



# **GEOLOGI FOR SAMFUNNET**

SIDEN 1858



**NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE**  
· NGU ·

**NGU RAPPORT  
2024.028**

---

Mineralressurser i Nordland fylke – geologisk  
kunnskapsgrunnlag



**Rapport nr:** 2024.028

**ISSN:** 0800-3416 (trykt)

**ISSN:** 2387-3515 (online)

**Gradering:** Åpen

**Tittel:** Mineralressurser i Nordland fylke – geologisk kunnskapsgrunnlag

**Forfatter:** Sandstad, J.S., Raaness, A., Agosta-Gongora, P., Andersson, M., Angvik, T.L., Bjerkgård, T., Coint, N., Davidsen, B., Dumais, M-A., Erichsen, E., Finne, T.E., Gautneb, H., Granseth, A, Heldal, T., Henderson, I., Hauptfleisch, U., Mansur, E.T., Nazuti, A., Olesen, O., Saalman, K., Slagstad, T.

**Oppdragsgiver:** Nordland fylkeskommune

**Fylke:** Nordland

**Kommune:**

**Kartblad:** (M=1:250.000):

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

**Forekomstens navn og koordinater:**

**Sidetall:** 96

**Pris:** 250

**Feltarbeid utført:**

**Rapportdato:** 31.10.2024

**Prosjektnr:** 052733

**Ansvarlig:** Kari A. Aasly

**Emneord:** Berggrunnsgeologi Geofysikk Geokjemi Mineralressurser Naturstein Byggeråstoffer

## Sammendrag:

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har på oppdrag for Nordland fylkeskommune utarbeidet denne rapporten over dagens geologiske kunnskapsgrunnlag for mineralressurser med anbefalinger for videre undersøkelser i fylket. Kunnskapsgrunnlaget er basert på NGUs informasjon om mineralressursene og de geologiske forholdene i Nordland. Nedstrøms foredling representerer en vesentlig del av verdiskapingen for mineralske ressurser, og ressursgrunnlaget for utvikling av foredlingsindustri er også omtalt hvor det kan være aktuelt.

Nordland er et av de viktigste mineralressursfylkene i Norge og i dag er det drift på en metallgruve, sju industrimineral-forekomster (kvartsitt, marmor og kalkstein) og tre natursteinsbrudd. I tillegg er det en rekke større og mindre uttak av byggeråstoffene sand, grus og pukk. NGU har gjennom mange år hatt godt samarbeid med Nordland fylkeskommune og fylket er på landsbasis relativt godt dekket av gode grunnlagsdata; geologi, geofysikk, geokjemi og mineralressurser selv om det er store hull i dekningen av geologiske og geofysiske data.

Rapporten gir en grunnleggende oversikt over kjente forekomster av og potensialer for metaller, industrimineraler, naturstein, sand, grus og pukk. Moderne undersøkelser og karakterisering av kjente ressurser i regionalt perspektiv, med henblikk på funn av nye forekomster, har blitt gjennomført i varierende grad. Rapporten gir oversikt over kunnskapsgrunnlaget for å vurdere mulighetene for funn av nye mineralressurser samt som grunnlagsdata for utbygging, infrastruktur, og forvaltning av natur og miljø.

I områder med potensial for mineralressurser og god dekning av alle typer geologiske data kan nye metoder for databehandling slik som maskinlæring benyttes for bedre å kunne fokusere oppfølgende undersøkelser til de mest interessante områdene. For å kunne benytte denne metoden i andre potensielle områder må det være god dekning av geofysiske og geokjemiske data. Analysering av eksisterende geokjemiske data bør gjøres med nye metoder og kan gjøres i tidlig fase for å peke på områder med potensial for mineralressurser.

1. INNLEDNING	6
2. GEOLOGISK OVERSIKT	8
2.1 Grunnfjellsområder i nordre Nordland	8
2.2 Grunnfjellsvinduene	9
2.3 Den kaledonske fjellkjeden	9
2.4 Kaledonske skyvedekker	9
3. DATASETTE OVER KJENTE FOREKOMSTER AV MINERALRESSURSER OG	
4. METALLISKE FOREKOMSTER	14
4.1 Jern	16
4.1.1 Rana-området	16
4.1.2 Vefsn-området	18
4.1.3 Ofoten-området	18
4.1.4 Jern-kobber registreringer i magmatiske bergarter i Lofoten-Vesterålen	18
4.1.5 Videre arbeid	19
4.2 Jern-titan	21
4.2.1 Fe-Ti-V	21
4.2.2 Fe-Ti-P-(REE)	21
4.2.3 Videre arbeid	22
4.3 Nikkel-kobber	23
4.3.1 Ni-Cu-forekomster tilknyttet ultramafiske-mafiske intrusjoner	25
4.3.2 Ni-Cu-forekomster tilknyttet gabbroide intrusjoner	26
4.3.3 Ni-Cu-forekomster tilknyttet ofiolitt-type ultramafiske bergarter	27
4.3.4 Videre arbeid	27
4.4 Andre jernlegeringsmetaller (krom, molybden og wolfram)	28
4.4.1 Krom	28
4.4.2 Molybden	28
4.4.3 Wolfram	28
4.4.4 Videre arbeid	29
4.5 Basemetaller (kobber, sink og bly)	29
4.5.1 Sulitjelma-området	31
4.5.2 Rana-Hemnes-distriktet	32
4.5.3 Hattfjelldal	33
4.5.4 Nordlige Nordland	34
4.5.5 Videre arbeid	35
4.6 Edelmetaller (gull og sølv)	36
4.6.1 Videre arbeid	39
4.7 Beryllium og sjeldne jordartsmetaller	40
4.7.1 Beryllium	40
4.7.2 Sjeldne jordarter	42
4.8 Sekundære ressurser	43

4.8.1 Ballangen	43
4.8.2 Sulitjelmafeltet	43
4.8.3 Bleikvassli	44
5. INDUSTRIMINERALER	45
5.1 Karbonat – kalkspatmarmor og dolomittmarmor	46
5.1.1 Tidligere arbeid	48
5.1.2 Videre arbeid	49
5.2 Kwarts	49
5.2.1 Videre arbeid	50
5.3 Kwartsitt	52
5.3.1 Videre arbeid	52
5.4 Grafitt	52
5.4.1 Grafittressurser i Nordland	52
5.4.2 Videre arbeid	55
5.5 Apatitt	55
5.5.1 Misværdal-komplekset	56
5.5.2 Videre arbeid	57
5.6 Talk	57
5.6.1 Bruksområder	57
5.6.2 Talk-, serpentinit- og kleber-forekomster i Nordland	57
5.6.3 Videre arbeid	60
6. NATURSTEIN	61
6.1 Kort historikk	61
6.2 Status på kunnskap og aktivitet	63
6.3 3D-kartlegging av Fauskemarmor	63
6.4 Fremtidig potensial og prioriteringer	64
7. BYGGERÅSTOFFER: SAND, GRUS OG PUKK	65
7.1 Oppdatering og ajourhold av Grus- og pukkdatabasen	65
7.2 Forekomster av nasjonal eller regional råstoffbetydning i fylket	68
7.3 Videre arbeid	68
8. STATUS PÅ KARTLEGGING OG KUNNSKAPSNIVÅ	69
8.1 Geologisk kartlegging	69
8.2 Geofysisk kartlegging	71
8.2.1 Geofysiske målinger fra fly	72
8.2.2 Geofysiske målinger fra helikopter	72
8.2.3 Geofysiske bakkemålinger	73
8.2.4 Videre arbeid	73
8.3 Geokjemisk kartlegging	76
8.3.1 Morene	76
8.3.2 Bekkesediment	76
8.3.3 Kartlegging av geokjemiske anomalier	77

8.3.4 Arbeidsflyt for kartproduksjon	77
8.3.5 Naturlige bakgrunnsnivåer	77
9. FORSLAG TIL PRIORITERTE TILTAK	79
10. FOREDLINGSBEHOV OG MULIGHET FOR NEDSTRØMS NÆRINGSUTVIKLING	83
11. REFERANSER	85
11.1 Geofysikk – utvalgt litteratur	95

## 1. INNLEDNING

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har på oppdrag for Nordland fylkeskommune utarbeidet denne rapporten over dagens geologiske kunnskapsgrunnlag for mineralressurser med anbefalinger for videre undersøkelser i fylket. Kunnskapsgrunnlaget er basert på NGUs informasjon om mineralressurser og de geologiske forholdene i Nordland. Nedstrøms foredling representerer en vesentlig del av verdiskapingen for mineralske ressurser, og ressursgrunnlaget for utvikling av foredlingsindustri er også omtalt der det kan være aktuelt.

Samfunnet er svært avhengig av ulike typer mineralske råstoffer for å fungere, og de har gjennom hele menneskets historie vært avgjørende for velstand og utvikling. Behovene og mulighetene for utnyttning av mineralske ressurser har endret seg fra steinalderen og fram til i dag. Mineralressurser brukes i et stort antall dagligdagse produkter fra metaller til papir, kunstgjødsel og mat, glass og keramikk, veier og bygninger. I dag er det i Norge og EU økt fokus på mineralressurser som er nødvendige for den grønne omstillingen og overgangen til fornybar energi.

Det har de senere årene vært en global utvikling med økt konsentrasjon av utvinning og foredling av en rekke mineralske råstoffer. EU og andre land har derfor utarbeidet lister over mineralske råstoffer som anses som kritiske og strategiske med hensyn til forsyningsrisiko og betydning (Grohol & Veeh 2023). Ved innføringen EUs Critical Raw Material Act stilles det klare krav til medlemslandene om å stimulere til letevirsomhet gjennom geologisk kartlegging, samt til produksjon, bearbeiding og gjenvinning av kritiske råvarer. Nordland har varierende og dels stort potensial for en lang rekke av disse kritiske og strategiske mineralske råvarer; beryllium, fosfatbergarter (apatitt), grafitt, kobolt, kobber, nikkel, silisium-metall, titan-metall, vanadium, vismut og wolfram.

Gruvedrift og mineralutvinning er i mange tilfeller en distriktsnæring. Tilrettelegging for utvikling av gruvedrift og mineralbasert industri bør sees i et overordnet samfunnsperspektiv. Det offentlige kan spille en tilretteleggende rolle som kan stimulere til ny mineralbasert verdiskaping og sysselsetting. Spesielt viktig i denne sammenheng er gode geologiske, geofysiske og geokjemiske data og en velutviklet mineralressursdatabase kombinert med solid geologisk kompetanse.

Nordland er et av de viktigste mineralressursfylkene i Norge (Tabell 1). Salgsverdien av produkter fra mineralnæringen i Nordland var nest størst i landet i 2023 ifølge statistikk fra Direktoratet for Mineralforvaltning (DMF 2023). Samtidig var antallet årsverk innenfor produksjon av metalliske malmer størst og nest størst etter Rogaland når det gjelder totalt antall årsverk innenfor mineralnæringen. Omsetningsverdi og årsverk ved uttak av mineralressurser i Nordland i 2023 er vist i Tabell 1. Omsetningsverdien for malm fra Nordland utgjør 58 % av omsetningsverdien for malm i landet og eksportverdien for mineralressurser fra fylket utgjør over 28 % av den totale eksportverdien. I tillegg kommer verdiskaping i foredlingsindustrien.

Tabell 1. Mineralbasert omsetningsverdi og årsverk i 2023\*.

Fylke	Antall uttak	Omsetningsverdi (Mkr)						Årsverk
		Malm	Andre mineraler	Byggeråstoffer	Innenlands	Eksport	Totalt	
2023								
Nordland	80	1 932	591	417	715	2 225	2 940	862
%-andel jfr. hele landet	7,8	58,0	15,9	5,8	11,0	28,6	20,6	19,3
Hele landet	1 023	3 329	3 712	7 207	6 473	7 776	14 249	4 473

Andre mineraler inkluderer industrimineral, naturstein og energimineral

\*Kilder: Harde fakta - mineralnæringen 2023 (DMF 2023) og Rana Gruber Annual Report 2023

Det største gruveselskapet i Nordland i dag er Rana Gruber AS som utvinner og eksporterer jern fra Ørtfjell-forekomsten på Storforshei i Dunderlandsdalen og i tillegg planlegger selskapet å utnytte Stensundtjern-forekomsten noen km lengre vest. OMYA Hustadmarmor AS utvinner dolomitt i Hammerfall i Sørfold og Løvgavlen i Fauske og kalkstein i Brønnøy. SMA Mineral AS driver Seljeli dolomittbrudd ved Elsfjord i Vefsn og Franzefoss Minerals utvinner dolomitt i Hekkelstrand ved Ballangen. Deler av denne produksjonen av karbonatbergarter går til innenlands videreføring og noe eksporteres. Heidelberg produserer kalkstein til framstilling av sement i Kjøpsvik i Tysfjord. Kvartsitt fra Mårnes i Gildeskål går til videreføring ved Elkems smelteverk i Rana. Tidligere var det drift på kvarts i Drag i Tysfjord, men råstoffet til super-ren kvarts som framstilles der i dag er importert. I dag er det natursteinsdrift på marmor i Løvgavlen og Leivset ved Fauske og på granitt i Evjen i Beiarn.

Flere gruve- og leteselskaper er aktive i områder i fylket og undersøker mulighetene for å påvise nye forekomster eller gjenåpning av tidligere gruver av en rekke ulike mineralressurser; blant annet kobber, nikkel, kvarts, grafitt, karbonat og beryllium.

NGU har gjennom mange år hatt nært samarbeid med fylket. I perioden 1992-1999 gjennomførte NGU i samarbeid med Nordland fylkeskommune (NFK) Nordlandsprogrammet (Bargel m.fl. 2000). Målet med programmet var å framskaffe geologiske grunnlagsdata for å videreføre eksisterende mineralindustri, utvikle ny industri og bidra til en best mulig arealforvaltning. Etter dette fylkesprogrammet har det vært en lang rekke samarbeidsprosjekter mellom NFK og NGU blant annet gjennom Nordland Mineral i perioden 2003-2010 (Lindahl & Ihlen 2015), NGUs MINN-program 2011-2015 (Sandstad m.fl. 2015) og rekke andre prosjekter med fokus på blant annet grafitt, karbonat og nikkel. Denne rapporten bygger på disse sammenstillingene og rapportene, og vil også omfatte forslag til prioritering av videre undersøkelser som kan løfte det geologiske datagrunnlaget og åpne muligheter for næringsutvikling og bedre forvaltning av mineralressursene.

En omfattende beskrivelse av Nordlands geologi og geologiske utvikling samt betydning av den for nordlendingen er gitt i boka; Nordland blir til – Geologi og naturhistorie. Redaksjonen av den besto av Rolv Dahl, Morten Halvorsen, Morten Smelror og Ola Torstensen (Dahl m.fl. 2022).



## 2. GEOLOGISK OVERSIKT

Berggrunnen i Nordland er kompleks og kan deles inn i to hovedgrupper; det prekambriske grunnfjellet og den kaledonske fjellkjeden. Grunnfjellsbergartene er de eldste bergartene i regionen og inkluderer prekambriske bergarter fra det Baltiske skjoldet, med aldre fra ca. 2900 til 1800 millioner år. Bergartene er i hovedsak ulike gneiser, granitter og andre høygradsmetamorfe bergarter som har blitt påvirket av eldre fjellkjededannelser, inkludert den svekofenniske fjellkjedefoldinga (ca. 1,8 milliarder år siden). Den kaledonske fjellkjeden består av omdannede sedimentære, vulkanske og magmatiske bergarter som er skjøvet inn over grunnfjellet i kort- til langtransporterte skyvedekker (490–390 millioner år siden) og er delt inn i forskjellige dekkeserier. I tillegg kommer to mindre enheter som består av stedegne til nær stedegne sedimentære avsetninger fra sen-prekambrium til tidlig paleozoikum som ble delvis omdannet under den kaledonske fjellkjedefoldinga og ligger mellom grunnfjellet og skyvedekkerne og yngre (~150 millioner år) sedimentære bergarter på Andøya (Brønner et al. 2017). Et forenklet berggrunnskart over Nordland er vist i Figur 1.

### 2.1 Grunnfjellsområder i nordre Nordland

Det nordligste kystområdet i Nordland, med Lofoten, Vesterålen, det meste av Hinnøya og Hamarøy /Tysfjord på fastlandet, består hovedsakelig av granitter og gneiser som er blant de eldste vi har i Norge. Dette grunnfjellsområdet strekker seg fra sørspissen av Lofoten og nordover øyene i Troms til og med Vanna. Øst for Harstad – Tjeldsundet – Ballangen finnes det yngre bergarter som tilhører de kaledonske skyvedekkerne (Gustavson 1974, upubliserte data NGU).

I Lofoten, Vesterålen og Hinnøya kan vi dele dette grunnfjellsområdet i tre (Griffin & al 1978, upubliserte data NGU): I øst finner vi en granitt kalt Hinnøya granodioritt som strekker seg nordover Hinnøya fra Lødingen Vestbygd og oppover Andøya til Andenes. Denne er blant de eldste bergartene i regionen og kom på plass for ca. 2650 millioner år (= 2,65 milliarder år) siden. Granitten dekker et stort område som i luftlinje er omtrent 100 km langt og 50 km bredt, og muligens også i sterkt omdannet form (granulittfacies metamorfose) på vestre del av Langøya. Den ble dannet ved at bergartssmelte (magma) trengte opp og inn i jordskorpa og ble avkjølt til granitt. Denne smelta trengte inn i eldre bergarter som i dag finnes som linser inne i Hinnøya granodioritt.

Den neste store bergartsenheten i Vesterålen ble opprinnelig avsatt oppå jordskorpa som sedimenterte og vulkanske bergarter en gang mellom 2,0 og 2,6 milliarder år siden. Vi kjenner dem best fra Andøya som Skogvollgruppa (bl.a. Brønner et al. 2017), men vi har også rester av disse bergartene blant annet på Hinnøya langs Gullsfjorden og i Kvæfjord, trolig sørover til fastlandet på Hamarøy, og muligens på Langøya og i Lofoten (upubliserte data, NGU).

Den siste store gruppen består av ulike typer granitter, gabbroer og beslekta bergarter fra magma som har trengt inn i jordskorpa etter de bergartene som er beskrevet foran (Griffin & al. 1978, Corfu 2004). Dette er den dominerende bergartsgruppen i Lofoten, i søndre del av Vesterålen og ytre del av Hamarøy. I litteraturen omtales de som Lofoten-Vesterålen AMCG-kompleks (anortositt, mangeritt, charnockitt, granitt) og vi omtaler dem også som Lofoten-eruptivene. Disse bergartene kom på plass for mellom 1800 og 1900 millioner år siden. De fungerte da som en enormt stor varmekilde som kokte og omdannet de eldre bergartene, og gjorde at disse nå kan være vanskelige å bestemme. Men prosessen bidro også til å danne mange spredte jernforekomster og de rike grafittforekomstene vi har på Langøya, siden grovkornet og verdifull grafitt krever slik oppvarming for å dannes i eldre bergarter som inneholder organisk (karbonholdig) materiale.

Øst for Lofoten-eruptivene finner vi 18-1900 millioner år gamle granitter som dekker områdene rundt Lødingen – Tjeldøya – Efjorden, resterende Hamarøy og Tysfjorden øst til kontakten mot de kaledonske skyvedekkerne (Müller et al. 2022).

## 2.2 Grunnfjellsvinduene

Grunnfjellsbergartene finnes også i såkalte tektoniske grunnfjellsvindu hvor de eldre bergartene stikker opp gjennom «hull» i de yngre kaledonske fjellkjedebergartene som er skjøvet over. Disse grunnfjellsvinduene finnes langs grensen mot Sverige fra Rombak-Skjomen i nord til Børgefjell i sør, og i tillegg på kysten av Helgeland. Berggrunnen i disse grunnfjellsvinduene består i hovedsak av granitter og gneiser med mindre innslag av omdannede sedimentære og vulkanske bergarter. Spesielt i Rombak-Skjomen utgjør de omdannede sedimentære og vulkanske bergarter en større del av berggrunnen og inneholder både en del gull- og sink-mineraliseringer (Angvik 2014).

## 2.3 Den kaledonske fjellkjeden

Kaledonidene i Nordland er en del av den kaledonske fjellkjeden som strekker seg fra Svalbard i nord til Irland og Skottland i sørvest. Fjellkjeden ble dannet som resultat av en serie komplekse geologiske prosesser knyttet til kollisjonen mellom kontinentalplatene Laurentia (som i dag inkluderer Nord-Amerika og Grønland) og Baltika (som tilsvarer deler av dagens Skandinavia) for omtrent 490–390 millioner år siden (Roberts & Gee 1985, Corfu et al., 2013). Denne prosessen er kjent som den kaledonske fjellkjedefoldinga.

Den kaledonske fjellkjedefoldinga er en av de store fjellkjededannelsene som har påvirket den geologiske historien i Nord-Europa. De tidligste hendelsene begynte i sen-kambrium og tidlig ordovicium (ca. 500–480 millioner år siden), mens hovedfasen av fjellkjededannelsen fant sted i silur og devon (440–390 millioner år siden). Kollisjonen mellom Laurentia og Baltika førte til deformasjon, metamorfose (endring av bergarters mineralogi, tekstur og struktur på grunn av høyt trykk og temperatur) og oppskyvning av bergarter som resulterte i dannelsen av en stor fjellkjede. En av de mest karakteristiske prosessene i forbindelse med fjellkjededannelse er dannelsen av skyvedekker. Dette er flak av skorpe som ble transportert opptil flere hundre kilometer fra sitt opprinnelsessted, og skjøvet sørøstover oppå det baltiske skjoldet.

## 2.4 Kaledonske skyvedekker

De kaledonske skyvedekkerne består av en serie av deformerte og transporterte bergartsenheter som har blitt skjøvet over de underliggende stedegne (autoktone) og nær stedegne (parautoktone) enhetene (Roberts and Gee 1985), se Figur 2. For fjellkjeden som helhet deles de forflyttede (alloktone) skyvedekkerne inn i fire dekkeserier, basert på hvor i dekkestratigrafien de ligger og hvor langtransporterte de er (enkelt sagt er de øverste dekkene mer langtransportert enn de som ligger under). Nederst finner vi Nedre dekkeserie, deretter Midtre, Øvre og helt øverst, Øverste dekkeserie. Før kollisjonen mellom Laurentia og Baltika var de to kontinentene adskilt av det såkalte lapetushavet, omtrent slik Nord-Atlanteren skiller Norge og Grønland i dag, og man har tradisjonelt tolket Nedre og Midtre dekkeserie til å representere den Baltiske kontinentalmarginen mot lapetushavet (Stephens and Gee 1985, 1989, Roberts 1988). Øvre dekkeserie er relativt rik på ofiolittfragmenter (havbunnsskorpe skjøvet opp på kontinentalskorpe) som blir tolket til å representere fragmenter av lapetushavet, mens Øverste dekkeserie vanligvis blir tolket til å være rester av den Laurentiske kontinentalmarginen (Roberts 1988, Roberts et al. 2007, Barnes et al. 2007, McArthur et al. 2013).

De nederste og midtre dekkeseriene danner tynne skyvedekker med glimmerskifer, kvartsitt og delvis marmor, som opprinnelig ble avsatt langs den passive kontinentalmarginen til Baltika. Øverst i disse dekkeseriene finner vi Sevedekket, som består av enheter fra den ytterste kontinentalranden til Baltika. Sevedekkerne finnes i sørdelen av fylket til kysten, mens de nederste enhetene opptrer i øst.

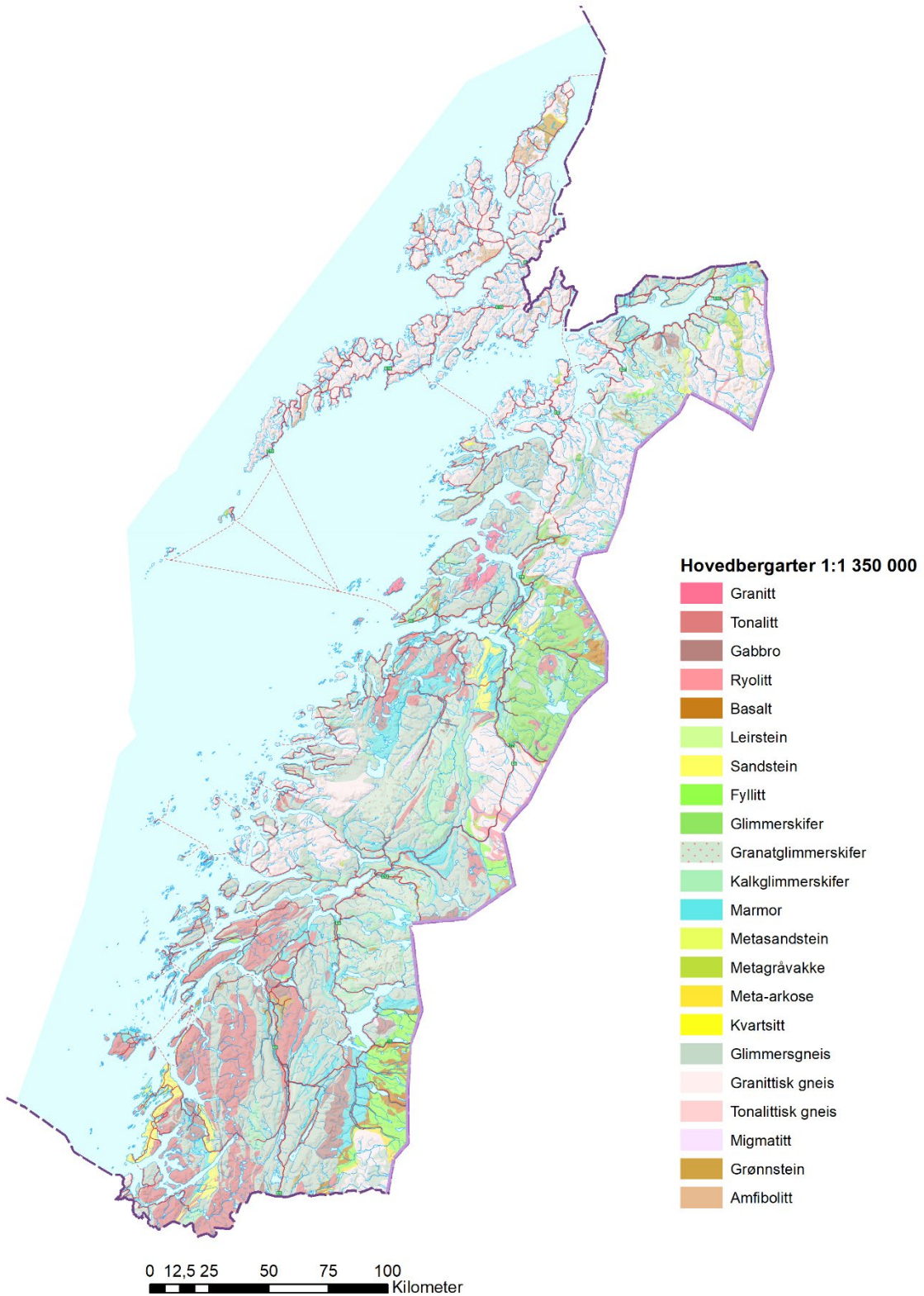
Bergartene i Nordland består i stor grad av dekker tilhørende Øvre og Øverste dekkeserie, og det er særlig sistnevnte som dominerer, bestående av store områder med marmor (f.eks. Melezhik et al. 2015) og granittiske bergarter av ordovicisk alder (Nordgulen & Schouenborg 1990; Nordgulen et al. 1993; Barnes et al. 2007). Dette er bergarter vi ikke kjenner fra den baltiske

kontinentalmarginen og de har også en før-kaledonsk metamorf historie som ligner mer på den man ser i bergarter dannet langs den Laurentiske marginen i lapetushavet.

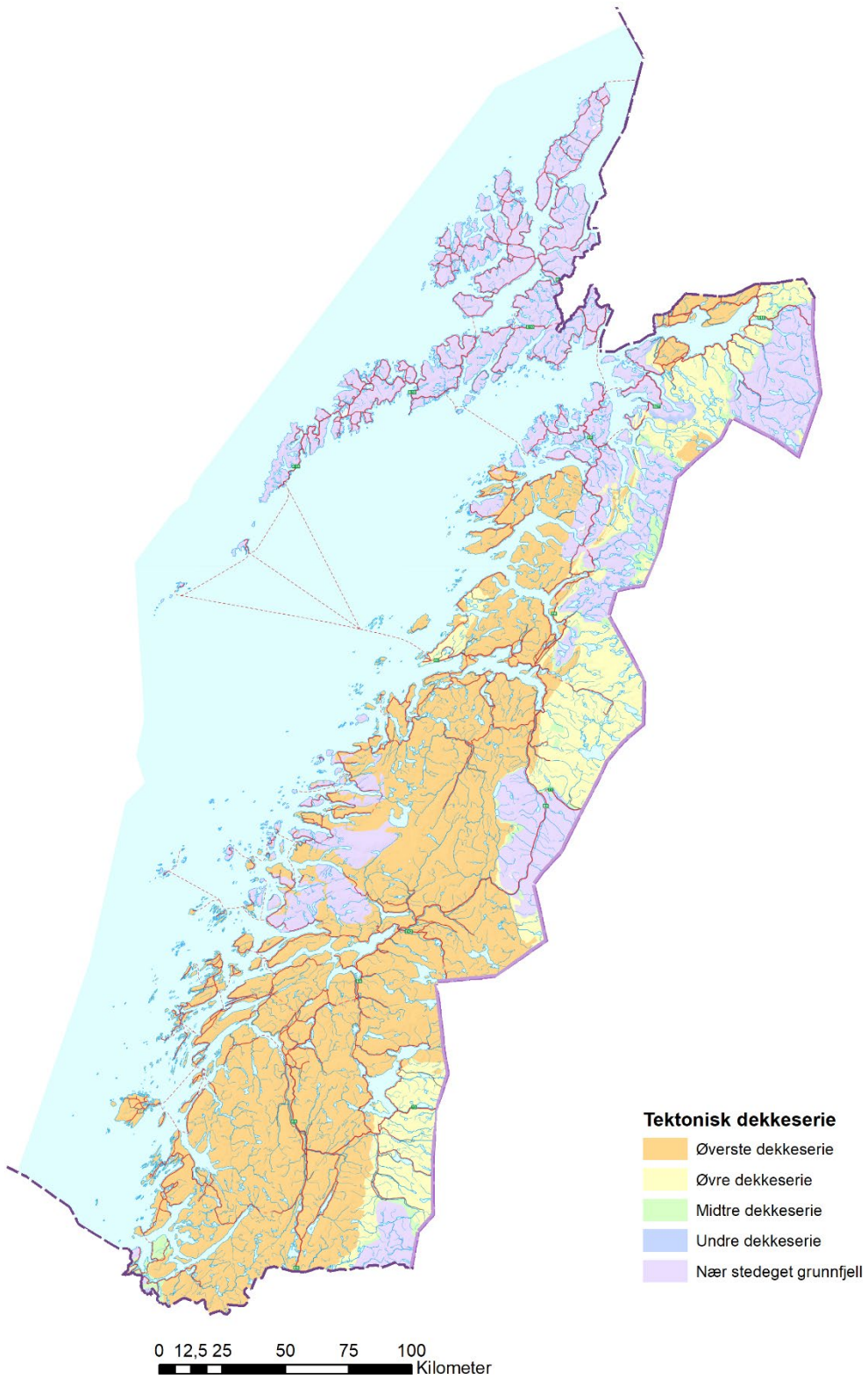
Bergarter i Øvre dekkeserie inneholder sedimentære og vulkanske bergarter fra lapetushavet, avsatt i magmatiske øybuer og tilhørende basseng (Stephens et al. 1985, 1993). Slike dekke-enheter danner for eksempel fjellene i Hattfjelldal og Narvik-området. En rekke ressurser er knyttet til disse enhetene som kobber, sink, nikkel, men også kleberstein.

Øverste dekkeserie består både av sedimentære bergarter avsatt i neoproterozoiske riftbassenger langs den Laurentiske kontinentalmarginen og kambro-ordoviciske bergarter fra havbunnen, dannet i magmatiske øybuer og tilhørende bassenger (Melezhik et al. 2002, Yoshinobu et al. 2002, Barnes et al. 2007, Bjerkgård et al. 2013, McArthur et al. 2013, Slagstad et al. 2021). Disse bergartene forekommer i flere dekker i og rundt Rana. På grunn av Laurentias lavere breddegrad (nært ekvator) i denne perioden inneholder enkelte dekke-enheter tykke marmorlag (f.eks. Fauske-marmor). Distinkte enheter assosiert med marmorene kalles diamiktitter. Dette er usortert sedimentært materiale og antas å representere glasiale avsetninger som ble avsatt under neoproterozoiske istider, da jorda antakelig var helt eller for det meste dekket av is.

En rekke dekker i Øvre og Øverste dekkeserie består av fragmenter av kambro-ordovicisk havbunnsskorpe og øybuer. Sammen med de eldre, neoproterozoiske avsetningene har de blitt deformert og metamorfosert i en tidlig-ordovicisk, før-kaledonsk fjellkjedefolding og deretter gjennomgått store granittplutoner (Bindalbatolitten) (Nordgulen et al. 1993, Stephens et al. 1993, Yoshinobu et al. 2002, Roberts et al. 2002). Slike granittiske bergarter utgjør store deler av Helgeland, inkludert De syv søstre.



Figur 1. Berggrunnskart over Nordland basert på Berggrunnskart over Norge 1:1 350 000. NGU 2021.



Figur 2. Kaledonske dekkeserier og nær stedeget grunnfjell i Nordland.

### **3. DATASETT OVER KJENTE FOREKOMSTER AV MINERALRESSURSER OG BYGGERÅSTOFFER**

NGU har datasett som viser hvor det per i dag er registrert ulike typer mineralske råstoffer for industrimineraler, metaller og naturstein (mineralressurser), og pukk (knust berg), steintipper og grus (byggeråstoffer). Registreringene består av både punkt- og arealdata. Datasettene er landsdekkende, men ikke uttømmende, slik at det kan finnes mulige ressurser også i områder som ikke er markert.

Merk at dataene vil inneholde en viss grad av tolkning og usikkerhet, og at mengde data for hver oppføring vil variere og endres over tid. Innholdet i databasene ajourføres og oppdateres kontinuerlig, og ny informasjon legges inn fortløpende etter hvert som informasjon tilgjengeliggjøres for NGU.

Viktige begreper (med unntak av prospekt gjelder disse begrepene også for byggeråstoffene):

**Dokumentert forekomst:** Et punkt med et arealfestet område (polygon) der det finnes en dokumentert ressurs, som antas å være økonomisk interessant og som enten er eller kan være utnyttbare i framtida. En dokumentert ressurs vil klassifiseres etter offentlig betydning, basert på et sett standard kriterier. Klassene er internasjonal betydning, nasjonal betydning, regional betydning, lokal betydning og ikke vurdert. NGU anbefaler at siste kategori blir vurdert før annen arealbruk fastsettes.

**Prospekt:** Et punkt med et arealfestet område (polygon) med høy sannsynlighet for funn av hittil lite eller ikke-dokumenterte økonomisk interessante mineralressurser. Et prospekt er et område der NGU vil anbefale nærmere ressursgeologiske undersøkelser før annen arealbruk fastsettes.

**Registrering:** Et punkt med eller uten et arealfestet område (polygon), der det er observert og/eller analysert forhøyede verdier av utvinnbare mineraler. Kan inneholde lite eller mye informasjon, og kan også inkludere gamle skjerp, nedlagte gruver og massetak.

**Provins:** En mineralprovins er et eller flere arealfestede områder (polygoner) der det finnes forhøyede muligheter for funn av angitte mineralressurser. En mineralprovins kan omkranse en eller flere forekomster, prospekter og registreringer

Nordland fylke var pilotfylke for utvikling og implementering av denne måten å dele inn dataene på i 2014-2016.

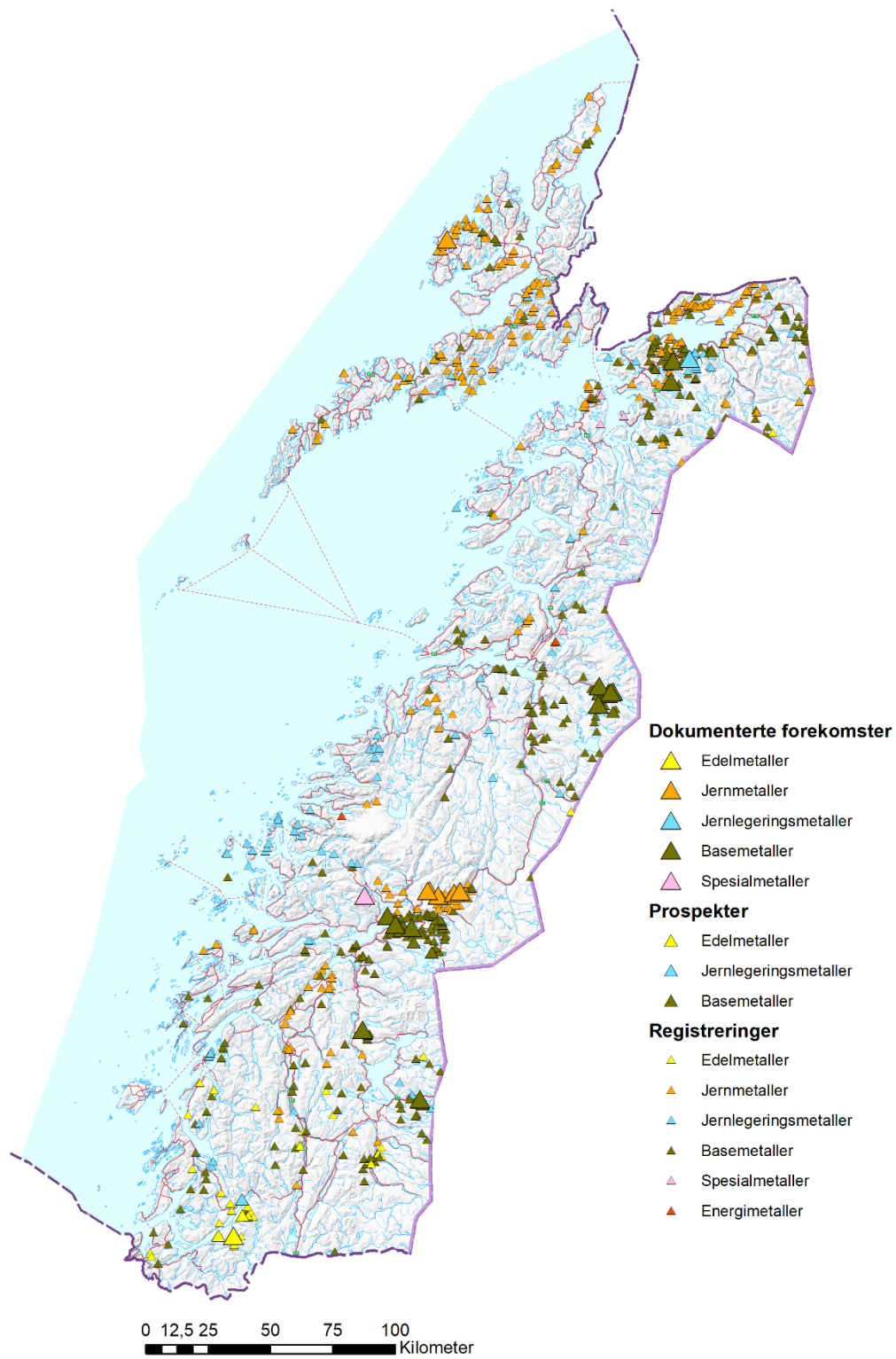
#### 4. METALLISKE FOREKOMSTER

Med metalliske forekomster (malmer) menes vanligvis forekomster eller bergarter av interesse på grunn av sitt metallinnhold. NGU har ca. 780 registreringer av malmlokaliteter i Nordland i sin mineralressursdatabase ([geo.ngu.no/kart/mineralressurser\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/mineralressurser_mobil/)). Det er stor variasjon i størrelsen på disse lokalitetene, fra en gruve i drift til små skjerp og anvisninger. Vel 600 av registreringene er befart og lokaliseringen er bekreftet, ca. 100 er forsøkt befart, men er ikke funnet, og resten har mangelfulle oppdateringer. Det er innsamlet ca. 2 500 prøver som er analysert kjemisk, typisk for mer enn 20 elementer. De fleste registrerte forekomstene er uten økonomisk interesse, vanligvis fordi de er for små eller for fattige på verdifulle elementer. En konsentrasjon av mange små registreringer av en bestemt type i et område kan likevel være av interesse da de indikerer at det kan være et potensial for større og mer interessante forekomster.

Det er vanlig å dele malmbeforekomstene i ulike hovedtyper som består grupper av metaller basert på kjemiske egenskaper og bruksområder. Denne inndelingen er i NGUs mineralressursdatabase tilpasset hvilke metaller som finnes i forekomster og registreringer i Norge (Figur 3).

- Edelmetaller: Gull, sølv, platinagruppe-metaller
- Jernmetaller: Jern, titan, mangan
- Jernlegeringsmetaller: Kobolt, krom, molybden, nikkel, vanadium, wolfram
- Basemetaller: Antimon, arsen, bly, jernsulfider, kobber, sink, tinn, vismut
- Spesialmetaller: Beryll, litium, niob, sjeldne jordartsmetaller (REE), scandium, tantal
- Energimetaller: Thorium, uran

Mineraliseringer med anrikning av de fleste av disse metallene er registrert i Nordland. Når det er mange av samme type innenfor et område kan det defineres det som en malmprovins. Eksempler på dette er Bindal med gull-forekomster, Rana med jern-forekomster, Lofoten-Vesterålen med jern-titan-forekomster, Råna med nikkel-forekomster samt Sulitjelma, Mofjellet, Ballangen og Hattfjelldal med basemetall-forekomster. Flere av disse områdene har tidligere hatt stor betydning med aktiv gruvedrift. Det er kun i Rana det er drift i dag, men det er stor leteaktivitet i de fleste av de andre områdene og mulighetene for nye funn og ny drift er til stede. De fleste forekomstene som har utgående i dagen er trolig allerede påvist og utfordringen framover blir å lete mot dypet. Disse forekomstene og provinsene vil beskrives nærmere i påfølgende kapitler.



Figur 3. Metallressurser i NGUs mineralressursdatabase. Viktige ressurser er navnsatt i Figur 4 - Figur 14.



## 4.1 Jern

Jern er et av de vanligste grunnstoffene. Det er det teknisk og økonomisk viktigste av alle metallene, spesielt fordi det brukes til å produsere stål. Jern er helt uunnværlig i den moderne sivilisasjonen og vi forbruker store mengder. Nesten all (98 %) produksjon av jernmalm brukes til framstilling av stål (USGS 2024).

I Nordland finnes det to hovedtyper med jern-forekomster. Den klart viktigste er jern-forekomster som opptrer i kaledonske metasedimentære bergarter og er kalt Dunderlands-typen (Vogt 1910, Foslie 1949) etter hovedområdet i Storforshei 35 km nordøst for Mo i Rana hvor det er drift i dag. I tillegg finnes det jern-forekomster i proterozoiske magmatiske bergarter i Lofoten-Vesterålen. Noen av disse inneholder i tillegg varierende mengder titan og andre elementer og vil bli nærmere omtalt i kapittel 4.2.

Dunderlands-typen jern-forekomster er lagformete (stratiforme) og finnes som lag i vekslende sekvenser av amfibolitt-facies kalk-glimmerskifer og dolomitt- og kalkspatmarmor med underordnet innslag av metavulkanitter i Øverste dekkserie i den kaledonske fjellkjeden. Forekomsttypen finnes fra Hattfjelldal i sør til Bogen og Bjerkvik i nord i Nordland, og fortsetter nordover nesten til Tromsø, totalt over en lengde på ca. 550 km (Melezhik m.fl. 2018). De viktigste områdene i Nordland i tillegg til Rana er fra sør; Eiterådalen, Dolstadåsen og Elsfjord i Vefsn kommune, Neverhaugen i Fauske kommune, Håfjell, Sjøfjell og Bjerkvik i Narvik kommune og Bogen i Evenes kommune. Mindre forekomster er også registrert i Beiarn og på øyer på Helgelandskysten; Dønna og Tomma. Rana Gruber gjorde geologiske og geofysiske undersøkelser av alle disse jernformasjonene på 1970-tallet (Søvegjarto 1978; 1990), og NGU utførte i løpet av MINN-programmet kartlegging og prøvetaking av dem (Melezhik m.fl. 2015, 2018).

Jernformasjonene består av usammenhengende linser og lag som har en lengde på 1-5 km langs strøket og er 1-30 m mektige, men vanligvis 5-10 m mektige. De består av båndet og disseminert jernmalm. Båndene består av vekslende mengder av jernoksidene hematitt og magnetitt, kvarts, karbonat, Ca-amfibol (aktinolit og hornblende), apatitt, Fe-amfibol (grüneritt), Ca-pyrokseen (diopsid), Fe-granat (almandin) og/eller Mn-granat (spessartin) lokalt.

Jernmalmen kan deles inn i ulike typer basert på deres innhold av fosfor (P) og mangan (Mn) (Bugge 1948, Melezhik m.fl. 2015, 2018). De ulike typene finnes på separate stratigrafiske nivå, men gjerne nær hverandre, og på forskjellige tektonostratigrafiske nivå. Anrikningen av mangan (> 1 vekt% MnO) i Fe-Mn rike jernmalmer er som regel enten i heng eller ligg av malmsonen. Mangan-rike soner er alltid fattige på fosfor og motsatt er fosfor-rike soner fattige på mangan. Fosformineralet apatitt finnes i alle typer jernmalm unntatt de manganførende.

Jernformasjonene finnes i kontakt med både marmor og skifer, enten stratigrafisk eller på tektoniske kontakter. Intens kaledonsk deformasjon har ført til at mektigheten på jernmalmen har økt i enkelte områder på grunn av tektonisk overskyvning og/eller tett folding av flere lag. Mektigheten kan være doblet eller triplet i foldombøyninger til tette, isoklinale folder eller skyvefolder. Denne naturlige anrikning har vært utnyttet ved drift på disse jernmalmen.

### 4.1.1 Rana-området

Rana Gruber AS feirer i 2024 60-års jubileum for kontinuerlig drift, men gruvedriften i Rana startet allerede for mer enn 100 år siden. Selskapet er fra mars 2022 notert på hovedlisten på Oslo Børs og rapporterer jevnlig sin virksomhet. I 2023 ble det produsert totalt 1,817 mill.t jernkonsentrat fordelt på 1,713 mill.t hematitt- og 104 mill.t magnetittkonsentrat (Rana Gruber 2024). Dette var ny produksjonsrekord og en økning på 5 % fra 2022. I tillegg ble det produsert 5 800 t Colorana som er et spesialprodukt fra magnetitt til bruk som fargestoff og blant annet også i magnetstriper på for eksempel betalingskort. Bergfangsten er ikke oppgitt, men trolig ble det tatt ut i underkant av 4 mill.t malm med 33-34 vekt% Fe<sub>tot</sub>. Selskapet driver aktiv produktutvikling for å øke Fe-innholdet i konsentratet fra 62 til 65 % Fe (Fe62 til Fe65). De har begynt å anskaffe elektriske maskiner for kunne bli karbonfri som planlagt ved utgangen av 2025, og elektrifisering av jernbanen mellom Storforshei og Mo vil være viktig i denne sammenheng.

Rana Gruber definerer i dag jernmalmene i Storforshei-området i fem forekomster fra vest; Finnkåteng, Stensundtjern, Ørtvann, Ørtfjell og Dunderland som ligger lengst nordøst (Figur 2). Selskapet driver i dag både i dagbrudd og under jord på forekomsten Ørtfjell, men vil avslutte dagbruddsdriften der i løpet av 2025. Ressursene i forekomsten er oppgitt til 320 mill.t inkludert reserver på 65 mill.t (Rana Gruber 2022). Selskapet planlegger å starte drift på Stensundtjernforekomsten som ligger 10 km vest for Ørtfjell. Den har høyere andel av magnetitt og ressurser på 35,5 mill.t inkludert reserver på 29,1 mill.t. Produksjonen av magnetitt vil derfor øke når denne gruva kommer i drift. Finnkåteng, Ørtvann og Dunderland er ikke inkludert i eksisterende gruveplaner (Rana Gruber 2022). I tillegg er det også betydelige mineraliseringer sør for Ranaelva, inklusive Lasken (minst 13,5 mill.t P-rik magnetitt-mineralisering).

De lagbundne jernmalmene ligger i Dunderlandformasjonen som er en kompleks foldet og skjøvet sekvens av karbonat og skifer som tilhører Rödingsfjellet dekkekompleks i Øverste dekkserie i den kaledonske fjellkjeden. Den inneholder mindre innslag av amfibolitter som er tolket som gjennomsettende bergarter (Bugge 1948, Melezhik m.fl. 2015). Karbonatene består av både dolomitt- og kalksteinsmarmor mens skifrene varierer fra kvarts-glimmer±karbonat±granat skifre til karbonat-førende hornblendeskifre.

Det finnes to hovednivåer med jernformasjon i Dunderlandsformasjonen; en tektonostratigrafisk øvre jernformasjon med magnetitt-hematitt malm med lavt innhold av fosfor (0,15-0,30 vekt% P) og en nedre apatitt-magnetitt malm med høyere innhold av fosfor (0,6-2 vekt% P) og silikatbundet jern (Bugge 1948, Sjøvegjarto 1990). Det er også en betydelig forskjell i mineralogien da den øvre er karakterisert ved kvarts som gangmineral, mens den nedre fører mer amfibol og karbonat. Det er den øvre formasjonen som er den økonomisk interessante og blir utvinnet i dag.

Gravedriften har de siste 40 år foregått i Ørtfjell-forekomsten som egentlig består av en rekke malmkropper som ligger i en 4,7 km lang, tilnærmet ØNØ-VSV synformstruktur med varierende aksestupning hvor Kvannevann-, Vest-, og Eriksmalmen er de viktigste (Sjøvegjarto 1990). Mektigheten på malmen er opptil 30 m, noe som dels skyldes sterk isoklinal folding og tektonisk skyvning. Vestmalmen dagbrudd ble tidligere drevet i en foldeombøyning hvor jernmalmen var oppkonsentrert etter flere foldefaser. De massive malmsonene er dominert av finkornet hematitt med et magnetitt/hematittforhold på 1:7 (Melezhik m.fl. 2015). Hematittmalmen inneholder ifølge Bugge (1948) i gjennomsnitt omkring 34 vekt% Fe<sub>tot</sub>, 0,31 vekt% MnO og 0,49 vekt% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Svovelinholdet er vanligvis lavt (< 0,1 vekt% S). Gangmineralene er dominert av kvarts og i mindre mengder karbonat, epidot, hornblende og kloritt. Langs kontakten på den ene siden av jernmalmen finnes stedvis en 1-5 m mektig manganrik sone (5-20 vekt% MnO) som består av spessartin, Mn-grüneritt, kvarts og små mengder Fe-oksider (Melezhik m.fl. 2015).

Jernformasjonene finnes i direkte kontakt med både karbonat og skifer, enten stratigrafisk eller tektonisk kontakt. I tillegg finnes også jernformasjonene i kontakt med en bergart som er tolket som diamiktitt, dvs. en glacial bergart dannet under eldre istid (Melezhik m.fl. 2015, 2018). Diamiktitten består av spredte og usorterte fragmenter av sedimentære bergarter i en grunnmasse av kalkførende glimmerskifer, og den har en strukturell mektighet fra ti-talls meter til over 100 m og kan følges flere km langs strøket (Melezhik m.fl. 2015). Fragmentene er fra få mm til noen cm og mindre vanlig opptil 1 m store og består hovedsakelig av dolomitt/dolostein og mindre innslag av kalksilikatbergarter.

Denne observasjonen har også betydning for tolkning av dannelsen av forekomstene. Mektige lag med glasiale avsetninger kan indikere at jordoverflaten var dekket av enorme isbreer – eller fullstendig dekket av is; 'Snow Ball Earth' (Hoffmann & Schrag 2002; Cox m.fl. 2013). Havvann som ikke har tilgang oksygen vil kunne inneholde større mengder av redusert to-verdig jern (Fe<sup>2+</sup>) i oppløsning. Da iskappen forsvant og oksygen ble tilgjengelig, ble jern felt ut og dannet jernformasjoner. En av indikasjonene på at denne teorien med enorme iskapper kan stemme, er at store forekomster av tilsvarende jernformasjoner ble dannet på den samme tiden for 6-700 millioner år siden mange steder på jorden.

#### 4.1.2 Vefsn-området

Større jernformasjoner forekommer ved Elsfjorden og sørover, på Dolstadåsen rett øst for Mosjøen og i Eiterådalen sør for Mosjøen (Figur 2). Tektonostratigrafisk ligger de alle i Helgeland dekkekompleks i Øverste dekkserie i den kaledonske fjellkjeden. De mest utholdende av disse finnes i Elsfjordområdet hvor det er to tilnærmet parallelle, steilt-stående og NNØ-SSV orienterte horisonter. Den vestligste av disse kan følges tilnærmet kontinuerlig i en lengde av 14 km, og domineres av magnetitt som danner bånd eller disseminasjon. Den ligger i en metasedimentær sekvens som består av kalkførende amfibol-glimmerskifer og marmor, og lokalt er den også her i kontakt med diamiktitt. Hematitt dominerer i den østlige jernformasjonen som også ligger i kontakt med kalkspat- og dolomittmarmor som er under drift i dag. Den er mer oppdelt på grunn av granittiske intrusjoner.

Jernformasjonene i Elsfjord er opptil 45 m mektige, men mer vanlig mektighet er 10-25 m. Bare mindre prøvedrift er utført ved enkelte lokaliteter langs disse. Rana Gruber har beregnet størrelsen på fire forekomster og tonnasjen varierer fra 6,5 til 19,4 mill.t med 20-25 % Fe<sub>tot</sub> (NGU Mineralressursdatabasen). Innholdet av mangan og fosfor er lavt i alle disse forekomstene. Jernformasjonene i Eiterådalen og Dolstadstadåsen er av samme type, men mindre og uten økonomisk interesse.

#### 4.1.3 Ofoten-området

Området omfatter jernmalmer på begge sider av Ofotfjorden (Figur 2). Det er bare i Bogen-området på nordsida av fjorden at det har vært mindre, periodevis gruvedrift av flere ulike selskaper fra 1906 til 1939. Det ble produsert 1,63 mill.t. jernmalm som ga 0,4 mill.t jernkonsentrat fra tre gruver rett øst for Bogen (Søvegjarto 1978). Gjenværende ressurser er anslått å utgjøre 15,5 mill.t hematitt-magnetitmalm og 12,8 mill.t magnetitt-apatitmalm med i gjennomsnitt 25 vekt% Fe<sub>tot</sub>, men horisontene er lite sammenhengende og mektigheten av massiv malm er vanligvis liten (1-2 m) (Søvegjarto 1978). Jernformasjonen opptrer som regel langs kontakten mellom kalkspatmarmor og kalkførende skifer. Bergartene er sterkt deformert, både tett foldet og skjøvet, og dette fører til at jernformasjonen opptrer i en rekke ulike horisonter. Den består hovedsakelig av båndet og disseminert magnetitt og mindre mengder hematitt som veksler med lag av kalkførende og/eller amfibolrike glimmerskifer. Mindre jernformasjoner anriket på fosfor (> 2 vekt% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) finnes også (Melezhik m.fl. 2018).

På sørsida av fjorden har det bare vært mindre prøvedrift og røsking av jernformasjonene som opptrer på to ulike tektonostratigrafiske nivå (Foslie 1949, Melezhik m. fl. 2015). Det nedre nivå består av Sjøfjell jernformasjon og er antatt å ligge i Narvik dekkekompleks som tilhører Øvre dekkserie i den kaledonske fjellkjeden (Melezhik m.fl. 2015). Båndet magnetitt-malm, som er opptil 12 m mektig ligger i granatførende glimmerskifer og er karakterisert ved høyt innhold av fosfor (2-3 vekt% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) og lavt innhold av mangan (< 0,2 vekt% MnO).

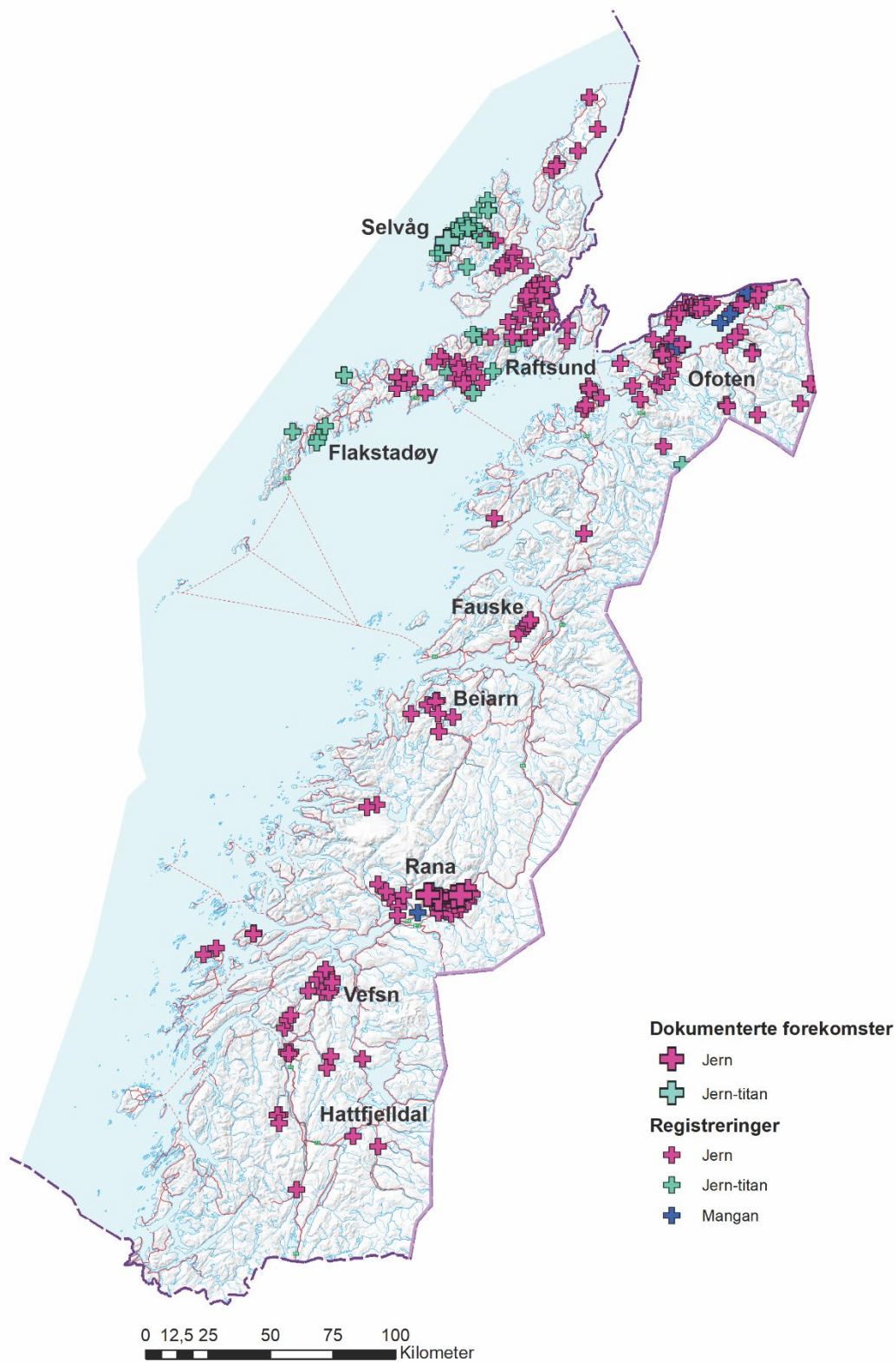
Det øvre nivå med jernformasjon ligger i Bogen-Salangen dekkekompleks som er en del av Øvre dekkserie i den kaledonske fjellkjeden. Jernformasjonen forekommer sammen skifer i marmor som kan følges rundt Håfjellet i en stor synform struktur (Foslie 1949). Den er tynn og vanligvis mindre enn 6 m mektig. Den mest vanlige jernmalmen er kvarts-båndet i cm-skala og veksler mellom å være magnetitt- eller hematitt-dominert. Karakteristisk for denne jernformasjonen er at den kan føre manganrike horisonter med opptil 20 vekt% MnO, hovedsakelig i form av spessartin og mindre mengder manganokalkspat (Foslie 1949).

#### 4.1.4 Jern-kobber registreringer i magmatiske bergarter i Lofoten-Vesterålen

En rekke mindre jern-mineraliseringer er registrert som lag og linser i tilknytning til AMCG (Anortositt, Mangeritt, Charnockitt, Granitt) komplekset i Lofoten og Vesterålen. De forekommer både i de magmatiske bergartene og i omvandlede bergarter, skarn, i kontakt med disse. Skarn-mineraliseringene består hovedsakelig av hematitt, magnetitt og i mindre grad sulfider, inkludert lokalt kopperkis i granat- og pyroksenrike bergarter. Disse jern-mineraliseringene er imidlertid små og lite sammenhengende. De har ingen økonomisk interesse som jern-forekomster i dag.

#### 4.1.5 Videre arbeid

Nordland har store dokumenterte ressurser av jern i form av Dunderlands-type jernmalm flere steder i fylket. Ressursene og reservene i Rana er så store at de vil dekke behovet med dagens produksjonskapasitet i mange ti-år framover. En utnyttelse av de andre jern-forekomstene vil trolig kun være aktuelt hvis det blir en ekstrem mangel på tilgang på fosfor og/eller mangan. Selv om apatitt vil være relativt enkel å opprede fra P-rike jernmalmer, er fosforinnholdet vanligvis for lavt til at det vil være økonomisk lønnsomt å gjøre det i dag. Mangan er som regel anrikt i Mn-rik granat, spessartin, som det ikke finnes økonomiske og tekniske prosesser for utvinning av mangan i dag.



Figur 4. Jernmetallressurser (jern og jern-titan) i NGUs mineralressursdatabase. Beskrevne områder er navnsatt.

## 4.2 Jern-titan

Jern-titan-mineraliseringer som også inneholder varierende og interessante mengder av vanadium (V) og/eller fosfor (P) finnes hovedsakelig i gabbro- og anortositt-intrusjoner i AMCG- (Anortositt, Mangeritt, Charnockitt, Granitt)-komplekset i Lofoten og Vesterålen. Alderen på disse intrusjonene er ca. 1800 millioner år. I mineraliseringene er magnetitt anriktet i vanadium, mens titan fins i ilmenitt og titanomagnetitt.

### 4.2.1 Fe-Ti-V

#### 4.2.1.1 Selvåg Fe-Ti-V

Selvåg Fe-Ti-V-forekomst ligger vest på Langøya i Bø kommune i Vesterålen (Figur 4). Den opptrer i Eidet-Hovden lagdelte intrusjon, som er 1800 millioner år og en del av Vesterålen-Lofoten AMCG-komplekset. Malmmineralene består av titanomagnetitt og ilmenitt (Sandstad et al., 2012; Priesemann & Krause, 1985). Et ressursestimat som er basert på borekjerner og kartlegging er 44 Mt med sannsynlig 25 % Fe, 2,5 % Ti og 0,15 % V. Magnetitt-konsentratet inneholder 0,6 vekt%  $V_2O_3$ . I tillegg viser resultatene fra kartlegging under MINN-programmet i 2012 i Vesterålen at det fins bergarter som inneholder en del fosfor (2,29-2,47 vekt%  $P_2O_5$ ) i nordlige delen av intrusjonen. Dette tilsvarer omtrent 5,5-6 % apatitt som er det mest vanlig fosfor-rike mineralet. En monzonitt som ligger over Eidet-Hovden lagdelte intrusjon er anriktet i Fe-Ti-P (Ihlen, pers. kommunikasjon), men vi vet ikke omfanget og betydningen av det.

#### 4.2.1.2 Flakstadøy anortositt-kompleks

Flakstadøy anortositt-kompleks i Flakstad kommune i Lofoten (Figur 4) består av tre enheter. Den nederste delen er en homogen gabbro, etterfulgt av en leuco-troctolitt og med en anortositt på øverste nivå (Sandstad et al., 2012). Napp- og Nersland-gabbroen er anriktet i Fe-Ti-oksider (magnetitt med avblandinger av spinell og hemoilmenitt med hematitt og sjelden korund). I tillegg finnes det flere mineraliserte områder (Napp, Sørødal, Fiskefjellet, Nussfjord og Nesland) som inneholder flere meter bred magnetitt-pyrokсенitt (15-80 % magnetitt + ilmenitt) lagdelt med leucogabbro og anortositt. Lokalt finnes også i små massive magnetittlinser/klumper. Potensial for større mineraliseringer har ikke vært undersøkt, men magnetittkonsentrat fra Napp og Andopen har vært analysert. Napp gabbrokonsentrat inneholder 64,69-66,36 % Fe, 1,8-3,9 %  $TiO_2$  og 0,37-0,40 % V, mens magnetitt-pyrokсенitt-konsentrat inneholder 64,71 % Fe, 2,6-2,87 %  $TiO_2$  og 0,42-0,46 % V. Magnetitt-rike lag i Andopen inneholder magnetitt med 3,3-3,5 %  $TiO_2$  og 0,34-0,46 % V (Carstens, 1957 i Sandstad et al., 2012).

### 4.2.2 Fe-Ti-P-(REE)

#### 4.2.2.1 Monzodioritt, monzonitt og syenitt

Fe-Ti-P-forekomstene er assosiert monzodioritt og monzonitt i AMCG-komplekset i Lofoten-Vesterålen. De mest kjente finnes i Raftsund-intrusjonen i Vågan, Lødingen og Hadsel kommuner (Figur 4). Mineraliseringene er av magmatisk opprinnelse (Coint et al., 2020; 2023) og består av titanomagnetitt, ilmenitt, apatitt, augitt og Fe-rik olivin. Den største mineraliseringen som er kjent ligger rundt Sukkertoppen og er 50 x 120 m stor. Det er bare en mineralisering i Grindvika hvor innholdet av  $P_2O_5$  er over 4 vekt%  $P_2O_5$ . Potensialet for sjeldne jordarter (REE) i apatitt har vært vurdert som en del av EU-prosjektet FRAME ([www.geoera.eu](http://www.geoera.eu)). Apatitt i disse forekomstene inneholder mellom 3000 og 10000 ppm TREE (total REE) (Coint et al., 2023; Decrée et al., 2023) som er lavere enn apatitt alkali-monzonitt (larvikitt) fra Oslofeltet (Kodal-forekomsten), men likt som apatittene i Fensfeltet.

NGU har undersøkt de mest tilgjengelig Fe-Ti-P-mineraliseringene som er tilknyttet Raftsund-intrusjonen i detalj, men det finnes flere andre store intrusjoner med samme kjemi som har de samme muligheter for mineraliseringer. En rekognosering av Vestvågøya (NGU, upubliserte data)

viser at bergarter med opptil 2,67 vekt%  $P_2O_5$  finnes i monzonitt der (NGU, upubliserte data), noe som bekrefter denne hypotesen.

#### 4.2.2.2 Nelsonitt

Nelsonitt er en type bergart av magmatisk opprinnelse som inneholder mindre enn 10 vekt%  $SiO_2$  og består i hovedsak av Fe-Ti oksider og REE-rike mineraler.

Det finnes flere områder med nelsonitt i Lofoten (Kudalen, Følstad, Sponvikodden i Vågan kommune) hvor NGU har samlet inn moderne geokjemiske data, og det er mulig at det finnes flere lokaliteter med denne type bergarter, spesielt langs Raftsundet.

Det finnes to typer av nelsonitt. En type finnes ved Følstad og Kudalen, disse har veldig lik mineralogi. Begge ligger som meter til flere meter brede årer i finkornet, migmatittisk granittisk gneis og består av hemoilmenitt, magnetitt, apatitt, monazitt, zirkon og feltspat. Analyser viser at innholdet av  $P_2O_5$  varierer mellom 2,75 og 4,23 vekt%. I tillegg er disse bergartene anrikt i yttrium (Y) (120-229 ppm), zirkonium (Zr) (4345 ppm) og REE (984-2329 ppm TREE). Apatittkonsentrat inneholder 4616 ppm TREE og 1394 ppm Y (Ihlen et al., 2014).

Den andre type nelsonitt fins langs kysten på Sponvikodden, i sørdelen av øya Store Molla. Den er en del av Raftsund-intrusjonen (Coint et al., 2023) og ble dannet ved avblanding av silikatsmelte (silicate liquid immiscibility) fra monzodiorittisk magma. Nelsonitten består av titanomagnetitt, ilmenitt, zirkon, apatitt med spor av sinkblende og tidligere dannet fayalitt som er nå omdannet til ortopyroksen+granat. Bergarten inneholder 72,1 vekt%  $Fe_2O_{3tot}$ , 14,6 vekt%  $TiO_2$  og 1165 ppm TREE. Innholdet av thorium (Th) og uran (U) er lavt. Apatitt inneholder mellom 4594 til 12385 ppm TREE og Th innhold er under 20 ppm (Coint et al., 2023). Disse bergartene er anrikt i mange kritiske metaller, men det er foreløpig ikke funnet store forekomster.

#### 4.2.3 Videre arbeid

Selvåg-forekomsten bør sjekkes med nye undersøkelser og kjemiske analyser av Fe-Ti oksidene for å få en bedre oversikt over vanadium-innhold i forskjellige deler av den lagdelte intrusjonen.

En utfordring ved undersøkelser i Lofoten-Vesterålen er tilgjengeligheten til berggrunnen. Topografien er alpin, og det er ikke enkelt å kartlegge bergartene i detalj i fjellet. Det finnes potensial for å påvise nye, større mineraliseringer av Fe-Ti-P-REE-Zr knyttet til monzonitt, syenitt og nelsonitt der.

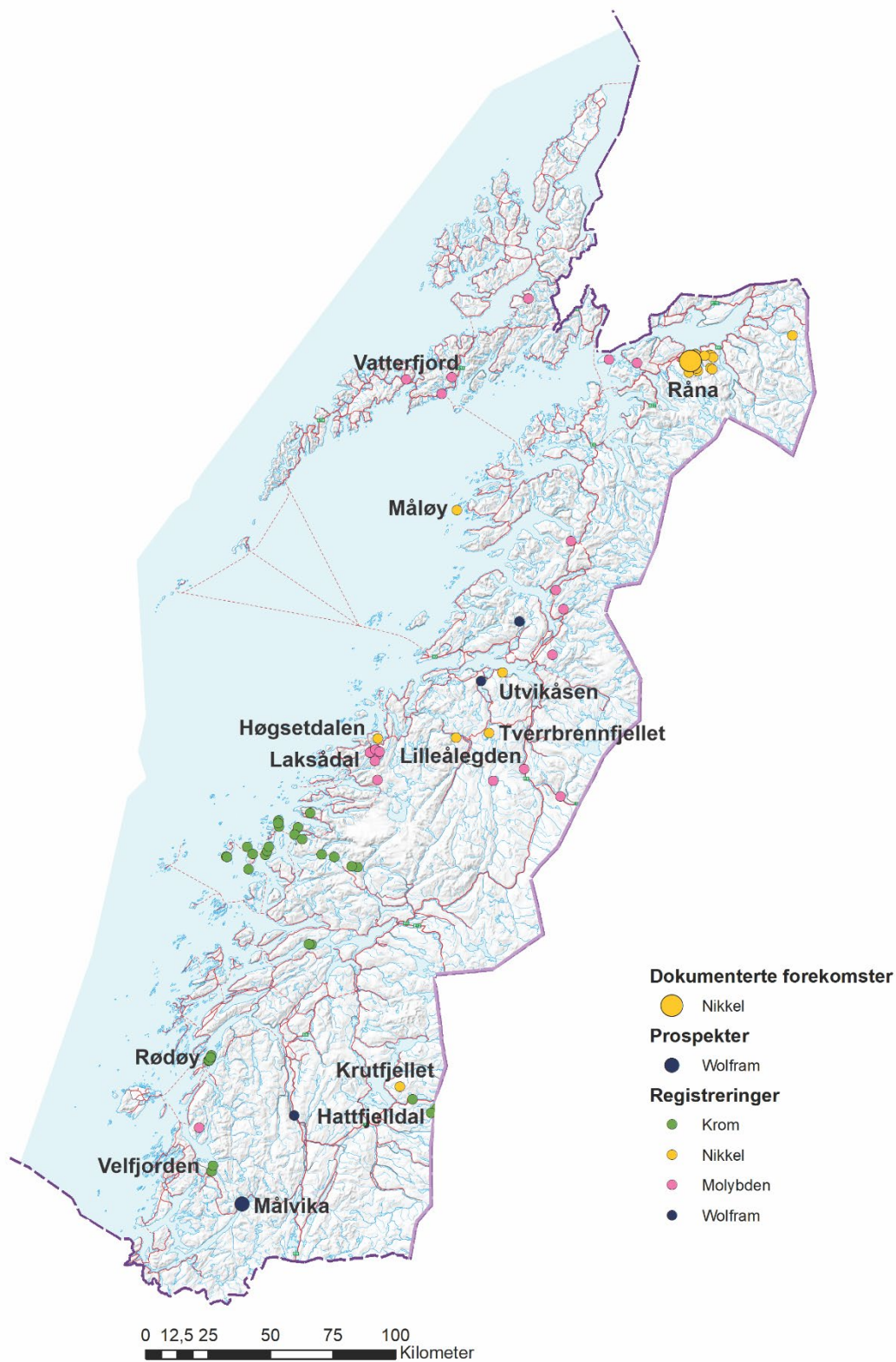
En ny metode som bruker «maskin-læring» for å integrere geologiske, geofysiske og geokjemiske data er utviklet ved NGU (Wang et al., 2024). Neste steg i undersøkelser i Lofoten-Vesterålen vil være å ta i bruk denne metoden. Geofysiske og geokjemiske data som er tilgjengelige for Vestvågøya og den vestlige delen av Hinnøya er gode nok for å teste metoden i regionen. Da kan man allerede identifisere de mest spennende områdene før feltarbeidet og fokusere på disse uten å kartlegge hele regionen på nytt. Geofysiske målinger fra helikopter mangler foreløpig fra Lofoten og bør prioriteres.

### 4.3 Nikkel-kobber

Magmatiske nikkel-kobber (Ni-Cu)-forekomster er globalt tilknyttet ultramafiske og mafiske intrusjoner og lavastrømmer i variabel skala. For bedre å forstå konsentrasjonen av de ulike grunnstoffene (inkludert de kritiske metallene) er det viktig å forstå prosessene som har betydning for dannelsen av denne type forekomster. Dannelsen av en magmatisk sulfidavsetning er avhengig av en kombinasjon av forskjellige geologiske prosesser: 1) dannelse av produktivt magma, 2) oppstigning av magma til grunnere skorpenivå, 3) fraksjonell krystallisasjon, 4) innblanding av skorpe til magma, 5) utskilling av en ikke-blandbar sulfidvæske, 6) innelukking av denne væsken, 7) mulig endring ved deformasjon og/eller omvandling, og fortsatt 8) bevaring under erosjon over tid (Barnes & Lightfoot, 2005; Mansur et al., 2021). Derfor er det viktig å studere områder med kjente forekomster for å forstå hvilke prosesser som har funnet sted i en gitt region.

Mange Ni-Cu-forekomster og -registreringer er påvist i Nordland (Figur 5), og NGU har de siste ti-årene utført flere undersøkelser som gir en oversikt disse. Flere rapporter beskriver ulike forekomster mere detaljert, mens en oversikt vil bli gitt her. De mest kjente finnes i Råna-intrusjonen vest for Narvik (Mathiesen & Boyd, 2017, med oppdatert oversikt). Forekomstene av Ni-Cu-mineraliseringer i fylket kan ifølge Ihlen & Nilsson (2018) inndeles i; 1) tilknyttet ultramafiske-mafiske intrusjoner; 2) tilknyttet gabbroide intrusjoner og 3) tilknyttet ultramafiske bergarter i ofiolitt-fragmenterer.





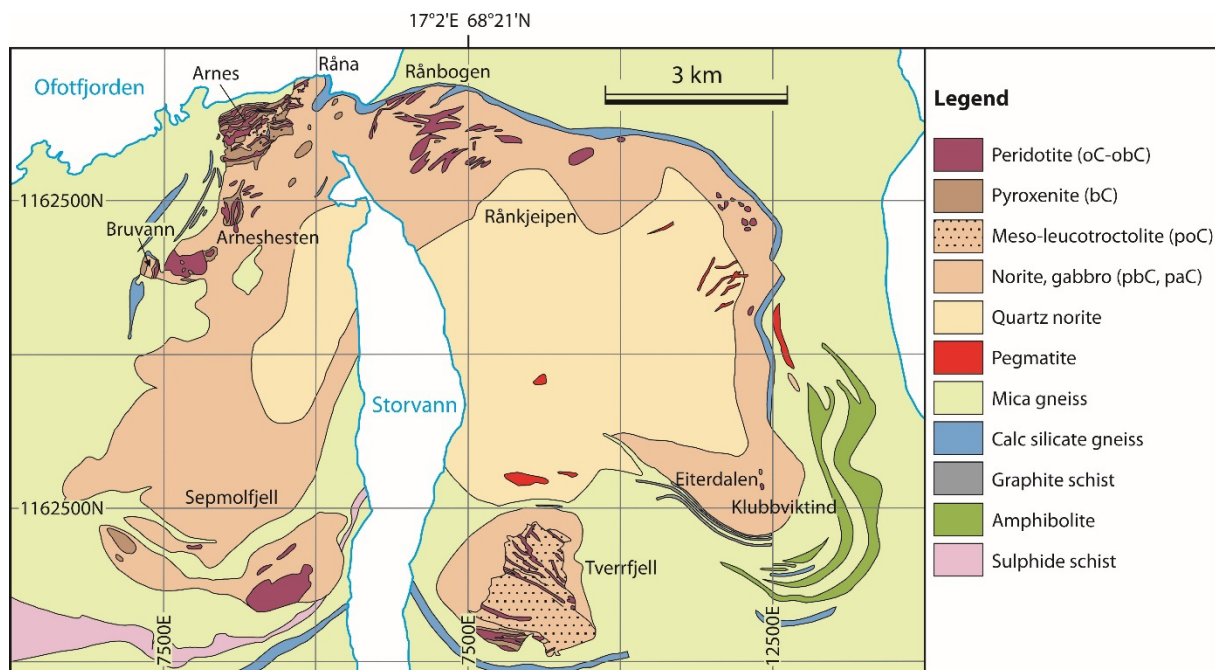
Figur 5. Ferrolegeringsmetallressurser (nikkel-kobber, krom, molybden og wolfram) i NGUs mineralressursdatabase. Beskrevne forekomster, registreringer og områder er navnsatt.

#### 4.3.1 Ni-Cu-forekomster tilknyttet ultramafiske-mafiske intrusjoner

##### **Råna-intrusjonen**

Den kaledonske synorogene, lagdelte, mafisk-ultramafiske Råna-intrusjonen består av en kjerne av hovedsakelig kvartsnoritt omgitt av en sone med noritt med bånd og linser av peridotitt og pyroksenitt (Figur 5). Intrusjonen ble dannet i tidlig-silur med en alder på 436.9 +1/-2 Ma (U-Pb zirkon, Tucker et al., 1990). Den antatt primære, lagdelte strukturen er forstyrret av senere kaledonsk folding og lokal overskyvning. Dette har også ført til at kalk-silikat gneis og svartskifer har blitt skjøvet inn i intrusjonen. Bruvann Ni-Cu-Co-forekomsten er den viktigste mineraliseringen og finnes NV i Råna-intrusjonen. Mineraliseringen består av magnetkis, pentlanditt, kobberkis og pyritt som finnes disseminert mellom olivin og ortopyroksen i peridotitt med gehalter opp til 0,8 % sulfid-bundet nikkel. Opprinnelige ressurser var i 1975 beregnet til 43.6 Mt med 0,33 % Ni, 0,08 % Cu og 0,015 % Co (cut-off 0,15 % Ni). Malmkroppen består i mindre grad av uregelmessige linser med massive sulfider som inneholder 3,4 % Ni. Alle mineraliseringene i Råna-intrusjonen har lave konsentrasjoner av platinagruppe metaller (PGE) (Barnes, 1987). Sulfid-førende svartskifer langs og i nær kontakt med intrusjonen og langs skjærsoner og grafitt i sulfid-disseminert peridotitt indikerer at svovel kan være tilført fra sidebergartene.

Mathiesen & Boyd (2017) har gitt en grundig beskrivelse av undersøkelsene av Bruvann-området før gruvedriften startet i 1989. De inkluderer sju borekampanjer hvorav den største som ble ledet av NGU på oppdrag for Stavanger Stål, besto av 91 borehull med en total kjernelengde på 24 427.7m. Gruva stengte i 2002 og gjenværende mengde er beregnet til 9 Mt med metallinnhold som angitt over. Det australske selskapet Kingsrose har nylig gjennomført undersøkelser, inkludert kjerneboring (Råna project - <https://www.kingsrose.com/where-we-work/rana>). I tillegg til Bruvann-forekomsten finnes også andre mindre, massive sulfid-mineraliseringer i Rånbogen-området, i den nordlige kontakten av og i Eiterdalen sørøst i intrusjonen, som kan være av interesse. Historisk sett har intrusjonen blitt beskrevet å representere en klassisk, mafisk-ultramafisk intrusjon som nå er foldet og delvis snudd opp-ned. Nyere prospekteringsmodeller foreslår at noen av de ultramafiske sonene kan være magmatiske tilførselssoner med muligheter for påvisning av massive, magmatiske Ni-Cu-Co-sulfider.



Figur 6. Geologisk kart over Råna-intrusjonen, fra Lamberg (2005) etter Boyd & Mathiesen (1979), Barnes (1987). Figuren er modifisert fra Mathiesen & Boyd (2017).

### **Tverrbrennfjellet mineralisering**

Tverrbrennfjellet Ni-Cu-forekomst ligner Råna-forekomsten og ligger i en ultramafisk intrusjon i Bodø kommune (Figur 5). Tidligere arbeid består av fem mindre skjerp/dagbrudd og er detaljert beskrevet av Ihlen & Nilsson (2018). Mineraliseringen ligger i ultramafiske-mafiske kroppar som danner større inneslutninger (xenolitter) i granittiske intrusjoner som gjennomsetter en sekvens med glimmerskifer/-gneis og lokalt marmor. Sulfid-mineraliseringene finnes i pyroksenittiske deler av kroppene og består hovedsakelig av magnetkis, pentlanditt og kobberkis. De rikeste mineraliseringene fører 0,2-0,6 % Ni, mens innholdet av Cu, Co og PGE er lavt (Ihlen & Nilsson, 2018). Intrusjonene likner imidlertid også på Misværdal klinopyroksen-kompleks som har lavt sulfidinnhold, men er anrikt på fosfor med i gjennomsnitt 2,27 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> som tilsvarer 5 volum% apatitt (Ihlen m.fl., 2014).

#### 4.3.2 Ni-Cu-forekomster tilknyttet gabbroide intrusjoner

### **Kruttfjellet Ni-Cu-mineralisering**

Kruttfjellet i Hattfjelldal er den mest kjente Ni-Cu-mineraliseringen tilknyttet gabbroiske intrusjoner i Nordland (Figur 5). De nikkelførende sulfidene ble funnet på Kruttfjellet i 1970 og A/S Sydvaranger gjennomførte de første undersøkelsene. De siste studiene ble utført av NGU høsten 2019 med støtte fra Nordland Fylkeskommune og er detaljert beskrevet av Bjerkgård m.fl. (2020).

Kruttfjell-komplekset består av gabbro/metagabbro med mindre mengder dioritt til kvartsdioritt og granittiske bergarter (Mørk 1979, 1985). Mørk m.fl. (1997) daterte intrusjonen med Sm-Nd metoden og fikk en alder på 437 millioner år. Denne alderen er nå bekreftet med datering av U-Pb i zirkoner fra både gabbro og granodioritt som gir 445 millioner år (Bjerkgård m.fl. 2020).

Den sentrale delen av intrusjonen består av augitt-noritt til olivingabbro med godt bevart primær magmatisk (ofittisk) tekstur, mens det meste av den middelskornete gabbroen er omdannet til amfibolførende metagabbro. Inneslutninger (xenolitter) av sidebergarter som består av grafittskifer, glimmergneis, kvartsitt, kalksilikatgneis, felsisk metavulkanitt, amfibolitt og tidlig dannet gabbro, er vanlig (Bjerkgård m.fl. 2020).

Sulfid-mineraliseringer finnes både i gabbro og noritt og består hovedsakelig av jevn disseminasjon av sulfider som utgjør på det meste 4-5 volum%, men lokalt opptil 15 volum%. Magnetkis dominerer og kobberkis og pentlanditt finnes i mindre mengder. Prøver innsamlet av NGU inneholder omtrent 0,3 % av både nikkell og kobber. Dette samsvarer med tidligere analyser, men det var imidlertid vanskelig å finne friske prøver og metallverdiene må derfor sees på som minimumsverdier (Bjerkgård m.fl. 2020). Prøvene har lavt innhold av kobolt, gull og PGE, og konklusjonen er at nikkell-mineraliseringene på Kruttfjellet er alt for små og også har for lave gehalter til å være økonomisk interessante.

### **Måløy, Lilleålegden, Høgsetdalen og Autvatn -mineraliseringene**

Måløy, Lilleålegden og Høgsetdalen-mineraliseringene ligger i Rødingfjell dekkekompleks og er bekreftet ved befaringer de senere årene, mens Autvatn-mineraliseringen ikke er funnet. Måløy-mineraliseringen ligger i en brattskrent på SØ-sida av Måløy som ligger utenfor Steigen omtrent 60 km nord for Bodø. Lilleålegden ligger på østsida av Lilleåga i sørskråningen av Beiardalen, mens Høgsetdalen ligger ved kysten i Sørfjorden i Gildeskål kommune (Figur 5).

Detaljerte beskrivelser av disse Ni-Cu-mineraliseringene er gitt av Ihlen & Nilsson (2018). Selv om de lokalt kan være svært rike på nikkell og kobber er de alt for små til å være av økonomisk interesse i dag. Måløy-mineraliseringen er spesiell da den ligger i gabbroiske ganger som er opptil noen dm tykke i kalkspatmarmor og fører massive til svakt disseminerte sulfider. Malmsonen er opptil 2 m mektig og ligger parallelt eller subparallelt til båndingen i marmoren, men den er bare 25 m lang og 15 m bred.

### **Rombaksbotn**

En mindre Ni-Cu-mineralisering i gabbro er også registrert i det proterozoiske grunnfjellsvinduet Rombak-Skjomen innerst i Rombak (Figur 5). Skjerpet er befart og prøvetatt og viser interessante nikkilverdier (1,5-2 % Ni). Størrelsen på mineraliseringen som ligger i en brattskrent er vanskelig å bestemme da det ikke er blottet nedenfor skjerpet mot sør og fjellsiden ovenfor er dekket av ur (Lindahl & Ihlen, 2015). Sulfid-mineraliseringen er 1,5 m mektig og består av disseminerte og massive sulfider, hovedsakelig magnetkis og mindre mengder pentlanditt og kobberkis. Vertsbergarten er dels breksjert og består av mørk gabbro og båndet amfibolitt.

#### 4.3.3 Ni-Cu-forekomster tilknyttet ofiolitt-type ultramafiske bergarter

To mineraliserte ultramafiske kropper i fragmenterte ofiolitt-komplekser som finnes på Utvikåsen i Skjerstad, Bodø kommune og på Markafjellet i Velfjord i Brønnøy kommune er undersøkt av Ihlen & Nilsson (2018).

##### **Utvikåsen- og Markafjellet-mineraliseringene**

Utvikåsen-mineraliseringen forekommer i den nordlige enden av en opptil 150 m bred og 850 m lang, NNW-SSE orientert ultramafisk kropp som er kalt Steinnakken (Ihlen & Nilsson, 2018). Den sentrale delen av kroppen består av massiv, finkornet og lys grønnlig til grå enstatitt-førende peridotitt. De ultramafiske bergartene består i hovedsak av amfibol, magnetitt, kloritt, talk, pyroksen, titanitt og/eller mindre granat. Hovedskjerpet ligger i den vestlige del av sulfid-mineraliseringen som danner en linseformet sone som er opptil 20 m bred og 40 m lang. Mineraliseringen opptrer i en foliert, talk-rik, magnetitt-førende ultramafisk bergart hvor semi-massive til massive sulfidlinser er vanlig. Forekomsten skiller seg fra andre Ni-Cu-mineraliseringer i Nordland med høyt innhold av sink. Ihlen & Nilsson (2018) påpeker at høye Zn-verdier (opptil 2 % Zn) kan indikere at den kan være dannet ved vulkanske ekshalative prosesser i stedet for i et magmatisk system. Gjennomsnitt av 6 analyserte prøver gir 19,07 vekt% S, 0,46 vekt% Ni, 0,53 vekt% Cu, 0,43 vekt% Zn og 0,28 vekt% Co.

Tre ultramafiske kropper som representerer ofiolittfragmenter i Helgeland dekkekompleks finnes langs vestskråningen av Markafjellet i Velfjorden (Thorsnes & Løseth, 1991). De består av kloritt, amfibol, brucitt, talk, serpentin og forsteritt i økende mengde. Alle inneholder finkornet disseminasjon av sulfider som er dominert av magnetkis og mindre mengder pentlanditt (Ihlen & Nilsson, 2019). Sulfidene er jevnt fordelt i prøvene som derfor har et homogent metallinnhold og kan være av interesse for Ni, Cu, Co og/eller PGE.

#### 4.3.4 Videre arbeid

Magmatiske Ni-Cu-forekomster i Nordland har relativt nylig blitt detaljert undersøkt i forhold til deres relative størrelse og viktighet. Råna-forekomsten er høyst sannsynlig den viktigste Ni-Cu forekomsten i fylket. Selv om området har vært undersøkt i flere perioder og arbeid pågår fortsatt, er det mulig med nye funn. Blant annet har nye tolkninger av strukturen til intrusjonen og de tilknyttede mineraliseringene og nye letemodeller, vist at de ultramafiske bergartene i området kan være magmatiske tilførselssoner i stedet for soner i en større lagdelt intrusjon som tidligere antatt. Dette er spesielt interessant da slike tilførselssoner har vist at de har potensial for Ni-Cu-forekomster i andre områder. Det vil da være nyttig å studere fordelingen av metallene i ulike skala i forskjellige deler av intrusjonen, og det vil kunne gjøres på NGU ved bruk av SEM og LA-ICP-MS. En annen regional mulighet vil være å undersøke om andre gabbroide intrusjoner i fylket har likheter med Råna. Dette kan skje ved å sammenligne disse geokjemisk og aldersmessig. Det vil bygge videre på nylige undersøkelser (f.eks. Slagstad & Kirkland, 2018) som foreslår at en rekke slike intrusjoner finnes i kaledonidene, men at deres potensial for magmatiske Ni-Cu-Co-sulfider ikke er fullt ut forstått.

#### 4.4 Andre jernlegeringsmetaller (krom, molybden og wolfram)

Det er flere mindre forekomster og registreringer av ferrolegeringsmetallene krom, molybden og wolfram i Nordland fylke (Figur 5). Det har ikke vært noen større drift på noen av disse metallene tidligere, og bare wolfram er definert blant de kritiske metallene i dag.

##### 4.4.1 Krom

Krom utvinnes fra mineralet kromitt ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ). En rekke små krom-mineraliseringer er registrert i ultramafiske kropper på Helgelandskysten og i Hattfjelldal. De største av disse ligger innerst i Velfjorden og på Røddøy i Alstahaug kommune hvor det til sammen ble produsert omtrent 100 t malm for Leren Chromfabrik i Trondheim i 1860-årene (Hauan 1863). Kromitt finnes i massive linser og striper og disseminert i de ultramafiske bergartene (dunitt og peridotitt) som dels er serpentinisert (Nilsson 1979).

Kromitt-mineraliseringene i Hattfjelldal opptrer som massive slirer, årer og linser som er opptil 10 m lange i serpentinit (Bjerkgård m.fl. 2018), men disse er også for små til å være økonomisk interessante.

##### 4.4.2 Molybden

Flere gangforekomster med molybden-mineraliseringer finnes i tilknytning til grunnfjellsvindue mellom Rana og Ofoten. De forekommer både i grunnfjellsbergartene og i de overliggende dekkebergartene (Bugge 1963, Grenne m.fl. 1999). De viktigste forekomstene ligger ved Laksådalsvatnet i Gildeskål kommune (Figur 5). I periodene 1917-20 og 1938-44 ble det utvunnet fra de to gruvene Laksådal og Oterstrand ca. 100 000 t rågods som ga et utbytte på ca. 260 t molybdenkonsentrat (81-85 %  $\text{MoS}_2$ ) (Bugge 1963, Lindahl & Furuhaug 1977). Molybden-mineraliseringene finnes sammen med mindre mengder turmalin, scheelitt og uraninit i og langs kanten av deformerte pegmatitter i kalkglimmerskifer/-gneis som ligger like over kontakten til granittiske grunnfjellsgneiser (Grenne et al. 1999). I tillegg finnes også mindre mengder molybdenglans sammen med scheelitt i skarn på omtrent samme stratigrafiske nivå som pegmatittlinjene sør for Laksådalsvatnet (Ofte & Furuhaug 2008). De andre registreringene av tilsvarende molybden-mineraliseringer er mye mindre.

En annen type molybden-forekomst hvor det har vært mindre prøvedrift er registrert ved Vatterfjord nord for Svolvær i Vågan kommune. Den ligger i en paleoproterozoisk syenittgang i granitt som er en del av Lofoten-Vesterål-komplekset. Molybdenglans opptrer dels sammen med magnetkis og kobberkis, på sprekker og i pegmatittlinser i grovkornet syenitt, og i mindre mengder disseminert i granitt (Bugge 1963).

##### 4.4.3 Wolfram

Wolfram finnes både sammen med molybden i registrerte skarn- og pegmatitt-mineraliseringer som nevnt ovenfor og i skarn-mineraliseringer uten molybden. Målvika ved Tosenfjorden i Brønnøy kommune er den viktigste blant de sistnevnte (Figur 5). Wolfram forekommer der i få meter brede og lange linser av diopsid og granat-diopsid skarn over en lengde på ca. 900 m i omvandlet marmor og granatglimmerskifer/-gneis som tilhører Helgeland dekkekompleks i Øverste kaledonske dekkeseerie (Müller & Furuhaug 2008). Scheelitt ( $\text{CaWO}_3$ ) finnes disseminert og anrikt i uregelmessige, smale linser i skarn og marmor. Antatte ressurser er 750 000 t med gehalt omkring 0,44 %  $\text{WO}_3$ . Skarnomvandlingen og -mineraliseringene er antatt å være tilknyttet intrusjoner av W-anrikete granitter som tilhører Visttindan-komplekset (430-400 Ma) og det kan være et potensial for tilsvarende wolfram-mineraliseringer i området rundt dette komplekset (Müller & Furuhaug 2008).

#### 4.4.4 Videre arbeid

De registrerte krom- og molyden-mineraliseringene i Nordland ser ut til å være for små til å være av økonomisk interesse i dag. Wolfram er på listen over kritiske metaller og forekomsten i Målvika viser at det kan være muligheter for andre interessante W-forekomster i området.

### 4.5 Basemetaller (kobber, sink og bly)

Kobber (Cu), sink (Zn), bly (Pb) regnes vanligvis som basemetaller. Basemetaller er metaller som ikke er edelmetaller, jern- eller jernlegeringsmetaller og oksideres lett i kontakt med luft. Kobber er det eneste av disse som regnes som kritisk og strategisk metall.

I tillegg til kobber, sink og bly er arsen (As), jernsulfider (pyritt og magnetkis) og tinn (Sn) inkludert i gruppen basemetaller i NGUs malmdatabase. Gull og/eller sølv kan ofte være anriktet i basemetall-forekomster av ulike typer som blant annet vulkanogene massive sulfid-forekomster, orogene/metamorfe forekomster og porfyr-forekomster. Antimon (Sb), gallium (Ga), germanium (Ge), indium (In), og vismut (Bi) er kritiske metaller som opptrer som bi-metaller til basemetallene. Disse har alle spesielle egenskaper og klassifiseres gjerne som spesialmetaller.

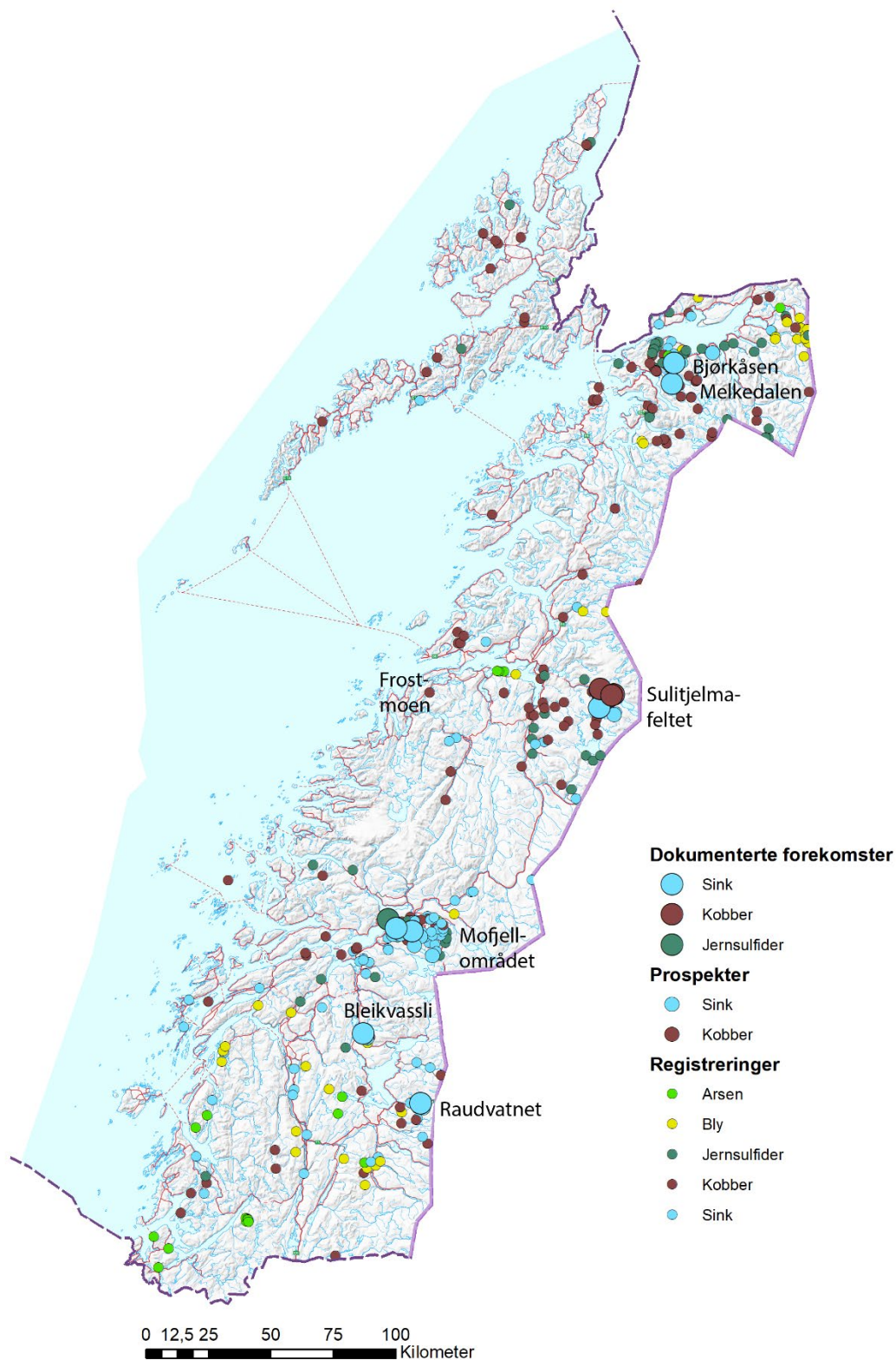
Sammen med jern og aluminium er kobber blant de mest brukte metallene. Kobberets viktigste egenskap er at det er en god elektrisk leder og at det er bestandig mot korrosjon.

Sink er på 4.-plass når det gjelder verdensproduksjon av metaller (etter jern, aluminium og kobber). Omtrent  $\frac{3}{4}$  av produksjonen brukes som metall, og for det meste til galvanisering og legeringer som messing og bronse. De resterende  $\frac{1}{4}$  brukes som sinkforbindelser til gummi, malingsprodukter, kjemisk industri og i landbruket.

Bly brukes i stor grad i startbatteriene i kjøretøyer, men også andre typer batterier. Ellers brukes bly i ammunisjon, som oksid i glass og keramikk og som fargestoffer.

Basemetallene opptrer i hovedsak i vulkanogene massive sulfid-forekomster (VMS-forekomster) i Nordland. Kobber opptrer i tillegg også i magmatiske nikkel-kobber-forekomster som er nærmere beskrevet i kapittel 4.3.

VMS-forekomster opptrer en rekke steder i Nordland, men er særlig konsentrert i Sulitjelma-området, Rana-Hemnes distriktet (Mofjell-området og rundt Bleikvassli) og i Hattfjelldal. Det er også en god del forekomster i den nordlige delen av fylket, særlig ved Ofotfjorden (Figur 7).

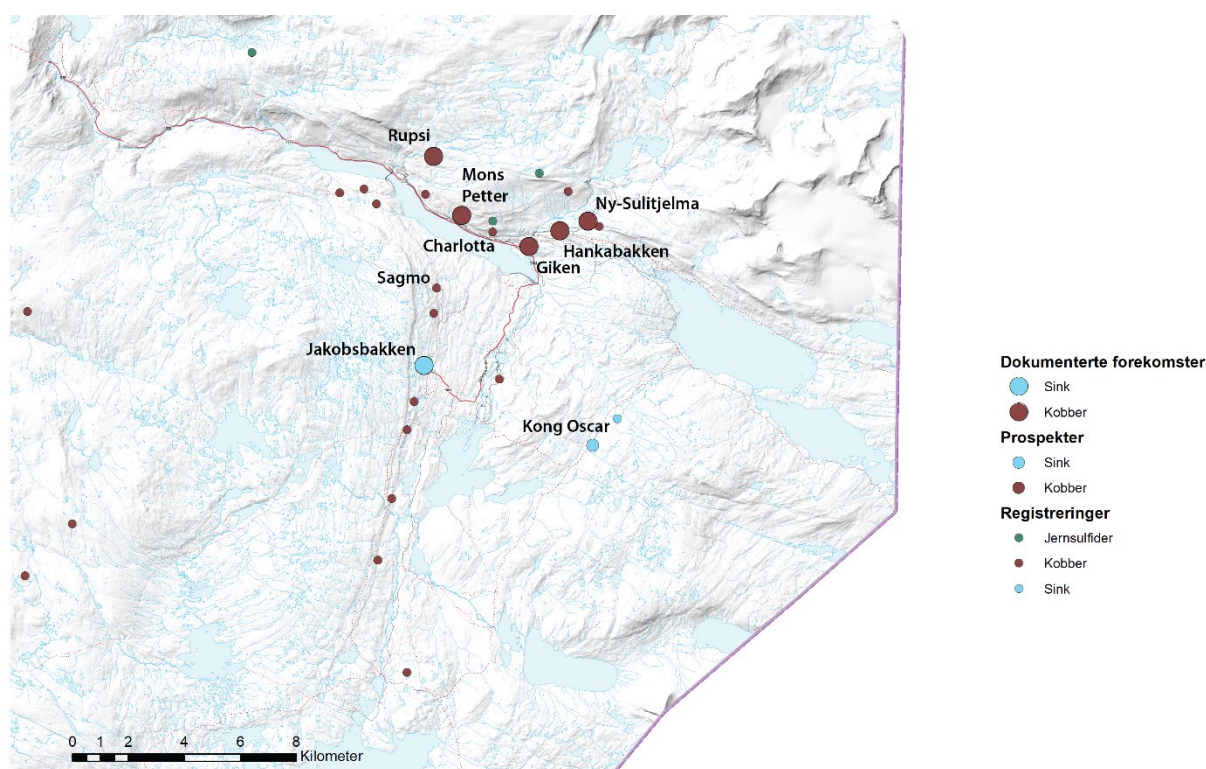


Figur 7. Basemetallressurser (kobber, sink og bly) i NGUs mineralressursdatabase. Beskrevne forekomster og områder er navnsatt.

#### 4.5.1 Sulitjelma-området

Sulitjelma-området har vært et av Norges viktigste distrikter når det gjelder produksjon av kobber, men har også vært en betydelig produsent når det gjelder sink. I området er det mer enn 20 forekomster og prospekter med til sammen mer enn 35 millioner tonn med sulfider (Figur 8) (Cook o.a., 1990). Mellom 1887 og 1991 ble det tatt ut omtrent 25 millioner tonn malm med gjennomsnittlig 1,84 % Cu og 0,86 % Zn fra 11 gruver. I tillegg inneholdt malmen gjennomsnittlig 10 g/t Ag og 0,25 g/t Au. De største forekomstene er Giken (10,5 Mt totalt, 4,7 Mt gjenstående ressurser), Jakobsbakken (4,5 Mt, utdrevet), Charlotta (3 Mt, utdrevet), Ny-Sulitjelma (2,6 Mt, utdrevet), Mons Petter (2,5 Mt, utdrevet) og Hankabakken (2,49 Mt, 0,5 Mt gjenstående ressurser). Se for øvrig tabell i Sandstad o.a., 2012. Det er i tillegg 4,2 Mt antatte ressurser i Rupsi-forekomsten (Bugge o.a., 1978). Forekomstene er tilknyttet Sulitjelma-amfibolittene, en gruppe av vulkanske bergarter som har vært hevdet å være del av et ofiolitt-kompleks - Sulitjelma ofiolitt-kompleks, sammen med en underliggende gabbro (Sulitjelma-gabbroen, Boyle 1989) og som er av Silur alder (437 millioner år). Det er vel mer sannsynlig at lagpakken er dannet i en marginalbasseng setting og dermed ikke en typisk ofiolitt (Grenne o.a. 1999). Strukturelt under vulkanittene er det en tykk pakke med skifre, tilhørende Furulundgruppen. Hele bergartspakken er isoklinalt foldet, slik at det er en repetisjon av enhetene, inklusive de malmførende lagene (Cook o.a., 1990). Bergartene tilhører Köli dekkekompleks i Øvre Allokton i Kaledonidene.

Forekomstene i Sulitjelmafeltet er forholdsvis rike i kobolt (48 analyser fra NGUs malmdatabase inneholder gjennomsnittlig 340 g/t Co), men er ellers forholdsvis fattige i andre bi-metaller.



Figur 8. Basemetallressurser (kobber, sink og bly) i Sulitjelma-området i NGUs mineralressursdatabase. De viktigste er navnsatt.

Frostmoen er en sedimentær kobber-mineralisering tilknyttet dolomitt tilhørende Beiardekket i øverste Allokton. Dolomitten er intrudert av seinere granitt. Mineralisering bestående av kobberkis, bornitt, pyritt, arsenopyritt og malakitt opptrer i bånd og årer, typisk noen mm tykke over en total mektighet av opptil 2 m. Mineraliseringen er undersøkt med en 65 m lang stoll som er drevet inn mot VSV. Selskapet Plethora Exploration har undersøkt mineraliseringen og har blant annet utført diamantboringer og jordprøve-analyser i området. I tillegg til kobber er mineraliseringen anriket i nikkell og kobolt, samt arsen. Beste skjæring i borhull er 1,2 m med 2,17 % Cu, 0,11 % Co, 0,16 % Ni (<https://plethora-exploration.com/wp->



<content/uploads/2023/05/Frostmoen-Shareholder-Update-December-2022.pdf>). Frostmoen er også anriktet på antimon (Sb). Dannelsen av forekomsten er usikker.

#### 4.5.2 Rana-Hemnes-distriktet

Forekomstene i Rana-Hemnes-distriktet opptrer i Rödingsfjället dekkekompleks i Øverste Allohton i Kaledonidene. Bergartene i distriktet består av metasedimenter og felsiske og mafiske metavulkanitter, sannsynligvis av sen-Proterozoisk alder (Bjerkgård o.a., 1997). Man mener at bergarts-sekvensene delvis er avsatt på marginen til Laurentia under rifting-fasen av Rodinia og utviklingen av en passiv-margin (Grenne o.a., 1999). Dette ser ut til å samsvare med de tykke enhetene med aluminiumrike kyanitt-granatskifre, kalkglimmerskifre og marmorert i den sørlige delen av distriktet (Hemnes).

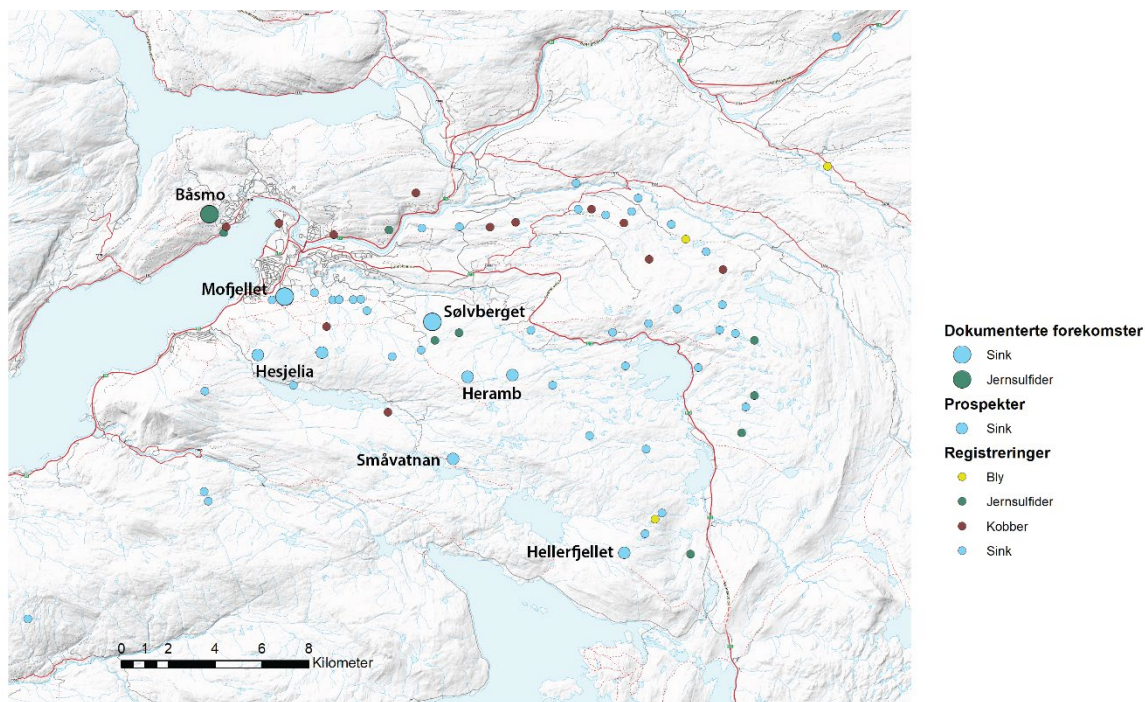
Bleikvassli-forekomsten (Figur 10) opptrer i sedimenter i denne sørlige delen av distriktet. Omtrent 5,0 millioner tonn malm med 0,15 % Cu, 4,0 % Zn, 2 % Pb og 25 g/t Ag ble tatt ut mellom 1957 og 1997. Det anslås at det er minst 1 Mt ressurser igjen i forekomsten. Gruva kollapset i 1997, sannsynligvis på grunn av rovdrift i en særlig rik del av forekomsten. Forekomsten ligger i muskovitt-kyanittskifre og kvarts-feltspatgneiser. Strukturelt under forekomsten er det en tykk amfibolitt, som enten er en stor gabbroisk lagergang eller massiv vulkansk strøm (Bjerkgård, 1999). Deler av denne er omdannet til epidositter som følge av hydrotermal aktivitet, sannsynligvis knyttet til dannelse av forekomsten. Kvarts-feltspatgneisene er også delvis av vulkansk opprinnelse. I tillegg til Bleikvassli er det en rekke lignende mineraliseringer på Kongsfjellet i sørøst, men de som er kjent er for små til å ha noen økonomisk interesse.

Mofjell-området nord i distriktet består av bimodale vulkanitter og gråvacke-type sedimenter og utgjør den vulkansk-sedimentære Mofjellgruppen. Geokjemi av vulkanittene antyder at bergartene har opprinnelse i et øybuemiljø og/eller et back-arc miljø (Bjerkgård o.a., 2013). Det er flere langstrakte soner med biotitt-(hornblende)- og muskovitt-gneiser som inneholder disseminert pyritt i bergartssekvensen. Disse ekshalittene som opptrer på forskjellige stratigrafiske/strukturelle nivåer kan følges flere km langs strøket og inneholder en rekke Zn-Pb-Cu-mineraliseringer, inklusive Mofjellet-forekomsten (Figur 9).

Mofjellet gruver produserte 4,35 Mt med 0,31 % Cu, 3,61 % Zn og 0,71 % Pb i perioden 1928-1987 fra Mofjellet-forekomsten. Innholdet av gull og sølv var henholdsvis ca. 0,3 g/t og 10 g/t. Forekomsten består av tre linjalformede sulfidlinser, mer eller mindre liggende over hverandre over en lengde på inntil 4 km. Mellom de to øvre linsene er det en foldestruktur som er anriktet i gull og sølv. Basert på boringer gjort av Gexco i 2005-2008 og Mahvie Minerals i 2023, har sistnevnte selskap publisert en teknisk rapport med antatte ressurser på 8,9 Mt med 0,28 % Cu, 2,55 % Zn og 0,46 % Pb, eller 28 Mt med 0,33 % Cu, 3,63 % Zn, 0,57 % Pb (Mahvie Minerals AB, 2024).

Det er en rekke andre interessante prospekter og mineraliseringer i Mofjell-området, inklusive Hellerfjellet, Sølvberget, Hesjelia, Heramb og Småvatnan. Alle disse er sinkdominerte og er dels anriktet i sølv, barium og antimon (Bjerkgård o.a., 2013).

Vest for Ranafjorden ligger Båsmo-forekomsten. Denne er tilknyttet granat-klorittskifre tilhørende Plurdalsgruppen. Det ble her produsert 1,85 Mt ren pyrittmalm fra 1894 til 1937. Innholdet av basemetaller er svært lavt: 0,13 % Cu og 0,14 % Zn. Det skal stadig være igjen en ressurser på 0,7 Mt av tilsvarende mineralisering i forekomsten.

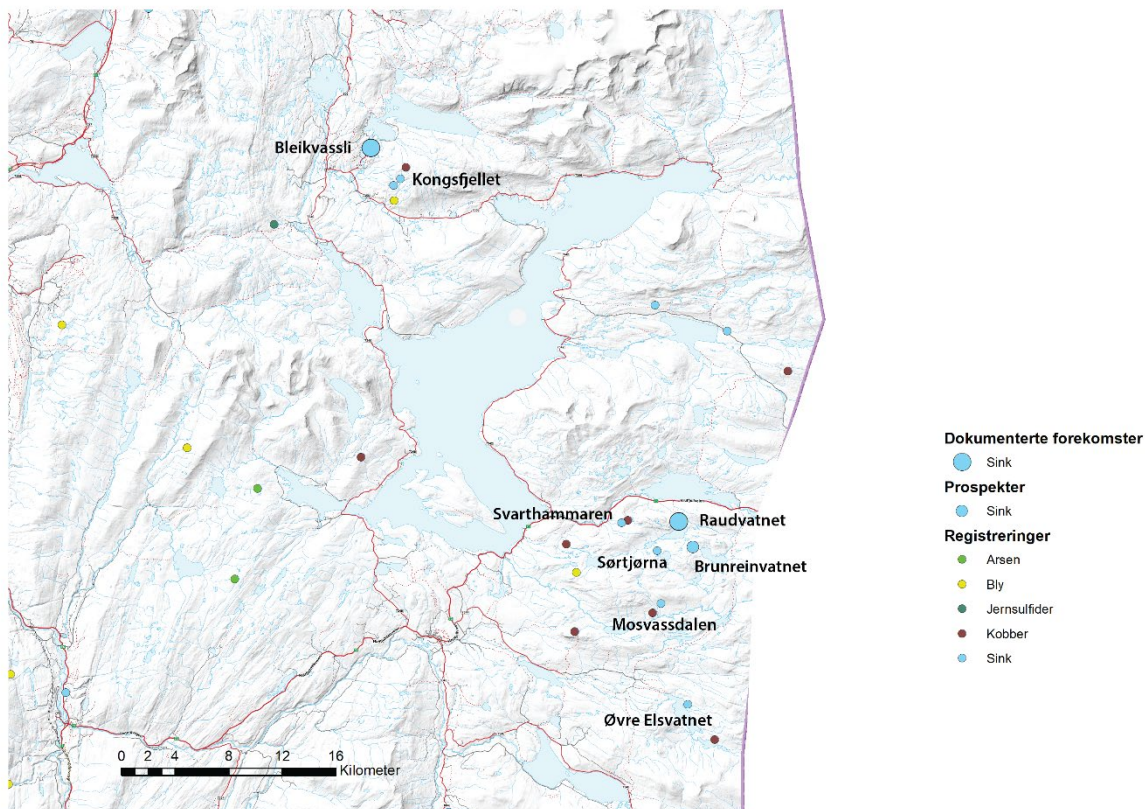


Figur 9. Basemetallressurser (kobber, sink og bly) i Mofjell-området i NGUs mineralressursdatabase. De viktigste er navnsatt.

#### 4.5.3 Hattfjelldal

Bergartene i Hattfjelldal består av metasedimenter og metavulkanitter tilhørende Köli dekkekompleks i Øvre Allokton i Kaledonidene (Bjerggård, o.a., 2018, Saalman o.a., 2020). Området er også karakterisert av en rekke store og små kropper med ultramafiske bergarter i form av serpentinitter. En av disse utgjør fjellet Hatten som har gitt kommunen navnet Hattfjelldal. Det er flere ubetydelige forekomster av kromitt og kobbersulfider tilknyttet disse.

VMS-mineraliseringer opptrer i grønnstein (mafiske metavulkanitter) i Joesjödekket og i felsiske metavulkanitter i Atofjälldekket i midtre Köli. Det er forekomstene i sistnevnte enhet som er særlige interessante og kan ha et økonomisk potensial. Mineraliseringene ble undersøkt på 1960- og 1980-tallet med geofysikk, geokjemi og boringer og det ble funnet en ressurs på 365 000 t med 0,49 % Cu, 2,5 % Zn, 39 g/t Ag og 0,4 g/t Au fordelt på to malmlater i Raudvatnet-forekomsten (se referanser i Bjerggård o.a., 2018). Forekomsten er imidlertid ikke avgrenset og kan ha sammenheng med rik mineralisering (Svarthammaren) som har utgående 3 km lenger vest. Brunreinvatnet i samme felsiske enhet inneholder en rekke sinkblende-rike linser over en mektighet på 20 m og kan følges mer enn 1,5 km langs strøket. Denne er heller ikke avgrenset. Alle mineraliseringene er for øvrig anriktet i sølv og tellur i tillegg til sink, og har også dels høyt innhold av gull, molybden, indium og antimon (Bjerggård o.a., 2018).



Figur 10. Basemetallressurser (kobber, sink og bly) i Hattfjeldal- og Hemnesområdene i NGUs mineralressursdatabase. De viktigste er navnsatt.

#### 4.5.4 Nordlige Nordland

Det er en høy konsentrasjon av basemetall-forekomster i det nordlige Nordland, spesielt i området rundt Ofotfjorden (Figur 11). De fleste av disse er VMS-forekomster og er tilknyttet glimmerskifre og amfibolitter i Narvik dekkekompleks i øvre Allokton i Kaledonidene. De viktigste forekomstene er Bjørkåsen og Melkedalen.

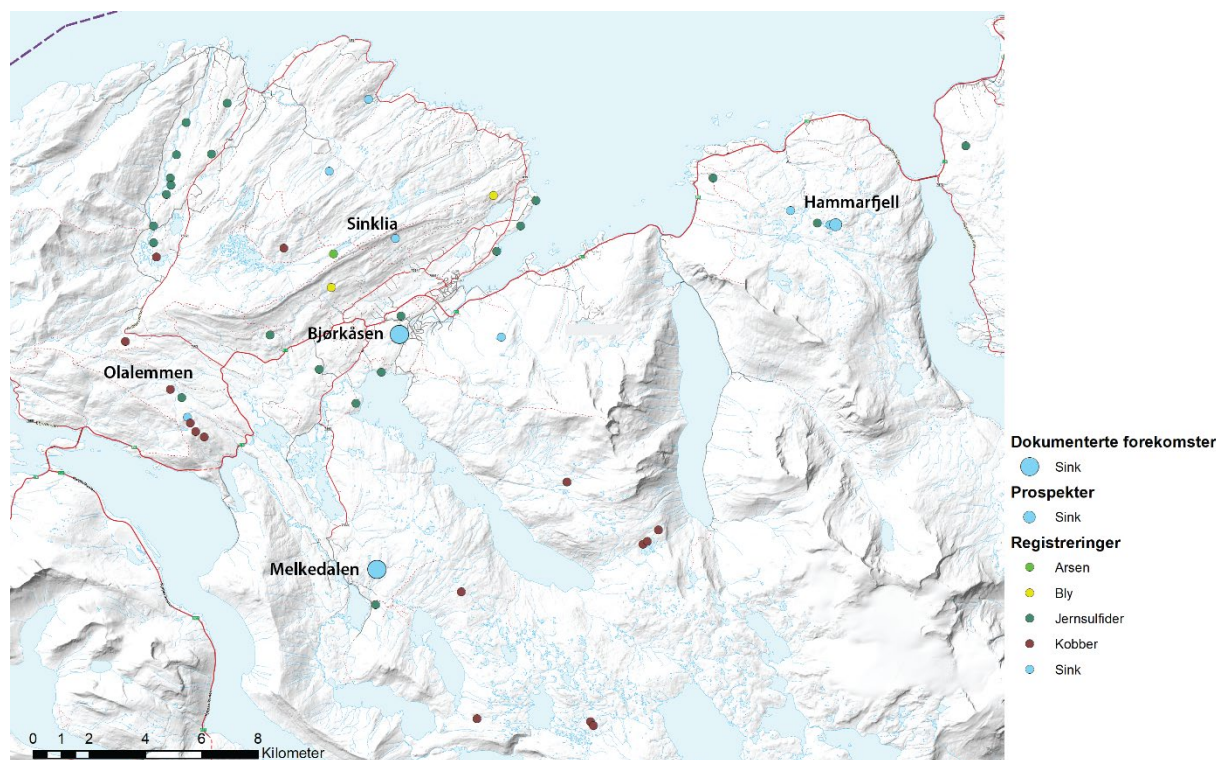
Bjørkåsen var i drift mellom 1917 og 1964 og produserte ca. 6 Mt som gav 3 Mt kobberførende svovelkiskonsentrat med 47 % S, 23 000 t kobberkonsentrat med 20 % Cu og 19 000 t sinkkonsentrat med 50 % Zn (NGUs malmdatabase).

Melkedalen var i drift mellom 1899 og 1913. 15 000 t malm ble produsert med kobberrik kismalm (Folldal Verk, 1991). Boringer på begynnelsen av 1990-tallet (Norsulfid og NGU, se Lindahl og Mathiesen, 1995) påviste en mulig ressurs på 640 000 t med 1 % Cu og 2,2 % Zn. Mineraliseringen er tilknyttet karbonater (dolomitt og kalsitt) og befinner seg i en breksjesone i karbonatlagene. Det er usikkert hvilken genese denne forekomsten har, men kan være av ekshalativ dannelselse.

Hammarfjell-mineraliseringene kan følges over 4 km lengde og er tilknyttet en felsisk vulkanitt (kalt keratofyr). De befinner seg like nord for Råna-massivet ved Skjomen. Det er sink-blyrike mineraliseringer med mektighet på inntil 20 m (mest impregnasjoner, men også massiv mineralisering).

Sinklia-mineraliseringen er tilknyttet dolomittmarmorlag som kan følges rundt Håfjellet. Malmen er totalt dominert av sinkblende med pyritt med et lavt innhold av kobber og bly. Mineraliseringen varierer mye fra meget fattig impregnasjon til god, nesten massiv sinkblendemalm. Det er en rekke små skjerp over en lengde på mer enn 2 km. Særlig sinkblende-mineraliseringen i breksjestructur viser at mineraliseringen er utsatt for deformasjon.

Olallemmen befinner seg sør for Håfjellet og er tilknyttet en grafittisk skifer med amfibolitt og granatglimmerskifer som sidebergart. Det har vært prøvedrift på forekomsten mellom 1915 og 1920. Videre undersøkelser ble gjort i 1946. Basert i hovedsak på arbeidene i driftsperioden er det antatt en tonnasje på ca. 500 000 t med 0,8-1,0 % Cu og med et lavt innhold av andre basemetaller (NGUs malmdatabase).



Figur 11. Sulfid-forekomster i området ved Ofotfjorden, de viktigste er navngitt.

#### 4.5.5 Videre arbeid

Det er potensial for økonomiske basemetall-forekomster i Nordland, spesielt i områdene nevnt over; ved Ofotfjorden, Sulitjelma-området, Rana-Hemnes og Hattfjelldal. Det er særlig gjort mye arbeid i de tre sistnevnte områdene og det vil være opptil gruve- og prospekteringselskaper å gjøre videre undersøkelser for drivverdighet.

Sulitjelma-området er imidlertid også av interesse for ny detaljkartlegging. Området inneholder svært mange forekomster innenfor et begrenset området. Det er gjort en god del vitenskapelige undersøkelser, men det er helt tilbake på 1990-tallet (Cook o.a. 1990). Vi vet lite om metallfordeling innen de enkelte forekomstene og mellom forekomstene, samt korrelasjon mellom de forskjellige malmnivåene. Det vil i den sammenheng være nyttig med en framstilling av en 3D-modell for området. Vi har også svært begrenset kunnskap om innhold og fordeling av spormetaller som bla. kobolt, germanium, tellur og indium. Et viktig spørsmål å besvare er hvorfor det er så mange forekomster akkurat i Sulitjelma. Har det noe med den underliggende gabbroen å gjøre? Et svar på dette kan også hjelpe til når det gjelder prospektering i andre deler av den samme enheten i Kaledonidene.

I deler av områdene ved Ofotfjorden har NGU nettopp gjort nye geofysiske undersøkelser som bør følges opp med kartlegging. Vi vet heller ikke sikkert hvordan mineraliseringene i området er dannet og her kunne ny detaljkartlegging gi ny kunnskap og kunne bidra til nye og bedre letemodeller.

## 4.6 Edelmetaller (gull og sølv)

Gull og sølv er edelmetaller som kjemisk sett er lite reaktive med tanke på korrosjon og oksidasjon. De er relativt sjeldne og av høy økonomisk verdi. Både gull og sølv brukes i mikroelektronikk, blant annet i mobiltelefoner, på grunn av sin gode elektriske ledningsevne. De brukes også i stor grad til smykker og prydgjenstander

Edelmetallene gull og sølv forekommer i tre hovedtyper av forekomster i Nordland (Figur 12).

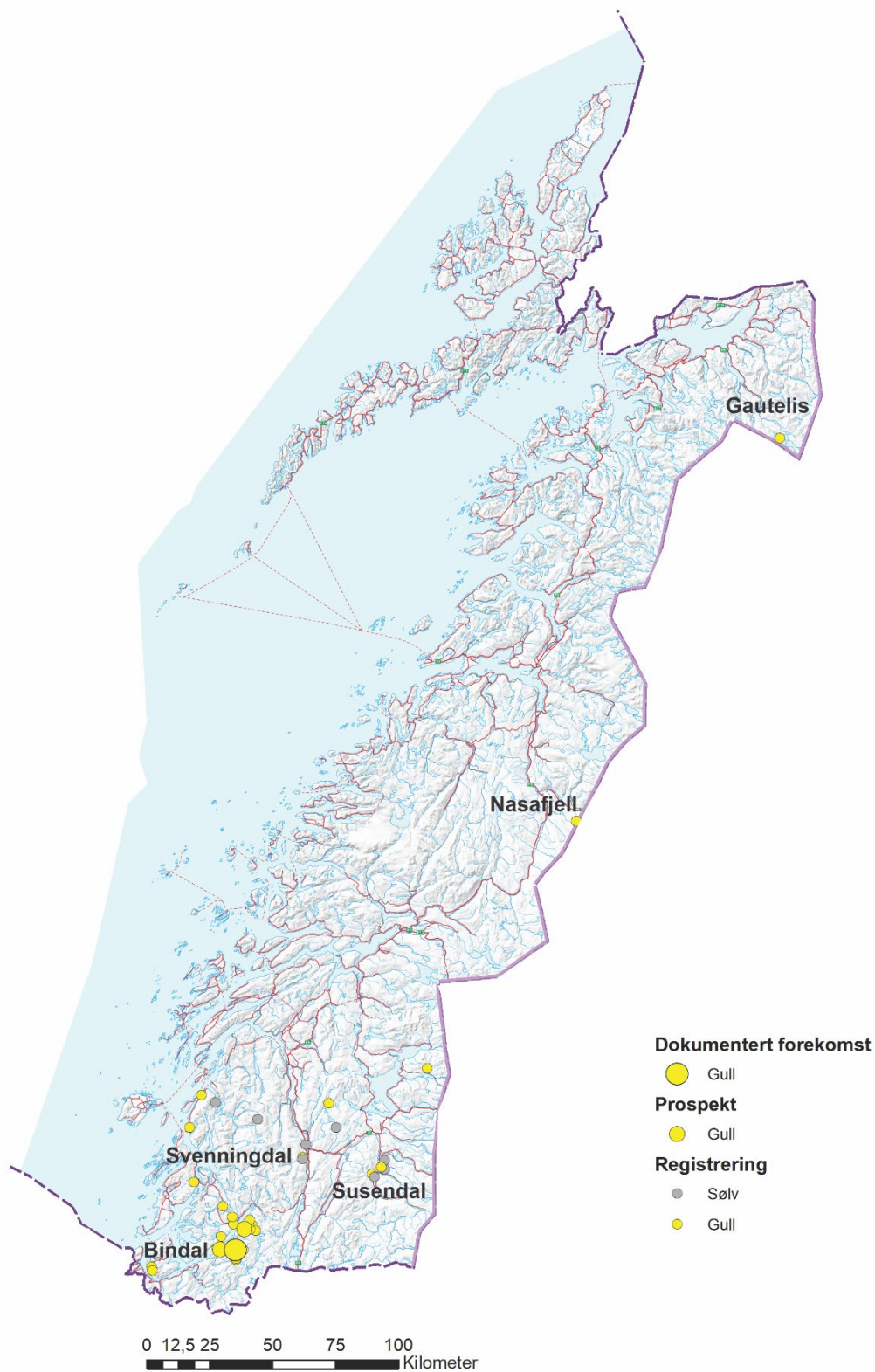
1. Hydrotermale gang-forekomster tilknyttet granitter og skjærsoner av devonsk alder - hovedsakelig i sørlige Helgeland.
2. Hydrotermale gang-forekomster tilknyttet heving av grunnfjellsvinduer – Nasafjell
3. Tilknyttet paleoproterozoiske skjærsoner – hovedsakelig i grunnfjellsvinduet Rombak-Skjomen

Gull og/eller sølv kan i tillegg være anriktet i basemetall-forekomster av ulik type, for eksempel vulkanogene massive sulfid-forekomster, blant annet i Mofjellet og Hattfjelldal.

De mest kjente gull±sølv-førende gang-forekomstene i Nordland er tilknyttet Bindalsbatolitten i Helgeland dekkekompleks (HNC) i Øverste dekkeenhet i den kaledonske fjellkjeden (Grenne m.fl. 1999). De er karakterisert ved en rekke mineraliseringsfaser fra eldst til yngst: (1) magnetkis og mindre mengder basemetallsulfider, (2) arsenkis, (3) pyritt og basemetallsulfider (Cu, Zn, Pb), (4) Sb-, As- og/eller Bi-sulfosalter som dels er Ag-rike (5) markasitt og mindre mengder uraninitt og thoritt. Gedigent gull er påvist i alle disse fasene unntatt den siste, men opptrer særlig sammen med arsenkis (Grenne m.fl. 1999). Det er antatt at gang-forekomstene i den vestlige delen av HNC er dannet under overgangen mellom sprø til duktile tektoniske forhold sent under den kaledonske fjellkjededannelsen (Ihlen 1995).

Gullførende kvartsganger tilknyttet skjærsoner er mest kjent fra Kolsvik i Bindal kommune hvor det har vært drevet undersøkelser og prøvedrift i flere perioder siden 1910. Kolsvik er den største kjente gull-arsen (Au-As) -forekomsten og har et antatt malmpotensial på 0,85 mill.t med varierende gullinnhold over en mektighet på 1-2 m (Ihlen 2012). Omkring 0,2 mill.t av disse ressursene inneholder over 7 g/t Au. Mineraliseringene er tilknyttet en forkastningssone (Kolsvikbogen–Ringvatn forkastningssone; KRFS) som kan følges over en lengde på 20 km i N-S retning gjennom en granitt (Oksdalgranitten) og omkringliggende metasedimentære bergarter. De rikeste sonene er begrenset til en ca. 1 km lang oppsplittet del av KRFS i øvre del av granitten. Gull-arsen-mineraliseringene finnes spredt i granitten over et stort område, men hovedsakelig langs liggelsen av skjærsonen. Den 0,5-5 m brede malmsonen som vanligvis fører økonomiske gehalter av gull (3-10 g/t, opptil 1200 g/t Au) finnes langs forkastninger og i nærliggende oppsprukket eller breksjert granitt (Ihlen 2012). Mineraliseringen består hovedsakelig av arsenkis og intimt sammenvokst, gedigent gull som er legert med 4-30 % sølv. Synlig gull er stedvis til stede som 0,2-1 mm store korn i arsenkis-fattige kvartsganger (Ihlen 1993).

Reppen-forekomsten ligger 6 km vest for Kolsvik. Det er en gull-, arsen-, antimon-, bly- og sink-mineralisering i hengsiden av en regional N-S orientert forkastningssone som går gjennom metasedimentære bergarter med mange gjennomskjærende granittganger. Hydrotermal aktivitet under sprø tektoniske forhold førte til dannelse av kvartsbreksjer, -årenettverk og -ganger og silisifisering av granittene (Ihlen 2012). Gull-mineraliseringen forekommer i omvandlet granitt, langs kanten av kvartsgangene og lokalt i marmor. Den består av semi-massive årer og disseminasjon av arsenkis, pyritt og gedigent gull, og er også karakterisert av årer med bly-antimon (Pb-Sb) rike mineraler (jamesonitt og boulangeritt) som også fører små inneslutninger av gull. A/S Sulfidmalm gjennomførte undersøkelser på 1980-tallet og har anslått ressurser til å være 1 mill.t med 5-7 g/t Au over en bredde på 4-5 m (Ihlen 2012).

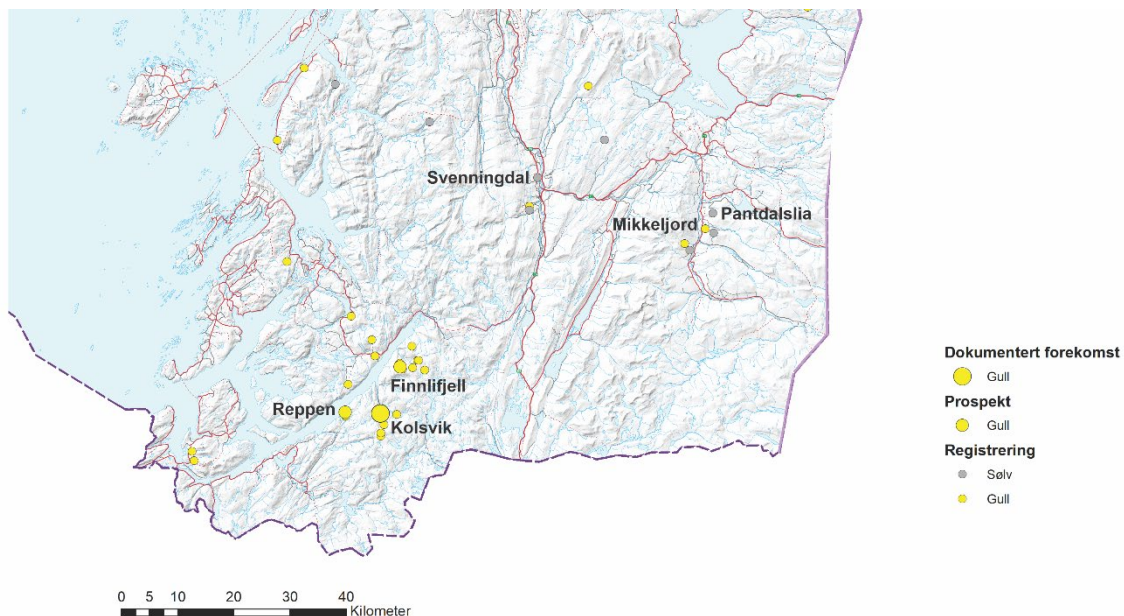


Figur 12. Edelmetallressurser (gull og sølv) i NGUs mineralressursdatabase. Beskrevne forekomster, registreringer og områder er navnsatt.

En rekke liknende mineraliseringer med Au-As i kvartsganger tilknyttet skjærsoner finnes også i Finnlifjellområdet, ca. 10 km nord for Kolsvik (Figur 12, Ihlen m.fl. 2006). Flere av disse er også anrikt på kritiske metaller som antimon og/eller vismut (f.eks. Storspalten, Langfonna og Finnlifjell), men alle ser ut til å være små uten kommersiell betydning.

De viktigste sølv-forekomstene har vært i Svenningdal i Vefsn kommune hvor det ble produsert ca. 16 500 kg sølv og 37 kg gull i perioden 1879-1899 etter at de ble funnet i midten av 1870-årene (Vogt 1900). Den var den neststørste sølvgruva i landet, men mye mindre enn mange av gruvene i Kongsberg. Forekomsten består av en rekke V-Ø orienterte, kvartsganger med lokalt noe kalkspat og barytt over en lengde på ca. 1 km i N-S retning. Gangene er vanligvis bare 0,1-0,25 m brede (maks. 1 m), og gjennomskjærer en sekvens av metasedimenter (kalkførende glimmerskifer og kalkspatmarmor) og granitt (Reinsfjellgranitten) som gjennomsetter metasedimentene. Gangene står normalt strøket på sidebergartene og har konstant steilt fall mot nord (60°) (Cramer & Vik 1976). De mest vanlige sulfidmineralene er pyritt, arsenkis, sinkblende, blyglans, kobberkis, fahlerts og sulfosalttet meneghinitt ( $Pb_{13}CuSb_7S_{24}$ ). Malmmineralene opptrer ujevnt fordelt i kvartsgangene og det er vanskelig å beregne gjennomsnitt av metallinnholdet, men håndskedet malm som ble utvunnet inneholdt 7-15 % bly, 10-15 % sink og 0,5 % sølv (Vogt 1900). De største konsentrasjonene av malm ble funnet der hvor gangene krysset hverandre og hvor malmen gikk gjennom marmor. De rikeste mineraliseringene lå nær dagen, og kilte ut nedover mot dypet og forsvant ved 100 meters dyp. I tillegg til sølv er forekomstene også anrikt på de kritiske mineralene antimon (Sb) og vismut (Bi),

Liknende, små bly-sink-forekomster i kvartsganger som dels er anrikt på gull og sølv finnes også i kalkrike, metasedimentære bergarter i Susendal sør for Hattfjelldal (Figur 13, Cramer m.fl. 1976). Skjerpingen foregikk i dette området samtidig med gruvedriften i Svenningdal. Gangene er opptil 0,5 m brede og inneholder disseminasjon og linser av arsenkis, svovelkis, sinkblende og blyglans samt varierende mengder magnetkis og fahlerts. De er også anrikt på antimon, men er for små til å ha noen økonomisk betydning i dag.



Figur 13. Edelmetallressurser (gull og sølv) i sørlige Nordland i NGUs mineralressursdatabase. Beskrevne forekomster, registreringer og områder er navnsatt.

Hydrotermale kvartsganger tilknyttet heving av grunnfjellsvinduer er best utviklet i skyvedekker rundt Nasafjell-vinduet på Saltfjellet på grensen mot Sverige (Figur 12) (Grenne m.fl. 1999). De er antatt å være dannet sent under den kaledonske fjellkjededannelsen ved tilbakestrøking av skyvedekkerne. Mineraliseringene finnes i deformerte og oppsprukne kvartsganger og -linser, som gjerne ligger i grafittskifer nær eller langs kontakten til grunnfjellsbergartene. Enkelte ganger er sølv-rike og domineres av blyglans, sinkblende og Sb-sulfosalter (Nasafjell, Johansson 1980), mens andre inneholder gull sammen med arsenkis (Graddis, Often 1982). I Sverige var det drift på sølv for 2-400 år siden i slike ganger på sørsiden av Nasafjell-vinduet, og 280 tonn bly og 1 tonn sølv skal være produsert (Johansson 1980). Gangene fortsetter også inn på norsk side av grensen uten at drivverdige forekomster er funnet. Gull finnes sammen med arsenkis i en kvartsgang i Kulokkarhaugen skjerp (også kalt Åsberg) i en dal sør for Graddis på nordsiden av vinduet. Den sulfidmineraliserte gangen ligger i grafittskifer og kan følges over en lengde på 2,5 km og er opptil 15 m bred, men det er bare ved skjerpet at gull og dels også noe wolfram er anriket (opptil 5-6 g/t Au og 0,1 % W, NGU malmdatabasen).

Gull-arsen-mineraliseringer tilknyttet paleoproterozoiske skjærsoner har de siste 10-20 årene blitt undersøkt i Rombak-Skjomen grunnfjellsvindu. Bakgrunnen for dette var sammenligninger av berggrunnen, tektonikk og mineraliseringer i vinduet med områder i Sverige hvor det var funnet økonomisk interessante gull og kobber-sink-forekomster; den såkalte Gull-linjen i Lycksele-Storuman-området (Bark & Weihed 2007). Berggrunnen i grunnfjellsvinduet består av vekslende metavulkanitter og -gråvakter gjennomført av granitter (Korneliussen & Nilsson 2008). Gautelis gull-arsen-kobber-forekomst (Figur 12) var tidligere undersøkt med kjerneboring av Follidal Verk AS og den fører opptil 6-7 g/t Au over 3 m kjernelengde (NGU malmdatabasen). Den ligger langs kontakten mellom metagråvakte og marmor og er tilknyttet deformert metadoleritt. Mindre utvinning av arsen foregikk under 1. verdenskrig (Bugge & Foslie 1922). Angvik & Sandstad (2014) antar at dannelsen av forekomsten er tilknyttet omdanning langs paleoproterozoiske skjærsoner og at det i tillegg også finnes andre Au-As-mineraliseringer i området som er dannet langs disse skjærsonene. En alternativ tolkning er at Gautelis-forekomsten er dannet under kaledonsk deformasjon (Skyseth & Reitan 1995). Alle gull-mineraliseringene som er påvist i vinduet er små og ser ut til å opptre for spredt til at de er av økonomisk interesse i dag.

#### 4.6.1 Videre arbeid

Alle gull- og/eller sølv-mineraliseringer som er kjent i Nordland fylke er marginale av størrelse, men viser at malmdannende prosesser har vært til stede i flere områder under ulike tektoniske forhold. Flere selskaper har undersøkelsesrett i forskjellige områder, og det vil være opp til disse å påvise økonomisk utnyttbare forekomster. Gull-mineraliseringer tilknyttet skjærsoner i Rombaken-Skjomen har også vært undersøkt, men det kan være et potensial for større mineraliseringer der.



## 4.7 Beryllium og sjeldne jordartsmetaller

Beryllium er et metall med spesielle egenskaper og når det blandes med andre metaller gir det legeringene spesielle egenskaper. Beryllium absorberer ikke røntgenstråler og brukes derfor i de fleste røntgenapparater. I legeringer sammen med kobber og/eller nikkel gjør beryllium legeringene mer varmebestandige og mye mer fleksible, kobber-beryllium legeringer er derfor brukt i fjærer. Beryllium er et svært giftig metall, ved innånding av berylliumstøv vil man kunne få berylliose, en dødelig type av lungebetennelse som beryllium framkaller. Produksjon av beryllium er derfor teknisk og miljømessige komplisert.

Sjeldne jordartsmetaller (ofte sier man bare sjeldne jordarter eller REE (rare earth elements)) er 15 grunnstoffer fra nr. 58 til 71 i det periodiske system, samt yttrium og scandium. Det er for omfattende å gjøre rede for bruksområdene for disse i denne rapporten, vi begrenser oss til å beskrive noen av de viktigste bruksområdene i dag: Permanent magnet, lasere, LED lys, halvledere og antenner.

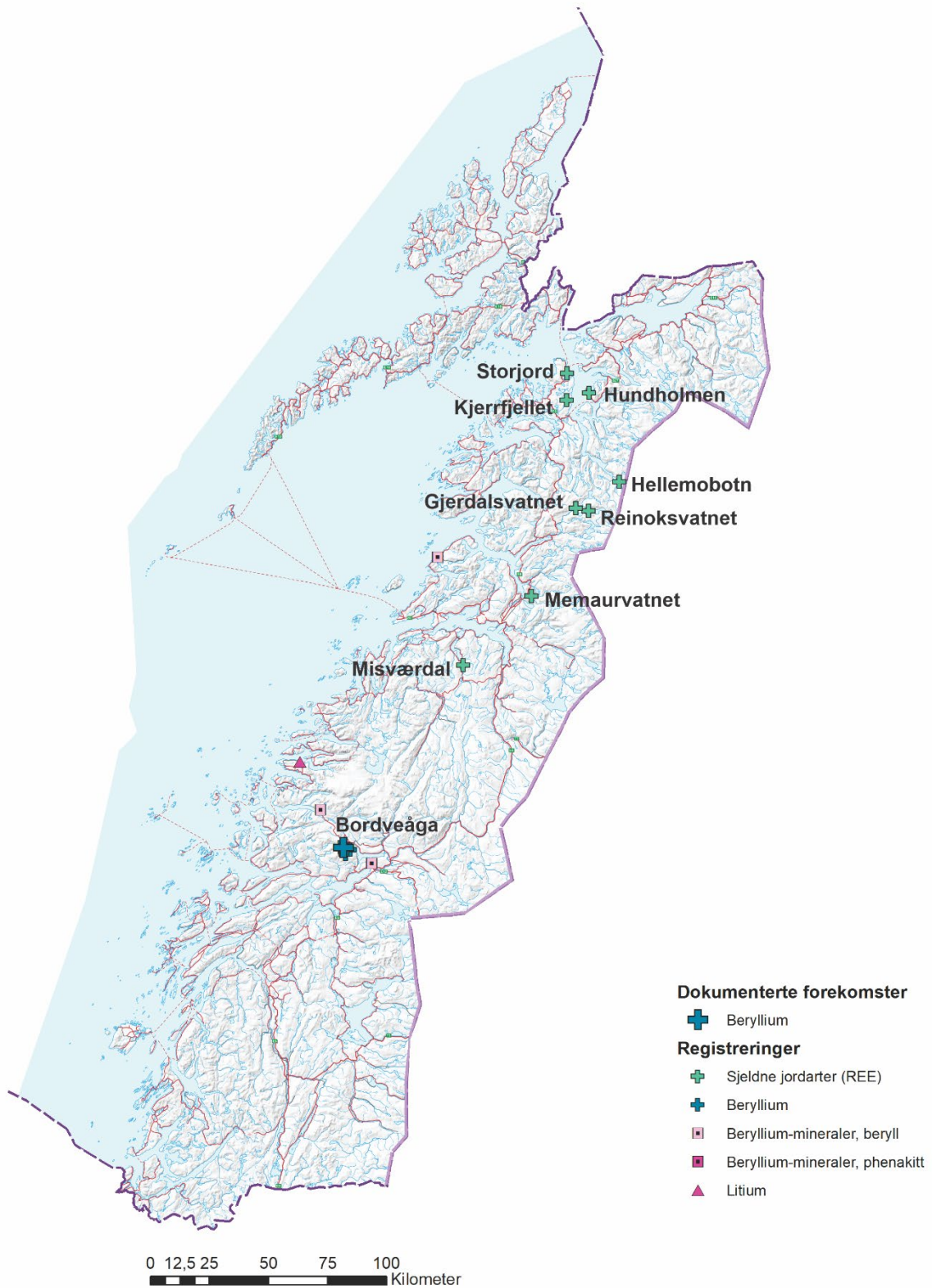
For beryllium og sjeldne jordarter har det vært gjort et ganske betydelig arbeid i Nordland, enten i regi av NGU eller som en del av Nordland fylkes prosjekt «Nordland Mineral» (Figur 14). Mange av rapportene er nå noen år gamle. Den mest dekkende oversikten over dette feltet er rapportene av (Müller, 2010, 2011). I disse rapporten ble et titalls lokaliteter omtalt. Pegmatittene på Hamarøy, har nylig blitt brukt som test områder for utvikling av nye prospekteringsmetoder for pegmatitter (Müller m.fl., 2022).

Müller (2011) gir videre en mer detaljert gjennomgang av forskjellige områder innenfor Tysfjord-området (vinduet) granitter, spesielt med hensyn til de forhøyede verdier av REE som er observert.

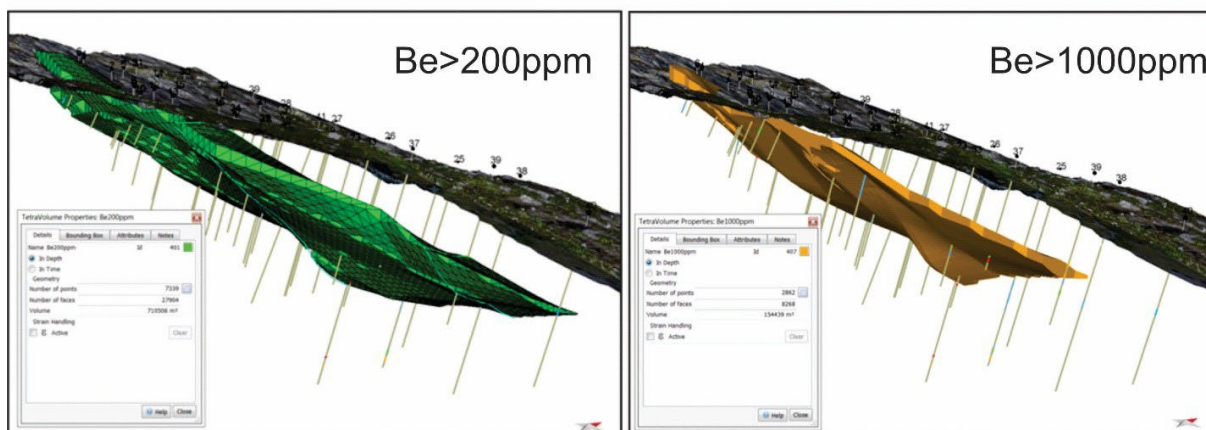
### 4.7.1 Beryllium

Bordvedåga (også kalt Høgtuva) beryllium-forekomst er en spesiell forekomsttype som ligger ved elva Bordvedåga på sydsiden av dalen vest for Storvatnet i ved Mo i Rana (Figur 14).

Forekomsten ble funnet av NGU på tidlig 1980 tallet og undersøkt detaljert i flere omganger på 1980 tallet. Forekomsten er en beryllium- og REE-forekomst med fenakitt ( $\text{Be}_2\text{SiO}_4$ ) og det sjeldne mineralet høgtuvaitt ( $(\text{Ca}_4(\text{Fe}_{12})\text{O}_4\text{Si}_8\text{Be}_2\text{Al}_2\text{O}_{36})$ ) som har sitt originale funnsted her (Grauch m.fl., 1994). Kartlegging, kjerneboring og analyser av Bordvedåga-forekomsten er rapportert i en serie rapporter av NGU. Wilberg & Lindahl (1991) beregnet tonnasjen til å være 350 000 tonn med en gjennomsnittlig gehalt på 0,18 % Be. Oppredningstester viser at det kan lages et konsentrat med en gehalt på 23 % BeO. Henderson m.fl. (2016) har laget en integrert terreng-geologisk 3D-modell, og et modellert volum med > 200 ppm Be gir en beregnet tonnasje på 1.9 millioner tonn. Et modellert volum med > 1000 ppm Be er beregnet til ca. 419 000 tonn (Figur 15). Sistnevnte er i samme størrelsesorden som det som ble er rapportert av (Wilberg & Lindahl, 1991). Data som ble samlet inn på 1980 tallet er dårlig tilrettelagt for digitalisering og moderne analyser mangler.



Figur 14. Spesiellmetallressurser (beryllium og sjeldne jordarter) i NGUs mineralressursdatabase.



Figur 15. Den grønne formen viser estimert volum for Be > 200ppm, og den oransje formen viser estimert volum for Be > 1000ppm.

Anrikning av beryllium fins også i pegmatitter i form av mineralet beryll på Tjeldøya (Lindahl 1990) og i Glomfjord. Disse pegmatittene antas ikke å ha noe økonomisk potensial alene, men indikerer at det er Be-anrikning i områdene.

### Videre arbeid

Forståelsen av Bordvedåga-forekomsten er basert på en veldig forenklet geologisk modell med kun borehullsdata. Ingen andre geologiske data (f. eks, geofysikk) har blitt inkludert. Resultatene av denne modellbygging utelukker heller ikke at det kan finnes flere mineraliserte soner mot dypet som bør undersøkes. Arbeid gjort av Schilling m.fl. (2015) viser at deler av mineraliseringen er sekundære og sannsynligvis relatert til dannelsen av den kaledonske fjellkjeden. Dette er støttet av den flattliggende formen på forekomsten. Dette kan bety at der det er kaledonske strukturer i grunnfjellet kan det være mulighet for Be-forekomster og åpner for en reell mulighet for regional prospektering for Be i hele Høgtuva-vinduet.

Videre anbefales det at eksisterende materiale i form av borekjerner og data sammenstilles og retolkes slik at det kan få en moderne digital form.

#### 4.7.2 Sjeldne jordarter

Verdier over det normale med hensyn til innhold av sjeldne jordarter er i Nordland beskrevet i følgende provinser i tillegg til Høgtuva:

- Tysfjordgranitten og assosierte bergarter og i andre grunnfjellsvinduer (Korneliussen m.fl., 1989; Müller, 2010, 2011; Finne & Eggen, 2013)
- REE-holdige Fe-Ti- og apatitt-forekomster, som opptrer i monzonittiske bergarter i Lofoten og Vesterålen (Coint m.fl., 2020; Coint m.fl., 2023)
- REE i apatitt fra forskjellige geologiske provinser (Ihlen m.fl., 2013; Decrée m.fl., 2023)

I alle disse provinsene er det påvist innhold av REE på over 1000 ppm og i flere tilfelle over 12000 ppm REE<sub>tot</sub> (1,2 %). Anrikningen av sjeldne jordarter finnes i hovedsak i mineralene zirkon, allanitt (LREE-rik epidot) og titanitt i grunnfjellsvinduene (Müller 2010,2011)

### Videre arbeid

Det er klart at provinsene med forhøyede gehalter av REE i Nordland bør bli gjenstand for en mer detaljert og systematisk gjennomgang i fremtidige prosjekter. Selv om gehaltene ikke er de aller største så er arealene og dermed også mulighetene for større tonnasje store. Müller (2010)

beskriver en rekke forekomster med Th, U og REE i området Bognes-Tiltvik på Hamarøy. Disse forekomstene er dårlig dokumentert i NGUs databaser og bør oppdateres. Videre er REE-undersøkelsene som ble utført på tidlig 1990-tall i Hellembotn-området dårlig tilrettelagt i forhold til dagens standard og bør oppdateres. Müller (2010) anbefaler totalt sett at følgende følges opp med hensyn til Zr- og REE:

1. Mineraliseringer i Tysfjord (-Hamarøy) vinduet
  - 1.1. Storfjord Y-Ce-La rike jern-mineralisering Tysfjord-granitten
  - 1.2. Hellembotn granitt med REE-U-Th-Be anomalier.
  - 1.3. Granitter og granittiske gneiser med assosierte pegmatitter
2. Andre svekofenniske grunnfjellsvinduer
  - 2.1. Memaurvatnet Zr-REE-mineralisering i Rishaugfjellvinduet
  - 2.2. Bordvedåga Be-REE-U-Sn-forekomst i Høgtuvavinduet

#### 4.8 Sekundære ressurser

NGU har nylig startet et nasjonalt prosjekt for å kartlegge og vurdere potensialet for kritiske mineraler i gruveavganger og -tipper. Denne kartleggingen av sekundære ressurser, som dels allerede er utført i våre naboland Sverige og Finland, er nødvendig for å få en full oversikt over landets ressurser.

Arbeidet har startet med en digital kartlegging av aktuelle gruvetipper- og avganger for hele landet og innledende kartlegging og prøvetaking av en avgangsdam på Løkken og mindre gruvetipper i Tynset kommune. De mest aktuelle områder å undersøke i Nordland er Ballangen, Sulitjelma og Bleikvassli. Det er bare følgende malmgruver i Nordland som har gruvetipper med et antatt areal i dagen > 10 000 m<sup>2</sup>: Nedre Kleven (Fe) i Bogen i Evenes kommune, flere av Rana Grubers gruver (Fe) i Dunderlandsdalen og Bursi og Charlotta (Cu, Zn) i Sulitjelma-feltet.

##### 4.8.1 Ballangen

I Ballangen er det to kjente deponier (Ballangslaira og Fornes) med avgangsmasser fra Nikkel og Olivin A/S og fra A/S Bjørkaasen Gruber.

##### **Ballangslaira deponi**

I deponiets dypere lag ligger avgangsmasser fra A/S Bjørkaasen Gruber sine vaskeri og flotasjonsanlegg. Deponeringen ble avsluttet ca. 1965, det foreligger ingen volumestimat. I 1990 kartlagte NGU utvalgte metaller i disse massene, en rapport ble utarbeidet av Ingvar Lindahl. Massene fra A/S Bjørkaasen Gruber som ligger på deponiet ble mellom 1991-2000 tildekket med ca. 6.000.000 t avgangsmasser fra A/S Nikkel og Olivin. I dag er det et nedlagt kommunalt deponi og ei flystripe på Ballangslaira deponi.

##### **Fornes deponi**

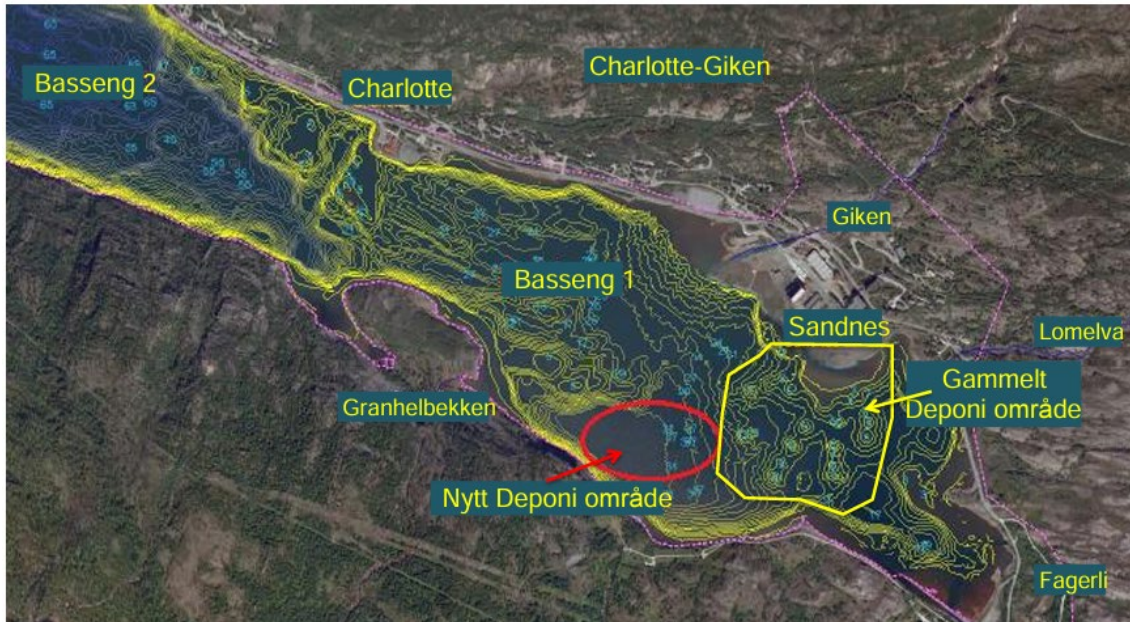
Nikkel og Olivin A/S deponerte fra 1989-1991 ca. 877.000 t flotasjonsavgang på Fornes deponi. Området brukes i dag som næringsareal og er delvis bebygd.

##### 4.8.2 Sulitjelmafeltet

Sekundære mineralressurser i Sulitjelma finnes i mindre gruvetipper rundt om i gruvefeltet og i avgangsmasser som i hovedsak ligger under vann i Langvatnet. Det første oppredningsverket og smelteovn ble anlagt i Fagerli i SØ-enden av Langvatnet (Walder 2020). Avgangsmassene ble lagt ved siden av verket og er senere dels skylt ut i Langvatnet med Balmielva. I 1960 ble det

bygget nytt opprednings- og smelteverk ved Sandnes på nordsida av Langvatnet (Figur 16). Flotasjonsavgang og avfall disse verkene ble brukt til å bygge ut anleggsområdet og senere deponert i Langvatnet; Basseng 1 (Walder 2020). Nye Sulitjelma Gruber planlegger å deponere sin avgang i et nytt deponi (Figur 16).

Det er ikke vurdert hvilke av disse sekundære ressursene som kan være aktuelle å utnytte.



Figur 16. Kart over den østlige delen av Langvatnet i Sulitjelma med tidligere og planlagte avgangsdeponier og gruver. Modfisert fra Walder (2020).

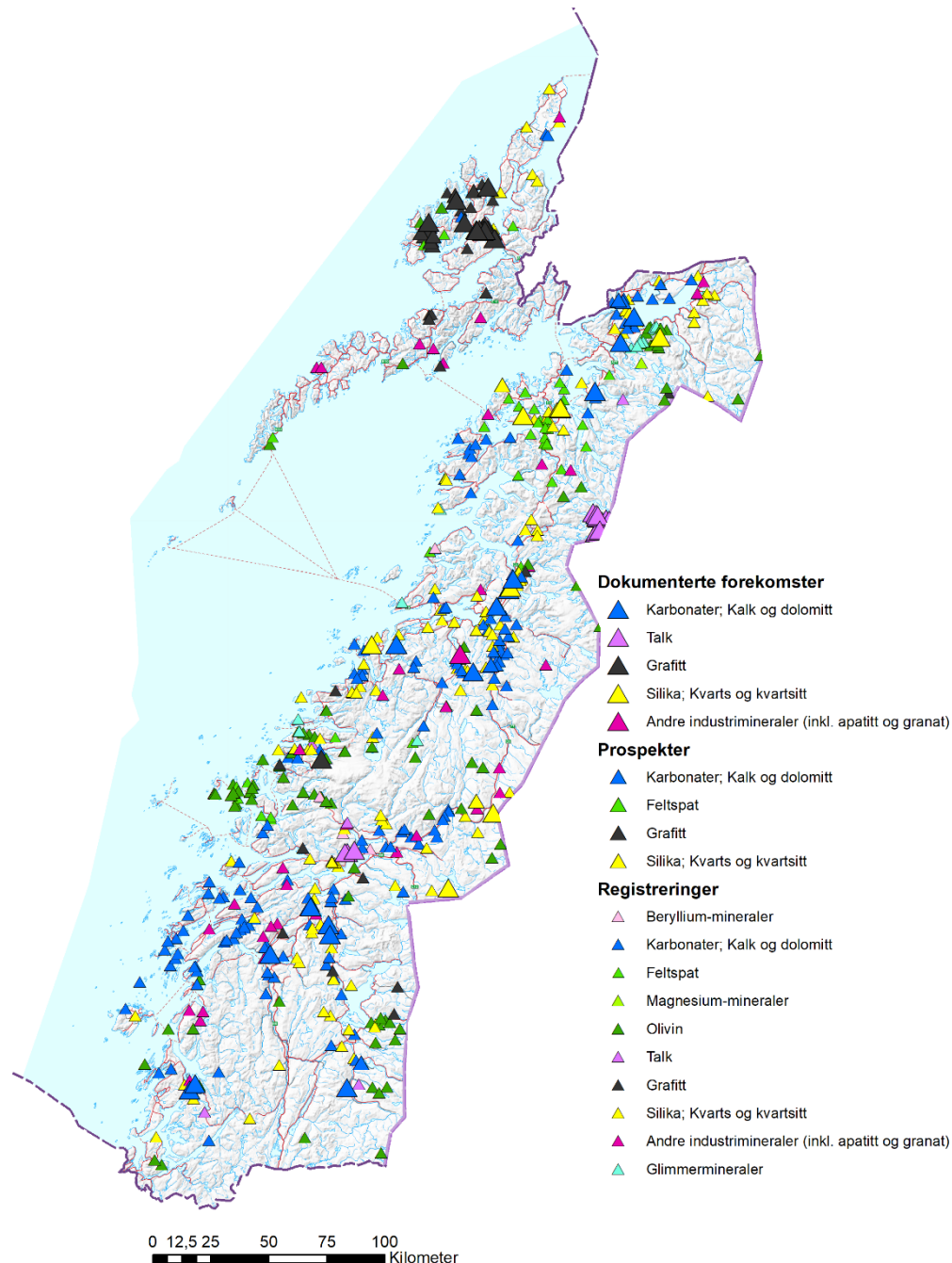
#### 4.8.3 Bleikvassli

Det er tydelig å se avgangsdeponiene i Bleikvassli i [norgebilder.no](http://norgebilder.no), men det er vanskelig å finne beskrivelser av disse dem. Mer informasjon må innhentes.

## 5. INDUSTRIMINERALER

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

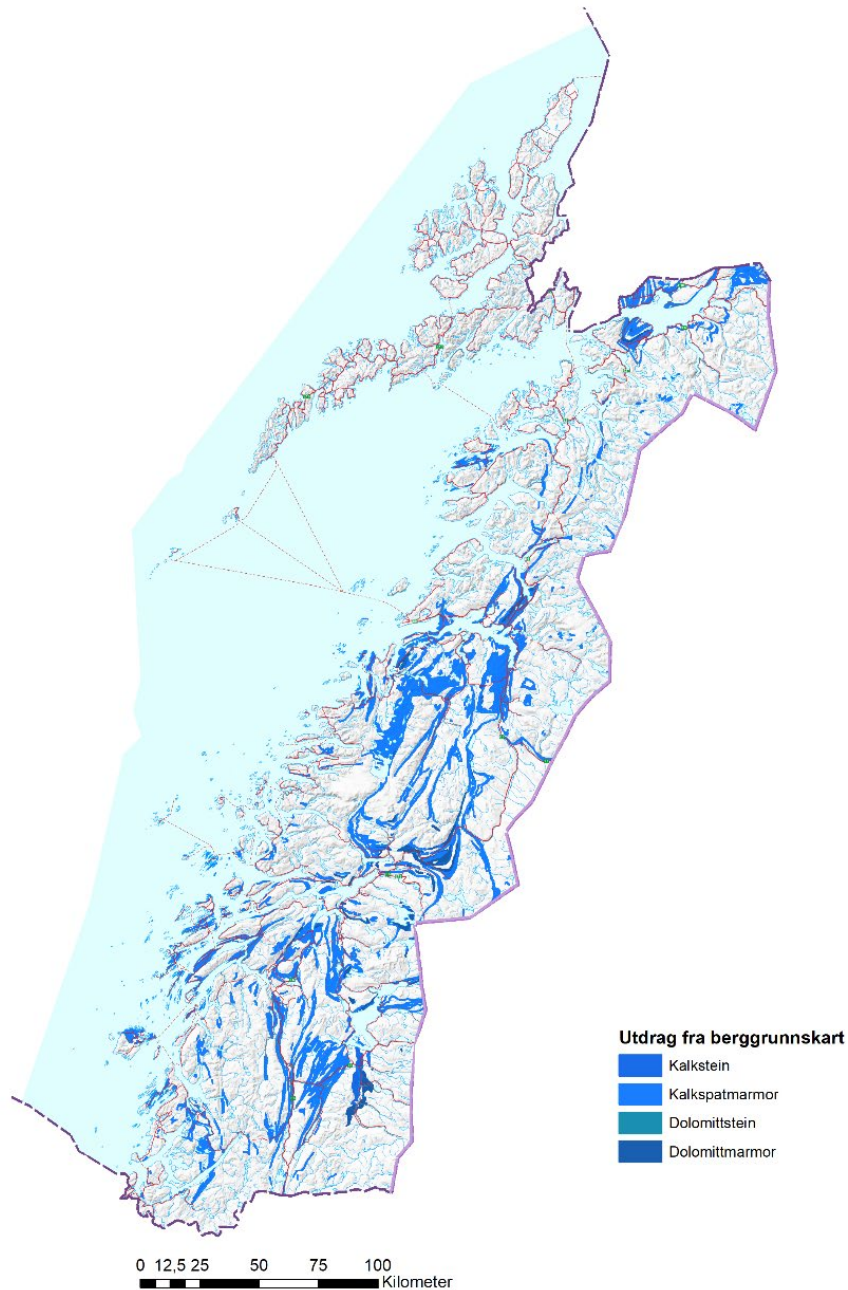
I Nordland er det kjente store ressurser av kalkspatmarmor og dolomitmarmor (karbonatbergarter/karbonater), pegmatittisk kvarts og kvartsitt, grafitt og talk. I tillegg finnes også registreringer med apatitt, granat, magnesitt, glimmer, kyanitt, olivin og kiselgur (Figur 17).



Figur 17. Oversikt over industrimineralressurser i NGUs mineralressursdatabase.

## 5.1 Karbonat – kalkspatmarmor og dolomittmarmor

Nordland fylke har stor utbredelse av karbonatbergarter (Figur 18), som er en felles betegnelse for kalkspatmarmor, dolomittmarmor, kalkstein og dolostein. De aller fleste karbonatbergartene i Nordland er marmor som opprinnelig var kalkstein og dolostein som har blitt omvandlet under høyt trykk og temperatur.



Figur 17. Karbonater i Nordland fylke, basert ut utdrag fra NGUs berggrunnskart i 1:250 000. Polygonene er noe overdrevet i størrelse.

Karbonatene har en rekke bruksområder. Disse spenner over alt fra hvitt fyllstoff i, blant annet papir, maling, plast, gummi og mer, til produksjon av sement, mjølkalk og jordforbedringsmiddel, men også til ulike bygningsformål (se mer kap 6 om naturstein).

Hver for seg stiller disse bruksområdene svært ulike krav til kjemisk sammensetning og fysiske egenskaper, og ofte har hvert enkelt produksjonssted og deres kunder egne krav og spesifikasjoner. De underliggende kravene bestemmes ofte av bergartens egenskaper som mineralsammensetning og krystallutvikling, totalkjemi og karbonatmineralenes kjemi og oppførsel i ulike bearbeidingsmetoder som mekanisk styrke, brennegenskaper og så videre.

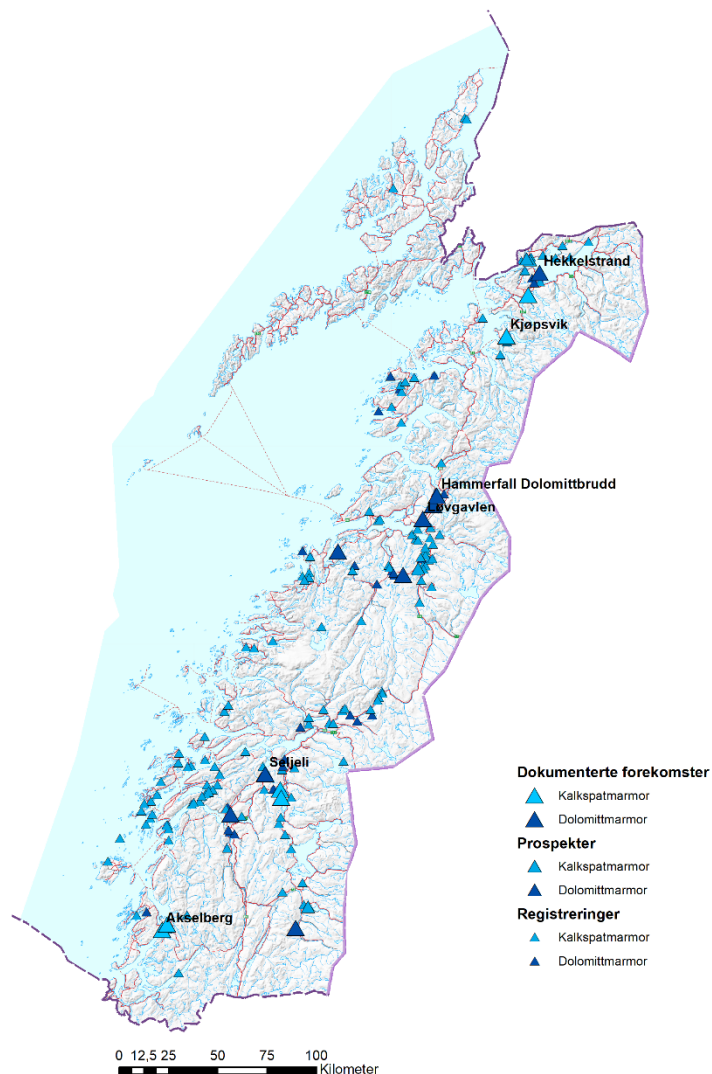
Karbonatene er viktige bergarter for mineralindustrien i Nordland. De finnes spredt over hele Nordland, men områder med kvaliteter egnet til uttak til ulike bruksområder er mindre utbredt. Det er aktive brudd (Figur 19) både i Hekkelstrand (dolomittmarmor, Narvik), Kjøpsvik (kalkspatmarmor, Narvik), Hammerfall (dolomittmarmor, Sørfold), Løvgavlen (dolomittmarmor, Fauske), Seljeli (dolomittmarmor, Vefsn) og Akselberg (kalkspatmarmor, Brønnøy).

Potensielt viktige ressurser, som ennå ikke er i drift er:

- Ljøsenhammeren/Kvitblikk (dolomittmarmor)
- Granåsen (dolomittmarmor og brucitt)
- Nestbylia (kalkspatmarmor)
- Fjelldalsheia/Evenes (kalkspatmarmor)
- Fagervollan (kalkspatmarmor)
- Surmyra/lvarrud (dolomittmarmor)

Av disse 6 har industrien gjort undersøkelser på både Ljøsenhammeren/Kvitblikk og Granåsen.





Figur 18. Karbonatressurser i NGUs mineralressursdatabase. De navnsatte er i drift.

### 5.1.1 Tidligere arbeid

Det er tidligere gjort arbeid en rekke steder i Nordland på ulike karbonatressurser, både i regional skala og på enkelt-forekomster.

Spesifikt for Nordland i sin helhet er rapporten til Korneliussen, Gautneb & Raaness (2008) hvor man blant så på ulike regioner med karbonatbergarter som Helgeland-Rana, Salten og Ofoten-Sør-Troms. Dette arbeidet ble lagt til grunn for en landsdekkende rapport (Korneliussen, Raaness & Gautneb, 2014) som var starten på et arbeid for å karakterisere karbonatbergartene basert på jern og mangan bundet i krystallstrukturen til karbonatmineralene.

Muligheter for CO<sub>2</sub>-basert industri for karbonat-forekomster og andre ressurstyper i Nordland ble beskrevet av Korneliussen (2012).

Enkeltforekomster som har blitt undersøkt i mer detalj de siste 20 årene ligger hovedsakelig i Evenes (se Korneliussen, Korneliussen, Raaness, Schaller & Gautneb, 2011; Schaller, Raaness & Korneliussen, 2012; Korneliussen, Raaness, Lynum & Viken, 2019) og Saltdal kommuner (se Henderson, Raaness & Korneliussen, 2019; Korneliussen, Raaness, Lynum & Viken, 2019; Korneliussen, Raaness, Henderson, Lynum, Gellein & Viken, 2019). Disse undersøkelsene var støttet økonomisk av Nordland fylkeskommune.

Ved undersøkelsene i 2017-2019 ble det boret en rekke korte borhull langs vei, og i tillegg ble det gjort borkaksprøvetaking med håndholdt bor. NGU gikk videre med undersøkelsene i Nestbylia og laget en 3D-modell over ressursen (Korneliussen et al, 2018 og 2019 & Henderson et al, 2019).

### 5.1.2 Videre arbeid

Det kan være av interesse å gjøre flere undersøkelser av potensielt viktige forekomster som ennå ikke er i drift. 3D-modellering kan være nyttig for bedre å vurdere mulighetene og men kreve mere kartlegging og data.

Ved Nestbylia er forekomsten foreløpig ikke avgrenset i nord.

## 5.2 Kwarts

Kwarts omtales ofte som mineralisk råstoff sammen med kvartsitt, selv om begge i hovedsak består av SiO<sub>2</sub>, er det ofte viktige geologiske forskjeller. Kwartsitter er dannet som en del av den bergarten de utgjør og senere blitt utsatt for metamorfose (syngenetisk forekomst). Kwarts derimot er ofte dannet som gang-forekomster som ikke er en del av (er yngre enn) sidebergarten de ligger i.

I NGUs mineralressursdatabaser, deles kvartsressursene inn i hovedgruppene kvartsitt (112) og kvarts, den siste videre inn i undergruppene hydrotermal kvarts (5), pegmatitt kvarts (23), kvarts av uspesifisert type (4) og kvartssand (3). Kwartsitt er således den dominerende forekomst type med 112 registreringer.

Kwarts er et blant de mest produserte industrimineralene på verdensbasis og har en rekke anvendelser bl.a (listet med økende kvalitetskrav): flaskeglass, glassull, ferrosilisium, silisiumkarbid og silisiummetall.

Det er i Nordland to typer kvarts-forekomster og en oversikt over disse er presentert av (Wanvik, 2001):

- 1) Kwarts i pegmatitter. Pegmatitter er grovkrystallinske ganger av granittisk sammensetning, som ofte kan være sonerte med en ytre feldspatdel og en indre kvartskjerne. Forekomstene i Drag-området er av denne typen.
- 2) Hydrotermale kvartsganger. Disse er beslektet med pegmatitter, og er dannet ved utfelling fra vannholdige løsninger som ofte har en tilknytning til granitter. Vatnet kvarts-forekomst ved Bodø og kvarts-forekomstene på Nasafjell er en forekomst av denne typen (Wanvik, 2003a).

Det er 9 registrerte kvarts-forekomster (6 pegmatitt kvarts og 3 hydrotermal kvarts) i Nordland i NGUs databaser (Figur 19). Nordland var en betydelig produsent av kvarts tidligere, men per 2024 er flere av de tidligere viktige forekomster utdrevet slik som Vatnet, Håkonhals, og Nedre Øyvollen.

Tysfjord-pegmatittene som forekommer i Tysfjord-granittgneis er av typen Nb-Y-F (NYF) (i henhold til klassifiseringen til (Černý, 1991)). Tysfjord-granittgneisene fra Drag- og Finnøy-området har en alder på 1801 ± 6 Ma og 1805 ± 1 Ma (zirkon U-Pb TIMS-alder) (Müller m.fl., 2022b). En alder på 1772-1755 Ma for pegmatittene ble oppnådd ved hjelp av U-Pb-datering på columbitt (Müller m.fl., 2022b), som er nær alderen til granittgneisens vertsbergart. Pegmatittene er dannet av restsmelter fra vertsgranitten. Rensing av den opprinnelige pegmatittkvartsen skjedde på grunn av omkrystallisering under høygrads metamorfose (ca. 12 kbar og 730-750 °C, (Zhou m.fl., 2022)) i den kaledonske fjellkjededannelsen for ca. 410 Ma siden, noe som førte til den eksepsjonelt høye renheten av Tysfjord-kvartsen i Drag-området og ved Håkonhals.

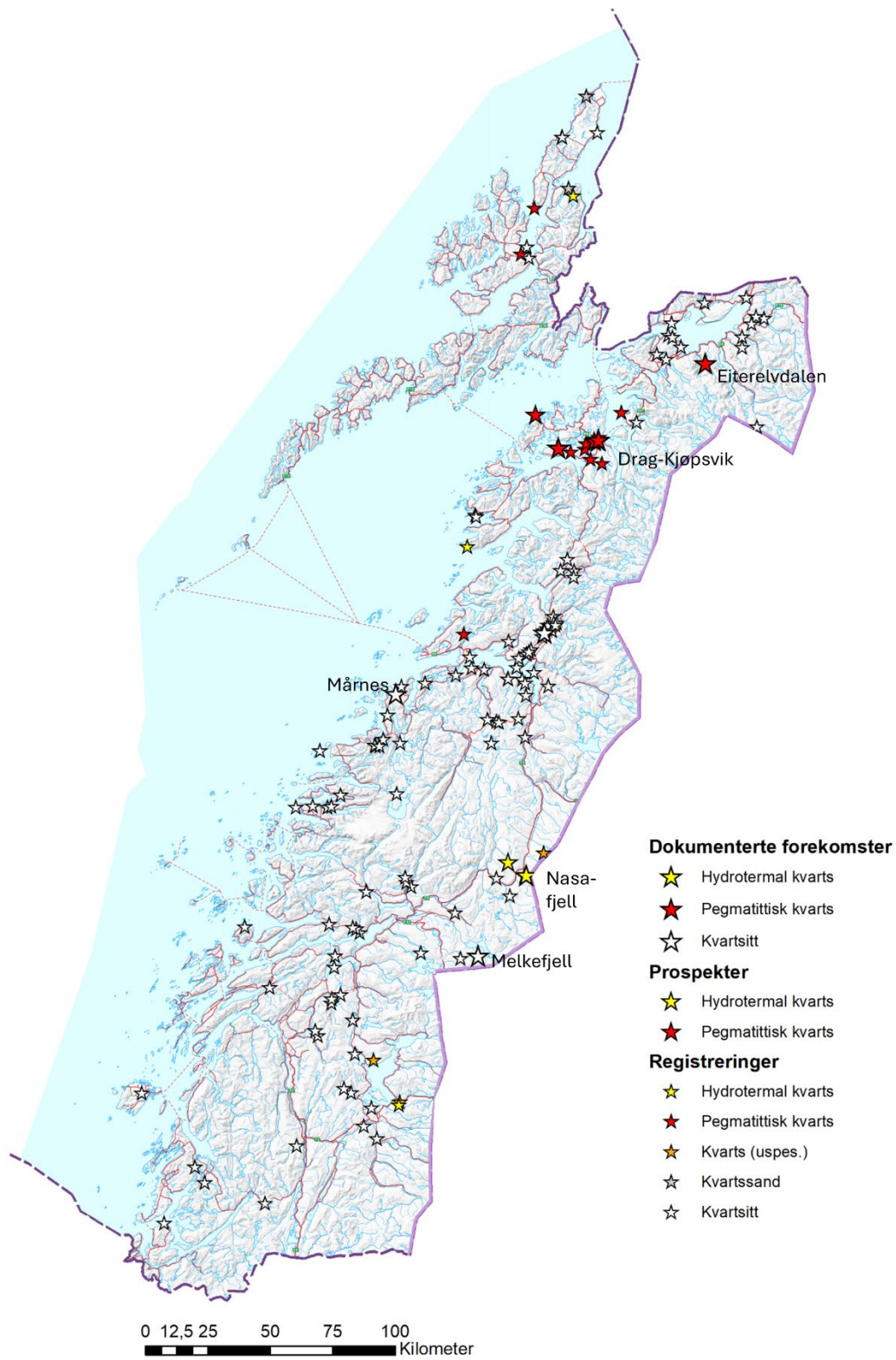
Pegmatittene i Tysfjord-området ble først utvunnet for keramisk feltspat (1906 frem til 1970-tallet). Gruvedrift for produksjon av høyren kvarts startet på Nedre Øyvollen i 1996.

Tysfjord-pegmatittkvartsen er en av de reneste i verden (Müller m.fl., 2013). Kvarts med den rette renhet (høyren kvarts med < 50 ppm forurensende elementer) har sin viktigste bruk til framstilling av silisium metall som igjen er viktig for framstilling av solceller og halvleder teknologi. Pegmatittene på Hamarøy, har nylig blitt brukt som test områder for utvikling av nye prospekteringsmetoder for pegmatitter (Müller m.fl., 2022a).

### 5.2.1 Videre arbeid

I dag vurderes forekomstene på Nasafjell til å være de med største potensiale (Wanvik, 2003b; Wanvik, 2003a). Elkem har i dag søkt om utvinningsrett for forekomsten, og den har kvaliteter som tilfredsstillende produksjon av silisiummetall. Kvarts-forekomstene på Saltfjellet, med Nasafjell spesielt har vært blant de forekomstene NGU tidligere har anbefalt (Müller m.fl., 2005; Ihlen m.fl., 2007). Forekomstene må sies å være godt undersøkt av NGU.

I forhold til det forarbeidet som har vært nødvendig for denne rapporten og i lys av det betydelige arbeidet som allerede er utført fra NGU sin side med hensyn på kvarts og kvartsitt er det noe usikkert hvilket potensial det er for å finne nye og ukjente forekomster. Det er imidlertid naturlig å vurdere hvilke områder i Nordland hvor de nye metodene og resultatene fra GREENPEG-prosjektet kan anvendes.



Figur 19. Kvarts- og kvartsittressurser i NGUs mineralressursdatabase. Beskrevne forekomster er navnsatt.

### 5.3 Kwartsitt

Kwartsitt er en bergart som i hoved sak består av kvarts og blitt dannet ved metamorfose av kvartsrik sand. Det skjer da en re-krystallisasjon av kvartsen, andre vanlige mineraler er glimmer og feltspat. Kvalitetskravene til kvartsråstoff er svært høye og kun svært små mengder med forurensinger kan tolereres, før kjemisk sammensetning av kvarts råstoffet er uakseptabelt. For eksempel Mårnes kvartsitten blir av B kvalitet dersom mengden lys glimmer (sericitt) blir over 2 %. Forekomster av kvartssand har normalt høyere kvalitetskrav enn det som kreves for ferrosilisium.

Wanvik (2001) presenterte en oversikt over alle kjente forekomster av kvartsitt og kvarts i Nordland, og dette er fremdeles den mest komplette oversikt (Figur 19). Dessverre er det slik at de nordlandske kvartsitter vanligvis har for mye forurensinger til å ha en renhet som tilfredsstillende markedskravene.

Både Mårnes kvartsittgruve i Gildeskål og Melkefjell (Wanvik & Raaness, 2009). er dokumenterte forekomster som er klassifisert til å være av nasjonal offentlig betydning. Kjøpsvik kvartsforekomst er også en dokumentert forekomst, men er vurdert til å være av liten eller ingen betydning. I en eldre versjon av NGUs verdivurdering finnes det i tillegg 7 registreringer som «kan være viktige» og 4 som ikke er vurdert.

Wanvik (2001) konkluderte med at det ikke er funnet kvartsitt-forekomster i Nordland som kan erstatte Mårnes kvartsitt-forekomst i med hensyn til størrelse, tonnasje, beliggenhet og kvalitet.

#### 5.3.1 Videre arbeid

Bortsett fra forekomster som vi allerede kjenner til, Mårnes og Melkefjell, er det få indikasjoner på forekomster av kvartsitt som det er interessant å prioritere. Det er imidlertid nødvendig å få eksisterende informasjon over i en enhetlig form og lagret digitalt i NGUs databaser slik at det blir lettere tilgjengelig for forvaltning og industri.

### 5.4 Grafitt

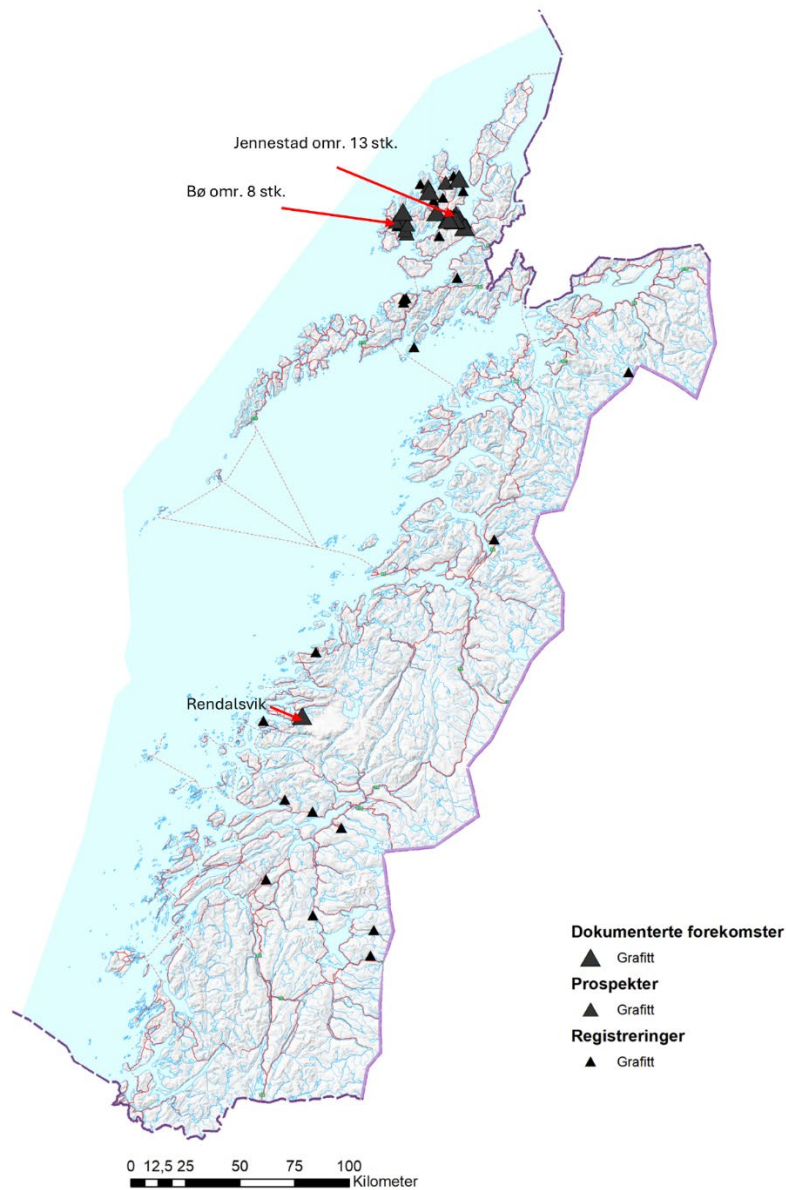
Grafitt er et mineral har økonomisk interesse på grunn av sine fysiske egenskaper og blir dermed ett industrimineral. Grafitt er en krystallinsk form av rent karbon. De viktigste egenskapene er høyt smeltepunkt, god termisk stabilitet og god elektrisk ledningsevne. Grafitt har viktig anvendelse i metallurgisk industri og ved framstilling av batterier (Gautneb m.fl., 2023). Det er det sistnevnte bruksområdet som er hovedårsaken til at grafitt har fått økt og fornyet interesse.

Grafitt-forekomstene i Nord-Norge og Nordland har vært kjent lenge og var først beskrevet av Keilhau (1855) og Helland (1887), og grafitten hadde da sannsynlig vært kjent en tid. Grafitt-forekomstene i Nordland har vært undersøkt av NGU i flere perioder siden 1990 og fram til i dag, hovedsakelig etter 2013 (Gautneb m.fl., 2020). Områdene med potensial for grafitt har vært undersøkt med geofysiske målinger fra helikopter og en rekke utvalgte lokaliteter har blitt undersøkt med bakkegeofysikk og geologiske undersøkelser. I Norge (og de fleste steder i verden) er grafittførende bergarter ofte de mest overdekte og forvitrede bergartene i et område. Det er derfor svært sjelden å finne gode blotninger av grafitt og tilnærmet umulig å kartlegge grafitt-forekomstene direkte.

#### 5.4.1 Grafittressurser i Nordland

I Nordland er det hovedsakelig to områder med potensial for grafitt, Lofoten-Vesterålen og Holandsfjorden, men i sistnevnte er det det bare to registrerte forekomster. I tillegg har NGUs database en del spredte registreringer av grafitt andre steder i Nordland, men disse opptrer imidlertid i områder der forholdene for dannelse av økonomisk interessante mineraliseringer ikke har vært gunstig (for lav metamorfosegrad).

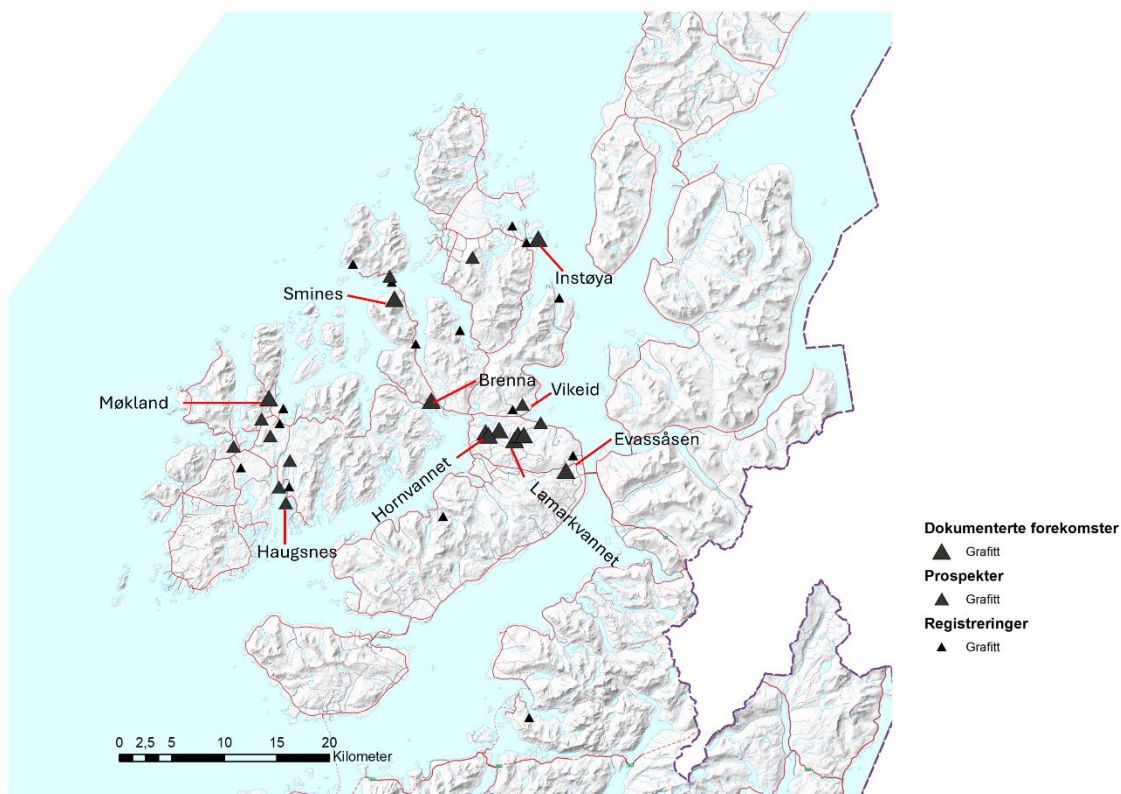
Kart som viser beliggenheten av grafittressursene i Nordland er vist i Figur 21 og med detaljkart over Vesterålen i Figur 22.



Figur 20. Grafittressurser i NGUs mineralressursdatabase. Beskrevne områder og forekomster er navnsatt.

Det er 40 grafittregistreringer i Nordland som NGU har data fra, i form av gjennomsnittlig grafittgehalt (% totalt karbon, Tabell 2). For alle disse forekomstene finnes geofysiske målinger med helikopter som viser omtrentlige størrelse og form (Mogaard m.fl., 1988; Rodionov m.fl., 2013a; Rodionov m.fl., 2013b, c). Basert på størrelse, beliggenhet og tilgjengelighet ble totalt 18 av disse forekomstene undersøkt med geologiske og geofysiske detaljundersøkelser på bakken. Resultatene fra disse undersøkelsene er presentert i en serie med rapporter og artikler (Rønning, 1991, 1993; Gautneb m.fl., 2017; Rønning m.fl., 2018; Rønning m.fl., 2019; Gautneb m.fl., 2020; Gautneb m.fl., 2023). Grafitt er blant industrimineralene den forekomst-typen som har vært mest detaljert undersøkt i Nordland de senere årene. Når man kombinerte geofysiske data fra helikoptermålinger med bakkemålinger, ble det observert at det som fra helikoptermålingene kan tolkes som et sammenhengende område med grafitt i realiteten ofte består av en rekke mindre

ofte parallelle linser med grafitt, som kommer fram når man gjør bakkeundersøkelser. Denne tilsynelatende sammenhengen ble brukt av NGU til å gjøre en grov tonnasjeberegning av grafittmengden (Rønning m fl., 2018; Rønning m fl., 2019). Lengde og bredde av mindre linser ble summert og multiplisert med en fast dybde satt til 100 meter. Volumet av den enkelte grafittforekomst kan da estimeres. Når vi i tillegg kjenner egenvekt og grafittinnhold, kan tonnasje av grafitt-mineraliseringen og total mengde med grafitt estimeres. Resultatene er oppsummert i .



Figur 21. Grafittressurser i Vesterålen i NGUs mineralressursdatabase. Viktige forekomster er navnsatt.

Tabell 2. Beregninger av tonnasje og total mengde grafitt i grafitt-forekomster i Vesterålen.

Navn	Gj.snitt (%TC)	Beregnet tonnasje (Mt)	Grafitt (Mt)	Kommune
Bjørndalen	10,00			Bø
Haugneset	16,20	8,40	1,36	Bø
Høgdenene	9,29			Bø
Kjerkhaugen	6,46	2,42	0,16	Bø
Rise	7,90	0,19	0,01	Bø
Møkland	13,20	3,40	0,45	Bø
Sommarland	12,48	0,85	0,11	Bø
Morfjordmine	11,37			Hadsel
Selåter	6,30			Hadsel
Sommarhus	24,07			Hadsel
Storå	10,50			Hadsel
Øynes	17,15			Kvæfjord
Vestpolltinden	27,10			Lødingen
Rendalsvik	9,14	1,90	0,21	Meløy

Norværnes	7,20	0,60	0,02	Rødøy
Evassåsen	7,57	2,12	0,16	Sortland
Golia	17,60			Sortland
Græva	31,37			Sortland
Grønjorda	10,14			Sortland
Hornvatnet	22,03	0,50		Sortland
Koven	14,86			Sortland
Larmarkvatnet	9,72			Sortland
LilleHornvatnet	13,77			Sortland
Sæterstranda	16,90			Sortland
Sørfjorden	29,40			Sortland
Vedåsen	13,80	8,89	1,23	Sortland
Vikeid	10,42			Sortland
Ånstad	36,82	0,21	0,08	Sortland
Alsvåg	8,91	0,25	0,02	Øksnes
Instøya	9,28	14,82	1,38	Øksnes
Kaldhammaren	9,58			Øksnes
Langstrand	13,75			Øksnes
Romset	14,72	9,63	1,42	Øksnes
Rødhamran	13,85	1,38	0,20	Øksnes
Skalvneset	23,05			Øksnes
Smines	7,97	18,89	1,34	Øksnes
Stavdalen	1,21			Øksnes
Straumen	11,71			Øksnes
Svinøya	8,82	0,17	0,02	Øksnes
Sæterbukta	7,29			Øksnes

Legger vi disse dataene til grunn er det i Nordland beregnet en total mengde på ca. 75 millioner tonn med grafitt-mineralisering som til sammen inneholder ca. 8 millioner tonn med ren grafitt. Denne type estimater må anses som svært usikre og tilsvarer ikke den nøyaktighet som for eksempel børsen forlanger.

#### 5.4.2 Videre arbeid

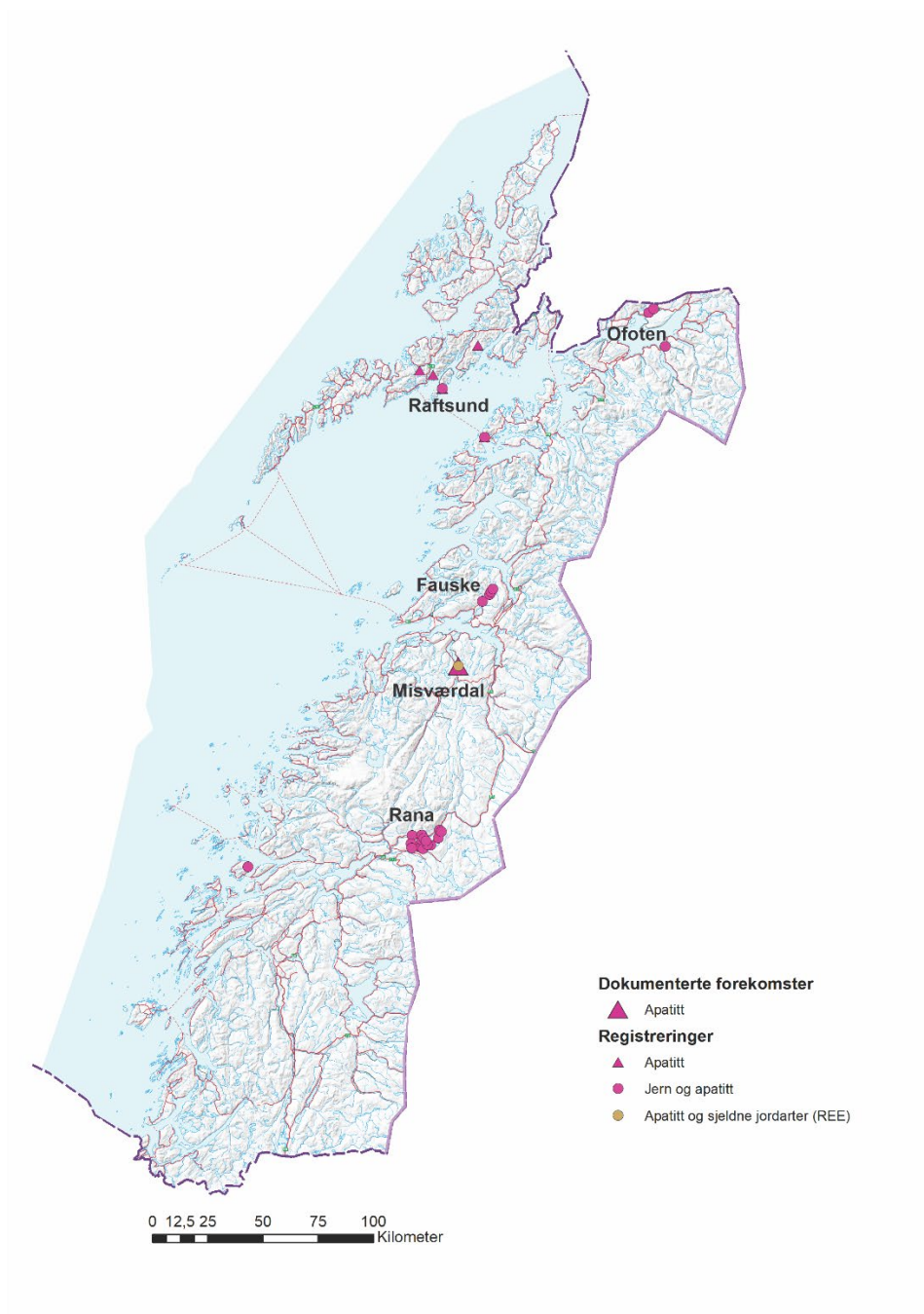
De fleste grafitt-forekomstene i Nordland er undersøkt i en detaljeringsgrad som normalt er så langt NGU går. Videre undersøkelser må gjøres av private selskaper. En rekke norske og internasjonale selskaper har kontakt NGU for å få tilgang til data om forekomstene. Arctic Graphite A/S utfører i skrivende stund borer på grafitt-forekomster i Jennestad-området.

NGUs behov for videre arbeid med grafitt i Nordland vil begrense seg til å utvikle metoder for å optimalisere tolkingen av våre allerede innsamlede data.

## 5.5 Apatitt

Fosfat er blant de kritiske mineraler på EUs liste, og fosfat ( $(\text{PO}_4^{3-})$ ) er en av de viktigste komponentene i kunstgjødsel. Apatitt [ $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$ ] er det viktigste fosforholdige mineralet og finnes i Nordland i apatittførende alkalint kompleks (Misværdal-komplekset) og i apatittførende jern- og jern-titan-forekomster (se Kap. 4.1 Rana, Fauske, Ofoten og 4.2 Raftsund)(Figur 23).





Figur 22. Apatitressurser i NGUs mineralressursdatabaser. Beskrevne områder og forekomster er navnsatt.

### 5.5.1 Misværdal-komplekset

Misværdal-komplekset er en 440 +/-30 millioner år gammel alkalisk til subalkalisk intrusjon som ligger sørøst for Bodø i Bodø kommune (Figur 23). Den ligger i Øverste dekkserie i den kaledonske fjellkjeden og består av pyroksenitt og mindre mengder monzonitt, syenitt og enkelte karbonatittårer. Den mest apatittrike bergarten er grovkornet pyroksenitt som inneholder 1 mm til 3 cm lange nålformete apatittkorn (Ihlen et al., 2014). Basert på gjennomsnittet av kjemiske analyser av 283 prøver av klinopyroksenitt, inneholder bergartene 2,38 vekt%  $P_2O_5$ . Gehalten er for lav til å være av økonomisk interesse. Imidlertid, fins det 200 x 650 m soner lengst vest i komplekset hvor grovkornet pyroksenitt inneholder 4,1 vekt%  $P_2O_5$  (10 % apatitt). Innholdet av sjeldne jordarter (REE) i apatitt fra grovkornet pyroksenitt varierer mye (1243-11180 ppm TREE,

in-situ målinger med Laser-ICP/MS) på grunn av senere dannelse av allanitt, mens gjennomsnitt av kjemiske analyser av apatittkonsentrat fra området inneholder 3883-4075 ppm TREE (Ihlen & Furuhaug, 2011). Thoriumkonsentrasjonen i apatitt fra Misværdalen er for høy (70-100 ppm) for at denne apatitten kan brukes som gjødsel. Derfor er utvikling av ny prosesseringsteknikk for å separere thorium nødvendig for eventuelt å kunne ta i bruk apatitt fra Misvær (Ihlen et al., 2014).

### 5.5.2 Videre arbeid

Misværdal-komplekset er bra kartlagt og noen soner som er anrikt i fosfor er identifisert. Det er nødvendig med en bedre forståelse for dannelsen av dette komplekset for å kunne gjøre en vurdering av om det finnes liknende fosforrike komplekser i Nordland.

## 5.6 Talk

NGUs databaser har 137 registrerte forekomster av talk, kleberstein og serpentinit i Nordland. Denne type av forekomster er geologiske sett knyttet til olivin og pyroksenrike (ultramafiske) bergarter som har blitt omvandlet til talkholdige bergarter. En og samme forekomst kan derfor representere både en olivin, serpentinit, kleberstein og talk-forekomst samtidig. Kleberstein og serpentinit regnes vanligvis som best egnet til naturstein.

Talk, serpentinit og kleber brukes til svært forskjellige formål og det er ulike krav for å gjøre en forekomst optimal til et sluttprodukt. Det er derfor sjelden at forekomst vil være egnet til både talk, serpentinit eller kleberstein. Tidligere var Nordland en talkprodusent av stor betydning fra produksjonen i Altermarkområdet (McCarthy et al., 2006). En annen problemstilling som i de senere år har gjort talk og kleberstein-forekomster mer interessante er deres evne til å binde CO<sub>2</sub> (Beinlich et al., 2012; Tominaga et al., 2017; Beinlich et al., 2020). Alle forekomster av talk eller kleberstein der det i vikingtid eller middelalder har vært drift, er automatisk fredet.

### 5.6.1 Bruksområder

Grovt sett kan vi liste opp bruksområdene og kvalitetskravene til talk, serpentinit og kleberstein som følger:

a) Hovedbruksområde til talk er som funksjonelt fyllstoff (dvs. som tilsettes for å gi et sluttprodukt spesielle egenskaper. Produksjon av papir, maling, plastikk og keramikk bruker store mengder talk som fyllstoff. Et annet sluttprodukt av talk er som antiklebemiddel. For alle disse produktene stilles det store krav til talkens renhet og hvithet. Talkråstoff må derfor alltid renses og oppredes. Vanskeligheter med å kunne få et tilstrekkelig rent sluttprodukt er ofte en viktigste begrensende faktor for industriell utnyttelse av norske talkforekomster.

b) Ved bruk av serpentinit og kleberstein til natursteinsformål vil oppsprekking, homogenitet, mineralinnhold, samt forekomstens størrelse, form og brytbarhet være viktige forhold faktorer. Dette vil bli skrevet i kap. 6 i denne rapporten.

### 5.6.2 Talk-, serpentinit- og kleber-forekomster i Nordland

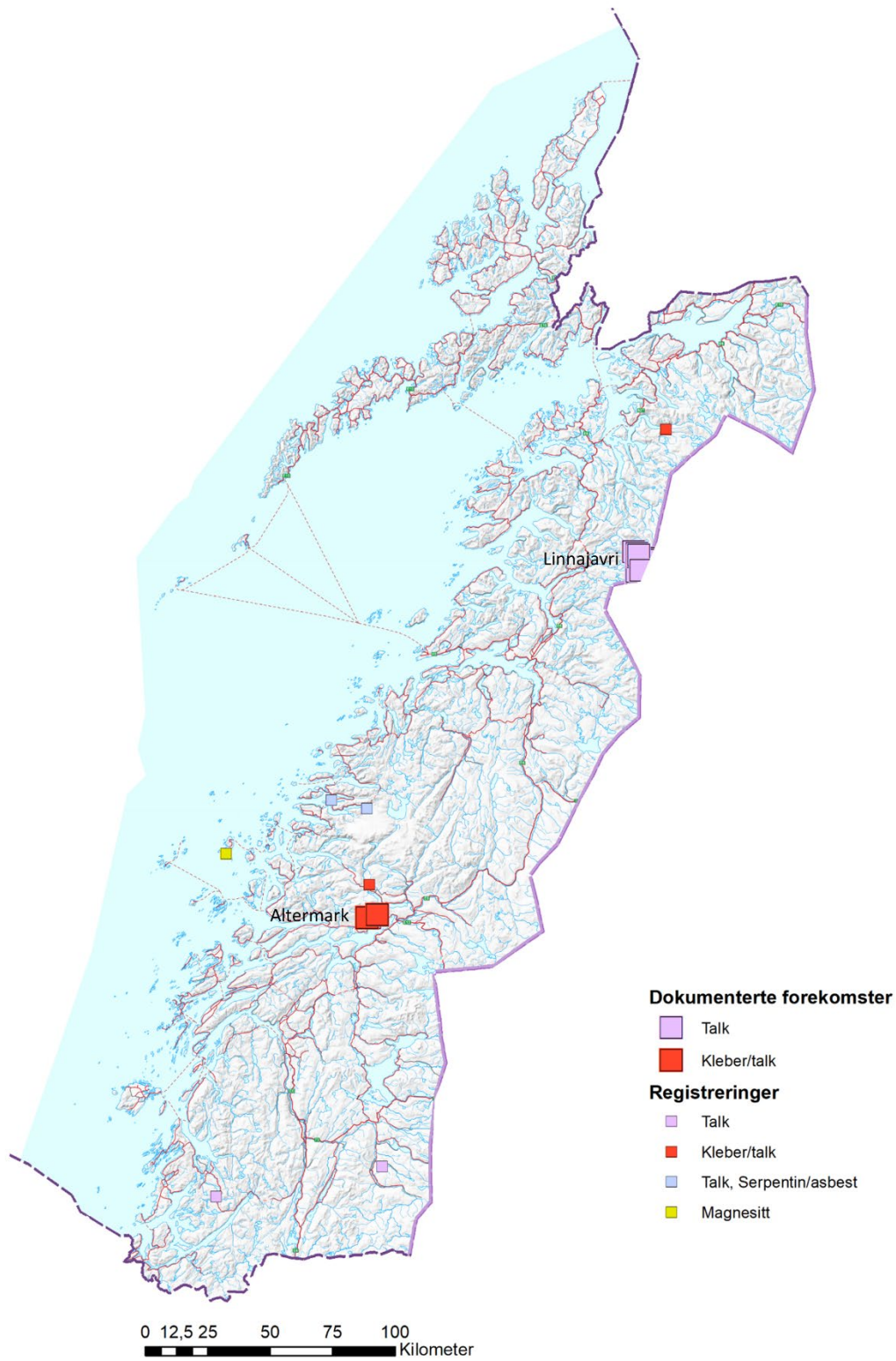
Det er i hovedsak to områder i Nordland der talkforekomster har vært undersøkt i ganske stor detalj tidligere, Altermark- og Linnajavriområdet (Figur 24). I Altermark dreide undersøkelsene seg om å finne ressurser for å kunne fortsette driften på Altermark Talk gruve. På slutten av 1990-tallet ble det gjort en serie med undersøkelser av flere forskjellige talk-kropper i Altermark området, flere nye forekomster ble funnet, men ingen ble vurdert å være drivverdige. Resultatene er oppsummert av Karlsen et al. (2000). Driften av Altermark talkgruve ble nedlagt i 2010, etter å ha vært i drift i 78 år.

I Linnajavri-området har det vært gjort en serie med undersøkelser på begynnelsen av 2000 tallet, et trettital store og små kleberstein-forekomster har blitt beskrevet. Forekomsten har blitt vurdert både som råstoff for talk og som kleberstein (naturstein) (Lindahl & Nilsson, 2008). Med

hensyn til kleberstein-forekomstene på Linnajavri, viste hvithetsundersøkelser at etter magnetseparasjon kan det i laboratorieskala framstilles et talkkonsentrat som er innenfor de kvalitetskrav som Altermark i sin tid leverte (Nilsson et al., 2003). Undersøkelsene ble videreført i regi av mineralindustrielskaper, men ble avsluttet etter noe tid.

I Meløyområdet på nordlige Helgeland opptrer en rekke forekomster som er talkførende lengre øst (for eksempel i Altermark). Metamorfosegraden ble imidlertid funnet å være så høy at det ikke har vært forhold for dannelse av talk (Karlsen et al., 1999).

Figur 23 viser kart over talk og kleberstein-forekomster i Nordland, og viser også noen mindre registreringer av talk og kleber som er geologiske kuriositeter og er ikke kommentert spesielt i teksten.



Figur 23. Talk- og kleberressurser i NGUs mineralressursdatabase. Beskrevne områder og forekomster er navnsatt.

### 5.6.3 Videre arbeid

Talk og kleberstein er forekomsttyper der Nordland har et betydelig potensial. For talks vedkommende er forekomstene avhengig av oppredning for å kunne sannsynliggjøre at tilstrekkelig kvalitet av sluttproduktet kan framstilles. Videre er mange av forekomstene, for eksempel alle i Linnajavri-området, omfattende dokumentert av NGU slik at ytterligere detaljundersøkelser vil normal måtte gjøres av industriselskaper.

## 6. NATURSTEIN

### 6.1 Kort historikk

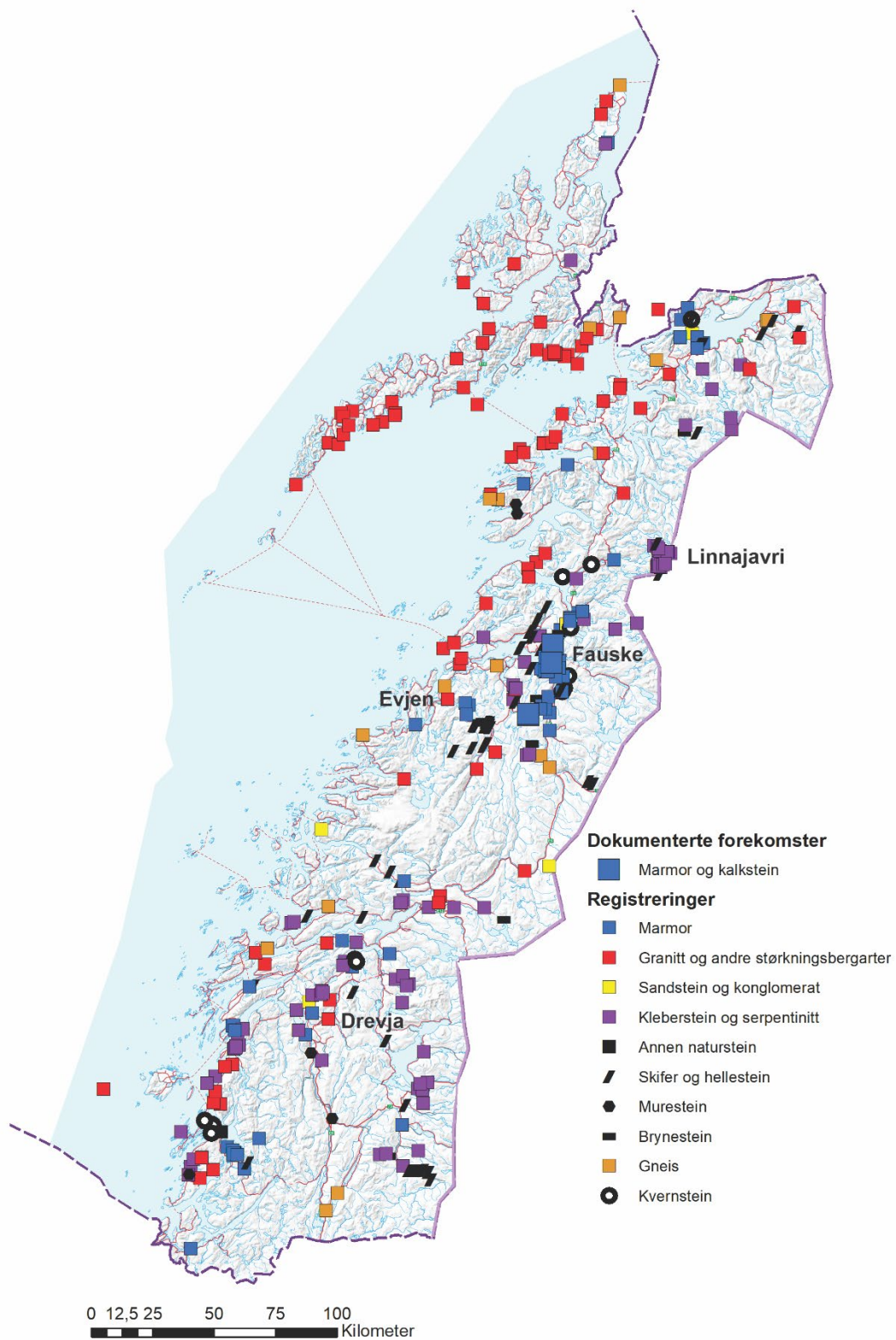
I Nordland har naturstein vært benyttet til bygninger siden middelalderen. Steinkirker ble bygget av kleberstein (søndre Helgeland (Berglund et al. 2017), Bodø og Harstad) og marmor (Gildeskål). Begge disse råstoffene var kjent fra førkristen tid. Særlig kleberstein, som ble benyttet til gryter og kar, vevlodd og en rekke andre nyttegjenstander siden før vikingtiden. Fra vikingtid og middelalder var også granatglimmerskifer til kvernstein en viktig ressurs, som ble produsert i Brønnøy og Salten (Grenne et al. 2014).

Den moderne «steinalderen» i Nordland startet på 1800-tallet, der utnytting av fylkets unike marmorressurser startet med «sentrum» i Fauske (Lindahl 2021). På slutten av 1800-tallet var det stor drift i Fauskemarmor, og mer kortvarig drift i Velfjord og Ballangen. På 1900-tallet ble det drift på hvit marmor nær Tjøtta på Helgelandskysten (Heldal & Jansen 2000, Karlsen 1991, Heldal 1994). I dag er det fremdeles drift i Fauskemarmor og sporadisk drift i en nærliggende forekomst ved Leivset (Figur 24). NGU har i tillegg til nevnte referanser utført regionale og lokale undersøkelser i Bodø-Saltenområdet (Heldal & Gautneb 1995, Heldal 1996, Heldal m.fl. 2006, Lindahl 2003 og Henderson m.fl. 2016).

Skifer til tak og mur har vært viktig i lokale byggerier, og en industri av en viss størrelse utviklet seg både i Skaiti (Gvein 1968) og ved Storjord i Beiarn på tidlig 1900-tall (Poulsen 1941, Ryghaug 1977). En rekke andre steder er det tatt skifer til lokal bruk, for eksempel i Susendalen (Bjerkgård & Lund 2009).

Granitt og gneis har utover hele 1900-tallet vært utnyttet mange steder i Nordland; til kaier, bygninger, broer og murer. Det finnes en rekke gamle brudd som vitner om det. Grønnsvarthangeritt fra Lødingen ble i mange år utnyttet som blokkstein for eksport og nasjonal produksjon av fasadeplater, gulvflis og gravmonumenter (Lindahl 2011, Lindahl & Bjerkgård 2006). Rosa granitt fra Steigen likedan, men i en kortere periode. I dag er det Evjen Granitt i Beiarn som opprettholder tradisjoner i fylket med produksjon av plater, emner og spesialformater av granitt og selger til hele Norge. Et nytt brudd i Drevja produserer hvit granitt, litt for murestein og litt for knust stein (Figur 25).

Nordland har trolig Norges største kleberstein-forekomster, samlet i fjellområder rundt Linnajavri. Disse ble dokumentert grundig tidlig på 2000-tallet (Lindahl & Nilsson 2008).



Figur 24. Natursteinsressurser i NGUs mineralressursdatabase. Kvernstein- og brynesteinsbruddene har kun historisk interesse.

## 6.2 Status på kunnskap og aktivitet

Nordland er det best dokumenterte fylket i Norge når det gjelder naturstein (se NGUs karttjenester for mineralressurser<sup>1</sup>). Dette skyldes godt samarbeid mellom Nordland Fylkeskommune og NGU i flere prosjekter, samt to Interreg-prosjekter:

- Nordlandsprogrammet 1992-1999: Sluttrapport 2000.030
- PNASTINA – **P**romotion of **N**atural **S**Tone deposits **I**n the **N**orthern **A**reas 2000-2006
- NIBA – **N**atural stone deposits **I**n **B**otnia **A**tlantica 2009-2011:

I boken «Bygningsstein i Nordland» (Lindahl 2012) og dens vedlegg finnes en oversikt over bygningsstein, dens bruk og lagt ved utfyllende informasjon om de ulike geologiske steinprovinserne i fylket. Vedlegget til boken finnes på lenken <https://www.ngu.no/upload/Georessurser/Naturstein/niba.pdf>. Vedlegget dokumenter alle de enkelte forekomstene som finnes i fylket, inndelt etter kommune og hver forekomst er dokumentert etter beliggenhet, bergart og geologisk innramming, mineralogi, historikk, bruk og vurdering og henvisning til litteratur.

Ifølge Direktoratet for mineralforvaltning sine åpne data på uttak<sup>2</sup> er det per september 2024 aktiv drift på fem natursteinslokaliteter i Nordland. Disse er:

Tabell 3. Natursteinsbrudd i Nordland

Natursteinslokalitet	Produktgruppe	Type
Løvgavlen marmorbrudd	Naturstein	Marmor
Leivset uttak	Naturstein	Marmor
Evjen granittbrudd	Naturstein	Granitt
Akset	Byggeråstoffer, Naturstein	-
Drevja granittbrudd	Byggeråstoffer, Naturstein	Granitt

## 6.3 3D-kartlegging av Fauskemarmor

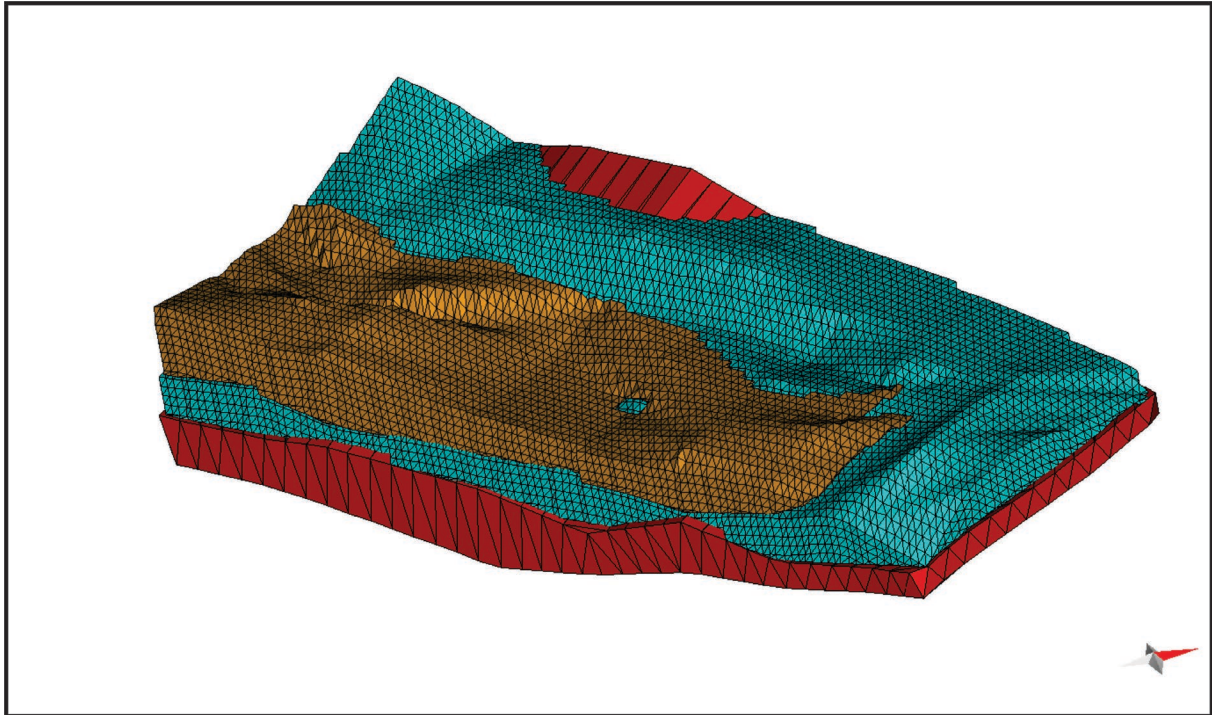
I perioden 2015-2018 ble det utført et utviklingsprosjekt på NGU for å fremskaffe integrerte høyde/topografiske og geologiske modeller av undergrunn i utvalgte forekomster (Henderson m.fl. 2016).

En integrert høyde-geologisk modell har blitt laget over marmorbruddet til Norwegian Rose A/S (nå eid av Fauske Marble by Moser) på Fauske (Figur 26). Modellen består av topografi og ortofoto laget fra drone, borehullsdata og en forenklet tolkning på de forskjellige bergartstyper. Basert på 11 2D-profiler ble fire overflater tolket i 3D og ut fra dette ble tre volumer beregnet med programmet 3D Move (Figur 26). De viser et resterende volum på ca. minimum 2,75 Mm<sup>3</sup> for dolomitten, ca. 2,34 Mm<sup>3</sup> for den grå og hvite marmoren og et volum på ca. 560 000 m<sup>3</sup> for konglomerat/sandstein. Dette tilsvarer en tonnasje på ca. minimum 7,4 Mt dolomitt, ca. 2,4 Mt grå og hvit marmor og ca. 1,5 Mt konglomerat-sandstein.

<sup>1</sup>[https://geo.ngu.no/kart/common\\_mobil/?/kart/mineralressurser\\_mobil/ lang=nor::extent=10455.2151588 91282.7267020.441194294.955547.2151588913.7633954.441194294::map=30](https://geo.ngu.no/kart/common_mobil/?/kart/mineralressurser_mobil/ lang=nor::extent=10455.2151588 91282.7267020.441194294.955547.2151588913.7633954.441194294::map=30)

<sup>2</sup> <https://dirmin.no/data> - uttak





Figur 25. Bilde fra 3D MOVE som viser volumer laget basert på omrisset forklart i Figur 15 og de modellerte bergartskontaktene. Dolomitten er rød, grå/hvit marmor er blå og konglomerat-sandstein er oransje.

## 6.4 Fremtidig potensial og prioriteringer

Selv om det gjort betydelig arbeid i å dokumentere, registrere og finne ressurser av naturstein i Nordland, er det likevel mulig å legge inn noe innsats i å få fram muligheter for fremtiden. Vi vil foreslå følgende prioriteringer:

1. Hvit marmor i Nordland. Jakten på hvit marmor var det som startet det nordlandske marmoreventyret. NGU mener at fylket kan ha et betydelig potensial for fremtidig utvinning av hvit marmor, og foreslår en oppfølging av hvit marmor i ulike regioner av ulik alder og sammensetning: fra kalkspatmarmor til dolomitmarmor.
2. Kleberstein Linnajavri – her er det gjort betydelig dokumentasjonsarbeid, men vi foreslår en form for realitetsstudie – er det realistisk å kunne produsere fremtidig kleberstein i dette området?
3. Mangeritt i Lofoten, Vesterålen og Hamarøy: oversikt og kvaliteter av mangerittressurser og potensial for fremtidig produksjon.

## 7. BYGGERÅSTOFFER: SAND, GRUS OG PUKK

Byggeråstoffer er en samlebetegnelse for sand, grus og pukk som brukes av til å bygge veier og annen infrastruktur. Sand og grus er løsmasser som har blitt knust, formet og sortert av naturen selv. Pukk er berg som blir sprengt ut, knust og siktet i forskjellige størrelser.

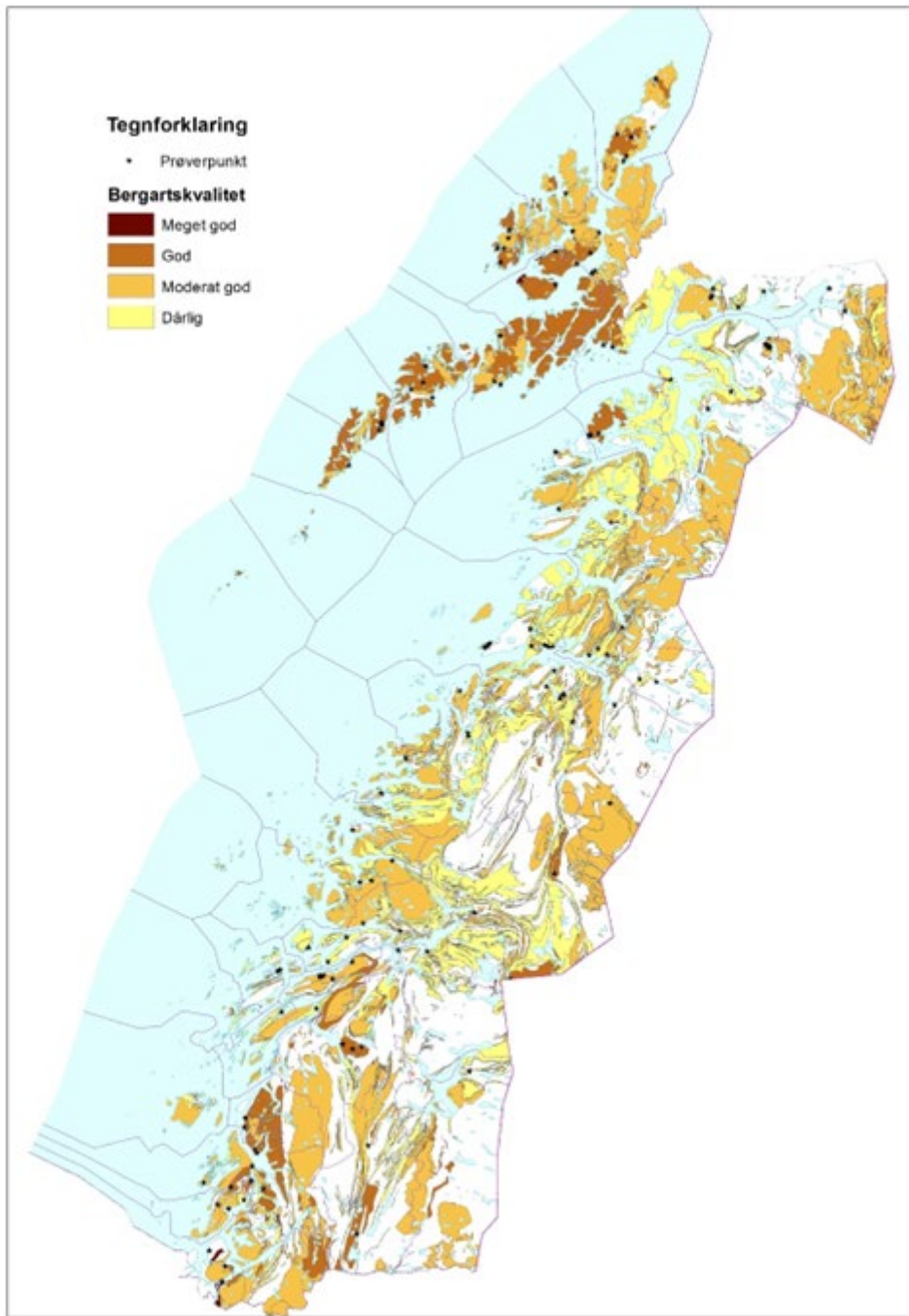
Helt siden midten av 1980-tallet har NGU kartlagt, vurdert og dokumentert grus- og pukkressurser i Nordland. Dette arbeidet har pågått mer eller mindre kontinuerlig med oppdateringer og ajourhold. Følgende rapporter og arbeider er de viktigste for å beskrive prosjektene som er utført i fylket gjennom årene

- Ressursregnskap for sand, grus og pukk i Nordland fylke 1986. NGU Rapport 88.123 (Wolden 1988)
- Ajourhold av Grus- og Pukkdatabasen i Nordland fylke (1998\_1999 – NGU Rapport 2000.056 (Wolden 2000) og 2010\_2012 – NGU Rapport 2012.066 (Erichsen m.fl. 2012).
- Kystnære store pukkverk, ressurspotensialet for eksport fra Nordland fylke. NGU Rapport 97.192 (Erichsen 1997).
- Prognosekart over bergartskvalitet til byggeråstoff formål i Nordland fylke. NGU Rapport 2018.030 (Figur 26, Keiding m.fl. 2018).

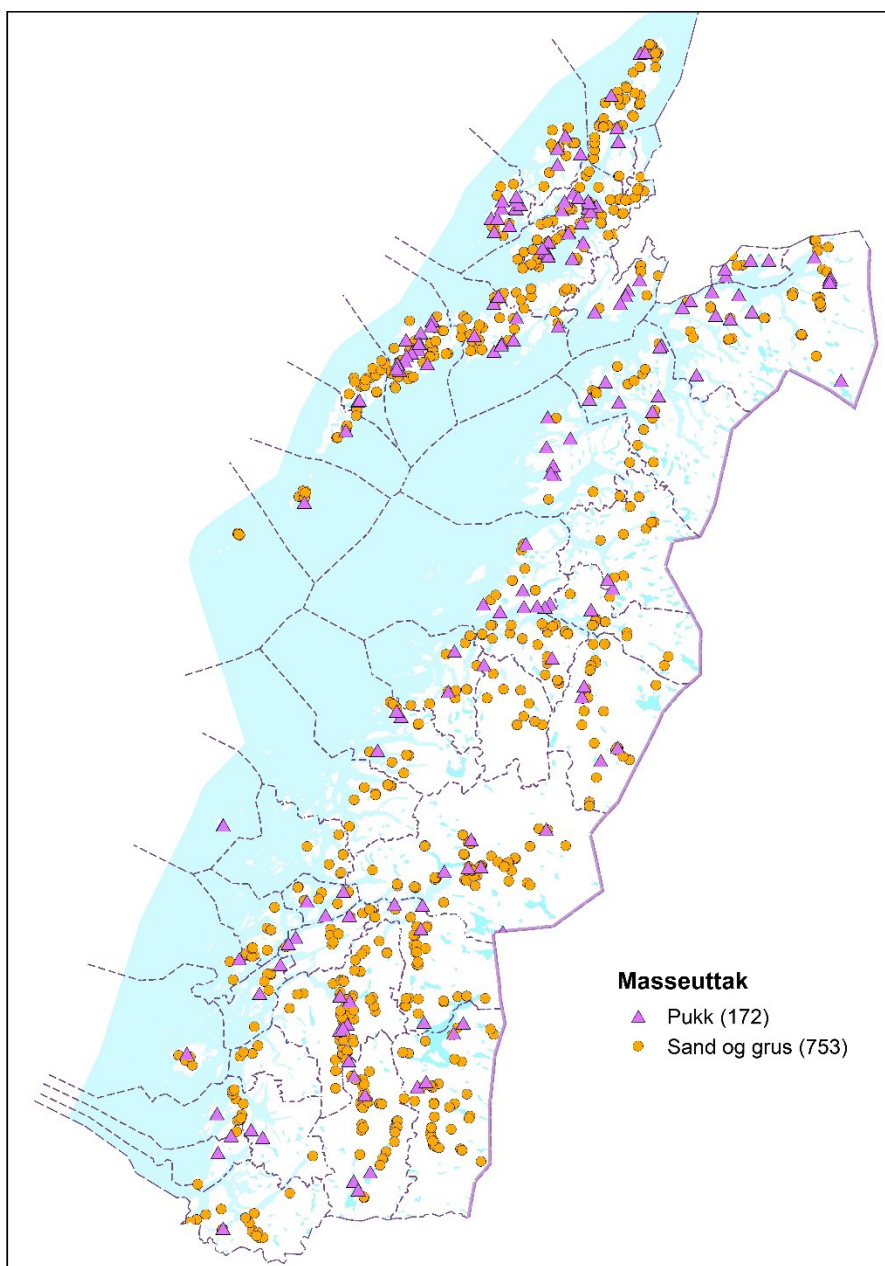
### 7.1 Oppdatering og ajourhold av Grus- og pukkdatabasen

I 2012 er siste gang det ble gjennomført ajourhold av pukk- og grusdata i hele fylket. En vesentlig del av arbeidet den gangen var å bedømme og klassifisere viktigheten av forekomstene i de enkelte kommunene. Basert på informasjon fra Direktoratet for mineralforvaltning (DMF) i sitt ressursregnskap for byggeråstoff ([DMFs ressursregnskap for byggeråstoff | Direktoratet for mineralforvaltning \(dirmin.no\)](#)) er det registrert betydelig endring over antall uttak siden NGUs siste ajourhold. I oppdatert ressursregnskap for 2023 for Nordland oppgir DMF 39 uttak i sand og grus og 59 uttak i pukk.

I NGUs Grus og pukkdatabase er det 172 lokaliteter med pukkressurser og 753 med sand- og grusressurser (Figur 28).



Figur 26. Prognosekart over bergartskvalitet (NGU Rapport 2018.030). Inndelingen i kvalitet er basert på Statens vegvesens krav for tilslag i asfaltdekke.



Figur 27. Byggeråstoffressurser i Nordland hvor det er/har vært masseuttak. NGUs Grus- og pukkdatabase. Antall uttak i parentes.

## 7.2 Forekomster av nasjonal eller regional råstoffbetydning i fylket

I 2023 ble det gjennomført en oppdatert [klassifisering](#) av nasjonale og regionale grus- og pukkforekomster i Norge. Tabell 4 gir en oversikt over de viktigste forekomstene av byggeråstoffer i Nordland fylke.

Tabell 4. Viktige forekomster av byggeråstoff i Nordland fylke.

Kommune	Forekomst	Betydning	Ressurs
Narvik	Rombak Pukkverk A/S	Regional	Pukk
Bindal	Vikestadvågen	Regional	Pukk
Alstahaug	Siva industriområde	Regional	Pukk
Leirfjord	Helgeland pukkverk	Regional	Pukk
Vefsn	Veset 1	Regional	Pukk
Vefsn	Veset 2	Regional	Pukk
Dønna	Gleinsfjellet	Regional	Pukk
Nesna	Tomma pukkverk	Regional	Pukk
Meløy	Fonndalen	Regional	Grus
Lødingen	Anfinnslett pukkverk	Regional	Pukk
Bø	Kobbvågen	Regional	Pukk

## 7.3 Videre arbeid

For å god oversikt over ressurs situasjonen og fremtidig behov for kartlegging i Nordland vil det være svært nyttig med et oppdatert ressursregnskap. Dette vil gi NGU grunnlag for å prioritere kartlegging av byggeråstoffer der behovet er størst. NGU anbefaler Nordland Fylkeskommune å kontakte Direktoratet for Mineralforvaltning for å undersøke om det er mulig å lage et detaljert ressursregnskap med oversikt over uttak, forbruk, import og eksport av masser på kommunalt nivå.

Basert prognosekart og tilhørende rapport (Figur 28), ressursregnskapet og informasjon om fremtidige planer for bygging av vei og infrastruktur vil NGU kunne gjøre en prioritert kartlegging av byggeråstoffer der det er ressursknapphet og behovet størst. For å sikre best mulig utnyttelse av masser som tas ut i forbindelse med veiprojekter er geologisk forutsigbarhet viktig. Det vil være hensiktsmessig med tidlig geologisk kartlegging og kvalitetsvurdering langs fremtidige veiprojekter i fylket. Et slik arbeid bør gjøres i samarbeid med vei-eiere som Statens Vegvesen og Nordland fylkeskommune.

## 8. STATUS PÅ KARTLEGGING OG KUNNSKAPSNIVÅ

### 8.1 Geologisk kartlegging

De geologiske berggrunnskartene danner et viktig grunnlag for identifisering og vurdering av mineralressurser, og brukes også som grunnlagsdata i utbygging av infrastruktur, geofare, i oljeindustri, havbruk og reiselivsnæring. Berggrunnskartene baserer seg på tolkninger fra geofysiske undersøkelser og feltkartlegging over flere år. Feltarbeid gjennomføres ved prøvetaking og enkeltobservasjoner innenfor rekkevidden til kartleggings skala. Prøvedata blir så analysert og settes sammen til en helhet med prosessforståelse, kunnskap om egenskaper og utbredelse i tre dimensjoner. Analysene handler om å bestemme mineralinnhold, kjemisk sammensetning og alder. Tilsammen danner all denne informasjonen grunnlaget for å sammenstille et berggrunnsgeologisk kart, som i tillegg til fordelingen av de ulike bergartene, viser den geologiske og tektoniske historien og oppbyggingen av området.

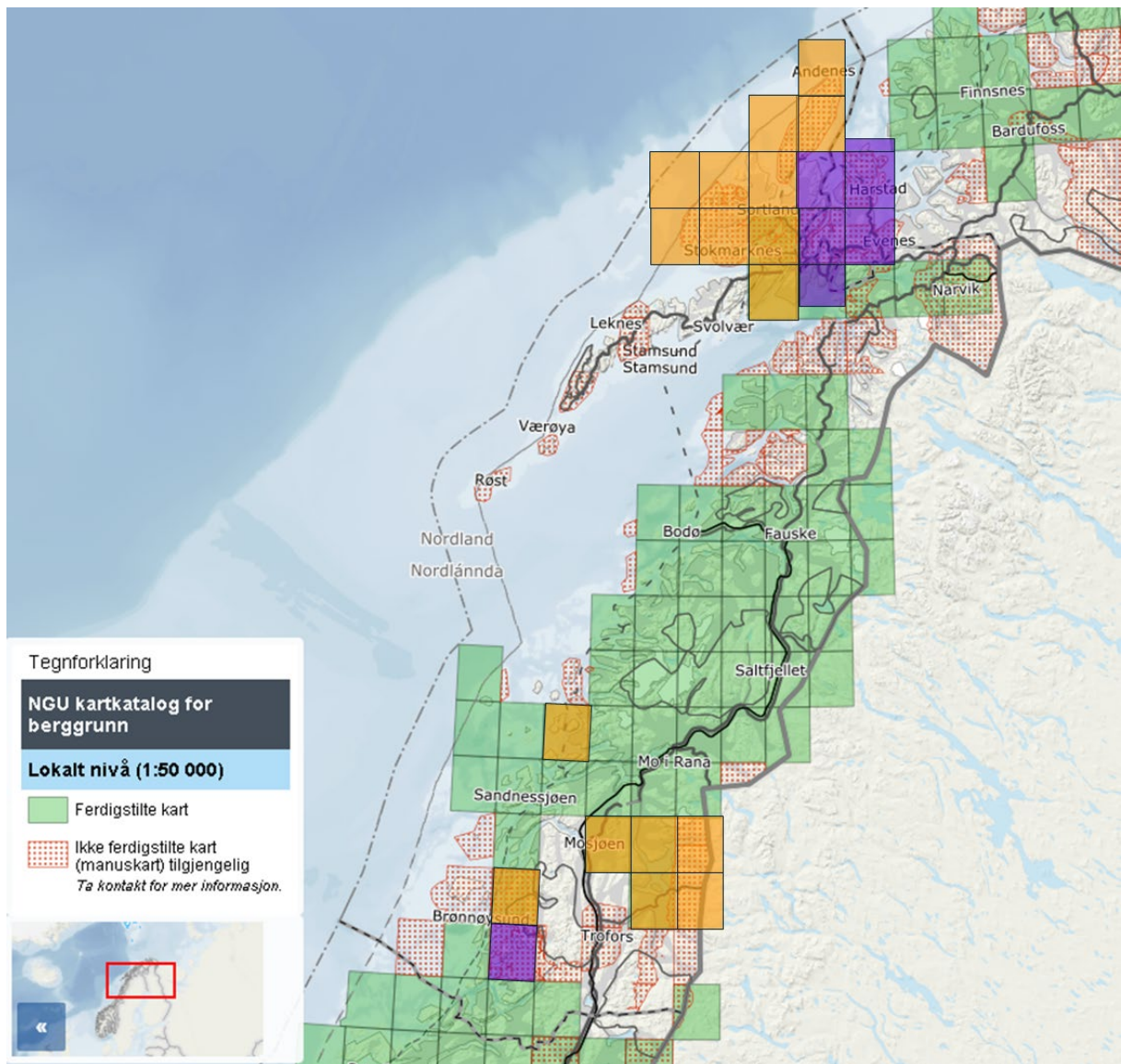
Fylket har en del data tilgjengelig både som kart, manuskart og datagrunnlag ellers. Hele fylket er dekket i skala 1:250 000. I den mer detaljerte kartserien, skala 1:50 000, finnes det en del store hull i dekningsgraden (Figur 29). Det er kun 59 av ca. 124 kartruter som er ferdig kartlagt. Kun 25 av kartrutene oppfyller dagens standard for tilfredsstillende kvalitet (lysegrønn og mørkegrønn). Lav kvalitet betyr lite informasjon i kartet, feil i kartlegging, mangel på profiler som viser utbredelse i dypet og/eller eldre geologisk forståelse eller håndtegnet kart.

Det finnes mye arbeid som er tett på ferdigstilling i Hattfjelldal og i Vesterålen som krever mindre arbeid for å oppnå beste kvalitet. I tillegg finnes det enkelte kart som nå er klassifisert som lav kvalitet, som kan med en mindre arbeidsmengde løftes inn i tilfredsstillende kvalitet. Disse kartområdene er fremhevet med orange farge i Figur 29.

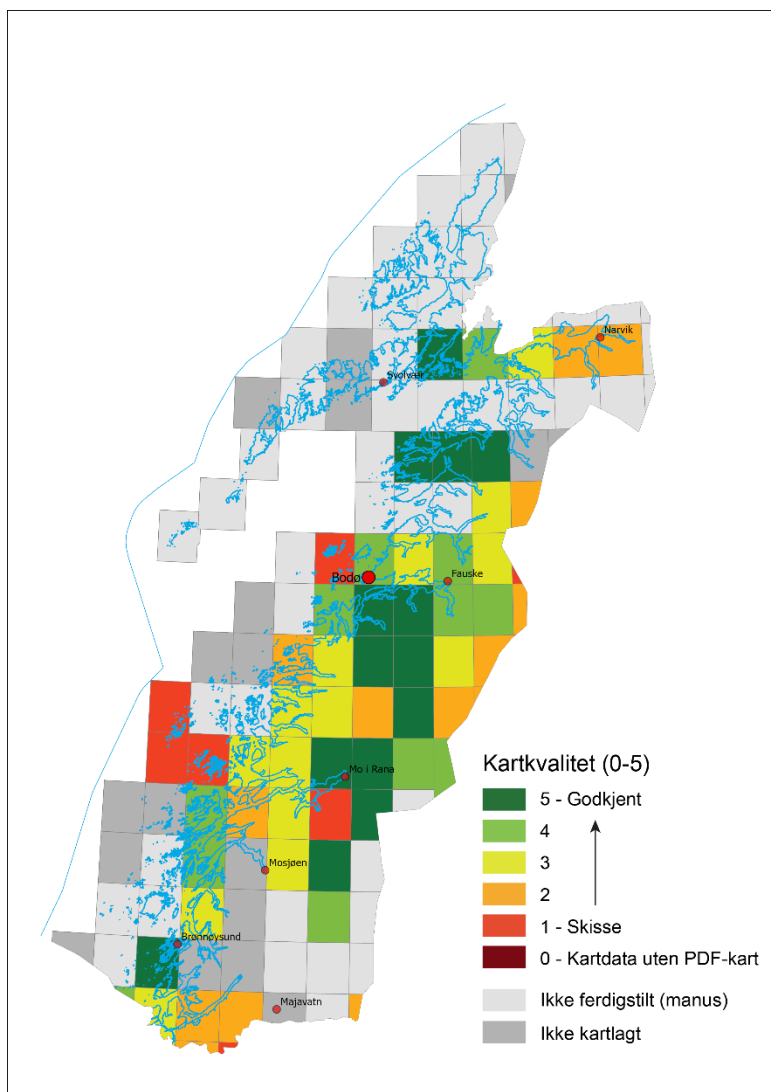
Det finnes også en rekke manuskart for fylket (Figur 30; røde felter). Dette er uferdige kart, data og skisser som er ivaretatt fra eldre eller tilsendt arbeid. Dette er i de fleste tilfellene et viktig kunnskapsgrunnlag for kartlegging og letter en del av arbeidet

I dag foregår det aktiv kartlegging i Kvæfjord-området og dette arbeidet planlegges å ferdigstilles i 2025. Det foregår også en sammenstilling av en kartrute i Velfjord med ferdigstilling ved utgangen av 2024 (se Figur 29).

Normalt påregnes et nytt berggrunnskart (en kartrute eller tilsvarende areal) en tidsramme på ca. 4 år med et forskerteam på 3-4 personer. Om kartrutene er nært geologisk knyttet sammen med likheter i det regionale bildet, eller har mange høykvalitetskart rundt seg, blir tidshorisonten mindre.



Figur 28. Dekningskart over Nordland i skala 1: 50 000, som viser dekningsgrad og manuskart for området. Lilla felt viser pågående arbeid, orange felt viser lavthengende frukter.



Figur 29. Informasjonskvalitet for berggrunnskartserien 1:50 000 over Nordland fylke, fordelt på kartruter.

## 8.2 Geofysisk kartlegging

NGU utfører geofysiske målinger fra fly, helikopter, droner, skip, på bakken og i borehull. Geofysiske målinger fra fly og helikopter dekker store arealer, og er helt avgjørende for å kunne kartlegge geologi i stor skala.

NGU har gjennomført geofysiske målinger fra fly siden 1959 med kontinuerlig oppdateringer med helikopter fra 1974 for å bedre kvalitet og detaljeringsgrad. NGU samler inn magnetiske, elektromagnetiske og radiometriske data som er nødvendige ved kartlegging av berggrunn og mineralressurser. Målingene gir også viktig informasjon om farer for radon og radioaktivt nedfall og potensial for geotermisk energi i tillegg til kvikkleire for arealplanlegging og svakhetssoner i fjell for tunnelplanlegging.

Hele Nordland fylke ble i perioden 1965-1973 dekket med regionale flymagnetiske målinger med 2 km profilavstand og 800-1500 m flyhøyde. Dette er analoge data og kotekartene ble tegnet manuelt. De manuelt tegnede isolinjene er senere digitalisert og interpolert til et 500x500 m rutenett. Dette datasettet er meget skjematisk og kan f.eks. ikke brukes til detaljert berggrunnskartlegging i målestokk 1:50 000.



Deler av Nordland fylke er etter 1981 dekket med detaljerte magnetiske, radiometriske og elektromagnetiske målinger fra helikopter (profilavstand 200 m og ca. 100 m flyhøyde). I 2011 og 2014 ble henholdsvis kystområdene og nasjonalparkene i Svartisen-Saltfjellet, Børgefjell og Lomsdal-Visten og tilgrensende områder dekket av magnetiske flymålinger med middels oppløsning (dvs. 500 m profilavstand og 80-500 m flyhøyde). Figur 30 viser områdene med geofysiske målinger som er utført i Nordland fra fly og helikopter i perioden 1981 til 2021. En kort oppsummering av disse undersøkelsene er gitt nedenfor. NGU har gjennomført en rekke forskningsprosjekt basert på geofysiske data fra Nordland (se referanseliste Kap. 11.1).

### 8.2.1 Geofysiske målinger fra fly

I 2011 ble det gjennomført høyoppløselige/-sensitive magnetiske flymålinger i et område på ca. 35.000 km<sup>2</sup> langs kysten av Nordland, Vestfjorden og Lofoten, LOVAS-11. Disse målingene var delfinansiert av Statoil og Det norske oljeselskap (i dag AkerBP). Repsol Norge kom inn som partner i 2013.

Relativt høyoppløselige magnetiske og radiometriske flymålinger, TRAS-12 dekket kysten av Trøndelag og sørvestlige deler av Nordland. Målingene ble utført av NOVATEM og var en del av Crustal Onshore-Offshore prosjektet (Coop) (Olesen m.fl. 2015). Profilavstand og krysslinjearvstand var henholdsvis 300 m og 3 km mens flyhøyden var ca. 60 m. Målet med undersøkelsene var å kartlegge større strukturer og geotermiske egenskaper i berggrunnen langs kysten, men også for å være til nytte for planlegging av veier og tunneller og kartlegging av faren for radon.

NGU gjennomførte i samarbeid med NOVATEM magnetiske flymålinger i 2014/15 over Helgeland og området ble delt i ett nordlig og sørlig område; HAS-14 North og HAS-14 South. Prosjektet besto totalt av 33,598 linje-kilometer.

### 8.2.2 Geofysiske målinger fra helikopter

Geofysiske målinger fra helikopter i Nordland er i hovedsak utført ved bruk av NGUs måleutstyr (magnetometer, EM-system og radiometer). I tillegg er også detaljerte helikoptermålinger gjort av NGU og private selskaper i mindre områder i forbindelse med undersøkelser av mineralressurser. Områdene som er målt og metodene som er benyttet er vist i Figur 30.

Helikoptermålingene er gjennomført i perioden fra 1981 til 2021 og ble intensivert i forbindelse med MINN-programmet i perioden 2011-2015 og spesielt i den nordlige delen av fylket. Disse målingene har mye bedre oppløsning enn flymålingene da linjeavstanden er tettere og målehøyden er lavere. En annen fordel er at flere målemetoder enn magnetiske målinger kan benyttes. Elektromagnetiske og radiometriske data i tillegg og gjør at de bedre egnet for mineralleting og berggrunnsgeologisk kartlegging.

Nordland fylke har mangelfull dekning av høyoppløselige geofysiske data. Store undersøkelser som LOVAS-11 og HAS-14 gir oversikt over regionale geologiske og geofysiske trekk, men oppløsningen er ikke god nok for detaljerte undersøkelser til bruk ved mineralleting og geologisk detaljkartlegging i målestokk 1:50.000. NGU ønsker derfor å fortsette med helikoptermålinger med bedre oppløsning de neste årene.

Radiometriske målinger fra helikopter viser anrikning av uran i deler av Rana og Hamarøy og slike målinger bør også utføres i resten av fylket for å kartlegge potensialet for radon, samt for å påvise opptreden av cesium forårsaket av radioaktivt nedfall relatert til Tsjernobylyllykken. Vi vet at sørlige deler av Helgeland ble rammet av slikt nedfall.

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

### 8.2.3 Geofysiske bakkemålinger

NGU bruker en lang rekke metoder ved geofysiske målinger på bakken; elektriske og elektromagnetiske, seismiske, radiometriske, magnetisk, gravimetrisk og georadar. De ulike metodene benyttes til ulike formål blant annet mineralletting, infrastrukturbygging, vurdering av skred- og radonfare, geotermisk kapasitet osv. Bakkemålingene er detaljerte over mindre områder og en oversikt over hva som er gjort i Nordland er Figur 31 nedenfor.

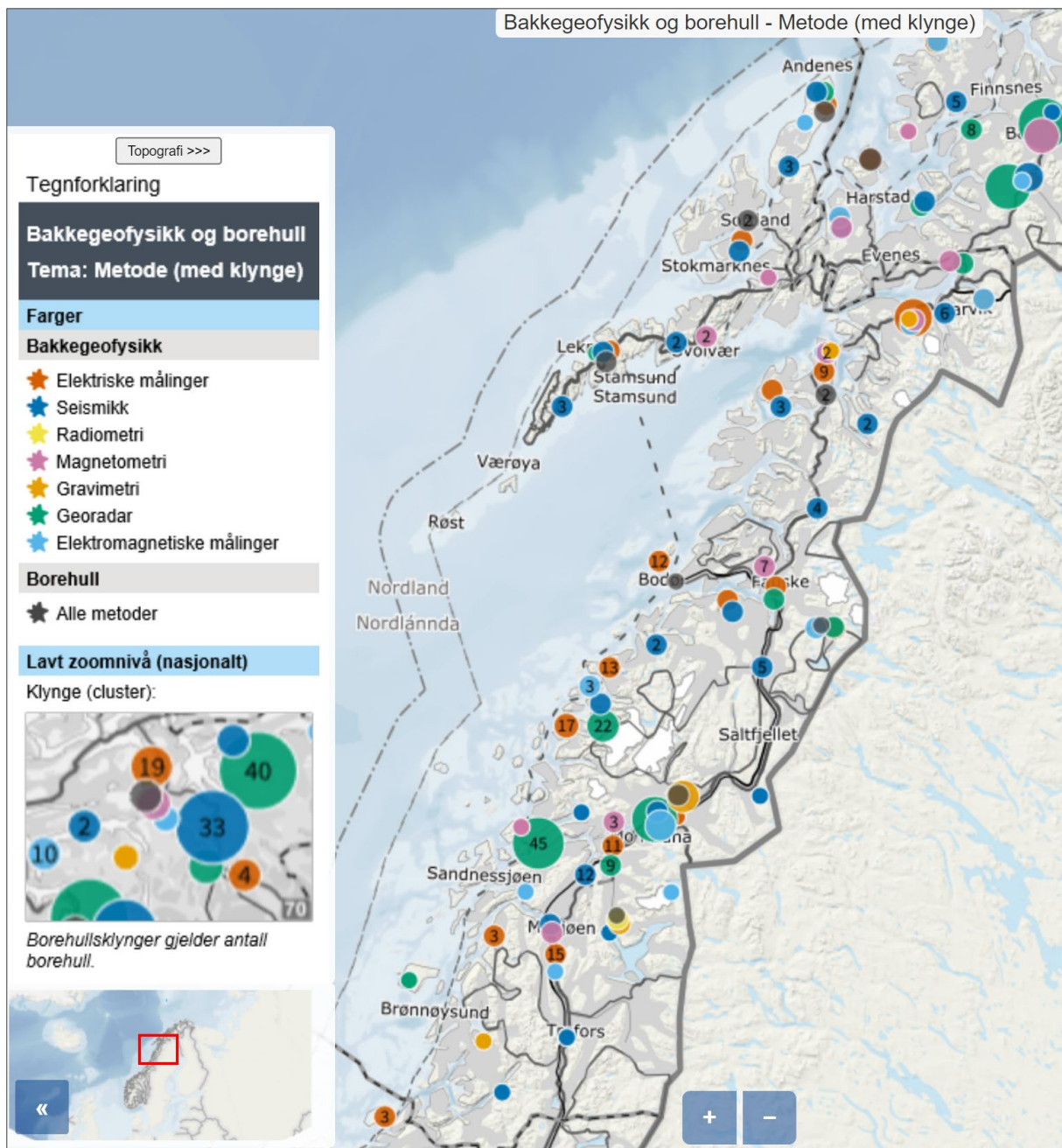
[https://geo.ngu.no/kart/geofysikk\\_mobil/](https://geo.ngu.no/kart/geofysikk_mobil/). Geofysiske bakkemålinger har blitt utført for eksempel over de fleste av de viktigste grafitt-forekomstene, en oversikt av disse undersøkelsene er gitt av (Gautneb m fl., 2020)

Det er utført geofysisk logging i tre dype borehull, Leknes, Drag og Bleikvassli. Modellberegninger viser at potensialet for dyp geotermisk energi er størst i Rana-området.

### 8.2.4 Videre arbeid

NGU anbefaler at det lages en plan for å dekke de resterende områdene med tilstrekkelig detaljerte geofysiske målinger. Arealet utgjør ca. 14 000 km<sup>2</sup>. Med en profilavstand på 200 m utgjør dette ca. 70 000 profil-km.





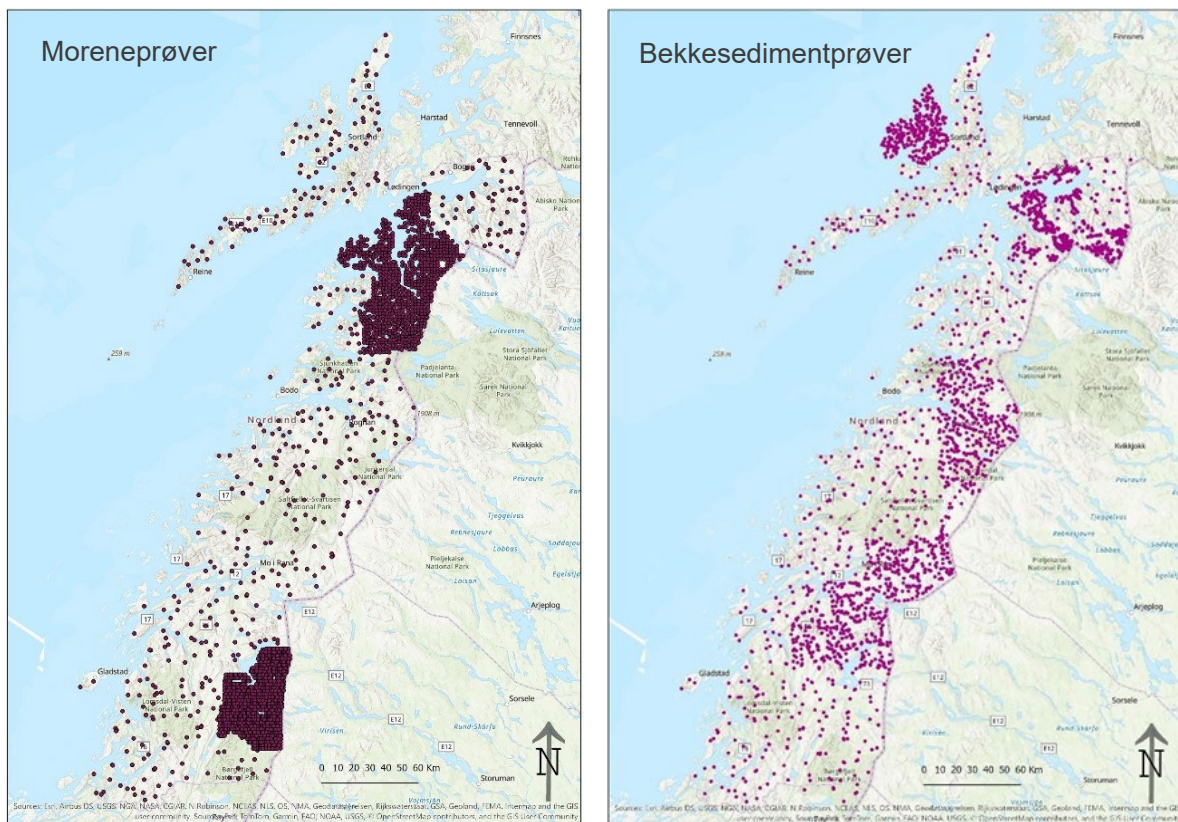
Figur 31. Dekningskart over geofysiske målinger utført på bakken i Nordland fylke. Elektriske og elektromagnetiske målinger brukes i malmleting, mens georadar og seismikk oftest brukes til kartlegging av løsmasser for grunnvannsundersøkelser og kartlegging av sand- og grus-forekomster. Gravimetri-data brukes både til regional kartlegging og mineralleting (f.eks. i Rana- og Bleikvassli-områdene) [https://geo.ngu.no/kart/geofysikk\\_mobil/](https://geo.ngu.no/kart/geofysikk_mobil/)

### 8.3 Geokjemisk kartlegging

NGU har prøvetatt forskjellige typer løsmasser siden 1980-tallet. De resultatene som er presentert her kombinerer mange prosjekt, som har prøvetatt morene og bekkesedimenter i forskjellig skala, fra 1980-tallet til 2013 (Figur 33).

#### 8.3.1 Morene

Under MINN-programmet ved NGU ble lagrede prøver fra hele Nord-Norge reanalysert, for å gjøre tidligere studier sammenlignbare (Reimann og medarbeidere, 2011). Disse prøvene har en tetthet på en prøve/50 km<sup>2</sup>. Med disse resultatene som bakgrunn ble det utført mer detaljerte undersøkelser med høyere tetthet (en prøve/2-4 km<sup>2</sup>) i områder av interesse: Nord-Salten (Finne og Eggen, 2013) og Hattfjelldal-området (Eggen og Finne, 2014; Andersson og medarbeidere, 2015). Alle disse undersøkelsene er blitt utført med akkurat samme prøvetakings- og analysemetodikk og kan derfor brukes sammen for videre statistiske analyser.



Figur 32. Kart som viser dekning av morene- og bekkesedimentprøver i Nordland.

#### 8.3.2 Bekkesediment

Det ble tatt mange prøver av bekkesedimenter i Nordland på 1970-80-talet. Dessverre er de aller fleste studier fra 1970-tallet ikke tilgjengelig digitalt (Bølviken, 1970a/b/c; Krog, 1971/1976/1977/1982; Volden, 1978) og de er derfor ikke inkludert i kartanalysen. Analyseresultat fra undersøkelser og prøvetakinger som her har blitt slått sammen, da kornstørrelse og analysemetode er lik, kommer fra mange studier fra 1980-tallet (Næss, 1983; Krog, 1987). Noen av disse har blitt inkludert i senere rapporter (Finne, 1999a/b) og datasett.

### 8.3.3 Kartlegging av geokjemiske anomalier

Implementeringen av geokjemisk anomalikartlegging i store geokjemiske datasett gjør det mulig å identifisere områder der et grunnstoff eller grupper av elementer er mer dominerende i forhold til deres respektive bakgrunnsverdier (Figur 34). Kombinasjonen av forskjellige log-ratio-transformasjoner med bruk av uovervåkede maskinteknikker kan være en effektiv tilnærming for å redusere usikkerhet med historiske data fra flere kilder.

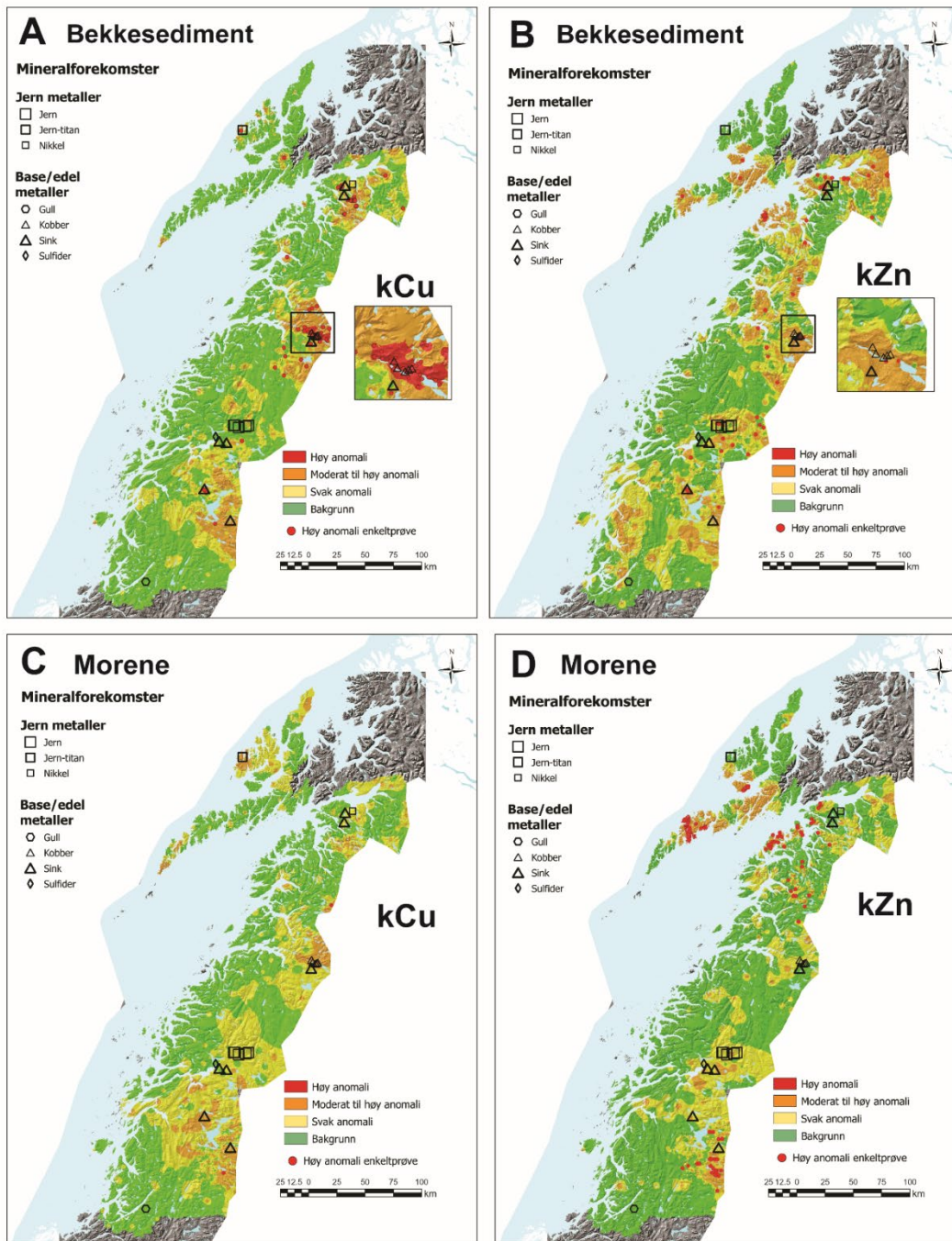
For disse kartene ble det testet med å kombinere log-ratio transformasjon, uovervåket læring og prinsipper for utforskende dataanalyse (EDA) for å produsere anomalikart fra historiske data for Cu og Zn i bekkesedimenter og morene.

### 8.3.4 Arbeidsflyt for kartproduksjon

En hierarkisk klyngeanalyse ble først utført for å identifisere de naturlige grupperinger av elementer i et trelignende plott kalt dendrogram. Elementer som ligger nære hverandre i et dendrogramplott er sterkt korrelert. Komposisjonsbalansene tatt fra dendrogrammene korresponderer med belastninger av en isometrisk log-transformasjon. Denne metodikken er beskrevet i detalj av Acosta-Gongora et al. (2024). Etter at belastningene var beregnet, ble en Inverse Distance Weight-interpolering (IDW) brukt på hvert datasett. Klassifisering av rasterkartene ble deretter gjort ved hjelp av prinsipper fra EDA og Tukey-boksplottene (Tukey 1977). Balanseverdier (dvs. belastninger) ble klassifisert for å identifisere bakgrunnsområder, svakt anomale, moderat tigl sterkt anomale og sterkt anomale områder. Derfor vises kartene som k(Cu og Zn) da de ikke beskriver konsentrasjon direkte (Figur 34).

### 8.3.5 Naturlige bakgrunnsnivåer

Jord og berggrunn har store konsentrasjonsvariasjoner av grunnstoff. Normverdien er en grenseverdi som forteller om grunnen kan innebære en forurensningsrisiko eller utgjøre en risiko for helse eller miljø. Da masser inneholder høyere konsentrasjoner enn de av Miljødirektoratet fastsatte normverdiene (dokumentert i Forurensingsforskriften), kategoriseres de som forurensede masser. Noen kommuner har lokale, forhøyede normverdier på grunn av naturlig høyere bakgrunns konsentrasjoner i det aktuelle området, f.eks. Bodø har en lokal normverdi for krom på 100 mg/kg (50 mg/kg nasjonal normverdi). Når det gjelder metaller og arsen i løsmasser, forekommer det generelt i Nordland overskridelser av normverdien fremst for nikkell, arsen og krom.



Figur 33. Bekkesediment og morenegeokjemi- anomalikart for Cu og Zn (ikke direkte konsentrasjonskart). Anomalikartene presenterer kCu- og kZn-vektorer, som er proxyer for Cu- og Zn-mineralisering. Moderate (oransje) til svært sterkt anomale (røde) områder kan anses som potensielle prospekt.

## 9. FORSLAG TIL PRIORITERTE TILTAK

Nordland er på landsbasis relativt godt dekket av gode grunnlagsdata; geologi, geofysikk, geokjemi og mineralressurser selv om det er store hull i dekkningen av geologiske og geofysiske data. Moderne undersøkelser og karakterisering av kjente ressurser i regionalt perspektiv, med henblikk på funn av nye forekomster, har blitt gjennomført i varierende grad.

I områder med potensial for mineralressurser og god dekning av alle typer geologiske data kan nye bearbeidings-/sammenstillingsmetoder som maskinlæring benyttes for bedre å kunne fokusere oppfølgende undersøkelser til de mest interessante områdene. For å kunne benytte denne metoden i andre potensielle områder må gode geofysiske målinger og geokjemisk prøvetaking fulgt av geologisk kartlegging gjennomføres først.

Den gode dekkningen av geokjemiske løsmassedata bør brukes sammen med mineralressursdata og nye metoder for analysering av geokjemiske data for å bringe fram nye ideer og tolkninger av områder med potensial for ulike mineralressurser.

Basert på gjeldende kunnskap om mineralressurser, samt status på geologisk, geofysisk og geokjemisk kartlegging er det i Tabell 5 listet forslag til tiltak som kan iverksettes for å utvide mulighetsrommet for fremtidige funn av drivbare mineralressurser i Nordland. Det er imidlertid viktig å være klar over at geologiske data som vil frambringes av de foreslåtte undersøkelsene har bruksverdi som går langt utover de rene næringsinteressene. Geologiske, geokjemiske og geofysiske data er viktige ved utbygging av infrastruktur, i miljø- og samfunnssikkerhetsperspektiv og for forvaltningen av naturressurser i videre forstand enn mineralske råstoffer.

Tabell 5.. Kunnskapsnivå og forslag til tiltak angitt tabellarisk.

Type	Kap.	Kunnskapsnivå	Behov for tiltak
Geologisk kartlegging	8.1	Noe mangelfull dekning av geologisk kartlegging i målestokk 1:50.000. Variabel kvalitet på utgitte kart.	Det bør utarbeides en langsiktig plan for videre geologisk kartlegging. Områder med potensial for mineralressurser og er nær fullført sammenstilling bør prioriteres.
Geofysisk kartlegging	8.2	Noe mangelfull dekning med høyoppløselige data som er nødvendig for bruk i for eksempel geologisk kartlegging i målestokk 1:50.000. Mangelfull dekning av radiometriske data, spesielt i midtre deler av fylket.	Plan for dekning av høyoppløselig geofysiske data bør utarbeides. På grunn av topografien må målinger fra helikopter benyttes. Kvikkleire og radonproblematikk bør følges opp med flere detaljundersøkelser.
Geokjemisk kartlegging	8.3	God dekning av geokjemiske prøver av løsmasser; bekkersedimenter og morene.	Analysering av eksisterende geokjemiske data bør gjøres med nye metoder og kan gjøres i tidlig fase for å peke på områder med potensial for mineralressurser. Videre oppfølging med detaljert prøvetaking av morene i enkelte områder bør vurderes. Geokjemiske data er også viktig i natur- og miljøforvaltning.
Jern	4.1	Jern-forekomstene av Dunderland-type som utvinnes i dag av Rana Gruber er godt dokumentert	Rana Gruber har store reserver og ressurser som vil dekke behovet i mange ti-år framover. Andre registreringer av jern i fylket er for små til å ha økonomisk interesse.



Jern-titan± vanadium±fosfor ±sjeldne jordarter	4.2	Disse mineraliseringene er til en viss grad undersøkt i Vesterålen uten at større forekomster i tillegg til Selvåg er identifisert.	Fordelingen av vanadium i Selvåg-forekomsten bør undersøkes nærmere. En ny metode som bruker maskinlæring for å lage prediktive kart ved å integrere geologiske, geofysiske og geokjemiske data er utviklet ved NGU og bør brukes for å undersøke potensialet for disse mineraliseringene i Lofoten-Vesterålen AMCG-kompleks. Geofysiske målinger er ikke utført i Lofoten.
Nikkel-kobber	4.3	Nikkel-kobber mineraliseringer i fylket er godt undersøkt de senere årene.	Råna-forekomsten er den viktigste kjente Ni-Cu forekomsten i fylket. Nye tolkninger og letemodeller utvikla i Råna kan trolig også brukes ved vurdering av liknende intrusjoner i fylket.
Andre ferrolegeringsmetaller; Krom, molybden og wolfram	4.4	Disse mineraliseringene er dokumentert i varierende grad, og ingen større krom – eller molybden-forekomster er identifisert.	Dannelsen av Målvika wolfram-forekomst ser ut til å være tilknyttet granitter som tilhører Visttindan-komplekset og det kan være et potensial for tilsvarende mineraliseringer i området. Dette bør undersøkes
Basemetaller; kobber, sink og bly	4.5	Det er gjort omfattende undersøkelser av de fleste provinsene med basemetall-forekomster Nordland. Minst arbeid har vært gjort i den nordligste Ofotfjord-provinsen	I deler av områdene ved Ofotfjorden har NGU nettopp gjort nye geofysiske målinger som bør følges opp med kartlegging. Det er behov for en bedre forståelse av dannelsen av de mange forekomstene og fordelingen av spormetaller i disse i Sulitjelmafeltet. En 3D-modellering av feltet vil være nyttig i denne sammenheng.
Gull og sølv	4.6	Gull- og sølv mineraliseringene i sørlige Nordland er godt undersøkt, og de er marginale av størrelse.	Kolsvik-forekomsten er den mest interessante i sørlige Nordland og utvinning av gull fra denne kan en gang i framtida være aktuelt. Gull-mineraliseringer tilknyttet skjærsoner i Rombaken-Skjomen har også vært undersøkt, og det kan være et potensial for større mineraliseringer der.
Beryllium og sjeldne jordarter	4.7	Bordvedåga Be-forekomst er godt undersøkt med kjerneboring. Undersøkelser av REE i grunnfjellsvinduene ellers er mindre systematisk.	En ny modell for dannelsen av Bordvedåga-forekomsten gjør det aktuelt å se om det er muligheter i andre deler av Høgtuva-vinduet. Ny og mer systematisk kartlegging og prøvetaking av de registrerte REE anomale områder ved Tysfjord bør gjennomføres.
Sekundære ressurser	4.8	Potensiale for sekundære ressurser er lite undersøkt. NGU har nylig startet arbeidet med å kartlegge og	Aktuelle områder for kartlegging, prøvetaking og analysering i Nordland er Ballangen, Bleikvassli og Sulitjelma.

		vurdere potensialet for kritiske mineraler i gruveavganger og -tipper i Norge.	
Karbonat	5.1	Karbonatressursene i Nordland er godt undersøkt de senere årene både på regional- og objektskala med støtte fra fylkeskommunen.	Det er av interesse å gjøre flere undersøkelser av potensielt viktige forekomster som ennå ikke er i drift ved å gå i dybden. 3D-modellering kan være nyttig for bedre å vurdere mulighetene og vil kreve mere kartlegging og data. Forslag til 6 aktuelle områder er gitt.
Kvarts	5.2	Kvartsressursene er godt undersøkt i fylket.	Det er naturlig å vurdere hvilke områder i Nordland hvor de nye metodene og resultatene fra GREENPEG-prosjektet kan anvendes for å kunne finne nye forekomster.
Kvartsitt	5.3	Potensialet for kvartsittforekomster er godt undersøkt.	Det er behov for å gjøre eksisterende data lettere tilgjengelig for forvaltning og industri.
Grafitt	5.4	Grafittforekomstene i Nordland er svært godt kartlagt de senere årene i samarbeid med fylkeskommunen.	Videre arbeid begrenser seg til å utvikle metoder for å optimalisere tolkningen av allerede innsamlede data.
Apatitt	5.5	Misværdal-komplekset er godt kartlagt.	Det er behov for å forstå dannelsen av Misværdalskomplekset bedre for å kunne vurdere potensial for tilsvarende fosforrike komplekser i fylket.
Talk og kleberstein	5.6	Nordland har betydelig potensial for talk og kleberstein og aktuelle forekomster er godt undersøkt.	Påviste talkforekomster vil kreve oppredning for å tilfredsstille krav til kvalitet Det har visstnok vært vanskelig å oppnå ønsket hvithet i talkproduktene. Kleberstein, se Naturstein nedenfor
Naturstein	6.4	Det gjort betydelig arbeid i å dokumentere, registrere og finne ressurser av naturstein i fylket de senere årene i samarbeid med fylkeskommunen og internasjonale prosjekter.	Oppfølging av hvit marmor i ulike regioner av ulik alder og sammensetning. Kleberstein; Linnajavri er godt dokumentert, og en form for realitetsstudie angående mulighetene for drift foreslås. Mangeritt i Lofoten, Vesterålen og Hamarøy: utarbeide en oversikt av kvaliteter og ressurser og potensial for fremtidig produksjon.
Sand og grus	7.2	Grus- og pukkressurser er ikke kartlagt de siste årene.	Sand og grus ressurser bør gjennomgås og oppdatering bør vurderes.
Pukk	7.3	Et prognosekart for kvalitet av pukk i fylket er utarbeidet og er et nyttig verktøy for å oversikt over hvor man i fremtiden kan planlegge nye byggeråstoffuttak.	For å få detaljkunnskap om ressursstrømmene internt i fylket, vil et detaljert ressursregnskap fra DMF være nyttig. Behovet for kartlegging og kvalitetsvurdering av mulige

			forekomster langs planlagte veiprosjekter i fylket bør avklares med vegeiere som Statens vegvesen og Nordland Fylkeskommune
Produkter		NGU-produkter tilpasset ulike brukergrupper	Samarbeid med fylke, industri og andre interessenter om utvikling av nye produkter tilpasset brukernes behov og NGUs kunnskap og mulighet for deling av data og kunnskap.

## 10. FOREDLINGSBEHOV OG MULIGHET FOR NEDSTRØMS NÆRINGSUTVIKLING

I tillegg til selve uttaket av mineralske råstoffer ligger det også et stort potensial i nedstrøms industri og foredling av de mineralske råstoffene. I Nordland finnes gode eksempler på dette ved at Elkem Rana videreforedler kvartsitt fra Mårnes, Heidelberg produserer sement fra kalkstein i Kjøpsvik og Rana Gruber framstiller Colorana fra egen jernmalm. Tidligere produserte Quartz Corp høy-ren kvarts fra Drag, men importerer nå hovedsakelig alle råvarene. Kalkstein fra Brønnøy videreforedles av OMYA Hustadmarmor.

Også for andre forekomster og kjente mineralressurser med attraktive kvaliteter som av ulike grunner for tiden ikke er i drift kan dette være relevant. Eksempler på dette er nevnt i Tabell 6.

Tabell 6. . Foredlingsbehov og mulighet for nedstrøms næringsutvikling.

Ressurstype	Foredlingsbehov og nedstrøms næringspotensial
Vanadiumholdig magnetitt	Vanadium er listet som en kritisk råvare av EU, som forbruker omtrent 13 % av verdensproduksjonen. Vanadium brukes pr i dag primært i ulike typer stål og legeringer, men andelen som brukes til ulike andre teknologier øker. Det meste av vanadium produseres fra slagg etter smelting av titanomagnetitt for framstilling av jern. Magnetittkonsentratet fra Selvåg er beregnet til å inneholde 0.6 vekt% V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . Det finnes i dag ingen smelteverk i Norge til å ta imot et slikt konsentrat.
Ilmenitt (titan)	Titan-innholdet i Selvåg er for lavt til å være av økonomisk interesse.
Jern-titan±fosfor±REE	En rekke slike mineraliseringer finnes i Lofoten-Vesterålen AMCG-kompleks. En utfordring for slike komplekse forekomster er å finne de optimale prosesseringsmetodene for de ulike elementene.
Nikkel	Nikkelkonsentrat kan raffineres ved Glencore's Nikkelverk i Kristiansand
Krom, molybden, wolfram	De kjente forekomstene er for små til å vurdere muligheter for næringsutvikling.
Basemetaller; kobber, sink og bly	Konsentrater av disse kan foredles ved smelteverk Norge og Norden; kobber ved Bolidens verk i Rönnskär i Sverige og sink i Bolidens verk i Odda. De kjente ressursene i Nordland er for små til å etablere egne smelteverk i dag.
Gull og sølv	De kjente ressursene er for små til å etablere foredling i Nordland.
Be og sjeldne jordarter	Også sjeldne jordarter er listet opp på EUs liste over kritiske råvarer, Lokal nedstrøms verdiskaping krever at det identifiseres en svært stor drivverdig ressurs. De kjente ressursene er for små til å etablere foredling i Nordland.
Karbonat	Nordland har store karbonatressurser egnet for videre bearbeiding. Kalkspatmarmor er pr. i dag kilde til høy nedstrøms verdiskaping, for eksempel i Møre og Romsdal, hvor noe av råstoffet også hentes fra Nordland
Kvarts	Quartz Corp framstiller i dag høy-ren kvarts med i hovedsak importert råstoff i Drag ved Tysfjord. Ved påvisning av gode ressurser i Nordland kan denne importen reduseres.
Kvartsitt	Elkem Rana videreforedler i dag kvartsitt fra Mårnes, og Nasafjell-forekomsten kan bidra ytterligere til regional verdiskaping.
Grafitt	Ved utvinning av forekomster i Vesterålen kan det være aktuelt med videreforedling til spesialprodukter som for eksempel grafen.
Apatitt (fosfor)	De kjente ressurser i dag er for små til å vurdere muligheter for næringsutvikling.
Talk	Alle norske talkgruver er lagt ned. Men selskapet Norwegian Talc eksisterer fortsatt, med et avansert prosesseringsanlegg i Knarrevik på Sotra, hvor det produseres høyverdige talkprodukt basert på importerte

	råvarer. Det har visstnok vært vanskelig å oppnå ønsket hvithet i talken fra forekomstene i Nordland.
Naturstein	Evjen Granitt AS i Beiarn har full verdikjede til sluttbruker med brytning og bearbeiding til ferdigprodukter. I Fauske utvinnes først og fremst marmorblokker, men nye eiere kan endre dette på sikt. Generelt er det største potensial for foredling av naturstein knyttet til stein til utendørs anlegg i det norske markedet der vi ser oppbygging av kapasitet flere steder i Norge.
Sand, grus og pukk	Sand, grus og pukk benyttes til asfalt og betongproduksjon og ellers til alle former for bygg- og anleggsvirksomhet i fylket. Byggenæringen står for en stor nedstrøms verdiskapning og sysselsetter 10 % av antall lønnstakere i fylket ( <a href="#">Nøkkeltall om næringslivet i Nordland</a> )

## 11. REFERANSER

- Acosta-Góngora, P., Wang, Y., Bjerkgård, T., Saalman, K., Haase, C., Flem, B., Rodrigues Miranda, A.C. & Henderson, I. 2024: Compositional balance analysis for Cu-Zn ( $\pm$ Co) geochemical anomaly mapping in Trøndelag county, Norway. *Applied Geochemistry*, 106064.
- Andersson, M., Eggen, O., Jensen, H., Stampolidis, A., Bjerkgård, T. & Sandstad, J.S. 2015: Geochemistry of soil in relation to air-borne geophysical data and bedrock geology in Hattfjelldal, northern Norway. *Norwegian journal of geology* 95/3,4, 315-338. [Norwegian Journal of Geology \(geologi.no\)](http://www.geologi.no)
- Angvik, T.L. 2014: *Structural development and metallogenesis of Paleoproterozoic volcano-sedimentary rocks of the Rombak Tectonic Window*. Ph.D thesis. University of Tromsø.
- Angvik, T.L. & Sandstad, J.S. 2014: Timing of sulphide mineralization in the Rombaken Tectonic Window and their spatial relation to the Rombaken-Skjomen Shear Zone (manus). In Angvik, T.L.; *Structural development and metallogenesis of Paleoproterozoic volcano-sedimentary rocks of the Rombak Tectonic Window*. PhD thesis, University of Tromsø, 62 pp.
- Bargel, T.H., Gellein, J., Heldal, T., Ihlen, P.M., Klemetsrud, T., Lindahl, I., Longva, O., Olesen, O., Olsen, L., Ottesen, R.T., Ryghaug, P., Rønning, J.S., Sandstad, J.S., Solli, A., Sørdal, T., Torstensen, O., & Wolden, K. 2000: Samordnet geologisk undersøkelsesprogram for Nordland. Sluttrapport. *NGU Rapport 2000.030*, 69 s.
- Bark, G. & Weihed, P. 2007. Orogenic gold in the Lycksele – Storuman ore province, northern Sweden; the Palaeoproterozoic Fäboliden deposit. *Ore geology reviews* 32, 431-451.
- Barnes, S. J. 1987. Unusual nickel and copper to noble-metal ratios from the Råna Layered Intrusion, northern Norway. *Norwegian Journal of Geology* 67, 3, 215-231. [Norwegian Journal of Geology/](http://www.geology.no)
- Barnes, S. J., & Lightfoot, P. C. 2005: Formation of magmatic nickel sulfide deposits and processes affecting their copper and platinum group element contents. *Geology* doi:[10.5382/AV100.08](https://doi.org/10.5382/AV100.08)
- Barnes, C. G., Frost, C. D., Yoshinobu, A.S., McArthur, K., Barnes, M.A., Allen, C.M., Nordgulen, Ø. & Prestvik, T. 2007: Timing of sedimentation, metamorphism and plutonism in the Helgeland Nappe Complex, north-central Norwegian Caledonides. *Geosphere*, **3(6)**, 683–703.
- Beinlich, A., Plümper, O., Hövelmann, J., Austrheim, H. & Jamtveit, B. 2012: Massive serpentinite carbonation at Linnajavri, N-Norway. *Terra Nova* 24, 446-455, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.2012.01083.x>.
- Beinlich, A., John, T., Vrijmoed, J.C., Tominaga, M., Magna, T. & Podladchikov, Y.Y. 2020: Instantaneous rock transformations in the deep crust driven by reactive fluid flow. *Nature Geoscience* 13, 307-311, doi: 10.1038/s41561-020-0554-9.
- Berglund, B., Heldal, T. & Grenne, T. 2017: From Soapstone Quarries to Churches: Control, Ownership and Transport Along the Helgeland Coast in North Norway, In: Hansen, G. and Storemyr, P. (eds.) *Soapstone in the North. Quarries, Products and People 7000 BC - AD 1700*, UBAS (University of Bergen Archaeological Series) 9, 329-359
- Bjerkgård, T. 1999: Metal distribution and formation of the Bleikvassli Zn-Pb-(Cu) deposit, Nordland, Norway. In Stanley et al. (eds): *Mineral deposits: Processes to processing*, London, 22-25 august 1999, 931-934.
- Bjerkgård, T., Larsen, R.B. & Marker, M. 1997: Regional setting of the Bleikvassli Zn-Pb deposit in Nordland, Norway. Norges geologiske undersøkelse, Bulletin 433, 34-35.
- Bjerkgård, T & Lund, B. 2009: Skifer og murestein i Susendalen. NGU Rapport 2009.003. 27 s.

- Bjerkgård, T., Marker, M., Slagstad, T., & Solli, A. 2013: The Mofjell Project: Summary and conclusions. *NGU Rapport 2013.048*, 87 pp.
- Bjerkgård, T., Saalman, K., Sandstad, J.S., Keiding, J., Angvik, T.L., Gautneb, H., Lutro, O., Snook, B. & Svenningsen, R.O., 2018: Geologisk kartlegging i Hattfjelldal - Statusrapport april 2018. *NGU Rapport 2018.005*, 60 s.
- Bjerkgård, T., Coint, N., & Saalman, K. 2020: Nikkel på Krutfjellet, Hattfjelldal kommune, Nordland. *NGU Rapport 2020.019*, 26 s.
- Boyle, A.P. 1989: The geochemistry of the Sulitjelma ophiolite and associated basic volcanics: tectonic implications. In: Gayer, R.A. (ed.) *The Caledonide geology of Scandinavia*. Graham and Trotman, London, 153-164.
- Brønner, M., Johansen, T.A., Baranwal, V., Crne, A., Davidsen, B., Elvebakk, H., Engvik, A., Forthun, T., Gellein, J., Henningsen, T., Lutro, O., Margreth, A., Midbøe, P., Ruud, B.O., Rueslåtten, H., Ryseth, A., Rønning, J.S., Schiellerup, H., Schönenberger, J., Smelror, M. & Tveten, E. 2017: Ramså basin, northern Norway: an integrated study. *NGU Report 2017.027*. ISSN 0800-3416.
- Bugge, A. 1963. Norges molybdenforekomster. *Norges geologiske undersøkelse 217*, 134 s.
- Bugge, C. & Foslie, S. 1922. Norsk arsenmalm og arsenikframstilling. *Norges geologiske undersøkelse 106*, 33 s.
- Bugge, J.A.W. 1948: Rana. Geologisk beskrivelse av jernmalmfeltene i Dunderlandsdalen. *Norges geologiske undersøkelse 171*, 178 s.
- Bugge, J.A.W, Jensen, R., Hansen, T.S. & Carstens, C.W., 1978: Vurdering av malmmengdene i Sulitjelma grubefelt. *Rapport BV 2007*, 49 s.
- Bølviken, B. 1970a: Geokjemiske undersøkelser Beiardal og Baldoaive-Balvatn, Nordland. NGU Rapport 884. <https://www.ngu.no/publikasjon/geokjemiske-undersokelser-beiardal-og-baldoaive-balvatn-nordland>
- Bølviken, B. 1970b: Geokjemiske undersøkelser i Breivik-Misvær. *NGU Rapport 987*. <https://www.ngu.no/publikasjon/geokjemiske-undersokelser-i-breivik-misvaer>
- Bølviken, B. 1970c: Geokjemiske undersøkelser, Råna nikkelmalmforekomst, Ballangen. NGU Rapport 1010. <https://www.ngu.no/publikasjon/geokjemiske-undersokelser-rana-nikkelmalmforekomst-ballangen>
- Carstens, H. 1957: Investigations of Titaniferous Iron Ore Deposits. Part I. *Det Kongelige norske videnskabers selskabs*, 061.1(481), 67p.
- Černý, P. 1991: Rare-element granitic pegmatites. Part II: Regional to global environments and petrogenesis. *Geoscience Canada 18* (2)
- Coint, N., J. K. Keiding, Ihlen, P. M. (2020). Evidence for Silicate–Liquid Immiscibility in Monzonites and Petrogenesis of Associated Fe–Ti–P-rich rocks: Example from the Raftsund Intrusion, Lofoten, Northern Norway. *Journal of Petrology* 61(4). <https://doi.org/10.1093/petrology/eqaa045>
- Coint, N., Mansur, E., Keiding, J. K. and Skår, Ø. (2023). Trace elements in ilmenite, titanomagnetite and apatite unravel the petrogenesis of Fe-Ti-P (+/-Zr) rich rocks and associated nelsonite from the Raftsund intrusion, Vesterålen-Lofoten AMCG suite, Northern Norway. *Lithos*: 107389. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2023.107389>
- Cook, N.J., Halls, C. og Kaspersen, P., 1990: The geology of the Sulitjelma ore field, Northern Norway – Some new interpretations. *Economic Geology* 85, 1720-1737.

- Corfu F (2004) U-Pb Age, setting and tectonic significance of the anorthosite–mangerite–charnockite–granite suite, Lofoten-Vesterålen, Norway. *J Petrol* 45: 1799–1819
- Corfu, F., Andersen, T.B. & Gasser, D. 2013: The Scandinavian Caledonides: main features, conceptual advances and critical questions. In F. Corfu, D. Gasser & D.M. Chew (eds.): *New Perspectives on the Caledonides of Scandinavia and Related Areas*. Geological Society, London, *Special Publications*, **390**, 9-43. <http://doi.org/10.1144/sp390.25>
- Cox, G.M., Halverson, G.P., Minarik, W.G., Le Heron, D.P., Macdonald, F.A., Belle-froid, E.J. & Strauss, J.V. 2013: Neoproterozoic iron formation: an evaluation of its temporal, environmental and tectonic significance. *Chem. Geol.* 362, 232–249. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemgeo.2013.08.002>
- Cramer, J. & Vik, E. 1976: Mineralundersøkelser i Svenningdal, Grane kommune. *NGU Rapport 1339/2*, 10 s.
- Cramer, J., Vik, E. & Staw, J. 1976: Råstoffundersøkelser i Nord-Norge. Mineralundersøkelser i Mikkelfjord, Hattfjelldal kommune. *NGU Rapport 1339/1*, 10 s.
- Dahl, R., Halvorsen, M., Smelror, M., Torstensen, O. & Jenssen, T. 2022: Nordland blir til – Geologi og naturhistorie. *Museumsforlaget*, 415 s.
- Decrée, S., Coint, N., Debaille, V., Hagen-Peter, G., Leduc, T. & Schiellerup, H. 2023: The potential for REEs in igneous-related apatite deposits in Europe. *Geological Society, London, Special Publications* 526, 219-249, doi: doi:10.1144/SP526-2021-175.
- DMF 2024: Harde fakta om mineralnæringen 2023. *Direktoratet for mineralforvaltning med Bergmesteren for Svalbard*. <https://dirmin.no/hardefakta>
- EGGEN, O. & FINNE, T.E. 2014: Geochemical data from Hattfjelldal. *NGU Rapport 2014.053*. [https://aps.ngu.no/pls/oradb/rf.Visdok?c\\_dokid=0000062573](https://aps.ngu.no/pls/oradb/rf.Visdok?c_dokid=0000062573)
- Finne, T.E. 1999a: Geokjemi i bekkesedimenter Ofoten, supplerende kartlegging 1992. *NGU Rapport 99.144*. [NGURapport99144.doc](http://ngurapport99144.doc)
- Finne, T.E. 1999b: Geokjemi i bekkesedimenter i Rana, supplerende kartlegging 1992. *NGU Rapport 99.143*. [NGUr99\\_143.doc](http://ngur99_143.doc)
- Finne, T.E. & Eggen, O. 2013. Soil geochemical data from Nord-Salten, Nordland. *NGU-rapport 2013.015*. [https://aps.ngu.no/pls/oradb/rf.Visdok?c\\_dokid=0000062482](https://aps.ngu.no/pls/oradb/rf.Visdok?c_dokid=0000062482)
- Folldal Verk, 1991: Melkedalen: diverse. *BV rapport 4088*, 98 s.
- Foslie, S. 1949: Håfjellsmulden i Ofoten og dens sedimentære jern-mangan-malmer. *Norges geologiske undersøkelse* 174, 1-129.
- Gautneb, H., Knežević, J., Johannesen, N.E., Wanvik, J.E., Engvik, A., Davidsen, B. & Rønning, J.S. 2017: Geological and ore dressing investigations of graphite occurrences in Bø, Sortland, Hadsel and Øksnes municipalities, Vesterålen, Nordland County, Northern Norway 2015-2016. *Geological Survey of Norway Report 2017.015*, 1-70. [https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2017/2017\\_015.pdf](https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2017/2017_015.pdf).
- Gautneb, H., Rønning, J.S., Engvik, A.K., Henderson, I.H.C., Larsen, B.E., Solberg, J.K., Ofstad, F., Gellein, J., Elvebakk, H. & Davidsen, B. 2020: The Graphite Occurrences of Northern Norway, a Review of Geology, Geophysics, and Resources. *Minerals* 10, 626, doi: 10.3390/min10070626.
- Gautneb, H., Rønning, J.S. & Larsen, B.E. 2023: A step towards meeting battery raw material demand: The geology and exploration of graphite deposits, examples from northern Norway. *Geological Society, London, Special Publications* 526, doi: 10.1144/sp526-2021-180.



- Grauch, R.I., Lindahl, I., Evans, H.T., Burt, D.M., Fitzpatrick, J.J., Foord, E.E., Graff, P.R. & Hysingjord, J. 1994: Hogtuvaite, a new beryllium member of the aenigmatite group from Norway, with new X-ray data on aenigmatite. *The Canadian Mineralogist* 32, 439-448
- Grenne, T., Ihlen, P.M. & Vokes, F.M., 1999. Scandinavian Caledonide Metallogeny in a plate tectonic perspective. *Mineralium Deposita* 34, 422-471.
- Grenne, T., Meyer, G. B., Heldal, T., Jansen, Ø. J. & Løland, T. 2014: Technological development in millstone quarrying through the Middle Ages: the Salten quarries, Northern Norway. In Selsing, L. (ed) *Seen through a millstone*, AMS Skrifter 24, 227-245.
- Griffin, W.L., Taylor, P.N., Hakkinen, J.W., Heier, K.S., Iden, I.K., Krogh, E.J., Malm, O., Olesen, K.I., Ormaasen, D.E. & Tveten, E. 1978: Archean and Proterozoic evolution of Lofoten-Vesterålen, N. Norway. *Journal Geological Society London* 135, 629-647.
- Gustavson, Magne 1974: Harstad. Beskrivelse til det berggrunnsgeologiske gradteigskart M 8 - 1:100 000 (med fargetrykt kart), *Norges geologiske undersøkelse, Skrifter* 309; 14, 1-33 + kart.
- Grohol, M. & Veeh, C. 2023: European Commission: Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, *Study on the critical raw materials for the EU 2023 – Final report*, Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2873/725585>
- Gvein, Ø. 1968: Geologisk undersøkelse av skifer i Skaitidalen, Saltdal, Nordland fylke. *NGU Rapport* 859. 8 sider
- Hauan, K.M. 1863: Til intressentene i Lehrens Chromfabrik. *BA Rapport* 1297, 3 s.
- Heldal, T. 1994: Naturstein i Nordland: Sydlige Helgeland. *NGU Rapport* 94.055
- Heldal, T. 1996: Geologisk undersøkelse av Løvgavlen marmorbrudd, Fauske Norges geologiske undersøkelse. Fagrapport. *NGU Rapport* 96.022. 36 s.
- Heldal, T. & Gautneb, H. 1995. Marmor i Salten-Sørfolda området, Nordland. Norges geologiske undersøkelse. Fagrapport. *NGU Rapport* 95.041. 44 s.
- Heldal, T. & Jansen, Ø.J. 2000: Steinbyen Bergen. *Fortellingen om brostein, bygg og brudd*. Nord4 Forlag, 200s.
- Heldal, T., Lindahl, I. & Melezhik, V. 2006: Marble deposits in the Salten Region, Nordland County. *PNASTINA rapport på nett*, 8 p.
- Helland, A. 1887: Lofoten og Vesterålen. *Norges geologiske undersøkelse. Vol. 23*, 1-246
- Henderson, I., Heldal, T. & Ganerød, M. 2016: 3D modellering og visualisering av Bordvedåga Be-forekomst, Høgtuva, Nordland. *NGU Rapport* 2016.027, 27s. <https://hdl.handle.net/11250/2664328>.
- Henderson, I.H.C., Ganerød, M. & Heldal, T. 2016: 3D-modellering og visualisering av Norwegian Rose A/S marmorbruddet, Fauske, Nordland. *NGU Rapport* 2016.045. 32s.
- Henderson, I., Raaness, A. & Korneliussen, A. 2019: 3D-modellering og visualisering av Nestbylia kalkspatmarmorforekomst, Saltdal. *NGU rapport* 2019.032. [https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2019/2019\\_032.pdf](https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2019/2019_032.pdf)
- Hoffman, P.F. & Schrag, D.P. 2002: The snowball Earth hypothesis: testing the limits of global change. *Terra Nova* 14, 129-155. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3121.2002.00408.x>.
- Ihlen, P.M. 1993: The Kolsvik Au-As-deposit, Bindal, North-Central Norway, I: Corelogs. *NGU Report* 93.003, 322 p.
- Ihlen, P.M. 1995: Gold mineralization in relation to batholith magmatism in the Helgeland nappe complex and its immediate substrate, the Caledonides of north-central Norway. [Abstract].

*Grønlands geologiske undersøkelse. Open file series 95-10*; Gold mineralization in the Nordic countries and Greenland, 42-46.

Ihlen, P.M., Furuhaug, L. & Korneliussen, A. 2006: Prøvetaking av potensielt gullmineraliserte soner på Finnliaksla, Bindal kommune, Nordland. *NGU Rapport 2006.073*, 37 s.

Ihlen, P.M., Vrålstad, T., Torstensen, O., Lindahl, I. & Vaag, A. 2007: Mineralressurser og arealdisponering i Nordland fylke. *NGU Rapport 2007.072*, 24, <https://hdl.handle.net/11250/2664824>.

Ihlen P.M. 2008: Lithochemical investigations of potential apatite resources in the Misværdal and Hopsfjellet ultramafic massifs, northern Norway. *NGU Report, 2008.074*, ISSN: 0800-3416, 57p.

Ihlen P.M. & Furuhaug, L. 2011: Borkaksprøvetaking av apatitt-førende bergarter i Misværdal pyrokseinitmassiv, Bodø kommune, Nordland. *NGU Rapport 2011.0169*, ISSN 0800-3416, 19p.

Ihlen, P.M. 2012: N20 Bindal Au. In Eilu, P. (ed): Mineral deposits and metallogeny of Fennoscandia. *Geological Survey of Finland, Special Paper 53*, 96-99.

Ihlen, P. M., Schiellerup, H., Gautneb, H. and Skår, Ø. 2014: Characterization of apatite resources in Norway and their REE potential — A review. *Ore Geology Reviews 58*, 126-147. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2013.11.003>

Ihlen, P. M., & Nilsson, L. P. 2018: Evaluation of Ni-Cu occurrences in the Uppermost Allochthon of the Scandinavian Caledonides of Nordland, I: Field relationships. *NGU Report 2017.037*, 103 pp.

Ihlen, P. M., & Nilsson, L. P. 2019: Undersøkelse av nikkel-(kobolt) potensialet i mantelperidotitter i Velfjord-Tosen området, Brønnøy kommune, Nordland - en foreløpig rapport. *NGU Rapport 2019.05*, 50 s.

Johannessen, N.E. & Ihlen, P.M. 2018: Oppredningsforsøk på rågods fra Misværdal apatittforekomst, Bodø kommune, Nordland. *NGU Rapport 2018.009*, ISSN: 2387-3515, 34 s.

Johansson, Å. 1980: Occurrence and deformation of some sulphide-bearing quartz veins in the Nasafjället area, Swedish Caledonides. *Geological Survey of Norway 360*, 113-122.

Karlsen, T. A. 1991: Natursteinundersøkelser, kysten av Sør-Helgeland. *NGU Rapport 91.004*, 44 s.

Karlsen, T.A., Gautneb, H. & Lund, B. 1999. Status-report on talc-prospecting in Helgeland, northern Norway. rapport NGU rapport 1999.068, 38, <https://hdl.handle.net/11250/2665454>.

Karlsen, T.A. & Nilsson, L.P. 1999: Talc deposits in Norway. *NGU Report 99.136*, 146 pp.

Karlsen, T.A., Olesen, O. & Rian, E. 2000: Overview of talc resources in the Altermark talc province, northern Norway, and possible uses of the talc ore. *Norges geologiske undersøkelse Bull. 436*, 93-102.

Keilhau, B.M. 1855: Beretning om en geonostisk reise i Norlandene i 1855. *Nyt Magazin for naturvidenskabene. 11*.

Korneliussen, A., Krogh, R., Furuhaug, L. & Mathisen, C.O. 1989: Sjeldne jordartselementer i Hellembotn-Linnajavrre-regionen, Tysfjord. *NGU Rapport 1989.099*, 26 s. <https://hdl.handle.net/11250/2667276>.

Korneliussen, A., Gautneb, H., & Raaness, A. 2008: Karakterisering av karbonatforekomster i Nordland. *NGU Rapport 2008.041* [https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2008/2008\\_041.pdf](https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2008/2008_041.pdf)

Korneliussen, A. & Nilsson, L.P. 2008: Gull i vulkansk-sedimentære bergarter, Skjomen-Rombaken. *NGU Rapport 2008.045*, 15 s.

- Korneliussen, A. 2012: Muligheter for verdiskaping ved CO<sub>2</sub>-basert prosessering av mineralske råvarer: Egnede forekomster i Nordland. *NGU Rapport 2011.038*.  
[https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2011/2011\\_038.pdf](https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2011/2011_038.pdf)
- Korneliussen, A., Raaness, A., Schaller, A., & Gautneb, H. 2011: Forekomster av kalsiumkarbonat i Evenesområdet. *NGU Rapport 2011.040*  
[https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2011/2011\\_040.pdf](https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2011/2011_040.pdf)
- Korneliussen, A., Raaness, A. & Gautneb H. 2014: Chemical and mineralogical characterisation of carbonate deposits in Norway. *NGU Report 2013.055*.  
[https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2013/2013\\_055.pdf](https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2013/2013_055.pdf)
- Korneliussen, A., Raaness, A., Henderson, I., Lynum, R., Gellein, J. & Viken, G. 2019: Nestbylia kalkspatmarmorforekomst, Saltdal, Nordland. *NGU Rapport 2019.033*  
[https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2019/2019\\_033.pdf](https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2019/2019_033.pdf)
- Korneliussen, A., Raaness, A., Lynum, R., & Viken, G. 2019: Kalkspatmarmor i Evenesmarka og Nestbylia, Evenes og Saltdal, Nordland. *NGU Rapport 2018.023*  
[https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2018/2018\\_023.pdf](https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2018/2018_023.pdf)
- Krog, R. 1971: Geokjemiske undersøkelser 1971. Råna nikkelmalmfelt. *NGU Rapport 1036*.  
<https://www.ngu.no/publikasjon/geokjemiske-undersokelser-1971-rana-nikkelmalmfelt>
- Krog, R. 1976: Geokjemiske bekkesedimentundersøkelser i Saltfjell-Svartisenområdet. *NGU Rapport 1337C*. [https://aps.ngu.no/pls/oradb/rf.Visdok?c\\_dokid=0000031616](https://aps.ngu.no/pls/oradb/rf.Visdok?c_dokid=0000031616)
- Krog, R. 1977: Geokjemiske bekkesedimentundersøkelser i Saltfjell-Svartisenområdet. *NGU Rapport 1502C*. [https://aps.ngu.no/pls/oradb/rf.Visdok?c\\_dokid=0000031693](https://aps.ngu.no/pls/oradb/rf.Visdok?c_dokid=0000031693)
- Krog, R. 1982. Geokjemisk bekkesedimentundersøkelser i Beiarn-Saltdalregionen. *NGU Rapport 1650/30B*. [https://aps.ngu.no/pls/oradb/rf.Visdok?c\\_dokid=0000032347](https://aps.ngu.no/pls/oradb/rf.Visdok?c_dokid=0000032347)
- Krog, R. 1987. Geokjemisk kartlegging i Nordland og Troms. Data for HNO<sub>3</sub>-løselig innhold av grunnstoffer i bekkesedimentenes finfraksjon. *NGU Rapport 87.180*.  
[https://www.ngu.no/FileArchive/NGURapporter/87\\_180.pdf](https://www.ngu.no/FileArchive/NGURapporter/87_180.pdf)
- Lamberg, P. 2005: From genetic concepts to practice: lithogeochemical identification of Ni-Cu mineralised intrusions and localisation of the ore (Vol. 402). *Geological Survey of Finland Bulletin 402*, 264 pp.
- Lindahl, I. & Furuhaug, L. 1977: Malmprospektering Oterstrand-Laksådal. *NGU Rapport 1430/20A*, 40 s.
- Lindahl, I. 1990: Berylliumundersøkelser på Tjeldøya, Nordland. *NGU Rapport 90.006*, 79 s.  
[https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/1990/90\\_006.pdf](https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/1990/90_006.pdf)
- Lindahl, I. & Mathiesen C.O. 1995: Undersøkelser av Melkedalen sink-kobbermalm, Ballangen, Nordland. *BV Rapport 4529*, 86 s.
- Lindahl, I. 2003: Hvit og sort marmor i Salten-området. *NGU Rapport 2003.084*, 37 s.
- Lindahl, I. & Bjerkgård, T. 2006: Naturstein i Vesterålen og Lofoten. *NGU Rapport 2006.092*, 23 s.
- Lindahl, I. & Nilsson, L.P. 2008: Geology of the soapstone deposits of the Linnajavri area, Hamarøy, Nordland, north Norwegian Caledonides-Norway's largest reserves of soapstone. *Geological survey of Norway, Special publication 11.*, 19-35.
- Lindahl, I. 2011: Steinen fra Annfinnslett, *Norges geologiske undersøkelse, Gråsteinen14*, 103 s.
- Lindahl, I. 2013: Bygningsstein i Nordland. En oversikt over bygningsstein i Nordland - om bruken og om de forskjellige geologiske steinprovinsene. *Norges geologiske undersøkelse* 190 sider + 770 sider vedlegg på nett: <https://www.ngu.no/upload/Georessurser/Naturstein/niba.pdf>.

- Lindahl, I. & Ihlen, P.M. 2015: Mineralressurs-undersøkelser i Nordland i regi av Nordland Mineral (NM): 2003-2010. *NGU Rapport 2015.054*, 114s.
- Lindahl, I., & Ihlen, P. M. 2016: Mineralressurs-undersøkelser i Nordland i regi av Nordland Mineral (NM): 2003-2010. *NGU Rapport 2015.054*
- Lindahl, I. 2021: Ankerske på Fauske, *Fauske slektshistorielag*, 207 s.
- Mahvie Minerals AB, 2024: June 2024 Technical report Mofjell, *Report MAH001*, 87 pp.
- Mansur, E. T., Barnes, S. J., & Duran, C. J. 2021: An overview of chalcophile element contents of pyrrhotite, pentlandite, chalcopyrite, and pyrite from magmatic Ni-Cu-PGE sulfide deposits. *Mineralium Deposita*, 56(1), 179-204. <https://doi.org/10.1007/s00126-020-01014-3>
- Mathiesen, C. O., & Boyd, R. 2017: History of exploration of the nickel resources of the Råna Intrusion, Nordland, Norway. *NGU Report 2017.031*, 34 pp.
- McArthur, K.L., Frost, C.D., Barnes, C.G., Prestvik, T. & Nordgulen, Ø. 2013; Tectonic reconstruction and sediment provenance of a far-travelled oceanic nappe, Helgeland Nappe Complex, west-central Norway. In F. Corfu, D. Gasser & D.M. Chew (eds.): *New Perspectives on the Caledonides of Scandinavia and Related Areas. Geological Society, London, Special Publications*, 390, 583-602. <http://doi.org/10.1144/sp390.3>
- McCarthy, E.F., Genco, N.A. & H., R.E. 2006: Talc. In Kogel, J., Trivedi, N.V., Barker, J.M. & Krukowski, S.T. (eds.): *Industrial minerals and Rocks; Commodities, Markets and Uses*, Society for mining, metallurgy and Exploration, Littelton, Co, 971-986,
- Melezhik, V. A., Roberts, D., Gorokhov, I. M., Fallick, A. E., Zwaan, K. B., Kuznetsov, A. B. & Pokrovsky, B. G. 2002: Isotopic evidence for a complex Neoproterozoic to Silurian rock assemblage in the north-central Norwegian Caledonides. *Precambrian Research*, 114, 55–86.
- Melezhik, V.A., Ihlen, P.M., Kuznetsov, A.B., Gjelle, S., Solli, A., Gorokhov, I.M., Fallick, A.E., Sandstad, J.S. & Bjerkgård, T. 2015: Pre-Sturtian (800–730 Ma) depositional age of carbonates in sedimentary sequences hosting stratiform iron ores in the Uppermost Allochthon of the Norwegian Caledonides: A chemostratigraphic approach. *Precambrian Research* 262, 272–299. <http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2015.02.015>
- Melezhik, V.A., Ihlen, P.M., Bjerkgård, T., Sandstad, J.S. Raaness, A., Kuznetsov, A.B., Solli, A., Gorokhov, I.M., Pokrovsky, B.G. & Fallick, A.E. 2018: A common mid-Neoproterozoic chemostratigraphic depositional age of marbles and associated ironformations (Fe ± Mn ± P) in the Scandinavian Caledonides. *Norwegian Journal of Geology* 98, 405-459. <https://dx.doi.org/10.17850/njg98-3-06>.
- Müller, A., Wanvik, J.E. & Kronz, A. 2005: Norwegian kyanite quartzites - potential resources of high purity quartz? *NGU Report 2005.039*, 70 pp. [https://aps.ngu.no/pls/oradb/af.Visdok?c\\_dokid=0000052713](https://aps.ngu.no/pls/oradb/af.Visdok?c_dokid=0000052713)
- Müller, A. & Furuhaug, L. 2008: Resource evaluation of the Målvika tungsten deposit, Nordland. *NGU Report 2008.08*, 49 pp. [https://aps.ngu.no/pls/oradb/af.Visdok?c\\_dokid=0000053940](https://aps.ngu.no/pls/oradb/af.Visdok?c_dokid=0000053940)
- Müller, A. 2010: Potentials of rare earth element and Zr-, Be-, U-, Th-, (W-)mineralisations in central and northern Nordland. *NGU Report 2010.037*, 85 pp. <https://hdl.handle.net/11250/2664651>.
- Müller, A. 2011: Potential of rare earth element and Zr-, Be, U-, Th-, (W-) mineralisations in central and northern Nordland - Part 2. *NGU Report 2011.021*, 56 pp, <https://hdl.handle.net/11250/2664592>.
- Müller, A., Husdal, T., Sunde, Ø., Friis, H., Andersen, T., Johansen, T. S., Werner, R., Thoresen, Ø. & Olerud, S. 2017: Norwegian Pegmatites I: Tysfjord-Hamarøy, Evje-Iveland, Langesundfjord. *Geological Society of Norway-Field guides*, 2017-6, 122p.

- Mogaard, J.O., Olesen, O., Rønning, J.S. & Blokkum, O. 1988: Geofysiske målinger fra helikopter over Langøya, Vesterålen. *NGU Rapport 88.151*, 1-88.
- Müller, A., Snook, B., Ihlen, M., Beurlen, H. & Breiter, K. 2013: Diversity of the quartz chemistry of NYF-and LCT-type pegmatites and its economic implications. In: *Mineral deposit research for a high-tech world. Proceedings of the 12th Biennial SGA Meeting 4*, 1774-1776.
- Müller, A., Reimer, W., Wall, F., Williamson, B., Menuge, J., Brönnner, M., Haase, C., Brauch, K., Pohl, C., Lima, A., Teodoro, A., Cardoso-Fernandes, J., Roda-Robles, E., Harrop, J., Smith, K., Wanke, D., Unterweissacher, T., Hopfner, M., Schröder, M., Clifford, B., Moutela, P., Lloret, C., Ranza, L. & Rausa, A. 2022a: GREENPEG exploration for pegmatite minerals to feed the energy transition: first steps towards the Green Stone Age. *Geological Society, London, Special Publications 526*, SP526-2021-189, doi:10.1144/SP526-2021-189.
- Müller, A., Romer, R.L., Augland, L.E., Zhou, H., Rosing-Schow, N., Spratt, J. & Husdal, T. 2022b: Two-stage regional rare-element pegmatite formation at Tysfjord, Norway: implications for the timing of late Svecofennian and late Caledonian high-temperature events. *International Journal of Earth Sciences 111*, 987-1007. doi: [10.1007/s00531-022-02166-5](https://doi.org/10.1007/s00531-022-02166-5).
- Mørk, M.B.E. 1979: Metamorf utvikling og gabbrointrusjon på Krutfjell. Nordland. En petrografisk-petrologisk undersøkelse. *Hovedfagsoppgave Universitetet i Oslo 1979*.
- Mørk, M.B.E. 1985: Geology and metamorphism of the Krutfjellet mega-lens, Nordland, Norway. In Gee, D.G. & Sturt B.A. (red.) *The Caledonide Orogen – Scandinavia and related areas*, J.Wiley & Sons Ltd., Chichester, 903-915.
- Mørk, M.B., Sundvoll, B. & Stabel, A. 1997: Sm-Nd dating of gabbro- and garnet-bearing contact metamorphic/anatectic rocks from Krutfjellet, Nordland, and some geochemical aspects of the intrusives. *Norsk Geologisk Tidsskrift nr.77/1*, 39-50.
- Nilsson, L.P. 1979: Undersøkelse av ultramafiske bergarter og krommalm på Røddøya/Rypen og Vikholmen, Alstadhaug, Nordland. *NGU Rapport 1650/31A*, 18 s.
- Nilsson, L., Lindahl, I. & Gautneb, H. 2003: Mineralkarakterisering av talk/kleberstein fra Linnajavri-området, Hamarøy kommune, Nordland. NGU Rapport 2003.027, 210 s. <https://hdl.handle.net/11250/2665099>.
- Nordgulen, Ø. & Schouenborg, B. 1990: The Caledonian Heilhornet Pluton, north-central Norway: geological setting, radiometric age and implications for the Scandinavian Caledonides. *Journal of the Geological Society, London*, 147, 439-450
- Næss, G. 1983: Geokjemiske undersøkelser i Skjomen. *NGU Rapport 1800/5B*. [https://aps.ngu.no/pls/oradb/af.Visdok?c\\_dokid=0000032335](https://aps.ngu.no/pls/oradb/af.Visdok?c_dokid=0000032335)
- Often, M. 1982: Orienterende undersøkelser og diamantboring av grensesonen Prekambrium/Kaledon i Saltdal-Sørfold-regionen. *NGU Rapport 1650/30 A*, 26 s.
- Often, M. & Furuhaug, L. 2008: Sampling of the Laksådalen-Bjellåtind W-occurrences, Gildeskål, Nordland. *NGU Report 2008.43*, 65 p.
- Olerud, S. 1990: Undersøkelse av talk-magnesitt forekomster ved Hundøyrån på Leka. rapport *NGU Rapport 1990.158*, 16 s., <https://hdl.handle.net/11250/2666976>.
- Poulsen, A.O. 1941: Skifer- og hellebrudd i Nordland fylke, Fagrapport, Bergarkivet, BA 5010, 25 s.
- Prieseemann, F.-D. & Krause, H. 1985: The Selvåg deposit: A Proterozoic Magmatic Fe-Ti-V Occurrence on Vesterålen, Northern Norway. *NGU Bulletin*, 402: 51-64.
- Rana Gruber 2024: Annual Report 2023. <https://ranagruber.no/media/annual-report/>

- Reimann, C., Finne, T.E., Flilzmoser, P. 2011. Nye geokjemiske data fra en samling moreneprøver fra Nordland, Troms og Finnmark. NGU-rapport 2011.044. [https://aps.ngu.no/pls/oradb/af.Visdok?c\\_dokid=0000058186](https://aps.ngu.no/pls/oradb/af.Visdok?c_dokid=0000058186)
- Roberts, D. 1988: The terrane concept and the Scandinavian Caledonides: A synthesis. *Norges Geologiske Undersøkelse Bulletin*, **413**, 93–99.
- Roberts, D. & Gee, D. G. 1985: An introduction to the structure of the Scandinavian Caledonides. In: Gee, D.G. and Sturt, B.A. (eds) *The Caledonide Orogen—Scandinavia and Related Areas*. John Wiley and Sons, 55–68.
- Roberts, D., Melezhik, V.A. & Heldal, T. 2002: Carbonate formations and early NW-directed thrusting in the highest allochthons of the Norwegian Caledonides: Evidence of a Laurentian ancestry. *Journal of the Geological Society, London*, **159**, 117–120
- Roberts, D., Nordgulen, Ø. & Melezhik, V. 2007: The Uppermost Allochthon in the Scandinavian Caledonides: From a Laurentian ancestry through Taconian orogeny to Scandian crustal growth on Baltica. In: Hatcher, R. D., Jr., Carlson, M. P., McBride, J. H. and Martínez Catalán, J. R. (eds) *4-D Framework of Continental Crust. Geological Society of America Memoirs*, **200**, 357–377.
- Rodionov, A., Ofstad, F., Stampolidis, A. & Tassis, G. 2013a: Helicopter-borne magnetic, electromagnetic and radiometric geophysical survey at Langøya in Vesterålen, Nordland. *NGU Report 2013.044*, 1-26, [https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2013/2013\\_044.pdf](https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2013/2013_044.pdf).
- Rodionov, A., Ofstad, F. & Tassis, G. 2013b: Helicopter-borne magnetic, electromagnetic and radiometric geophysical survey in Holandsfjorden area, Meløy, Nordland. *NGU Report 2013.043*, 1-26, [https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2013/2013\\_043.pdf](https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2013/2013_043.pdf).
- Rodionov, A., Ofstad, F. & Tassis, G. 2013c: Helicopter-borne magnetic, electromagnetic and radiometric geophysical survey in the western part of Austvågøya, Lofoten archipelago, Nordland. *NGU Report 2013.045*,
- Rønning, J.S. 1991: CP målinger ved grafittundersøkelser på Vikeid, Sortland kommune Nordland. *NGU Rapport 91.262*, 1-13, [https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/1991/91\\_262.pdf](https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/1991/91_262.pdf).
- Rønning, J.S. 1993: CP- og SP-målinger ved grafittundersøkelser på Vikeid, Sortland kommune, Nordland. *NGU Report 93.018*, 1-22, [https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/1993/93\\_018.pdf](https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/1993/93_018.pdf).
- Rønning, J.S., Gautneb, H., Larsen, B.E., Knežević, S.J., Baranval, V.C., Elvebakk, H., Gellein, J., Ofstad, F. & Brønner, M. 2018: Geophysical and geological investigations of graphite occurrences in Vesterålen and Lofoten, Northern Norway 2017. *NGU Report 2018.011*, 1-180, <https://hdl.handle.net/11250/2664220>.
- Rønning, J.S., Gautneb, H., Larsen, B.E., Baranval, V.C., Davidsen, B., Engvik, A., Gellein, J., Knežević, J., Ofstad, F., Ren, X. & Viken, G. 2019: Geophysical and geological investigations of graphite occurrences in Vesterålen, Northern Norway, in 2018 and 2019. *NGU Report 2019.031*, 1-212, <https://hdl.handle.net/11250/2664200>.
- Ryghaug, P. 1977: Skiferundersøkelser i Nordland. *NGU Rapport 1336/1*, 66 s.
- Saalmann, K., Bjerkgård, T., Slagstad, T., Sandstad, J.S., Lutro, O., Keiding, J., Snook, B. & Angvik, T.L., 2020: Revised tectonostratigraphy and structural evolution of the Köli Nappe Complex, Central Caledonides in Nordland, Norway, *Journal of the Geological Society* **22**, 21 p.
- Sandstad, J.S., Bjerkgård, T., Boyd, R., Ihlen, P.M., Korneliussen, A., Nilsson, L.P., Often, M., Eilu, P. & Hallberg, A. 2012: Metallogenic areas of Norway., in Eds: Eilu, P., *Mineral deposits and metallogeny of Fennoscandia*, Geological Survey of Finland, Special Paper 53, 35-138.

- Schaller, A., Raaness, A. & Korneliussen, A. 2012: Description of drill cores from the Rolla and Evenes Areas, Troms and Nordland counties. *NGU Report 2011.039*.  
[https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2011/2011\\_039.pdf](https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2011/2011_039.pdf)
- Schilling, J., Bingen, B., Skår, Ø., Wenzel, T. & Markl, G. 2015: Formation and evolution of the Høgtuva beryllium deposit, Norway. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 170, 30, doi: 10.1007/s00410-015-1179-7.
- Skyseth, T. & Reitan, P. 1995: Geology and genesis of Gautelisfjell gold deposit, Rombak window, northern Norway: a link between retrograde Caledonian metamorphism and saline fluids. [Abstract]. *Grønlands geologiske undersøkelse. Open file series 95-10*; Gold mineralization in the Nordic countries and Greenland, 94-98.
- Slagstad, T., & Kirkland, C. L. 2018: Timing of collision initiation and location of the Scandian orogenic suture in the Scandinavian Caledonides. *Terra Nova*, 30(3), 179-188.
- Slagstad, T., Saalman, K., Kirkland, C.L., Høyen, A.B., Storruste, B.K., Coint, N., Pin, C., Marker, M., Bjerkgård, T., Krill, A., Solli, A., Boyd, R., Angvik, T.L. & Larsen, R.B., 2021: Late Neoproterozoic through Silurian tectonic evolution of the Rödingsfjället Nappe Complex, orogen-scale correlations and implications for the Scandian suture. Geological Society of London. Collection. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.4951464.v1>
- Stephens, M. B. & Gee, D. G. 1985: A plate tectonic model for the evolution of the eugeoclinal terranes in the central Scandinavian Caledonides. In: Gee, D.G. and Sturt, B.A. (eds) *The Caledonide Orogen—Scandinavia and Related Areas*. John Wiley and Sons, 953–978.
- Stephens, M.B. & Gee, D.G. 1989: Terranes and polyphase accretionary history in the Scandinavian Caledonides, in Dallmeyer, R.D., ed., *Terranes in the Circum-Atlantic Paleozoic orogens*. *Geological Society of America Special Paper*, 230, 17–30.
- Stephens, M.B., Gustavson, M., Ramberg, I.B. & Zachrisson, E. 1985: The Caledonides of central-north Scandinavia - a tectonostratigraphic overview. In: Gee, D.G. and Sturt, B.A. (eds) *The Caledonide Orogen-Scandinavia and Related Areas*. John Wiley and Sons, 135-162.
- Stephens, M.B., Kullerud, K. & Claesson, S. 1993: Early Caledonian tectonothermal evolution in outboard terranes, central Scandinavian Caledonides: new constraints from U-Pb zircon dates. *Journal of the Geological Society, London*, 150, 51-56.
- Søvegjarto, U. 1978: Bogen jernmalmfelt. Sluttrapport geologi. *BV Rapport 7311*, 71 s.
- Søvegjarto, U. 1990: Jernmalmer i Rana, i Rui, I.J. (red). *Deformasjon og remobilisering av malmer*. BVLI Rapport nr. 76, 154-176.
- Tominaga, M., Beinlich, A., Lima, E.A., Tivey, M.A., Hampton, B.A., Weiss, B. & Harigane, Y. 2017: Multi-scale magnetic mapping of serpentinite carbonation. *Nature Communications* 8, 1870, doi: 10.1038/s41467-017-01610-4.
- USGS 2024: Iron Ore Statistics and Information. <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/iron-ore-statistics-and-information>
- Volden, T. 1978: Bekkesedimentgeokjemi, Mn, Fe, Pb, Zn og Cu i Ranafeltet. *NGU Rapport 1575/15D*. [https://aps.ngu.no/pls/oradb/rf.Visdok?c\\_dokid=0000032279](https://aps.ngu.no/pls/oradb/rf.Visdok?c_dokid=0000032279)
- Vogt, J.H.L. 1900. Søndre Helgeland, Svenningdalens sølvertsgange (I Vefsen, søndre del af Nordlands amt). *Norges geologiske undersøkelse* 29, 113-149.
- Vogt, J.H.L. 1910: Norges jernmalforekomster. *Norges geologiske undersøkelse* 51, 225 s.
- Walder, I. 2020: Miljøgeokjemisk vurdering av avgang for deponering i Langvatnet. Nye Sulitjelma Gruber. *SARB Consulting Norge AS*. 35 s. [https://sulisgruver.no/wp-content/uploads/2020/06/rapport-miljoegeokjemi-av-avgang-30-jan\\_2020iwv3-pdf.pdf](https://sulisgruver.no/wp-content/uploads/2020/06/rapport-miljoegeokjemi-av-avgang-30-jan_2020iwv3-pdf.pdf)

Wang, Y., Coint, N., Mansur, E.T., Acosta-Gongora, P., Miranda, A.C.R., Nasuti, A. and Baranwal, V.C. 2024: Leveraging Domain Expertise in Machine Learning for Critical Metal Prospecting in the Oslo Rift: A Case Study for Fe-Ti-P-Rare Earth Element Mineralization. *Minerals* 14(4), 377. <https://doi.org/10.3390/min14040377>

Wanvik, J.E. 2001: Kvartsressurser i Nordland. *NGU Rapport 2001.020*, 103 s. <https://hdl.handle.net/11250/2665307>.

Wanvik, J.E. 2003a: Nasafjell kvartsforekomst. *NGU Rapport 2003.047*, 22 s.

Wanvik, J.E. 2003b: Supplerende kvartsundersøkelser på Saltfjellet. *NGU Rapport 2003.106*, 33 s. <https://hdl.handle.net/11250/2665020>.

Wanvik, J. E. & Raaness, A. 2009: Melkfjell kvartsittforekomst - feltundersøkelser høsten 2008; 2009. *NGU Rapport 2009.025*, 50 s.

Wilberg, R. & Lindahl, I. 1991: Bordvedåga beryllium-forekomst, Rana kommune, Nordland. Samlerapport. *NGU Rapport 91.180*, 38 s.

Yoshinobu, A., Barnes, C.G., Nordgulen, Ø., Prestvik, T., Fanning, M. & Pedersen, R.-B. 2002: Ordovician magmatism, deformation, and exhumation in the Caledonides of central Norway: An orphan of the Taconic orogeny. *Geology*, **30**, 883–886.

Zhou, H., Müller, A., Augland, L.E., Kristoffersen, M. & Erambert, M. 2022: Titanite links rare-element (meta-)pegmatite mineralization to Caledonian metamorphism. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 332, 285-306, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gca.2022.06.014>

## 11.1 Geofysikk – utvalgt litteratur

Brønner, M., Gernigon, L. & Nasuti, A. 2013: Lofoten-Vestfjorden Aeromagnetic Survey 2011-LOVAS-11 Acquisition, processing and interpretation report. *NGU Report 2013.060*, 138 p.

Bungum, H. & Olesen, O. 2005: The 31st of August 1819 Lurøy earthquake revisited. *Norwegian Journal of Geology* 85, 245-252.

Janutyte, I., Lindholm, C & Olesen, O. 2017: Relation between seismicity and tectonic structures offshore and onshore Nordland, northern Norway. *Norwegian Journal of Geology* 97, 161–175. <https://dx.doi.org/10.17850/njg97-3-02>

Karlsen, T.A. & Olesen, O. 1996: Airborne geophysical prospecting for ultramafite associated talc, Altermark, northern Norway. *Journ. Appl. Geophysics* 35, 215-236.

Maystrenko, Y. P., Olesen, O., Gernigon, L. & Gradmann S. 2017: Deep structure of the Lofoten-Vesterålen segment of the Mid-Norwegian continental margin and adjacent areas derived from 3D density modeling, *J. Geophys. Res. Solid Earth*. 122, doi:10.1002/2016JB013443.

Olesen, O., Henkel, H., Kaada, K. & Tveten, E. 1991: Petrophysical properties of a prograde amphibolite – granulite facies transition zone at Sigerfjord, Vesterålen, northern Norway. In: Wasilewski, P. and Hood, P. (eds) *Magnetic Anomalies – Land and Sea. Tectonophysics* 192, 33–39.

Olesen, O., Gjelle, S., Henkel, H., Karlsen, T.A., Olsen, L. & Skogseth, T. 1995: Neotectonics in the Ranafjorden area, northern Norway. *Geological Survey of Norway Bull.* 427, 5-8.

Olesen, O., Torsvik, T.H., Tveten, E., Zwaan, K.B., Løseth, H. & Henningsen, T. 1997. Basement structure of the continental margin in the Lofoten-Lopphavet area, northern Norway: constraints from potential field data, on-land structural mapping and palaeomagnetic data. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 77, 15–30.



- Olesen, O., Lundin, E., Nordgulen, O., Osmundsen, P.T., Skilbrei, J.R., Smethurst, M.A., Solli, A., Bugge, T. and Fichler, C. 2002: Bridging the gap between the onshore and offshore geology in Nordland, northern Norway. *Norwegian Journal of Geology* 82, 243-262.
- Olesen, O., Balling, N., Barrère, C., Breiner, N., Davidsen, B., Ebbing, J., Elvebakk, H., Gernigon, L., Koziel, J., Midttømme, K., Nordgulen, Ø., Olsen, L., Pascal, C., Ramstad, R.K., Osmundsen, P.T., Rønning, J.R., Skilbrei, J.S., Slagstad, T. and Wissing, B. 2007: KONTIKI Final Report, Continental Crust and Heat Generation In 3D. *NGU Report 2007.042*, 438 p.
- Olesen, O., Kierulf, H.P., Brønner, M., Dalsegg, E. & Fredin, O. 2013: Deep weathering, neotectonics and strandflat formation in Nordland, northern Norway. *Norwegian Journal of Geology* 93, 189-213.
- Olesen, O., Baranwal, V., Brønner, M., Dalsegg, E., Dumais, M.-A., Gellein, J., Gernigon, L., Haldal, T., Larsen, B.E., Lauritsen, T., Lutro, O., Maystrenko, Y., Nasuti, A., Roberts, D., Rueslåtten, H., Rønning, J.S., Slagstad, T., Solli, A. & Stampolidis, A. 2015: Coop Phase 2 Crustal Onshore-Offshore Project. *NGU Report 2015.063*, 410 p.
- Olesen, O., Baranwal, V.C., Bjørlykke, A., Dumais, M.-A., Elvebakk, H., Gellein, J., Gernigon, L., Gradmann, S., Haase, C., Larsen, B.E., Lauritsen, T., van der Lelij, R., Maystrenko, Y.P., Nasuti, A., Ofstad, F., Osinska, M., Ottesen, D., Rueslåtten, H.G., Schönenberger, J., Slagstad, T., Smelror, M. and Solbakk, T. 2019. Coop Phase 3 Crustal Onshore-Offshore Project. *NGU Report 2019.036*, 651 p.
- Olesen, O., Lauritsen, T., Dumais, M.-A., Slagstad, T. & Ofstad, F. 2022: Towards a new radon hazard map of Norway using Trøndelag as a test area. *Norwegian Journal of Geology* 101, <https://dx.doi.org/10.1785/njg101-4-2>, 27 p.
- Sindre, A. 1994: Tolking av gravimetriske data over Ofotsynklinalen. *NGU Rapport 94.061*, 33 s.
- Sindre, A. 1997. Tolkning av dyp til basement under de kaledonske dekkebergartene i Nordland fra gravimetriske data. *NGU Rapport 97.179*, 24 s.
- Sindre, A. & Boyd, R. 1977: Tyngdemålinger Råna. *NGU Rapport 1538*.



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)