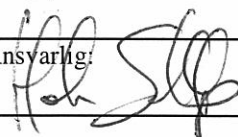


GEOLOGI FOR SAMFUNNET

GEOLOGY FOR SOCIETY



Rapport nr.: 2013.016		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: MINN - Mineralressurser i Nord-Norge. Statusrapport pr. 31.12.2012			
Forfattere: Jan Sverre Sandstad, Rolv Dahl, Jörg Ebbing, Tor Erik Finne, Belinda Flem, Håvard Gautneb, Iain Henderson, Peter M. Ihlen, Gudmund Løvø, Odleiv Olesen, Jan Steinar Rønning og Henrik Schiellerup		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Nordland, Troms og Finnmark		Kommune:	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 66. Kartbilag:	Pris: 150,-
Feltarbeid utført: 2011-2012	Rapportdato: 28.02.2013	Prosjektnr.: 338300	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>MINN – NGUs program for kartlegging av mineralressurser i Nord-Norge startet i januar 2011 etter at NGU fikk en ekstrabevilgning på 25 mill. NOK for 2011 over Statsbudsjettet, og med løfte om tilsvarende årlig beløp ut 2014. Sluttrapportering og publisering av resultatene forventes å fortsette også i 2015. Målet med programmet er å få fram geofysiske, geologiske og geokjemiske grunnlagsdata som er en nødvendig basis for industrien for påvisning og utvikling av forekomster av metalliske og andre mineralske råstoffer. Resultatene fra programmet formidles fortløpende gjennom NGUs nettsider og andre kanaler. Formålet med denne statusrapporten er å gi en oversikt over undersøkelsene som er utført innenfor programmet de to første årene og å skissere planene for de kommende årene. MINN-programmets regnskap for 2011 og 2012 viser totale kostnader på nær 62 mill. NOK, hvorav NGU bidrar med nær 12 mill. NOK over sitt ordinære budsjett.</p> <p>Geofysiske målinger fra fly (magnetometri og radiometri) er gjennomført på Finnmarksvidda, Sennalandet, Laksefjordvidda og Sør-Varanger (ca. 140.000 profilkm – arealdekning ca. 25.200 km²) og fra helikopter (magnetometri, EM og radiometri); Mauken, Vannøya, Rombaken, Repparfjord, Rana, Finnsnes, Senja, Kvæfjord og Alta-Kvænangen (ca. 35.700 profilkm – arealdekning ca. 7.000 km²).</p> <p>Over 2.200 tidligere innsamlede mineraljordprøver fra Nordland, Troms og Finnmark ble reanalysert i 2011 (ca. 1 prøve per 40 km²), og oppfølgende geokjemiske undersøkelser med tettere prøvetaking er gjort på Nordkinn-/Digermulhalvøya i 2011 og Hamarøy-Tysfjord området i 2012.</p> <p>Geologiske undersøkelser med kartlegging av berggrunnen, strukturgeologisk tolkning, prøvetaking, kjemisk analysering og datering er utført i Vesterålen, Sør-Troms og Vest-Finnmark. Undersøkelser av mineralressurser er konsentrert om Fe-P-REE i Vesterålen, grafitt i Vesterålen og Senja, Fe i Sør-Troms, byggeråstoffer i Troms, Au og/eller Cu i Mauken, Ringvassøya, Kautokeino, Alta og Repparfjord. Det er registrert over 600 eksterne nedlastinger av de frigitte geofysiske og geokjemiske data fra prosjektsidene, i tillegg kommer pressekonferanser, medieoppslag og presentasjoner ved møter.</p>			
Emneord: Geofysikk	Geokjemi	Berggrunn	
Løsmasser	Mineralressurser		

INNHOOLD

1.	INNLEDNING	7
1.1	Samarbeid med industri, fylker og andre	8
1.2	Samarbeid med universiteter	9
2.	GEOFYSISKE UNDERSØKELSER	10
2.1	Geofysiske målinger fra helikopter	11
2.1.1	Målemetoder og utførelse	11
2.1.2	Måleområder og resultater	12
2.1.3	Utfordringer under målingene	14
2.1.4	Videre planer	14
2.2	Geofysiske målinger fra fly	14
2.2.1	Planer 2013-2014	15
2.3	Seismiske målinger og 3D tolkninger	17
2.3.1	Planer 2013-2014	19
2.4	Tyngde-gradiometri over Karasjok grønnsteinsbelte	21
2.4.1	Data	21
2.4.2	Foreløpige tolkning	22
2.4.3	Videre arbeid	23
3.	GEOKJEMISKE UNDERSØKELSER	24
3.1	Bakgrunn og mål	24
3.2	Regionale data – re-analyser av tidligere innsamlede prøver	24
3.3	Oppfølgende undersøkelser på Nordkinnhalvøya	24
3.4	Oppfølgende undersøkelser Tysfjord-Hamarøy (Nord-Salten)	26
3.5	Planer 2013-2015	27
4.	GEOLOGISKE UNDERSØKELSER I NORDLAND OG TROMS	28
4.1	Berggrunnsgeologiske undersøkelser i Vesterålen	28
4.1.1	Bakgrunn og mål	28
4.1.2	Utførte undersøkelser	28
4.1.3	Foreløpige resultater	30
4.1.4	Planer 2013-2015:	31
4.2	Berggrunnsgeologiske undersøkelser i Troms	32
4.2.1	Bakgrunn og mål	32
4.2.2	Utførte undersøkelser	33
4.2.3	Foreløpige resultater	34
4.2.4	Planer 2013-2015	36
4.3	Løsmassegeologiske undersøkelser i Troms	36

4.3.1	Bakgrunn	36
4.3.2	Ringvassøya	37
4.3.3	Mauken.....	38
4.4	Undersøkelser av kaledonske jernmalmer i Troms og nordlige Nordland.....	40
4.4.1	Målsetting.....	40
4.4.2	Bakgrunn	40
4.4.3	Utførte undersøkelser	40
4.4.4	Resultater.....	41
4.4.5	Planer for 2013	41
4.5	Grafittundersøkelser i Nordland og Troms.....	43
4.6	Undersøkelser av byggeråstoffer i Troms	46
4.6.1	Bakgrunn	46
4.6.2	Resultater.....	46
4.6.3	Videre arbeid	46
5.	BERGGRUNNSGEOLOGISKE UNDERSØKELSER I VEST-FINNMARK	48
5.1	Bakgrunn og mål	48
5.2	Kautokeino grønnsteinsbelte og Alta-Kvænangenvinduet.....	49
5.2.1	Utførte undersøkelser	49
5.2.2	Foreløpige resultater.....	50
5.2.3	Planer 2013-2015	52
5.3	Repparfjordvinduet.....	52
5.3.1	Utførte undersøkelser	52
5.3.2	Foreløpige resultater.....	54
5.3.3	Planer 2013-2015	56
6.	INFORMASJON OG FORMIDLING	57
6.1	Publisering av data.....	57
6.2	Pressekonferanser	57
6.3	Medieoppslag.....	57
6.4	Presentasjoner.....	58
7.	REGNSKAP.....	59
8.	OPPSUMMERING AV RESULTATER OG VIDERE PLANER.....	61
9.	TAKK.....	64
10.	REFERANSER	65

FIGURER

<i>Figur 1. Områder dekket med høyoppløselige geofysiske målinger fra helikopter og fly i 2011 og 2012.</i>	10
<i>Figur 2. Geofysiske målinger fra helikopter på ytre deler av Senja i 2012 (Foto: Morten Eriksen)</i>	13
<i>Figur 3. Magnetiske data fra geofysiske målinger fra helikopter i 2011 og 2012. I tillegg er et mindre område nordøst for Mo i Rana målt.</i>	13
<i>Figur 4. Status for helikopter- og flygeofysikk i tillegg til innsamlet og planlagt refleksjonsseismikk i Vest-Finnmark.</i>	16
<i>Figur 5. Mannskap og to fly av typen Piper Navajo fra Novatem i Mont-Saint-Hilaire, Québec, Canada under innsamling av magnetiske og radiometriske data i 2012.</i>	17
<i>Figur 6. Innsamling av refleksjonsseismiske data på Sennalandet og Masi.</i>	19
<i>Figur 7. Seismiske profiler fra henholdsvis a) Sennalandet og b) Finnmarksvidda (Masi).</i> ..	20
<i>Figur 8. Karasjok grønnsteinbelte ligger ved grensen til Finland og på grensen mellom arkeiske og proterozoiske bergarter.</i>	21
<i>Figur 9. (a) Magnetiske totalfeltanomalier og (b) Tyngdeanomalier. Nord for Karasjok.</i>	22
<i>Figur 10. Kart av den tilderverte av tyngdefeltet som representerer tyngdegradienten.</i>	22
<i>Figur 11. Grønnsteinsbelte i 3D etter inversjon av tyngde- og magnetiske data. Gule strukturer viser området med tetthetskontrast >50 kg/m³, mens det oransje området viser høy magnetiseringskontrast.</i>	23
<i>Figur 12. Fordelingen av kobber (Cu) i re-analyserte jordprøver innsamlet i Nordkalottprosjektet (Bølviken et al. 1986). Prøvetetthet er ca. 1 prøve/40 km² (Reimann o.a. 2011).</i> ...	25
<i>Figur 13. Geokjemiske kart for barium (Ba) i jordprøver innsamlet under oppfølging på Nordkinn- og Digermulhalvøya i 2011 (Reimann et al. 2012).</i>	25
<i>Figur 14. Geokjemisk kart for lantan (La) i re-analyserte jordprøver innsamlet i prosjektet Geokjemisk kartlegging Nordland-Troms (Reimann o.a. 2011).</i>	25
<i>Figur 15. Status for kartlegging og sammenstilling av berggrunnen i Vesterålen ved utgangen av 2012 (sammenstilt av Einar Tveten).</i>	29
<i>Figur 16. Venstre: Lokalisering av ulike magmatiske Fe-Ti forekomster i Lofoten-Vesterålen. Høyre: Breksjegang av hemoilmenitt, apatitt og biotitt i Nordre Følstad på Austvågøy i Lofoten.</i>	31
<i>Figur 17: Grunnfjellsområdene i Sør-Troms prosjektet.</i>	32
<i>Figur 18: Grunnfjellsområdene i Sør-Troms prosjektet med dokumenterte skjærsoner i rødt og usikre skjærsoner i stiplet rødt.</i>	33
<i>Figur 19. (Over) Magnetiske data fra helikoptermålinger gjennomført i juni og prosessert i juli med plott av observasjonspunkter fra geologisk kartlegging i august og (under) foreløpig berggrunnskart framstilt i september 2011 (sammenstilt av Terje Bjerkgård).</i>	35
<i>Figur 20. Nordlige del av Ringvassøya med geokjemiske anomalier, endemorener (grønne linjer) og isbevegelsesretning (sorte piler).</i>	38
<i>Figur 21. Gullanomalier og geofysikk (magnetiske data) ved Mauken.</i>	39
<i>Figur 22. Oversiktsbilde som viser tidligere drift ved Storhaugen jernmalforekomst, Salangen.</i>	42
<i>Figur 23. Typisk bergartssekvens med vekslende lag av amfibolitt, jernmalm (Fe), glimmerskifer og kalsittmarmor ved Bergviknes i Bogen jernmalmfelt.</i>	42
<i>Figur 24. Båndet jernmalm i Troms; (til venstre) magnetitt-granat bånd ved Ibestad på Rolla og (til høyre) foldet, magnetitt-kvarts bånd på Reinhaugen i Salangen.</i>	42
<i>Figur 25. Lading av salve i Trælen grafittgruve på Senja.</i>	43
<i>Figur 26. Registrerte grafittforekomster på Senja og i Lavangen med innholdet av karbon (C %) i utvalgte forekomster.</i>	44
<i>Figur 27. Registrerte grafittforekomster i Lofoten-Vesterålen med innholdet av karbon (C %) i utvalgte forekomster.</i>	45

<i>Figur 28. Skiferkartlegging i Reisadalen.</i>	<i>47</i>
<i>Figur 29. Magnetisk kart over Kautokeino grønnsteinsbelte med strukturgeologisk tolkning av Iain Henderson og observasjonslokaliteter fra feltarbeid sommer 2012. Totalt 155 lokaliteter (svart sirkel) med 11 prøver fra skjærsoner (gul sirkel) og 30 prøver for datering (hvite sirkler).</i>	<i>50</i>
<i>Figur 30. Kobbermineralisert Storviknesdolomitt fra Fiskarfjellet, vest for Alta.</i>	<i>51</i>
<i>Figur 31. Registrerte kobberforekomster (grønn sirkel) i Storviknesdolomitten vest for Alta. Variasjoner i kobberinnholdet i representative prøver er angitt.</i>	<i>52</i>
<i>Figur 32 Den vestlige delen av Repparfjordvinduet er sterkt påvirket av kaledonsk deformasjon som har resultert i dannelsen av en stor imbrikasjonsvifte. Her fra Kvenklubbenforkastningen nord for Porsa – en innskyvningsforkastning som har blitt reaktivert som normalforkastning.</i>	<i>54</i>
<i>Figur 33. Åpningen av kobberførende karbonat-kvartsårer i grønnstein kan relateres til NV-SØ rettet forkortning. Her fra Halsvatnetforekomsten.</i>	<i>55</i>

TABELLER

<i>Tabell 1. Antall profilkm og areal dekket med geofysiske målinger fra fly og helikopter i 2011 og 2012.</i>	<i>11</i>
<i>Tabell 2. Måleinstrumenter, produsent og type, nøyaktighet og samplingsfrekvens.</i>	<i>11</i>
<i>Tabell 3. Hummingbird elektromagnetisk målesystem.</i>	<i>11</i>
<i>Tabell 4. Regnskap for 2011 og 2012 for MINN-programmet (i 1000 kr).</i>	<i>59</i>
<i>Tabell 5. Regnskap for 2011 fordelt på prosjekter (i 1000 kr).</i>	<i>59</i>
<i>Tabell 6. Regnskap for 2012 fordelt på prosjekter (i 1000 kr).</i>	<i>60</i>

1. INNLEDNING

MINN – NGUs program for kartlegging av mineralressurser i Nord-Norge startet i januar 2011 etter at NGU fikk en ekstrabevilgning på 25 mill. NOK for 2011 over Statsbudsjettet, og med løfte om tilsvarende årlig beløp ut 2014. Sluttrapportering og publisering av resultatene forventes å fortsette også i 2015. Formålet med denne statusrapporten er å gi en oversikt over undersøkelsene som er utført innenfor programmet de to første årene og å skissere planene for de kommende årene.

Bakgrunnen for programmet er økt etterspørsel og leting etter metaller og mineralressurser globalt. Samtidig er det en økende konkurranse om slike råstoffer på verdensbasis. Hovedårsakene for dette er befolkningsvekst, teknologisk utvikling og økonomisk vekst, ikke minst i folkerike land i Asia. EU setter også mineralressurser på agendaen, noe som har sammenheng med at Europa i stor grad er avhengig av å importere mineralske råstoffer.

Norden er antatt å være blant de mest lovende områder i Europa når det gjelder framtidige funn av metaller og industrimineraler. I Sverige og Finland har vi da også sett de senere år at nye funn er gjort, nye gruver kommer i drift, eksisterende gruver øker sin produksjon og gamle gruver gjenåpnes. Denne utviklingen har kommet mye lengre i våre naboland, og en av årsakene til dette er at vi i Norge har manglet de nødvendige grunnlagsdata. ”Verden trenger råvarer, og Norge må både kartlegge og finne mineralressurser som vi kan leve av i framtida” sa næringsminister Trond Giske i oktober 2010, da han innvilget de første 25 mill. NOK til denne satsingen. MINN utgjør dermed en del av Regjeringens satsing både på mineralressurser og Nordområdene.

Formålet med programmet er å få fram geofysiske, geologiske og geokjemiske grunnlagsdata som er en nødvendig basis for industrien for påvisning og utvikling av forekomster av metalliske og andre mineralske råstoffer.

MINN-programmet vil bidra til:

- Nye geofysiske data – nødvendig grunnlagsdata for nasjonale og internasjonale leteselskapers prospektering.
- Økt prospektering fra leteselskaper – større sannsynlighet for funn av nye forekomster.
- Næringsutvikling – økt sysselsetting.
- Bedre dokumentasjon av potensialet for strategiske mineralressurser i Nord-Norge.
- Utvidet kunnskapsgrunnlag og bedre forvaltning av naturressursene – færre konflikter.
- Internasjonalt samarbeid – felles bruk av nye og mer effektive letemodeller, herunder tolkning av data på tvers av landegrensene i nordområdene.
- Nye radiometriske data – bedre kunnskap om naturlig radioaktiv stråling, inkl. radon.
- Utvikling av samarbeidsprosjekter med universiteter, inkl. doktor- og mastergrads prosjekter, og dermed et bidrag til rekruttering innen geofagene.

Resultatene fra programmet formidles fortløpende til aktuelle prospekteringsinteresser, offentlig forvaltning og andre berørte parter gjennom følgende kanaler:

- Offentliggjøring av resultater via internett; alle data er fritt nedlastbare på <http://www.ngu.no/no/tm/Om-NGU/prosjekter/Mineralressurser-i-Nord-Norge-MINN>
- Presentasjon av resultatene på aktuelle prospekteringsmøter i inn- og utland.
- Direkte dialog med selskapene og andre aktuelle parter.
- Offentlig tilgjengelige rapporter.

NGU har nedsatt en styringsgruppe som er et koordinerende og rådgivende organ for MINN-programmet. Medlemmer er Jan Sverre Sandstad (koordinator), Tom Heldal (avdelingsdirektør Georessurser) og lagleder eller representant for følgende lag; Sokkelgeofysikk, Anvendt geofysikk, Berggrunnsgeologi, Mineralressurser, Geokjemi og Kommunikasjon, og ved utgangen av 2012 var disse henholdsvis Odleiv Olesen, Jan Steinar Rønning, Ane Engvik, Henrik Schiellerup, Clemens Reimann og Gudmund Løvø. MINN-programmet utgjør en betydelig del av NGUs aktivitet, og mellom 55-60 NGU-medarbeidere deltar i prosjektene. I tillegg kommer innleid personell og sommerengasjerte studenter.

1.1 Samarbeid med industri, fylker og andre

NGU deltar gjennom MINN-programmet aktivt i flere samarbeidsorganer med fokus på mineralressurser i Nord-Norge:

Mineralklynge Nord (MN) skal bidra til å øke aktiviteten, verdiskapingen og sysselsettingen i mineralnæringen. Dette skal skje gjennom økt samarbeid, kunnskapsutvikling og internasjonal orientering. MN er et Arena-prosjekt som startet i september 2012, og har en varighet på 3 år med mulighet for ytterligere 2 års forlengelse. Innovasjon Norge Nordland delfinansierte et forprosjekt som var initiert av flere sentrale bedrifter i november 2011. Ved utgangen av 2012 er det 30 fullverdige medlemmer som representerer hele verdikjeden; gruve- og leteselskaper, prosessindustri, forsknings- og utdanningsinstitusjoner, leverandører, grunneiere (Statskog) og forvaltning.

Klyngens fokusområder er: kompetanse/utdanning/rekruttering; miljø; leverandørutvikling; prosessindustri/videreforedling og rammebetingelser. Arbeid med omdømme er sentralt i alle fokusområdene. Jevnlige partnerskapsmøter blir avholdt i prosjektet

(<http://www.mineralklyngenord.no/>).

Troms Mineral (TM) er en ressursgruppe utnevnt av Troms fylkeskommune (TFK), som har som formål å utvikle ideer rettet mot industrialisering av forekomster av mineraler, metaller og naturstein i Troms. Ressursgruppen (per 10.10.2012) ledes av spesialrådgiver Ken H. Enoksen (TFK) og består ellers av Jan Sverre Sandstad (NGU), Steffen Berg og Kåre Kullerud (Institutt for geologi, Universitetet i Tromsø), Terje Berntsen (Innovasjon Norge) og representant for næringslivet. TFK bevilget i april 2011 NOK 10 mill. over 3 år til en satsing på mineralressurser i fylket, og ressursgruppen er med på å anbefale fordelingen av midlene.

Mineralforum Finnmark (MF) er resultatet av et initiativ som ble tatt av Innovasjon Norge Finnmark i 2009. En interimsguppe med representanter for mineralindustrien, Finnmarkseiendommen (FeFo), Alta kommune, Origo, NGU, Innovasjon Norge Finnmark, Finnmark fylkeskommune (FFK), Direktoratet for Mineralforvaltning (tidligere Bergvesenet)

og Sametinget ble satt ned. Mineralforum Finnmark skal være en pådriver for næringsutvikling innen mineraler i Finnmark, og det innebærer at MF skal fokusere på de faglige og næringsmessige spørsmålene knyttet til mineralutvikling, men ikke bli en politisk aktør. MF ledes av prosjektleder Kjell T. Svindland (FFK) og har jevnlig møter med ulike tema og deltakere.

NGU har i tillegg gjennom MINN-programmet ulike former for samarbeid med gruve- og leteselskaper som er aktive i Nord-Norge, både for å øke vår kunnskap om aktuelle prosjekter og for å bidra med vår kompetanse. Aktuelle selskaper er Scandinavian Highlands (Mauken), Scandinavian Resources (Ringvassøya, Alta og Kautokeino), Store Norske Gull (Vannøya og Ringvassøya), Nordic Mining (Stjernøy-Øksfjord), Nussir (Repparfjord), Arctic Gold (Kautokeino), Norwegian Minerals Group (Nordkinnhalvøya) og Kimberlite (Sør-Varanger).

NGU har utført eksterntfinansierte prosjekter i mindre grad. Dette gjelder geofysiske målinger fra helikopter i Rana for LNS-Rana Gruber og på ytre deler av Senja for LNS-Skaland Graphite, samt geofysiske målinger på bakken for Store Norske Gull (Vannøya) og Nussir (Repparfjord).

1.2 Samarbeid med universiteter

NGU er interessert i samarbeid med universiteter både som en del av kompetanseutvikling generelt, og også som en del av en strategi for å rekruttere yngre medarbeidere som kan få anledning til å utvikle seg i organisasjonen før generasjonen som er i ferd med å nærme seg pensjonsalder, går av. Gjennom MINN-programmet er samarbeid innenfor mineralressurser utvidet spesielt med Universitetet i Tromsø og NTNU. Flere studenter er i tillegg engasjert til å gjøre feltarbeid om sommeren.

Allerede før oppstart av MINN hadde NGU et samarbeid med Universitetet i Tromsø om et doktorgradsprosjekt i Rombak. Dr.grad stipendiat Tine Larsen ble ansatt på NGU sommeren 2009 med oppgaven: *Structural development and metallogenesis of Palaeoproterozoic volcano-sedimentary rocks of the Rombak Tectonic Window*. Den er planlagt fullført sommeren 2013. MINN-programmet støtter i tillegg en masteroppgave angående studier av gullmineraliseringer på Mauken i Bardu som vil fullføres våren 2013. To masteroppgaver som vil undersøke opptreden og dannelse av jernforekomster ved Tromsøysundet (Bøntuva-Sollidalen-Sollidalsaksla) ble igangsatt sommeren 2012, er planlagt innlevert november 2013 og mai 2014.

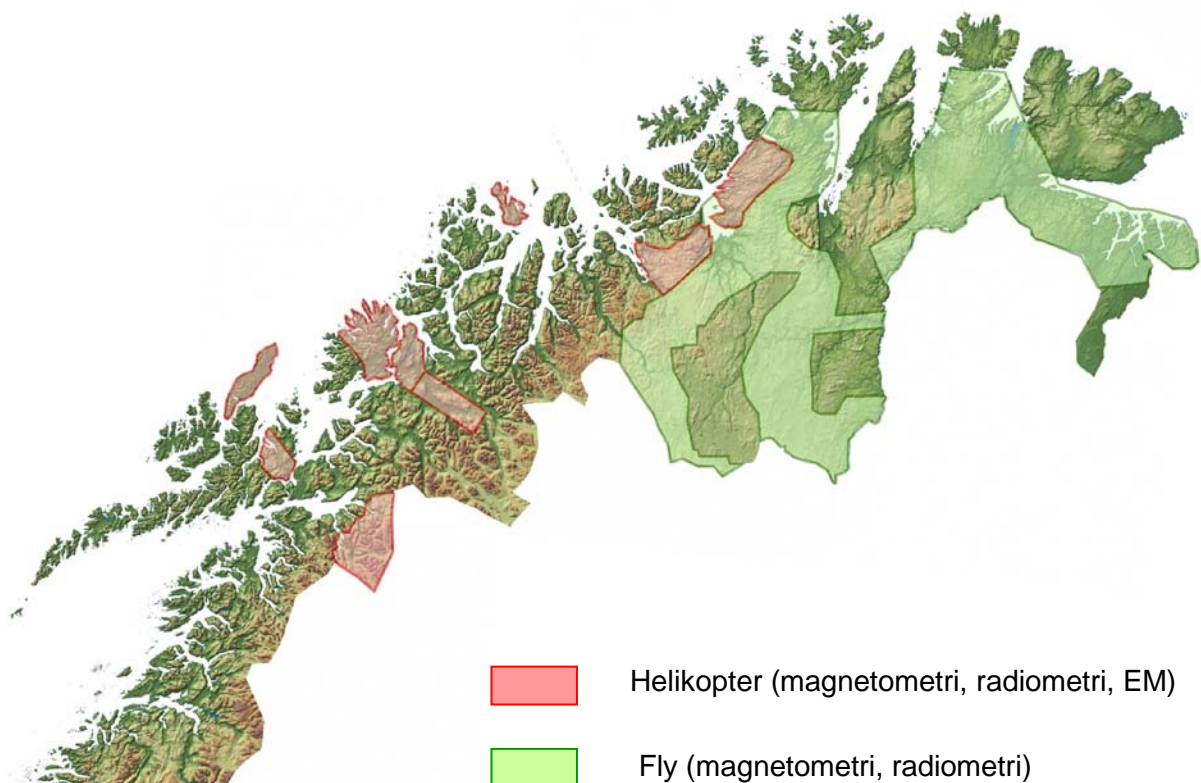
I samarbeid med NTNU ble et doktorgradsprosjekt påbegynt sommeren 2012 med stipendiat Espen Torgersen; *The Repparfjord Tectonic Window, structural geology and copper mineralizations*. Den er planlagt innlevert våren 2015, og en mastergradoppgave som startet samtidig i Repparfjord-vinduet vil avsluttes i 2013. En mastergradsoppgave med formål å sammenligne fastfjellsprøver og mineraljordprøver fra Nordkinn-halvøya, både mineralogisk og kjemisk, vil avsluttes sommeren 2013.

I samarbeid med Universitetet i Bergen er det utført seismiske undersøkelser i to profiler på Finnmarksvidda og på Sennalandet (Kapittel 2.3).

2. GEOFYSISKE UNDERSØKELSER

Geofysiske målinger fra fly og helikopter utgjør størstedelen av NGUs satsing innenfor MINN-programmet da høyoppløselige geofysiske data er svært nyttige grunnlagsdata for geologisk kartlegging og selskapenes prospektering. For å få gode data er det nødvendig at målingene gjøres i lav høyde og med tett avstand mellom profilene; vanlige parametre ved NGUs målinger er 60 meters flyhøyde med profilavstand på 200 meter. Ved målinger fra fly registreres magnetiske og radiometriske egenskaper i berggrunnen (Kapittel 2.2), og fra helikopter måles i tillegg elektrisk ledningsevne (Kapittel 2.1).

I forbindelse med planlegging av de elektromagnetiske målingene fra helikopter ble det vurdert om NGU skulle leie tjenester for å kunne foreta transient-EM (TEM) målinger i tillegg til NGUs eget måleutstyr som utfører frekvens-EM-målinger (FEM). Dybde- rekkevidden for TEM er større enn for FEM; henholdsvis 400-500 m og 100-150 m under ideelle forhold. Selvsagt kan det være fordel å kunne påvise elektriske ledere på større dyp. Tidlige sonderinger i markedet viste imidlertid at kostnadene ved TEM-målinger er mer enn dobbelt så store som ved FEM-målinger i egen regi (dvs. mindre enn halvparten av arealet vil bli dekket med samme total kostnad). Siden MINN-satsningen er å betrakte som et kartleggingsprogram ble det bestemt kun å utføre EM-målinger med eget utstyr de første årene. TEM-målinger kan betraktes som mer objektrettede målinger som i hovedsak selskapene kan utføre i tillegg til NGUs målinger.



Figur 1. Områder dekket med høyoppløselige geofysiske målinger fra helikopter og fly i 2011 og 2012.

Prioritering av områder som er målt er gjort etter ulike kriterier. Fly kan kun benyttes i områder med relativt jevn topografi, og dette gjelder i hovedsak bare i indre deler av Finnmark og Sør-Varanger (Figur 1). Helikopter må benyttes i kystområdene hvor terrenget

har kraftigere relieff. Områder hvor det foregår aktiv prospektering eller gruvedrift, og hvor interessenter er klare til å gjøre seg nytte av data ble prioritert. I tillegg ble også områder med stort potensial for mineralressurser og behov for økt geologisk kunnskap prioritert.

Tabell 1. Antall profilkm og areal dekket med geofysiske målinger fra fly og helikopter i 2011 og 2012.

Profilkm	2011	2012	Sum	Areal km ²
Helikopter	17 200	18 500	35 700	7 000
Fly	54 000	86 000	140 000	25 200
Totalt	71 200	104 500	175 700	32 200

2.1 Geofysiske målinger fra helikopter

2.1.1 Målemetoder og utførelse

De geofysiske målingene fra helikopter er utført med NGUs eget måleutstyr (se Tabell 2). Dette består av en sonde som slepes 30 meter under helikopteret med en magnetisk sensor (Scintrex 1993) og fem elektromagnetiske (EM) sendere/mottagere (Geotech 1997). Gammasppektrometer (Radiation Solutions 2010), trykkføler, temperaturføler og radar høydemåler er montert på egen ramme under helikopteret. EM senderfrekvens, spoleorientering og spoleavstand fremgår av Tabell 3. Hele systemet ble båret av et helikopter av typen AS 350-B1 fra firmaet HeliScan (Figur 2).

Tabell 2. Måleinstrumenter, produsent og type, nøyaktighet og samplingsfrekvens.

Instrument	Produsent/Type	Nøyaktighet	Målefrekvens
Flymagnetometer	Scintrex Cs-2	0,002 nT	5 Hz
Basemagnetometer	Scintrex EnviMag	0,1 nT	3,3 Hz
Elektromagnetisk	Geotech Hummingbird	1 – 2 ppm	10 Hz
Gammasppektrometer	Radiation Solutions RSX-5	1024 kanaler, 16 liter ned, 4 l opp	1 Hz
Radar høydemåler	Bendix/King KRA 405B	± 3 % 0 – 500 fot ± 5 % 500 – 2500 fot	1 Hz
Trykk/temperatur	Honeywell PPT	± 0,03 % FS	1 Hz
Navigasjon	Topcon GPS-mottager	± 5 meter	1 Hz

Tabell 3. Hummingbird elektromagnetisk målesystem.

Spole:	Frekvens	Orientering	Spoleavstand (m)
A	7700 Hz	Coaxial	6.20
B	6600 Hz	Coplanar	6.20
C	980 Hz	Coaxial	6.025
D	880 Hz	Coplanar	6.025
E	34000 Hz	Coplanar	4.87

Ved NGUs helikoptermålinger måles vanligvis linjer for hver 200 meter med helikopteret 60 meter over bakken i en hastighet på 100 km/t (Rønning 2012). Sonden med magnetometeret og EM senderne/mottagerne slepes da 30 m over bakken. Større målehøyde reduserer oppløsningen en kan oppnå på alle målemetoder, og datakvaliteten blir dårligere. Lavere hastighet gir mindre målepunktavstand uten at dette øker den laterale oppløsningen. I områder

med kraftig topografisk relieff må lokale tilpasninger gjøres. Et av disse områdene var Trælen-Skaland på ytre deler av Senja (Figur 2). Der ble profillinjene lagt langs fjellsidene for å lette flyvingen i det utfordrende terrenget. Ut fra den generelle geologien i området var dette ikke optimalt, men ut fra strøket til de kjente grafittmineraliseringene på Skaland og Trælen var profilretningen mer gunstig (Rønning o.a. 2012).

Prosessering av data er enten foretatt på NGU eller av tidligere NGU-medarbeider Alexei Rodionov (AR Geoconsult, Calgary, Canada) ved bruk av standard programvare (Geosoft 1997, 2005 og 2007). Prosesseringen følger NGUs standard prosedyrer for NGUs helikoptermålte data (Rønning 2012). Magnetiske data fra de fleste måleområdene er vist i Figur 3 og nærmere omtale av de enkelte måleområder er gitt i ulike rapporter. NGU har opprettet en prosjektgruppe for helikoptermålingene innenfor MINN.

2.1.2 Måleområder og resultater

Magnetiske data fra de fleste områdene som er dekket med geofysiske målinger fra helikopter er vist i Figur 3. Totalt er det målt 35.700 profilkm og et areal på ca. 7.000 km² er dekket.

Følgende områder ble målt i 2011 og er senere prosessert og rapportert:

- Mauken i Målselv kommune (Rodionov et al. 2012a)
- Vannøya i Karlsøy kommune (Rodionov & Ofstad 2012)
- Repparfjord i Alta og Kvalsund kommuner (Ofstad et al. in prep.)
- Rombak i Narvik kommune (Rodionov et al. 2012b)

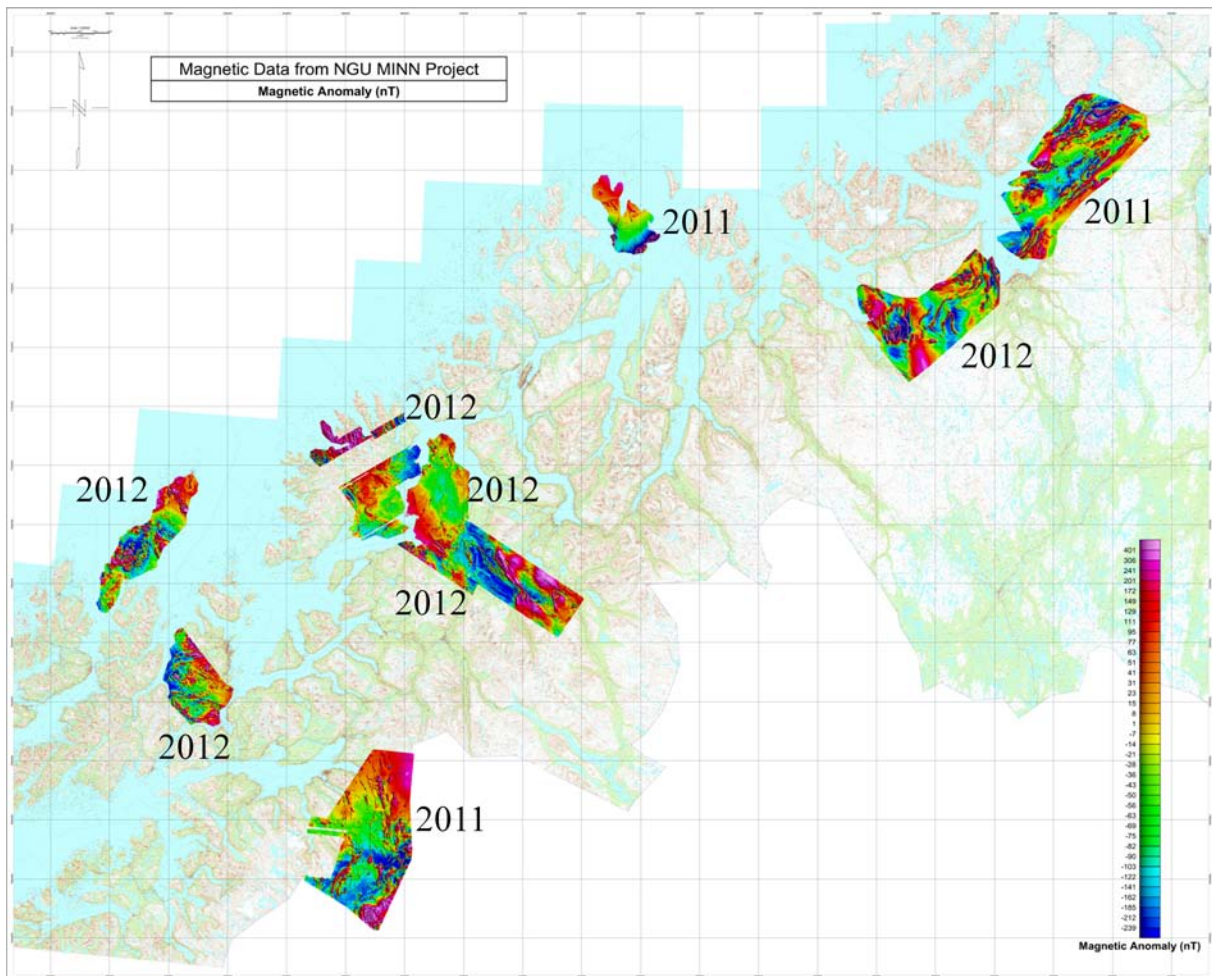
Følgende områder ble målt i 2012 og er senere prosessert og rapportert:

- Storforshei i Rana kommune (Rodionov et al. 2012d)
- Finnsnes og indre deler av Senja i Lenvik og Tranøy kommuner (Rodionov et al. 2012e)
- Skaland-Trælen i Berg kommune (Rønning o.a. 2012)
- Kvæfjord i Kvæfjord, Harstad og Tjeldsund kommuner (Rodionov et al. in prep.)
- Alta-Kvæningen i Alta og Kvæningen kommuner (Rodionov et al. 2012f)
- Andøya i Andøya kommune (data er prosessert, men ikke publisert etter avtale med fem oljeselskap og Oljedirektoratet selv om den sørlige delen kan publiseres)

I tillegg er tidligere innsamlete geofysiske data fra helikoptermålinger på Ringvassøya (Mogaard & Mauring 2002) og Kautokeino-Masi området reprocesserte innen rammen av MINN (se Kapittel 2.2).



Figur 2. Geofysiske målinger fra helikopter på ytre deler av Senja i 2012 (Foto: Morten Eriksen)



Figur 3. Magnetiske data fra geofysiske målinger fra helikopter i 2011 og 2012. I tillegg er et mindre område nordøst for Mo i Rana målt.

2.1.3 Utfordringer under målingene

NGU har tidvis hatt problemer med instrumentene som har sinket målingene og delvis gitt noe lavere datakvalitet. Enkelte EM-frekvenser har, spesielt ved store temperaturforandringer, hatt for høy og ikke-lineær drift. Kilden til problemet er nå lokalisert og ved oppstart til sommeren 2013 vil trolig problemet være løst. Problemet har gitt seg utslag i tidvis så stor drift på den høyeste EM-frekvensen (34 kHz) at data ikke er blitt prosessert (Alta – Kvænangen).

NGU har hatt to tilfeller der sonden har krasjet i bakken og blitt skadet. Midlertidige reparasjoner på stedet har rettet på problemet, og målingene kunne fortsette med fullgod datakvalitet. Vinteren 2011-1012 ble det foretatt en permanent rekonstruksjon av sendersystemet som en følge av disse uhellene. Våren 2012 oppsto en skjult feil i en kontakt som tidvis gav så mye støy på målingene at enkelte linjer og deler av linjer måtte måles om igjen (målingene i Rana). Etter at feilen ble lokalisert fungerte det meste som forutsatt.

I flere av de undersøkte områdene finnes verneområder hvor det ikke er lov å fly lavere enn 300 meter over bakken. NGU har søkt om og fått innvilget dispensasjon fra verneforskriftene der dette har vært aktuelt ved helikoptermålingene.

Samarbeidet med reineiere har i mange tilfeller vært meget god. Imidlertid har tilpasning til reindrift medført tungvinte logistiske løsninger, slik som flytting av helikopter og utstyr fram og tilbake mellom måleområder og redusert måletid i den lyseste tiden av året. Dette førte også til at målingene på Senja ikke kunne slutføres i 2012 (Figur 3).

2.1.4 Videre planer

Ved planleggingen av helikoptermålingene innenfor MINN-programmet ble det tatt utgangspunkt i at NGU selv kunne produsere ferdig prosesserte data for kr 500 pr. linjekm. Erfaring fra både 2011 og 2012 var at prisen ble ca. kr 400 pr. linjekm. Dette betyr at NGU kan gjennomføre denne type målinger betydelig billigere enn å kjøpe tjenestene på det internasjonale markedet. NGU startet høsten 2012 et arbeid med å klargjøre et nytt system for helikoptermålinger i egen regi. Fra oppstart av ny feltsesong vil vi kunne operere det eksisterende systemet med magnetiske, radiometriske og elektromagnetiske målinger og i tillegg ha ett nytt system med bare magnetiske og radiometriske målinger operativt. Dette lar seg gjennomføre på en billig måte ved at NGU inngår et samarbeid med Statens Strålevern der vi får låne Strålevernets gammaspektrometer mot at NGU tar et større ansvar ved "Atomulykkeberedskapen". Med de to systemene i drift kan kapasiteten for helikoptermålinger innenfor MINN økes til ca. 45.000 linjekm årlig eller ca. 9.000 km².

2.2 **Geofysiske målinger fra fly**

NOVATEM Inc. fra Mont-Saint-Hilaire i Québec, Canada utførte geofysisk kartlegging fra fly i Finnmark i løpet av sommeren og høsten 2011 og 2012 (Figur 1 og Figur 4). Selskapet ble tildelt oppdraget i konkurranse med fem andre utenlandske selskap fordi det hadde laveste pris og beste tekniske løsning (tre Geometrics G-823A Cesium magnetometre og tre spektrometre fra Radiation Solutions med RSX-5 detektorer og krystallpakker på til sammen

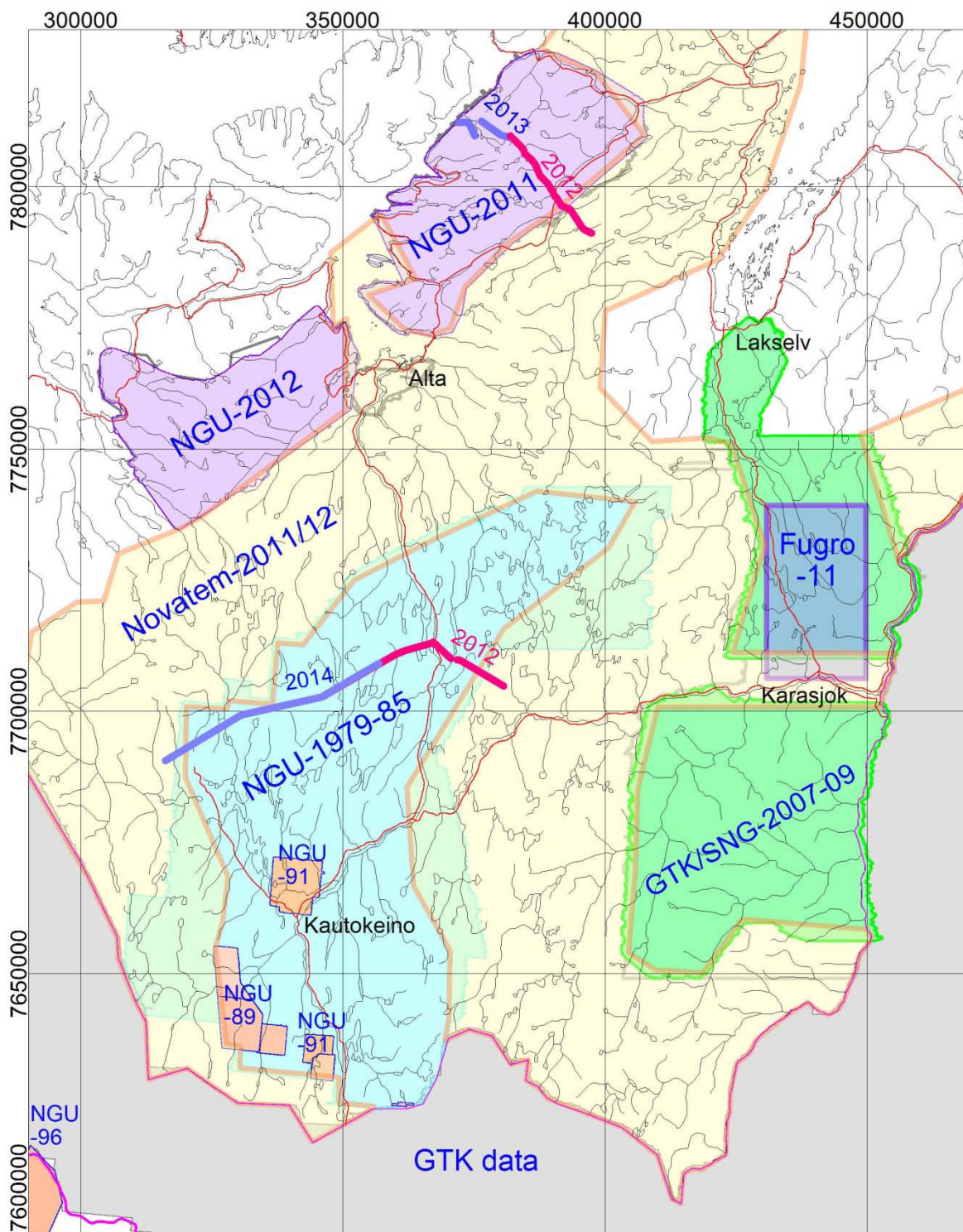
62,7 liter). Mer informasjon om Novatem finnes på www.novatem.com. Selskapet har utført til sammen 140.000 km kombinerte magnetiske og radiometriske målinger med en profil- og krysslinje-avstand på henholdsvis 200 m og 2 km og en flyhøyde mellom 60 og 300 m (avhengig av topografi). Til sammen er et areal på vel 25.000 km², tilsvarende 8 % av Norges areal kartlagt. De to flyene som ble benyttet til de geofysiske målingene, er vist i Figur 5. Kvaliteten på de geofysiske målingene er avhengig av flyhøyden. Gunstigste flyhøyde er 30 - 60 meter, men i kupert terreng blir høyden større. Over tettbygde områder har Luftfartstilsynet dessuten pålagt NGU å fly på minimum 100 m høyde. Verneområder ble også kartlagt for å oppnå en regional geologisk forståelse. Det er spesielt viktig å fastlegge sammenhengen med de malmførende provinsene i Finland og Russland. Det ble gitt tillatelse fra respektive nasjonalparkstyrene til å fly Øvre Anárjohka og Reisa nasjonalparker, mens det for Stabbursdalen nasjonalpark måtte benyttes en flyhøyde på 300 m. Pasvik ble utelatt fra oppdraget fordi det ikke ble gitt tillatelse til å fly over Øvre Pasvik nasjonalpark lavere enn 300 m høyde. Søknaden om å fly Stabbursdalen nasjonalpark med en lavere høyde enn 300 m er ikke ferdigbehandlet av Miljøverndepartementet.

NGU inngikk i juli 2011 en avtale med Store Norske Gull (SNG) om gradiometermålinger (AGG – Airborne Gravity Gradiometer, Fugro 2011) i Iddjavjavri-området i Karasjok (Figur 4 og Kapittel 2.4). Målehøyde var 80 m og profilavstand 200 m. NGU dekket 50 % av kostnadene mot at data kunne frigis og legges ut på NGUs FTP-server to uker etter at de var kvalitetskontrollert av NGU. Avtalen innebar også at 19.500 km radiometriske og magnetiske data som Finlands geologiske undersøkelse (GTK) samlet inn for SNG i 2007-2009 i Karasjok grønnsteinsbelte (vist med grønn farge i Figur 4), ble oversendt NGU. Målehøyde var 30 m og profilavstand 200 m. Disse vil bli frigitt og lagt ut på NGUs FTP-server den 2. januar 2014. Spesifikasjoner for flymålingene er rapportert av GTK (2007, 2008 og 2009). Avtalen inkluderer ikke frigivelse av EM-data. NGU kan i mellomtiden fritt bruke de magnetiske og radiometriske data i sin kartlegging og eventuelt publisere kart i pdf-format eller lignende. NGU har også inngått en skriftlig avtale med GTK om utveksling av geofysiske data i Nord-Norge og Nord-Finland slik at vi kan lage regionale sammenstillinger i grenseområdene. Berggrunnsgeologien kan dermed kartlegges over landegrensene noe som er viktig for å fastslå om de malmførende strukturene i Finland fortsetter inn i Norge.

I påvente at magnetiske data fra Karasjok grønnsteinsbelte skal frigis, ble de gamle magnetiske helikoptermålinger fra perioden 1979-1983 reprocessert av forsker Aziz Nasuti. Tilsvarende arbeid ble også utført på NGUs helikopterdata fra Kautokeino-området (vist med lyse blå og oransje farger i Figur 4). I tillegg ble også resistivitetsdata fra målingene i 1989 og 1991 både nord og sør for Kautokeino reprocessert (oransje områder Figur 4).

2.2.1 Planer 2013-2014

- Testing av ubemannet fly (drone) for magnetiske målinger i Solbergfjorden og Gisundet mellom Senja og fastlandet (i samarbeid med Maritime Robotics).
- Videreføre geofysiske målinger fra fly med magnetometri i fjorder og sund, samt i større høyde mellom helikoptermålte områder (2014).



Figur 4. Status for helikopter- og flygeofysikk i tillegg til innsamlet og planlagt UiB refleksjonsseismikk (henholdsvis røde og blå linjer) i Vest-Finnmark. NGU data: helikoptergeofysikk 1977-2012 (EM, radiometriske og magnetiske data), GTK 2007-2009: flygeofysikk (EM, radiometriske og magnetiske data), Novatem 2011-2012: flygeofysikk (radiometriske og magnetiske data) og Fugro 2011: flygeofysikk (AGG gradiometri og magnetometri). Eldre NGU helikopter data (1977-1983) i Karasjok- og Alta-områdene er vist med grå polygoner uten fargefyll. Tolkninger av Fugro-data er vist i Kapittel 2.4.



Figur 5. Mannskap og to fly av typen Piper Navajo fra Novatem i Mont-Saint-Hilaire, Québec, Canada under innsamling av magnetiske og radiometriske data i 2012. Fra venstre prosjektleder Olivier Savignet, operatør Sébastien Jubelin, pilotene Mathieu Yanire, Daniel Thibeault, Benoît Käppeli og Simon Larivée, mekaniker Luc Gagnon og pilot Daniel Barrington. Magnetometrene er montert i stingere på halefinnen og vingespissene. Spektrometrene er montert inne i kabinen.

2.3 Seismiske målinger og 3D tolkninger

Magnetiske og gravimetrisk data brukes til å tolke berggrunnsstrukturer på dypet, men resultatene er noen ganger ikke entydige. Fra kontinentalsokkelen har NGU erfaring med at en kombinert tolkning med seismiske data reduserer antall mulige løsninger. Dette skyldes den høye oppløsningen som refleksjonsseismikk har i undergrunnen og som er større enn andre konvensjonelle metoder. Den petrofysiske parameteren, akustisk impedans, som anvendes i refleksjonsseismikk er produktet av tetthet og seismisk hastighet som avspeiler variasjoner i bergartssammensetning og kan dermed avbilde eventuelle strukturer i berggrunnen.

Refleksjonsseismiske studier brukes tradisjonelt i leting etter olje og gass. Finlands geologiske undersøkelse (GTK) har også vist at refleksjonsseismikk gir nyttig informasjon i skorpestudier av prekambriske gneiss- og grunnsteinsbelter (Kukkonen & Lahtinen 2006). Kombinert tolkning av tyngdedata og flymagnetiske data med detaljert refleksjonsseismikk har vist seg å være et effektivt verktøy for konstruksjon av kompliserte skorpestrukturer i krystallinske bergarter. Dette gjelder spesielt Kautokeino grunnsteinsbelte som i stor grad er dekket av kvartære løsmasser. Strukturgeologiske observasjoner vil også være nyttig informasjon i slik 3D-modellering. Refleksjonsseismikk har dessuten med suksess blitt brukt i malmleting i krystalline bergarter, for eksempel i FIRE- og HIRE-prosjektene i Finland (Kukkonen & Lahtinen 2006, Kukkonen et al. 2011).

NGU har valgt å benytte den såkalte snøstreamerteknologien som er utviklet av Universitetet i Bergen (Eiken o.a. 1989, Johansen o.a. 2011, Johannesen o.a. 2011). Data ble samlet inn med en 1,5 km lang seismisk kabel (snøstreamer) som ble trukket av en bandvogn (Figur 6a).

Metoden har i utstrakt grad vært brukt på Svalbard og har vist seg å gi liten skade på den sårbare arktiske vegetasjonen på Svalbard. Metoden er av den grunn også velegnet for bruk i Finnmark der vegetasjonen har mange likhetstrekk med plantedekket på Svalbard. I områder med kupert terreng (f.eks. på begge sider av Kautokeinoelva ved Masi) ble geofoner flyttet med snøskuter. To parallelle detonerende lunter på 50 m lengde ble benyttet som seismisk kilde (Figur 6b og d). Snøskutere ble benyttet til transport av mannskap, sprengstoff og annet utstyr. Klemet Johansen Hætta var kontaktperson i Masi og hyret mannskap og bisto med teknisk assistanse (se figurtekst til Figur 6). Til sammen var 17 personer involvert i datainnsamlingen. NGU hadde ansvaret for å skaffe nødvendige tillatelser fra reindriftsmyndigheter, kommuner, fylke og politi. På grunn av de høye kostnadene med refleksjonsseismikk var innsamlingen avhengig av 50% delfinansiering fra prosjektet 'An integrated study of the Ramså Basin' med Marco Brønner som prosjektleder. Dette prosjektet finansieres av Det norske oljeselskap, Lundin Norway, Maersk Oil Norway, Oljedirektoratet, Statoil og Wintershall Norge. Det ble besluttet å teste nytt utstyr og ny teknologi for seismiske målinger i krystallinske bergarter i Masi-området. Snøstreamerteknologien var tidligere kun brukt til kartlegging av mesozoiske bergarter på Svalbard.

Refleksjonsseismiske data ble samlet inn langs to linjer, hver med ca. 22 km lengde over Sennalandet og Finnmarksvidda ved Masi (Figur 4).

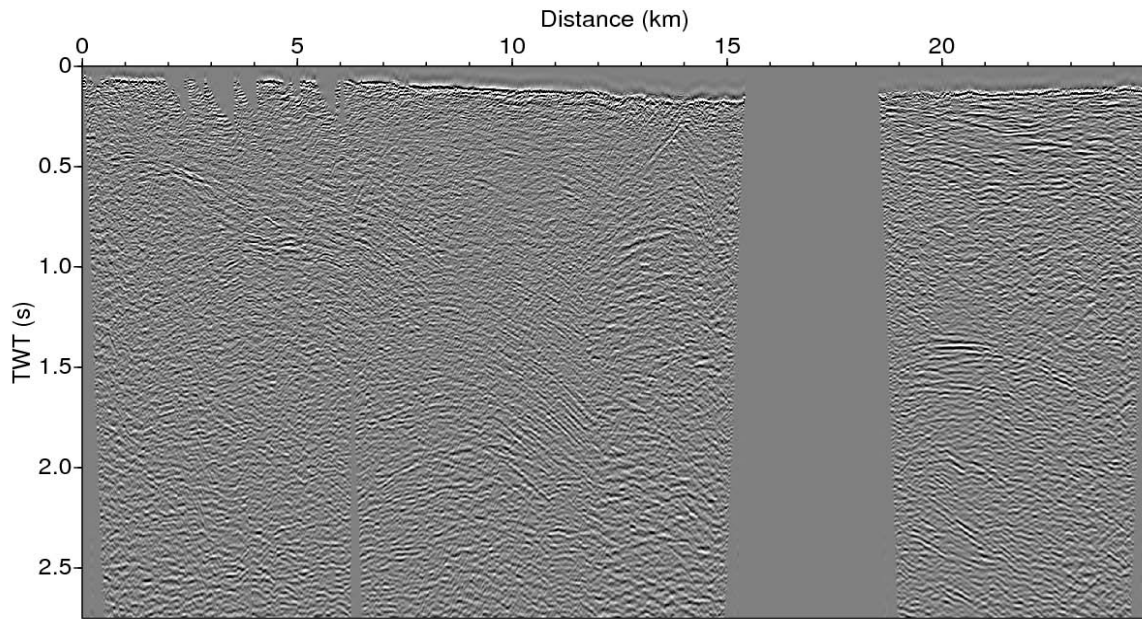
Masi-profilet inngår også i DAFNE-prosjektet (Drilling of Active Faults in Northern Europe) (Kukkonen o.a. 2010) som er en del av det internasjonale kontinentale dypboringsprogrammet <http://www.icdp-online.org>.



Figur 6. Innsamling av refleksjonsseismiske data på Sennalandet (a og b) og Masi (c og d). Foto b og d viser avfyring av 2x50 m detonerende lunte som brukes som seismisk kilde. Arbeidet ledes av Universitetet i Bergen ved professor Tor Arne Johansen og overingeniør Helge Johnsen med assistanse fra senioringeniør Bent Ole Ruud, overingeniør Espen Lehn-Nilsen og skytterbas Alf Nilsen, UiB, direktør Karstein Røed i Bergen Oilfield Services, landmåler Roar Iversen, Dolphin Geophysical og overingeniør Jomar Gellein og ingeniør Geir Viken fra NGU. Studentene Malin Waage og Marte Strømme og seks innleide feltassistenter fra Masi, Mikkel Per Bongo, Isak Anders Nilsen Eira, Nils Per Nilsen Sara, Eskil Hermansen Hætta, Klemet Anders Bals og Lars Johan Larsen Sara (bandvognkjører) bisto også under datainnsamlingen. Data er prosessert av Bent Ole Ruud, UiB.

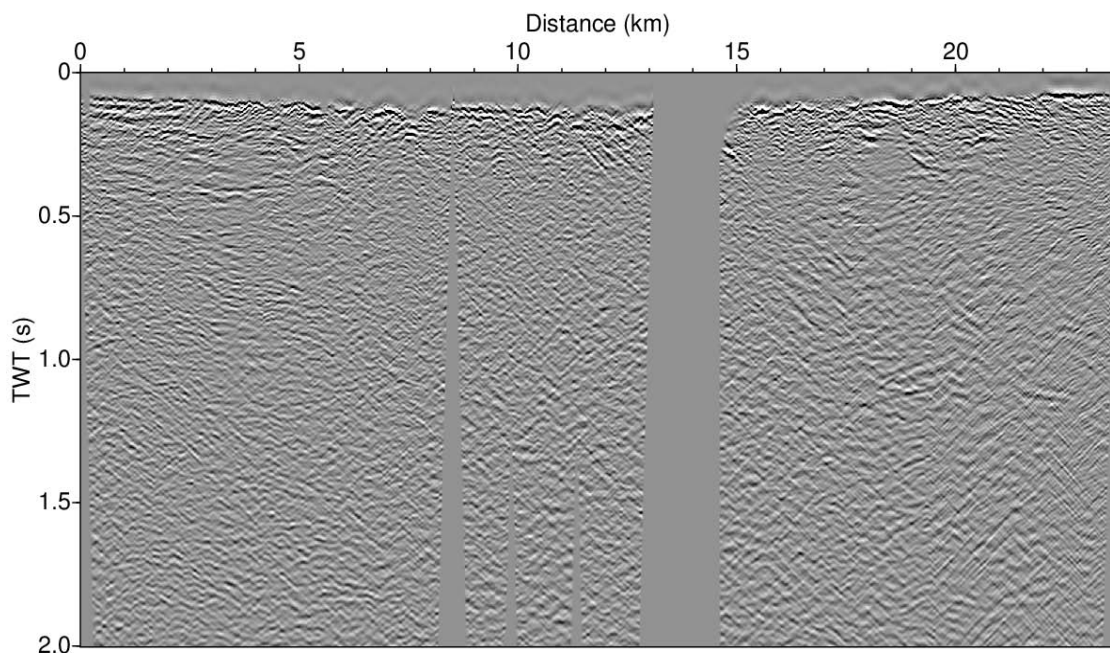
2.3.1 Planer 2013-2014

- Forlengelse av seismikkprofiler på Sennalandet (2013) og Finnmarksvidda (2014).
- Innsamling av 60 nye gravimetripunkter i Kautokeino-området.
- Reprosessering og kalibrering av radiometriske data over Kautokeino grønnsteinsbelte.
- Sammenstilling av regionale geofysiske datasett (magnetometri, radiometri, gravimetri og petrofysikk).
- 3D tolkning av Kautokeino- og Karasjokgrønnsteinsbelter. Dette gjelder både avgrensningen mot gneissene på undersiden og løsmassene på oversiden.
- Lokale studier i Riednajokavri sør for Kautokeino av eventuell dypforvitring mellom løsmasser og berggrunn.



Sennalandet from West to East

a



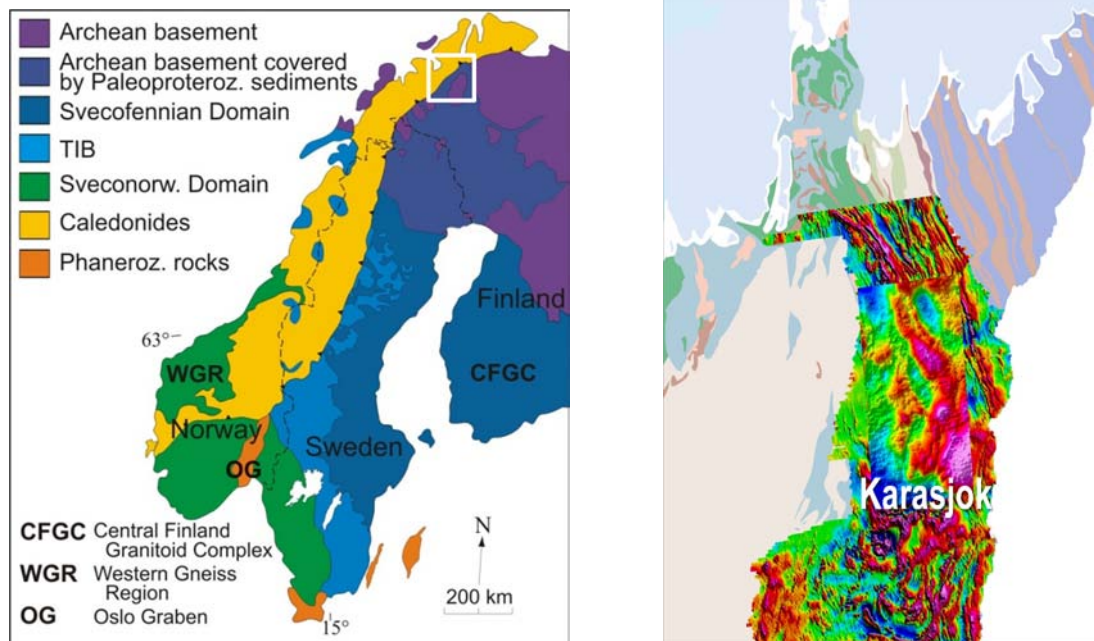
Masi lines from West to East

b

Figur 7. Seismiske profiler fra henholdsvis a) Sennalandet og b) Finnmarksvidda (Masi). Profilene er prosessert av senioringeniør Bent Ole Ruud ved UiB. Regionale forkastninger og skyvesoner framtrer som reflektorer på profilene. Den ca. 2 milliarder år gamle Mierujavri-Sværholt skjærsonen vises for eksempel som 3-4 reflektorer med østlig fall ved koordinat 11-12 km på Masi profilet (b). Den ca. 9.000 år postglasiale Stuoragurraforkastningen ligger innenfor denne regionale skjærsonen. Flere jordskjelv er registrert langs den unge forkastningen i senere år.

2.4 Tyngde-gradiometri over Karasjok grønnsteinsbelte

I august 2011 ble aeromagnetiske data og tyngde-gradientdata samlet inn av Fugro Airborne Surveys i Karasjok-området (Figur 8). Gradientdata ble målt med FALCONTM Airborne Gravity Gradiometer (AGG) teknikk (Lee 2001). Flymålingene ble finansiert av NGU og Store Norske Gull AS. Grønnsteinbelter er soner med metamorfe, mafiske- og ultramafiske vulkanske bergarter og sedimentære bergarter omgitt av granitter og gneiser som ofte finnes i arkeiske og proterozoiske kratoner. De er interessante fordi de kan inneholde forekomster av mineralske ressurser.

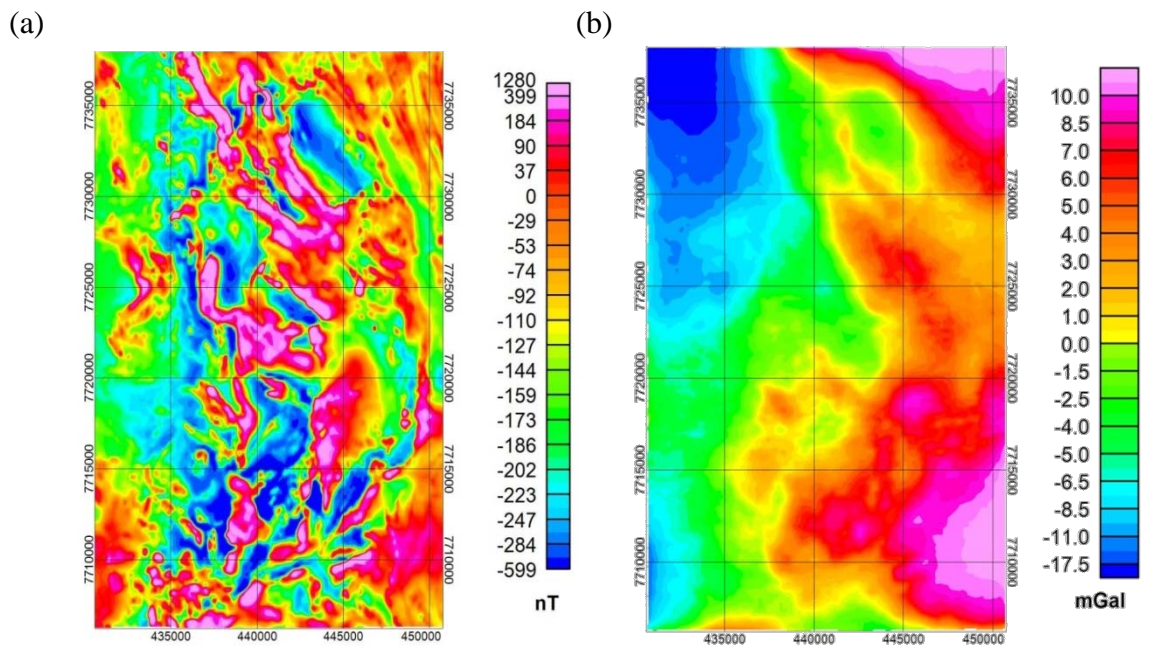


Figur 8. Karasjok grønnsteinbelte ligger ved grensen til Finland og på grensen mellom arkeiske og proterozoiske bergarter.

2.4.1 Data

Til sammen ble det samlet inn data fra 3291 profilkilometer i 80 meters flyhøyde over bakken. Profilavstanden var 200 m. Tidligere innsamlete magnetiske data (Kapittel 2.2) og tyngdedata fra de nye flymålingene er vist i Figur 9. Det er tydelig at magnetiske data viser flere små anomalier enn tyngdedata. Det skyldes at magnetiske målinger er mer sensitiv til strukturer og berggrunnsgeologien nær overflaten, mens tyngdedata viser mer regionale strukturer og dypere liggende geologi. Derfor kombinerer man ofte tolkning av tyngdedata og magnetiske data for å forstå geologien bedre mot dypet.

Fordelen med gradiometriske målinger av tyngdefeltet er at datasettet har liknende egenskaper som det magnetiske feltet. Gradienten er mer sensitiv for de øverste lagene i skorpen og Figur 10 viser den tilderverte av tyngdefeltet. Dette kartet viser en struktur som løper fra nordvest til sørøst i den sentrale nordlige delen av området og som svinger til nordøst-sørvest trend i sør. Denne strukturen henger sannsynligvis sammen med grønnsteinbeltet, og er enklere å identifisere i gradientkart enn i magnetiske kart og tyngdeanomalikart.



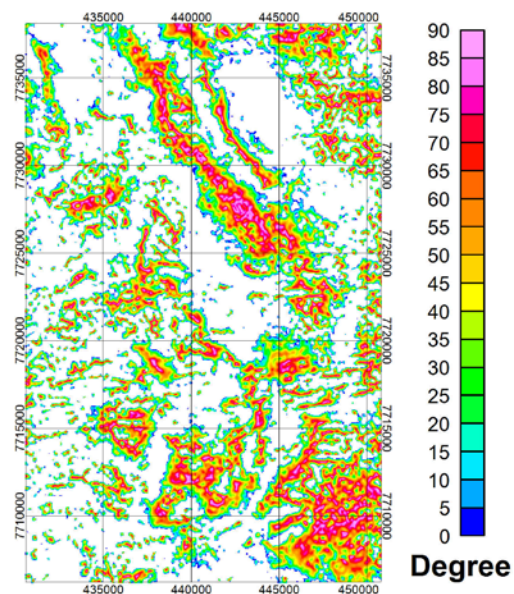
Figur 9. (a) Magnetiske totalfeltanomier og (b) Tyngdeanomier. Tyngdedata stammer fra gradientmålinger, og anomier med bølgelengde som er lengre enn det undersøkte området er trukket fra den globale tyngdemodellen DTU2010 (Dransfield 2010; Andersen et al. 2010).

Grønnsteinsbelter er ideelle strukturer for tolkning med hjelp av tyngdedata og magnetiske data. Tidligere arbeid i Karasjok grønnsteinsbelte (Midtun 1988) viser en tetthetskontrast på ca. 200 kg/m^3 mellom grønnsteinene og gneisunderlaget.

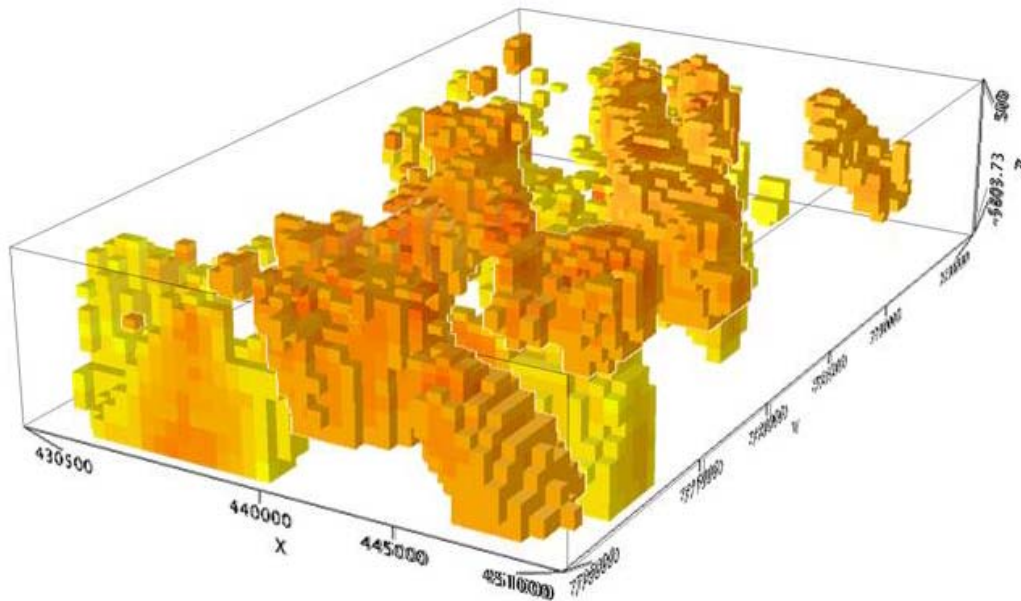
Første skritt i tolkning var en inversjon av data med VOXI-rutine fra Geosoft (2010; <http://www.geosoft.com/products/voxi-earth-modelling/literature>).

2.4.2 Foreløpige tolkning

Inversjon med Geosoft programvare er første forsøk på å tolke utstrekningen av grønnsteinsbeltet. Resultater fra første inversjon gir ett overraskende resultat, da to parallelle høy-tetthet og høy-magnetiserings områder kommer tydelig fram (Figur 11). Sammenfallet av modellene fra de to forskjellige metodene er veldig gode og bekrefter resultatet. Det betyr at Karasjok grønnsteinsbelte består av to parallelle soner med tunge og magnetiske bergarter, trolig mafiske vulkanitter og intrusiver.



Figur 10. Kart av den tildrivede av tyngdefeltet som representerer tyngdegradienten.



Figur 11. Grønsteinsbeltet i 3D etter inversjon av tyngde- og magnetiske data. Gule strukturer viser området med tetthetskontrast $>50 \text{ kg/m}^3$, mens det oransje området viser høy magnetiseringskontrast.

Det første resultatet viser at strukturer i grønsteinbelter er mer komplekse enn hva som er kjent fra tidligere arbeider. Resultatene må bekreftes med detaljerte og mer nøyaktige tolkninger. Spesielt viktig er det også å se på sammenhengen mellom lokale anomalier og den regionale anomalien som gjenspeiler grønsteinbeltet.

2.4.3 Videre arbeid

Mineralske ressurser finnes ofte i grønsteinbelter og til nå har forskningen konsentrert seg om å forstå generelle strukturer av grønsteinbelter. Vi skal arbeide videre med inversjonsmetoden og prøve å forbedre tyngdemodeller og magnetiske modeller slik at strukturene er mer konsistente. Neste skritt er å se på residualkart av tyngdedata og magnetiske data for å undersøke mulighetene for mineralske ressurser. Med bedre forståelse av regionale strukturer, kan områder med lokale anomalier være av interesse for videre studier for å finne mineralressurser.

En bestemmelse av dybden av grønsteinsbeltet er ikke bare av akademisk interesse. En modell av øvre skorpe er viktig for å definere volumet av forskjellige bergarter, men også for å definere forkastninger og skjærsoner i granittiske bergarter eller grønsteinsbelter. De kan igjen være viktige for å tolke muligheten for gjennomstrømming av metallførende fluider i bergartene (Wellman 2000).

I tillegg er Karasjok-datasettet benyttet av flere universiteter som arbeider med gradientdata. Dette samarbeidet mellom NGU og universiteter i utlandet vil forhåpentligvis føre til bedre metoder til å tolke gradientdata og øke forståelsen av 3D geometrien av grønsteinsbeltet og eventuelle sammenhenger med mineralske ressurser.

3. GEOKJEMISKE UNDERSØKELSER

3.1 Bakgrunn og mål

Målsettingen med de geokjemiske undersøkelsene som blir gjort under MINN-programmet er å framstille geokjemiske grunnlagskart som kan benyttes av gruve- og prospekterings-selskaper for å definere områder som kan være interessante for mer detaljerte undersøkelser etter mineralske råstoffer.

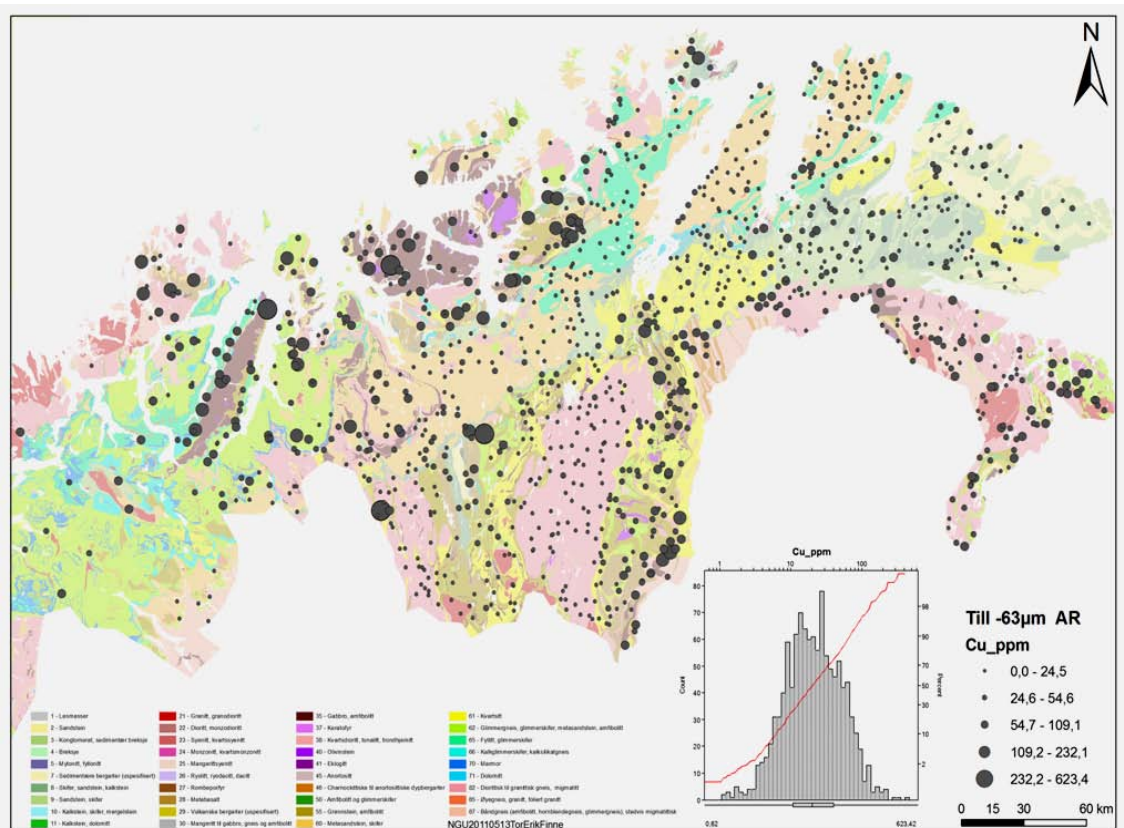
3.2 Regionale data – re-analyser av tidligere innsamlede prøver

På 1980-tallet ble det i prosjektene 'Nordkalottprosjektet' og 'Geokjemisk kartlegging Nordland-Troms' samlet inn mineraljordprøver fra hele området som omfattes av MINN-programmet (Bølviken et al. 1986, Kjeldsen 1987). Prøvetakingstettheten var ca. 1 lokalitet per 40 km². Like etter oppstart av MINN-programmet ble det besluttet å re-analysere disse prøvene med moderne analysemetoder som gir større utvalg i elementer, og for enkelte av dem også bedre deteksjonsgrenser enn det som var tilgjengelig på 80-tallet. Prøvene ble analysert for 65 grunnstoffer, og resultatene er presentert i geokjemiske kart som viser fordelingen av grunnstoffene i jordprøvene (Reimann o.a. 2011). De ble publisert sammen med analysedata på NGUs hjemmesider 16. juni 2011.

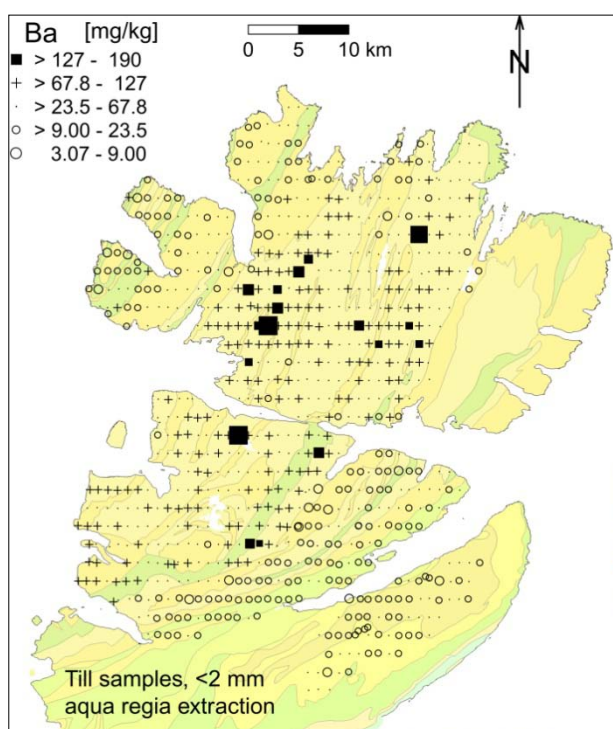
Kvalitetskontroll av data viser at kartene for 12 av elementene; Au, B, Be, Ge, Hf, Hg, In, Pd, Pt, Re, Se, Ta og Te har relativt stor usikkerhet da analyseresultatene ligger nær deteksjonsgrensen. Likevel vil anomalier selv for disse elementene være relativt pålitelige, spesielt dersom mer enn én prøve i et område kommer ut med forhøyet verdi. Generelt viser dataene mange områder med flere elementer som avviker fra normalen – såkalte anomalier. Noen indikerer kjente mineralforekomster eller -provinser som for eksempel kobber som er anriket i palaeoproterozoiske grønnsteinsbelter i Finnmark (Figur 12). Andre viser nye anomaliområder med forhøyde verdier for spesialmetaller, inkludert sjeldne jordartselementer (REE) (Figur 14) som tidligere ikke har blitt studert med tanke på mineralutvinning. Kartene for mange av grunnstoffene viser en klar sammenheng med berggrunnsgeologien. Datasettet peker også ut flere områder som kan være interessante for oppfølging med høyere prøvetetthet, både for å se om anomaliene er reelle og for å vurdere om områdene kan være interessante for videre prospektering.

3.3 Oppfølgende undersøkelser på Nordkinnhalvøya

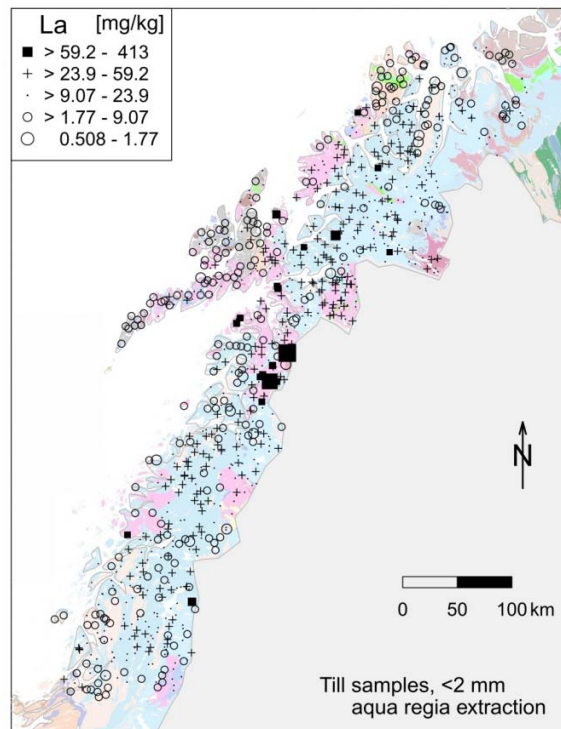
De lav-tetthet geokjemiske undersøkelsene som ble gjort i Nordkalottprosjektet (Bølviken et al. 1986), Kola prosjektet (1998) og re-analysene beskrevet ovenfor viser klare geokjemiske anomalier på Nordkinnhalvøya og den nærliggende Varangerhalvøya; spesielt for sjeldne jordartselementer (REE), U og Th, men også for Pb, Bi, Zn og Sb. Det ble besluttet å gjøre en geokjemisk undersøkelse av området på lokalskala, 1 prøve per 2 km², for å prøve å påvise årsaken til disse. Feltarbeidet ble gjennomført sommeren 2011, og det ble prøvetatt 808 lokaliteter med 1 km avstand langs 30 øst-vest orienterte traverser med 2 kilometers avstand over Nordkinnhalvøya og sørover til Bekkarfjorden, samt på deler av Digermulhalvøya (Figur 13). Alle prøvene ble analysert etter samme metode som de re-analyserte prøvene våren 2011.



Figur 12. Fordelingen av kobber (Cu) i re-analyserte jordprøver innsamlet i Nordkalottprosjektet (Bølviken et al. 1986). Prøvetetthet er ca. 1 prøve/ 40 km² (Reimann o.a. 2011).



Figur 13. Geokjemiske kart for barium (Ba) i jordprøver innsamlet under oppfølging på Nordkinn- og Digermulhalvøya i 2011 (Reimann et al. 2012). Anomalimønsteret følger til en stor grad bergartsgrensene.



Figur 14. Geokjemisk kart for lantan (La) i re-analyserte jordprøver innsamlet i prosjektet Geokjemisk kartlegging Nordland-Troms (Reimann o.a. 2011).

Resultatene av de geokjemiske undersøkelsene på Nordkinnhalvøya ble rapportert sammen med datasettet den 15.02.2012 (Reimann et al. 2012).

Etter offentliggjøring av data fra Nordkinnhalvøya har Direktoratet for Mineralforvaltning innvilget undersøkelsestillatelser for videre geologiske undersøkelser i hele området som ble prøvetatt med unntak av Digermulhalvøya. Nordic Mining ASA har undersøkelsestillatelse til et mindre område på 6 km², mens Norseman AS ble tildelt hele området nord for Hopseidet, og Norwegian North Cape AS ble tildelt området videre sørover til Bekkarfjorden.

Det ble besluttet å gjennomføre en kort feltbefaring med begrenset prøvetaking for å kunne bygge opp kompetanse knyttet til fordeling av REE i løsmasser og for å forsøke å verifisere noen av anomaliene på Nordkinnhalvøya. Samtidig ble NGU kontaktet av geolog Tore Vrålstad, som innehar svært høy kompetanse på REE, om et åpent samarbeid på Nordkinnhalvøya som en del av hans oppdrag for innehaver av undersøkelsestillatelser i området. Det ble gjennomført 3-4 dagers feltarbeid med en geokjemiker og en malmgeolog fra NGU sammen med Tore Vrålstad og en norsk ekspert på foredling av REE-malmer. Erfaringsutvekslingen var svært fruktbar og anomaliene ble bekreftet, men konklusjonen er foreløpig negativ med hensyn til mulighetene for økonomisk interessante mineraliseringer.

I tillegg er det startet et mastergradprosjekt i samarbeid med NTNU som skal benytte prøvematerialet fra Nordkinnhalvøya. Oppgavene er å karakterisere sammensetningen av løsmassene bedre og å sammenligne dem med nye kjemiske og mineralogiske data fra prøver av berggrunnen i området.

3.4 Oppfølgende undersøkelser Tysfjord-Hamarøy (Nord-Salten)

Tysfjord-Hamarøy området skiller seg spesielt ut med hensyn på anomalier for blant annet REE om en ser på analysedataene for løsmasser fra Nordland-Troms (Figur 14). Tysfjord-granitten har vært gjenstand for en rekke undersøkelser, og et 245 km² stort område i sør har også vært gjenstand for detaljert geokjemisk kartlegging tidligere (Korneliussen o.a. 1989).

Feltarbeid ble gjennomført sommeren 2012, og 877 lokaliteter ble prøvetatt. Lokalitetene var lagt i rutenett på 2 x 2 km. Prøvene er analysert etter samme metode som tidligere under MINN-programmet. I tillegg til ICPAES/ICPMS analyser etter kongevannsoppslutning (partiell ekstraksjon) blir prøvene analysert for totalinnhold av REE.

Følgende delmål videre:

- Geokjemiske kart basert på kongevann ekstraksjon og ICPAES/ICPMS analyser klar for offentliggjøring 03.04.2013.
- Videre karakterisering av løsmasser på Nordkinn, Masteroppgave frist 01.06.2013.
- Sammenligning av totalt innhold av REE og utlekkingsinnhold av REE fra kongevannekstraksjon klar for publisering 31.12.2013.

3.5 Planer 2013-2015

I Hattfjelldal-Bleikvassli området finnes det en rekke sulfidmineraliseringer som NGU har mindre kunnskap om. De geokjemiske resultatene fra re-analysering av de regionale løsmasse-prøvene fra Nordland-Troms gir også en rekke anomalier på basemetaller i området. NGU ønsker å få en bedre forståelse av disse og vil starte med mer detaljert geokjemisk kartlegging i 2013, og vil følge opp denne med geofysiske og geologiske undersøkelser når kapasiteten tillater dette. Geokjemi vil gjennomføre denne aktiviteten som siste større feltinnsats i MINN-programmet:

- Feltarbeid Hattfjelldal 2013
- Preanalyse/analyse vinter 2013
- Tolkning og publisering 2014

4. GEOLOGISKE UNDERSØKELSER I NORDLAND OG TROMS

De geologiske undersøkelsene i Vesterålen, Troms og Vest-Finnmark er sterkt knyttet sammen med undersøkelser av mineralressursene og omtales derfor sammen i kapitler for hvert av områdene. I tillegg utføres undersøkelser av ulike mineralressurstyper som beskrives i egne kapitler.

4.1 Berggrunnsgeologiske undersøkelser i Vesterålen

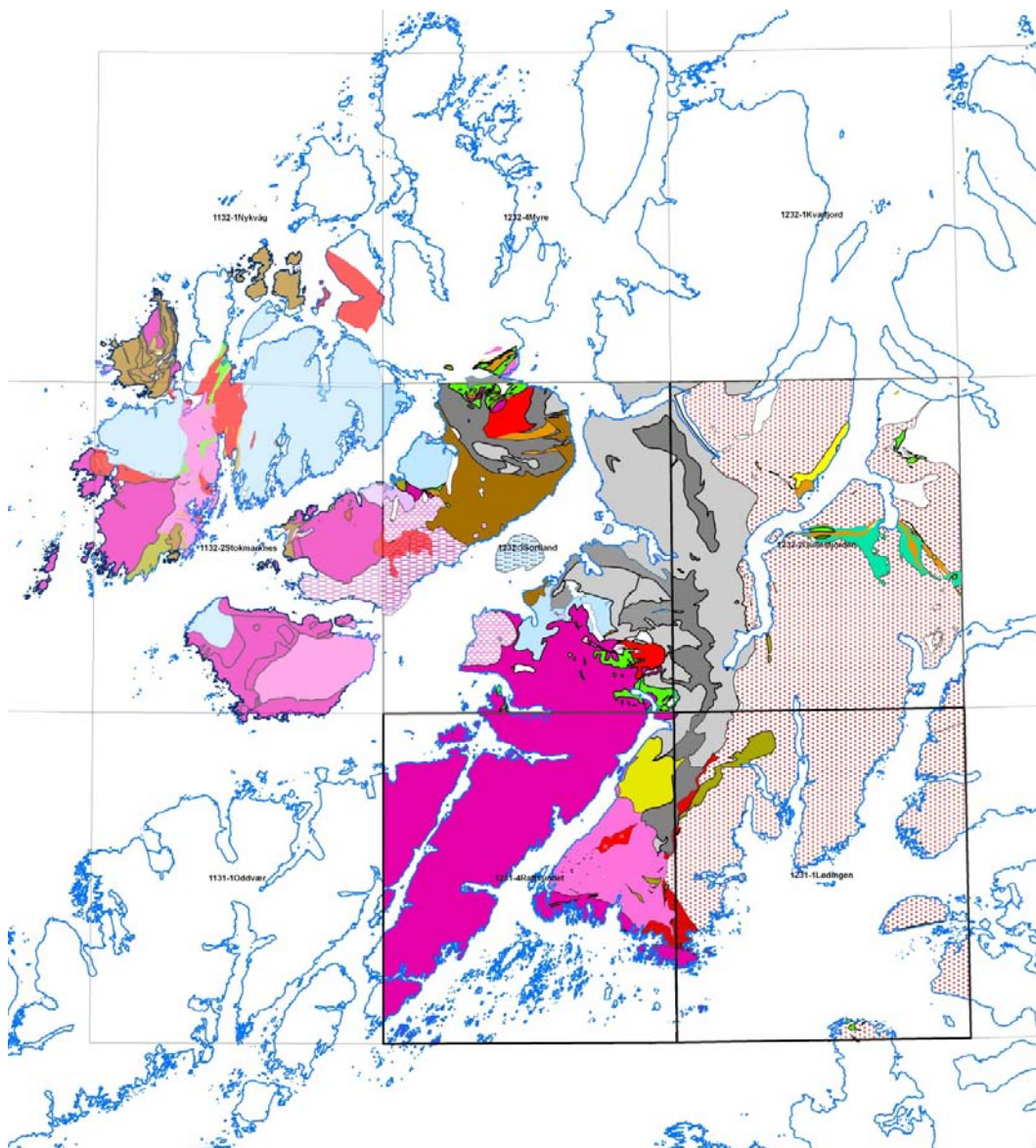
4.1.1 Bakgrunn og mål

Berggrunnen i Vesterålen ble kartlagt av NGU på 1970-80-tallet i forbindelse med utgivelsen av M 1:250.000-serien, og de nye geologiske undersøkelsene vil videreføre kartlegging og datasammenstilling i M 1:50.000 og 1:250.000. Kartleggingen danner grunnlaget for å vurdere mineralressurspotensialet i regionen, og prosjektet skal øke forståelsen av de prekambriske, kaledonske og post-kaledonske skorpeprosesser. De prekambriske prosessene, som også er opphav til de relevante mineraler/mineraliseringer med ressurspotensial, studeres gjennom geokjemiske, petrologiske og geokronologiske metoder. De kaledonske og sen-kaledonske prosessene undersøkes med fokus på strukturgeologi, petrologi og Ar-termokronologi. Post-kaledonske prosesser studeres gjennom onshore-offshore kartlegging av strukturer, karakterisering og datering av forkastningsproduktene og tolkning av sammenhengen mellom strukturer og landskap.

I løpet av prosjektperioden er målet å få ferdig inntil 12 berggrunnskartblad i målestokk 1:50 000; Andenes, Langenes, Dverberg, Nykvåg, Myre, Kvæfjord, Skårvågen, Stokmarknes, Sortland, Gullsfjorden, Raftsundet og Lødingen. Disse dekker i hovedsak Langøya og Hinnøya. Utover selve kartfremstillingen er det et mål å forstå og presentere regionens geologiske utvikling i forhold til både kronologi, magmatisme, metamorfose, strukturell og tektonisk utvikling samt, ikke minst, ressurspotensial.

4.1.2 Utførte undersøkelser

Feltarbeid 2011: Vesterålen-prosjektet ble startet opp i juni 2011 med en fem-dagers introduksjon til regionens litologier, strukturer og kronologi før kartleggingen startet opp. En del kartlegging hadde blitt gjennomført de forutgående tre ti-år, primært på kartbladene Lødingen, Raftsundet, Sortland og Gullsfjorden, og det forelå en del observasjoner også på tilstøtende kartblad. Hovedinnsatsen ble derfor satt inn i den vestligste delen av Vesterålen på kartbladene Stokmarknes, Skårvågen og Nykvåg med oppfølgende kartlegging på de fire førnevnte kartbladene. I løpet av 2011 ble det derfor samlet inn prøver både for U-Pb datering av zirkoner og for Ar-Ar termokronologi. Det ble samlet et større antall prøver for petrologiske prosess-studier og for evaluering og forståelse av malm- og industrimineralforekomster. Ressurskartleggingen/-vurderingen var ikke avgrenset til sesongens fokusområde for berggrunnskartlegging, men tok primært for seg båndete jernmalmforekomster, Fe-Ti-V forekomster, molybden, apatitt og magnesitt. K-rike bergarter og grafitt har vært et løpende tema. I tillegg omfattet feltsesongen en detaljkartlegging av nye ressurser tilknyttet Kobbvågen pukkeforekomst. I 2011 ble det totalt gjennomført ca. 17 ukers feltarbeid.



Figur 15. Status for kartlegging og sammenstilling av berggrunnen i Vesterålen ved utgangen av 2012 (sammenstilt av Einar Tveten).

Høst/vinter/vår 2011-12: Kartsammenstilling av sommerens observasjoner og mikroskopering. Prøver ble separert for U-Pb geokronologi og et større antall prøver ble sendt til geokjemisk analyse.

Feltarbeid 2012: Totalt ble det gjennomført ca. 15 ukers feltarbeid i Vesterålen i 2012 utenom de dedikerte grafittundersøkelsene og de strukturelle undersøkelsene som ble utgiftsført i parallelle prosjekter. I sesongen 2012 var fortsatt det meste av innsatsen rettet mot berggrunnskartlegging i målestokk 1:50.000. Kartleggingsarbeidet tok sikte mot å få et foreløpig kartblad Stokmarknes ferdig, i likhet med den sørlige delen av kartblad Nykvåg og Skårvågen. Oppfølgende observasjoner har medført at kartblad Sortland og Gulesfjorden etter hvert kan ferdigstilles. Basert på fjorårets feltarbeid samt kjemiske analyser ble arbeidet med metall- og industrimineralressurser fokusert på fortsatte studier av båndete jernmalmer, apatitt/REE i mangerittiske/monzonittiske bergartssekvenser samt grafitt. Potensialet for molybden ble tonet ned. Grafittundersøkelsene ble på våren 2012 skilt ut i et eget prosjekt og det ble gjennomført bakkegeofysiske målinger over de grafittførende bergartsdrag i Bø og på

Jennestad (se Kapittel 4.5). Det ble samtidig gjennomført et større strukturgeologisk feltarbeid med analyse av antatt mesozoiske kataklastiske forkastninger. Arbeidet rundt omvandlingssoner og K-rike bergarter fortsatte. Det ble i løpet av sesongen kartlagt en del fra båt.

Høst/vinter 2012: Datasammenstilling av kartbladene Stokmarknes, Nykvåg, Skårvågen, Sortland og Gullesfjorden fortsatte. Kartbladene Raftsundet og Lødingen er ferdiggjort og fremlagt for kartografisk arbeid og kvalitetssikring i kartredaksjon. Det jobbes med mikroskopering og analyse for å forstå den metamorfe historie og utvikling av regionen, samt for å kvalitetssikre den geologiske kartleggingen. Et tilsvarende arbeid gjenstår med hensyn til den magmatiske utviklingen av provinsen, og prøver fra gabbro/noritt til monzonitt/mangeritt og granitt/charnockitt har blitt preparert for analyse og slipproduksjon. Et større prøvevolum er sendt til analyse for avklaring av mineralpotensial i et utvalg av bergartstyper.

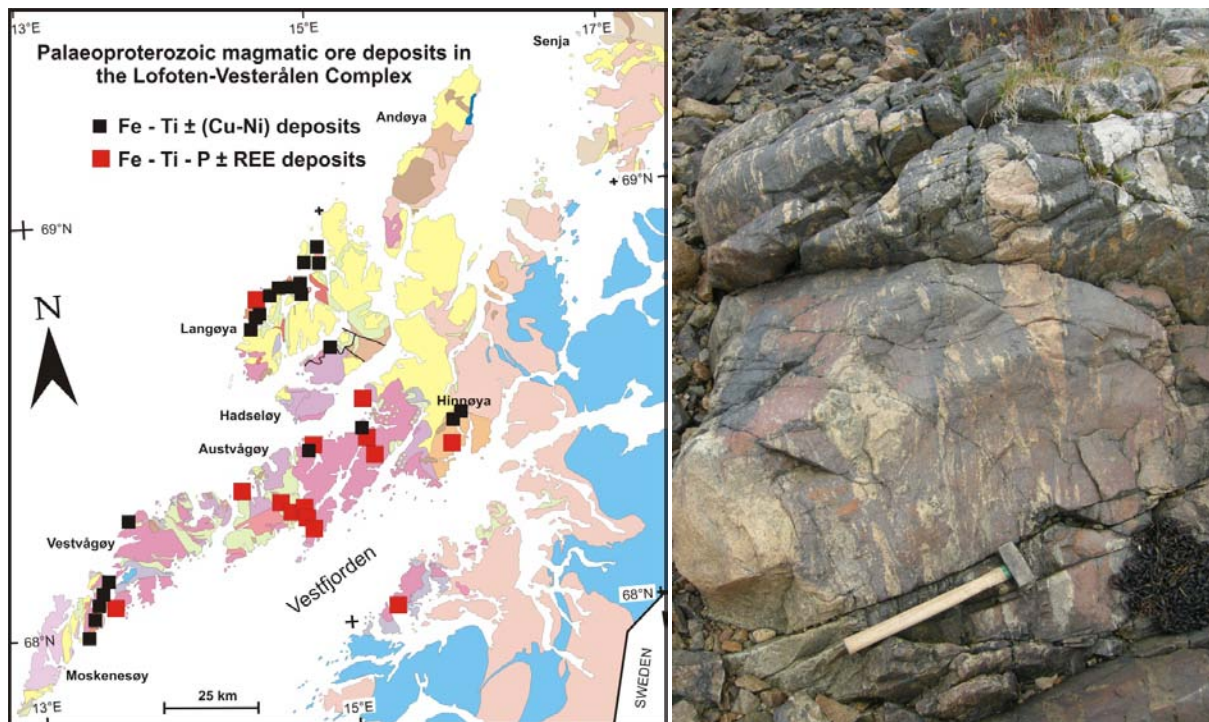
4.1.3 Foreløpige resultater

Foreløpig versjon av to kartblader, Lødingen og Raftsundet M 1:50 000, er fremlagt for kartografisk produksjon og kvalitetssikring i kartredaksjon. Fire kartblad M 1:50 000 (Skårvågen, Stokmarknes, Sortland og Gullesfjorden) er foreløpig sammenstilt (Figur 15), men deler av disse områdene krever avsluttende feltoppfølgning i 2013.

Per i dag er de mest interessante malm- og industrimineralressurser i Vesterålen knyttet til grafitt, apatitt og sjeldne jordartsmetaller (Figur 16), samt enkelte kobber-gull forekomster lengre øst. Provinsen har i tillegg en stor og godt karakterisert Fe-Ti forekomst; Selvåg på Langøya.

Det forelå et stort antall preliminære dateringer forut for prosjektoppstart, som viste arkeiske aldre for de eldste delene (ca. 2650 – 2720 Ma). Disse er gjennomgått av yngre AMCG-bergarter ("Lofoteneruptiver") med aldre i tre grupper fra 1770 til 1870 Ma. Postulerte tidlig-proterozoiske (ca. 2100 Ma) suprakrustaler er så langt ikke bekreftet ved hjelp av U-Pb dateringer.

Metamorfe studier av den vestlige delen av Langøya indikerer en regionalt dominerende lavtrykk granulittfacies metamorfose, med en medium-trykk granulittfacies i den nord-vestlige delen.



Figur 16. Venstre: Lokalisering av ulike magmatiske Fe-Ti forekomster i Lofoten-Vesterålen. Høyre: Breksjegang av hemoilmenitt, apatitt og biotitt i Nordre Følstad på Austvågøy i Lofoten.

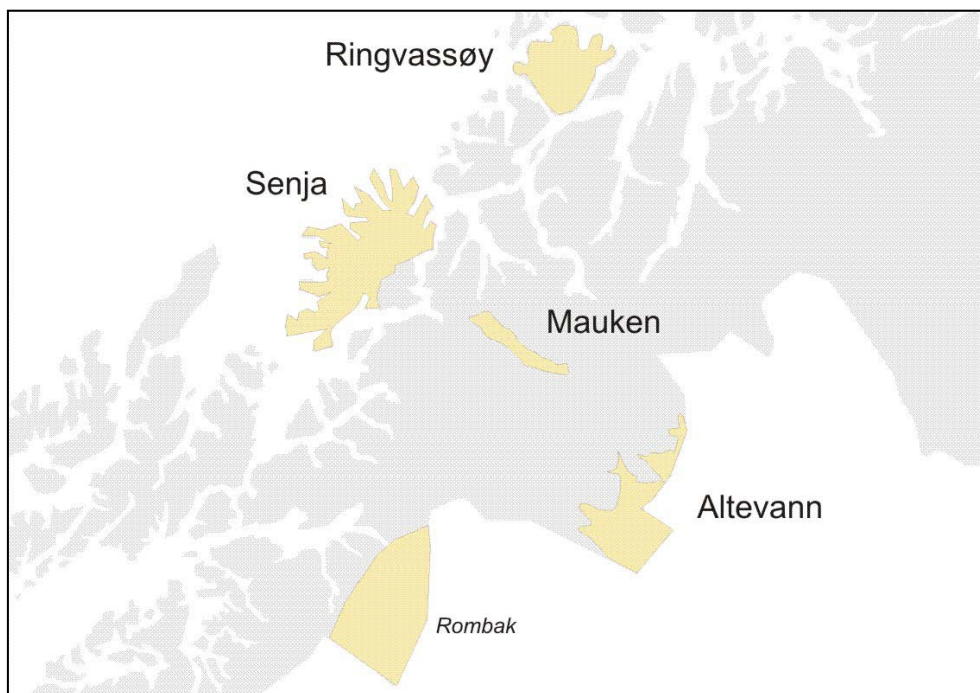
4.1.4 Planer 2013-2015:

- Videreføre kartlegging i felt og ferdigstilling av inntil 12 berggrunnsgeologiske kartblad i M 1:50.000 skala.
- Ferdigstille de ressursgeologiske undersøkelsene og generere en rapport over mineralpotensialet i (Lofoten og) Vesterålen.
- Fortsette dateringsarbeidet med innsamling av kritiske prøver for forståelse av Vesterålens magmatiske, metamorfe og tektoniske utvikling.
- Fortsette arbeidet med karakterisering av regionens metamorfe utvikling med henblikk på å underbygge en tektonisk historie for Vesterålen.
- Fortsette arbeidet med Vesterålens magmatiske utvikling – spesielt relasjonen mellom regionens gabbroide bergarter og monzonitt/mangeritt assosiasjonen, for å øke forståelsen av magmatisk setting, mineralpotensial og tektonisk historie.
- Fortsette arbeidet med strukturgeologisk kartlegging og analyse for å øke forståelsen av sen-tektonikk og dens betydning for landskapsutvikling, samt knytte dette mot tilsvarende utvikling off-shore.

4.2 Berggrunnsgeologiske undersøkelser i Troms

4.2.1 Bakgrunn og mål

Det er kjent flere metallforekomster i de prekambriske grunnfjellsområdene i Troms fylke, både på Ringvassøya, Senja og Mauken (Figur 17). Mens oppbygging av grunnfjellet på Ringvassøya og Senja begynner å bli vel etablert, var den geologiske kunnskapen om grunnfjellsområdene lengre øst, som Mauken og Altevann, lite kjent. Lik mange andre gullforekomster på verdensbasis, opptrer oftest gull, og andre metaller, i den vestlige delen av grunnfjellsområdet i skjærsoner. Preliminært arbeid tyder på at gull opptrer i slike skjærsoner på Ringvassøya. Også i et grunnfjellsområde lenger sør (Rombak) er gull knyttet til skjærsoner. Mesteparten av Troms fylke er overdekket av kaledonske skyvesekvenser som ligger som et tynt dekke over det prekambriske grunnfjellet. Dette betyr at grunnfjellet på overflaten opptrer i isolerte blokker (Figur 17) som er vanskelig å sette sammen i en helhetlig geologisk modell. NV-SØ skjærsoner på Senja og Ringvassøya er godt kartlagt fra før, selv om relasjonen mellom skjærsonene og gullmineraliseringer er lite kjent. Vi antar at disse vestlige skjærsoner fortsetter østover inn i Mauken og Altevann områder (Figur 18). Gull er funnet på Mauken i 2010 av et dansk leteselskap (Scandinavian Highlands) uten at Mauken grunnfjellsvinduet har noe moderne, detaljerte (M 1:50.000) berggrunnskart. Altevann er ikke kartlagt i nyere tid.

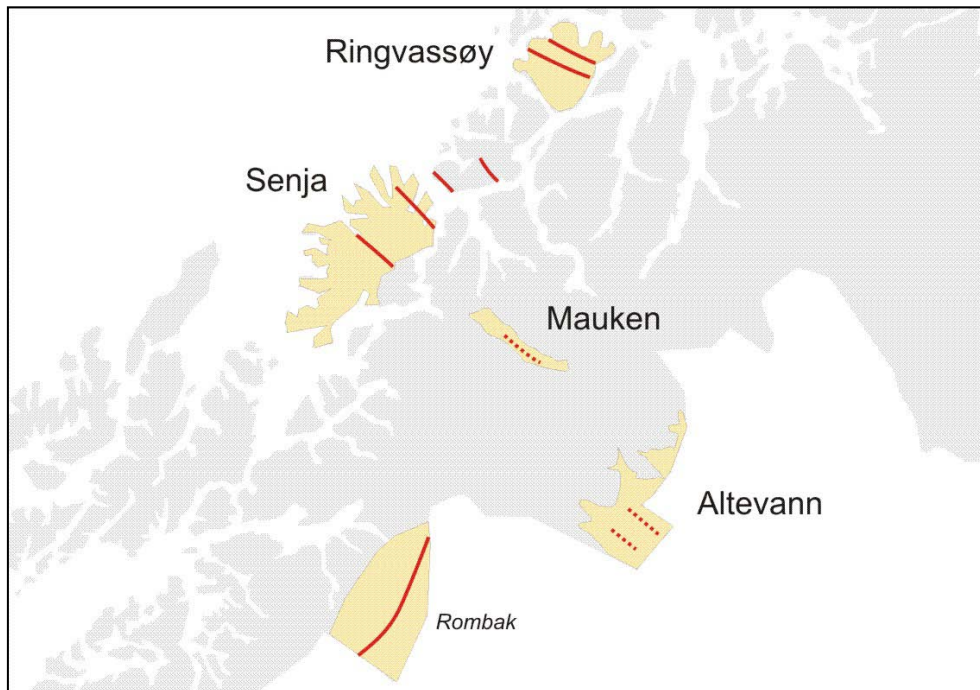


Figur 17: Grunnfjellsområdene i Sør-Troms prosjektet.

Følgende delmål er satt opp:

- Sammenstilling av eksisterende geologiske data.
- Videreutvikle eksisterende litostratigrafiske tolkninger gjennom kartlegging og datering, samt korrelere sekvensene mellom de fire områder.
- Geologisk tolkning av nye høyoppløselig geofysiske data.
- Framstille et berggrunnskart i målestokk 1: 50.000 for Maukenvinduet og Altevann.

- Utvikle tektoniske modeller (hvordan skjærsonene og geologiske prosessene henger sammen) som kan sy sammen de fire, hittil isolerte områdene.
- Gjennomføre strukturgeologisk tolkning, kartlegging og datering på Senja, Ringvassøya, Mauken og Altevann og vurdere sammenhengen mellom strukturer og malmmineraliseringer, med spesiell vekt på Au-mineraliseringer på Ringvassøya og Mauken.
- Vurdere potensialet for andre malmforekomsttyper enn de som er kjent i dag.



Figur 18: Grunnfjellsområdene i Sør-Troms prosjektet med dokumenterte skjærsoner i rødt og usikre skjærsoner i stiplet rødt.

Undersøkelsene gjennomføres tildels i samarbeid med industriselskaper og universiteter (Universitetet i Tromsø, Scandinavian Highlands, Scandinavian Resources og Store Norske Gull). I Maukenvinduet er det igangsatt et mastergradsprosjekt i samarbeid med UiT.

4.2.2 Utførte undersøkelser

Vår 2011: Eksisterende geologiske og geofysiske data fra grunnfjellsbergartene fra Senja, Ringvassøya, Mauken og Altevann ble sammenstilt og feltarbeid ble planlagt i Mauken, Senja og Altevann. En masteroppgave ble planlagt i samarbeid med UiT og iverksatt på borekjerner samlet inn av Scandinavian Highlands fra Mauken. Møtevirksomhet ble igangsatt med interesserte selskaper; Scandinavian Highlands i Mauken, og Store Norske Gull og Scandinavian Resources på Ringvassøya.

Feltarbeid 2011: Rekognoseringsarbeid ble utført i området rundt Svanfjellet skjærsonen på Senja for å fastsette forholdet mellom skjærsonen og en rekke intrusjoner. Preliminære geologiske og strukturgeologiske tolkninger ble utført på skjærsonen. Arbeid ble påbegynt for å lage et berggrunnskart over Maukenvinduet; for å avgrense størrelsen på vinduet og forholdene mellom de forskjellige bergartene (Figur 19). Rekognoserende geologisk kartlegging ble gjort i den sørligste delen av Altevann grunnfjellsområde i nærheten av selve

Altevan. Prøvetaking for datering og geokjemiske analyse av bergarter fra Senja, Altevan og Mauken ble også gjennomført.

Høst/vinter/vår 2011-12: De nye høyoppløselige geofysiske data som ble innsamlet sommeren 2011 ble analysert for skjærsoner og benyttet sammen med feltobservasjoner til å framstille et foreløpig berggrunnskart over Maukenvinduet (Figur 19). En foreløpig strukturgeologisk tolkning av Mauken ble gjennomført basert på disse data. Innsamlede bergartsprøver fra Senja, Mauken og Altevan ble datert ved NGU. Statusrapportering ble gjennomført ved et internt seminar NGU i januar.

Feltarbeid 2012: Feltarbeid i 2012 ble begrenset til Mauken og Ringvassøya. I Mauken fortsatte arbeidet med å samle data til et berggrunnskart. Strukturgeologisk kartlegging i Mauken basert på de foreløpige tolkningene av de geofysiske dataene ble utført. På Ringvassøya ble fem av seks viktige gull-anomalier befart med formål å øke kunnskapen om forholdet mellom mineraliseringer og tektoniske strukturer. Ca. 30 prøver ble innsamlet fra Ringvassøya for datering av bergarter og detaljundersøkelser av deformasjon og mineraliseringer. Deler av arbeidet ble gjennomført i samarbeid med både Scandinavian Resources (SR) og Store Norske Gull (SNG) som har undersøkelsestillatelser i ulike deler av øya.

4.2.3 Foreløpige resultater

Berggrunnskartlegging

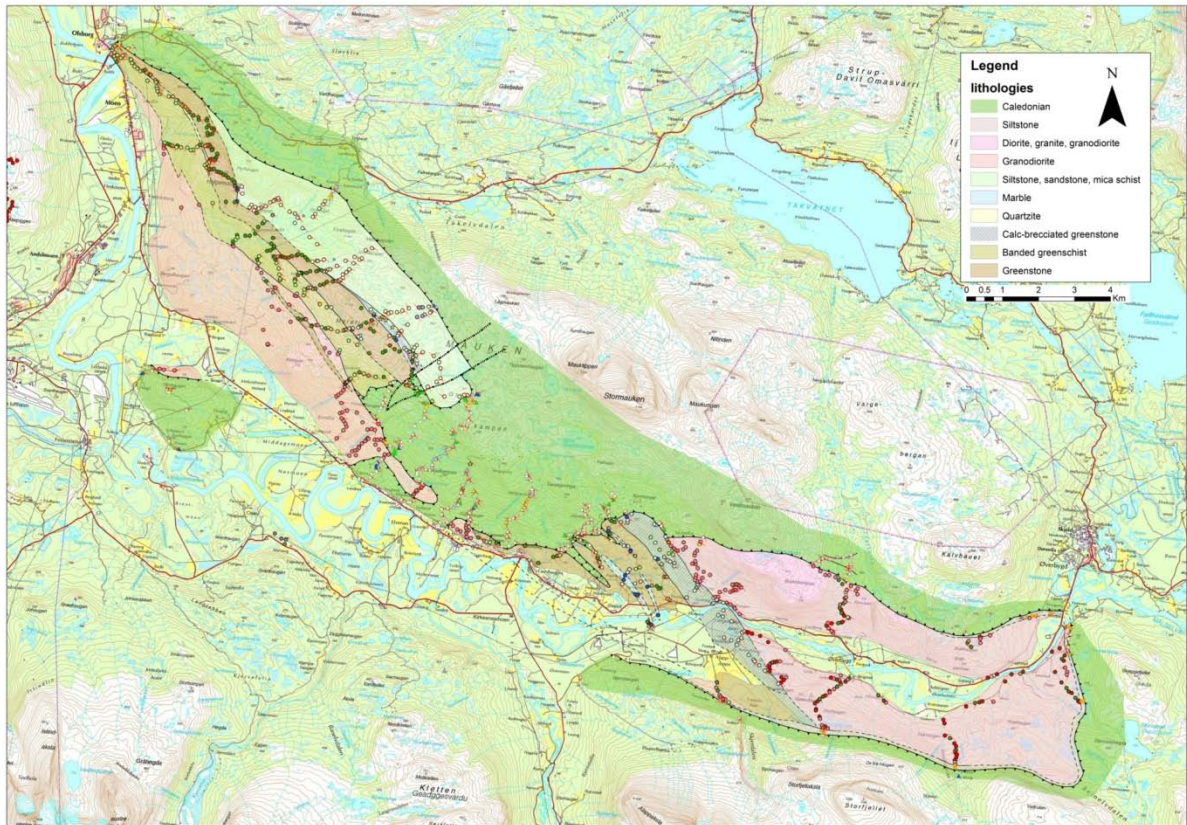
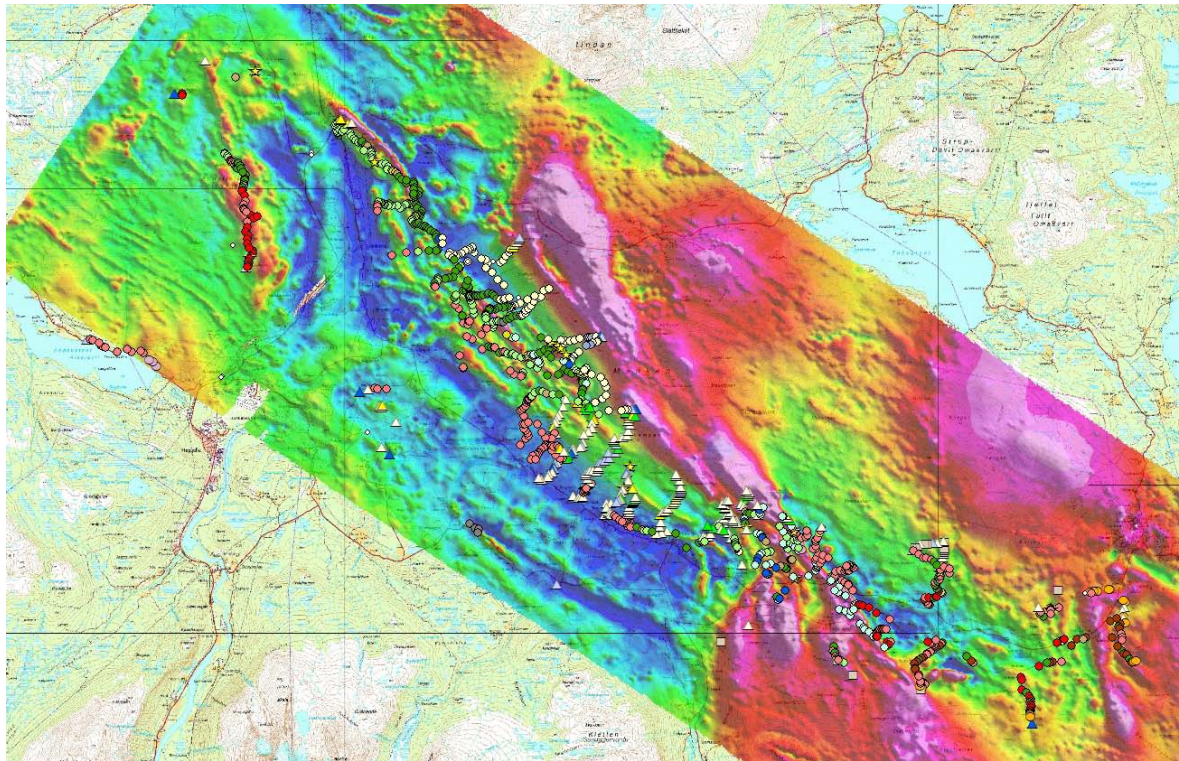
Et foreløpig berggrunnskart er etablert for hele Maukenvinduet etter to felt sesonger. Det er registrert over 2330 observasjonspunkter i denne perioden, og over 140 prøver til geokjemisk analyse og datering er innsamlet. Kartet skal ferdigstilles etter siste felt sesong i 2013. I 2011 ble kartlegging satt i gang i Altevanområdet med innsamling av 30 prøver til geokjemisk analyse og datering fra 150 lokaliteter.

Dateringer

Seks prøver innsamlet på Senja har blitt datert på NGU. Disse gir gode data som bidrar til tolkning av berggrunnens oppbygging i prosjektområdet. Åtte dateringsprøver er innsamlet fra Maukenvinduet og hittil har én blitt datert. Åtte prøver fra Altevan ble samlet inn for dateringer og er nå ferdig datert. 30 prøver er innsamlet fra Ringvassøya og 19 er utvalgt for dateringer. Det blir påbegynt dateringer av disse prøver våren 2013.

Strukturgeologisk tolkning

Resultatene fra det rekognoserende arbeidet på Svanfjellet skjærsonen på Senja kan sammenlignes med strukturer og tektonisk utvikling i Mauken-området. Strukturtolkningen av Mauken-området ble satt i gang i 2012, og det er interessante og komplekse strukturer som er påvist. Strukturgeologisk tolkning på tvers av de forskjellige områdene pågår med bruk av regionale geofysiske data. Dette gir foreløpige spennende resultater. Det er mulig å koble sammen skjærsoner under de kaledonske dekkene slik at mulig gullførende strukturer kan sammenstilles over mye større områder under de, til dels tynne, kaledonske dekkebergartene. Dette arbeidet kommer til å fortsette i 2013. Rekognoseringsarbeid som ser på forholdet mellom mineraliseringer og de regionale skjærsoner ble påbegynt i 2012. Det er etablerte klar og utvetydig sammenheng mellom mineraliseringer og skjærsoner ved de befarte gull-anomaliene, og at skjærsonene spiller en kritisk rolle i dannelse av dem. Dateringsprøver er også samlet fra disse lokalitetene i en meget avgrenset strukturramme slik at både mineraliseringer og deformasjonen kan dateres.



Figur 19. (Over) Magnetiske data fra helikoptermålinger gjennomført i juni og prosessert i juli med plott av observasjonspunkter fra geologisk kartlegging i august og (under) foreløpig berggrunnskart framstilt i september 2011 (sammenstilt av Terje Bjerkgård). Kartlegging og revidering av berggrunnskartet ble senere utført i 2012.

Befarte malmforekomster

Fem av de seks største geokjemiske gullanomaliene på Ringvassøya ble befart i 2012. På hver av forekomstene ble det gjort strukturanalyser for å se på forholdene mellom mineraliseringer og strukturer. De viser at mineraliseringene er tektonisk kontrollerte og viser at kartlegging av store regionale skjærsoner med geofysikk kan være et utmerket leteverktøy. Dateringsprøver er samlet inn fra alle forekomster slik at både deformasjon og mineraliseringer kan bli datert. Dette skal sette mineraliseringene på Ringvassøya inn i en større regional sammenheng.

I samarbeid med Universitetet i Tromsø er det gjennomført en masteroppgave med detaljundersøkelser av borekjerner fra gullmineraliseringene på Mauken. Den vil ferdigstilles i løpet av våren 2013.

4.2.4 Planer 2013-2015

- Ferdigstille berggrunnskart i Mauken: avslutte feltarbeid i 2013 og kart våren 2014.
- Fortsette arbeidet med tolkning av bergarter og skjærsoner i grunnfjellsområdene fra nye geofysiske data, når de blir tilgjengelig (Altevanng og vest Senja).
- Fortsette tolkningen av skjærsoner under de kaledonske dekkebergartene slik at et kart med disse kan lages for hele nordområdet. Dette kommer til å bidra mye til forståelsen av oppbyggingen av grunnfjellet og bidra til økt prospekteringsaktivitet.
- Videreføre feltarbeidet i Altevanng for å framstille et foreløpig berggrunnskart.
- Videreføre dateringer av bergarter og strukturer i Mauken, Altevanng og Ringvassøya
- Sammenstilling av malmgeologiske data, samt sammenligne disse med strukturgeologiske data, dateringer og andre data.
- Rapportering og publisering av resultater.

4.3 Løsmassegeologiske undersøkelser i Troms

4.3.1 Bakgrunn

Geokjemisk kartlegging av løsmasser har lenge vært brukt til å forsøke å finne mineraliseringer og malmforekomster med eksempler fra blant annet Canada, Sverige og Finland. Prinsippet er enkelt, der forutsetningen er at en mineralisering i fast fjell er blitt erodert, f.eks. ved glasial- eller fluvial erosjon. Etter erosjon og transport avsettes disse bergartsfragmentene som en jordart. Hvis denne jordarten prøvetas og kjemien analyseres vil man finne spor fra mineraliseringen i form av høye verdier av f.eks. metaller. Dette kalles en geokjemisk anomali ettersom metallinnholdet avviker fra bakgrunnsverdien. For å finne en eventuell malm, må deretter jordartsanomalien spores tilbake til der den ble erodert fra fast fjell. Dette krever kunnskap om sedimenttransportretning og avsetningsprosess. Flere hendelser med erosjon, transport og avsetning vil kunne vanskeliggjøre tolking av de geokjemiske anomaliene i løsmassene.

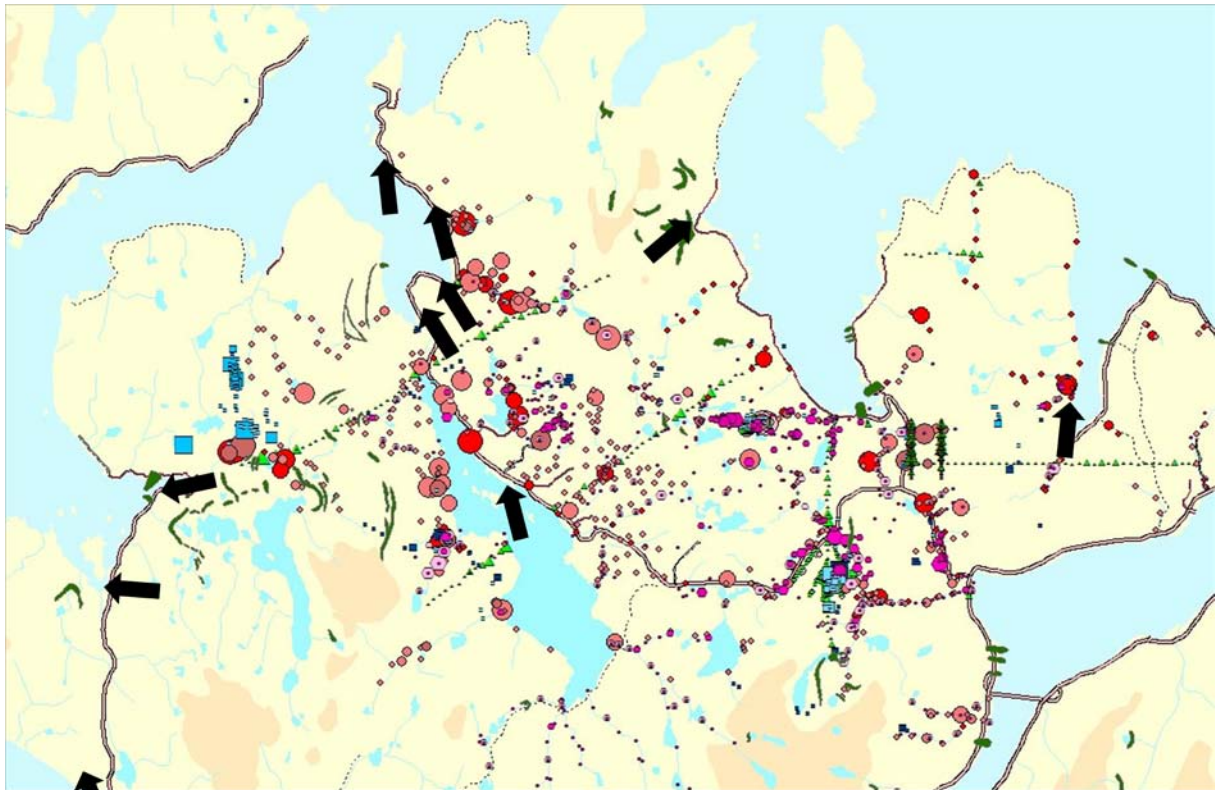
Hensikten med den løsmassegeologiske delen av MINN-programmet i 2012 var å teste metodikk knyttet til malmprospektering basert på anomalier i løsmasser, og bringe klarhet i transportretning og prosess for noen nøkkelområder i Troms. De områder som ble pekt ut var

Ringvassøya, nord for Tromsø og Mauken ved Bardufoss. I begge disse områder var det registrert gullanomalier både i løsmasser og i fast fjell.

4.3.2 Ringvassøya

Utgangspunktet på Ringvassøya var å klargjøre betydningen av glacial transport av løsmasser (morene) under siste istid. Arbeid med flyfototolking og feltarbeid sommeren 2012 dreide seg om hvorvidt innlandsisen eller lokale botn- og dalbreer har vært med på å fordele løsmassene i undersøkelsesområdet.

Løsmassedekket på Ringvassøya kan karakteriseres som tynt, og er i stor grad preget av in-situ forvitret fjell. NGU har tidligere kartlagt løsmassene i området i målestokk 1:250 000 og i den kartleggingen fremgår ikke hele utbredelsen av forvitret fjell (som lett kan tolkes som morene ved overfladisk kartlegging). Morenen som finnes i området, er i stor grad preget av den lokale forvitringen og fremstår som korttransportert. Dette tilsier at tidligere prøvetaking av løsmasser og majoriteten av kjente geokjemiske anomalier finnes i in-situ forvitret fjell eller korttransportert morene. Det framkommer også at kun i de alpine områdene sør på Ringvassøya og lokalt i nordøst rundt Keipen - Storskolten har lokalglasiasjonen vært viktig i å transportere morenemateriale. Innenfor de områder som er av prospekteringsinteresse er morenetransporten styrt hovedsakelig av innlandsisen, med en overordnet transportbevegelse fra sør mot nord. Ett interessant unntak er området rundt Nordkjosvatnet. Der er det kjente gullanomalier, og det er tydelige indikasjoner på at isbreen i slutfasen av deglasiasjonen dreide ned mot Skarsfjorden i vest. Dette betyr, i den grad anomaliene er i morene, at materialetransport først har skjedd mot nord og seint i deglasiasjonen mot vest (Figur 20). Foreløpig kan kilden til anomaliene ved Nordkjosvatnet forslagsvis søkes litt mot øst og sør. Mer omfattende sedimentologiske studier rundt Nordkjosvatnet er nødvendig for helt å klargjøre disse forhold.



Figur 20. Nordlige del av Ringvassøya med geokjemiske anomalier, endemorener (grønne linjer) og isbevegelsesretning (sorte piler).

Foreløpige konklusjoner for Ringvassøya er at anomaliene hovedsakelig ligger innenfor grønnsteinsbeltet som fremstår som kraftig forvitret. Målte anomalier representerer da sannsynligvis forvitret materiale fra den lokale bergarten, og bretransport i morene er underordnet.

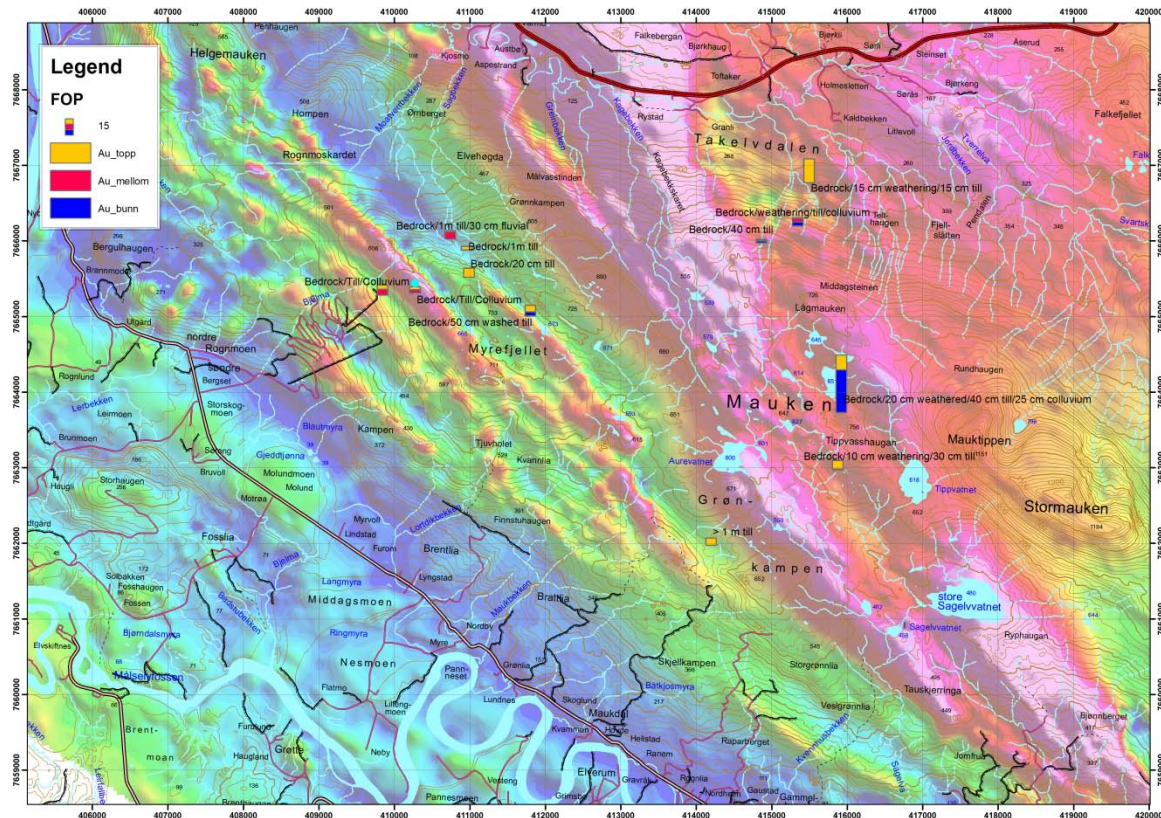
4.3.3 Mauken

Utgangspunktet ved Mauken var løsmasseanomalier hovedsakelig i høydedragene vest for Stormauken. Prøvetaking og analyse var gjennomført av et prospekteringselskap, Scandinavian Highlands, i forbindelse med kartlegging av gullforekomster i området. NGU har innenfor MINN utført høyoppløselig geofysiske målinger (Kapittel 2.1) og kartlagt berggrunn- og strukturgeologi i Mauken (Kapittel 4.2).

Løsmassedekket innenfor det undersøkte området er i korte trekk tynt og preges av in-situ forvitret fjell blandet med morene. I enkelte områder dominerer (glasio-) fluviale sedimenter og i skråninger finnes skredmateriale og sigejord. Ved feltarbeid høsten 2012 ble det tatt prøver fra disse anomalilokalitetene, samtidig som en beskrivelse av sedimentene ble gjort. Innslag av fremmed langtransportert materiale ble også kartlagt ved hjelp av steintelling.

Resultatene fra geokjemisk analyser viser ikke noen tydelig mønstre (Figur 21). Forhøyde verdier av gull ble funnet i in-situ forvitret materiale, morene og i sigejord. Den høyeste registrerte gullkonsentrasjonen er i in-situ forvitret materiale nord i området med 29 ppb Au. Det var ikke funnet særlig høye gullkonsentrasjoner knyttet til "hovedanomalien" i området. Dette kan forklares med at morenematerialet i dette området tolkes som å være utvasket og finstoff kan med dette være transportert vestover i nedslagsfeltet. Steintellingen viste at ved

tre lokaliteter sentralt i undersøkellesområdet, var innslaget av fremmedmateriale opp mot 30%. Med andre ord er en betydelig del av bergartsfragmentene i løsmassene transportert inn mot Mauken med isbevegelse først fra øst (LGM ~20 000 år siden) og deretter fra sørøst (deglasiasjon ~15 000 - 10 000 år siden).



Figur 21. Gullanomalier og geofysikk (magnetiske data) ved Mauken.

Som oppsummering kan sies at bruk av geokjemisk analyse av løsmasser gir en pekepinn om mineraliseringer i berggrunnen, men kan være vanskelige å tolke uten inngående sedimentologiske undersøkelser med hensikt å klarlegge erosjon, transport og avsetningsprosesser. Der er en rekke problemer ved tolkning av anomalier i sedimenter, et analytisk problem er når kun materiale < 2 mm analyseres, da dette vil representere mer langtransportert materiale i en morene. Grovere fraksjoner vil bedre representere den lokale berggrunnen. Det er også uklart hvordan forskjellige elementer fordeles i morene der enkelte elementer har en affinitet til finmaterialet (silt og leir), mens andre elementer kobles mot grovere fraksjoner. Betydningen av forvitret fjell må også kartlegges bedre da dette er med på å konsentrere tyngre elementer når hovedelementene løses ut av berget. Uten disse kunnskaper viser geokjemisk analyse av løsmassene kun de regionale trekkene.

4.4 Undersøkelser av kaledonske jernmalmer i Troms og nordlige Nordland

4.4.1 Målsetting

Gjennom detaljundersøkelser av utvalgte malmfelt vurdere malmenes og tilknyttete mineraliseringers driftspotensial, samt å fremstille en modell som forklarer dannelsen av jernmalmenes i de kaledonske dekke-enhetene i området nord for Tysfjord-kuliminasjonen.

4.4.2 Bakgrunn

I de kaledonske dekkene i nordlige Nordland og Troms er det i malmdatabasen ved NGU registrert mer enn 100 forekomster av lagbundne jernmalmer. Inkluderes lignende forekomster i resten av Nordland stiger antallet til ca. 190. De største av disse såkalte Dunderlandstype jernmalmer drives av Rana Gruver som i dag utvinner ca. 8 Mt råmalm per år. Til tross for at mange av dem har vært i drift (Figur 22) er kunnskapen om deres geologi og mineralogi relativt begrenset og fragmentarisk. Vedvarende høye priser på stål og jernslig/-pellets de siste år gjør at tidligere uinteressante forekomster med relativt lavt jerninnhold kan ha et driftspotensial forutsatt at rådende markedsforhold opprettholdes i fremtiden. Det er dessuten også mulig at det kan opptre andre typer av potensielle malmer (sink, bly, kobber, gull) og mineraler (apatitt, barytt) i tilknytning til jernmalmenes. Jernmalmenes opptre i områder med relativt lav blottingsgrad, spesielt under tregrensen og derfor kan mange av malmsone ha blitt oversett. Men deres høye innhold av magnetitt gjør dem lett påvisbare gjennom magnetiske flymålinger innenfor MINN-programmet. En generell heving av kunnskapsnivået og økt forståelse av de malmdannende prosesser er et nødvendig grunnlag for å gjøre en fornuftig vurdering av driftspotensialet for både jernmalmenes og eventuelt andre tilknyttete mineraliseringstyper.

4.4.3 Utførte undersøkelser

I 2011 og 2012 har NGU gjort befaringer og geologisk kartlegging av en del utvalgte gruvefelter som omfatter Sørreisa, Salangen og Lavangen (Gunnarheimen), samt forekomster langs Ofotfjorden, inklusiv Bogen gruvefelt. I tillegg har to mastergrad-studenter ved Universitet i Tromsø startet geologiske og mineralogiske undersøkelser av jernmalmshorisontene i Tromsøundet jernmalmfelt som er det nordligste området for Dunderlandstype malmer i Nord-Norge. Feltene som er valgt ut for mer detaljerte undersøkelser er basert på en gjennomgang av NGUs bergarkivrapporter og malmdatabase. Under befaringene og den geologiske kartleggingen (Sørreisa og Salangen) er det innsamlet prøver av malmenhetene for analyser av spesielt jern, mangan og fosfor (apatitt). Mer detaljerte undersøkelser av jernmalmenes kjemiske sammensetning på tvers av og langs strøket er gjort i Ofoten-området med bærbar XRF analysator (Figur 23). Bergarter som sannsynligvis representerer meta-vulkanitter er innsamlet for analyser av hoved- og sporelementer til bruk i diskriminantdiagrammer som gir indikasjoner på det geotektoniske dannelsesmiljø for malmenes. Prøver av regionens marmorenheter som opptre både i tilknytning til malmenes og utenfor disse, er innsamlet for bestemmelse av deres kjemiske sammensetning, inklusiv isotopforholdene for oksygen, karbon, strontium og rubidium. Prøvene er nå sendt for analyse. Analyseresultatene skal brukes til å bestemme malmenes alder og til å bestemme bergartssekvensenes tektonostratigrafiske oppbygning på regionalt

nivå. To aldersbestemmelser av kalkspatmarmor assosiert med malmene indikerer neoproterozoisk avsetning.

4.4.4 Resultater

De undersøkte jernmalmhorisontene opptrer i meta-sedimentære sekvenser dominert av granatglimmerskifre, kalkglimmerskifre og forskjellige typer marmor som har vært utsatt for amfibolitt (Salangen-Bogen) til eklogitt facies metamorfose (Tromsøundet). I tilknytning til jernmalmene opptrer lokalt meta-vulkanitter og intrusive ganger av basaltisk til basaltisk andesitt sammensetning. Plott i diskriminantdiagrammer viser at de har kalk-alkalin kjemi og sannsynligvis er dannet i forbindelse med øybue vulkanisme og utvikling av ”back-arc” bassenger med høy grad av sedimentasjon. Malmenes båndete og til dels finlaminerte struktur indikerer også at de er dannet i tilknytning til vulkanisme og assosierte ekshalative prosesser. De omfatter 1-50 m tykke og noen kilometer lange soner bestående av sterkt båndete sekvenser med alternerende bånd dominert av jernoksider (magnetitt og stedvis hematitt), kvarts, amfibol, granat og/eller karbonater (Figur 24). Disse båndene opptrer med varierende tetthet og tykkelse (mm til m skala). Jernoksidrike enheter fra 0,1 m til noen 10 talls meter tykke har vanligvis et totalinnhold på 20-40 vektprosent jern (Sørreisa og Salangen) og kan kjemisk inndeles i rene jernmalmer, manganrike jernmalmer (> 1 % MnO) og fosforrike jernmalmer (> 1 % P₂O₅ eller 2,4 % apatitt). De enkelte undertypene opptrer gjerne som egne enheter; sannsynligvis på forskjellige tektonostratigrafiske nivå. Dette er vanskelig å bestemme da jernmalmene i gruvefeltene ofte er tett isoklinalt foldet med avrivninger i foldeflankene slik at de ofte opptrer som tog av 1-2 km lange linseformete kroppar med største malmtykkelse i foldeombøyningene. Dette fremkommer også gjennom aeromagnetiske målinger gjort over Sørreisa malmfelt i 2012 hvor det også er påvist flere opptil 5 km lange lineære anomalier i områdene nord for de registrerte gruvene.

4.4.5 Planer for 2013

Følgende arbeider er planlagt utført:

1. Avslutte kartleggingen av jernmalmfeltene i Salangen og Sørreisa.
2. Detaljkartlegge utvalgte områder i Bogen malmfelt.
3. Befare aeromagnetiske anomalier i Sørreisa-Finnsnes området.
4. Detaljerte undersøkelser av utvalgte karbonatenheter i Troms og supplerende prøvetaking for kjemiske analyser og isotopanalyser.
5. Supplerende prøvetaking av antatte meta-vulkanitter i områdene som detaljundersøkes.



Figur 22. Oversiktsbilde som viser tidligere drift ved Storhaugen jernmalmbforekomst, Salangen.



Figur 23. Typisk bergartssekvens med vekslende lag av amfibolitt, jernmalm (Fe), glimmerskifer og kalsittmarmor ved Bergviknes i Bogen jernmalmfelt.



Figur 24. Båndet jernmalm i Troms; (til venstre) magnetitt-granat bånd ved Ibestad på Rolla og (til høyre) foldet, magnetitt-kvarts bånd på Reinhaugen i Salangen.

4.5 Grafittundersøkelser i Nordland og Troms

Prosjektet ble startet opp i 2012. Hovedmålsettingene er å følge opp nye helikoptergeofysiske målinger som utføres over områder der det er kjente grafittmineraliseringer fra tidligere og å kvalitetssikre og oppdatere informasjon om kjente grafittmineraliseringer i NGUs mineralressursdatabase.

Grafittforekomstene i Nord-Norge opptrer i følgende geologiske miljø:

- Prekambriske høy-grad metamorfe bergarter på Senja (Figur 26) og i Lofoten-Vesterålen (Figur 27).
- Grafittiserte svartskifre innenfor de kaledonske dekkene.

I 2012 ble det utført feltarbeid i Lofoten-Vesterålen, Glomfjord og Rana området. Et 20 talls grafittforekomster ble befart og flere av dem ble for første gang nøyaktig stedfestet. Det ble utført bakkegeofysiske målinger ved bruk av instrumentet EM 31. Alle forekomstene ble prøvetatt, og analysedata er lagt inn i NGUs databaser. Totalt ble det utført feltarbeid i ca. 20 arbeidsdager.

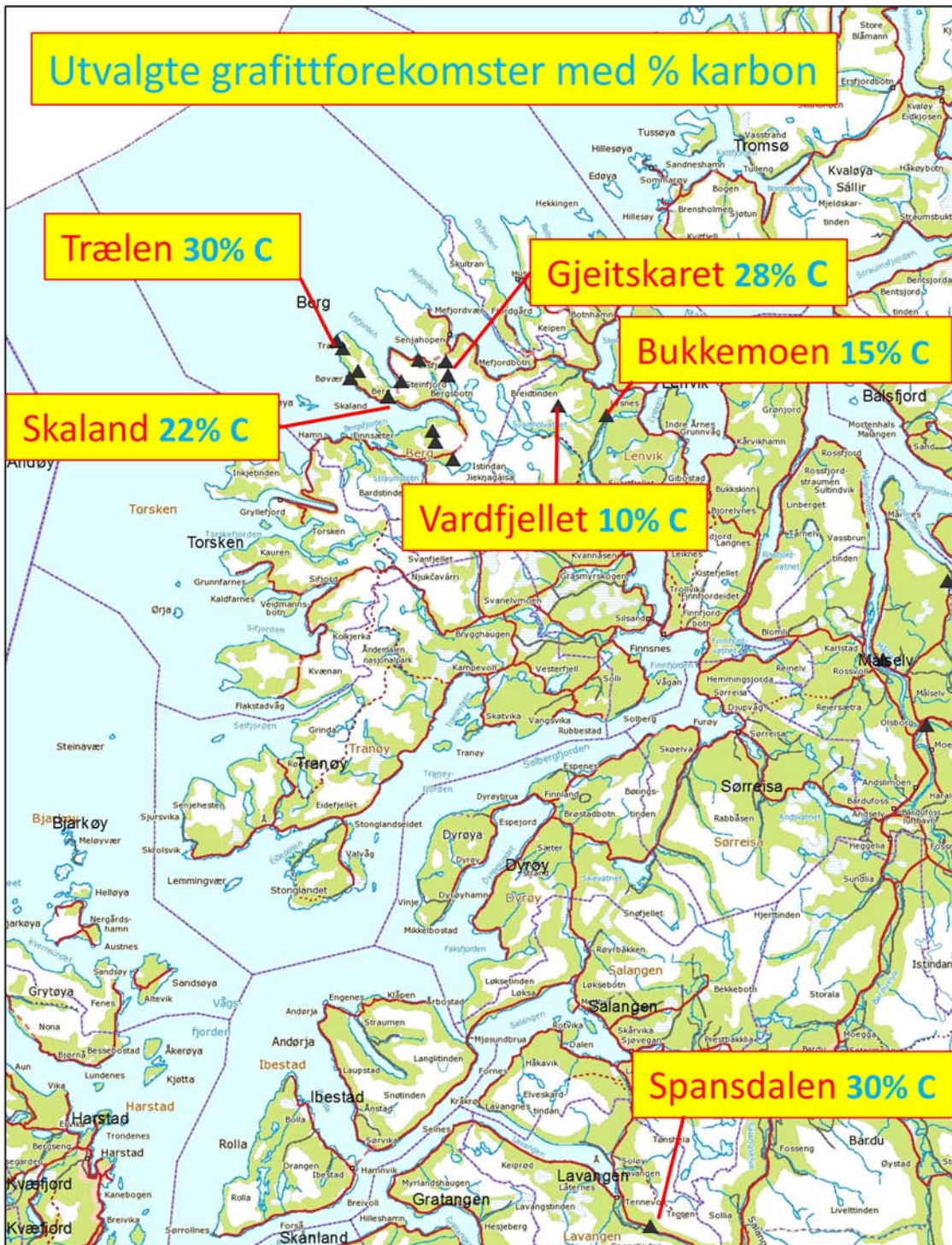
I tillegg ble det utført bedriftsbesøk og befaring hos **Skaland graphite** på Senja. I løpet av 2012 har ca. 10 norske og utenlandske junior type gruve- og leteselskaper kontaktet NGU for å innhente informasjon om norske grafittforekomster. To selskaper har besøkt Løkken og inspisert borekjerner. Ett nystartet norsk junior selskap; **Norwegian graphite** utfører for tiden prospektering etter grafitt i Jennestad-området med utgangspunkt i NGUs tidligere innsamlede data. Meløy Næringsutvikling har startet selskapet **Meløy graphite** med målsetting å undersøke grafittforekomstene i Holandsfjorden. I denne sammenheng har dette prosjektet også sørget for at eldre kart og rapporter fra en rekke grafittforekomster har blitt digitalisert.

Resultater og konklusjoner etter ett år og en feltsesong kan oppsummeres slik:

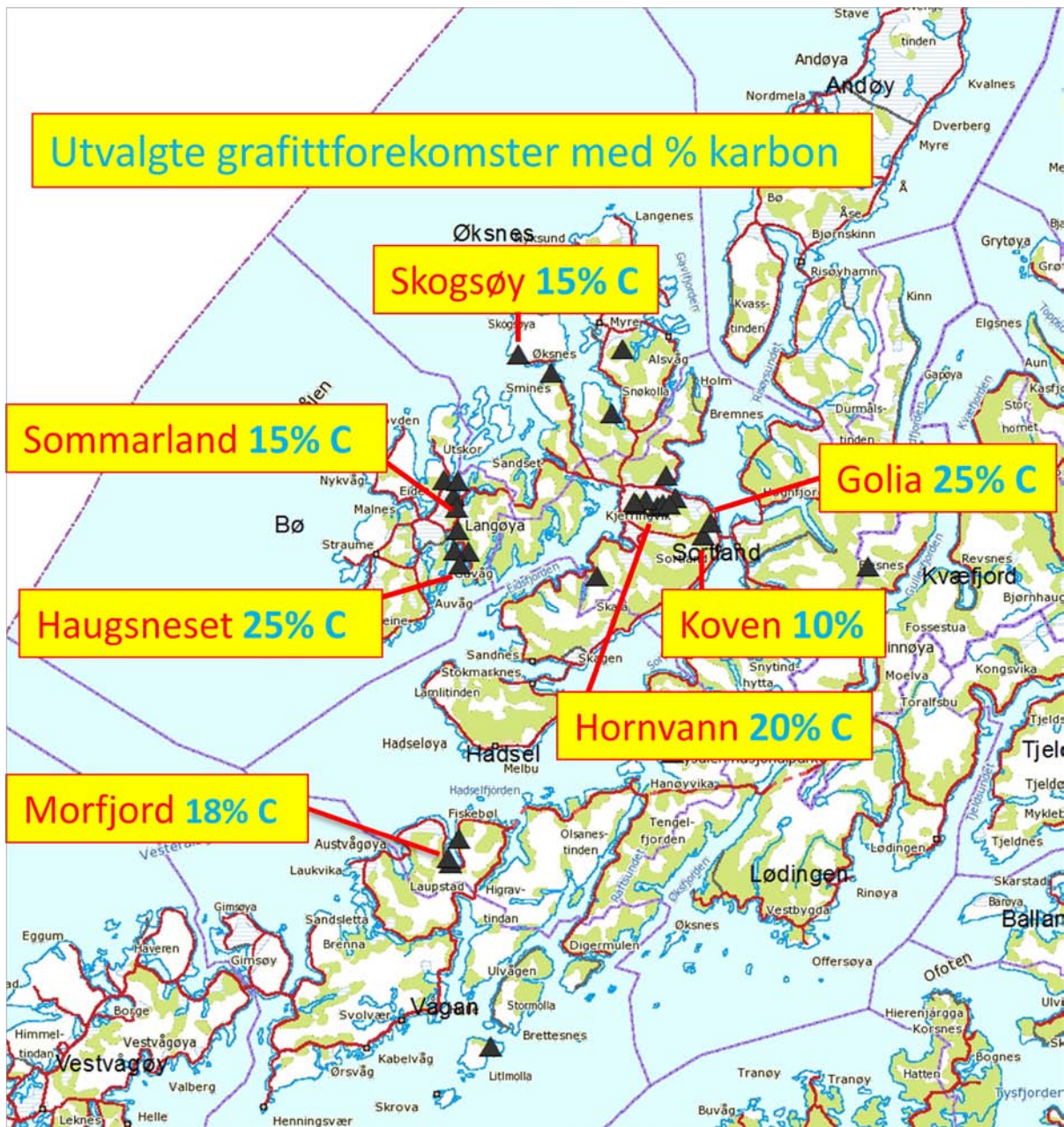
1. NGUs helikoptergeofysiske målinger presentert og prosessert slik det gjøres i dag åpner en helt ny dimensjon for grafitt prospektering (Rønning o.a. 2012).
2. EM 31 er et meget godt verktøy for lokalisering av grafittførende bergarter under tynt overdekke. En fornying av denne utrustning bør vurderes.
3. Kaledonske grafittiserte svartskifre er mest sannsynlig uinteressante som grafittråstoff.
4. Norske grafittforekomster er generelt små men har en vesentlig høyere gehalt en hva som er vanlig i andre land.



Figur 25. Lading av salve i Trælen grafittgruve på Senja.



Figur 26. Registrerte grafittforekomster på Senja og i Lavangen med innholdet av karbon (C %) i utvalgte forekomster.



Figur 27. Registrerte grafittforekomster i Lofoten-Vesterålen med innholdet av karbon (C %) i utvalgte forekomster.

4.6 Undersøkelser av byggeråstoffer i Troms

Målet med prosjektet har vært å kartlegge, prøveta og vurdere forekomster av naturstein, pukk og grus i Troms fylke, og fylle de respektive databasene med oppdatert informasjon og verdivurdering.

4.6.1 Bakgrunn

Data om Troms fylkes forekomster av sand, grus og pukk ble innsamlet og verdivurdert i perioden 1997-2002. Det er ikke hensiktsmessig å sette i gang en ny runde med ”tradisjonell” oppdatering av databasen i fylket. Imidlertid mangler det en god del kvantitative data for viktige forekomster. Etter 2002 har det kommet nye målemetoder og klassifikasjonssystemer som gjør at NGU trenger nye analysedata fra forekomstene i Troms for å kunne gi en så presis som mulig vurdering av viktigheten og verdipotensialet.

Natursteinsdatabasen i Troms ble delvis oppdatert i samme periode, men her er det behov for en mer systematisk gjennomgang av data om kjente og mindre kjente forekomster, som i sin tur skal legges inn i basen.

4.6.2 Resultater

Feltarbeidet har gått som planlagt, og data for naturstein er lagt inn i databasen. Det gjenstår noen analyser av pukk. I alt ble ca. 20 forekomster befart og prøvetatt for analyse. Analysene, sammen med resultater fra befaringen, vil danne grunnlaget for en revidert verdivurdering av disse forekomstene.

For naturstein er det befart ca. 80 forekomster i nordlige del av fylket, rundt Nordreisa og Kvænangen, hvor det spesielt er mange og gode forekomster av skifer og murestein (Figur 28), mens forekomster av gode blokksteinsforekomster er spredt rundt i hele fylket.

Forekomstene er nå for en stor grad befart og dokumentert. I forbindelse med kartlegging og vurdering av klebersteinsforekomster ble det også gjort noen studier av historiske uttak i samarbeid med arkeologer ved Universitetet i Tromsø som vil videreføre dette.

4.6.3 Videre arbeid

Det vil være naturlig innenfor MINN-programmet å fortsette arbeidet med tilsvarende undersøkelser i Finnmark. I tillegg planlegger NGU å utvikle et konsept for karakterisering natursteinsprovinser og kartlegge ut disse i Finnmark og Troms.



Figur 28. Skiferkartlegging i Reisadalen.

5. BERGGRUNNSGEOLOGISKE UNDERSØKELSER I VEST-FINNMARK

5.1 Bakgrunn og mål

Det er kjent en rekke gull-kobber og kobberforekomster i de paleoproterozoiske vulkansk-sedimentære lagpakke i Kautokeino grønnsteinsbelte (KGB) og i grunnfjellsvindue Alta-Kvænangen, Altenes og Repparfjord-Komagfjord. De økonomisk mest interessante forekomstene i dag er Bidjovagge, Nussir og Ulveryggen som er under utvikling av Arctic Gold AB og Nussir ASA. Det er også kjent mindre forekomster av jern, bly og sjeldne jordartselementer (REE).

Berggrunnskartlegging i målestokk 1:50 000 ble utført av NGUs Finnmarksprogram og Sydvaranger/Aspro på 1980-tallet i KGB (Siedlecka et al. 1985, Olsen & Nilsen 1985) og tilsvarende kartlegging ble i den samme perioden utført i grunnfjellsvindue, i hovedsak av ulike universiteter (Pharaoh et al. 1983). Denne gir et godt litologisk og litostratigrafisk grunnlag for videre undersøkelser i områdene. Moderne strukturgeologiske undersøkelser og dateringer mangler imidlertid. Gjennom innsamling av nye geofysiske data, tolkning av disse og oppfølgende undersøkelser i felt vil en få økt forståelse for den geologiske utviklingen og dermed dannelsen av malmmineraliseringer. Områder med potensial for nye forekomster vil vurderes, samt at områder som vil være av mindre interesse vil kunne avgrensnes.

Hovedmålet med undersøkelsene er å gi en vurdering av mulighetene for malmforekomster i Kautokeino grønnsteinsbelte (KGB) og grunnfjellsvindue Alta-Kvænangen, Altenes og Repparfjord-Komagfjord gjennom å utvikle geologiske utviklingsmodeller for områdene.

Følgende delmål er satt opp:

- Sammenstilling av eksisterende geologiske data.
- Videreutvikle eksisterende litostratigrafiske tolkninger gjennom kartlegging og datering, samt korrelere sekvensene mellom vinduene og KGB.
- Oppdatere eksisterende berggrunnskart i målestokk 1: 50 000.
- Utvikle modeller for utviklingen av sedimentbassenget og dannelsen av kobber-mineraliseringene i Saltvannsgruppa i Repparfjordvinduet, og vurdere om de kan anvendes i de andre områdene.
- Gjennomføre strukturgeologisk tolkning, kartlegging og datering i KGB og vinduene og vurdere sammenhengen mellom strukturer og malmmineraliseringer, med spesiell vekt på Cu-Au mineraliseringer i KGB og Cu-mineraliseringer i Repparfjordvinduet.
- Gi en vurdering av fortsettelsen av hovedstrukturene i KGB mot sør og nord.
- Undersøke sammenhengen mellom malmmineraliseringer og albittisering, og andre omvandlingstyper.
- Øke forståelsen for den metamorfe utviklingen.
- Vurdere potensialet for andre malmforekomsttyper enn de som er kjent i dag.

Undersøkelsene gjennomføres til dels i samarbeid med industriselskaper og universiteter (UiT og NTNU). I Repparfjordvinduet er et doktorgradsprosjekt og en masteroppgave igangsatt (01.08.2011) i samarbeid med NTNU (se Kapittel 5.3).

5.2 Kautokeino grønnsteinsbelte og Alta-Kvænangenvinduet

5.2.1 Utførte undersøkelser

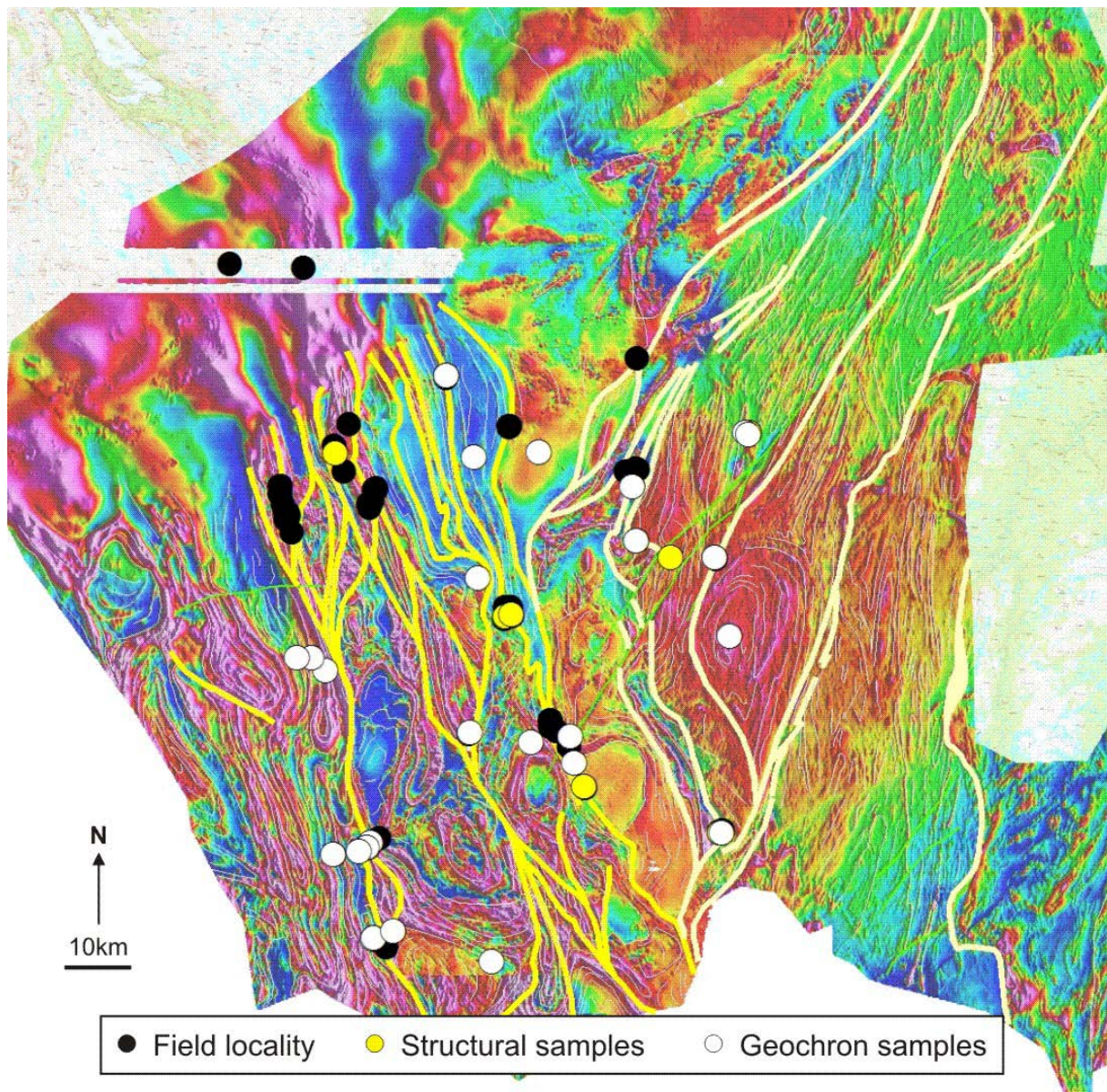
Vår 2011: Eksisterende geologiske og geofysiske data fra grunnfjellbergartene i Vest-Finnmark ble sammenstilt og feltarbeid ble planlagt. Et doktorgradsprosjekt og en masteroppgave ble planlagt og iverksatt i Repparfjordvinduet i samarbeid med NTNU, og de videre undersøkelser i Repparfjord foregår i hovedsak innenfor doktorgradsprosjektet.

Feltarbeid 2011: I samarbeid med Universitet i Tromsø ble det arrangert en felles ekskursjon Repparfjord-Alta-Kautokeino, dels også i de kaledonske dekkebergartene. Kjente mineralressursforekomster, ulike hovedbergarter og tektoniske hovedstrukturer ble befart, og videre feltaktivitet ble planlagt. Prøvetaking for datering av bergarter fra KGB og Alta og malmgeologisk befaring og prøvetaking av kjente kobberforekomster i Alta-Kvænangen vinduet ble gjennomført.

Høst/vinter/vår 2011-12: De eksisterende regionale magnetiske data, som ble innsamlet i 1980-årene, fra Kautokeino grønnsteinsbelte (KGB) ble reprocessert og sammenstilt med preliminaire magnetiske data innsamlet fra fly i 2011 (Kapittel 2.2). En foreløpig strukturgeologisk tolkning av KGB ble gjennomført basert på disse data. Innsamlede bergartsprøver fra KGB ble datert ved NORDSIM i Stockholm, og prøver fra befarte malmforekomster ble analysert. Stabile isotoper i tidligere innsamlede karbonatprøver ble også analysert. Statusrapportering ble gjennomført ved et internt seminar på NGU i januar.

Feltarbeid 2012: En strukturgeologisk kartlegging i KGB basert på de foreløpige tolkningene ble utført. Prøvetaking for datering av bergarter (ca. 30 lokaliteter), strukturgeologiske analyser (11 prøver) og isotopanalyser av karbonater (8 prøver), samt malmgeologisk befaring og prøvetaking av kjente forekomster i KGB ble videreført. Deler av arbeidet ble gjennomført i samarbeid med Scandinavian Resources (SR) som har undersøkelsestillatelse i deler av KGB. Undersøkelser av kobbermineraliseringer i Alta ble også dels gjennomført sammen med SR.

I tilknytning til feltarbeidet ble det innenfor FENGOT-prosjektet (FENNOSCANDIAN GOLD Transect) gjennomført et arbeidsmøte i Alta med ekskursjoner til KGB og Repparfjord. FENGOT er et samarbeidsprosjekt mellom GTK, NGU, SGU og institusjoner i Nordvest-Russland. Formålet med prosjektet er å sammenstille geologiske data, samt å sammenligne dannelsen av gullmineraliseringer innenfor prosjektområdet som strekker seg fra russisk Karelen i sørøst og gjennom Nord-Finland og Nord-Sverige inn i de nordligste delene av Norge fra Rombak i sørvest til og med Karasjok i nordøst. Prosjektet vil sluttrapporteres i løpet av 2013.



Figur 29. Magnetisk kart over Kautokeino grønnsteinsbelte med strukturgeologisk tolkning av Iain Henderson og observasjonslokaliteter fra feltarbeid sommer 2012. Totalt 155 lokaliteter (svart sirkel) med 11 prøver fra skjærsoner (gul sirkel) og 30 prøver for datering (hvite sirkler).

5.2.2 Foreløpige resultater

Dateringer

Mer enn 60 bergartsprøver for datering er innsamlet fra KGB og Alta-Kvænangenvinduet. Seks av disse ble analysert (U/Pb) ved NORDSIM i Stockholm i desember 2011. En arkeisk alder for det sentrale Jergolkomplekset (2,78-2,88 Ga) ble bekreftet, mens bergarter fra Råiseatnukomplekset ga paleoproterozoisk alder (1,85-1,86). De andre innsamlede prøvene er under bearbeiding.

Stabile isotoper i karbonater

Tidligere innsamlede prøver av karbonatbergarter fra Karasjok grønnsteinsbelte og grunnfjellsvinduene i Finnmark er analysert for stabile isotoper (C og O), og foreløpige resultater viser at de er både av jatulisk alder (2,06-2,3 Ga) og yngre enn 2,06 Ga.

Prøvetakingen og analyseringen ble i 2012 også utvidet til å omfatte karbonatbergarter fra Kautokeino grønnsteinsbelte.

Strukturgeologisk tolkning

En strukturgeologisk tolkning av de reprocesserte magnetiske data fra Kautokeino grønnsteinsbelte ble gjennomført våren 2012. Denne ble fulgt opp i felt med kartlegging av nøkkellokaliter, inkludert Bidjovagge gull-kobber forekomst (Figur 29). En ny modell for den tektoniske utviklingen er utarbeidet på grunnlag av disse undersøkelsene. Den tektoniske utviklingen er kompleks, og to hovedsoner med duktile skjærsoner er påvist. Mineraliseringene på Bidjovagge ser ut til å være knyttet til strøk-slipp bevegelser sentralt i den vestre duktile skjærsonen.

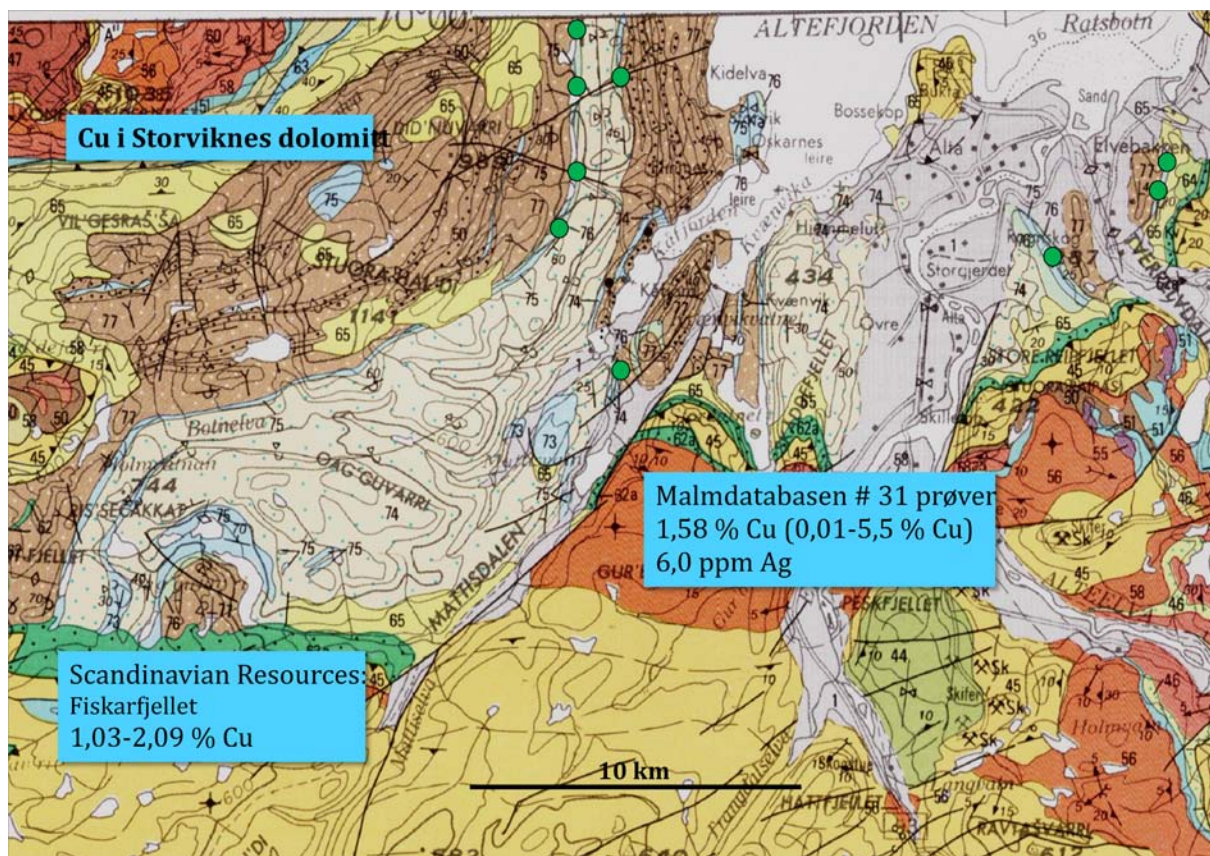
Befarte malmforekomster (Cu i Alta, Au-Cu i KGB)

Kobbermineraliseringer i Alta-Kvænangen vinduet finnes både i hydrotermale karbonatkvarts ganger i vulkanske bergarter (Kvenvikgrønnsteinen) og i sedimentære karbonatbergarter (Storviknesdolomitten) (Vik 1985, Sandstad 2012). Av størst interesse i dag er kobbermineraliseringer i de sedimentære karbonatbergartene og en rekke av de tidligere registrerte forekomster er befart og prøvetatt. De forekommer fra Melsvik i nordøst og videre sørover (Lundstrøm og Anna) og vestover til Fiskarfjellet over en lengde på 20 km (Figur 31). Scandinavian Resources har også påvist slike kobbermineraliseringer enda lengre vest omkring Flintfjellet. Den kobbermineraliserte sonen er smal, som regel mindre enn 1 m, men har interessante gehalter 1-5 % Cu (gjennomsnitt av 35 prøver i NGUs malmdatabase er 1,6 % Cu) (Figur 30). Geofysiske målinger fra helikopter ble gjennomført i 2012, og også disse data vil benyttes for å prøve å påvise områder med muligheter for mektigere og eventuelt rikere soner med kobbermineraliseringer.

Kjente gull-kobber mineraliseringer i KGB er også befart og prøvetatt for å komplettere NGUs Malmdatabase fra området. Samtidig er det lagt vekt på å plassere mineraliseringene inn i den nye strukturgeologiske tolkning av duktile skjærsoner i KGB.



Figur 30. Kobbermineralisert Storviknesdolomitt fra Fiskarfjellet, vest for Alta.



Figur 31. Registrerte kobberforekomster (grønn sirkel) i Storviknesdolomitten vest for Alta. Variasjoner i kobberinnholdet i representative prøver er angitt.

5.2.3 Planer 2013-2015

- Tolking av sammenhengen mellom KGB og de tektoniske vinduene fra nye magnetiske data.
- Samtolking av geologiske og seismiske data på tvers av hele KGB (Kapittel 2.3)
- Oppfølgende strukturgeologisk tolkning og kartlegging i KGB og Alta-Kvænangen vinduet. Tolke hovedstrukturenes fortsettelse utenfor prosjektområdet.
- Videreføre dateringer av bergarter og strukturer i prosjektområdet
- Sammenstilling av malmgeologiske data, samt sammenligne disse med strukturgeologiske og andre data.
- Rapportering og publisering av resultater

5.3 Repparfjordvinduet

5.3.1 Utførte undersøkelser

Feltarbeid 2011: To og en halv ukes feltarbeid ble gjennomført i Repparfjordvinduet høsten 2011. Arbeidet ble fokusert på tre hoveddeler: (1) undersøke betydningen av kaledonsk deformasjon i den nordvestlige delen av vinduet, (2) undersøke kontakten mellom Saltvann- og Holmvanngruppen og (3) gjøre en strukturgeologisk analyse av kobberforekomstene i området. I løpet av arbeidet ble ca. 700 individuelle observasjonspunkter og 110 prøver tatt, av dem 16 prøver av forkastningsmel ("fault gouge") for K-Ar datering av illitt/finkornet glimmer. Resten av prøvetakingen var hovedsakelig strukturgeologiske prøver for senere

mikrostrukturelle analyser. Det ble også samlet representative prøver av de største sandsteinsenhetene i området for senere U-Pb provenansstudier.

Høst/vinter/vår 2011-12: Flygeofysiske (magnetiske, radiometriske og elektromagnetiske) data for de resterende områdene av Repparfjord- og Altenesvinduene ble fullført i løpet av høsten 2011. Prosesseringen ble ferdigstilt sen vinter/tidlig vår 2012, mens enkle analyser og tolkninger ble utført i løpet av våren. 15 prøver av forkastningsmel ble sendt til CSIRO, Perth, Australia, for K-Ar analyser og tilhørende karakteriseringsarbeider. I løpet av denne perioden ble i tillegg følgende arbeider utført: innsamling av allerede eksisterende kart og rådata, digitalisering og sammenstilling av eksisterende geokjemiske data, digitalisering og 3D-visualisering av tilgjengelig borehullsdata fra Ulveryggen kobberforekomst, logging og tynnslipbeskrivelser av gamle kjerner fra Nussir kobberforekomst, oppbygning av digitalt profil på tvers av Saltvanngruppen basert på innsamlet feltobservasjoner, undersøkelse av mikrostrukturer i tynnslip og sammenstilling av strukturgeologiske felldata. I løpet av våren utførte også Universitetet i Bergen i samarbeid med NGU seismiske målinger med snøstreamer over Sennalandet.

Feltarbeid 2012: Fire ukers feltarbeid ble gjennomført i løpet av august 2012. Hoveddelen av tiden ble brukt til å kartlegge forholdene mellom de stedegne sedimentene i Lomvannformasjonen og de underliggende paleoproterozoiske bergartene i den nordlige delen av vinduet (Markopp, Fæg fjord, Lomvann og Porsavann). Undersøkelsene av kontakten mellom Saltvann og Holmvanngruppene fortsatte, både langs selve kontakten og langs seksjoner på tvers av stratigrafien. Det ble også utført en detaljert studie av Kvenklubbenforkastningen like ved Porsa, som er det beste eksempelet på den kaledonske deformasjonen i dette området (Figur 32). Sammen med Holly Stein ble flere av de viktigste og mest interessante kobberforekomstene i Repparfjordvinduet prøvetatt for å forsøke å datere dannelsen av kobbersulfidene ved hjelp av Re-Os geokronologi. I løpet av feltarbeidet ble det samlet ca. 1000 observasjonspunkter og 70 prøver, de fleste fra et tett prøveprofil på tvers av Kvenklubbenforkastningen og sulfidmineraliserte prøver for Re-Os analyser.

Høst/vinter 2012: Arbeidet i denne perioden har vært fokusert på K-Ar analysene av forkastninger, og da spesielt data sammenstilling og analyse samt innledende SEM-karakterisering av prøvematerialet. For å bedre forstå forkastningshistorien i området ble bergartspulver fra prøver relatert til Kvenklubbenforkastningen preparert og sendt til Chris Harris ved University of Cape Town for analyser av stabile isotoper. Det har også blitt utført forberedende arbeid med de mineraliserte prøvene for Re-Os analyser (som skal utføres ved Colorado State University). Seks geokronologiprøver ble sendt til NGU-lab for kjemisk analyse og mineralseparering, og en rekke prøver av metabasalt og metagabbro fra området nær kontakten mellom Holmvann- og Saltvanngruppen ble sendt til geokjemiske analyser. I forbindelse med kurs ved NTNU ble det også startet et arbeid med geofysisk modellering av magnetiske og gravimetrisk data fra Repparfjordvinduet.

5.3.2 Foreløpige resultater

Strukturgeologiske feltobservasjoner

Foreløpige undersøkelser viser at samtlige bergartsenheter i Repparfjordvinduet har en velutviklet subvertikal NØ-SV strykende tektonisk foliasjon. Den nordvestlige delen av området er dominert av topp-mot-SØ innskyvningsforkastninger som danner en imbrikasjonsvifte relatert til NV-SØ rettet forkortning under den kaledonske fjellkjedefoldingen (Figur 32). De sedimentære bergartene i Saltvanngruppen er foldet i åpne, stående folder med subhorisontale, svakt NØ-stupende foldeakser. Kontakten mellom disse sedimentene og Holmvanngruppen er delvis tektonisert gjennom dekstrale strøk-slipp bevegelser med tilhørende subhorisontale mineral-lineasjoner. Dekstral strøk-slipp deformasjon er observert mange steder i Repparfjordvinduet. To typer folder er observert både i de paleoproterozoiske bergartene og i de autoktone sedimentære bergartene i Lomvannformasjonen: (1) tette til isoklinale folder med vertikalt akseplan og vertikalt til sterkt NØ-stupende foldeakser og (2) åpne til tette, kink-folder med vertikalt akseplan og horisontal til svakt NØ-stupende foldeakser. Alt i alt peker den strukturgeologiske kartleggingen mot at det er en signifikant kaledonsk påvirkning på bergartene.



Figur 32. Den vestlige delen av Repparfjordvinduet er sterkt påvirket av kaledonsk deformasjon som har resultert i dannelsen av en stor imbrikasjonsvifte. Her fra Kvenklubbenforkastningen nord for Porsa – en innskyvningsforkastning som har blitt reaktivert som normalforkastning. Bildet er tatt mot sør.

K-Ar datering av forkastningsmel

Dateringene bekrefter at imbrikasjonen av bergartene i den nordvestlige delen av Repparfjordvinduet er relatert til NV-SØ kompresjon under den kaledonske fjellkjedefoldingen. Flere av analysene gir også aldre som samsvarer med ekstensjonen under kollapsen av fjellkjeden, samt senere ekstensjon relatert til mesozoisk riftdannelse. Kombinasjonen av feltobservasjoner og K-Ar dateringer har avslørt at Kvenklubbenforkastningen, ved Porsa, har

en svært kompleks geologisk historie med flere reaktiveringer som kan spores tilbake til tidlig sprø bevegelser i kambrisk tid.

Tektonostratigrafi

Tre detaljerte profiler på tvers av Saltvanngruppen viser at den ikke kan ligge over Holmvanngruppen, i motsetning til tidligere beskrivelser (Pharaoh et al. 1983). Foreløpig tolkning av det seismiske profilet over Sennalandet bekrefter dette forholdet. Feltundersøkelser av den autoktone Lomvannformasjonen viser at den i de østlige deler av vinduet hviler med en vinkeldiskordans over de paleoproterozoiske bergartene. I vest, derimot, er det veldig nære litologiske og strukturegeologiske forhold mellom denne formasjonen og Bierjav'riforrasjonen i Porsgruppen. Ved Fæg fjord-Markopp-området fortøner overgangen mellom disse to formasjonene seg som en gradvis litologisk endring. Det er mulig at Lomvannformasjonen representerer en kontinuasjon av Porsgruppen.

Undersøkelser av mineralforekomster

Feltundersøkelsene har først og fremst vært fokusert på å undersøke den strukturegeologiske innvirkningen på de kjente kobberforekomstene. Kartleggingen av kobber-rike kalsitt-kvartsårer viser at det har vært en stor grad av strukturell kontroll på dannelsen av disse. Dannelsen av alle undersøkte kalsitt-kvarts årer kan forklares med regional NV-SØ rettet forkortning (Figur 33). Også ved Ulveryggenforekomsten er det observert en betydelig strukturell innflytelse på kobbermineraliseringen. Selv om kobber finnes fint disseminert i sandsteinen er det funnet at spesielt kobber-rike soner følger velutviklede skjærbånd. En 3D-visualisering av målt kobberinnhold fra borekjerne og strukturegeologiske målinger viser at mineraliseringen som helhet er diskordant med lagningen i sandsteinen. Det er også en strukturell innflytelse på kobbermineraliseringen i Nussirforekomsten, da kobbermineraler ofte er assosiert med en kloritt-sericitt-grads foliasjon. Det er likevel usikkert hvorvidt den strukturelle påvirkningen her har vært *grunnen* til dannelsen av forekomsten eller om den kun har ført til remobilisering av allerede eksisterende syn- til sen-diagenetisk kobbermineraliseringer.



Figur 33. Åpningen av kobber-førende karbonat-kvartsårer i grønnstein kan relateres til NV-SØ rettet forkortning. Her fra Halsvatnetforekomsten.

5.3.3 Planer 2013-2015

- Videreføre arbeidet med K-Ar datering av forkastninger.
- Fortsette den strukturgeologiske kartleggingen i spesifikke nøkkelområder. Deriblant området rundt den vestligste delen av Nussirdolomitten.
- Videreføre arbeidet med Re-Os datering og detaljerte undersøkelser av utvalgte kobbermineraliseringer.
- Gjennomføre geofysiske modelleringer av Repparfjordvinduet basert på innsamlede flygeofysiske data.
- U-Pb zirkondatering av enkelte nøkkelformasjoner, samt undersøke muligheten for en provenansstudie av sandsteinsenhetene som finnes i Repparfjordvinduet.
- Rapportering og publiseringer av resultater

6. INFORMASJON OG FORMIDLING

6.1 Publisering av data

MINN-programmet er presentert og beskrevet på en egen prosjektside på NGUs nettsider ngu.no. Sidene inneholder blant annet en oversikt over feltplanene, og en gjennomgang av det geofysiske, geokjemiske og geologiske kartleggingsarbeidet. Alle rapporter og ferdigbehandlede data fra programmet blir lagt ut på prosjektsidene. Data legges ut på forhåndsannonserte tidspunkt med to ukers varsel. Prosjektsidene inneholder ved utgangen av 2012 også to NGU-Fokus-ark med generell informasjon om programmet, kontaktinformasjon til prosjektlederne og 13 egenproduserte nyhetsartikler om programmet. Ved utgangen av 2012 var det registrert over 600 eksterne nedlastinger av de frigitte geofysiske og geokjemiske data fra prosjektsidene. Blant interessentene er både lete- og gruveselskaper, fylkeskommuner, kommuner, universiteter og privatpersoner.

6.2 Pressekonferanser

MINN-programmet ble offentliggjort av statsråd Trond Giske på et pressemøte med Adresseavisen på NGU 1. oktober 2010. Torsdag 16. desember 2010 presenterte NGU de foreløpige planene for fly- og helikoptermålinger i Nord-Norge i 2011. Ved starten av den første feltsesongen inviterte NGU til pressemøte på Bardufoss i Troms 9. juni 2011. Flere lokalaviser samt TV2 og Teknisk Ukeblad presenterte MINN-programmet de påfølgende dagene og ukene med vinkling på geofysiske helikoptermålinger i Mauken-området. Gjennom hele 2011 og 2012 er pressen, både lokalt, regionalt og nasjonalt, blitt informert om arbeidet i programmet gjennom pressemeldinger og telefonisk kontakt.

6.3 Medieoppslag

Det er vanskelig å telle nøyaktig hvor mange medieoppslag MINN-programmet har hatt i 2011 og 2012, fordi flere av sakene ikke beskriver programmet med navn, men omtaler arbeidet mer generelt. I 2011 beregnet vi likevel at NGU og MINN var omtalt i 78 artikler på nett og papir. I tillegg kommer flere radiointervjuer, som ikke fanges opp av vår medieovervåking. Et konservativt anslag for 2012 er cirka halvparten så mange oppslag, slik at MINN-programmet samlet sett er omtalt anslagsvis 120 ganger. Et godt trekk i dette bildet er at vinklingene og tendensen i artiklene i det alt vesentlige har vært positive. De få negative vinklingene har vært knyttet til utrygghet for rein under kalving og beite, uro over skremte dyr og fugler, for dårlig informasjon og mindre uhell med utstyr, men dette utgjør et forsvinnende lite antall artikler.

Artiklene i media er kommet i stand på tre måter. Feltarbeiderne har på en aktiv måte selv oppsøkt medier og fortalt hva de har drevet med i distriktene. Samtidig er det utarbeidet flere pressemeldinger, målrettet mot bestemte områder eller medier. I tillegg har journalister selv tatt mye kontakt etter hvert som MINN-programmet gradvis ble kjent. Programmet og aktiviteten er delvis også blitt annonsert i flere medier og fylte tre sider i et bredt anlagt bilag om mineralressurser i Teknisk Ukeblad høsten 2011. Et 20 siders bilag om MINN som innlegg i Dagens Næringsliv sommeren 2013 er under planlegging.

6.4 Presentasjoner

MINN-programmet ble presentert på NGU-dagen 2011 med utstilling og en rekke foredrag. Presentasjoner av programmet ble også gjort på NGUs stand ved prospekteringskongressene FEM (Fennoscandian Exploration and Mining) i november 2011 i Levi, Finland og PDAC (Prospectors and Developers Association of Canada) i mars i Toronto, Canada både i 2011 og 2012. Behovet for utvinning av nye mineraler ble også formidlet på Forskningstorget i Trondheim i september 2012 med utstillingen Gullfeber i samarbeid med Vitensenteret i Trondheim. Standen ble kåret til Årets beste i konkurranse med en lang rekke andre institutter og institusjoner. I tillegg er det gitt en lang rekke presentasjoner av MINN-programmet ved ulike arrangementer, spesielt i Nord-Norge.

7. REGNSKAP

MINN-programmets regnskap for 2011 og 2012 viser totale kostnader på nær 62 mill. NOK (Tabell 1). Det vil si at NGU bidrar med nær 12 mill. NOK over sitt ordinære budsjett i tillegg til Regjeringens ekstrabevilgning på 50 mill. NOK over de to første årene av programmet. Direkte kostnader på vel 32 mill. NOK utgjør vel halvparten av de totale kostnadene, og av disse er nær 26 mill. NOK benyttet til innsamling av geofysiske data (80,4 %). De totale kostnadene til geofysiske målinger utgjør henholdsvis 58 og 50 % i 2011 og 2012. Timekostnadene utgjør en større andel av de totale kostnadene i de geologiske og geokjemiske prosjektene.

Eksterne inntekter er tilskudd fra Troms Fylkeskommune med 0,23 og 1,0 mil. NOK i 2011 og 2012, og 0,37 mill. NOK fra oppdrag for Rana Gruver og Skaland Graphite til mer detaljerte geofysiske helikoptermålinger i gruveområdene.

Tabell 4. Regnskap for 2011 og 2012 for MINN-programmet (i 1000 kr).

	Timekost.	Direkte kost.	Intern kost.	TOTAL	Ekst.finans
31.12.2011	10 713	14 260	903	25 876	230
31.12.2012	15 159	18 054	2 881	36 088	1 370
	25 862	32 314	3 784	61 964	1 600

Tabell 5. Regnskap for 2011 fordelt på prosjekter (i 1000 kr).

Prosjekt	Prosjekttittel	SUM	Ekst.finans
338300	MINN - Administrasjon	862	
338500	MINN - Geokjemi i Nordområdene	3 000	
338900	MINN - Vesterålen – Berggrunnskartlegging, ressurspotensiale og skorpeutvikling	2 339	
340000	MINN - Informasjon og formidling	92	
340300	MINN - Mineralpotensial i Vest-Finnmark	2 261	
340400	MINN - Berggrunnskartlegging, tektonikk og mineraliseringspotensial i Sør-Troms	2 038	230
342900	MINN - Helikoptermålinger	6 590	
343700	MINN - Flygeofysikk	8 435	
344800	MINN - The Repparfjord Window - structural geology & copper mineralizations	259	
	Totalt	25 876	230

Tabell 6. Regnskap for 2012 fordelt på prosjekter (i 1000 kr).

Prosjekt	Prosjekttittel	SUM	Ekst.finans
338300	MINN - Administrasjon	616	
338500	MINN - Geokjemi i Nordområdene	3 150	
338900	MINN - Vesterålen – Berggrunnskartlegg-ing, ressurspotensiale og skorpeutvikling	4 346	
340000	MINN - Informasjon og formidling	263	
340300	MINN - Mineralpotensial i Vest-Finnmark	2 746	
340400	MINN - Berggrunnskartlegging, tektonikk og mineraliseringspotensial i Sør-Troms	1 673	200
342900	MINN - Helikoptermålinger	8 088	370
343700	MINN - Flygeofysikk	4 865	
344800	MINN - The Repparfjord Window - structural geology & copper mineralizations	1 181	
345600	MINN - Istransport	865	150
345800	MINN - Grafittundersøkelser i Nord-Norge	571	
346500	MINN - Kaledonske jernmalmer i Troms og nordlige Nordland	1 010	500
347100	MINN KGB - Kautokeinogrønnsteinsbeltet i 3D	5 934	
347900	Byggeråstoffer i Troms	786	150
	Totalt	36 088	230

8. OPPSUMMERING AV RESULTATER OG VIDERE PLANER

De viktigste resultatene av de to første årene i MINN-programmet:

- Geofysiske målinger (magnetometri og radiometri) fra fly; Finnmarksvidda, Sennalandet, Laksefjordvidda og Sør-Varanger (140.000 profilkm – arealdekning 25.200 km²).
- Geofysiske målinger (magnetometri, EM og radiometri) fra helikopter; Mauken, Vannøya, Rombaken, Repparfjord, Rana, Finnsnes, Senja, Kvæfjord og Alta-Kvænangen (35.700 profilkm – arealdekning 7.000 km²).
- Refleksjonsseismiske målinger med snøstreamer på Finnmarksvidda og Sennalandet.
- Re-analysering av tidligere innsamlede jordprøver - 2.200 prøver fra Nordland, Troms og Finnmark.
- Oppfølgende geokjemisk prøvetaking av jordprøver på Nordkinn-halvøya og i Hamarøy-Tysfjord området (Nord-Salten).
- Geologisk kartlegging, prøvetaking og datering; Vesterålen, Sør-Troms, Ringvassøya, Repparfjord, Alta og Kautokeino.
- Sammenstilling av 6 berggrunnsgeologisk kartblad i målestokk 1:50.000 i Vesterålen.
- Geologisk og strukturgeologisk kartlegging av gullførende skjærsoner og undersøkelser av løsmasser på Mauken og Ringvassøya.
- Økt kunnskap om byggeråstoffer og kaledonske jernmalmer i Troms, grafitt i Vesterålen og kobber i sedimentære bergarter i Finnmark.
- Ny strukturgeologisk tolkning og kartlegging av gullførende skjærsoner i Kautokeino grønnsteinsbelte.
- Revidert litostratigrafi og strukturgeologisk tolkning framkommet gjennom doktorgradsarbeid i Repparfjord.
- Aktiv formidling gjennom ngu.no og media og på møter.
- Over 600 eksterne nedlastninger av frigitte data.
- Økt prospektering og en mangedobling av arealene for undersøkelsestillatelser siden programmet startet.
- Økt samarbeid med universiteter, fylkeskommuner og industri.

Planer for de kommende årene:

- Videreføre geofysiske målinger fra helikopter med to sett utstyr; begge med magnetometri og radiometri, samt ett med EM og ett uten. Kapasiteten for helikoptermålinger innenfor MINN økes til ca. 45.000 linjekm årlig eller ca. 9.000 km².
- Testing av ubemannet fly (drone) for magnetiske målinger i Solbergfjorden og Gisundet mellom Senja og fastlandet (i samarbeid med Maritime Robotics) (2013).
- Videreføre geofysiske målinger fra fly med magnetometri i fjorder og sund, samt i større høyde mellom helikoptermålte områder (2014).
- Reprosessering og kalibrering av radiometriske data over Kautokeino grønnsteinsbelte.
- Sammenstilling av regionale geofysiske datasett i Vest-Finnmark (magnetometri, radiometri, gravimetri og petrofysikk).
- Forlengelse av seismikkprofiler på Sennalandet (2013) og Finnmarksvidda (2014).
- Innsamling av 60 nye gravimetripunkter i Kautokeino-området.
- 3D tolkning av Kautokeino- og Karasjokgrønnsteinsbelter.
- Kartlegging av eventuell dypforvitring i Riednajokvriområdet med 2D resistivitetsmålinger.
- Oppfølgende geokjemisk prøvetaking og analysering av jordprøver i Hattfjelldal-området. Rapportering av resultatene i 2014.
- Videreføre kartlegging og ferdigstilling av inntil 12 berggrunnsgeologiske kartblad i M 1:50.000 skala i Vesterålen.
- Ferdigstille de ressursgeologiske undersøkelsene og generere en rapport over mineralpotensialet i (Lofoten og) Vesterålen.
- Fortsette arbeidet med datering og forståelse av Vesterålens magmatiske, metamorfe og tektoniske utvikling.
- Ferdigstille berggrunnskart i Mauken: avslutte feltarbeid i 2013 og kart våren 2014.
- Fortsette arbeidet med tolkning av bergarter og skjærsoner i grunnfjellsområdene fra nye geofysiske data (Altevanng og Senja).
- Fortsette tolkningen av skjærsoner under de kaledonske dekkebergartene i Troms slik at kart med disse kan framstilles for hele nordområdet.
- Videreføre feltarbeidet i Altevanng for å framstille et foreløpig berggrunnskart.
- Videreføre dateringer av bergarter og strukturer i Mauken, Altevanng og Ringvassøya.
- Sammenstille malmgeologiske data fra grunnfjellsvinduene i Troms med strukturgeologiske data, dateringer og andre data.
- Avslutte kartleggingen av jernmalmfeltene i Salangen og Sørreisa, og detaljkartlegge utvalgte områder i Bogen malmfelt.
- Befare aeromagnetiske anomalier i Sørreisa-Finnsnes området.
- Detaljerte undersøkelser av utvalgte karbonatenheter i Troms og supplerende prøvetaking for analyser av disse og meta-vulkanitter i området.
- Oppfølgende strukturgeologisk tolkning og kartlegging i KGB og Alta-Kvænangen vinduet, samt å tolke hovedstrukturenes fortsettelse utenfor prosjektområdet basert på sammenstilling av geofysiske data.

- Videreføre dateringer av bergarter og strukturer i Vest-Finnmark og sammenstille dem med malmgeologiske data.
- Videreføre arbeidet med K-Ar datering av forkastninger i Repparfjordvinduet.
- Fortsette den strukturgeologiske kartleggingen i spesifikke nøkkelområder i Repparfjordvinduet, inkludert området rundt den vestligste delen av Nussir dolomitten.
- Videreføre arbeidet med Re-Os datering og detaljerte undersøkelser av utvalgte kobbermineraliseringer i Vest-Finnmark.
- Gjennomføre geofysiske modelleringer av Repparfjordvinduet basert på innsamlet geofysiske data.
- U-Pb zirkon datering av enkelte nøkkelformasjoner, samt undersøke muligheten for en provenansstudie av sandsteinsenhetene som finnes i Repparfjordvinduet.

Feltarbeid med innsamling av data innenfor MINN-programmet vil for de fleste aktiviteter avsluttes i 2014, og bearbeiding med rapportering og publisering vil fortsette inn i 2015.

9. TAKK

Styringsgruppen for MINN vil med dette takke alle NGU-medarbeidere som har gjort en stor innsats ved planlegging og gjennomføring av undersøkelsene innenfor MINN-prosjektene:

Geofysiske undersøkelser: Vikas C. Barandwal, Jörg Ebbing, Einar Dalsegg, Jomar Gellein, Janusz Koziel, Rolf Lynum, Aziz Nasuti, Frode Ofstad, Odleiv Olesen, Alexei Rodionov (nå AR Geoconsulting), Jan Steinar Rønning, Georgios Tassis, Geir Viken og Robin Watson.

Geokjemiske undersøkelser: Malin Andersson, Ola Anfin Eggen, Tor Erik Finne, Belinda Flem, Henning K.B. Jensen, Øystein Jæger, Agnes M. Raaness, Clemens Reimann, Julian Schilling og Gaute Storrø.

Løsmassegeologiske undersøkelser: Ola Fredin, Raymond Eilertsen, Eiliv Larsen, Astrid Lyså, Lars Olsen, Knut Riiber, Brita Lena Rubensdatter, Knut Stalsberg og Renata Viola.

Berggrunn- og mineralressursundersøkelser: Bernard Bingen, Terje Bjerkgård, Ane Engvik, Børre Davidsen, Håvard Gautneb, Iain Henderson, Morgan Ganerød, Peter M. Ihlen, Ole Lutro, Victor Melezhik, Per Inge Myhre, Per Terje Osmundsen, Agnes M. Raaness, Tim Redfield, Jan Sverre Sandstad, Henrik Schiellerup, Johannes Schönenberger, Trond Slagstad, Arne Solli, Torkil Sørli-Røhr, Espen Torgersen, Einar Tveten, Giulio Viola og Jan Egil Wanvik.

Undersøkelser av byggeråstoffer: Rolv Dahl, Leif Furuhaug, Lars Rolstad Libach, Bjørn Lund, Gurli B. Meyer og Roald Tangstad.

Kommunikasjon: Gudmund Løvø.

I tillegg vil vi også takke alle studenter som har bidratt under feltarbeidene, og håper at det har gitt inspirasjon til å satse videre på fastlandsgeologien i Norge. Vi takker også alle andre partnere; universiteter, gruve- og leteselskaper, fylkeskommuner, kommuner og alle andre for godt samarbeid. Til sist, men ikke minst vil vi takke alle andre på NGU som bidrar til gjennomføringen av MINN-programmet. Vi er imponert over hvor raskt og godt organisasjonen har klart å ta utfordringen som denne nye, store satsingen på kartlegging av mineralressurser i Nord-Norge innebærer.

10. REFERANSER

*Rapporter utgitt av MINN-programmet i 2011-2012.

- Andersen, O.B., Knudsen, P. & Berry, P. 2010: The DNSC08GRA global marine gravity field from double retracked satellite altimetry. *Journal of Geodesy*, 84, 3, DOI: 10.1007/s00190-009-0355-9.
- Bølviken, B., Bergström, B., Björklund, A., Konti, M., Lehmuspelto, P., Lindholm, T., Magnusson, J., Ottesen, R.T., Steinfeld, A., & Volden, T. 1986: *Geochemical Atlas of Northern Fennoscandia*, Scale 1:4 000 000. Geological Survey of Norway.
- Dransfield, M. H. 2010: Conforming FALCON gravity and the global gravity anomaly. *Geophysical Prospecting* 58, 469-483.
- Eiken, O., Degutsch, M., Riste, P. & Rød, K. 1989: Snowstreamer: an efficient tool in seismic acquisition. *First Break* 7, 374-378.
- Fugro 2011: FALCON™ Airborne Gravity Gradiometer, Magnetometer Survey – Alta, Norway. Data acquisition report, 42p.
- Geosoft 1997: HEM system (Helicopter Electromagnetic Data Processing, Analysis (DPA) and Presentation System) User guide
- Geosoft 2005: Montaj 1024-Cannal Radiometric Processing. User guide and tutorial
- Geosoft 2007: Montaj MAGMAP Filtering. Tutorial.
- Geosoft, 2010: Modelling the Earth through Inversion. *Earth Explorer*, November 5th.
- Geotech 1997: Hummingbird Electromagnetic System. Users manual. Geotech Ltd. October 1997
- GTK 2007: Airborne Geophysical Survey Finnmark, Norway, August - September 2007, Technical Report, 49p.
- GTK 2008: Airborne Geophysical Survey, Skuvvanvarri, Finnmark, Norway, July – August 2008, Technical Report, 40s.
- GTK 2009: Airborne Geophysical Survey, Russevatna and Gosjohka, Finnmark, Norway, June - July 2009, 54s.
- Johannessen, E.P., Henningsen, T., Bakke, N.E., Johansen, T.A., Ruud, B.O., Riste, P., Elvebakk, H., Jochmann, M., Elvebakk, G. & Slubowska Woldengen, M. 2011: Palaeogene clinoform succession on Svalbard expressed in outcrops, seismic data, logs and cores. *First Break* 29, 1-10.
- Johansen, T.A., Ruud, B.O., Bakke, N.E., Riste, P. Johannessen, E.P. & Henningsen, T. 2011: Seismic profiling on Arctic glaciers. *First Break* 29, 65-71.
- Kjeldsen, S. 1987: Geokjemisk kartlegging i Nordland og Troms. ICAP-analyse av løsmassenes fin fraksjon. NGU Rapport 87.142.
- Korneliussen, A., Krog, E., Furuhaug, L. & Mathiesen, C.O. 1989: Sjeldne jordartselementer i Hellemobotn-Linnajavrre-regionen, Tysfjord, Hamarøy og Sørfold kommuner, Nordland. NGU Rapport 89.099, 26s.
- Kukkonen, I. T. & Lahtinen, R. (red.) 2006: Finnish Reflection Experiment (FIRE) 2001–2005. Geological Survey of Finland, Special Paper 43. 247 p.
- Kukkonen, I.T., Olesen, O. & Ask, M.V.S. & the PFDP Working Group 2010: Postglacial Fault Drilling Project (PFDP). *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar (GFF)* 132, 71–81.
- Kukkonen, I. T., Heikkinen, P., Heinonen, S., Laitinen, J. & HIRE Working Group of the Geological Survey of Finland 2011. Reflection seismics in exploration for mineral deposits: initial results from the HIRE project. Geological Survey of Finland, Special Paper 49, 49–58.
- Lee, J. B., 2001: FALCON Gravity Gradiometer Technology. *Exploration Geophysics* 32, 75-79.

- Midtun, R.D. 1988: Karasjokgrønnsteinbeltet. Regional geofysisk og geologisk tolkning. NGU Skrifter 88, 19s.
- Mogaard, J.O. & Mauring, E. 2002. Data Acquisition and Processing – Helicopter Geophysical Survey, Ringvassøy. NGU Report 2002.099, 9p.
- *Ofstad, F.; Koziel, J., Lynum, R. & Rodionov, A. 2013: Helicopter-borne magnetic, electromagnetic and radiometric geophysical survey in the Repparfjord area, Alta and Kvalsund, Finnmark. In prep.
- Pharaoh, T. C., Ramsay, D. M. & Jansen, Ø. 1983: Stratigraphy and structure of the northern part of the Repparfjord–Komagfjord window, Finnmark, northern Norway. Norges geologiske undersøkelse 377, 1–45.
- Radiation Solutions 2010: RSX-5, Users manual, Radiation Solutions Ltd., Mississauga, Ontario Canada.
- Reimann, C., Äyräs, M., Chekushin, V., Bogatyrev, I., Boyd, R., Caritat, P. De, Dutter, R., Finne, T.E., Halleraker, J.H., Jæger, Ø., Kashulina, G., Lehto, O., Niskavaara, H., Pavlov, V., Räisänen, M.L., Strand, T., Volden, T., 1998: Environmental Geochemical Atlas of the Central Barents Region. NGU-GTK-CKE Special Publication, Geological Survey of Norway, Trondheim, Norway.
- *Reimann, C., Finne, T.E. & Filzmoser, P. 2011: Nye geokjemiske data fra en samling moreneprøver fra Nordland, Troms og Finnmark. NGU Rapport 2011.044, 152s.
- *Reimann, C., Finne, T.E. & Filzmoser, P. 2012: Soil geochemical data from the Nordkinn peninsula, Finnmark. NGU Report 2012, 95p.
- *Rodionov, A., Koziel, J. & Lynum, R. 2012a: Helicopter-borne magnetic, electromagnetic and radiometric geophysical survey in Mauken area, Målselv, Troms. NGU Report 2012.010, 25p.
- *Rodionov, A. & Ofstad, F. 2012: Helicopter-borne magnetic, electromagnetic and radiometric geophysical survey at Vanna, Karlsøy, Troms. NGU Report 2012.021, 23p.
- *Rodionov, A., Ofstad, F. & Koziel, J. 2012b: Helicopter-borne magnetic, electromagnetic and radiometric geophysical survey in Rombaken area, Narvik, Nordland. NGU Report 2012.022, 25p.
- *Rodionov, A., Ofstad, F. & Tassis, G. 2012c: Helicopter-borne magnetic, electromagnetic and radiometric geophysical survey in Finnsnes area, Lenvik, Troms. NGU Report 2012.028, 31p.
- *Rodionov, A., Ofstad, F. & Tassis, G. 2012d: Helicopter-borne magnetic, electromagnetic and radiometric geophysical survey in the Storforshei area, Rana, Nordland. NGU Report 2012.044, 31p.
- Rønning, J.S. 2012: NGUs helikoptermålinger. Plan for sikring og kontroll av datakvalitet. NGU Intern Rapport 2012.001, 37s.
- *Rønning, J.S., Rodionov, A. Ofstad, F. & Lynum, R. 2012: Elektromagnetiske, magnetiske, og radiometriske målinger fra helikopter i området Skaland - Trælen på Senja. NGU Rapport 2012.061, 30s.
- Scintrex 1993: CS-2 Cesium magnetometer operating manual, Scintrex Ltd. Ontario Canada.
- Siedlecka, A., Iversen, E., Krill, A.G., Lieungh, B., Often, M., Sandstad, J.S. & Solli, A. 1985: Lithostratigraphy and correlation of the Archaean and Early Proterozoic rocks of the Finnmarksvidda and Sørvaranger district. Norges geologiske undersøkelse Bulletin 403, 7-36.
- Vik, E. 1985: En geologisk undersøkelse av kobbermineraliseringene i Alta–Kvænangenvinduet, Troms og Finnmark. Upublisert Dr.oppgave. NTH Univ. Trondheim, 300s.
- Wellman, P. 2000: Upper crust of the Pilbara Craton, Australia; 3D geometry of a granite:greenstone terrain. Precambrian Research 104, 175–186.



Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39, 7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
Telefax 73 92 16 20
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no

*Geological Survey of Norway
PO Box 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norway*

*Visitor address
Leiv Eirikssons vei 39, 7040 Trondheim*

*Tel (+ 47) 73 90 40 00
Fax (+ 47) 73 92 16 20
E-mail ngu@ngu.no
Web www.ngu.no/en-gb/*