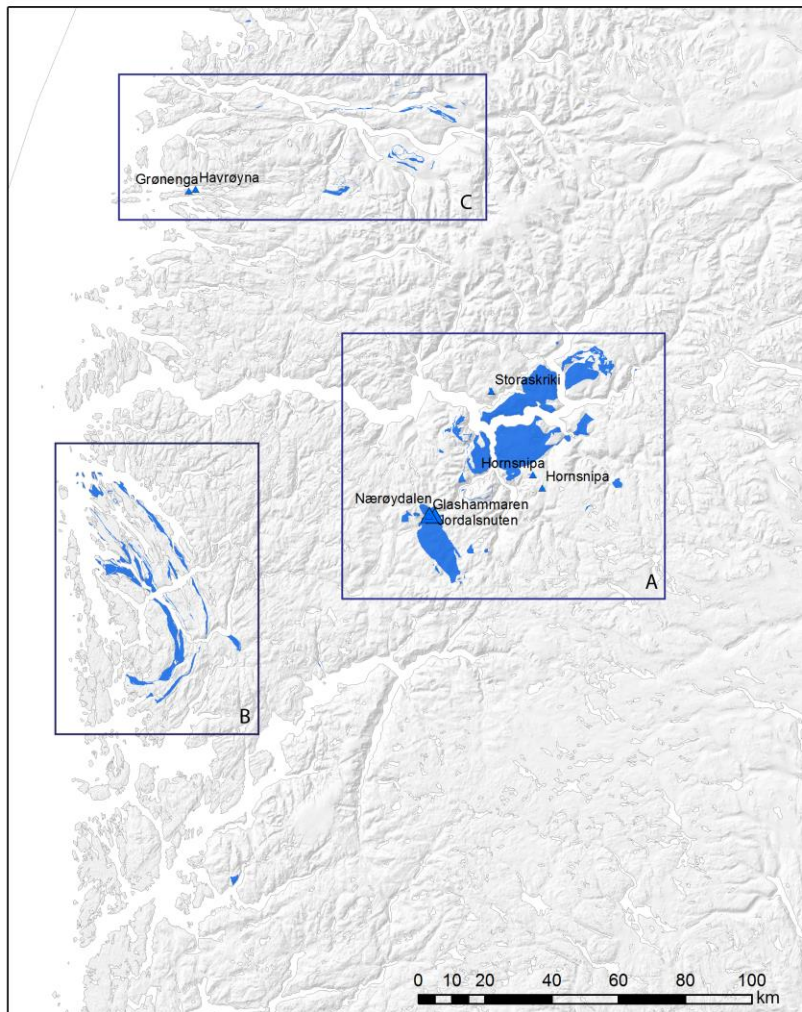
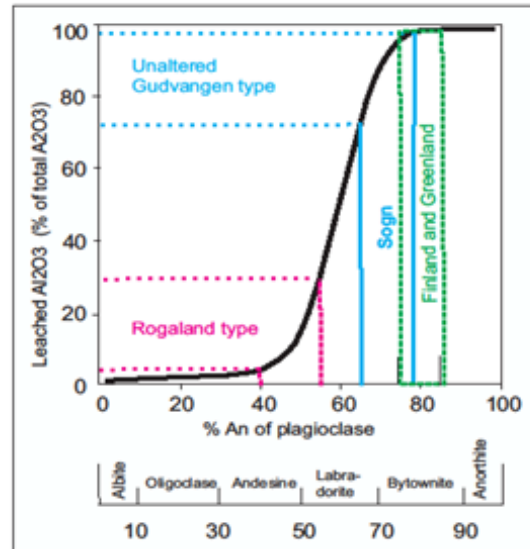
Figur 10: Industrimineralforekomster plottet på forenklet berggrunnsgeologisk kartgrunnlag.



#### 4.1 Anortositt

Bruk av anortositt til industrimineral-formål er i stor grad avhengig av at bergarten har den rette mineralkjemiske sammensetningen. Bergarten anortositt består per definisjon av minst 90% av feltspatmineralet plagioklas som i naturen opptrer i en blandingsrekke med varierende innhold av natrium (Na), kalsium (Ca), silisium (Si) og aluminium (Al). Andel av det kalsiumrike endeledet anortitt angis i % An (se Figur 11) og det spesielle er at mineralet blir lettløselig i syrer ved et An-innhold på 50% og oppover.

Figur 11: Syreløselighet som funksjon av An-innhold i plagioklas.



Figur 12: Anortositt-forekomster i Vestland fylke.

Anortosittiske bergarter opptrer i Vestland fylke innenfor 3 geografiske hovedområder Figur 12:

A. Indre Sogn-Voss med An55-80

B. Bergensbuene-området med An<50

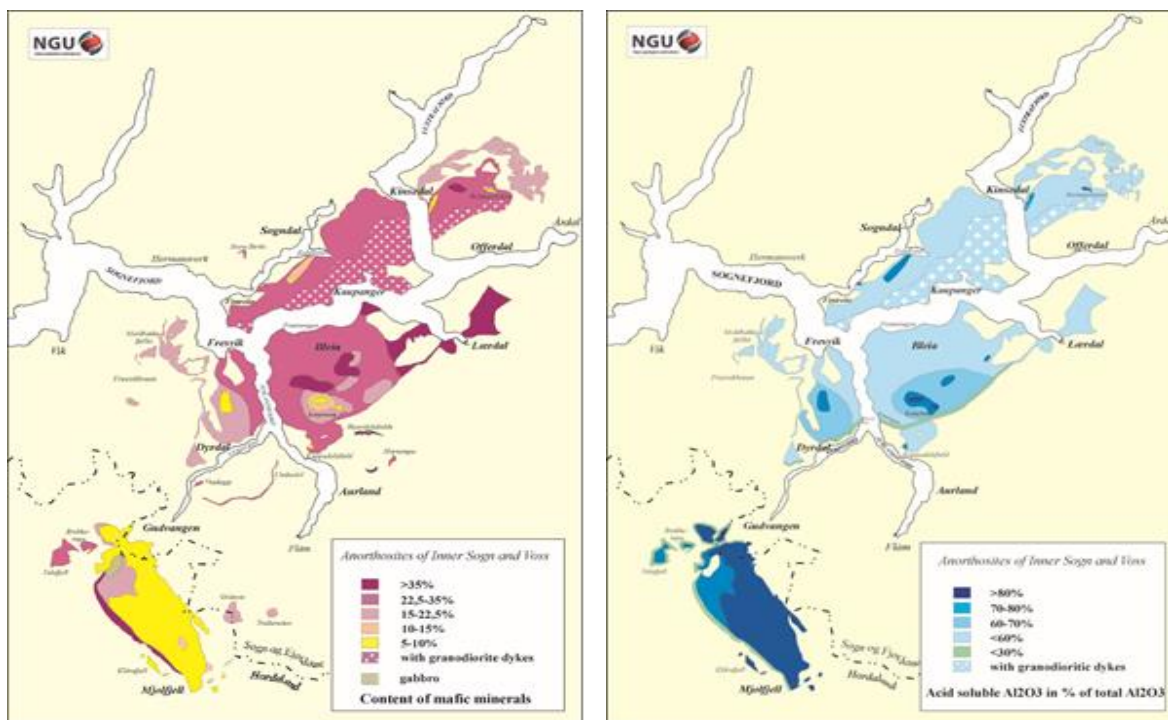
C. Nordfjord – Florø med An40-50.

#### Tegnforklaring

#### Feltspat

- ▲ Feltspat og anortositt
- Anortositt





Figur 13: Variasjon i syreløselighet og innhold av mafiske mineraler i Indre Sogn anortositene.

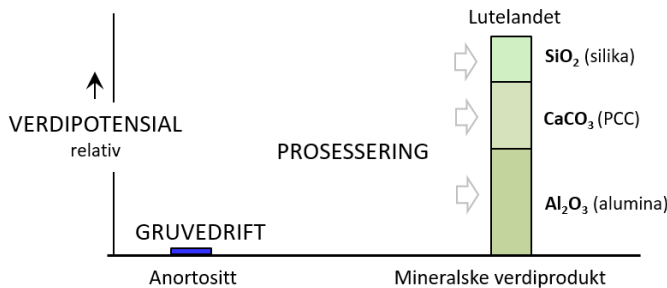
De velkjente 700 km<sup>2</sup> store anortosittmassivene i Indre Sogn og Voss har en kalsiumrik plagioklas med An omkring 70%, som er lettløselig i syrer. Områder med høyest syreløselighet framgår med mørk blå farge i den til høyre i Figur 13. Alt i 1917 oppdaget geologen Victor Goldschmidt at Sogn-anortositten med sitt innhold på 31% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (aluminiumoksid, her også kalt alumina) kunne være egnet som aluminiumsråstoff og den har senere vært gjenstand for flere undersøkelser. Under begge verdenskrigene var det betydelig innsats og et gruveanlegg i Kinsedal i Luster ble bygget under andre verdenskrig. I perioden 1976-1981 undersøkte ANORTAL-prosjektet, et samarbeid mellom blant annet Elkem AS og Årdal og Sunndal Verk AS, mulighetene for å utvinne aluminium fra anortitt. Senere har både IFE (Institutt for Energiteknikk) og Nordic Mining ASA sett på mulighetene for en tilnærmet total utnyttelse av bergarten.

De to sistnevnte har vært initiativtakere til et nytt EU-finansiert prosjekt innenfor EU Horizon 2020 på 5,9 mill. euro som ble startet i september 2019. Prosjektet som betegnes AlSiCal ([www.alsical.eu](http://www.alsical.eu)) har 16 deltakere fra 9 land og skal pågå i 4 år. Representanter fra hele verdikjeden fra bergart til ferdig metall er med. Målsettingen er å kunne fremstille salgbare produkter (Figur 14) av alle de tre elementene Al, Si og Ca der sistnevnte danner kalsiumkarbonat (CaCO<sub>3</sub> av type PCC<sup>8</sup>) ved reaksjon med CO<sub>2</sub>. Potensielt vil den utslippsfrie prosessen konsumere 500.000 t CO<sub>2</sub> for hver 1 mill. tonn Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (alumina). Sogn-anortositten vil kunne være en velegnet råstoffkilde og AlSiCal-prosjektet kan bære forhåpninger om at Goldschmidts kongstanke vil bli realisert.

Som en tilleggsopplysning kan her nevnes at det canadiske selskapet Hudson Resources<sup>9</sup> startet i 2019 opp dagbruksbrytning og salg av en større anortosittforekomst på Grønland

<sup>8</sup> PCC: Precipitated Calcium Carbonate

<sup>9</sup> <http://hudsonresourcesinc.com>



Figur 14: Illustrasjon av verdipotensial fra anortositt versus prosessert anortositt.

Også for AlSiCal-prosessen vil Nærøydal-Mjølfjell-massivet være best egnet av de norske anortosittforekomstene. ANORTAL-prosjektets dagbruddsløsning er nå uaktuelt da mesteparten av massivet er innlemmet i Unescos verdensarvområde. Tilstedeværelsen av Gudvangen Steins aktivitet under jord i Nærøydalen berger imidlertid for at en fremtidig storskala underjordsdrift vil være mulig med tunnellingang fra dalbunnen. Gudvangen Stein har sin utskipning fra kai på Gudvangen og større utskipningsoperasjoner ved storskaladrift vil forhåpentligvis la seg realisere også innenfor turistdestinasjonen Nærøyfjorden-Gudvangen. Elektrifisert lekertransport ut til Lutelandet industriområde ved munningen av Sognefjorden kan være en miljømessig gunstig løsning.

I Nærøydalen ved Gudvangen har det vært tatt ut anortositt til industrimineralformål siden 1960-tallet. Den første driften foregikk på sørsiden av dalen i Glashammaren og da ble det blant annet eksportert til bruk innen tannpasta og skure-/vaskemidler. Disse anvendelsene ble etter noen år erstattet med hvit italiensk marmor. Bedriften Gudvangen Stein AS flyttet gradvis driften over til Jordalsnuten på nordsiden av dalen og omkring tusenårsskiftet kom de i gang med forsendelser til Rockwool og steinullindustrien. Dette har vært vellykket og i dag har gruva en årsproduksjon på 500 000 tonn og leverer anortositt som hovedråstoff til 15 steinullfabrikker i 8 land.

Gruvedriften i Nærøydalen har foregått i et omdannet hvitt parti av det primært mørkere grålige og til dels fiolette anortosittbergarten. Hvitfargen var fra starten det viktige salgsproduktet og omdannelsen har medført at anortositten har endret mineralsammensetning med nydannet ikke-syreløselig plagioklas med lav An-verdi. Dette har imidlertid ingen betydning for steinullproduksjon der det er bulkkjemien som teller, og både uomvandlet og omvandlet Nærøydal-anortositt er velegnet.

Til visse keramiske formål kan et An-innhold på omkring 50% være egnet. Dette er tilfellet med anortosittene ved Hellvik nær Eigersund. Lignende plagioklasnivå er til stede i både Bergensbue-anortosittene og Nordfjord-Florø-anortosittene, men etter det NGU vet har det kun vært salg av puk og sand-kvaliteter fra uttak på disse.

Innenfor Bergensbuene-området har det i en årrekke vært pukdrift på en anortosittforekomst ved Ytra Arna øst for Bergen. Uttaket har kun gått til pukformål og ikke til industrimineral-formål.

På øyene Havrøya og Grønenga like innenfor Florø var det i en tiårsperiode fra midt på 70-tallet til midt på 80-tallet drift på en hvit omvandlet anortositt. Produksjonen gikk til pukformål og rundt 75% gikk til eksport. Driften ble nedlagt etter at eier Norwegian Holding foretrakk å overføre produksjonen sin til en bedre egnet anortosittforekomst ved Hellvik nær Eigersund. Det er usikkert om noe av eksporten fra forekomstene også gikk til industrimineralformål (keramikk) eller kun til puk/nedknuste formål (asfalt og betong).

I alle disse tre områdene har det vært eller er det industrielt uttak av anortositt.

De store anortosittmassivene i Indre Sogn og Voss er godt undersøkt gjennom flere perioder, og særlig i ANORTAL-prosjektet der blant annet kjerneboringer ble gjennomført i primære deler av hovedmassivet mellom Nærøydalen og Mjølfjell. Også innenfor gruveområdene i Nærøydalen er det foretatt

kjerneboringer som i kombinasjon med den aktive gruvedriften gir godt grunnlag for fremtidige alternative scenarier.

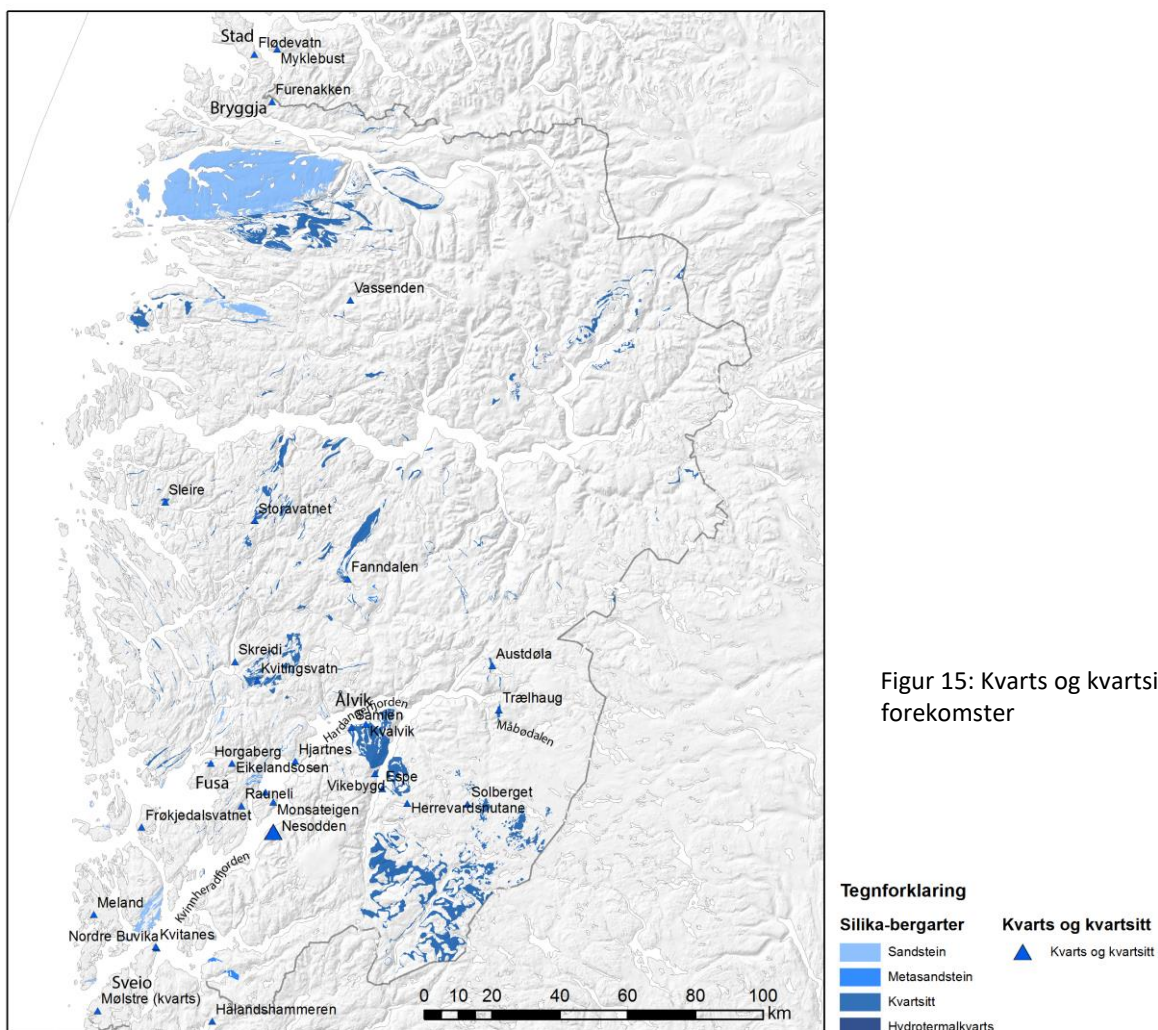
NGU anser at det på nåværende stadium ikke er behov for ytterligere geologiske undersøkelser innenfor Sogn-anortositten; geologiske undersøkelser vil eventuelt aktualiseres om nye gruveområder ønskes vurdert i sammenheng med eventuelle fremtidige driftsplaner.

Bergensbuenes anortositter er også tilfredsstillende kartlagt og prøvetatt. Nordfjord-området anortositter er kun delvis undersøkt og prøvetatt og det vil være ønskelig med en kompletterende befaringsrunde av de gjenstående anortosittenhetene.

## 4.2 Kvarts

Innenfor Vestland fylke har vi kjennskap til to tidligere uttak av pegmatittisk kvarts (Figur 15), ved Fløde på Stadlandet (nedlagt 1986) og Furenakken nær Bryggja.

Uttak av kvartsitt som industrimineral er kjent fra fire brudd (Figur 15), henholdsvis Fyksesund og Ålvik ved Bjølfvossen, Kvalvik (drift 1948-1960) og Vanvik kvartsittbrudd (Horgaberget, drift 1950-1968) ved Eiklandsfjorden i Fusa.



Figur 15: Kvarts og kvartsitt-forekomster



I perioden 2005-2006 gjennomførte NGU et prosjekt i daværende Hordaland med undersøkelse av kystnære kvartsressurser (Korneliussen m.fl. 2006), og etterfølgende ble kvarts og pegmatittforekomster i Hardanger og Sveio nærmere undersøkt (Ihlen og Müller 2011). I tidligere Sogn og Fjordane fylke er kvartsforekomstene nær Stadt prøvetatt, men ellers er lite gjort.

Ved Stad ble det blitt tatt ut kvarts for silisiummetall på 1970-tallet fra pegmatittforekomstene Flødevann på Stadlandet og Furenakken ved Nave/Bryggja. Kun førstnevnte produserte kvarts i større kvanta, men også denne forekomsten hadde begrenset størrelse. Kvartsen gikk til Meråker for silisiummetallproduksjon. Prøvetaking av begge forekomstene i 2003 viste at ingen av dem gir tilfredsstillende kvalitet for høyren kvarts (Ihlen og Müller, 2005).

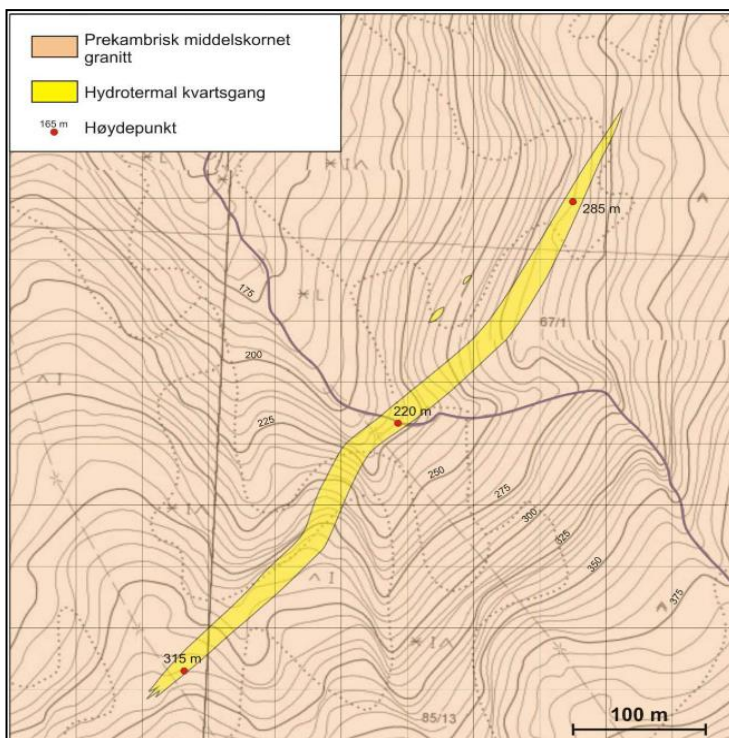
#### 4.2.1 Kvartsforekomster i Indre Hardanger

Langs Hardangerfjorden ble kvartsforekomstene Kvalvik og Nesodden dannet for ca 420-380 millioner år siden i forbindelse med hydrotermal aktivitet langs kaledonske strukturer.

Elkem Bjølvefossens nedlagte kvartsittbrudd ved Kvalvik inneholder foruten kvartsitt også et tett nettverk av lagparallelle til skråstilte ganger og linser av hydrotermal melkekvarter som gjennomsetter lys til mørk grå, båndete kvartsitter av prekambrisk alder (Ihlen & Müller, 2011). Forekomsten ligger i lia like ned mot fjorden sør for Alsaker i en høyde mellom 160 og 340 m.o.h. Mengden av hydrotermal kvarts er beregnet til 700 000 t. Laserablasjonsanalyser av 22 prøver viser høyrene kvaliteter med en middelværdi på 12 ppm aluminium (Al) og 2 ppm titan (Ti). Dette er markedsmessig interessante nivåer, men stokkverket av kvartsganger og årer gjør de feltspatiske kvartsittene i Kvalvik utfordrende å utvinne.

Det vil være lettere å bryte og separere ut kvarts i den store hydrotermale gangen litt lengre sør i Indre Hardangerfjord ved Nesodden nord for Årsnes i Kvinnherad. Kvartsgangen er 580 m lang og gjennomsnittlig 12 m bred. Gangen består av massiv melkefarget til grålig glasskvarts som langs ganggrensene stedvis kan inneholde fra millimeter til meter store fragmenter av sidesteinen (Ihlen & Müller, 2011). Forekomsten ble estimert å ha en tonnasje på 2,7 Mt og består hovedsakelig av kvarts

som oppfyller kravene for høyren kvarts (middelværdien av 23 prøver er på 15 ppm Al og 2 ppm Ti). Firmaet Nordic Mining har gjennomført detaljert geologisk og geofysisk kartlegging, 600 m kjerneboring i 6 hull samt avanserte prosessforsøk hos Dorfner Anzplan i Tyskland (Dorfner Anzplan 2012).



Figur 16: Geologisk kart over Nesodden kvartsforekomst, etter Ihlen og Müller (2009).





Figur 17: Foto fra Nesodden kvartsforekomst.

Disse undersøkelsene resulterte i et estimat på 3-4 mill. tonn kvarts og rensforsøkene hos Dorfner Anzoplan viste et sluttprodukt som er på høyde med verdensledende Unimin's kvartskvalitet IOTA Standard og IOTA 4, mens alkalier også er på nivå med IOTA 6 og aluminium ligger mellom IOTA Standard og IOTA 4 og 6 (Tabell 2).

Slike analysetall indikerer at kvarts fra Nesodd-forekomsten kan renses til en kvalitet av høy internasjonal klasse, og Dorfner Anzoplan skisserer et pent spekter av anvendelser. Rapporten inneholder også en økonomisk kalkyle som antyder god lønnsomhet i tilfelle drift.

Nordic Mining ASA har rettighetene til denne meget gode kvartsforekomsten. Den videre prosjektutviklingen skjer i regi av datterselskapet Nordic Quartz AS.

Tabell 2: Kjemiske analyser av prosessert Nesodden-kvarts (Dorfner Anzplan 2012).

Sample	Al	Fe	Na	K	Li	Ti	Zr	Ca	Mg	Cr	Mn	Cu	Sum
<b>"Basic Analysis of High Purity Quartz from Norway"</b>													
NES1	13	0,7	<0,1	0,8	0,4	1,1	<0,1	0,15	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	16
<b>"Advanced Processing Tests to Reduce the Alkali content and Improve the Melting Behaviour of Nesodden Quartz"</b>													
NES 1, Route 1	11	0,3	0,7	0,4	1,2	1,1	<0,1	0,8	0,5	0,10	<0,05	<0,05	13
NES 1, Route 2	11	1,0	1,7	1,8	1,1	1,1	<0,1	0,3	0,13	<0,05	<0,05	<0,05	18
NES 1, Route 3	10	0,4	1,9	1,1	1,2	1,1	<0,1	0,4	0,10	<0,05	<0,05	<0,05	16
NES 1, Route 4	12	0,6	0,1	0,2	<0,1	1,2	<0,1	0,2	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	14
<b>"Characterization and Processing tests of Blast Samples from Nesodden Quartz Deposit"</b>													
Blast 1	13	0,2	0,1	0,1	<0,1	1,2	<0,1	0,2	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	15
Blast 2	12	0,2	0,1	<0,1	<0,1	1,2	<0,1	0,2	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	14
Blast 3	11	0,2	0,1	<0,1	0,1	1,1	<0,1	0,2	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	13
<b>Typical values of commercially available products</b>													
IOTA 6	8	0,15	0,08	0,07	0,15	1,40	0,1	0,6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	9,9
IOTA 4	8	0,3	0,9	0,35	0,15	1,4	0,1	0,6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	12
IOTA Std	16	0,23	0,9	0,6	0,9	1,3	1,3	0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	22
<b>Sample</b>													
<b>"Basic Analysis of High Purity Quartz from Norway"</b>													
NES1	13	0,7	<0,1	0,8	0,4	1,1	<0,1	0,15	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	16
<b>"Advanced Processing Tests to Reduce the Alkali content and Improve the Melting Behaviour of Nesodden Quartz"</b>													
NES 1, Route 1	11	0,3	0,7	0,4	1,2	1,1	<0,1	0,8	0,5	0,10	<0,05	<0,05	13
NES 1, Route 2	11	1,0	1,7	1,8	1,1	1,1	<0,1	0,3	0,13	<0,05	<0,05	<0,05	18
NES 1, Route 3	10	0,4	1,9	1,1	1,2	1,1	<0,1	0,4	0,10	<0,05	<0,05	<0,05	16
NES 1, Route 4	12	0,6	0,1	0,2	<0,1	1,2	<0,1	0,2	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	14
<b>"Characterization and Processing tests of Blast Samples from Nesodden Quartz Deposit"</b>													
Blast 1	13	0,2	0,1	0,1	<0,1	1,2	<0,1	0,2	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	15
Blast 2	12	0,2	0,1	<0,1	<0,1	1,2	<0,1	0,2	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	14
Blast 3	11	0,2	0,1	<0,1	0,1	1,1	<0,1	0,2	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	13
<b>Typical values of commercially available products</b>													
IOTA 6	8	0,15	0,08	0,07	0,15	1,40	0,1	0,6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	9,9
IOTA 4	8	0,3	0,9	0,35	0,15	1,4	0,1	0,6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	12
IOTA Std	16	0,23	0,9	0,6	0,9	1,3	1,3	0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	22

#### 4.2.2 Kvartsforekomster i Sveio

NGU undersøkte i 2007 og 2008 også en rekke prekambriske pegmatitter i Sveio. Den kaledonske aktiviteten som dannet de hydrotermale Nesodden- og Kvalvik-forekomstene påvirket også kvartsen i de prekambriske pegmatittene som opptrer hyppig i Sveio nær utløpet av Hardangerfjorden. Særlig forekomstene på Mølstre og ved Mjølkvik på Langaneshalvøya peker seg ut med høyt innhold av kvarts (30 %) som er gjennomgripende omvandlet til høyren kvarts. Mølstre-forekomsten er estimert til 250 000 tonn og Mjølkvik-forekomsten til 75 000 tonn (Ihlen & Müller 2011). Disse ressursene er noe knappe og eventuell utnyttelse avhenger av kjemisk kvalitet på fremstilte kvartskonstrater og kvaliteten på biprodukter av kali- og natronfeltspat. De er dermed mindre attraktive enn for eksempel Nesodden-forekomsten.

### 4.3 Kvartsitt

I perioden 2005-2006 gjennomførte NGU et prosjekt i daværende Hordaland med undersøkelse av kystnære kvartsressurser (Korneliussen m. fl. 2006). En rekke kvartsittområder ble befart og prøvetatt og det viste seg da at kvartsittforekomstene i denne delen av Vestland fylke gjennomgående er for urene til å ha særlig interesse i forhold til nåværende råstoffkrav innen metallurgisk industri.

To forekomster ga imidlertid analyser som er innenfor kravet til ferrosilisium. Den største er en 100 m bred sone i en mektig kvartsitt som ligger på høyfjellspartiet nord for Måbødalen. En enkelt prøve viste 0,38%  $Al_2O_3$  og 0,08%  $TiO_2$ , som er meget bra i ferrosilisium-sammenheng, men horisonten gjennomsettes av mafiske ganger og pegmatitter. Ugunstig er det også at den ligger i over 1000 m høyde og mange kilometer fra eksisterende veg.

Den andre forekomsten som ga interessante analysetall med 0,51%  $Al_2O_3$  og 0,03%  $TiO_2$  ligger som et 5-10 m tykt nivå i en større kvartsittisk enhet vest for Kvitingsvatnet ved Samnanger. Analysen ligger innenfor kravet til ferrosilisiumråstoff og selv om den beskjedne mektigheten ikke er industriell interessant kan den være en indikasjon på at horisonter innenfor større kvartsittenheter i dette området kan være ganske rene. Kvartsittene der ligger relativt nær sjø ved Vaksdal og Samnanger og en oppfølgende kartlegging og prøvetaking kan være av interesse.

Kvalvik-forekomsten i Indre Hardanger ble som nevnt benyttet som råstoff til Bjølvefossen. Den grå Kvalvik-kvartsitten, som i utgangspunktet holder mindre god kvalitet, kunne anvendes ved verket på grunn av et betydelig innhold av rene kvartsganger.

Når det gjelder tidligere Sogn og Fjordane så har NGU kun registrert en enkelt kvartsittforekomst i mineralressurs-databasen; en ubetydelig forekomst ved Jølstervatnet. I flere områder i Sogn og Fjordane finnes store kvartsittpartier i kystnære strøk hvor kvalitet og industriell egnethet er ukjent, og det bør derfor gjøres en rekognoserende prøvetaking av disse.



Figur 18: Kvalvik kvartsittforekomst med nettverk av kvartsårer.

#### 4.4 Talk

Vestland fylke har en lang rekke rene talkforekomster eller kombinerte talk- og klebersteins<sup>10</sup>-forekomster, det vil si der klebersteinen enten er benyttet som saget og formatert blokkstein og/eller som nedmalt kleberstein for ulike formål. Selskapet Norwegian Talc AS med anlegg i Knarrevik på Sotra produserer høyrene (mikroniserte) talkprodukter basert på importert talkråstoff.

Det er kjent et stort antall talk/klebersteinsforekomster, jfr. Karlsen & Nilsson (2000) og Heldal & Jansen (2000). Som talkforekomster betraktet ansees forekomstene i Stølsheimen som viktigst, og blir derfor særskilt omtalt i det påfølgende.

##### 4.4.1 Raudberget og Vetle Raudberget (Framfjord - Stølsheimen talkprovins)

Talkrike klebersteinsforekomstene i Framfjord på sørsiden av Sognefjorden ble drevet ut og malt ned i en lokal talkmølle gjennom 76 års nesten kontinuerlig drift fra 1908 til 1984, fra 1927 av selskapet Framfjord Talcmill, senere Norwegian Talc.

Et antall små til mellomstore talkrike linser, flere av dem vanskelig tilgjengelig i de bratte fjellsidene opp fra fjorden, ble drevet inntil de var helt uttømt (NRK Sogn og Fjordane, 2009).

Gjenværende talkrike linser ble ansett å være for små og ha for vanskelig lokalisering i det bratte terrenget, og ble derfor ikke ansett som drivbare (Karlsen 1990). Framfjord talkmølle ble drevet uten lange avbrudd fra 1908 til 2002, og fra 1984 av i hovedsak basert på råstoff fra Altermark i Rana.

I de senere årene produserte mølla ca. 10 000 tonn per år av grovere, lavgrads talkprodukter brukt i diverse fyllstoff og sparkelmasse, samt i stålindustrien (O'Driscoll 1992, Olerud 1995, Karlsen 1990).

Leting etter tilleggsreserver i gruveområdet førte ikke til nye drivbare funn, men ved nedleggelsen av gruvedriften i Framfjord i 1984 kjente man allerede til en rekke små og potensielt talkførende ultramafiske linser<sup>11</sup> i et drag sørover fra Framfjord og inn i fjellområdet Stølsheimen.

I perioden 1981-1990 ble det gjennomført et geofysisk-geologisk leteprogram i samarbeid med Norwegian Talc der leteområdet dekket hele Framfjord-Stølsheimen området. Magnetiske helikoptermålinger (Mogaard & Håbrekke 1983) førte til oppdagelsen av to nye talkforekomster på dypet (Valsvikdalen og Bjørnshaugen) i tillegg til ny og mer detaljert informasjon om de to allerede kjente forekomstene Raudberget og Vetle Raudberget som begge har utgående i dagen.

Til sammen ble det i denne perioden kjerneboret 16 000 m på ulike forekomster, hvorav ca. 9000 m på Raudberg-forekomsten. Fra boringene estimerte Bakke (1986) en total tonnasje på 58,7 mill. tonn «talkmalm» (det vil si talk-karbonat bergart/kleberstein). Selv om dette tonnasje-estimatet senere er nedjustert (se for eksempel Trønnes 1988 og Olerud 1995) inneholder både hovedforekomsten Raudberget og andre forekomster i området en samlet sett betydelig talkressurs.

Ifølge Karlsen (1990) har "talk-malmen" følgende sammensetning: 50-60 % talk, 40-50 % karbonat, 0-2 % kloritt og 0-2 % spinell (vesentlig kromitt).

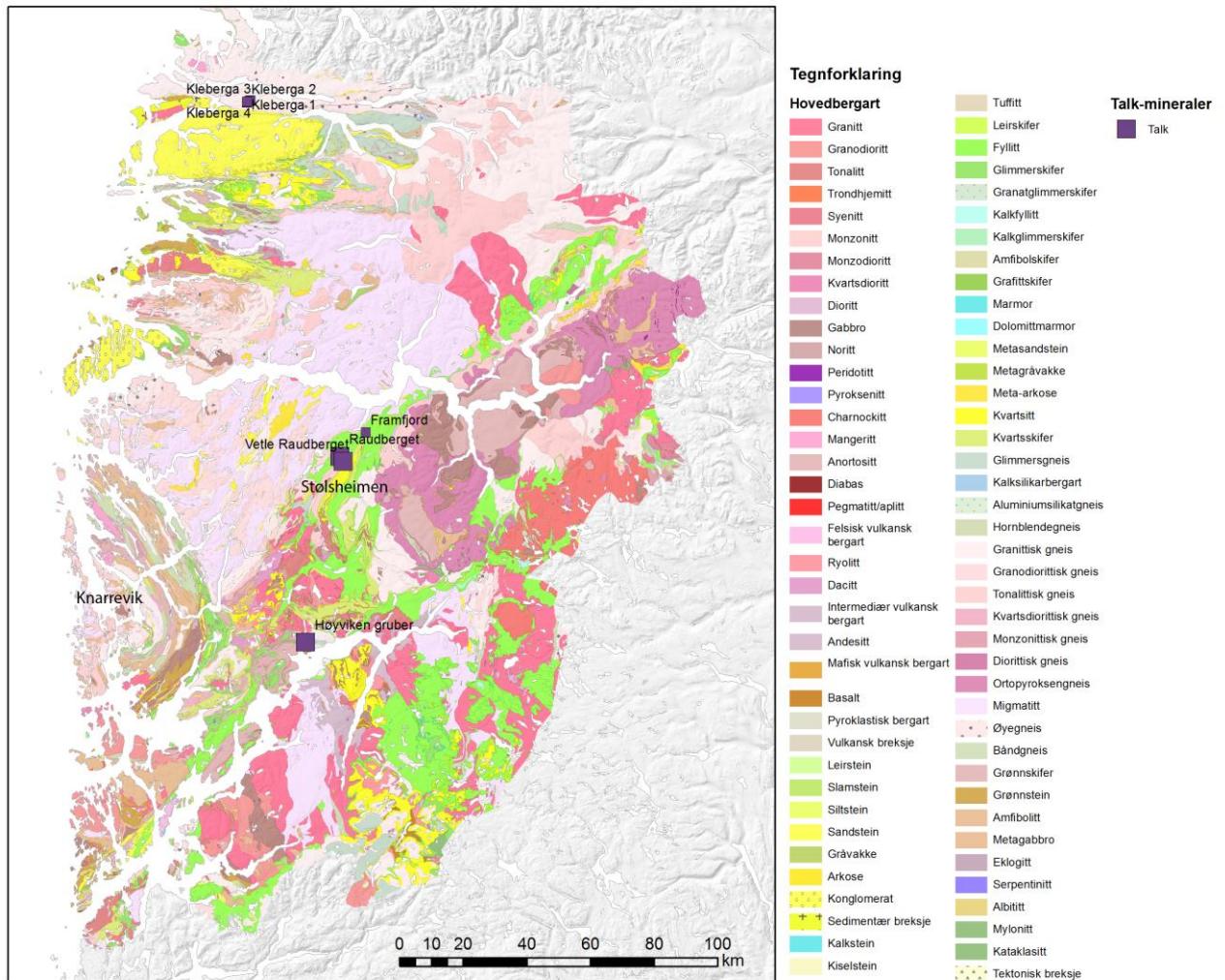
---

<sup>10</sup> Kleberstein er en myk bergart som i hovedsak består av talk, kloritt og karbonat, og som i Framfjord-Stølsheimen opptrer i nær tilknytning til bergarten serpentinit.

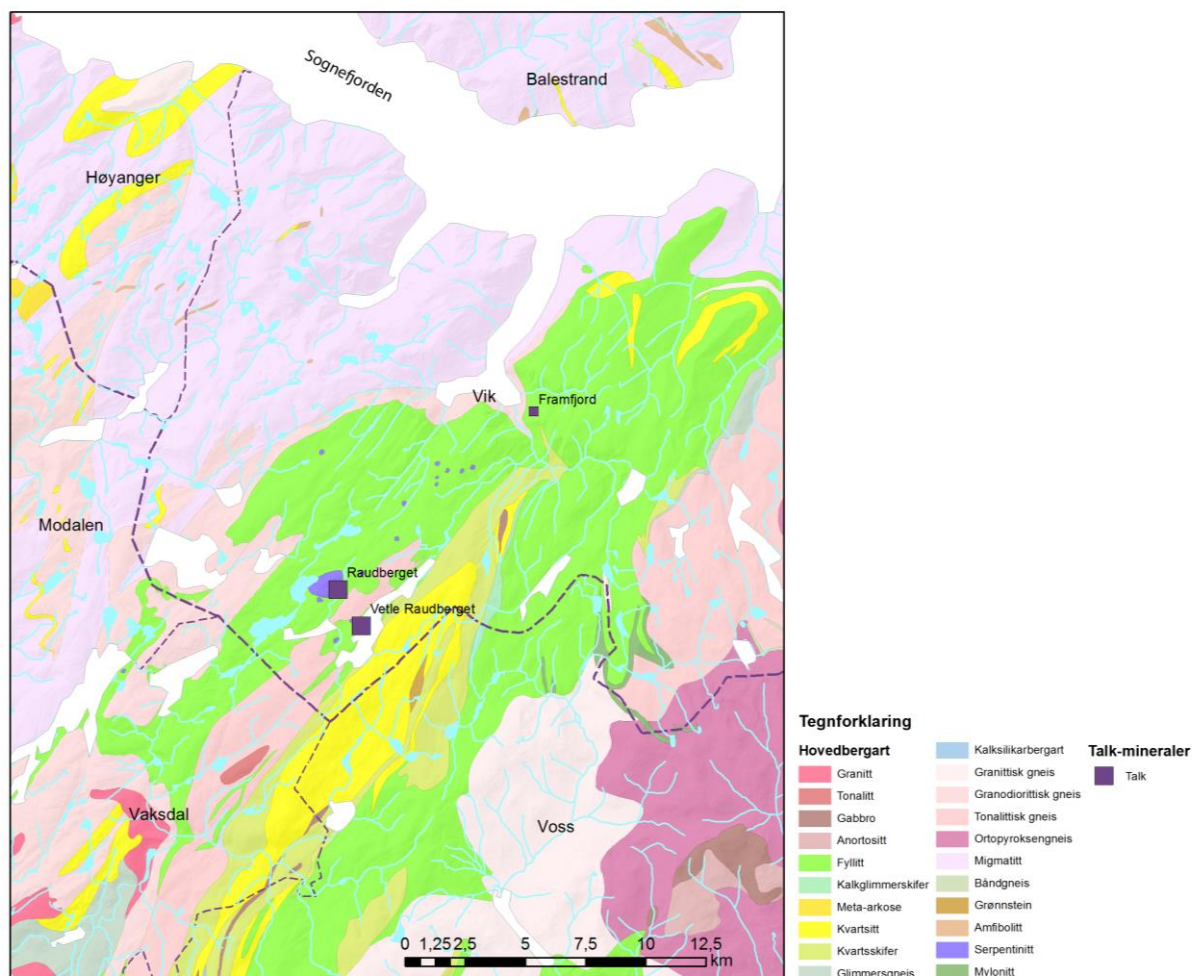
<sup>11</sup> Avmerket som serpentinit i det geologiske kartet i Figur 20.



Prøvedrift på Raudberg-forekomsten startet opp i 1991, men ble avsluttet i 1999 da området ble inkludert i Stølsheimen nasjonalpark



Figur 19: Talkforekomster i Vestland fylke.



Figur 20: Raudberget og Framfjord talkforekomster

#### 4.5 Apatitt

Bekkesedimentprøver fra geokjemiprojektet i Sogn og Fjordane på 1980-tallet (Ryghaug 1986) viser markant anomale verdier av fosfor (P) mellom Aurland og Nordfjord/Stryn. Anomalimønsteret er til dels sammenfallende med et tilsvarende mønster for de lette sjeldne jordartsmetallene (REE) cerium og lantan (Ce og La). Spesielt er to anomale bekkesedimentprøver fra Aurlandsdalen interessante, med et P-innhold på ca. 2 % tilsvarende 10-11 % apatitt. Kilden er sannsynligvis monzonittiske bergarter (under Jotundekket), se nærmere omtale i kapittel 7.3.

Noen mafiske bergarter i Radøy-Manger området i Bergensbuene er apatitt-rike (Håkon Austrheim, personlig meddelelse på 1990-tallet). Fosfatråvarer inkludert av mineralet apatitt er en prioritert (vurdert som kritisk viktig) ressurstype av EU. De aktuelle deler av Bergensbuene bør undersøkes nærmere med dette for øye.

I første omgang anbefales videre oppfølging av P/REE-anomaliene i Aurland, og etter hvert også av apatitt i Bergensbuene.

## 4.6 Karbonat

Det har tidligere vært en betydelig drift på kalk både som naturstein og til industriformål en rekke steder i Vestland fylke. Den siste driften ble nedlagt på 1970-tallet. Kalkstein finnes i hovedsak i tre hovedområder og i samtlige av disse områdene har det vært drift på kalkstein tidligere.

De fleste forekomstene som er tilgjengelig og ikke overbygget ble befart og prøvetatt i 2006. Detaljer vedrørende beskrivelser og analyser finnes i NGUs nasjonale mineralressursdatabase og det henvises til denne for detaljer som gjelder kjemiske analyser av kalken. I alle områder der kalken kan observeres ligger kalken over det som stratigrafisk kalles Moberg-konglomeratet, og er av øvre ordovicisk alder. Nedenfor gis det en kort beskrivelse av de respektive områder.

### 4.6.1 Vaksdal-Osterøy-Trengereid

I dette området er det registrert 7 forekomster (Figur 21) og det er i dette området den største industrielle produksjon av kalk i Vestland fylke har foregått. Forekomstene ligger spredt fra Vaksdal og langs sjøen til Trengereid og kan sees flere steder dersom man følger den nå nedlagte opprinnelige trase for Bergensbanen. Videre finnes det to forekomster på den sørlige del av Osterøy ved Stokkaneset og Skaftå. Det er forekomstene Skaftå og Risnes like vest for Trengereid som har vært de viktigste. Her har det vært en betydelig underjordsdrift på kalk som i hovedsak ble levert til karbidproduksjon i Odda. Forekomstene kjennetegnes ved å bestå av flere forholdsvis tynne steiltstående kalksteinsdrag, noe som gjorde driften vanskelig og kostbar. I tillegg er det store forskjeller i sammensetningene mellom individuelle kalksoner. Kalken har heller ikke optimale egenskaper for brenning, noe som er en forutsetning for mange industriformål.

Kjemiske analyser viser at kalken i partier er ganske ren, men vanligvis har den sammensetting med 80-90% kalkspat og et MgO-innhold på rundt 0,28%.

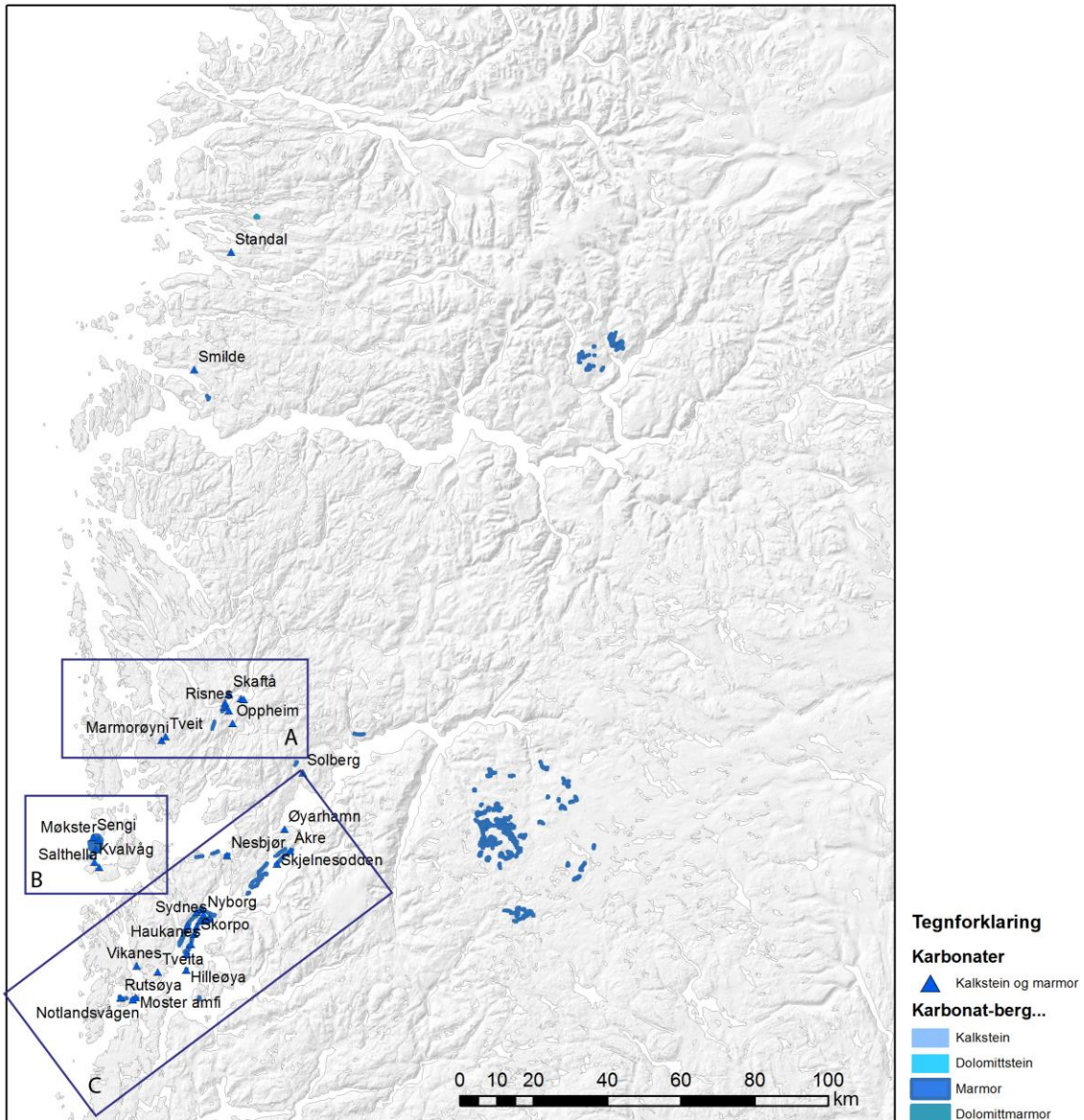
Forekomstene i Vaksdal-Osterøy-Trengereid antas å ha begrenset industriell interesse basert på dagens marked. Den viktigste forekomsten, Skaftå på Osterøy, kan betraktes som utdrevet. Gjenværende kalk har en dårlig kvalitet til dagens bruk.

### 4.6.2 Austevoll

På øyene Møkster, Stolmen og Selbjørn er det avmerket noen mindre kalksteinsforekomster. Blant disse er det forekomsten ved Salthella på Selbjørn som er mest kjent. Denne var drevet som natursteinsforekomst og brukt til flere kjente byggverk (se kapittel 5 og Figur 24), blant annet Marmorbroen over Fredriksholm kanal til Christiansborg slott i København. Broen ble bygget i 1739-1745. I dag er forekomsten fullstendig overbygget og redusert til industritomt.

De andre forekomstene i Austevoll er små og kun av historisk interesse.





Figur 21: Kalksteinsforekomster i Vestland fylke.

Karbonatområdene kan deles inn som følger (jf Figur 21):

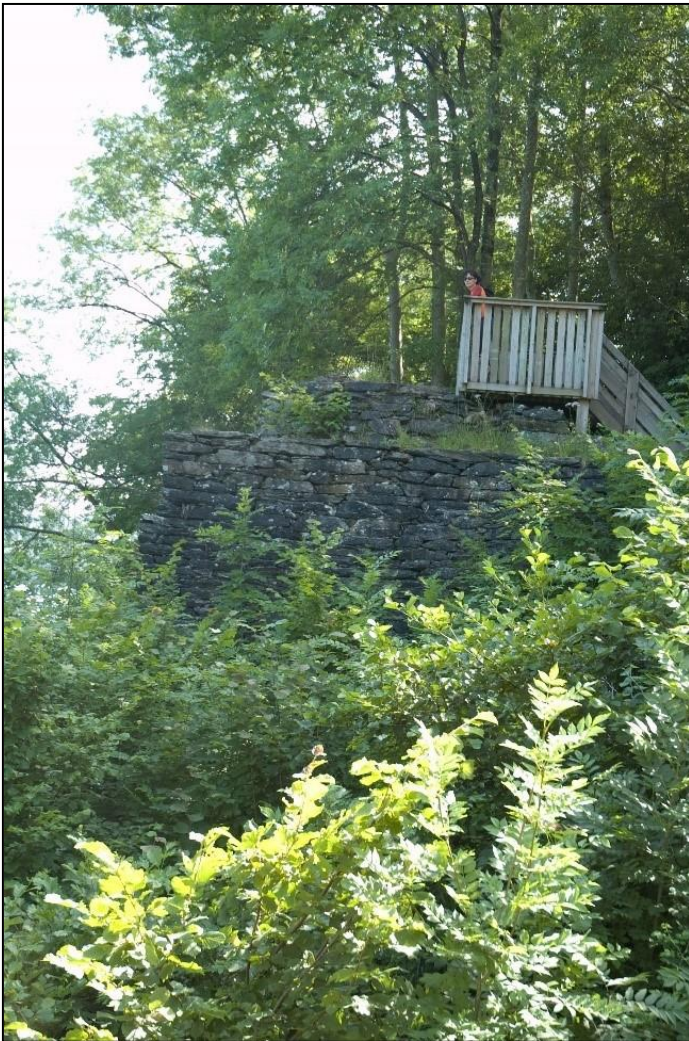
- A. Vaksdal-Osterøy-Trengereid
- B. Austevoll
- C. Tynesøy-Stord-Bømlo



#### 4.6.3 Tysnesøy-Stord-Bømlo

I et belte som strekker seg fra Varaldsøy og nordsiden av Hardangerfjorden og sørvestover til Møkster havn er det tallrike mindre kalksteinsforekomster. På Varaldsøy er det ganske stor utbredelse av kalkstein, men det har kun vært ubetydelig drift, noe som sannsynligvis skyldes at kalken er svært urein. På øyene Ånuglo, Skorpo og Huglo er det tallrike små uttakssteder av kalk samt noen sentrale oppsamlingssteder der kalken ble brent, blant annet ved Barmen på Skorpo. Forekomstene kjennetegnes ved å være små, ureine og ha et høyt innhold av MgO. Dette er forhold som vil utelukke mange bruksområder i dag. Kalksteinen og det milde klima har gitt opphav til svært unik flora og deler av området er vernet i Ånugla naturreservat. På Skorpo er en av de gamle kalksteinsovnene bevart og det er tilrettelagt informasjon om den gamle kalksteinsdriften (Figur 22).

Sørvestover mot Stord-Bømlo og Moster, er kalksteinsforekomstene også små med unntak av kalksteinsbruddet ved Moster gamle kirke. Hele området som i dag er utendørsscenen Moster amfi er et nedlagt kalksteinsbrudd. Det er store ressurser igjen, men på grunn av den tette bebyggelsen i området har forekomstene ingen økonomisk interesse. I driftsperioden ble det i hovedsak tatt ut blokker til bygningsformål.



Figur 22: Gammel kalkovn på Skorpo.

## 5. NATURSTEIN

Naturstein som ressurs er bergarter som i kraft av fysiske og/eller estetiske egenskaper kan drives økonomisk. Bergartene tas ut for videre oppdeling til emner, blokker og plater.

Det er lange tradisjoner for bruk av naturstein i Vestland, helt tilbake til steinalderen. I nyere tid er skifer, gneis og granitt brukt i stor grad til bygging av Bergen og en del andre byer og bygder, og lokal gatestein preger fremdeles bybildet i Bergen. Takskifer fra Voss kler en stor mengde hustak i fylket, og heller fra Jondal tak, fortau og gangveier (se Heldal og Jansen 2000). Marmor fra Sunnhordland var i sin tid viktig i bygging av slottsanlegg i København (Jansen og Heldal 2003, Figur 24).

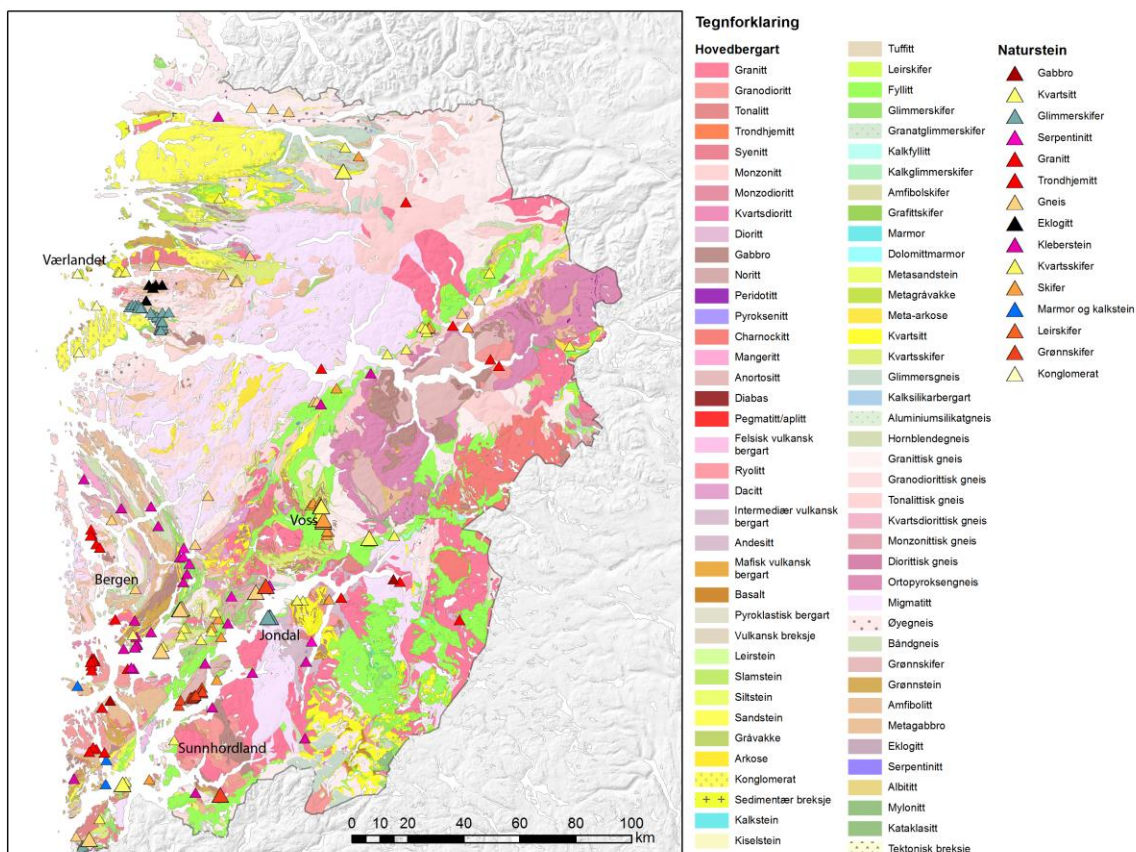
I nyere tid har de viktigste ressursområdene for naturstein vært gneis (kaier, bygninger, brostein) fra Askøy, Vaksdal og Osterfjorden, granitt (bygninger, brostein) fra Bømlo, Austevoll og Årdal (Figur 25), skifer (tak murestein og heller) fra Voss, Jondal og flere steder i fylket, kleberstein (bygninger) fra Samnanger og marmor (bygninger, gravminner) fra Sunnhordland

I dag er det med unntak av Voss og Jondal ikke produksjon i disse tradisjonelt viktige steinforekomstene. Imidlertid har det de siste 20 årene vokst fram et større antall muresteinsprodusenter, noen av dem på tradisjonelle skifer- og gneisforekomster, inklusive Jondal og Voss. Murestein har nærmest totalt tatt over for betong, både på grunn av pris, estetiske hensyn og ikke minst på grunn av klimafotavtrykk. Muresteinsproduksjon kan derfor forventes å bli enda mer viktig i fylket, og en skal heller ikke utelukke mulighet for fremtidig eksport.

I tillegg til skifer/murestein produseres konglomerat fra Devontiden på Værlandet. Dette er en liten nisjeproduksjon av blokker og benkeplater.

Tabell 3. Typer og bruk av naturstein i Vestland fylke

Bergart	Område	Bruk
Kleberstein	Hele fylket	Fra steinalder til i dag: redskap, kokekar og bygningsstein
Grønnstein/diabas	Sunnhordland og Sunnfjord	Steinalder-redskap
Jaspis	Sunnhordland	Steinalder-redskap
Ryolitt og kvarts/kvartsitt	Sunnhordland	Steinalder-redskap
Klorittskifer	Sunnhordland	Middelalder: baksteheller, bygningsstein og gravminner
Kvartsskifer	Hele fylket	Fra ca. 1800: tak, mur, heller
Glimmerskifer	Hyllestad, Hardanger	Fra vikingtid til moderne tid: Kvernstein. Fra middelalder til i dag: tak, murer, heller
Gneis	Hele fylket	Fra 1850: bygningsstein, murestein og brostein
Granitt	Sunnhordland, Sognefjorden og Hardanger	Fra 1850: bygningsstein, murestein, brostein/kantstein, gravminner
Marmor	Sunnhordland og Bergen	Fra 1700-1960: bygningsstein, gravminner



Figur 23: Natursteinforekomster plottet på forenklet geologisk berggrunnskart.

NGU vil peke på følgende behov/muligheter for fremtidig utvikling av natursteinsproduksjon i Vestland:

- Fylket har gode og rike forekomster av murestein. Dette kan muligens utvikles til eksport i fremtiden.
- Historiske bygninger i fylket og andre steder (særlig København) har eller vil få behov for restaurering. Det kan derfor være ønskelig å ta vare på en del av de historiske steinbruddene slik at autentiske steinmaterialer kan være tilgjengelig. Dette gjelder særlig granitt, gneis, marmor og kleberstein.
- Det kan finnes muligheter for fremtidig nisjedrift på spesielt verdifulle bergarter i fylket, slik vi ser på Værlandet. Det kan gjelde for eksempel devonsk sandstein og konglomerat, marmor og eklogitt.

NGUs database over natursteinforekomster i Vestland anses som oppdatert og en større innsats på dette området er ikke nødvendig. Fokus bør derfor være på:

- Lokalisering av store, kystnære muresteinsforekomster
- Avmerking av prioriterte steinbrudd/forekomster for fremtidig restaureringsarbeider og supplering til historisk viktige kulturminner
- Gjennomgang av marmorforekomster i Sunnhordland, eklogitt og devonske konglomerat/sandstein for vurdering av muligheter for ny nisjeproduksjon





Figur 24. Marmorbroen i København er i stor grad bygget av marmor fra Sunnhordland.



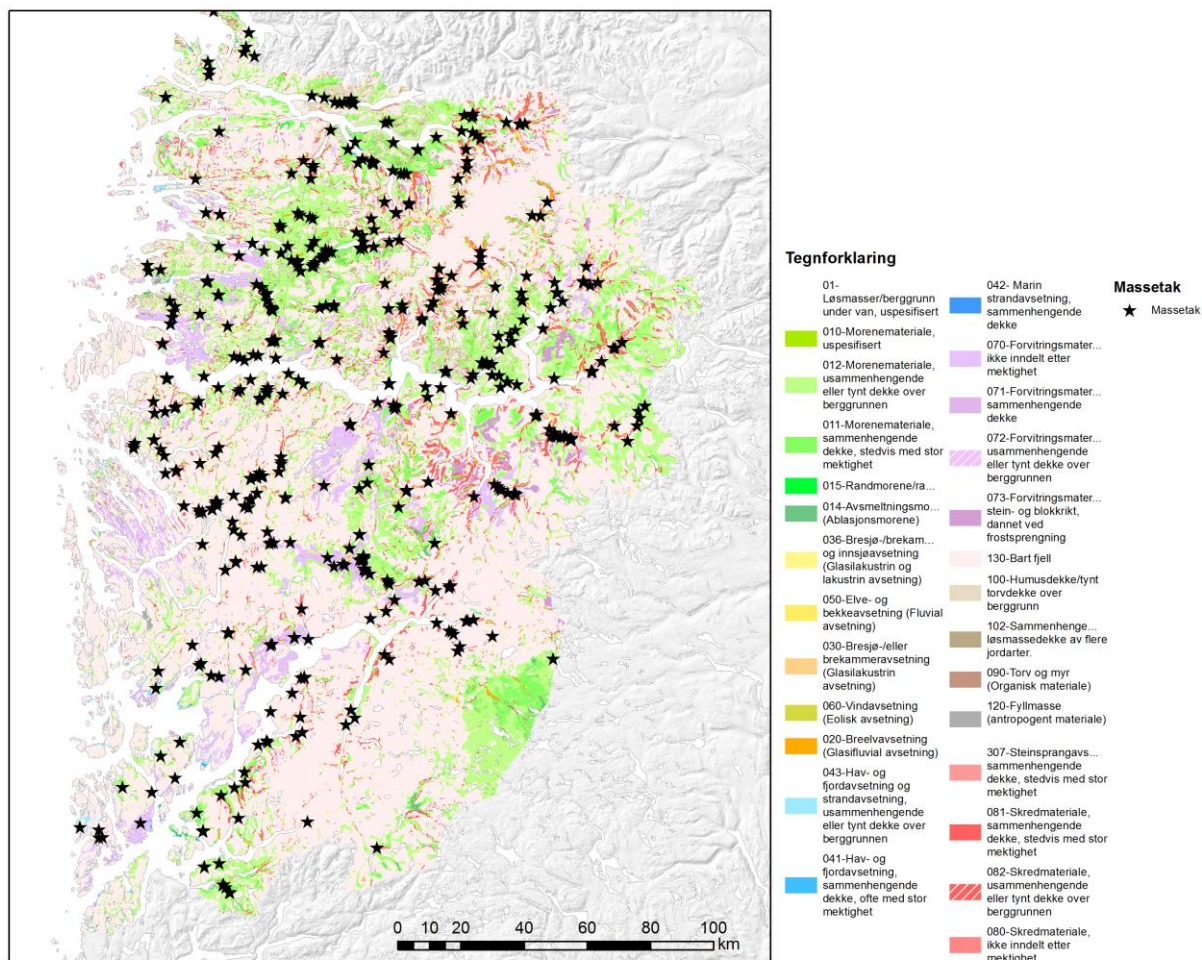
Figur 25: Bergen Privatbank - bygget av granitt fra Austevoll og Årdal, samt gneis fra Vaksdal.



## 6. BYGGERÅSTOFFER: GRUS OG PUKK

Som vist til tidligere er uttak av pukk/knust fjell og sand og grus til bruk som byggeråstoff den dominerende mineralnæringen i Vestland fylke. Mesteparten av byggeråstoffene benyttes lokalt og regionalt, men det er også stor eksport fra fylket. Det er mest eksport fra Bremanger/Kinn (sandstein), Eikefet (gneis) og Sløvåg (gneis).

Vestland er ikke det fylket med størst grusressurser, men de er likevel viktig for regionale og lokale markeder. Ressursene er godt kartlagt, men det kan være gunstig å foreta en levetidsberegning på slike ressurser; uttak av sand og grus konkurrerer ofte med annen arealbruk, og levetid for eksisterende konsesjoner vil være nyttig i kommunal ressursforvaltning.



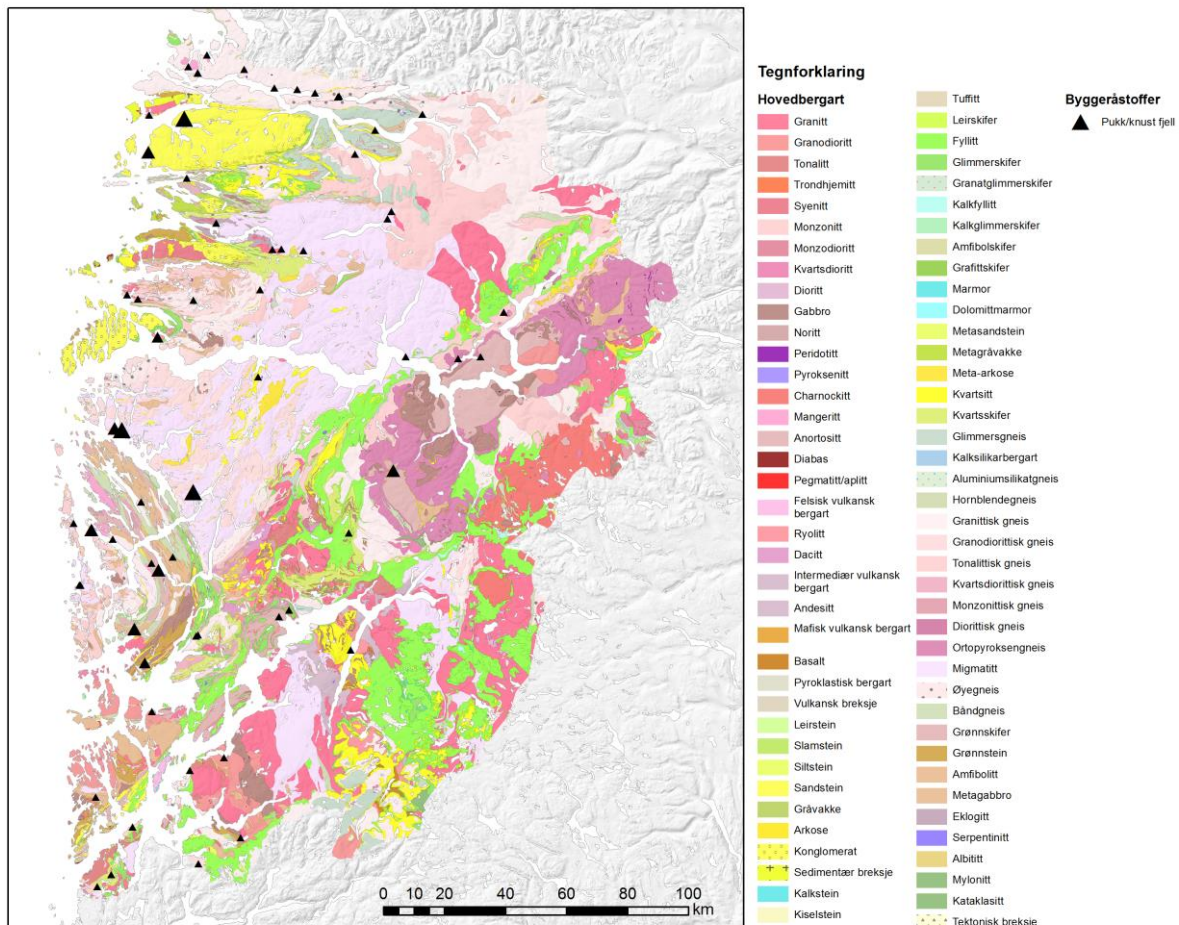
Figur 26: Sand og grusforekomster med masseuttak over forenklet kvartærgeologisk bakgrunnskart som viser løsmasser over berggrunnen.

Fylket har store ressurser av pukk (Figur 27 og Figur 28). Det gjelder mulighet for store, kystnære pukkverk og ulike kvaliteter av bergarter til spesielle formål. Gneis og devonsk sandstein er de mest benyttede ressursene i store pukkverk, mens anortositt, eklogitt og trondhemitt er produkter til nisjemarkeder.

Mye pukk som benyttes i Bergen kommer fra tunnel- og andre utbyggingsprosjekter. I fremtiden blir det viktig å bruke så mye som mulig av slike anleggsmasser for å minimere primæruttak. I sluttdokumentene til prosjektet Kortreist Stein<sup>12</sup>, som nylig ble avsluttet og hvor Hordaland Fylkeskommune deltok, er det flere strategiske råd i sluttdokumentene som vil være viktig å følge opp.

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 berggrunnsgeologiske kart.

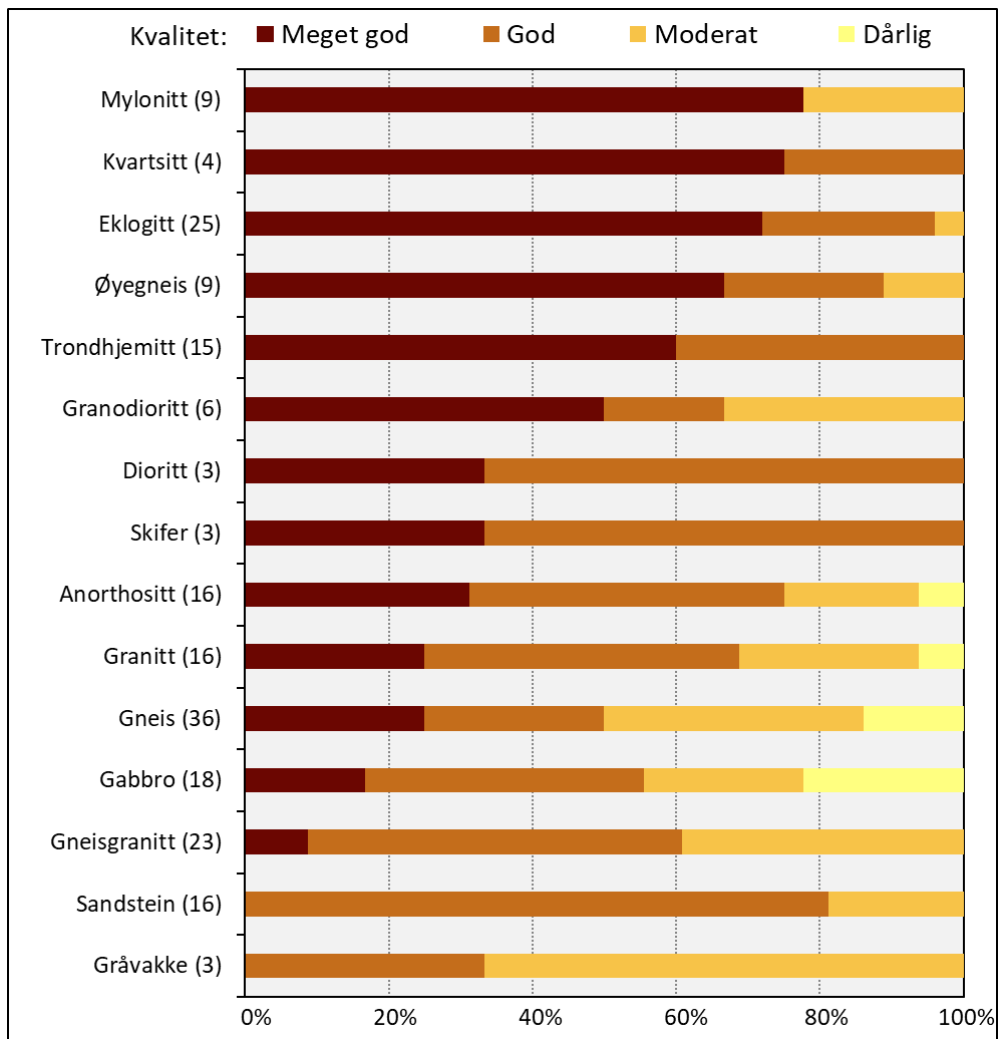
I tillegg vil vi anbefale å vurdere nye, fremtidige ressurser for eksport av pukk.



Figur 27: Uttak av pukk/knust fjell over et forenklet geologisk bakgrunnskart.

Størrelsen på trekantene sier om uttakene er klassifisert til å være av internasjonal og nasjonal betydning (størst), regional betydning (mellomstor) eller lokal betydning (minst).

<sup>12</sup> <https://www.sintef.no/projectweb/kortreist-stein/publisering/>



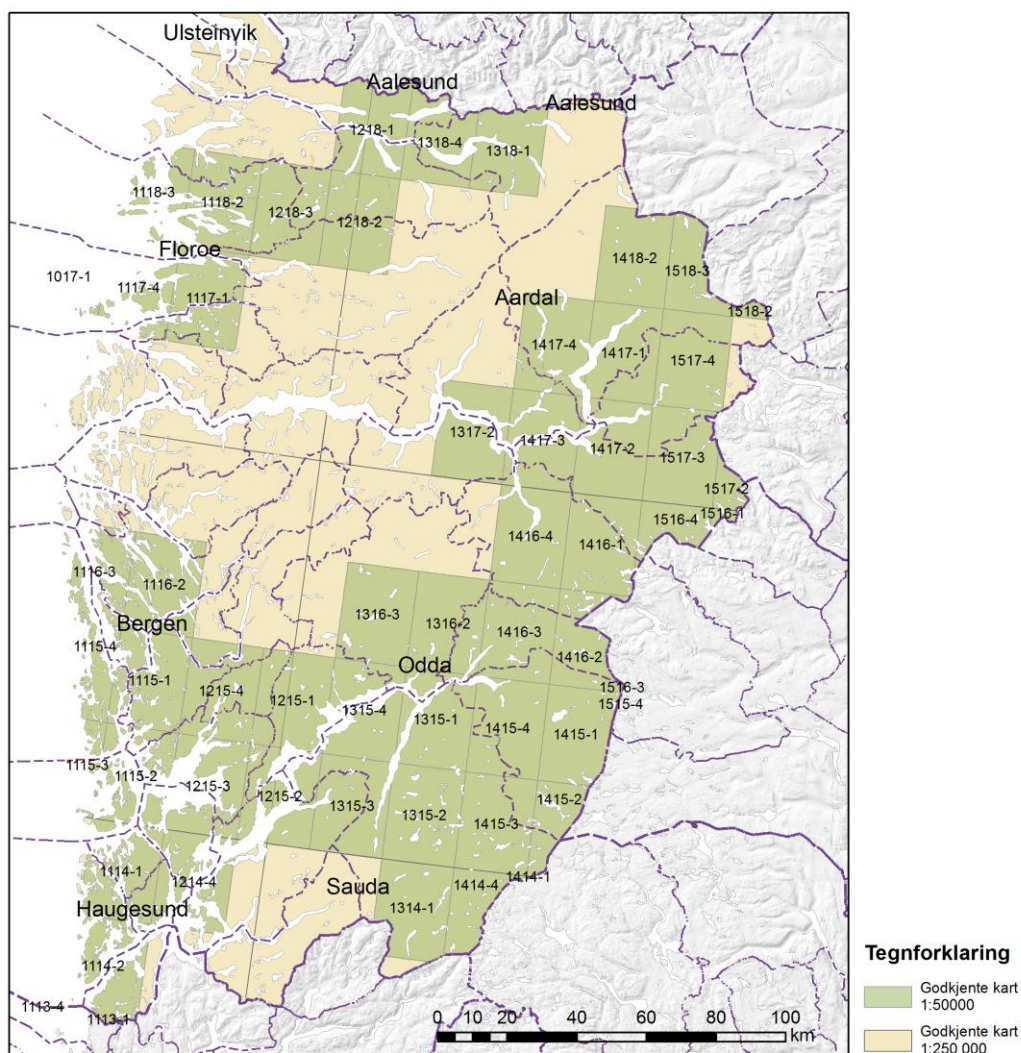
Figur 28. Bergarter i Vestland og kvalitet til vegformål.



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

### 7.1 Geologisk kartlegging

Per 2020 er hele Norge dekket av geologiske berggrunnskart i skala 1:250 000 og et moderne og sømløst kartinnsyn er tilgjengelig fra [www.ngu.no](http://www.ngu.no) i denne skalaen. I de fleste sammenhenger er ikke 1:250 000 tilstrekkelig detaljert for grunnleggende vurdering av ressurspotensial, for ressursforvaltning, eller for vurdering av fastfjellsgeologiens betydning for naturtyper og geologisk mangfold. NGUs standard arbeidsskala for geologisk kartlegging av berggrunn er 1:50 000 og ca 60 % av Norges landareal er kartlagt i denne skala. For Vestland er ca to tredjedeler av fylket kartlagt i 1:50 000 (Figur 29)



Figur 29: Dekningskart berggrunnsgeologi i målestokk 1:50 000 for Vestland fylke



Ettersom geologiske kart i tilstrekkelig oppløsning er helt nødvendig for korrekt vurdering av ressurspotensialer, er grunnleggende geologisk kartlegging en forutsetning for å skape næringsinteresser og øke muligheten for nye funn. I tillegg til kartlegging av mer regional karakter utgjør berggrunnskartlegging en nødvendig oppfølging av geofysiske og geokjemiske anomaliobservasjoner. Detaljert geologisk kartlegging er tidkrevende og vil derfor målrettes mot områder med kjent ressursgrunnlag, favorabel geologi, eller mot områder med geofysiske eller geokjemiske indikasjoner på økt sannsynlighet for funn. En del forslag til prioriterte kartleggingstiltak er listet opp i Tabell 4, og herunder inngår også behovet for en langsiktig plan for regional berggrunnsgeologisk kartlegging i akseptabel skala.

## 7.2 Geofysisk kartlegging

Geofysisk kartlegging av store områder er mest effektiv og økonomisk med fly eller helikopter. NGU har kartlagt Norge fra lufta siden 1960-tallet og har kontinuerlig flydd 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 Vestland fylke er i dag bare målt med lav oppløsning og med bare noen av målemetoder NGU vanligvis bruker.

Ullensvang, Eidfjord og Ulvik kommuner i sørøstlige delen av fylket er ikke geofysisk kartlagt siden 1970-tallet og har dårligst datagrunnlag. Resten av Vestland ble fløyet med fly i perioden 2010-2013 i sammenheng med et industrifinansiert 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 BESTAS-10 (Figur 30) er kartlagt med god oppløsning og med magnetiske og radiometriske metoder. Elektromagnetiske (EM) metoder for å kartlegge blant annet kvikkleire og opptreden av sulfidmineraliseringer mangler. Dataene ble benyttet for å oppdatere berggrunnskart langs kysten i på Vestlandet og for å undersøke potensial for geotermisk energi (Maystrenko m.fl. 2015).

Dessuten ble det laget aktsomhetskart for svakhetssoner i fjell med bruk av AMAGER-metoden (Olesen m.fl. 2007), som er basert på magnetiske data (Brønner m.fl. 2020). Aktsomhetskart gir nyttig informasjon for arealplanlegging som veibygging og fergefri E39.

I 2013 ble det i tillegg målt magnetometri øst for Bestas-10 og SAS-11. Disse dataene, kombinert med undersøkelsene over nesten hele fylket (STAS-13, Figur 30), ga opphav til et nytt magnetisk kart over Vestland fylke (Figur 31). Dataene er samlet inn med fly, men på grunn av begrensede midler i prosjektet og bratt topografi har dataene relativt lav oppløsning. Den lave oppløsningen 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. Radiometriske og elektromagnetiske (EM) målinger ble ikke utført i disse undersøkelsene.

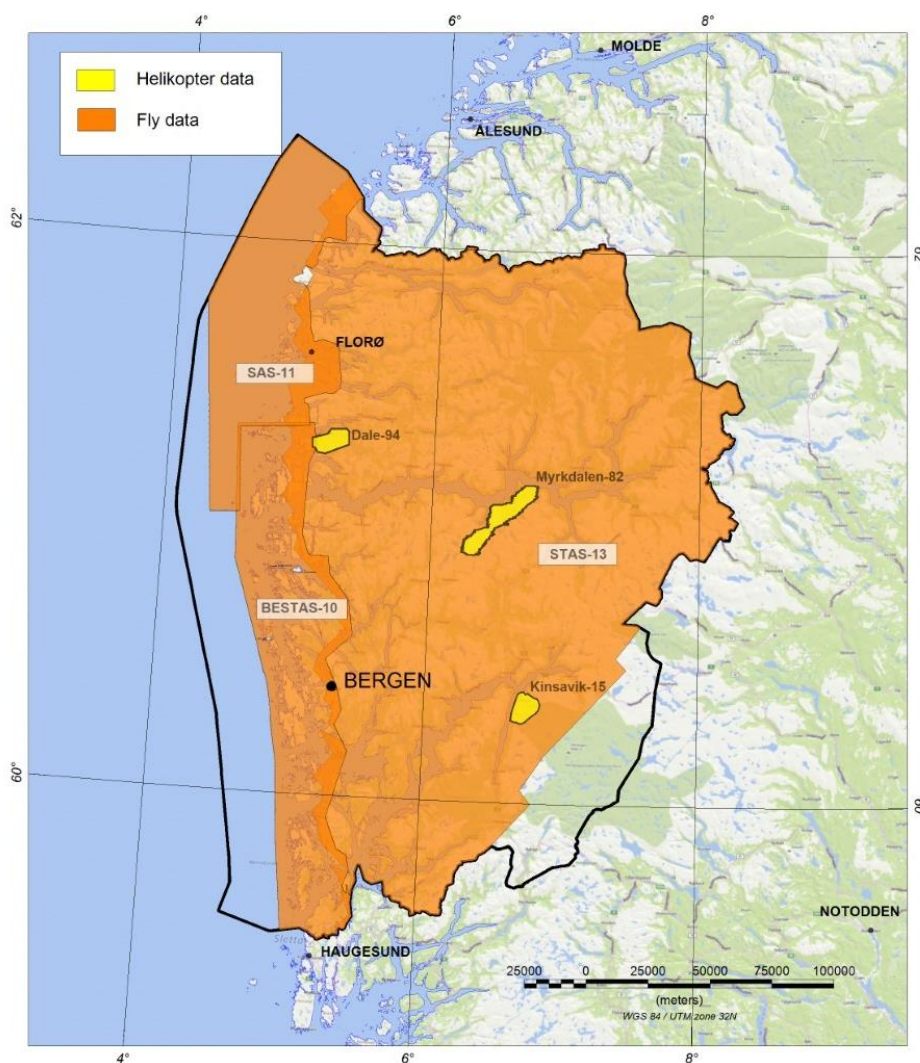
I tillegg foreligger noen veldig lokale datasett som ble innsamlet av private aktører i forbindelse med mineralressursundersøkelser og av NGU med helikopter for ulike formål. Disse data skal rapporteres til Direktoratet for Mineralforvaltning (DMF). NGU har ikke fullstendig oversikt over alle datasett skaffet til veie av private aktører. Per i dag har vi kunnskap og data for tre områder hvor det er utført detaljundersøkelser: Myrkdalen-Balestrand (1982), Dale (1994) og Kinsarvik (2015).

Mens geofysisk kartlegging i Dale (1994) og Myrkdalen (1994) ble utført for å undersøke potensial for mineralforekomster ble Kinsarvik kartlagt i et felles prosjekt mellom NGU og Direktoratet for atomsikkerhet og strålevern (DSA) for å undersøke hvorfor noen områder i Kinsarvik har høy radonkonsentrasjon (Rønning m. fl., 2020). Undersøkelsene viste at Kinsarvik ble bygget delvis på et fjellskred av bergmasse med veldig høyt uraninnhold, som er kilde for radongass.

Sammenlignet med andre fylker er Vestland fylke sammen med Innlandet det fylket som er dårligst kartlagt med høyoppløselige geofysiske data. Samtidig viser COOP-dataene langs kysten stort potensial for bruk av denne type data i geologisk kartlegging og mineralressursundersøkelser, samt for arealplanlegging. For eksempel kan store infrastrukturprosjekter, som bygging av nye veier og tunneler, gjennomføres mer forutsiktbart og besparende med bedre kunnskap om svakhetssoner i fjellet.

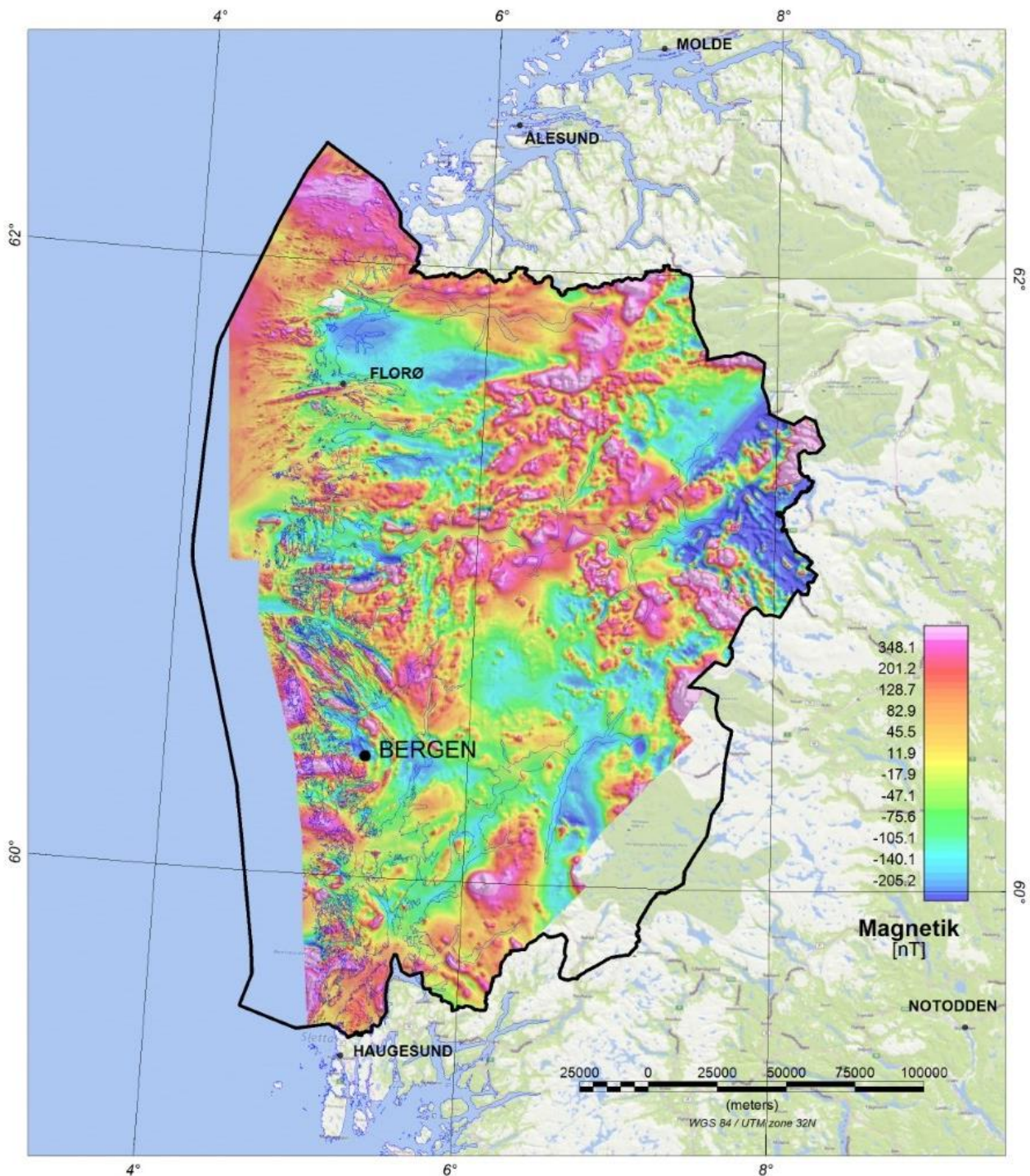
Eksempelet fra Kinsarvik viser at radiometri også bør måles i resten av fylket for å kartlegge potensialet for radon, samt for å påvise opptreden av Cs forårsaket av radioaktivt nedfall relatert til Tsjernobyl. Den østlige delen av fylket ble rammet av Tsjernobyl-nedfall i nesten samme omfang som Trøndelag.

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



Figur 30: Dekningskart for Vestlandet viser områder som ble geofysisk kartlagt fra fly og helikopter.

I rødt vises de store områdene som er målt med fly. De gule områdene viser detaljundersøkelser med helikopter. Det kan eksistere flere detaljundersøkelser fra private aktører som NGU ikke har kjennskap til.



Figur 31: Magnetiske anomalikart for Vestland.

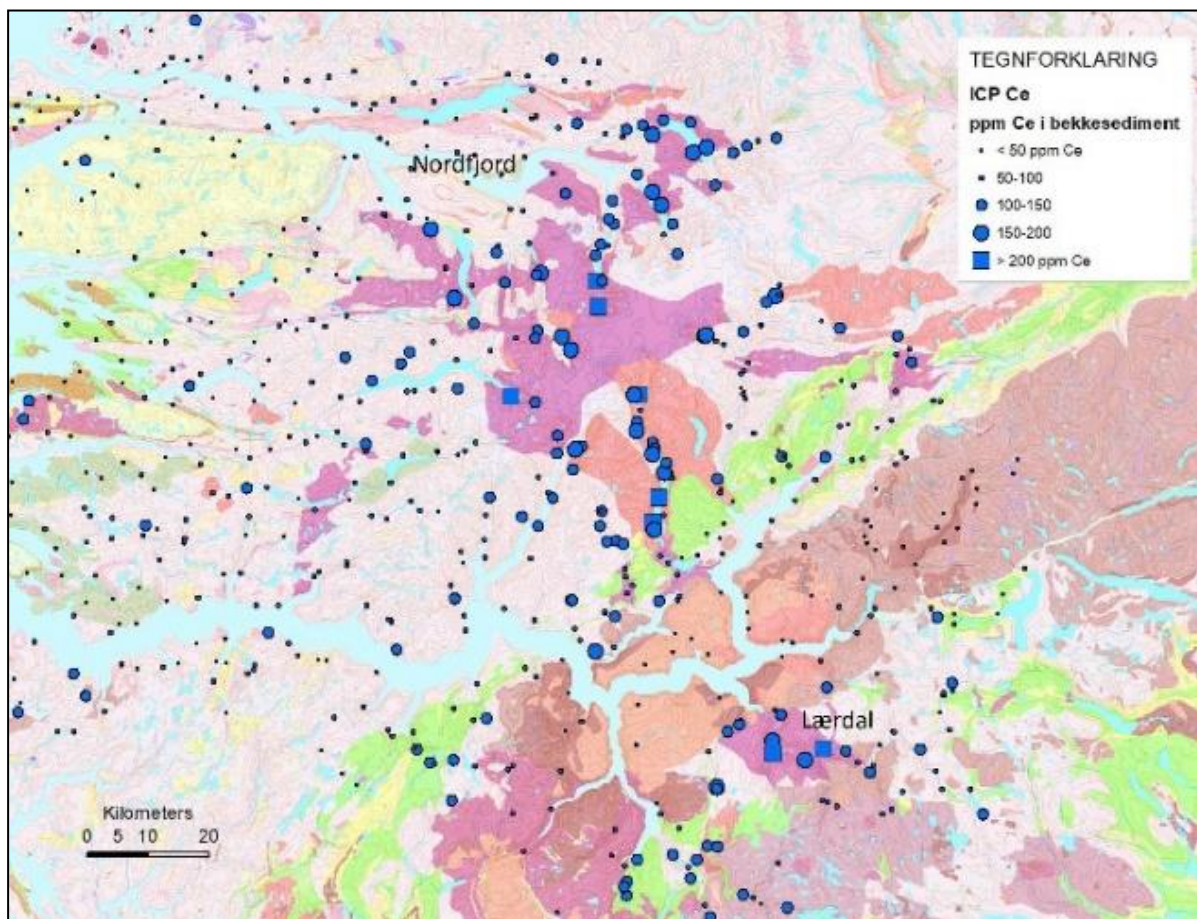
Magnetiske data gjenspeiler berggrunnsgeologi og forkastninger, som er et viktig datagrunnlag for geologisk kartlegging. Høyoppløselige magnetiske data kan i tillegg bidra med å kartlegge mineralforekomster og svakhetssoner i fjell.



### 7.3 Geokjemisk kartlegging

Det ble i 1983-84 utført geokjemisk prøvetaking med til sammen 634 prøvelokaliteter fordelt over hele Sogn og Fjordane fylke, med en rekke prøvetyper som bekke-/ellevann, bekkesedimenter, bekkemose, humusprøver og morenemateriale (Rygghaug 1986). Resultatet viser at de fleste grunnstoffene har klare geografiske fordelinger som er influert av lokal berggrunn, det marine miljø eller forurensing. Enkelte fordelinger har miljøkjemisk interesse blant annet for forurensingsproblematikk og landbruk. Andre anomaliområder har interesse for leting etter mineralressurser.

To anomalier er spesielt interessante med henblikk på mineralforekomster av mulig økonomisk interesse. Det ene er bekkesedimenter i Lærdalsområdet og regionen mellom indre deler av Sognefjorden og Nordfjord som til dels har markant høyt innhold av sjeldne jordartselementene cerium (Ce, Figur 32) og lantan (La); andre sjeldne jordartsmetaller er ikke analysert. Berggrunnen i de aktuelle anomaliområdene er ifølge NGUs geologiske kartblad Årdal (1:250.000) monzonitt, kvartsmonzonitt, granitt og granodioritt.

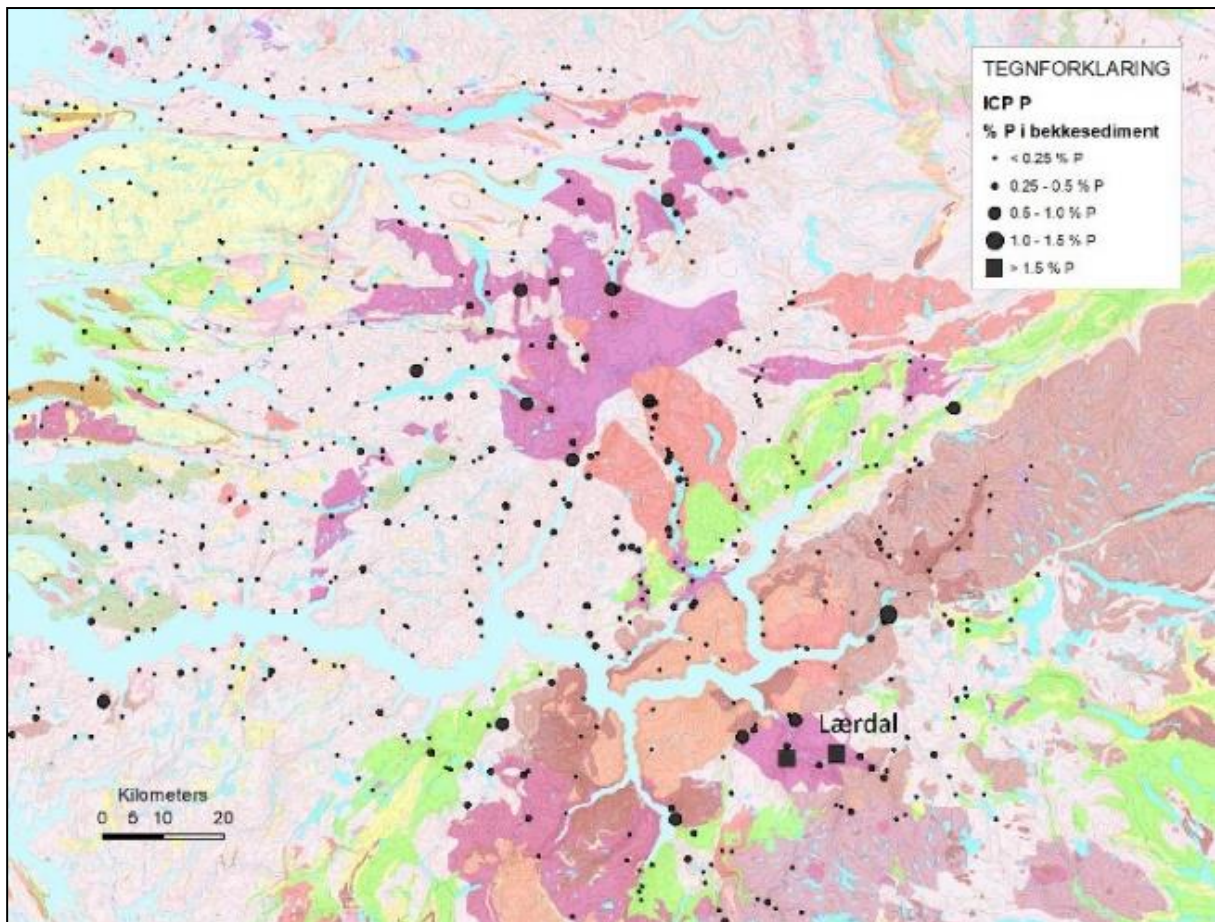


Figur 32: Innhold av Ce i bekkesedimenter over berggrunnskart.

Se det geologiske kartblad Årdal (1:250.000) for nærmere informasjon om det geologiske bakgrunnskartet som er benyttet.



Tilsvarende er innhold av fosfor (P) i bekkesedimenter Figur 33 til dels iøynefallende, spesielt i to lokaliteter i Lærdal. Dette indikerer opptreden av fosformineralet apatitt. Delvis er høyt P-innhold sammenfallende med høyt innhold av Ce. Den anomale karakteren av de to mest anrikede prøvene fra Lærdal framgår tydelig av det innskutte P-Ce plottet i Figur 34.



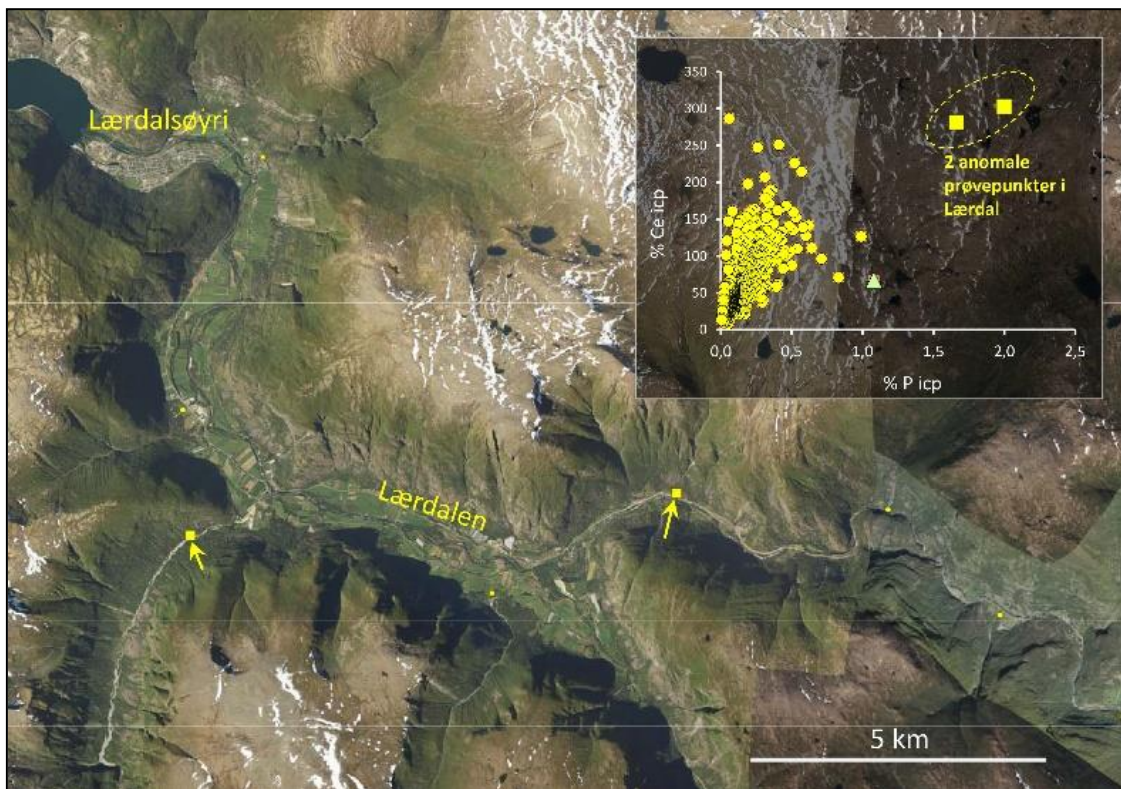
Figur 33: Innhold av fosfor (P) i bekkesedimenter over geologisk berggrunnskart.

Noen andre iøynefallende trekk ved geokjemidataene er:

- Høye bekkesediment Ni-verdier opptre i ytre deler av Nordfjord-området, noe som antas å skyldes Ni-holdige ultramafiske bergarter (olivinestein/dunitt) som er vanlige i området. Nikkel i denne type bergarter er i hovedsak silikatbundet (i mineralet olivin) og har ikke økonomisk interesse i dagens situasjon, men kan bli av interesse i framtiden hvis/når det utvikles ny teknologi for ekstraksjon av silikatbundet nikkel.
- Bekkesedimenter i Jotundekket (deler av Jotunheimen) har forhøyet verdi av kopper (Cu), platina (Pt) og palladium (Pd). Opptreden av kopper i fast fjell er kjent fra Årdalsområdet, som omtalt i Kap. 3.4.3.

- Forhøyede verdier av gull ble undersøkt med oppfølgende undersøkelser i etterkant av geokjemiprojektet (Krog 1993), men uten at det ble påvist opptreden i fast fjell som ble ansett å kunne ha økonomisk interesse.

Av åpenbar interesse for videre undersøkelser er anomale områder av sjeldne jordartsmetaller og apatitt. Begge er ressurstyper som ansees som kritisk viktige av EU, og det foreligger incentiver for påvisning og utvikling av slike forekomster i Europa. Det må ved oppfølgende feltundersøkelser avklares om årsaken til bekkesediment-anomaliene er av en slik karakter at forekomster av økonomisk interesse kan forventes. Før øvrig bør hele datamaterialet fra geokjemiprojektet gjennomgås på nytt med hensyn til forhold av mulig framtidig interesse.



Figur 34: Bekkesediment-lokaliteter i Lærdal med anomalt innhold av P over flybildebakgrunn.

## 7.4 Kunnskapsnivå og forslag til prioriterte tiltak

Basert på gjeldende kunnskap om mineralressurser, samt status på geologisk, geofysisk og geokjemisk kartlegging kan det settes opp et forslag til tiltak som kan iverksettes for å utvide mulighetsrommet for fremtidige funn av drivbare mineralressurser i Vestland. Det er imidlertid viktig å være klar over at geologiske data som vil genereres via de foreslåtte undersøkelsene har bruksverdi som går langt utover de rene næringsinteressene. Geologiske, geokjemiske og geofysiske data er viktige i miljø- og samfunnsikkerhetsperspektiv 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	7.1	Med unntak av visse områder er fylket mangelfullt geologisk kartlagt i målestokk 1:50.000.	Det bør utarbeides en langsiktig plan for videre geologisk kartlegging, både på generelt grunnlag for å få bedre geologisk kartdekning i fylket, og kartlegging rettet mot bestemte ressurstyper av økonomisk interesse.
Geofysikk kartlegging	7.2	Langs kysten og i tre små områder er fylket kartlagt med høyoppløselige data, ellers er oppløsning for lavt for geologisk kartlegging. Radiometriske data mangler i store deler av fylke mens elektromagnetiske data mangler totalt.	Geofysiske data er viktige bakgrunnsdata for geologisk og ressurs kartlegging, og geofysisk kartlegging bør derfor planlegges sammen med geologisk arbeid. Kvikkleire- og radonproblematikk er velkjent i fylket og bør følges opp med flere detaljkartlegginger. Terreng med høye og bratte fjell krever kartlegging med helikopter.
Geokjemi kartlegging	7.3	Daværende Sogn og Fjordane fylke ble dekket av geokjemisk kartlegging på 1980-tallet. Markante bekkesediment anomalier av Ce/La og P antyder et potensial for forekomster av mulig økonomisk interesse. I og med at årsaksforholdet er ukjent så bør dette følges opp med nye undersøkelser.  Et nasjonalt geokjemisk datasett er for tiden under utarbeiding. Datasettet dekker per i dag Trøndelag og fylkene nord for Trøndelag med prøvetaking med 1 prøve per 36 km <sup>2</sup> . Systematisk prøvetaking pågår i Innlandet fylke og vil fortsette i de Sørnorske fylkene, inklusiv Vestland, i de kommende årene.	Det bør utarbeides en plan (prosjektbeskrivelse) for oppfølgende undersøkelser spesielt rettet mot sjeldne jordartsmetaller og P (apatitt). I tillegg bør resultatene av hele geokjemiprojektet fra 1980-tallet gjennomgås på nytt og vurderes ut fra dagens situasjon.  Når det gjelder det nasjonale datasettet så er det ikke behov for umiddelbare tiltak, men oppfølging kan bli aktuelt når resultatene foreligger.
Mineralressurs-database		For mange av registreringene er eksisterende kunnskap mangelfull.	Det er behov for en grundig gjennomgang av informasjonen i databasen med hensyn til retting av feil og unøyaktigheter, gjøre en relevant oppdatering i forhold til tilgjengelig informasjon, samt innhente ny informasjon for de forekomsttyper og områder som ansees som viktige.

Titan rutil (eklogitt)	3.2	Eklogitt er en viktig ressurstype med betydelig potensial for framtidig verdiskaping basert på rutil, granat og kanskje andre mineralprodukter. Med unntak av én forekomst (Engebøfjellet) er kunnskapsnivået mangelfullt.	Det bør utarbeides en plan (prosjektbeskrivelse) for videre kartlegging og karakterisering av ressurspotensialet.
Jern-titan	3.2	Ikke økonomisk interessant ut fra foreliggende informasjon	Ingen.
Nikkel - kobber	3.3	Forekomststypen er relativt godt undersøkt i Hosanger-området, uten at det er påvist indikasjoner på overflatenære massive Ni-malmer.	Disseminerte Ni-Cu-mineraliseringer i Hosanger-området bør undersøkes nærmere. Et australsk selskap har undersøkelsesretter i området.
Kobber - sink ± gull	3.4	Forekomststypen er godt kartlagt på overflaten i Hardanger-området og ved Årdal og Grimeli	Videre oppfølging av koboltrike forekomster bør vurderes. Det er behov for geofysiske målinger for å kunne påvise større ressurser enn de som er kjent.
Kvarts	4.2	Kvartsforekomster er relativt godt undersøkt. Den viktigste forekomsten er Nesodden i Kvinnherad, som er under utvikling av Nordic Mining/Nordic Quartz.	Det anbefales ingen særskilt innsats annet enn å følge med på utviklingen ved Nesodden.
Kvartsitt	4.3	Kunnskapsnivået om kvartsitter i kyststrøkene i tidligere Sogn & Fjordane og i Samnanger er lavt.	Det bør gjøres oppfølgende kartlegging og prøvetaking av større kvartsittsoner ved Samnanger med hensyn til egnethet som ferrosilisium råstoff, samt prøvetaking av kystnære kvartsitter i tidligere Sogn og Fjordane.
Anortositt	4.1	Anortositt i Gudvangen-Voss er en viktig ressurstype som kan gi stor framtidig verdiskaping, avhengig av at en får på plass en konkurransedyktig prosess (pågående FoU) for tilnærmet totalutnyttelse av bergarten. Ressursen ansees som tilstrekkelig geologisk kartlagt. Anortositt i andre områder har en mindre gunstig kjemi for industrielle anvendelser.	Det anbefales ingen tiltak innenfor Sogn-anortosittene med hensyn til anortositt som Al-råstoff, annet enn å følge med på den FoU-innsatsen som pågår i regi EU, hvor Nordic Mining og IFE deltar. Resultatet forventes å bli svært interessant for vurderingen av anortositten i Gudvangen-Voss.  Anortosittene i Nordfjord-området er kun delvis undersøkt og prøvetatt, og en kompletterende befaringsrunde er anbefalt.
Talk	4.4	Talk i Framfjord/Stølsheimen har gode kvaliteter og utgjør et reelt ressursgrunnlag. Kunnskapsnivået er relativt høyt.	Ut fra et rent geologisk/mineralressursmessig perspektiv burde forekomststypen og de aktuelle områder vært fulgt nærmere opp, med mindre beliggenheten innenfor en nasjonalpark utelukker en slik utvikling.
Apatitt	4.5	Geokjemiske anomalier på fosfor (P) i Lærdal og nordover mot indre Nordfjord er så vidt vites ikke nærmere undersøkt, og årsaksforholdet er dermed ukjent.  Apatittrike magmatiske bergarter er assosiert med Bergensbuenes anortosittkompleks, men det er ukjent om innhold og opptreden er av en slik karakter at dette kan ha framtidig økonomisk interesse.	Fosfor-anomale geokjemiske prøvelokaliteter bør undersøkes nærmere. Dette bør gjøres kombinert med en tilsvarende undersøkelse av Ce- og La-anomale prøvelokaliteter i de samme områdene. Se nærmere omtale under pkt. 7.3 ovenfor.  Når det gjelder apatittførende bergarter i Bergensbuene så bør en i første omgang gjennomgå det som foreligger av relevant informasjon, og eventuelt i neste omgang følge dette opp med undersøkelser i felt.
Karbonat	4.6	Karbonatressursene i fylket har ikke økonomisk interessante kvaliteter, unntatt eventuelt for lokalt bruk.	Ingen.



Naturstein	5	NGU har god oversikt over ressurser i fylket, og det finnes gode muligheter for økt fremtidig utnyttelse av særlig skifer og murestein. Noen bergarter kan gi nisjeproduksjon av naturstein.	Det bør utarbeides en oversikt over særlig viktige historiske ressurser som det kan bli behov for innen fremtidig restaurering og ivaretagelse av arkitekturarv og kulturlandskap. Det kan være nyttig å vurdere ressurser for fremtidig eksport av murestein.
Pukk, sand og grus	6	NGU har gode databaser og oversikter over ressursene i fylket. Fylket har stort mangfold av anvendelige bergarter og gunstige forekomster for eksport av pukk.	Levetidsberegninger for grusressurser bør utføres. Det kan ligge ytterligere potensial for kystnære, store pukkverk. Prognosekart for pukkvaliteter bør utarbeides for bruk i både fremtidige planer for etablering av nye pukkverk, samt for vurdering av kvaliteter på fremtidige anleggsmasser.

## 8. FOREDLINGSBEHOV OG MULIGHETER FOR NEDSTRØMS NÆRINGSUTVIKLING

Temaet er i første rekke relevant for forekomster i drift og for kjente mineralressurser med attraktive kvaliteter, men som av ulike grunner p.t. ikke er i drift.

I tabellen nedenfor er ressurstyper med åpenbare muligheter for nedstrøms næringsutvikling i stort omfang nevnt øverst, det vil si eklogitt og anortositt. I begge tilfeller er ressursgrunnlaget formidabelt og kan gi grunnlag for næringsutvikling langt inn i framtiden. Men hvorvidt mulighetene kan realiseres vil avhenge av en rekke omstendigheter som det blir for omfattende å gå særlig inn på i denne rapporten.

Fylket kan gjøre mye når det gjelder utvikling av rutil-granat (eklogitt)-ressursgrunnlaget, i samspill med andre aktører. Hvordan dette eventuelt bør legges opp krever en særskilt gjennomgang og planlegging. Anortositt-ressursgrunnlaget er tilstrekkelig kartlagt; hovedutfordringen er innenfor teknologi og prosessutvikling, hvor det skjer en FoU-innsats i øyeblikket.

Gruvedrift har generelt gunstige samfunnsmessige synergieffekter. I tillegg til selve gruvedriften oppstår muligheter for etablering av lokal leverandørindustri, og oppbygging av kompetanse og utvikling av innovative løsninger.

Tabell 5: Vurdering av foredlingsbehov og muligheter for nedstrøms næringsutvikling.

Mineralressurs	Foredlingsbehov og nedstrøms næringspotensial
Eklogitt - Rutil, granat, annet	<p>Et langsiktig mål bør være å oppnå totalutnyttelse av bergarten, noe som er uopnåelig i dagens situasjon, men det kan bli mulig å få til en trinnvis utvikling i denne retningen. Den største utfordringen er videre utvikling innen mineralprosessering for økt utvinningsgrad av rutil og granat, samt utvikling av nye mineralske produkt fra mineralogisk avgang. En utvikling i denne retning vil gi reduksjon i mengde mineralogisk materiale for deponi. Samtidig vil bedre teknologiske løsninger for mineralutvinning bidra til å gjøre ikke-drivbare forekomster drivbare, og dermed øke ressursgrunnlaget.</p> <p>For rutil eksisterer en teoretisk mulighet for videreføring i form av produksjon av titanpigment for eksempel på Lutelandet, basert på flere forekomster i regionen. Men for at dette skal kunne bli mulig må ressursgrunnlaget økes, noe som kan gjøres ved videre geologiske undersøkelser. Utviklingen av</p>

granatproduksjon bør gå hånd i hånd med rutilutviklingen. En viktig faktor er at marked for granat er relativt sett mer begrenset, og det er av den grunn relevant å gjøre en innsats for utvikling av nye anvendelser av granat; en mulighet kan være bruk av granat i betong. En utfordring er å lage salgbar produkt fra avgang, for eksempel utvikle anvendelser som byggeråstoff. Dette forutsetter imidlertid en videre kartlegging og tilrettelegging av ressursgrunnlaget.

Anortositt, Al-råstoff	<p>Anortositt i Gudvangen-Voss er en viktig ressurstype med et gigantisk ressursgrunnlag. Ressursen ansees som tilstrekkelig geologisk kartlagt, i alle fall på nåværende trinn i utviklingen. Mineralprosessering er avgjørende viktig, og det pågår FoU i regi av Nordic Mining og IFE, støttet av EU. Dette som en videreføring av FoU-utført tidligere blant annet av Elkem og IFE. Denne forskningen tar sikte på en tilnærmet totalutnyttelse av bergarten, med flere verdiprodukter i tillegg til <math>Al_2O_3</math>.</p> <p>Næringspotensialet er et økonomisk og miljømessig konkurransedyktig <math>Al_2O_3</math>-råstoff til aluminium-smelteverkene, noe som etter hvert kan gjøre import av råvare fra bauxittforekomster i tropiske områder i verden unødvendig. Det er ikke behov for særskilte tiltak fra fylkeskommunens side i nåværende situasjon, annet enn å følge med på den FoU-innsatsen som pågår.</p>
Anortositt, andre anvendelser	En alternativ prosess for bruk av Sogn anortositt i betongsammenheng vurderes av Gudvangen Stein. Det anbefales å følge med på denne utviklingen.
Kvarts	Nesodden kvartsforekomst har gode kvaliteter, med mulighet for å kunne komme i produksjon i framtiden basert på salg av kvarts til ulike anvendelser på det internasjonale markedet. Hvorvidt lokal/regional videreføring kan bli en reell mulighet er ytterst usikkert. Det anbefales å ha kontakt med rettighetshaver Nordic Mining/Nordic Quartz om den videre utviklingen.
Kvartsitt	Videreføring av kvartsitt i form av produksjon av ferrosilisium, silisium metall og annet eksisterer en rekke steder i landet. Ny videreføring industri basert på kvartsittforekomster i Vestland fylke ansees uaktuelt. En mulighet er imidlertid at kvartsitt fra fylket kan benyttes som råvare for eksisterende smelteverksindustri, noe som ikke er tilstrekkelig avklart.
Talk	Alle norske talkgruver er lagt ned, inkludert den aktiviteten Norwegian Talc hadde i Framfjord/Stølsheimen. Men selskapet Norwegian Talc eksisterer fortsatt, med et avansert prosesseringsanlegg i Knarrevik på Sotra, hvor det produseres høyverdige talkprodukt basert på importerte råvarer. Talkforekomster i Stølsheimen er avgjort ressurser med et framtidspotensial, men er lite aktuelle i dagens situasjon fordi de mest interessante forekomster ligger innenfor nasjonalpark.
Nikkel, kobber, sink og gull	Ved en eventuell framtidig gruvedrift på disse metallene vil det bli produsert mineralkonsentrater for salg til smelteverk internasjonalt. Boliden Odda (tidligere Norzink) kan være avtaker i en eventuell framtidig gruvedrift av sinkholdig malm. I dagens situasjon er imidlertid disse mulighetene rent teoretiske, i og med at de kjente mineralressursene er for små eller for fattige til å kunne gi grunnlag for ny gruvedrift.
Sjeldne jordartsmetaller	Geokjemiske anomalier av sjeldne jordartsmetaller (samt fosfor, se nedenfor) har pr i dag ukjent opphav, og en vet ikke om bergartskilden kan gi muligheter for næringsutvikling.
Apatitt	I likhet med for sjeldne jordartsmetaller har geokjemiske anomalier av fosfor (P) ukjent opphav, men bør avgjort undersøkes nærmere med hensyn til eventuelle forekomster av fosformineralet apatitt. Tilsvarende bør fosfor anrikede bergarter i Bergensbuene undersøkes nærmere. Men pr. i dag er kunnskapsnivået altfor lavt til at en kan vurdere muligheter for næringsutvikling.
Karbonat	Det er ikke kjent karbonatforekomster egnet for videreføring.
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 verdiskapning.

## 9. REFERANSER

AlSiCal 2020: [www.alusical.eu](http://www.alusical.eu)

Bakke, S. 1986: Raudbergområdet talkpotensiale, Raudbergfeltet, Vik i Sogn. NGU-rapport 86.091, 22 s. + 1 kartvedlegg.

Barnes, S.-J., Boyd, R., Korneliussen, A., Nilsson, L.P., Often, M., Pedersen, R.B. & Robins, B. 1988: The use of mantle normalization and metal ratios in discriminating between the effects of partial melting, crystal fractionation and sulphide segregation on platinum-group elements, gold, nickel and copper: examples from Norway: In: Prichard, H.M., Potts, P.J., Bowles, J.F.W. & Cribb, S.J. (eds.) Geo-Platinum 87, Elsevier, London, s. 113-144.

Bergverksnytt 1990-2000: Korte notiser vedrørende prøvedriften på talk i Stølsheimen. Bergverksnytt No. 2/1990, s. 7, No. 2/92, s. 25, No. 8/97, s. 10-11, No. 9/99 og No. 1/2000, s. 7-9.

Bjørlykke, H. 1949: Hosanger nikkelgruve. NGU 172, s. 1-38.

Boyd, R., Bjerkgård, T., Ihlen, P.M., Korneliussen, A., Sandstad, J.S. & Schiellerup, H. 2012: Mineral- og metallressurser i Norge: "In situ" verdi av metallforekomster av nasjonal betydning. NGU-rapport 2012.048, 43 s.

Boyd, R., Nilsson, L.-P., Pedersen, R.-B., Bakke, S., Boassen, T., Grenne, T., Grønlie, A. & Johannessen, G.M. 1990: NTNF project no.MB10.20346 Geochemistry of platinum metals in ophiolites in Norway, Final report. NGU-report 90.065, 261 p.

Brønner, M., Olesen, O., Rønning, J.S., Larsen, B.E. 2020: Deeply weathered basement along the Norwegian coast and implications for the strandflat formation, Norwegian Journal of Geology, accepted.

Dalsegg, E., Elvebakk, H., Gellein, J. & Kihle, O. 1999: Gravity measurements in eclogite mapping, Naustdal, Sogn og Fjordane, 1999. NGU-rapport 99.124, 30 s.

Direktoratet for mineralforvaltning 2019: Harde fakta om mineralnæringen. Mineralstatistikk 2018. <https://dirmin.no/harde-fakta-om-mineralnaeringen-mineralstatistikk-2018>

Dorfner Anzaplan 2012: Scoping Study for the Nesodden Quartz Deposit. 149 s. Fra Nordic Minings hjemmeside. <https://www.nordicmining.com/>

Eidsvig, P. 1978: Ip- og magnetiske målinger. NGU-rapport 1560/9C, 12 s.

Elvebakk, H., Gellein, J. & Furuhaug, L. 1999: Gravity measurements in eclogite mapping, Naustdal, Sogn og Fjordane. NGU-rapport 99.046, 52 s.

Foslie, G. 1980: En anvendt mineralogisk undersøkelse av rutilførende eklogitt ved Fureviknipa ved Førde i Sunnfjord. NTH Bergavdelingen, diplomoppå grunn avve.

Foslie, S. 1926: Norges svovelkisforekomster. NGU 127, 122 s.

Heldal, T. & Jansen, Ø.J. 2000: Steinbyen Bergen. Fortellingen om brostein, bygg og brudd. Nord4 Bokverksted, 199 s.

Ihlen, P.M. & Müller, A. 2011: Forekomster av høyren kvarts langs Hardangerfjorden. NGU-rapport 2009.024, Trondheim, 69 s.

Jansen, Ø. & Heldal, T. 2003: Marmor fra de Lillieschioldske marmorværker i de danske slottsanlegg. Årbok for Bergen Museum 2002, s. 52-58.

- Jensen, R. 1965: Geologiske og geofysiske undersøkelser av Svanø kisforekomster, Flora, Sogn og Fjordane. NGU Rapport 652, 16 s.
- Karlsen, T. A. 1990: Mineralogisk undersøkelse av talk-karbonat malm. Raudbergfeltet, Vik i Sogn. NGU Rapport 90.086, 71 s.
- Karlsen, T.A. & Nilsson. L.P. 2000: Talc in Norway. NGU-report 99.135, 103 s. + 41 vedlegg.
- Kodal Minerals Plc 2016: Group annual report and financial statement for the year ended 31 March 2016, 66. p.
- Korneliussen, A. & Furuhaug, L. 1991: Fureviknipa og Engebøfjellet rutilforekomster ved Førdefjorden, Sogn og Fjordane. NGU-rapport 91.171, 17 s.
- Korneliussen, A. & Often, M. 1981, Kisforekomster i Stavfjordområdet med særskilt omtale av forekomstene Grimeli og Vågedalen. NGU-rapport 1650/53A, 15 s.
- Korneliussen, A. & Staw, J. 1977: Årdalsområdets kopperforekomster, Sogn og Fjordane. NGU-rapport 1560/9D, 27 s. + vedlegg.
- Korneliussen, A. 1980: Jern- og titan-forekomster tilknyttet gabbroide, amfibolittiske og eklogittiske bergarter i Sunnfjord, Sogn og Fjordane. NGU-rapport 1717/3, 39 s.
- Korneliussen, A. 2001: Rutilressurser i Sunnfjord-regionen, Sogn og Fjordane. NGU-rapport 2001.102, 27 s.
- Korneliussen, A., Austrheim, H., Furuhaug, L., Lauritsen, T. & Torbergsen, K. 1991: Husebø rutilforekomst, Meland kommune, Hordaland. NGU-rapport 91.159, 28 s.
- Korneliussen, A., Wanvik, J.E., Müller, A. & Ihlen, P.M. 2006: Kystnære kvartsressurser i Hordaland. NGU-rapport 2006.045, 71 s.
- Krog, J.R. 1983: Geokjemiske bekkesediment undersøkelser i Nord-Gudbrandsdalen. NGU-rapport 1709/F, 23 s.+ 5 tekstbilag + 12 kartbilag.
- Krog, J.R. 1993: Gull i fyllittene under Jotundekket. NGU-rapport 92.053, 123 s. + vedlegg.
- Krog, R. 1977: Geokjemiske bekkesediment undersøkelser i Årdal 1976. NGU-rapport 1504B, 11 s.
- Krog, R. 1978: Geokjemisk oppfølging av anomalier ved Årdal. NGU-rapport 1560/9B, 12 s.
- Lutro, O. 1978: Beskrivelse til geologiske kart, Årdalsområdet, 1:50 000. NGU-rapport 1560/9A, 28 s.
- Mathiesen, C. O. 1982: Vurdering av Hosanger nikkelfelt, Osterøy, Hordaland. NGU-rapport 1650/44A, 16 s.
- Maystrenko, Y., Slagstad, T., Elvebakk, H., Olesen, O., Venvik, G. & Rønning, J. 2015: New heat flow data from three boreholes near Bergen, Stavanger and Moss, southern Norway. Geothermics. 56. 79-92.
- Mogaard, J.O. & Håbrekke, H. 1983: Magnetiske målinger fra helikopter over et område ved Vik i Sogn, Sogn og Fjordane fylke. NGU-rapport 1986.
- Nilsson, L.P. 1981: Tungmineralvasking og blokkleting under Nord-Gudbrandsdalprogrammet. NGU-rapport 1709/B, 23 s. + 3 tekstbilag + 2 kartbilag.
- Nilsson, L.P. 1984: En økonomisk-geologisk undersøkelse av ultrabasiske bergarter (unntatt kleberstein) i Nord-Gudbrandsdalen, Oppland. NGU-rapport 1709/D, 29 s. + 6 tekstbilag + 27 kartbilag.
- NRK Sogn og Fjordane 2009: NRK.no - Fylkesleksikon (lokal TV hjemmeside med informasjon om historien til Framfjord talkmølle og den lokale gruveindustrien på de nærliggende talklinsene).



- O'Driscoll, M. 1992: Talc review. Consolidation and competition. *Industrial Minerals* March 1992, s. 23-37.
- Often, M. & Nilsson, L.P. 2012: N017 Jotunheimen Ni-Cu-PGE. In: Eilu, P. (ed.) *Mineral deposits and metallogeny of Fennoscandia*. Geological Survey of Finland Special Paper 53, side 73-74.
- Olerud, S. 1995: Norway's industrial minerals. Changing ownership & increased export. *Industrial Minerals*, December 1995, s. 23-31.
- 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.
- 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.
- 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, s. 253-267.
- Pursuit Minerals 2020: Pursuit Enter sinto Option and Purchase Agreement for Three Highly Prospective Nickel Sulphide Projects in the Tier One Country of Norway. Pressemelding 17. Februar 2020. <http://pursuitminerals.com.au>
- Raness, A. M., Aasly, K. A. & Schiellerup, H. 2018. Mineralske ressurser og vindkraft. NGU-rapport 2018.008. 14 s.
- Ragnhildstveit, J. & Helliksen, D. 1997: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart Bergen M 1:250 000; trykt i farger. NGU.
- Reddic Consulting Inc. 2009. Technical Report on Resource Estimates for the Ertelien, Stormyra and Dalen deposits, Southern Norway. Prepared for Blackstone Ventures Inc. NI 43-101 Report. 99 s.
- Ryghaug, P. 1986: Geokjemisk kartlegging, Sogn og Fjordane. Sluttrapport. NGU-rapport 86.087, 64 s.
- Ryghaug, P. 1989: Innhold av edelmetaller i løsmasser, Sogn og Fjordane fylke. NGU rapport 89.156, 45 s. + 3 tekstilbilag + 5 kartbilag.
- Rønning, J.S. 1981, CP-målinger i Grimelifeltet. NGU-rapport 1650/53C, 11 s.
- Rønning, J.S., Høst, J., Böhme, M., Fredin, O., Hansen, L., Hermanns, R., Ofstad, F. & Solli, A. 2020: Årsak til radonproblemer i Kinsarvik. Oppfølgende geologiske og geofysiske undersøkelser i 2015, 2016 og 2017. NGU-rapport 2020.022, 44 s.
- Rønning, J.S., Krog, J.R. & Nilsson, L.P. 1983: Geofysiske, geokjemiske og geologiske oppfølgingsundersøkelser på Sognefjell, Lom, Oppland. NGU Rapport 1709/P, 30 s. + vedlegg.
- Sandstad, J.S. 2012: Hardanger Cu-Zn. In: Eilu, P. (ed.) *Mineral deposits and metallogeny of Fennoscandia*. Geological Survey of Finland Special Paper 53, s. 69-70.
- Siedlecka, A., Nystuen, J.P., Englund, J.O., Hossack, J. 1987: Lillehammer – berggrunnskart M. 1:250.000. Norges geologiske undersøkelse.
- Slagstad, T., Solli, A. & Stampolidis, A. 2015: Coop Phase 2 Crustal Onshore-Offshore Project. NGU-rapport 2015.063, 410 s.

Trønnnes, R. 1988: Kjerneboringer langs østgrensen av Raudbergmassivet, 1986-87. NGU Rapport 88.027, 22 s. + 12 kartvedlegg.

Ve, S. (redaktør/skriftstyrer) 1971: Bygdebok for Årdal, Bind I, Natur og Næringsliv. Årdal Sognelag. 955 s.

Wanvik, J.E. 2000: Norwegian anorthosites and their industrial uses, with emphasis on the massifs of the Inner Sogn- Voss area in western Norway. NGU Bulletin 436, s. 103-112.

Wullf, P. 1996: En befaring af cirka 100 mineraliseringer i Sunnhordland, SV-Norge. NGU-rapport 1996.139, 100 s.



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)