

GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·



Rapport nr.: 2015.054	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Åpen	
Tittel: Mineralressurs-undersøkelser i Nordland i regi av Nordland Mineral (NM): 2003-2010			
Forfatter: Ingvar Lindahl og Peter M. Ihlen		Oppdragsgiver: Nordland fylkeskommune/NGU	
Fylke: Nordland		Kommune: se teksten	
Kartblad (M=1:250.000) Svolvær, Narvik, Sulitjelma, Bodø, Mo i Rana, Saltdal og Mosjøen		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) Se teksten under de enkelte del-prosjekter	
Forekomstens navn og koordinater: Se tekst og kart under de enkelte del-prosjekter		Sidetall: 114	Pris: kr 345,-
Feltarbeid utført: 2004-2010		Rapportdato: 07.12.2015	Prosjektnr.: 305600
Sammendrag: Rapporten gir en beskrivelse av arbeidet som er nedlagt i Nordland Mineral (NM) og resultatene av dette. NM var formelt aktivt i perioden 2003-2010 og ble finansiert av Nordland fylkeskommune (Nfk) og NGU på 50:50 basis. Hensikten med arbeidet var å øke informasjonen om mineralforekomster fylket som kunne skape idéer om mulig opptreden av mineralforekomster med potensial for industrialisering. Nfk nedsatte en Idégruppe for NM med representanter fra NGU, Nfk og industrien som genererte ideer om industrialisering av mineralforekomster og bestemte hvem som skulle være ansvarlig for oppfølgingen innenfor de enkelte delprosjektene. Alle arbeidene som ble gjennomført av NM ble bestemt av Idégruppen. Ved positive resultater av undersøkelsene valgte NM gjennom sitt eget nettverk selv ut hvilken bedrift som skulle tilbys å gå videre med delprosjektet. Hvis bedriften ønsket å gå videre med undersøkelsene var NMs målsetting nådd og videre arbeid i regi av NM opphørte. Erfaringene med bruk av denne samarbeidsmodellen er vurdert i slutten av rapporten. Underveis er flere offentlig tilgjengelige rapporter framstilt som resultat av delprosjektene. Disse er referert til i teksten og oppgitt i referanselisten. En rekke arbeidsnotater som grunnlag for utvelgelsen av delprosjekter er ikke offentliggjort. Denne sammenstillingen av NM sitt arbeid beskriver idégrunnlaget for arbeidene, gjennomføringen, resultatene som framkom med vurdering av disse, samt de kontaktene som NM hadde med mineralindustrien. NM har gjort undersøkelser i tilknytning til totalt 28 delprosjekter inkludert 11 om bygningsstein, 6 om industrimineraler, 7 om spesialmetaller, 3 om metaller og 1 om mineralressursvern i fylket. Noen av delprosjektene var testing av idéer som ikke førte fram til noe, og disse ble hurtig avsluttet. Noen delprosjekter var ganske omfattende og pågikk gjennom flere år. De totale budsjetterte kostnader beløp seg til kr. 5,5 mill. (eks. MVA) eller ca. Kr. 700 000 per år. For denne summen ble det påvist flere potensielle forekomster, inkludert fire attraktive bygningssteinforeskomster av mangeritt ved Skutvik i Hamarøy og på Vestvågøy, samt en forekomst av granatglimmerskifer ved Rognan, en kvartsittforekomst på Melkfjellet i Rana, to forekomster av høyren kvarts på Svinfoten og Vatnet og en forekomst av apatitt i Misværdalen. I tillegg er det gjort flere nye funn av forskningsmessig interesse som blant annet omfatter en ny lokalitet av karbonatitter i kaledonidenesom opptre i et kali-rikt pyroksenittmassiv i Misværdalen. Videre er et nytt pegmatittdistrikt definert i Nord-Helgeland hvor pegmatittene er karakterisert ved opptreden av beryll og Li-mineraler. Idégruppen er derfor fornøyd med resultatene som er oppnådd.		Ansvarlig: 	
Emneord: Fagrapport	Nordland Mineral	Bygningsstein	
Industrimineraler	Spesialmetaller	Basemetaller	
Mineralressurs vern			

INNHold

1.	INNLEDNING	8
1.1	Bakgrunn	8
1.2	Prosjektets strategi og arbeidsform	8
1.3	Idégruppens sammensetning	9
1.4	Finansiering	10
1.5	Rapportering	10
1.6	Presentasjon av de enkelte delprosjektene	11
2.	BYGNINGSSTEIN	12
2.1	Innledning	12
2.2	Potensielle typer av bygningsstein	14
2.3	Svart bygningsstein – troktolitt ved Bleik, Andøy kommune	17
2.4	Hvit granitt og epidotgneis i Morfjorden, Hadsel kommune	20
2.5	Monzonitt som bygningsstein og pukk i Skutvik, Hamarøy kommune	22
2.6	Monzonitt i området Mortsund–Ure, Vestvågøy kommune	25
2.7	Schiller-effekt i monzonitt, mangeritt og anortositt i Lofoten og Vesterålen	30
2.8	Katalog over klebersteintyper i Linnajavri-området, Hamarøy kommune	34
2.9	Kleberstein i ultramafittene i Veiski-området, Sørfold kommune	37
2.10	Kvalitet av hvit og sort marmor i Salten	40
2.11	Lys granitt i Langånes-området, øvre Saltdal, Saltdal kommune	42
2.12	Granatglimmerskifer som bygningsstein, Saksenvik-Setså-området, Saltdal kommune	43
3.	INDUSTRIMINERALER	47
3.1	Innledning	47
3.2	Silika-råstoffer	50
3.3	Mineralkarakterisering av karbonater i Nordland	56
3.4	Granat til bruk som slipemiddel (abrasiv)	59
3.5	Buviknakken granatforekomst, Sørfold kommune	63
3.6	Flusspat i indre Tysfjord, Tysfjord kommune	65
3.7	Apatitt – ressurser i Misvær, Bodø kommune	67
4.	SPESIALMETALLER	73
4.1	Innledning	73
4.2	Geokjemiske provinser av spesialmetaller i Nordland	76
4.3	Muligheter for karbonatitter og assosierte P, REE og Y forekomster i Nordland	79
4.4	Spesialmetaller assosiert med TIB-intrusjoner og vulkanitter i Nordland	82
4.5	Oppfølging av zirkonium-anomalier i bekkersedimenter i nordlige Nordland	84
4.6	Spesialmetaller i Nord-Helgeland pegmatitt-distrikt	86

4.7	Spesialmetaller i Bordvedåga beryllium-forekomst, Høgtuva, Rana kommune	89
4.8	Potensielle greisen-omvandlete granitter og assosierte LTC-pegmatitter i Storbørja-Visten området, Sør-Helgeland.....	92
5.	BASEMETALLER	94
5.1	Innledning	94
5.2	Muligheten for PGE i anortositt, monzonitt/mangeritt og gabbro ved Nappstraumen og ved Eidsfjorden i Lofoten og Vesterålen	95
5.3	Nikkel i kobberskjerp i Rombaksbotn, Narvik kommune	98
5.4	Mineralisering i Gulldalen, Hamarøy kommune	101
6.	MINERALRESSURSVERN FOR NORDLAND	103
6.1	Kart over potensiell områder med mineralressurser i Nordland	103
7.	VURDERING AV NORDLAND MINERAL.....	105
7.1	Gjennomføringen av prosjektet.....	105
7.2	Oppnådde resultater	105
8.	REFERANSER	108
	VEDLEGG 1: Forkortelser brukt i teksten	114

FIGURER

Figur 1.	Bedriftbesøk var en nødvendig del av Idégruppens arbeid. Her ved PQ Silicates anlegg i Glomfjord hvor det ble produsert vannglass, eller hydrert natriumsilikat, fra importert kvartssand som eventuelt kunne produseres fra kvartsforekomster i Nordland.....	9
Figur 2.	Idégruppens medlemmer sommeren 2009 samlet under befaring i Saksenvikdalen. Fra venstre O. Torstensen, P.M. Ihlen, T. Vrålstad, I. Lindahl, F. Nordmo og svensk geologistudent.	10
Figur 3.	Norwegian Rose som er fylkessteinen i Nordland, finnes ved Fauske.....	13
Figur 4.	Forenklet geologisk kart over Nordland fylke som viser fordelingen av undersøkte forekomster av bygningsstein (åpen ring) og steder nevnt i teksten. Byer vist med rødt symbol.	15
Figur 5.	Resultatene av delprosjektene innenfor bygningsstein i NM inngår i oversikten: ”Bygningsstein i Nordland” forfattet av I. Lindahl (2013).	16
Figur 6.	Fordelingen av områder med svart troktolitt ved Bleik og Breivika nær nordenden av Andøya (røde felter). Avstanden mellom de blå koordinatlinjene er 1 kilometer. Sammenstilte utsnitt av 1:50 000 kartbladene Andenes (1233-1) og Dverberg (1233-2).	18
Figur 7.	Frisk flate av svart troktolitt. Borhullet er omtrent 2 cm i diameter.....	19
Figur 8.	Bildet til venstre viser svaberg av massiv hvit granitt innerst i Morfjorden (sett mot sør), mens høyre viser en polert flate av den samme granitten. Epidotgneisen har utgående på bevokst område oppover lia midt på venstre bilde mot den tynne granittblotningen.	21
Figur 9.	Område med massiv monzonitt langs Økssundet nord for Skutvik. Bilde tatt nordover mot Lofotveggen.....	24
Figur 10.	Polert flate av monzonitt fra Skutvik.	24
Figur 11.	Kartutsnitt som dekker Mortsund-Ure området: Stedsnavn med rød understreking er nevnt i teksten. Avstanden mellom de blå koordinatlinjene er 1 kilometer. Utsnitt av 1:50 000 kartblad Flakstad (1031-2).	27
Figur 12.	Oversikt over Mortsund mot den lave åsryggen mot nord, sett fra Selnes.....	28

Figur 13. Havna i fiskeværet Ure med fjellknausene av massiv monzonitt i bakgrunnen mot vest.	28
Figur 14. Polert plate av monzonitt fra Ure.....	29
Figur 15. Rygg av massiv anortositt i Ytre Straumfjord ved Eidsfjorden.....	32
Figur 16. Polert prøve av anortositt fra Ytre Straumfjord.....	32
Figur 17. Polerte plater (30 cm x 30 cm) av monzonitt/mangeritt fra Flakstadøya (Figur 4). Steinen i venstre kolonne er hentet fra lokalitetet på veien mellom Vareid og Vikten (søre Vikten), mens høyre kolonne kommer fra veien sørover fra Vareid.	33
Figur 18. Et lite utvalg av forskjellige teksturer i sagde plater av kleberstein fra Linnajavri-området. a) Kvittfjell, b) Kleberflåget, c) Hatten, d) Langkleberdalen, e) Kleberbreen og f) Ridoalggičohkka.....	35
Figur 19. Geologisk kart over Nordland som viser fordelingen av klebersteinsforekomster som er undersøkt for metamorft dannede asbestifome mineraler. Stiplet linje viser grensen mellom amfibolitt-facies forekomster med fibermineraler i vest (røde symboler) og grønskifer facies forekomster uten fibermineraler i øst (svarte symboler).	36
Figur 20. Kartutsnitt som dekker Veiski-området: Befarte ultramafitter (røde områder) og steder nevnt i teksten er vist. Avstanden mellom de blå koordinatlinjene er 1 kilometer. Utsnitt av 1:50 000 kartblad Sisovatn (2129-1).	38
Figur 21. 4-5 m mektige diabasganger som bare opptrer innenfor en ultramafitt-linse på Løytaryggen.	39
Figur 22. Forekomst av kleberstein i Veiskidalen med potensial for uttak hvis vei bygges ved eventuell kraftutbygging.	39
Figur 23. Utgående av hvit dolomitt-marmor på skogsvei i Vikdalen like vest for Rognan. .	41
Figur 24. Polerte plater av hvit dolomitt-marmor fra Vikdalen (t.h.) og type Furuli fra Løvgavlen nordvest for Fauske (t.v.). Fotografert i lampelys.....	41
Figur 25. Hvit granittisk ortogneis i veiskjæring langs anleggsvei fra Langånes til jernbanelinjen.	42
Figur 26. Kart som viser geologien i Saksenvika-Setså området like nordøst for Rognan. De røde navnsatte områdene angir kvernsteinsbrudd. Grønne områder: skifre, Blå: marmor og Brune: gabbro og amfibolitt. Utsnitt av 1:50 000 kartblad Rognan (Kollung & Gustavson 1995).....	45
Figur 27. Polert plate av granatglimmerskifer fra Kalvgarden i Saksenvikdalen.	46
Figur 28. Del av dagbruddet til Hammerfall Dolomitt A/S i 1993, en av tre marmorforekomster som er i drift i Nordland. I dag drives forekomsten som underjordsdrift med nedkjøring fra dagbruddet.	48
Figur 29. Forenklet geologisk kart over Nordland fylke som viser fordelingen av undersøkte industrimineralforekomster (åpen ring) og steder nevnt i teksten. Byer vist med røde symboler.	49
Figur 30. Kart som viser fordelingen av prøvelokaliteter i kvartsitter i Rana-området.	51
Figur 31. Hvite slirer av høyren kvarts langs skyvesone i grå kvartsglimmerskifer mellom to enheter av mørk grå grafitt skifer.	54
Figur 32. System av lys grå kvartsganger i fjellmassivet Storrapa. De største gangene nær toppen av massivet på Svinfoten (817 m.o.h.) opptrer langs fylkesgrensen mellom Nordland og Troms (Andøy/Kvæfjord). Bildet ses mot Bleiksvatnet i SSV som også er strøkretningen på de største gangene på toppen av ryggen. Disse er knyttet sammen med flere sett av tynne og mer Ø-V strykende kvartsganger som sees i stupet mot øst. Utsnittet er hentet fra www.norgei3d.no	55
Figur 33. Brudd på lys grå og hvit båndet dolomitt marmor på Hekkelstrand (Foto: Foslie 1913). Den gang brukt som bygningsstein i dag som industrimineral.....	58
Figur 34. Grovkornet kalkspatmarmor i veiskjæring i Svartberget, Bjerkadalen i Hemnes...	58
Figur 35. Oppkonsentrering av rød granat i strandsanden på Mjelde nord for Bodø.....	61

Figur 36. Grovkornete euhedral granat porfyroblaster i glimmerskifer på Buviknakken.....	62
Figur 37. Finkornet granat-pyroksen skarn med sprekkefyllinger av kalkspat sammenvokst med grove rødlige granatkrystaller. Skarnsone i Tiltvikområdet i Hamarøy kommune.....	62
Figur 38. Grovkornet sone av rød granat og mørke lister av staurolitt på Buviknakken.	64
Figur 39. Skjærdeformert flusspat-karbonatgang av antatt kaledonsk alder som opptrer konkordant med foliasjonen i omgivende lys grå paleoproterozoisk gneisgranitt (Tysfjordgranitt). Gangen med hvit stiplede grenser opptrer et par meter under skyvesonen i ligg av kvartsittsekvensen som opptrer underst i den kaledonske tektonostratigrafien. Gangen inneholder lys grå linser av oppbrudte pegmatittganger. I bakgrunnen mot nord sees Lille Mannfjellvatn omgitt av kvartsittiske bergarter (mørke områder over Tysfjordgranitten). Hammeren er ca. 60 cm lang. Sammenstillingen av fotografiet er gjort av L.P. Nilsson.....	66
Figur 40. Utsnitt av 1:250 000 kartene Bodø, Mo i Rana, Saltdal og Sulitjelma, som viser beliggenheten av et belte av alkaline bergarter, inkludert Misværdalen pyroksenittmassiv og Støvset gabbrointrusjon med apatitt-rike pyroksenittiske partier. Dessuten vises sekvensen av ultramafiske meta-vulkanitter på Hopsfjellet i nordkanten av kartet. Svarte punkter representerer Sr anomalier i bekkersedimenter.	68
Figur 41. Blotningskart over Misværdalen pyroksenittmassiv. Svarte flekker og områder representerer blotninger. Røde ovaler omslutter prøvetatte blotninger som når det høyeste gjennomsnittet i Skardåslia med 10 vekt % apatitt.	71
Figur 42. T. Vrålstad og I. Lindahl (blå lue), to av Idegruppens medlemmer i veiskjæring ved Karbølkruset hvor karbonatittganger ble påvist på første dag av befaringen i 2006. Gangen som opptrer i finkornete til middelskornete biotitt-pyroksenitter inneholder 6 vekt % apatitt.	72
Figur 43. Grovkornet biotitt-pyroksenitt med hvite nåler av alkalifeltspat og lys grå nåler av apatitt. Blotningen inneholder 12 vekt % apatitt. Mynten har en diameter på 22 mm.	72
Figur 44. Konsentrat av fenakitt. De største kornene er 5 mm i diameter.	74
Figur 45. Forenklet geologisk kart over Nordland fylke som viser fordelingen av undersøkte forekomster (åpen ring) av spesialmetaller og basemetaller, samt steder nevnt i teksten. Byer vist med røde symboler.	75
Figur 46. Geologisk kart over fylket med angivelse av provinser hvor bekkersedimenter er anriket på spesialmetaller (Cs, Li, Ta, Nb, Y, La, Ce, Rb, Sr og Zr), energimetaller (U, Th) og assosierte grunnstoffer (Sn og P)..	78
Figur 47. Noen av Idégruppens medlemmer (O. Torstensen, T. Vrålstad i midten og P.M. Ihlen bakerst) i kraftig vegetasjon typisk for Misværdalen pyroksenittmassiv i områder med karbonatitter og apatitt-rike pyroksenitter.	81
Figur 48. Grå allanitt-anriket kvarts-monzonitt som utgjør vertsbergarten for Hundholmen-pegmatitten i Tysfjord. Mynten er 26 mm i diameter.	83
Figur 49. Geologisk kart over nordlige del av fylket med angivelse av undersøkte segmenter av bekker hvor bekkersedimentene fører anomalt innhold av zirkonium.	85
Figur 50. Oppfølging av Zr-anomali langs elv i Fiskfjorden i Tjeldsund kommune. Måling av Zr-innholdet i bekkersedimenter og fast fjell ble utført av L. Furuhaug med bærbar XRF analysator.	85
Figur 51. Hvit clevelanditt-omvandlet pegmatitt med aggregater av grå kvarts (2 cm) og rosa Li-kloritt (cookitt). Ågskardet Li-pegmatitt. Lengste side av bildet er 20 cm.	87
Figur 52. Forenklet geologisk kart over Nord-Helgeland pegmatitt-distrikt som er inndelt på pegmatitt-type med utgangspunkt i mineralogi og struktur. Kartet er basert på 1:250 000 kartblad Mo i Rana (Gustavson & Gjelle 1991).	88
Figur 53. Kart som viser resultatet av bakkemålt radioaktivitet over Bordvedåga forekomst av Be og andre spesialmetaller. Be-mineraliseringen har de høyeste gehaltene i den mest radioaktive gneisen.....	90
Figur 54. Venstre bilde viser granittisk ortogneis med mørke lister av høgtuvaitt som finnes i fenakittmalmen vist i tverrsnitt i høyre bilde.	91

Figur 55. Tungmineralkonsentrat ($> 2,96 \text{ g/cm}^3$) av fenakitt-malm på Bordvedåga undersøkt med SEM. Forkortelser er: Amf = amfibol, Fen = fenakitt, Høg = høgtuvaitt, Mt = magnetitt, Nb-Y-U-Th (hvite korn) = spesialmetall-oksider, Th = thoritt og Zr = zirkon.....	91
Figur 56. Bekkesediment-anomalier for Sn i Sør-Helgeland. Kartet viser traversen gjennom Bindalsbatolitten fra skifrene (gult område) på Kjemfjellet til Lomsdalen i Okstind-Visten granittmassiv (rødt område). Kontaktsonen er infiltrert av tynne årer (1-30 cm brede) av muskovitt-pegmatitter (P) som gjennomsetter middelskornete toglimmergranitter.	93
Figur 57. Geologisk kart over Flakstadøy anortositt-kompleks med angivelse av Fe-Ti-oxid-rike bånd som i partier er anrikt på Fe-sulfider. Kartet er hentet fra Romey (1971).....	96
Figur 58. Svakt rusten anortositt ved Nusfjord på Flakstadøya.	97
Figur 59. Vertsbergarten for Ni-Cu mineraliseringen i Rombaksbotn. Den utgjøres av en breksje bestående av mafiske fragmenter i en diorittisk matriks. Dioritten fører lite sulfider i motsetning til enkelte av de mafiske fragmenter som er sulfid-rike.	99
Figur 60. Svakt rusten gabbro med sprekke-bundet omvandling øst av Rombaksbotn på Lille Haugfjell.....	100
Figur 61. Hydrotermale breksje-soner i Guldalen i Linnajavri som er sementert og innfylt med kvarts, karbonat og feltspat. Den kvartsårete og omvandlete vertsbjergarten er partivis impregnert med sulfider. Legg merke til L.P. Nilsson som målestokk i nedre venstre hjørne.	102
Figur 62. Gabbro i Guldalen som er gjennomstrømt av et system av parallelle sprekker fylt med kvarts, karbonat og feltspat. Årene er stedvis omgitt av en tynn rand av hydrotermalt omvandlet og bleket gabbro.	102
Figur 63. Kart som viser fordelingen av områder hvor det opptrer eller kan opptre mineralforekomster som kan være viktige i utviklingen av næringsvirksomhet både lokalt og nasjonalt. Kartet er hentet fra Lindahl et al. (2007).	104

TABELLER

Tabell 1. Oversikt over budsjetterte kostnader per år i perioden 2004-2010 fordelt på delprosjekter beskrevet i etterfølgende kapitler og underkapitler. Forkortelser: Ansv. = ansvarlig person i Idégruppen, NGU Rp =R=NGU rapport foreligger. Grønne felter angir økonomisk støtte fra industriselskaper.	11
---	----

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Etter at Nordlandsprogrammet (NP) var avsluttet ved årskiftet 1999-2000 ble det diskutert hvordan resultatene skulle følges opp. Alle dataene fra programmet ble lagt fram åpent slik at de kunne følges opp av mineralselskaper av alle typer og nasjonaliteter. Det ble allerede i år 2000 diskutert å satse midler på industrialisering av potensielle mineralressurser i fylket. Fylkestinget vedtok satsing på utvikling av mineralbransjen i Nordland. En gruppe ble nedsatt for å peke på prosjekter med kommersielt potensial og avga sin rapport i 2001 (Ihlen et al. 2001). Fylkeskommunen gjennom fylkesgeologen ønsket å vurdere basisinformasjonen videre. Det ble vurdert å etablere et fylkeskommunalt selskap for å starte arbeidet med å videreføre undersøkelser av interessante forekomster og øke kunnskapen om disse med henblikk på å påvirke industriselskaper i arbeidet med å etablere drift. Rettigheter til de utvalgte forekomstene kunne sikres gjennom et fylkeskommunalt selskap i de videre undersøkelsene. Deretter kunne rettighetene overdras til industrien mot en godtgjørelse. Denne modellen, som på diskusjonsstadiet ble kalt Nordland Mineral, ble ikke iverksatt.

En modell for et prosjekt for videreføring av dataene fra NP ble fortsatt diskutert i forskjellige sammenhenger og fora gjennom 2001 og 2002. I 2003 ble så Idégruppen med hensikt å få industrialisert potensielle mineralforekomster i Nordland nedsatt med 6 medlemmer (Figur 2). Gruppen ble for korthets skyld kalt Nordland Mineral (NM), som etter hvert ble en betegnelse for organiseringen av delprosjektene i denne innsatsen. NM skulle ha hovedfinansiering fra Nordland fylkeskommune (Nfk) og Norges geologiske undersøkelse (NGU).

Fylkeskommunen skulle finansiere direktekostnadene knyttet til arbeidet mens NGU skulle stille med mannskaper og nødvendige timeverk. Hovedmålet var å komme nærmere industrialisering av mineralressurser i fylket. Prosjektets varighet ble finansiert fram til og med 2010. I årene 2011-2013 ble det gjort en del etterarbeid, også i forbindelse med oppfølging av prosjekter, dels med midler fra Nfk, NGU og industri. Idégruppen var på en måte aktiv i hele dette etterarbeidet.

1.2 Prosjektets strategi og arbeidsform

Fylkesgeologen utarbeidet en strategi og arbeidsform for NM-prosjektet. Utvelgelsen av forekomstene og forekomsttypene som skulle undersøkes skulle gjøres av en Idégruppe med representanter som var kreative og hadde erfaring med gjennomføring av mineralprosjekter. Disse hadde industritilknytning og/eller kjennskap til mineralressursene og geologien i fylket. Idégruppen ble utpekt av fylkesgeologen, som også var leder for gruppen.

Gjennomføringen av undersøkelsene av forekomster som ble utvalgt av Idégruppen ble vanligvis pålagt idéskaperen. Vedkommende ble ansett å være den mest dedikerte personen med tro på prosjektet. Undersøkelsene ble derfor med få unntak ledet av medlemmene i Idégruppen som hadde vært gjennom diskusjonene om utvelgelsen av de forekomstene som skulle undersøkes. Framdrift og resultater av undersøkelsene ble lagt fram i Idégruppen i form av NGU-rapporter, skrevne notater og muntlige presentasjoner. I noen av prosjektene ble også industriselskaper trukket inn i arbeidet, da ut fra spesialkompetanse eller med tilleggsfinansiering av undersøkelsene. Dessuten ble det under Idégruppens halvårssamlinger

lagt inn besøk til utvalgte industribedrifter for å få mer kunnskap om deres bruk av mineraliske råstoffer og råstoffkvaliteter (Figur1).

Gjennomføringen av arbeidene med denne strategien hadde både fordeler og ulemper. Det er naturlig at Idégruppen og faggruppene ved NGU hadde forskjellig oppfatning av utvelgelse av prosjekter som skulle gjennomføres. Idégruppen skulle være kreativ, også med muligheter til å satse på ikke tidligere kjente typer av mineralressurser i fylket. Eksempler på dette er apatitt og granat som har ført til helt ny informasjon om potensielt utnyttbare ressurser. Et gjennomgående problem innenfor NGU var at arbeidene i vesentlig grad ble gjennomført i regi av medlemmene i Idégruppen. For dem var det viktig at oppfølgingen ble gjort av en som hadde satt seg inn i og argumentert for oppfølging av idéen. Det kunne medføre at den strategiske satsingen på NGU ikke passet med Idégruppens valg og bruk av mannskap. Denne konflikten sammen med den ureglementerte forfordelingen av data til utvalgte industriselskap som Idégruppen anså hadde best forutsetning for videreføring av delprosjektene var hovedgrunnene bak nedleggelsen av NM i 2010.



Figur 1. Bedriftbesøk var en nødvendig del av Idégruppens arbeid. Her ved PQ Silicates anlegg i Glomfjord hvor det ble produsert vannglass, eller hydrert natriumsilikat, fra importert kvartssand som eventuelt kunne produseres fra kvartsforkomster i Nordland.

1.3 Idégruppens sammensetning

Fylkesgeologen fikk nedsatt en Idégruppe for prosjektet som hadde følgende sammensetning:

Fylkesgeolog Ola Torstensen, Nordland fylkeskommune (leder av gruppen, Figur 2).

Forsker Peter M. Ihlen, NGU (prosjektleder ved NGU for ”Prosjekt 305600: Industrialisering av mineralforekomster i Nordland”, Figur 2)

Forsker Ingvar Lindahl, NGU (Figur 2)

Sjefsgeolog Tore Vrålstad, pensjonert fra Yara International ASA (Figur 2)

Seniorkonsulent Arne B. Vaag, Statskog (2003 – 2008)

Verksdirektør Finn Nordmo, pensjonert fra Yara i Glomfjord (2008 – 2010, Figur 2)

I startfasen av NM i 2003/2004 var Søren Solvang i Næringsutvikling AS engasjert av fylkeskommunene som sekretær for Idégruppen.



Figur 2. Idégruppens medlemmer sommeren 2009 samlet under befaring i Saksenvikdalen. Fra venstre O. Torstensen, P.M. Ihlen, T. Vrålstad, I. Lindahl, F. Nordmo og svensk geologistudent.

1.4 Finansiering

Hovedfinansieringen av delprosjektene ble gjennomført på 50:50 basis mellom Nordland fylkeskommune og NGU for henholdsvis undersøkelser og timeverk. Godtgjørelsen til deltakerne i Idégruppen utenom forskerne fra NGU for deres deltakelse i undersøkelser og reiser ble finansiert direkte fra Nordland fylkeskommune og utgjorde omtrent kr. 100 000 per år. Av Tabell 1 fremgår det at de totale utgifter (eks. MVA) for virksomheten innenfor NM utgjorde totalt ca. kr. 5,5 mill. fra høsten 2003 til utløpet av 2010, dvs. forbrukt i løpet av 7,5 år. Det betyr at totalkostadene for driften av NM inkludert 5 mann beløp seg til ca. kr. 700 000 per år. For denne totalsummen fordelt på 28 delprosjekter ble det påvist flere potensielt utnyttbare forekomster inkludert 2 av bygningsstein, 1 av apatitt, 1 av kvartsitt og 1 av granat, samt identifisert høy-rene kvartskvaliteter i 3 forekomster. I noen av delprosjektene ble det tatt kontakt med industrien, på grunn av deres spesialkompetanse, og i noen tilfeller var de villige til å være med på å finansiere delprosjekter med i størrelsesorden kr. 100-200 000. Slik finansiering er angitt i Tabell 1 med grønne felter. I slike tilfelle kunne rapporter ha inntil to års konfidensialitet. Dette betyr at alle slike rapporter fra NM-prosjektet er i dag offentlig tilgjengelig.

1.5 Rapportering

Rapporteringen som ble gjort i NM ble som nevnt gjort i form av muntlige presentasjoner innenfor Idégruppen, skrevne arbeidsnotater som delvis foreligger, som NGU-rapporter og i

publikasjoner. Arbeidsnotatene og andre arbeidsdokumenter inkludert tanker om mulige delprosjekter behandlet i Idégruppen er så lite bearbeidet at de ikke er gjort tilgjengelig. En samling av arbeidsdokumenter er sammenstillet av fylkesgeologen og foreligger som en slags rapport hos fylkeskommunen, en årsrapport for 2004 (Torstensen 2005). Denne årsrapporten er en samling av dokumenter som dels er lite gjennomarbeidet.

All tilgjengelig litteratur og rapporter er oppgitt i litteraturreferansen i kapittel 8. Det er også gitt noen viktige referanser til litteratur som representerer relevant bakgrunnsstoff for den enkelte mineralressurser. Foreliggende rapport er finansiert av NGU (timeverk for P.M. Ihlen og rapportframstilling) og Nfk (timeverk for I. Lindahl gjennom enkeltmannsforetak GeoBistand).

1.6 Presentasjon av de enkelte delprosjektene

Innhold i beskrivelsen av hvert enkelt delprosjekt er forsøkt systematisert med følgende avsnitt for å lette tilgjengeligheten:

- Ansvarlig for gjennomføringen av delprosjekt etter godkjenning av Idégruppen
- Idégrunnlag eller bakgrunn for å starte delprosjektet
- Oppfølging som omhandler utført arbeid i delprosjektet
- Resultatet av undersøkelsene og vurdering av resultatene.
- Markedsføring av resultatene for å øke muligheten for industrialisering.

Tabell 1. Oversikt over budsjetterte kostnader per år i perioden 2004-2010 fordelt på delprosjekter beskrevet i etterfølgende kapitler og underkapitler. Forkortelser: Ansv. = ansvarlig person i Idégruppen, NGU Rp = R = NGU rapport foreligger. Grønne felter angir økonomisk støtte fra industriselskaper.

AKTIVITET	Ansv.	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	TOTALE KOST.	NGU Rp
Møter+honorar	OT	Bodø (Bd)	Glomfj/Bd	Tr.heim/Rana	Bodø/Sulis	Værøy/Tr.h.	Glomfjord	Bodø	811400	R
Naturstein										
Anortositt, unike typer	IL	Lof./Vester.	Lof./Vester.						247500	R
Monzonitt, unike typer	IL	Hamarøy	NGU	Lofoten		Lofoten	Lofoten		393150	R
Hvit marmor	IL	Sørfold							34600	
Svart granitt	IL	Andøya				Vesterålen			90900	
Hvit granitt	IL	Saltdalen							34600	
Granatglimmerskifer	IL				Rognan				146450	
Blokkuttak	IL					Nordland			134700	
Naturstein-oversikt	IL						NGU		168500	R
Industrimineraler										
Granat	IL	Nordland	Sørfold		Sørfold/Steig.			Sørfold	257350	R
TIB gneiser, Zr, Be, REE	TV+IL	Høgtuva	Høgtuva		Sørfold		Tysfj./Hin.	Tysfj./Høgt.	566750	R
Karbonatitter, P, REE, Nb, F	PMI+TV	Jämtland	NGU	Lofoten/Tysfj. Misv./Beiarn	Misvær		Beiarn	Misværdal	552750	R
Kvartsitt	PMI	Rana					Sørfold		221000	R
Høy-ren kvarts	PMI		Nord-Helg.	Nord-Helg.	Sør-Helg./Vest.	Ofof./Salten		NGU	845700	R
Cs-Li-pegmatitter	PMI	Meløy	Nord-Helg.	Sør-Helg.			Ham./Gilde.		223500	R
Feltspat	PMI				Rødøy				74100	R
Karbonater	IL			Nordland			NGU		222750	R
Talk	IL				Salten				84000	
Malmer										
Au, Ni-Cu-PGE	TV+IL		Flak.øy/Linna			Rombaken	Rombaken		138300	R
Kostnader, eks. MVA		584000	644000	580000	740000	900000	900000	900000	5248000	

2. BYGNINGSSTEIN

2.1 Innledning

Bygningsstein eller naturstein har vært brukt helt fra landet smeltet fram fra isen og folk begynte å bosette seg langs iskanten for drøyt 10 000 år siden. Steintyper og bruk har forandret seg underveis. Stein viktig for dagligdags bruk fram til 1800-tallet er ikke aktuelle for bruk i dag. Det var stein til bryner, kleberstein til gryter og diverse bruk og granatglimmerskifer til kvernstein. Dette sammen med stein til bygging av bosteder, hus og kirker er mindre aktuelt i dag, men var tidligere viktig og ble tatt ut mange steder også i Nordland.

Nordland er marmorfylket i Norge og de siste drøyt hundre år er det brutt mye marmor i fylket først og fremst av selskapet Ankerske. Marmoren på Fauske ble beskrevet for første gang på 1760-tallet. Logistikk for å ta den ut manglet da helt og den fikk hvile i fred fram til slutten av 1800-tallet. På denne tiden ble det sikret mange avtaler med grunneierne, hovedsakelig for å ta ut marmor, men også andre steintyper. Det var Ankerske som endte opp med alle rettighetene.

Det har skjedd store endringer i steinindustrien over de siste hundre årene. Rundt 1900 var det Ankerske på Fauske som var ledende i Europa med billig arbeidskraft for bryting og bearbeiding av stein. På den tiden kom det blokker fra Italia for bearbeiding på Fauske. Den siste delen av 1900-tallet ble imidlertid det meste av bygningssteinen bearbeidet Sør-Europa, først og fremst i Italia. I dag bearbeides det meste av norsk stein i China og India før den eksporteres til andre land, eller kommer tilbake til Norge for bruk her. Utvikling i arbeidskostnader knyttet til uttak, bearbeiding og transportkostnader bestemmer prisen i et globalt marked.

Steintyper i forskjellige farger er påvirket av moteretninger. Den unike rosa marmoren Norwegian Rose (Figur 3) var svært populær for 30 år siden men er i dag ikke så populær som den var. Også andre farger på stein er mer utsatt for moteretninger. Stort sett er det slik at sort/hvit stein alltid har et marked, men også disse er utsatt for økonomiske(markedsmerssige) svingninger.

Kvalitet på steinprodukter er viktig. Dette er viktig for byggherrene både private og statlige under våre klimaforhold. Vi importerer i dag i prinsippet all gatestein og kantstein fra Kina, India og Sør-Europa. Vi vet at den importerte steinen generelt er av dårligere kvalitet enn den skandinaviske steinen. Men valg av stein ved utbygging i dag gjøres mest vanlig kun på pris, og mindre på kvalitet og langtidsøkonomi. Kvalitet er gledelig nok mer inne i diskusjonen om steinvalg i dag enn tidligere.

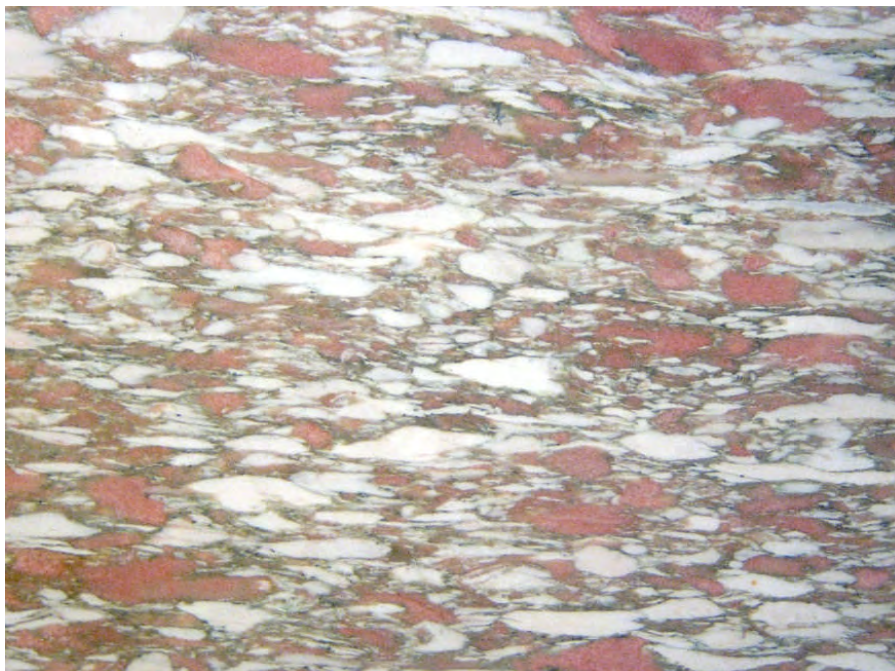
Bruk av stein og god langtidsøkonomi for et byggeprosjekt hører sammen. Varighet med å bruke stein kom fram ved bygging av hovedkirkene i Nordland for flere hundre år siden. Det var viktig at disse var varige over lang tid og at vedlikeholdet var beskjedent. På hvilket som helst hus må en etter hvert skifte tak. Dersom skifer ble lagt på taket kunne man bruke skiferen om igjen minst en gang til. Broer og kaianlegg de siste par hundre år ble bygd av lokal murestein og står den dag i dag som steinhvelvbruer. Betongkonstruksjoner krever mer vedlikehold. I dag tenker en langt mindre på langtidsøkonomi for et bygg eller en

konstruksjon. Men samtidig må det innrømmes at i dag skjer utviklingen av kvaliteten på byggematerialene fortere enn før.

I Nordland og Norge er vi ikke flinke til å bruke kortreist stein i enkle produkter som kantstein og gatestein. Istedenfor importeres de billigste steinproduktene som er av dårligere kvalitet og mindre for vårt klima. I Finland og Sverige brukes det derimot en del lokalt produsert kantstein og gatestein, selv om prisen på den er markert høyere enn på importert stein. Men erfaringen er at den lokale steinen har bedre kvalitet som gir en bedre langtidsøkonomi.

I forbindelse med store utbyggingsprosjekter hvor stein brukes er det mulig å få kjøpt billigere stein fra Asia på grunn av den billige arbeidskraften, men det betinger gjerne at en må ta all steinen i en forsendelse med store båter. Når store volum stein kommer til en byggeplass er det erfart at steinen må flyttes rundt under byggeperioden, fordi den er i veien eller må flyttes til det stedet den skal brukes på rette tidspunktet. Reklamasjoner ved leveranser av stein fra en annen verdensdel er vanskelig å takle. En ny forsendelse kan også variere noe i fargetone og tekstur. Det er alltid en fordel å få levert varene til en byggeplass på det tidspunkt de skal brukes, noe som enklest kan skje ved bruk av en lokal produsent. Totalt sett kan det for byggherren bli billigere å bruke lokal stein selv om enhetsprisen på produktet i utgangspunktet er høyere. Heldigvis er det tegn til at en del byggherrer begynner å innse dette selv om dette er mest vanlig i våre skandinaviske naboland.

Nordland har marmor som den viktigste steintypen (Figur 3), men i tillegg finnes det flere andre steintyper som har et betydelig potensial for steinindustrien i årene framover. Disse omfatter blant annet granitt, monzonitt/mangeritt, skifer og granatglimmerskifer som blokkstein.



Figur 3. Norwegian Rose som er fylkessteinen i Nordland, finnes ved Fauske.

2.2 Potensielle typer av bygningsstein

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

Idégrunnlag: Arbeider med å registrere forekomster og potensielle typer av bygningsstein i Nordland og kartlegge mulige potensialer for utnyttelse har pågått i en 20-års periode. Det startet med arbeider i NP (NGU's Nordlandsprogramm) fra tidlig på 1990-tallet, og videre gjennom EU-samarbeid i Kvarken – Mitt Skandia (rundt 2000) og EU-prosjektene Promotion of NATural STone In the Northern Area (PNASTINA), Naturstein I Botnia Atlantica (NIBA) og NIBA II framover mot 2012. I alle disse prosjektene har NGU vært den største bidragsyteren, kun med unntak av NIBA II hvor de ikke var involvert.

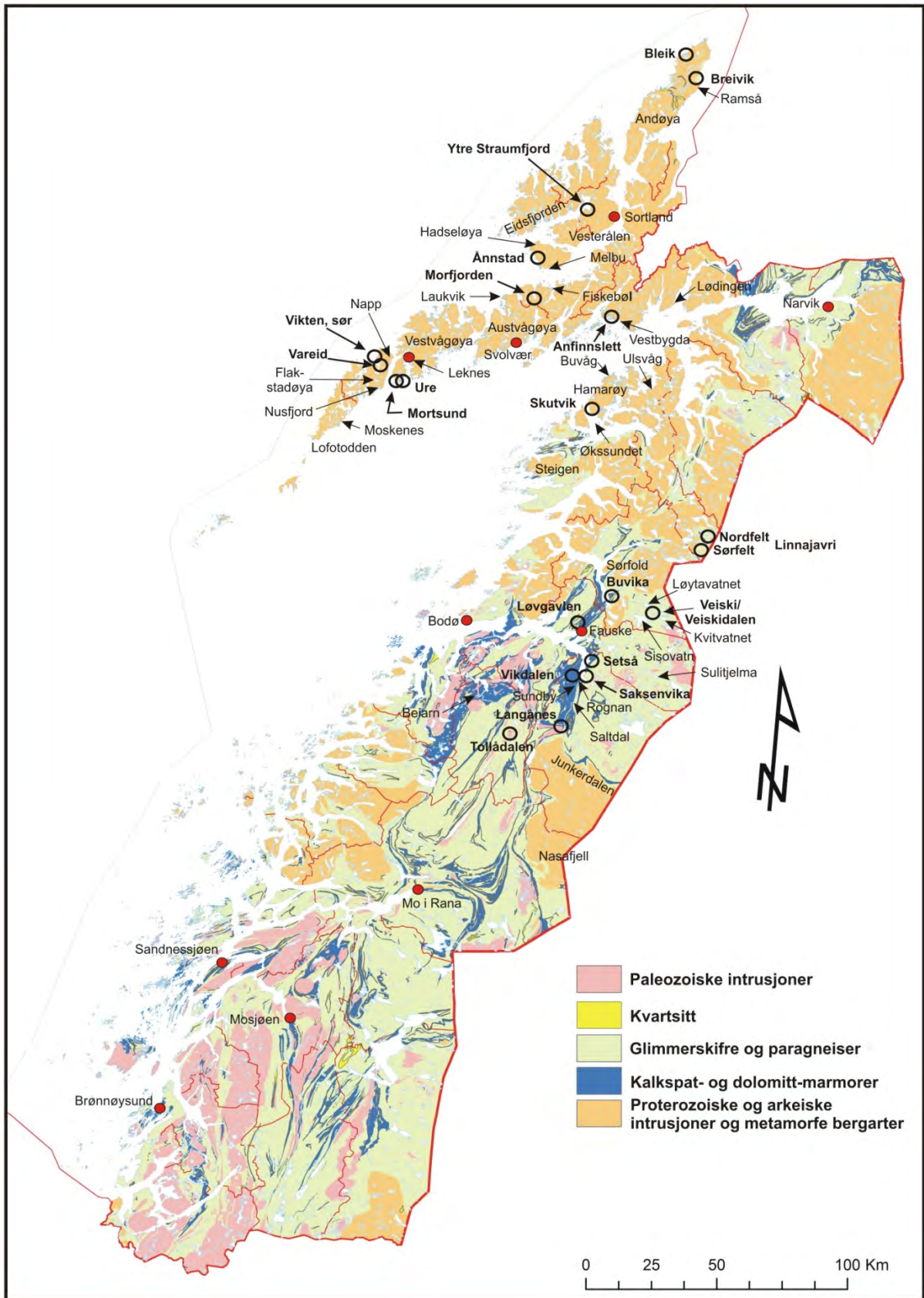
NM så det som viktig å bidra til å slutføre og sammenstille en oversikt over bygningsstein i Nordland både til bruk for fagfolk, potensielle investorer og legfolk. Det ble derfor besluttet å gjøre en liten begrenset innsats for å slutføre dette arbeidet i noen få områder for å gi en komplett oversikt. Det ble satset på å øke kunnskapen om utvalgte forekomster hvor dette manglet og på spesielt interessante forekomster for utnyttelse. Markedsføring av resultatene ble også vektlagt.

NGU ble i 2011 bedt om å gi en oversikt over de mest attraktive forekomstene av bygningsstein i Norge. Utvalget av forekomster av bygningsstein i Nordland i denne presentasjonen har NM bidratt til å trekke fram.

Oppfølging: Forekomster fra Nordland som det ble arbeidet med innenfor denne prosjektrammen var: Mortsund-Ure i Vestvågøy, Skutvik i Hamarøy, Tollådal i Beiarn, Saksenvik i Saltdal, Linnajavri i Hamarøy (katalog over klebersteinen) og Veiski-området i Sørfold (Figur 4). Kortreist stein til bruk som murestein er også aktuelt med lokale mindre uttak nær bruksstedet. Informasjonen om nyoppdagede forekomster under arbeidene er rapportert i sammenstillingen over bygningsstein i Nordland. De forekomstene som det er valgt å gjøre ytterligere arbeid på gjennom NM er rapportert som separate prosjekter.

Resultat og vurdering: NM har bidratt til å få data om bygningsstein i Nordland lettere tilgjengelig for steinindustrien og andre typer brukere. Oversikten i boka om Bygningsstein i Nordland (Lindahl 2013) selges av NGU, og der kan boken bestilles (Figur 5). Som vedlegg til boka følger en beskrivelse av forekomster og undersøkte potensielle steintyper i Nordland. Grunnlaget for denne er imidlertid NGUs nasjonale database med et lite kompletterende bidrag fra NM.

Kontakt med interessenter: I forbindelse med utarbeidelse av informasjonen om bygningsstein i Nordland var det kontakt med en rekke selskaper og enkeltpersoner underveis. Kontakt med spsifikke selskaper er nevnt under enkeltprosjektene. Samarbeidet med EU-prosjektene og NM har gitt økt effekt med å markedsføre kunnskapen om bygningsstein i Nordland.



Figur 4. Forenklet geologisk kart over Nordland fylke som viser fordelingen av undersøkte forekomster av bygningsstein (åpen ring) og steder nevnt i teksten. Byer vist med rødt symbol.

BYGNINGSSTEIN I NORDLAND

Beskrivelse av de enkelte forekomster og undersøkte lokaliteter i Nordland.



Figur 5. Resultatene av delprosjektene innenfor bygningsstein i NM inngår i oversikten: "Bygningsstein i Nordland" forfattet av I. Lindahl (2013).

2.3 Svart bygningsstein – troktolitt ved Bleik, Andøy kommune

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

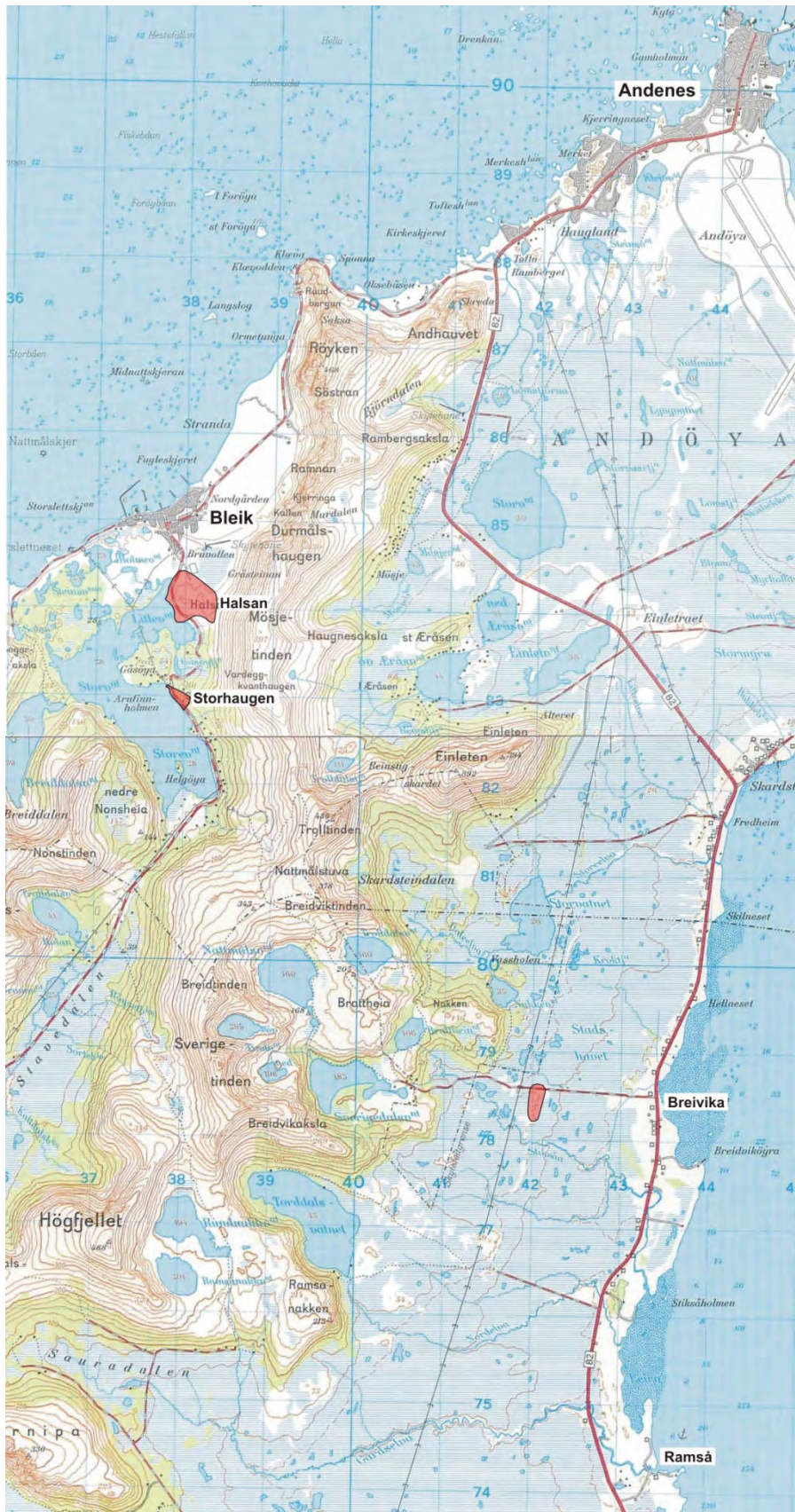
Idégrunnlag: Den svarte bergarten ved Bleik på Andøya var kjent fra tidligere undersøkelser (Figurene 4 & 6). Den var registrert ved befaring gjort av Mineralutvikling tidlig på 1990-tallet (Lund 1991 1993). Bergarten er tidligere beskrevet både som diabas og gabbro. NM besluttet å gjøre en nærmere undersøkelse av forekomsten på grunn av markedets interesse for svart stein. Hensikten var å samle inn flere mindre blokker og få framstilt polerte plater for vurdering og eventuell presentasjon av steintypen.

Oppfølging: Bergartene på den nordlige delen av Andøya består av migmatittiske gneiser av arkeisk alder (2.7-2.8 mrd. år gamle). Gneisene gjennomsettes av et bredt belte av gabbroide bergarter (1.6-1.8 mrd. år gamle) som strekker seg i fra Bleik mot SØ hvor den krysser den NNØ-SSV-gående fjellryggen på Andøya mot kysten (Figur 6), på vestsiden av de nedforkastede sedimentære bergartene fra Kritt og Juratiden ved Ramså (Henningsen & Tveten 1998). Ryggen går opp i en høyde på 3-400 moh. Det er innenfor beltet med gabbroide bergarter at den svarte troktolitten opptrer. Den er best blottet i området ved Bleik. Gabbroene gir ved forvitring gresskledte raslier som ses i fjellsidene. I myrområdet på østsiden av fjellryggen er blotningsgraden meget dårlig. Langs en sidevei fra Breivika på østsiden av øya ble det imidlertid observert gabbro og svart troktolitt.

Den første befaringen av området ved Bleik ble gjort sommeren 2003, hvorefter bergarten som er aktuell som bygningsstein ble gitt sitt riktige navn som er troktolitt. Hovedmineralene i bergarten er feltspat og olivin. Nærmere kartlegging og prøvetaking ble gjort i april slutten av 2004 av I. Lindahl med uttak av flere småblokk. Fra prøvene ble det laget polerte plater slik at steinens kvalitet kunne vurderes.

Gabbroen er en mørk til svart middelskornet bergart med enkelte mer finkornede varianter. Troktolitten har tilnærmet samme tekstur i hele feltet. I bergarten ses 2-3 mm lister av sort feltspat som har en viss parallellorientering. På Halsan er troktolitten helt sort, men er lokalt noe lysere, som skyldes mer grålig feltspat. Olivin sitter som runde krystaller og har dels utviklet koronatekstur med nydannelse av hornblende langs randen av kornene. Denne armerer korn grensen mellom feltspat og olivin. Lokalt får den et mer normalt gabbroid utseende, med lys feltspat mellom mørke olivin og pyroksen korn. Nord for Storhaugen ca. 1 km sør for Halsan opptrer i en skarp veisving en normal gabbro, mens det like sør for denne finnes en svart troktolitt.

Det finnes enkelte lyse årer i troktolitten. Spesielt i det lille bruddet ved idrettsbanen, hvor troktolitten er tatt ut til pukk, er dette lett å se. Noen av dem opptrer som tette sett av parallelle årer som danner et par meter brede soner. Her kan bergarten vanskelig brukes som naturstein. Det er også i pukkbruddet observert tynne årer som ikke synes å ha noen foretrukket orientering. Årene i nettet av tynne årer er 1-2 mm tykke. I andre deler av feltet med troktolitt på Halsan er dette årenettet ikke observert.



Figur 6. Fordelingen av områder med svart troctolitt ved Bleik og Breivika nær nordenden av Andøya (røde felter). Avstanden mellom de blå koordinatlinjene er 1 kilometer. Sammenstilte utsnitt av 1:50 000 kartbladene Andenes (1233-1) og Dverberg (1233-2).

Resultat og vurdering: Troktolitten i bruddet ved den gamle idrettsbanen er sprengt til pukkformål og viser tett oppsprekning. Også andre deler av feltet på Halsan viser soner som er tett oppsprukket, dels med sprekkeavstander i dm skala. I disse områdene kan steinen ikke brukes som bygningsstein. På andre knauser er bergarten langt mindre oppsprukket og temmelig massiv. Lund (1993) har vurdert dette og pekt på to partier innenfor Halsan området, henholdsvis ved Gråsteinan og Halsekråa, hvor troktolitten er massiv. Det er også nokså massiv og svart stein i området mot veien langs Bleiksvatnet, som for eksempel sør for Storhaugen hvor det ble funnet en sort og massiv troktolitt (Figur 7).

I de få blotningene som ble besøkt langs sideveien fra Breivik på østsiden av øya varierer de gabbroide bergartene og den svarte troktolitten veksler mellom sterkt oppsprukket og tilnærmet massiv. Blotningsgraden er sparsom innenfor det flate myrområdet. Det er tvilsomt om det er mulig å finne større områder med homogen ikke oppsprukket stein for uttak av stor blokk.

Det er framstilt polerte plater av troktolitten fra pukkbruddet ved den gamle idrettsplassen ved Bleik. Platene viser at mineralene tar markant forskjellig grad av polering. Feltspaten tar god polering, mens den dels omvandlede olivinen tar dårlig polering. Effekten er at overflaten blir ujevnt polert og ikke en jevn sort overflate med god polering. Overflaten blir dermed ikke av topp kvalitet som er nødvendig for å oppnå en høy pris. Det vil være mulig å ta ut blokk for lokal produksjon til gravstein. Overflaten på steinen i tidligere pukkbrudd viser ingen tegn på omvandling eller rustutfellinger. Sannsynligvis er troktolitten meget god til pukkproduksjon.

Kontakt med interessenter: De polerte platene ble forevist representanter fra steinindustrien. Det største minus ved steinen til bruk som flis og plater er at poleringsegenskapene til troktolitten er ujevn og dermed ikke god nok for markedsføring.



Figur 7. Frisk flate av svart troktolitt. Borhullet er omtrent 2 cm i diameter.

2.4 Hvit granitt og epidotgneis i Morfjorden, Hadsel kommune

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

Idégrunnlag: Opptreden av lys granitt og grønn epidotgneis fra Morfjord har vært kjent ei viss tid (Lund 1991, Lindahl & Sørđal 1999). Lødingen Steinindustri AS har hentet noen blokker av den hvite granitten i veiskjæringen som går gjennom forekomsten (Figur 8). Det uttatte materialet er bearbeidet som gravstein. Skikkelig hvit granitt av god kvalitet som kan brukes til bygningsstein er ikke kjent i Nordland og derfor var denne lokaliteten av interesse. Det ble besluttet å gjøre en undersøkelse i regi av NM for å vurdere forholdene ved forekomsten nærmere og undersøke potensielle interessenter for hvit granitt.

Oppfølging: Morfjorden ligger på den nordlige delen av Austvågøya og er en del av Hadsel kommune (Figur 4). Berggrunnen i området er prekambriske bergarter med en alder på 1.8 til 1.9 mrd. år. Bergartene som opptrer er både sedimentære bergarter og vulkanitter som er gjennomgått av hovedsakelig mangeritter, men også mer granittiske bergarter og dolerittiske ganger. I bunnen av Morfjorden er en hvit granitt intrudert i gneiser av sedimentær opprinnelse. Epidotgneisen er en del av sedimentene i kontaktsonen mot granitten (Figur 8). Områdets bergarter har gjennomgått høygrads metamorfose, dels i granulitt-facies.

Forekomsten ligger innerst i bunnen av Morfjorden som skjærer seg inn mot sør i Austvågøya. Fra fergestedet Fiskebøl (strekingen Fiskebøl – Melbu) er det ca. 10 km langs veien vestover på nordsiden av Austvågøya merket til Laukvik (Figur 4). Befaringen av området ble gjort i september 2003 av I. Lindahl. Hensikten var å vurdere mulighetene for å utnytte den uvanlig lyse granitten og den grønne epidotgneisen i samme området.

Den hvite granitten er middelskornet med hvit feltspat (mikroclin og plagioklas), noe kvarts og biotitt som sammen med litt epidot og små korn av magnetitt utgjør de mørke spettene i granitten. I hvithet er den omtrent som trondhemitt, men med litt større kornstørrelse. I polert flate viser den et meget svakt rosa skjær. Granitten er homogen med en meget svak utviklet foliasjon. Den har lokalt finkornede aplittiske bånd og mer grovkornete nesten pegmatittiske bånd, men disse opptrer i underordnet volum. Fargen på disse båndene er den samme som i granitten. Helt underordnet er det funnet xenolitter av mørkere materiale som er rester av eldre suprakrustaler.

Granitten er nærmest totalt blottet i en rygg og i et sva og er svært så homogen både i farge og massivitet. Det er oftest flere meter mellom synlige stikk i dagen. Det er ikke i felt sett tegn til rust og ei heller funnet sulfider i slipene som er mikroskopert.

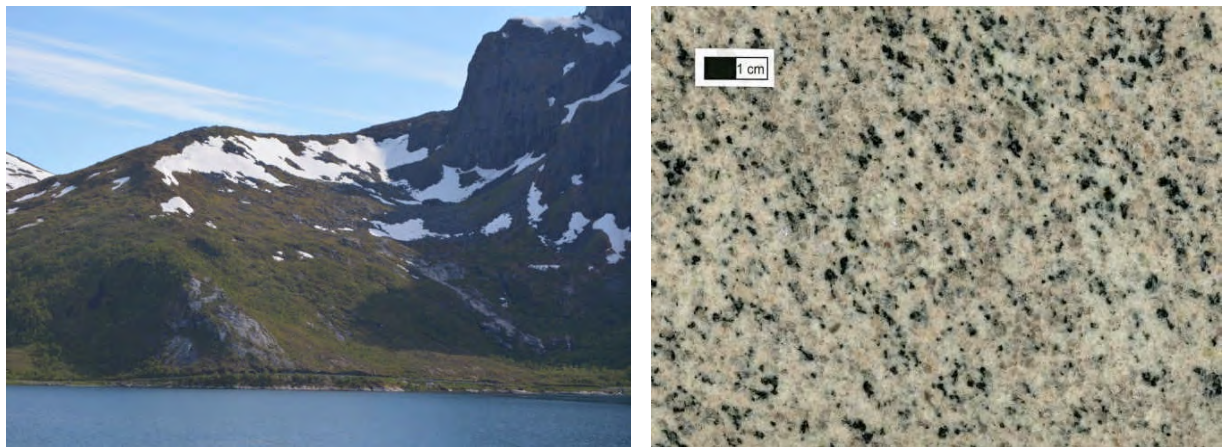
Epidotgneisen opptrer som en sone langs den vestlige granittkontakten. Sonen kan følges fra fjæra og oppover like på østsiden av ei lita elv. Den kan følges minst 2-300 m langs åsryggen. Epidotgneisen har en typisk båndet struktur med epidotrike og mindre epidotrike bånd. Grønnfargen varierer mye fra intenst grønn til grågrønn. På samme måte varierer mønstret svært mye og bergarten er i det hele svært inhomogen i fargetone. Til å være en gneis av denne typen er den relativt massiv og lite oppsprukket. Epidotgneisen viser en varierende tykkelse på de mest epidotrike grønne båndene. I opptil 2 dm tykke bånd kan bergarten bestå hovedsakelig av epidot. Bergarten mellom båndene med epidot er en mørk grønlig amfibolitt med litt biotitt. Lokalt er det funnet noen korn av sulfider.

Resultat og vurdering: Den hvite granitten er en bergart som er homogen og lite oppsprukket. Det ses ingen markert benkning i steinen oppover lia ei heller i veiskjæringen. Det er ikke kjent forekomster av så hvit granitt i landsdelen. Granitten vil, selv om den har en god kvalitet med relativt høy hvithet, være en nokså lavt priset steintype. Bruksområdet vil være til flis, gravmonumenter og plater. Den tekniske kvaliteten på steinen vil sannsynligvis være som for en vanlig granitt, men den er ikke testet.

Epidotgneisen er en spesiell bergart som i denne forekomsten er meget inhomogen i farge, struktur og tekstur. Bergarten kan ikke utnyttes til uttak av natursteinsblokk på grunn av den store variasjonen i farge og tekstur. Den mest grønne, mest epidotrike delen av sonen kan muligens brukes som råstoff til "husflidsstein" for produksjon av suvenirer.

Forholdene for drift av begge typene naturstein ligger godt til rette. Terrenget er noe bratt for stordrift og granitten er sannsynligvis best egnet til smådrift for det lokale marked. Avstanden til nærmeste bebodde hus er 4-500 m. Forekomsten ligger i strandkanten med dypt vann utenfor. Vei går gjennom forekomsten. Steinen vil være en konkurrent til trondhemitt som drives i Støren-området i Sør-Trøndelag.

Kontakt med interessenter: Det ble tatt kontakt med Lødingen Steinindustri AS som har tatt ut prøveblokk av granitten. De har bearbeidet granitten og brukt den til noen få gravsteiner. Det er ikke gjort ytterligere arbeider med markedsføring av steinen av Lødingen Steinindustri A/S. Selskapet er senere avviklet som natursteinsbedrift. Andre natursteinsbedrifter ble ikke kontaktet.



Figur 8. Bildet til venstre viser svaberg av massiv hvit granitt innerst i Morfjorden (sett mot sør), mens høyre viser en polert plate av den samme granitten. Epidotgneisen har utgående på bevokst område oppover lia midt på venstre bilde mot den tynne granittblotningen.

2.5 Monzonitt som bygningsstein og pukk i Skutvik, Hamarøy kommune

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

Idégrunnlag: Monzonitten i Skutvik-området er en del av provinsen med magmatiske bergarter som utgjør det meste av Lofoten. Lofoten-bergartene på sørsiden av Vestfjorden opptrer i mindre områder i Steigen, i de ytre deler av selve Hamarøy fra Skutvik til Buvåg og i Ulsvåg-området (Figurene 4 og 9).

I mange decennier er det tatt ut en nesten identisk monzonitt på Annfinnslett i Lødingen Vestbygd (Lindahl 2011). Etter 1985 ble steinen tatt ut av Lødingen Steinindustri AS som stor blokk for eksport. I løpet av 2009 ble Lødingen Steinindustri AS solgt til finske Lemminkainen, som først og fremst er et entreprenørfirma. De produserer pukk av monzonitten. Lemminkainen har visstnok også vurdert uttak av blokk, men i dag drives det utelukkende produksjon av pukk fra forekomsten.

Arbeider som hittil er gjort med å undersøke monzonitten i Skutvik er lagt fram i diverse rapporter og notater fra før 1990 (Lund & Strand 1991, Lindahl & Sørdal 1999). En gabbro som opptrer like nord for monzonitten i Skutvik er undersøkt med henblikk på pukkproduksjon (Stokke 1987, Ulvik 1998). Forekomsten av monzonitt ble undersøkt blant flere forekomster på Hamarøy i regi av NP (Lindahl 1998) og var med i kommunens handlingsplan for mineralressurser samme år. Forekomsten ble i 2001/02 presentert for steinindustrien, sammen med befaring i felt med M. Martinsen som la fram informasjonen for Grønseth A/S i Larvik. Selskapet var imidlertid sterkt involvert i andre oppgaver og var derfor ikke interessert i videre arbeider. I 2002 ble det i prosjektet Salten Mineral (SM) satt fram forslag om uttak av større blokk for nærmere testing av steinkvaliteten i Skutvik. Prøveuttaket ble gjennomført av Lødingen Steinindustri A/S (Nilsen 2004).

Monzonitten på Skutvik er nærmest identisk med steinen fra Annfinnslett. Det gjelder både mineralogi, tekstur og fargetone. Selv om den ikke er tilstrekkelig teknisk testet, forventes den å ha de samme gode tekniske egenskapene som steinen fra Annfinnslett. Det gjelder både vurdering for bruk som bygningsstein generelt, bautastein og som pukk.

I 2005 ble Skutvik diskutert i Idégruppen for NM med tanke på industrialisering av forekomsten. Det ble besluttet at markedsføring var viktig, først og fremst ved hjelp av en god presentasjon av forekomsten for steinindustrien. NM besluttet å lage et prospekt for forekomsten på engelsk.

Oppfølging: Ole Nilsen, tidligere disponent i Lødingen Steinindustri A/S, gjorde en markedsundersøkelse i 2005 (Lindahl 2010a). Resultatet av denne og prospektet for forekomsten på engelsk, som ble sammenstillet i 2006, ble lagt fram i møter med Hamarøy kommune og grunneierne i Skutvik samme år. Stor blokk fra forekomstområdet ble tatt ut av Lødingen Steinindustri A/S og bearbeidet til flis og plater på deres fabrikk (Figur 10).

Presentasjon av forekomsten er også gjort i møter og på messer gjennom EU-prosjektene PNASTINA og NIBA. Prospektet er lagt ut på nett som en del av NIBAs database. Kommunemineral A/S ønsket senere en litt mer omfattende samlet framstilling av dataene fra undersøkelsene av forekomsten for lettere tilgang på tilgjengelig materiale om monzonitten i Skutvik. Dette ble gjort av 2010 av Lindahl (2010a). I denne rapporten er de viktigste

arbeidsnotatene under veis fra NM vedlagt. En enkel omtale av forekomsten i Skutvik ble også lagt inn i oversikten over bygningsstein i Nordland (Lindahl 2013).

NGU ble i 2011 bedt om å legge fram informasjon om potensielle forekomster av bygningsstein i Norge for Lundhs Labrador i Larvik (Norges største steinbedrift). Blant disse valgte NGU at forekomsten i Skutvik skulle være med. Våren 2011 ble det arrangert en befaring av forekomsten av NGU og NM for Lundhs Labrador. I første omgang endte det med at Lundhs prioriterte en forekomst av granatglimmerskifer i Lierne (lik den i Saksenvika i Saltdal, se Kap. 2.12). I 2011 viste også Elvenes Entreprenør A/S interesse for monzonitten i Skutvik, først og fremst for produksjon av pukk, men også for bygningsstein. Data fra de samlede undersøkelsene ble framlagt for Elvenes, og presentert på et arbeidsmøte på Innhavet og på et folkemøte i Skutvik. Senere er Elvenes Entreprenør A/S overtatt av entreprenørfirmaet Taraldsvik Maskin A/S i Narvik.

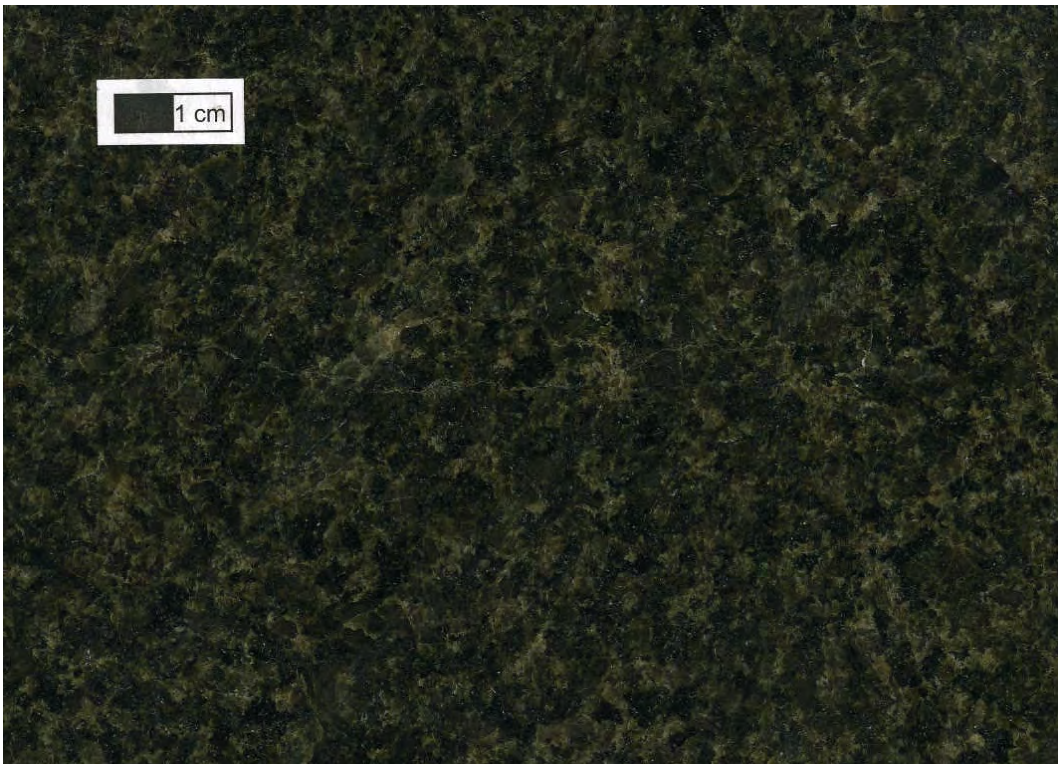
Undersøkelsene som er gjort i Skutvik under NM er finansiert fra flere kilder. NGU har bidratt med den største innsatsen. I tillegg er det kommet finansiering fra Nfk, SM (blokkuttak), NM, Hamarøy kommune og Kommunemineral A/S.

Resultat og vurdering: Forekomstens geologi er omfattende dokumentert. Monzonitten er av tilnærmet samme type som den på Arnfinnslett som Lødingen Steinindustri A/S har markedsført i Norge og Europa. Undersøkelsene som er gjort av monzonitten på Skutvik har vist større homogenitet i fargetone enn samme bergart på Annfinnslett (Lindahl & Sjørdal 1997). Steintypen vil kunne ha etterspørsel i framtida som gravstein, bautastein (dokumentert av steinhoggere), flis og plater. Logistikken for forekomsten er meget god. Slik som for monzonitten på Annfinnslett kan all skrotstein brukes til pukk av god kvalitet. Som storblokk til moloer er steinen også meget brukbar. Monzonitten ved Skutvik er absolutt en potensiell ressurs for utnyttelse.

Kontakt med interessenter: Den omfattende kontakten med interessenter er beskrevet under avsnittet om Oppfølging. Ved forespørsel kan flere typer informasjon framlegges av nevnte interessenter og polerte plater av steinen finnes på NGU.



Figur 9. Område med massiv monzonitt langs Økssundet nord for Skutvik. Bilde tatt nordover mot Lofotveggen.



Figur 10. Polert plate av monzonitt fra Skutvik.

2.6 Monzonitt i området Mortsund–Ure, Vestvågøy kommune

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

Idégrunnlag: I forbindelse med NP kom det tidlig på 1990-tallet inn ei lita blokk til NGU av monzonitt/mangeritt fra sentrum av Mortsund (Figur 4). Prøveblokka kom fra næringssjefen i Vestvågøy kommune. Saget og polert flate viste at monzonitten hadde en tekstur lik monzonitten fra Annfinnslett i Lødingen Vestbygd, men med brunlig fargetone og ikke svakt grønnlig som steinen fra Annfinnslett. Steinen hadde antydning til schiller-effekt (dvs. fargespill i feltspat).

Mortsund er et gammelt fiskevær som i dag er utbygd som turiststed med et temmelig stort nytt rorbuanlegg. Ankerske hadde rettigheter på uttak av stein på eiendommen etter en avtale inngått på 1920-tallet. Det betyr at også Ankerske på 20-tallet vurderte at monzonitten i Mortsund hadde et potensial som bygningsstein. Ankerske har ikke i dag rettigheter til uttak av stein i fiskeværet. De ble slettet etter initiativ fra eieren. Området ble kjøpt av dagens eier (fam. Statle) i 1950 og i dag drives stedet med turisme, fiskemottak og fiskeoppdrett. Kystverket har tatt ut monzonitt som molostein i et brudd midt i fiskeværet for utbygging av havna. I den forbindelse er det laget ei skjæring i monzonitten for transport innenfor været hvor bergarten kan studeres nøye.

Mortsund ble besøkt av Idégruppen i NM for å se på monzonitten i forbindelse med et arbeidsmøte i Lofoten i mai 2005. Videre ble Mortsund befart i forbindelse med undersøkelsen av anortositten i Flakstad og i Hadsel sommeren 2005, med henblikk på bruk av steinen som bygningsstein. Det ble i Idégruppen besluttet å gjøre nærmere kartlegging av området rundt Mortsund i 2006. Tidligere var det framført muntlig at det lokalt er observert monzonitt med schiller-effekt. Målet med undersøkelsene var å vurdere monzonitten i Mortsund nærmere og i tillegg området rundt med hensyn til steintype og eventuelt opptreden av schiller-effekt. Det var også ansett som viktig å få sagnet og polert monzonitten fra Mortsund i forskjellige retninger for å se om schiller-effekt kommer fram.

Oppfølging: Undersøkelsene ble gjennomført i juli 2006 av I. Lindahl. Før undersøkelsene i Mortsund-området startet ble eieren av fiskeværet Mortsund kontaktet. Eieren ble også i etterkant orientert om resultatene.

Tre områder ble undersøkt (Figur 11):

- Sentrumsområde av Mortsund (fra Buvika til Sandsund) inkludert åsen som strekker seg mot NØ (ca. 80 moh. og som er relativt flat på toppen).
- Halvøya Selneset i vest som stikker ca. 1 km mot SV ut i Buksnesfjorden med høyeste punkt på ca. 40 moh.
- Området vest for fiskeværet Ure som ligger 3-4 km øst for Mortsund.

Områdene ble undersøkt mhp. steinens fargetone, tekstur, homogenitet, grad av oppsprekking og om schiller-effekt kan ses i steinen. Det ble videre forsøkt å vurdere de beste uttakstedene for monzonitt. Det er en viss overflateforvitring hvor det er misfarging av bergarten. Tykkelsen på denne er kun 3-4 cm, men det er likevel vanskelig å slå friske prøver på massive bergknauser for å vurdere steinen. Vanskeligst er det å bestemme om bergarten har schiller-effekt. Det er enklest å gjøre vurderingene i veiskjæringene og andre nysprengte skjæringar,

som finnes langs veiene og innenfor fiskeværene Mortsund og Ure. Det ble ikke samlet inn prøver i forbindelse med undersøkelsene med unntak av Mortsund sentrum. Her ble det samlet 8 blokker (<50 kg) som ble lagt på palle. De ble senere hentet av Lødingen Steinindustri A/S. Det ble sagd plater av blokkene i forskjellige retninger og disse ble polert på Annfinnslett.

Blokk fra Ure ble innsamlet sommeren 2008 av L. Furuhaug og I. Lindahl samtidig med innhenting av andre blokker fra Lofoten og Vesterålen. Disse prøvene ble saget og polert ved NGU.

Resultat og vurdering: Monzonitten innenfor selve fiskeværet Mortsund er homogen i farge og tekstur. Den ses i uforvitrede skjæringer i fiskeværet og i bruddet for molostein. Steinen synes ikke å ha retningsorientering og er lite oppsprukket. Monzonitten i selve Mortsund er som en referansestein for de andre områdene med en klar brunlig fargetone til forskjell fra den som tas ut av Lødingen Steinindustri AS på Annfinnslett, som har en dus grønnlig fargetone. Monzonitten i Mortsund viser en viss men lite markant schiller-effekt, basert på feltobservasjoner og fra de framstilte plater.

Det er mulig å ta ut et begrenset volum stein i Mortsund i knausen mellom rorbuanlegget og bruddet for uttak av molostein, men dette er midt i selve fiskeværet. Fjellryggen som strekker seg mot NØ fra Mortsund sentrum i en høyde av ca. 80 moh. består av samme steintype som i fiskeværet (Figurene 11 og 12). Bergarten er også her massiv og med homogen tekstur. Det er en sprekkeretning omkring N-S, men avstanden mellom sprekkene er stor. På ryggen kan det være mulig å ta ut stein. Langs stranda fra Buvika mot Kolvikodden øst for fiskeværet finnes frisk monzonitt i nylig nedrast materiale. Terrenget er imidlertid på hele strekningen svært bratt og ulendt med mange kubikkmeter store rasblokker og ikke egnet for uttak.

Monzonitten på Selnes er homogen i tekstur. Det er vanskelig å fastslå steinens farge alle steder fordi det er vanskelig å få friske prøver med hammeren langs massive rygger og på grunn av overflateforvitringen (Figur 12). Men den steinen synes å ha samme brunlige fargetone som i Mortsund. Fjellryggene er uten sprekker mellom sprekkesonene og kan være flere titalls metre brede. På de sentrale delene og SØ-siden er fjellet godt blottet. Det ble ikke funnet noen klare tegn på schiller-effekt i bergarten.

Halvøya Selnes er topografisk ganske flat, ca. 400 m bred og høyeste punkt på 40 moh. Det er dypt vann helt inntil stranda, spesielt på SØ-siden. Forholdene for drift er svært gunstige. Det går vei utover halvøya. Et brudd kan skjules rimelig godt for innsyn. Navnet Jektvika på SØ-siden av neset tyder på at det her tidligere har vært båttrafikk og havn (Figur 11).

I sentrum av Ure er det god kvalitet på monzonitten med den samme klare brunlige fargetone som i Mortsund. Steinen er homogen og massiv med få sprekker. Det ble sett kun antydning til schiller-effekt i steinen. Monzonitten er brukt til grunnmurer for hus og til bygging av kaianlegget i fiskeværet Ure. Murblokkene er formet i håndterlige størrelser og steinen ser ut til å spalte langs rette flater. Blokkene er ofte helt rektangulære. Det er også laget trappetrinn av monzonitten. Det antas at uttaket av monzonitten er gjort lokalt og det synes at steinen er lett å spalte ut fra der den er brukt. Det ble ikke registrert noe uttakssted for steinen som er brukt i Ure, men det kan ha ligget i det senere uttaket for pukk.

Fra Ure og mot vest stiger terrenget jevnt opp til Urevatnet (140 moh.) over en strekning på 1.5 km (Figurene 11 og 13). Dette området med lavt relieff er i nord og sør omgitt av høye fjell og i vest et det et stup ned til havet (Fallet). Det relativt flate området har tynt overdekke i den sørlige delen, mens det i nord er mer blottede fjellknauser.

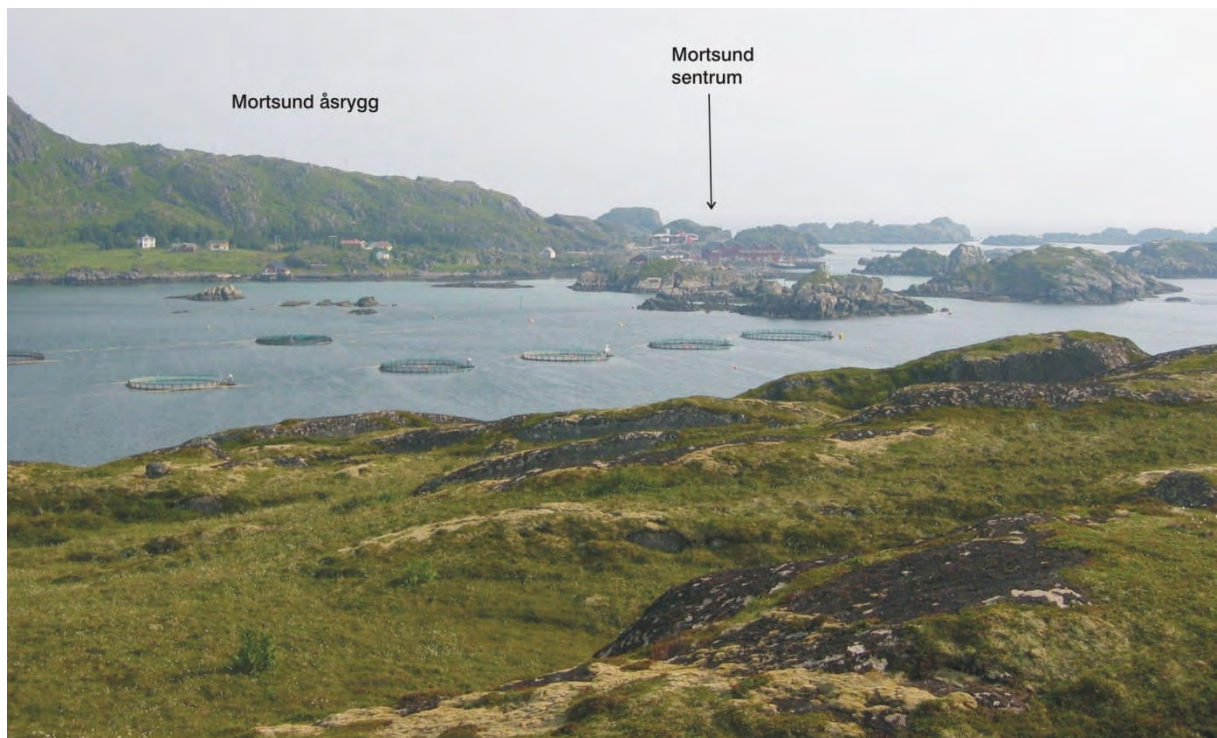
Monzonitten vestover fra Ure sentrum, som går opp i en høyde over havet på 100 m, viser god massivitet med en jevnkornet tekstur som monzonitten i Mortsund (Figur 14). Det finnes noen sprekkesoner som går langs smale overdekkede depresjoner i terrenget mellom rygger som består av meget massiv monzonitt. Dette gjelder hele den første kilometeren vestover fra Ure. Det ser ut som om deformasjonsstress mellom store bergartsblokker er utløst i sprekkesonene. Det er ikke mulig å gi en god vurdering av om det finnes schiller-effekt i steinen.

Logistikken i området ved Ure er meget god. Vestover fra Ure sentrum er det noen store koller hvor det også kan tas ut stein uten innsyn fra fiskeværet og det er greit å komme til disse områdene med en kort vei vestover fra like nord for Ure sentrum.

Monzonitten i området Mortsund-Ure-Selnes er interessant som bygningsstein. Den har en brunlig fargetone som kan gi en noe bedre pris enn for monzonitten fra Annfinnslett/Skutvik. Dette i følge steinindustriens vurderinger. Steinen har ikke noen klar schiller-effekt som kunne ha gitt et vesentlig bidrag for å høyne prisen. Steinen har betydelige områder uten oppsprekning, er homogen og synes fra den bruken som er gjort å spalte i rette flater. Det sannsynligvis beste stedet å tenke på et uttak i hele dette området er like vest for Ure.



Figur 11. Kartutsnitt som dekker Mortsund-Ure området: Stedsnavn med rød understreking er nevnt i teksten. Avstanden mellom de blå koordinatlinjene er 1 kilometer. Utsnitt av 1:50 000 kartblad Flakstad (1031-2).

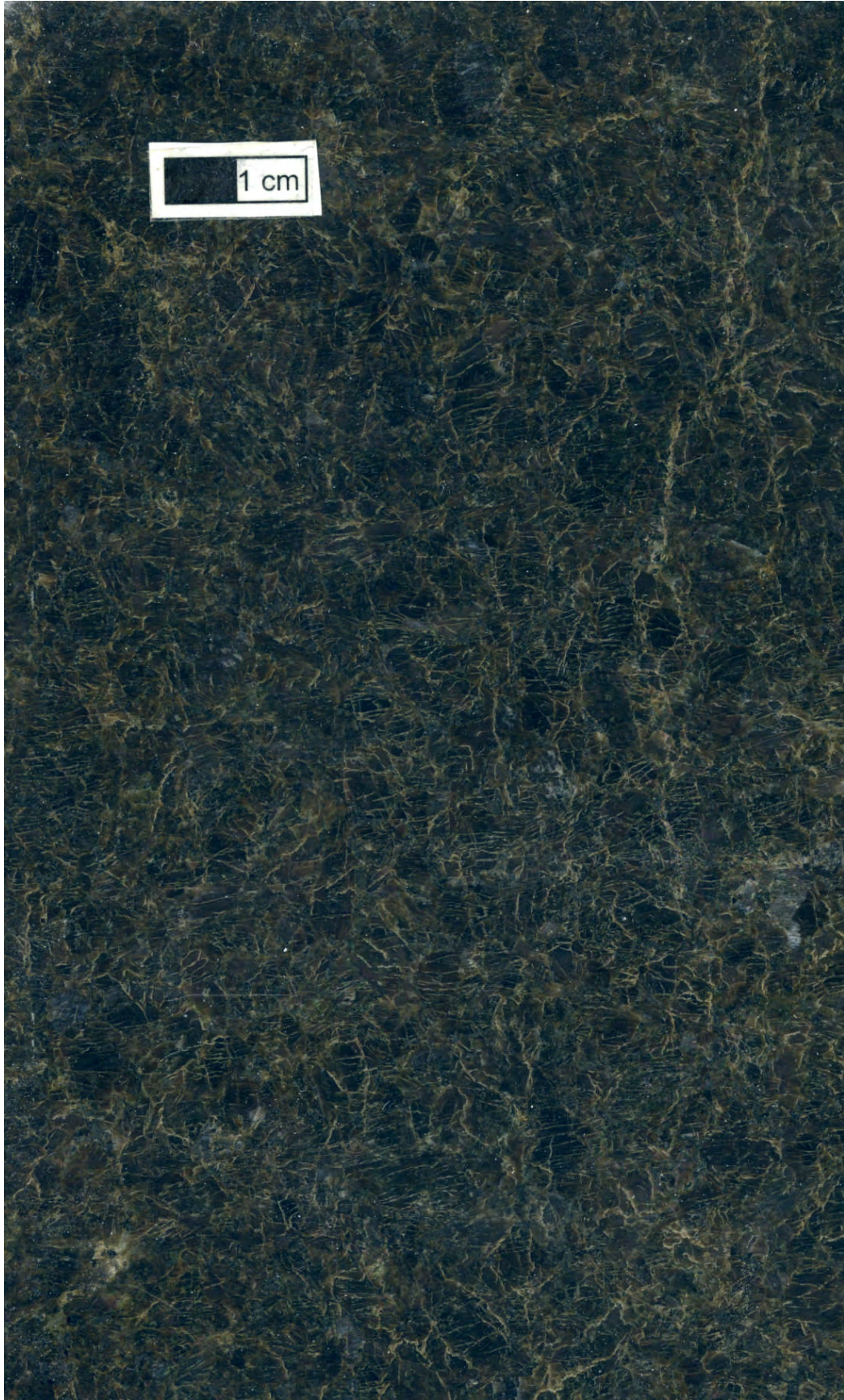


Figur 12. Oversikt over Mortsund mot den lave åsryggen mot nord, sett fra Selnes.



Figur 13. Havna i fiskeværet Ure med fjellknausene av massiv monzonitt i bakgrunnen mot vest.

Kontakt med interessenter: I forbindelse med undersøkelsene har det vært kontakt med Lødingen Steinindustri A/S. Steintypen har også vært presentert for Granitt 1893. Dette firma ønsket også å se på muligheten for massiv stein i hele Lofoten og Vesterålen i et samarbeidsprosjekt med NM (Lindahl & Bjerkgård 2006). Monzonitten fra dette området er også presentert for Lundhs Labrador som NGU arrangerte en befaringsfor i 2011.



Figur 14. Polert plate av monzonitt fra Ure.

2.7 Schiller-effekt i monzonitt, mangeritt og anortositt i Lofoten og Vesterålen

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

Idégrunnlag: Idégruppen NM har ut fra innhentet skriftlig og muntlig informasjon fått inntrykk av at anortositten på Flakstadøya og ved Eidsfjorden i Hadsel kommune burde undersøkes med fokus på å finne bergarter med schiller-effekt (dvs. fargespill i feltspat). Schiller-effekt i anortositten kan gjøre den meget attraktiv og medføre at det kan bli en høyt priset bygningsstein.

Det samme gjelder for feltspat i monzonittene og mangrundene i Lofoten som ved Mortsund har antydning til schiller-effekt. Rykter fra steinindustrien kunne fortelle dette. Arbeidets målsetning i NM var å vurdere potensialet for naturstein i Lofoten og Vesterålen, spesielt med tanke på om anortosittiske, mangerittiske eller monzonittiske bergarter kunne føre feltspat med fargespill.

Sommeren 2005, i forbindelse med oppfølging av geokjemiske anomalier på zirkonium av L. Furuhaug og I. Lindahl i et annet NM delprosjekt (se kapittel 4.5), ble det oppdaget kvarts-monzonittiske bergarter ved Ånnstad på Hadseløya (Lindahl 2013) med opaliserende blå kvarts. Også en del andre massive bergarter ble den gang vurdert som interessante som bygningsstein ved samme oppfølging.

Oppfølging: Arbeidene med schiller-effekt i Lofotbergartene ble gjennomført i feltsesongene 2005, 2006 og 2008. I 2005 ble de innledende arbeidene gjort i anortositten på Flakstadøya i Flakstad kommune og i Eidsfjorden i Hadsel og Sortland kommuner. Deltakerne i juni 2005 var en hel gruppe av personer. I tillegg til noen fra Idégruppen deltok T. Heldal, L.P. Nilsson og G. Meyer. Finansieringen ble gjort av NM.

På grunn av begrensede midler til alle NM delprosjektene ble det våren 2006 tatt kontakt med Granitt 1893, ved E. Gjertsen, for delfinansiering av regionale undersøkelser i Lofoten og Vesterålen i 2006. Dette resulterte i at prosjektkostnadene i 2006 ble dekket på 50:50 basis av Granitt 1893 og NGU. Arbeidene ble gjennomført i løpet av 10 dager i august 2006 av T. Bjerkgård og I. Lindahl (Lindahl & Bjerkgård 2006). Anortositten på nord og sørsiden av Lofotodden ble undersøkt med fylkesgeolog O. Torstensen som fagmann, leder av Idégruppen og i tillegg skipper på leid båt. Mindre prøveblokker fra disse undersøkelsene i 2006 ble sagt og polert hos Ankerske Naturstein på Fauske.

I 2008 ble det av NM finansiert en blokkinnstilling fra Lofoten og Vesterålen av større blokk på 50-100 kg. Det ble med henblikk på schiller-effekt samlet inn blokk like sør for Vareid og ved veien mellom Vareid og Vikten på Flakstadøya, samt flere blokker av anortositt ved Eidsfjorden og på Ånnstad. Disse ble samlet inn av L. Furuhaug og I. Lindahl fra de mest lovende lokalitetene. Saging og polering av disse ble gjort ved NGUs senter på Løkken, og materialet finnes på NGU.

Resultat og vurdering: Anortositten er en vakker mørk blålig, massiv bergart (Figurene 15 og 16). Den har imidlertid i felt varierende kornstørrelse på feltspaten som varierer fra meget grovkornet (2-5 cm) til mer normalt grovkornet (ca. 1 cm). Denne bergarten er undersøkt langs Eidsfjorden i Hadsel og Sortland kommuner, og mellom Napp og Nusfjord langs

Nppstraumen på østsiden av Flakstadøya og på Lofotodden i Moskenes kommune (Figur 4). Bergarten varierer noe i farge, fra mørk blå til litt lysere blålig. I området ved Lofotodden er anortositten svært oppkjust og har også stedvis 5-10 cm store krystaller av pyroksen. Det er kun funnet antydning til schiller-effekt. Den mørkeste anortositten, som har en mørk blålig fargetone, kan i homogene lite oppsprukne partier med jevn kornstørrelse være aktuell som bygningsstein av sannsynlig god teknisk kvalitet. Det gjelder deler av området i Ytre Straumfjord ved Eidsfjorden og langs Nappstraumen på Flakstadøya.

På tross av polering av plater fra blokker av monzonitt/mangeritt som er saget i forskjellige retninger i bergarten er det ikke funnet mer enn svake tegn til schiller-effekt. Disse homogene bergartene, med god teknisk kvalitet, er imidlertid interessante som bygningsstein. Steinen har gjerne en svakt brunlig fargetone, som er vurdert å være mer attraktiv enn den svakt grønne fargetonen i steinen fra Annfinnslett i Lødingen Vestbygd. Farge er dog til en viss grad motepreget. Flere lokaliteter i kommunene Flakstad, Vestvågøy og Vågan kan være aktuelle for uttak, bl.a. sør for både Vareid og Vikten på Flakstadøya (Figur 17). Men det beste stedet for uttak er vurdert til å være ved Ure, hvor logistikken kan bli god. Flere av de undersøkte steintypene i gruppen monzonitt/mangeritt som er teknisk gode og tar god polering er ikke presentert for forståelsegjøre i markedet.

Kvartsmonzonitten fra Ånnstad i Hadsel er en unik bergart som ser vakker ut i felt, særlig i våt tilstand. Den har rødlig feltspat og blå opaliserende kvarts. På de platene som er framstilt er det slik at fargeeffekten reduseres med polering. Den har også gjerne korn av biotitt som gjør at den får groper på polert flate (Lindahl 2013).

Kontakt med interessenter: I forbindelse med arbeidene i Lofoten og Vesterålen var det faglig kontakt med Lødingen Steinindustri A/S. Dette selskapet hadde erfaring med Lofotbergartene i forbindelse med driften i Lødingen Vestbygd, og hadde tidligere vurdert stein fra noen lokaliteter i regionen gjennom uttak og bearbeiding. Uten vederlag gjorde de bearbeiding av de første småblokkuttakene fra Mortsund.

Undersøkelsene som ble gjort i 2006 var et samarbeid med Granitt 1893. Resultatene fra dette arbeidet er rapportert i en NGU-rapport (Lindahl & Bjerkgård 2006) og er tilgjengelig etter at den var fortrolig de første to årene etter rapportdato.

Informasjon om det som er gjort i Lofoten og Vesterålen er også presentert for for Granit 1893 i 2006 og senere for Lundhs Labrador i 2011. Det ble også våren 2011 av NM arrangert en ekskursion i regionen for å se på et utvalg av de undersøkte lokalitetene. Lokaliteten ved Ure syntes å vekke mest interesse, men det er foreløpig ikke gjort noen innsats der.

Arbeidene til NM har utført har bidratt til å gjøre Lofot-bergartene bedre kjent for dagens steinindustri, selv om denne helt fra tidlig på 1900-tallet av Ankerske ble vurdert som interessant (Lindahl 2013).



Figur 15. Rygg av massiv anortositti Ytre Straumfjord ved Eidsfjorden.



Figur 16. Polert prøve av anortositt fra Ytre Straumfjord.



Figur 17. Polerte plater (30 cm x 30 cm) av monzonitt/mangeritt fra Flakstadøya (Figur 4). Steinen i venstre kolonne er hentet fra lokalitetet på veien mellom Vareid og Vikten (søre Vikten), mens høyre kolonne kommer fra veien sørover fra Vareid.

2.8 Katalog over klebersteintyper i Linnajavri-området, Hamarøy kommune

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

Idégrunnlag: I løpet av årene 2001 til 2010 ble det gjennomført omfattende undersøkelser i Linnajavri området i Hamarøy kommune (Figur 4). Arbeidene ble gjort av I. Lindahl og L.P. Nilsson ved NGU (Lindahl & Nilsson 2008). Arbeidet i felt fokuserte i begynnelsen på kartlegging av klebersteinsomvandlingen av ultramafittene og mengden kleberstein i feltet. Den siste delen av tiden var hovedinnsatsen over på geologisk kartlegging av de kaledonske bergartene i hele Linnajavri-området. Finansiering kom fra flere kilder, blant annet fra NGU gjennom prosjektene PNASTINA og NIBA. Men også betydelige bidrag kom fra Statskog, Nfk og SM. Det ble framstilt en rekke NGU-rapporter fra undersøkelsene, med fokus på henholdsvis klebersteinstypene og geologien.

Store mengder prøveblokker lå på lager på Løkken og det ble ansett som viktig å lage en prøvekolleksjon av plater slik at klebersteinen som bygningsstein kunne vurderes i framtida. Resten av materialet kunne da fritt brukes i de pågående talk-undersøkelsene. Dermed kunne den resterende del av prøveblokkene brukes til prøvemateriale for å framstille et talkkonsentrat. Hensikten var å ha en prøvekolleksjon av sagde plater av kleberstein fra alle forekomstene i området (Figur 18).

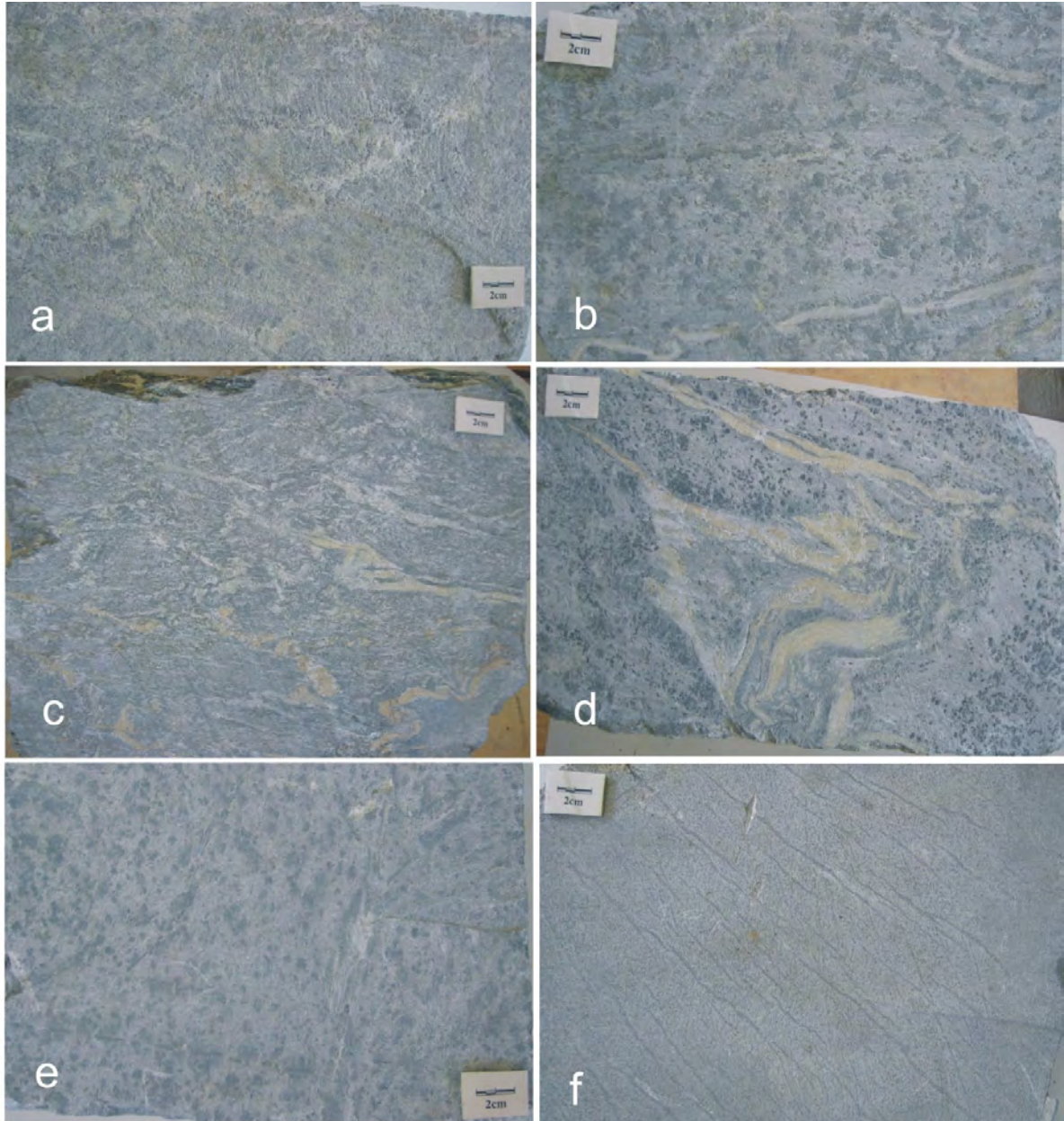
På grunnlag av undersøkelsene av klebersteinsforekomster i Nordland og Linnajavri-området ble det konstruert et kart som viser grensen mellom kleberstein med og uten asbestiforme eller fibrige mineraler (Figur 19). Dette kartet er viktig i tilknytning til leting etter utnyttbare kleberstein og talkforekomster siden asbestiforme mineraler representerer et helse- og miljøproblem i forbindelse med drift. Kartet ble testet under undersøkelsene i Veiski-området (kapittel 2.9) som viste at klebersteinsforekomster langs svenskegrensen generelt er uten fibrige mineraler.

Oppfølging: Arbeidet ble utført med gjennomgang og saging av alle brukbare småblokker fra Linnajavri-området som er lagret på Løkken. Arbeidet ble gjort av I. Lindahl, L.P. Nilsson og L. Furuhaug. Deretter ble platene scannet av L. Furuhaug og NGU-rapport sammentilt (Lindahl et al. 2011). Rapporten ble skrevet på engelsk for dermed å gjøre den tilgjengelig for en større krets.

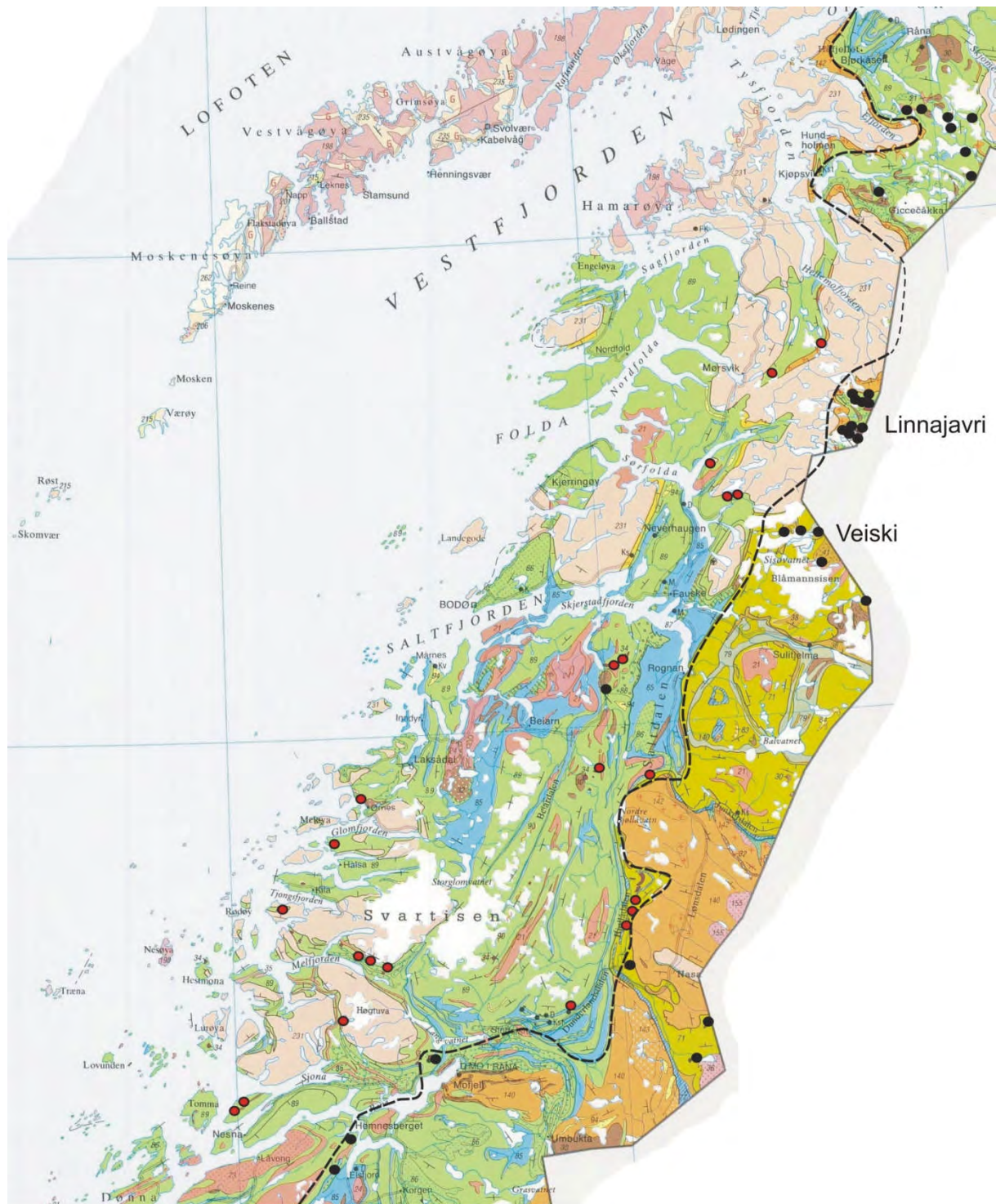
Det ble også arrangert en intern utstilling på NGU av alle de sagde platene. I tillegg til katalogen over klebersteintypene (Lindahl et al. 2011) er prøvematerialet lagret i NGUs arkiv for bygningsstein og er lett tilgjengelig.

Resultat og vurdering: Innsatsen har gjort prøvematerialet fra Linnajavri lettere tilgjengelig på Løkken. I NGU-rapporten er klebersteintypene presentert samlet med scannede bilder. Rapporten ligger også ute på nett.

Kontakt med interessenter: Ingen kontakt er tatt med steinindustrien i forbindelse med utarbeidelse av rapporten. NM har presentert informasjon om klebersteinen i et eget møte med Granitt 1893. Informasjon om de store forekomstene av kleberstein i Linnajavri-området er presentert i flere fora, også i boka om bygningsstein i Nordland (Lindahl 2013).



Figur 18. Et lite utvalg av forskjellige teksturer i sagde plater av kleberstein fra Linnajavri-området. a) Kvitfjell, b) Kleberflåget, c) Hatten, d) Langkleberdalen, e) Kleberbreen og f) Ridoalggičohkka.



Figur 19. Geologisk kart over Nordland som viser fordelingen av klebersteinsforekomster som er undersøkt for metamorft dannede asbestifome mineraler. Stiplet linje viser grensen mellom amfibolitt-facies forekomster med fibermineraler i vest (røde symboler) og grønnskifer facies forekomster uten fibermineraler i øst (svarte symboler).

2.9 Kleberstein i ultramafittene i Veiski-området, Sørfold kommune

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

Idégrunnlag: Etter at de store mengdene med kleberstein i Linnajavri-området ble oppdaget var det naturlig å vurdere om dette var unikt for regionen eller om det kanskje fantes andre lettere tilgjengelige resurser. Kleberstein må ikke inneholde asbestiforme fibre (Figur 19). Forekomster av denne typen uten fibrige mineraler er utbredt i grenseområdene mot Sverige. Det relativt nye berggrunnskartet over Sulitjelmafeltet (Kollung 1989) viser blant annet linser av ultramafiske bergarter. Rekken med slike linser opptrer på begge sidene av landegrensene fra Veiskivatn til Sulitjelma (Figur 4). Felles for området er at de ultramafiske linsene er meget sparsomt beskrevet inkludert klebersteinsomvandlingen. Geologien er beskrevet og ultramafittene kort omtalt i geologisk litteratur både på norsk (Helland 1893, Vogt 1927, Karlsen & Nilsson 1999) og svensk side av grensen (Kautsky 1953, Zachrisson & Stigh 1981, Shaikh et al. 1986).

Det var naturlig med bakgrunn fra Linnajavri å gjøre en begrenset undersøkelse for å finne ut om også dette området hadde et potensial for kleberstein ut fra følgende indikasjoner:

- I beskrivelser av ultramafiske linser på samme stratigrafiske nivå bare få km over på svensk side av grensen er disse angitt som klebersteinførende av geologen Svenonius rundt 1900, samt av Kautsky (1953) og Kulling (1982).
- De ultramafiske linsene ligger stratigrafisk like over en relativt mektig kalksteinshorisont og med en innesluttet (intrusiv?) trondhjemitlinse stratigrafisk rett under ultramafitten. Forholdene er dermed identiske med forholdene i nordfeltet i Linnajavri-området (Foslie 1942).

L.P. Nilsson har gjort en litteraturgjennomgang vedrørende det store bakgrunns materialet om Sulitjelmafeltets geologi med fokus på de ultramafiske bergartene. Utbyggingen av Siso-anlegget for vannkraft har åpnet adkomsten til Siso-Veiski-området (Figur 4).

Den største linsa med ultramafitt i området, Veiskilinsa på $\frac{1}{2}$ km², mellom østenden av Veiskivatn og svenskegrensen (Figur 20), ble avlagt et kort besøk (1 time) av L.P. Nilsson og I. Lindahl i 2001 i forbindelse med en overflygning med helikopter. På det korte besøket ble det observert at klebersteinen som finnes i deler av ultramafitten viser at det ikke er tegn til metamorft dannede asbestiforme mineraler. Denne informasjonen er brukt i kartet som viser til grensen for asbestiforme fibre i kleberstein i Nordland (Figur 19).

Oppfølging: Den første befaringen av ultramafittlinsene i området ble gjort av I. Lindahl i september 2007 i Veiskidalen øst for Sisovatn og langs Løyta-ryggen, nord for Sisovatn som strekker seg østover nord for Veiskivatn. Dette ble gjort sammen med O. Torstensen. I september 2008 befarte L.P. Nilsson og I. Lindahl en del av de ultramafiske linsene og registrerte nye linser i Veiskidalen og på nordsiden av Veiskivatnet. Utgangspunkt for disse arbeidene var Elkems vakthytte ved vestenden av Sisovatn. Dette førte til en ytterligere undersøkelse i august 2009. Utgangspunkt for undersøkelsene var da hytta Veiskibu ved Veiskivatn, leid hos den lokale fiskeforeningen i Sørfold. Som adkomst inn mot svenskegrensen ble det første del av veien rodd båt (ca. 7 km) på Veiskivatn.

Resultat og vurdering: De ultramafiske lensene ligger innenfor sedimentære, vulkanske og intrusive bergarter som er sterkt foldet og metamorfosert i forskjellige facies. Disse bergartene ligger under det flattliggende Gasakdekket med utgående sør for Veiskivatn. De sedimentære bergartene omfatter uren marmor og kalkglimmerskifer med amfibolitt som dominerer øst for Veiskivatn. Nord for Veiskivatn på Løitaryggen finnes mafiske og sure vulkanitter og tuffer. Noen av disse er sulfidimpregnerte og rustne. Det finnes også sedimentære bergarter i form av glimmerskifer og glimmergneis. Intrusive bergarter omfatter middelskornete syenittiske ortogneiser.

Flere av de ultramafiske lensene i området har gjennomsettende mafiske ganger som ikke intruderer sidesteinen (Figur 21). Det viser at lensene er kommet på plass tektonisk i omgivende bergarter. De ultramafiske lensene er serpentiniserte, men er kun i varierende og begrenset grad omdannet til kleberstein. At de uomvandlete mafiske gangene gjennomskjærer ultramafitten og omvandlingsproduktene serpentinit og kleberstein viser at de postdaterer omvandlingsprosessen.

To av lensene som er undersøkt kan ha et visst potensial for utnyttelse. Den ene er Veiskilinsa helt i østenden av Veiskivatn ved svenskegrensen. Her er det et betydelig volum med lys grå kleberstein. Beliggenheten er imidlertid så vanskelig logistisk at det i dag ikke er tenkbart med utnyttelse. I Veiskidalen finnes også en linse som har et visst areal på utgående som kan være interessant for utnyttelse. Dette skyldes at det i 2009 ble inngått en avtale mellom Statskog og Elkem om utbygging av vannkraft fra Kvitvatnet og Veiskivatnet med turbin i Veiskidalen. Med en slik utbygging vil det bli anlagt vei helt inn mot ultramafittlinsene i Veiskidalen (Figur 22). Klebersteinen i en av lensene kan da eventuelt vurderes for drift.



Figur 20. Kartutsnitt som dekker Veiski-området: Befarte ultramafitter (røde områder) og steder nevnt i teksten er vist. Avstanden mellom de blå koordinatlinjene er 1 kilometer. Utsnitt av 1:50 000 kartblad Sisovatn (2129-1).

Kontakt med interessenter: Det har ikke vært kontakt med interessenter angående klebersteinen så langt, men Statskog som grunneier er informert om resultatene. Noen av resultatene er brukt i presentasjon på Nordisk Geologisk Vintermøte i Oslo i januar 2010 av I. Lindahl og L.P. Nilsson. En kort beskrivelse av klebersteinen er gjort av Lindahl (2013).



Figur 21. 4-5 m mektige diabasganger som bare opptrer innenfor en ultramafitt-linse på Løytaryggen.



Figur 22. Forekomst av kleberstein i Veiskidalen med potensial for uttak hvis vei bygges ved eventuell kraftutbygging.

2.10 Kvalitet av hvit og sort marmor i Salten

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

Idégrunnlag: Marmoren i Nordland er et aktuelt råstoff både som bygningsstein og som industrimineral. Den hviteste marmoren i Nordland er oftest dolomitt-marmor mens kalkspat-marmoren er gjerne mer grå-hvit. Marmoren med fargenyansene og vakre mønstre (marmorering) er oftest kalkspat-marmor. Salten Regionråd finansierte omkring år 2000 et prosjekt og SM flere delprosjekter, som hadde til hensikt å få fram informasjon om forekomster av naturstein og industrimineraler. Et av delprosjektene når det gjelder marmor var å lokalisere forekomster/områder med hvit marmor (Lindahl 2003).

NM startet et delprosjekt i 2003 som hadde som formål å se på kvaliteten til den hviteste marmoren i Salten bygd på det som tidligere var gjort i regi av SM. Det ville være viktig å finne en hvit marmor med bedre teknisk kvalitet enn den som var drevet av Ankerske i Løvgavlen. Også den sorte marmoren i Saksenvikdalen som Vogt (1897) beskrev som den sorteste marmoren i Norge vurderes. Dette skulle gjøres med innsamling av større blokk enn håndstykker som skulle testes.

Oppfølging: Flere blokker på 40-70 kg ble innsamlet fra Vikdalen i Saltdal kommune (Figur 23) og ved Buvik i Sørfold kommune (Figur 4). Blokkene besto av dolomittisk marmor. Blokk fra Saksenvikdalen ble også tatt ut. Innsamling av prøvene ble gjort av I. Lindahl og L. Furuhaug. Prøvene ble bearbeidet hos Ankerske Naturstein på Fauske.

Resultat og vurdering: De polerte platene som ble laget av hvit dolomitt-marmor viser gjerne en svak fargetone av gult (Figur 24). Dette kan skyldes at prøvene er tatt relativt overflatenært. Den tekniske kvaliteten for de hvite dolomitt-marmorene i Salten viser generelt dårlig teknisk kvalitet. Kornene virker for løst bundet. Spesielt gjelder dette dolomitt fra Buvika i Sørfold. Her var det vanskelig å få prøve i dagen. Men også den hvite dolomittmarmoren i Vikdalen synes å ha for dårlig teknisk kvalitet, selv om de undersøkte prøvene er overflatenære. Om det skal gjøres noe videre må det innsamles blokk et par meter under utgående. Logistisk er den beste lokaliteten for uttak av hvit marmor i Vikdalen vest for Rognan. Både i Vikdalen og i Buvika er der store reserver av hvit dolomitt-marmor.

Den mørke marmoren i Saksenvikdalen? omfatter en middelskornet kalkspat-marmor som er forurenset av silikat-korn. Det er finfordelt grafitt som gir den mørke fargen. Under metamorfosen har det skjedd en nydannelse av karbonater i bånd langs lagningen. Disse nydannede båndene med bredde fra 1-10 cm, er hvite med mer grovkornet kalkspat enn i den sorte marmoren. Avstanden mellom de hvite båndene er fra dm til en sjelden gang opp mot 1m. Kornbindingen i de sorte partiene synes god og bergarten virker mekanisk god. Marmoren lukter kraftig av H₂S når en slår på den og er i friskt brudd en typisk ”stinkmarmor”.

Det er ikke mulig å få ut større blokk av homogen svart marmor uten hvite striper. Den spalter også gjerne langs den primære lagningen. På grunn av dette kalte Vogt (1897) marmoren for ”platemarmor”. Marmoren virker mer svart i friskt brudd enn på polert flate hvor den får en gråtone. Den er ikke brukbar som bygningsstein med unntak for bruk som murestein.

Kontakt med interessenter: Det ble ikke tatt kontakter med steinindustri eller andre interessenter i sammenheng med dette prosjektet. Tilgjengelig beskrivelse av forekomstene er gjort av Lindahl (2003, 2013).



Figur 23. Utgående av hvit dolomitt-marmor på skogsvei i Vikdalen like vest for Rognan.



Figur 24. Polerte plater av hvit dolomitt-marmor fra Vikdalen (t.h.) og type Furuli fra Løvgavlen nordvest for Fauske (t.v.). Fotografert i lampelys.

2.11 Lys granitt i Langånes-området, øvre Saltdal, Saltdal kommune

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

Idégrunnlag: Granittområdet i øvre Saltdal er en del av grunnfjellet innefor Nasafjellvinduet. På det preliminare geologiske kartblad Junkerdal M 1:50 000 er et område ved Langånes avmerket som hvit granitt (Kollung & Gjelle 1986). Dette var grunnlaget for oppfølgingen med hensyn til bygningsstein.

Idéen om å vurdere den lyse granitten i øvre Saltdal som naturstein ble tatt i et delprosjekt innenfor SM i 2001. Området var befart og begrenset av SM forut for NM, uten at det ble tatt ut prøver for å framstille polerte plater. Idégruppen for NM besluttet i 2003 å slutføre undersøkelsene med uttak av små blokk for saging og polering.

Oppfølging: To blokker ble tatt ut langs adkomstveien opp til jernbanelinjen fra Langånes. Ei blokk ble tatt ved jernbanelinjen og ei blokk i ei nylig utskutt veiskjæring langs E6. Arbeidet ble gjennomført av I. Lindahl. Prøveblokkene som ble tatt ut ble saget og polert på NGUs anlegg på Løkken.

Granitten eller den granittiske ortogneisen er middelskornet og fører lite mørke mineraler, hovedsakelig biotitt. I tillegg er små hvite flak av muskovitt synlig. Granitten virker temmelig homogen ofte med en svak til sterkere utviklet foliasjon.

Resultat og vurdering: På forvitret overflate og i friskt brudd er granitten nærmest hvit. Derimot i polert flate er granitten mer markert grålig, og den rene hvite fargenyansen fra friskt brudd forsvinner. Gråfargen skyldes tilstedeværelse av grålig kvarts. Dette gjør steintypen mindre interessant som bygningsstein for flis og polerte plater.

En tenkelig anvendelse av steinen er ved klipping til kantstein og uteanlegg. Med klipping vil den lyse henimot hvite fargen komme godt fram. Klippeegenskapene er imidlertid ikke testet. En negativ faktor er lokalisering langt fra havn i et spredt bebygd område.

Kontakt med interessenter: Informasjon om steintypen ble gitt til steinindustrien i Salten etter SM-prosjektet. Det ble ikke funnet verdt å etablere kontakt med steinindustri etter undersøkelsene gjort av NM med blokkuttak.



Figur 25. Hvit granittisk ortogneis i veiskjæring langs anleggsvei fra Langånes til jernbanelinjen.

2.12 Granatglimmerskifer som bygningsstein, Saksenvik-Setså-området, Saltdal kommune.

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

Idégrunnlag: Allerede for 1000 år siden ble det tatt ut kvernstein i området Saksenvika-Setså (Figurene 4 og 26). Dette er fastslått etter datering av kullrester fra kvernsteinsbrudd ved Saksenvikelva i lokaliteten Kalvgarden nedre (Hellberg 2007). H. Titland har publisert og rapportert sine registreringer av brudd i området som han har gjennomført med stor egeninteresse (Titland 2003). Granatglimmerskiferen som er råstoffet for kvernstein i Saksenvika er svært lik bergarten i Muru-området i Lierne kommune og i Kvarnbergsåsen på svensk side av grensen. Den har også her vært brukt som kvernstein (Lindahl et al. 2004) og Kvemoskifer AS har tatt ut noe granatglimmerskifer fra en liten forekomst som unik bygningstein brukt og markedsført lokalt. Skiferen er så lite skifrig at den kan tas ut som blokk og sages parallell med skifriheten. Etter polering gir bergarten en visuell meget vakker overflate med dybdevirkning.

Denne typen bygningstein var tidligere markedsført av Kvemoskifer AS og brukt i Midt-Norge som flis og plater i pakkelsesløsning for hyttefirma. Steintypen var også presentert av EU-prosjektet PNASTINA, i databasen for prosjektet og på en messe i Finland. På nevnte messe hvor stein fra hele Norden, inklusiv Grønland, ble presentert ble denne steintypen den som vakte stor oppsikt blant publikum. Forekomsten var også presentert for fagfolkene i nevnte prosjekt og senere i EU-prosjektet NIBA.

Erfaringen med granatglimmerskiferen fra Lierne og likheten med granatglimmerskiferen i området Saksenvik – Setså var grunnen til at en undersøkelse av denne burde gjennomføres med henblikk på utnyttelse. Logistikken ble vurdert som bedre i dette området i Nordland. Undersøkelsene måtte gjennomføres med kartlegging av sonene i granatglimmerskiferen som kunne egne seg til bygningstein. Polerte plater fra blokk av en viss størrelse måtte framstilles for vurdering av kvaliteten.

Oppfølging: Undersøkelsene i Saksenvik-Setså-området ble gjennomført i løpet av somrene 2007 og 2008. De undersøkelsene som ble gjort har ikke hatt til hensikt å gjøre en total registrering av alle de gamle uttakene. Derfor er kun de gamle kvernsteinsuttakene som ble påtruffet under kartleggingsarbeidene i 2007 undersøkt, kort beskrevet og koordinatfestet (Lindahl 2008). Sommeren 2008 ble det tatt ut større blokk ved Kalvgarden i Saksenvikdalen (Saksenvikskiferen) og ved det nordlige tunnelinnslaget der E6 går gjennom Kjenesnakken (Setsåskiferen like vest av Kalvgarden). Uttaket ble gjort av I. Lindahl og L. Furuhaug. Framstilling av polerte plater fra blokkene ble gjort som oppdrag hos Geosystems AS på Løkken og platene er lagret på NGU (Figur 27).

Resultat og vurdering: Kartblad Rognan i skala 1:50 000 som dekker området, er utgitt som geologisk kart (Kollung & Gustavson 1995). Et delmål ved undersøkelsen var å finne ut om de to granatglimmerskiferne som er benyttet som kvernstein i området Saksenvika – Setså er en og samme bergartsenhet som er sammenfoldet eller om de er to separate geologiske enheter. Det er ikke mulig å skille sonene visuelt i felt og heller ikke i tynnslip. Det ble ved undersøkelsene analysert hoved- og sporelementer på prøver fra bergartsenhetene. Hovedelementene viser ingen signifikant forskjell i sammensetning, mens noen av

sporelementene viser en viss forskjell. Det er likevel mulig at de to enhetene med granatglimmerskifer representerer den samme avsetningen forbundet med foldning eller ligger innenfor to adskilte skyveflak. Som bygningsstein er de svært like med de samme egenskapene.

Granatglimmerskiferen i Setså-Kjenesnakke-sonen kan best utnyttes i området på Kjenesnakken hvorfra ei av blokkene ble tatt ut i 2008. I Kjenesnakken er det ikke registrert kvernsteinsbrudd. Ved uttak i Setså-området og i Saksenvikdalen må det tas hensyn til vern av de gamle kvernsteinsuttakene. Ser en på det geologiske kartblad Rognan (Kollung & Gustavson 1995) fortsetter sonen med granatglimmerskifer sørover på østsiden av Saltdalen 7-8 km oppover dalen fra Rognan. Sonen er tilgjengelig helt nede i dalbunnen ovenfor Sundby. Denne lokaliteten er ikke undersøkt nærmere.

Hovedkonklusjonen etter NMs undersøkelser er:

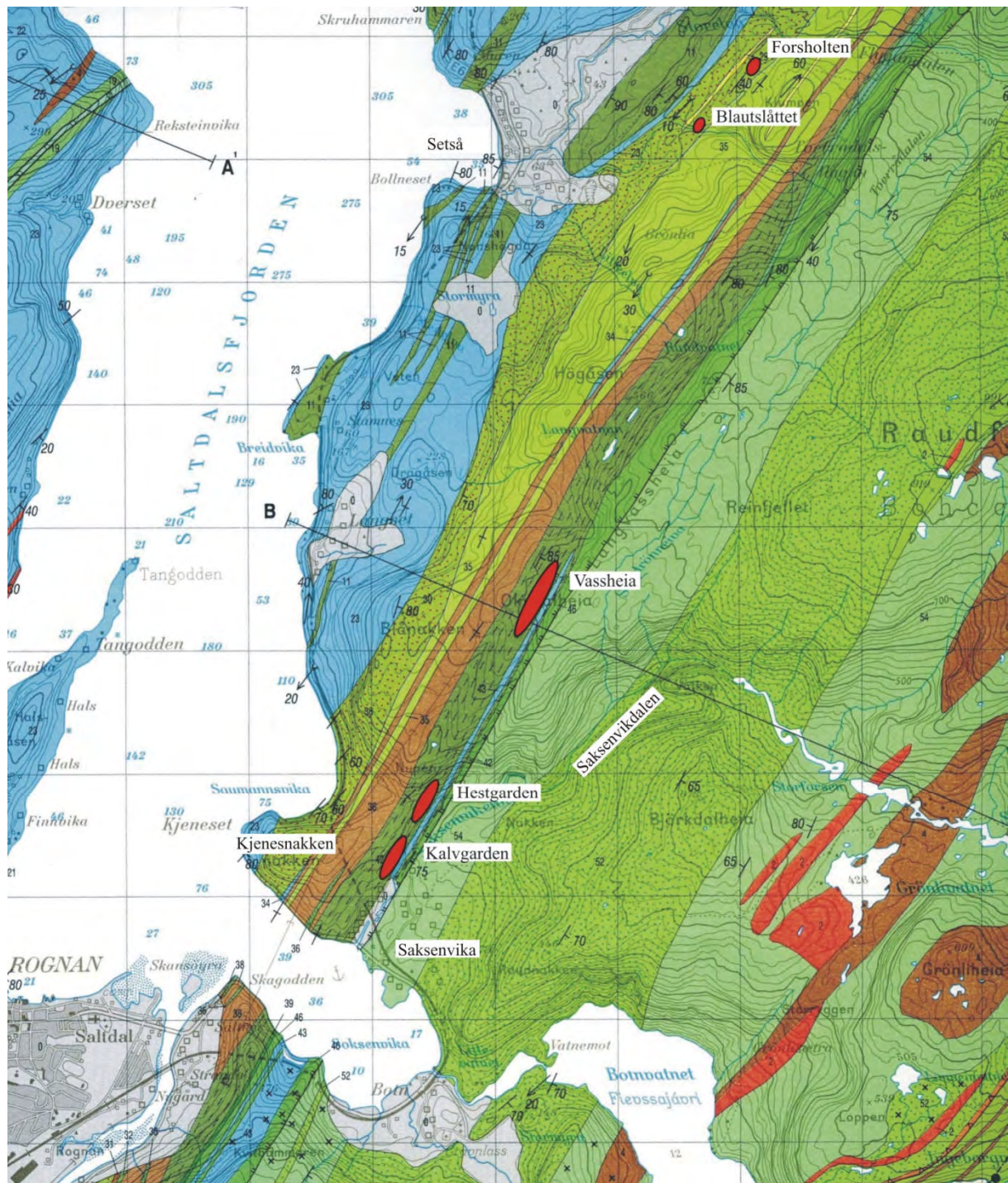
- Det er kartlagt og prøvetatt en ressurs med en unik type bygningsstein.
- Det er sannsynligvis mulig å finne lokaliteter som kan drives uten å komme i konflikt med vern av gamle kvernsteinsbrudd. Beste mulighet for dette er på Kjenesnakken (Figur 26).
- Kartlegging av all verneverdig aktivitet med gamle uttak eller merker etter uttak er gjort etter NMs undersøkelse.
- Mer detaljert informasjon om granatglimmerskiferen finnes i Lindahl (2003, 2008).

Kontakt med interessenter: Steintypen i området Saksenvik-Setså var forut for NM kjent i Lierne. Skiferen fra Lierne er markedsført til en viss grad under navnet Kvemoskifer. Bilder av skiferen ligger på nett i databasen til PNASTINA og NIBA prosjektene.

NM presenterte granatglimmerskiferen for Lundhs Labrador på informasjonsmøte på NGU i 2010 og arrangerte en ekskursjon for dem til feltet i juni 2011. Lokalitetene i Saksenvikdalen og på Kjenesnakken ble besøkt. Selskapet viste interesse for steintypen. Selskapet besluttet imidlertid å gjøre prøveuttak på steintypen i Lierne. Stor blokk ble tatt ut og flis og plater framstilt. Markedsundersøkelsen som Lundhs Labrador gjorde viste at granatglimmerskiferen ikke passer som benkeplater og bordplater på grunn av den store hardhetsforskjellen mellom granat og de andre matriks-mineralene (hovedsakelig biotitt). Overflaten som har et vakkert utseende har ikke samme tekniske kvaliteten som en massiv stein som granitt, larvikitt eller monzonitt. Strategien til Lundhs for bryting er også slik at en ønsker å ta ut opp mot 5 000 m³ stein i et eventuelt nytt brudd. Granatglimmerskiferen passer ikke inn i deres konsept.

Granatglimmerskiferen av denne typen er en unik bygningsstein som faller i smak hos flere brukere. Den vil sannsynligvis kunne være aktuell i framtida som et produkt med middels stor produksjon. Granatglimmerskiferen i Saksenvikdale-Setså er mer homogen enn steinen i Lierne, hvor den har en bånding på 0,5-1,5 cm som er mer kvarts- og feltspatrik som gjør at produktet får en betydelig større variasjon i utseende ved sliping og polering enn fra Saltdal. Skiferen fra begge lokalitetene har den samme fargetonen.

Etter innsatsen fra NM i feltet har NGUs internasjonale kvernsteinsprosjekt gjort omfattende undersøkelser i området. Resultatene fra dette er rapportert og ligger på nett <http://millstone.no/>.



Figur 26. Kart som viser geologien i Saksenvika-Setså området like nordøst for Rognan. De røde navnsatte områdene angir kvernsteinsbrudd. Grønne områder: skifre, Blå: marmor og Brune: gabbro og amfibolitt. Utsnitt av 1:50 000 kartblad Rognan (Kollung & Gustavson 1995).



Figur 27. Polert plate av granatglimmerskifer fra Kalvgarden i Saksenvikdalen.

3. INDUSTRIMINERALER

3.1 Innledning

Industriminerale omfatter mineraler som utnyttes på grunn av deres spesielle fysiske egenskaper, slik som f.eks farge, hvithet, varmebestandighet, hardhet og kjemisk inerthet osv. I tillegg omfatter de mineraler som brukes som råstoff til å ekstrahere oksider med spesielle egenskaper, bl.a. titanoksid (hvitt pigment i maling) og yttriumoksyd (brukes for å få fram farger på TV-skjermen). Siden de stort sett representerer lette bergartsdannende mineraler (kvarts, feltspat, karbonater, fosfater, muskovitt, etc) danner de egne geologiske enheter (kalkspat- og dolomitt-marmor, kvartsitt, etc) som er avmerket på berggrunns- og løsmassekart. Forekomster av industriminerale kan derfor påvises med enkle midler samtidig med at forekomstene også er relativt lette å følge opp da bergartsenheterne gjerne har en relativt ensartet sammensetning og oppbygning. Men i motsetning til de tunge metalliske malmmineralene er ikke de lette ikke-metalliske industriminerale mutbare, men er del av grunneierens eiendom. Man må derfor ha avtale med grunneieren om tillatelse til å undersøke eller utvikle drift på en industrimineralforekomst .

Prosjekter knyttet til oppfølging av industrimineralforekomster er kjennetegnet ved at de fleste prosjektene med relativ stor sikkerhet kan avsluttes eller videreføres etter kortvarige forundersøkelser av kvaliteten på rågodset og/eller fremstilte mineralkonsentrater. Den økonomiske verdien av en industrimineralforekomst er hovedsakelig knyttet til den kjemiske og/eller termiske kvaliteten av mineralproduktet som kan fremstilles. Hvis prisen på det endelige mineralproduktet er lav vil forekomstens størrelse samt dens beliggenheten i terrenget og avstand til vei og potensielt sted for dypvannskai ha stor betydning i vurderingen av forekomstens utnyttelsespotensial. Dersom prisen på mineralproduktet ligger på et høyt nivå er forekomstens beliggenhet av mindre betydning.

Det har vært og foregår drift på flere typer industrimineralforekomster i Nordland fylke. Disse inkluderer forekomster av kvarts, kvartsitt, kalkspatmarmor, dolomittmarmor, talk, grafitt, lys glimmer og alkalifeltspat. Fylket er spesielt kjent for sine store ressurser av karbonatbergarter og flere forekomster er i dag i drift på kalkspatmarmor (bl.a. Akselberg i Velfjord og Kjøpsvik i Tysfjord) og dolomittmarmor (bl.a. Hammerfall i Sørfold og Seljeli i Elsfjord, (Figurene 28 og 29). Helt siden vikingetiden har kalkspatmarmor vært benyttet til kalkbrenning for å fremstille ulesket (kalsiumoksid) og lesket kalk (kalsiumhydroksyl) til produksjon av mørtel som var viktig i bygging av grunnmurer og steinhus. Det finnes rester av kalkovner mange steder i fylket bl.a. på Leivset like sør av Fauske. Dette vitner om at kalkbrenning var en viktig tilleggsnæring i mange bygder. Denne virksomheten døde ut på begynnelsen av 1900-tallet da brent kalk gradvis ble erstattet av sement som byggemateriale. Dette medvirket til at Nordland Portland Cementfabrik A/S i 1918 startet produksjon i Kjøpsvik. Sementproduksjonen har i nesten 100 år hentet sitt råstoff fra silikat-rike marmorenheter i nærområdet til fabrikk.

Bryting av kvartsitt og krystallin kvarts til glass- og keramikkproduksjon har foregått i liten skala de fleste steder i landet fra Middelalderen av. I Nordland var det først i

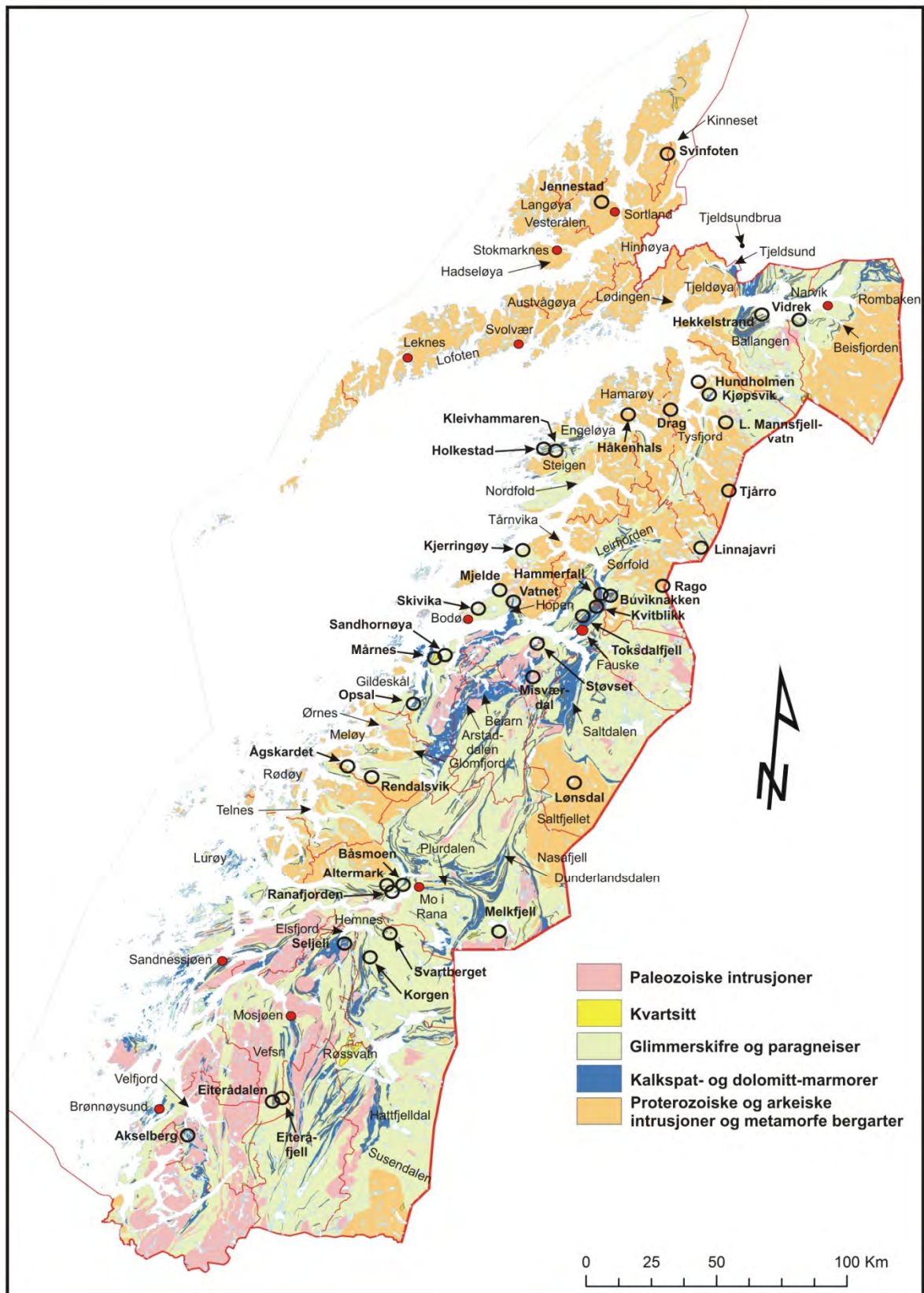
mellomkrigstiden i forbindelse med utviklingen av norsk vannkraft og tilknyttet smelteverksindustri at etterspørselen etter silika-råstoffer økte sterkt grunnet behov for slaggdannere og råstoff til produksjon av ferrosilisium.

I første halvdel av forrige århundre ble det også startet gruvedrift på talk til bruk som anti-klebing- og anti-agglomereringssmiddel (Altermark i Rana, Figur 29), på grafitt til bruk som ildfast materiale i metallurgiske ovner (Jennestad i Vesterålen, Rendalsvik i Meløy), på pegmatittisk feltspat til keramikk og steintøy (Drag og Hundholmen i Tysfjord) med grovkrystallin glimmer/muskovitt som biprodukt til bruk i ovnsvinduer (Ågskardet i Meløy). I dag er det ingen virksomhet i Nordland i tilknytning til disse råstoffene.

Bruksområdene for industrimineraler og med det kvalitetskravene forandrer seg gjennom tiden. Hovedtrenden i dag er økt renhetsgrad av mineralkonsentratene som får et økt spekter av anvendelsesområder inkludert fyllmasse i farmasøytiske og høy-teknologiske produkter som henholdsvis høy-rene karbonater og høy-ren kvarts inngår i. I den sterke økningen i bruk av kalkspat til fyllstoff i papir som er utviklet globalt de siste årene, bidrar Nordland med Akselberg marmorforekomst. Forurensningene i marmoren tas ut med oppredning av Brønnøy kalk som leverer produktene i det globale markedet. Den generelle tendensen i dag er at markedet vil ha langvarige leveranser av stadig renere og mer homogene produkter. Dette gjelder ikke bare marmor, men også kvarts hvor forurensninger i denne fjernes og de høy-rene sluttproduktene får meget høy verdi. Tendensen med krav til større renhet i mineralproduktene og dermed høyere priser vil prege industrimineralene i tiden framover. Skjerpede krav til renhet og utvikling av nye og bedre rensemetoder er derfor en av utfordringene i tiden framover.



Figur 28. Del av dagbruddet til Hammerfall Dolomitt A/S i 1993, en av tre marmorforekomster som er i drift i Nordland. I dag drives forekomsten som underjordsdrift med nedkjøring fra dagbruddet.



Figur 29. Forenklet geologisk kart over Nordland fylke som viser fordelingen av undersøkte industrimineralforekomster (åpen ring) og steder nevnt i teksten. Byer vist med røde symboler.

3.2 Silika-råstoffer

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: P. M. Ihlen

Idégrunnlag: Det var naturlig å se nærmere på silikaråstoffer ved oppstart av NM høsten 2003, siden NGU allerede da hadde god kompetanse på kjemiske kvaliteter og bruksområder for stykk-kvarts (3-15 cm) fra forekomster av massiv hydrotermal kvarts og kvartsitt. Hovedsakelig var disse brukt til framstilling av silisium metall, ferrosilisium og silikomangan. Dessuten hadde NGU siden milleniumskiftet bygget opp kompetanse på mikroanalyser av sporelementer i kvarts med laser ablasjon på polerte tykkslip. En egen metode for kvartsanalyser var da utviklet av Flem et al. (2002). Disse "Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry" (LA-ICP-MS) analysene var tenkt brukt både i petrogenetisk forskning og i påvisningen av forekomster av høy-ren kvarts som omfatter kvarts med mindre enn 50 ppm sporelementer, hvorav de viktigste er Al, Ti, P, Li, B, Ca, Na og K. Kvartsen betegnes høy-ren når LA-ICP-MS analysene gir Al < 30 ppm og Ti < 10 ppm, samt at verdiene for P, B, Ca, Na og K ligger under vanlige deteksjonsgrenser for disse elementer. Konsentrater av høy-ren kvarts er et viktig råstoff i produksjonen av fiberoptikk, solceller, høy-temperatur lamper og andre høy-teknologiske produkter.

I Nordland finnes det flere bedrifter som baserer sin virksomhet på videreføring av silikaråstoffer som er hentet fra forekomster i inn- og utland. Et fåtall forekomster ligger i fylket. Elkem Salten utnyttet kvartsitt fra Mårnes i Gildeskål til ferrosilisium og hydrotermal kvarts fra Vatnet i Salten og Spania til silisium metall (Figur 29). Dessuten produserte Norwegian Crystallites AS (nå The Quartz Corp) konsentrater av høy-ren kvarts fra granittiske pegmatitter ved Drag i Tysfjord og Håkonhals i Hamarøy. I prosjektperioden ble uttakene ved Vatnet og Håkonhals avsluttet. Rana Metall (Fesil) og Rio Doc Manganese Norway i Rana bruker stykk-kvarts fra henholdsvis Tana og Mårnes i sin produksjon, mens belgisk kvartssand ble importert av PQ Silicate i Glomfjord til framstilling av vannglass (vannholdig natriumsilikat). Tanken bak prosjektet var derfor å påvise store forekomster av kvarts-rike bergarter med mer enn 30-40 % kvarts, som kunne representere en alternativ råstoffkilde for igangværende bedrifter i fylket, samt eventuelt danne grunnlag for oppstart av ny virksomhet.

Oppfølging: På grunnlag av et notat og flere power-point presentasjoner om kvartsråstoffer ble et spekter av forekomster i Nordland valgt ut for befaring og prøvetaking. Disse omfatter kvartsitter til bruk som stykk-kvarts i produksjonen av ferrosilisium. Noen av disse ble dessuten testet med LA-ICP-MS analyser for å avgjøre om kvartskornene hadde lavt nok sporelementinnhold og store nok dimensjoner til å kunne egne seg for fremstilling av høy-rene kvartskonsentrater. Store ganger av massiv hydrotermal kvarts representerer et potensielt råstoff for produksjon av stykk-kvarts til silisium metall og for fremstilling av høy-rene kvartskonsentrater.

Vinteren 2008 ble det dessuten lansert en ide om å undersøke den kjemiske kvaliteten av kvartslinser som opptrer langs skjær- og skyvesoner i de kaledonske skifrene. Flere steder opptrer de med stor tetthet (30-40 volum %) innenfor 5-20 m mektige soner som blant annet er nevnt av Foslie (1941) i hans beskrivelse av geologien i Tysfjord. Hvis linsene opptrer i bergarter med mineralogi som egner seg for en enkel oppredning (magnetseparasjon av: Fe-

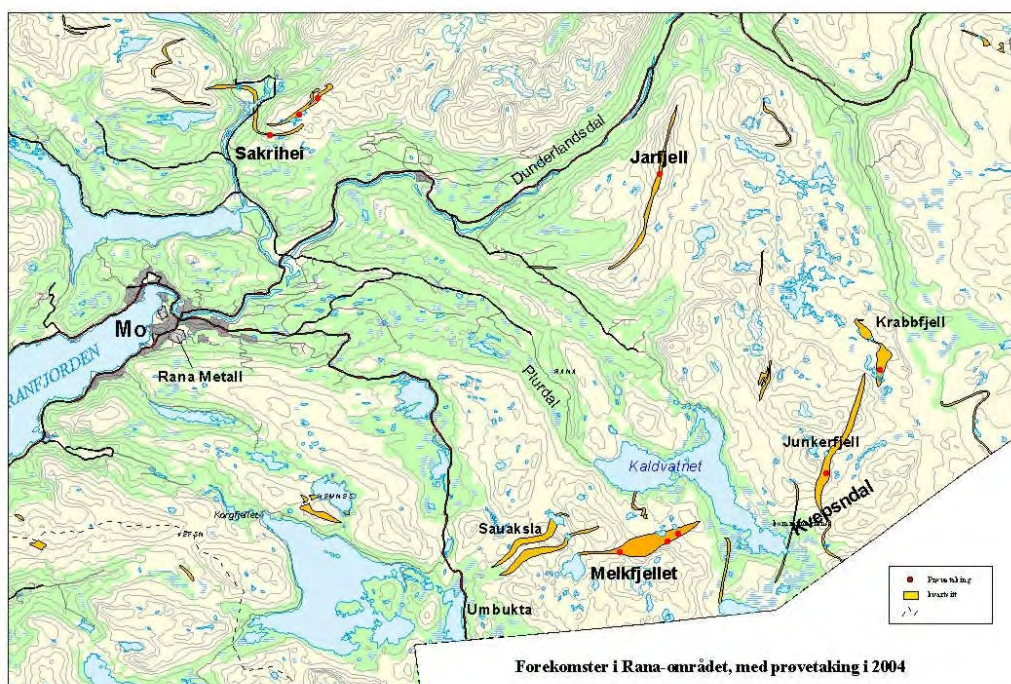
oksider + Fe-silikater, gravitativ separasjon av: granat og optisk separasjon av: hvit kvarts mot mørk skifer) kan de representere et potensielt råstoff for produksjon av kvartskonsentrater med lavt sporelementinnhold.

Granittiske pegmatitter ble også testet med hensyn til innhold av høy-ren kvarts med LA-ICP-MS analyser. Kvarts av en slik kvalitet kan representere et hovedprodukt (> 50 % kvarts) eller biprodukt (< 50 % kvarts) ved uttak av feltspat eller spesial-metall mineraler (Li, Ta, Cs). Slike analyser ble også utført på gneisgranittene i Tysfjord for å sjekke om de i likhet med pegmatittene inneholder høy-ren kvarts.

Feltbefaringer ble gjort hver sommer i perioden 2003-2010. Feltarbeidet er gjennomført av P.M. Ihlen. Planer for feltaksjonene og etterfølgende XRF hovedelement- og/eller LA-ICP-MS sporelement-analyser ble fremlagt på møter i Idégruppen i god tid før feltbefaringen startet. Analysene ble normalt utført ved første årsskiftet etter prøvetakingen. Siden det tidvis var kø eller instrumentproblemer med de avanserte analyseinstrumentene ved NGU skjedde det at disse først ble utført ca. 1 år etter innsamlingen.

Juni 2004: Kort befaring av pegmatitt brudd i Meløy, Rødøy og Lurøy kommune med hovedvekt på Ågskardet pegmatitten i Meløy som fører mineraler av spesialmetaller (Li, Ta-Nb). 20 prøver av pegmatittisk kvarts ble innsamlet fra i alt 5 pegmatitter

Juli 2004: Prøvetaking av kvartsitter i Rana-området for XRF analyser (Figur 30). Kvartsittsoner i området Melkfjell-Kaldvatnet-Junkerfjell-Krabbfjell nær svenskegrensen, Jarfjell og Sakrishei i Dunderlandsdalen samt Tokdalsfjell i Sørfold ble prøvetatt av J.E. Wanvik og A. Korneliussen, NGU.



Figur 30. Kart som viser fordelingen av prøvelokaliteter i kvartsitter i Rana-området.

- Okt. 2004: 12 dagers feltaksjon med videre innsamling av kvartsprøver fra devonske pegmatitter i Lurøy, Rødøy, Meløy og Gildeskål kommuner i forbindelse med søk etter Li-rike pegmatitter som kan innehold andre spesialmetaller (Ta, Cs). Innsamlingen skjedde fra bil og båt og omfattet 46 kvartsprøver fra 23 pegmatitter. Feltaksjonen ble betalt av Yara Formates AS (se kapittel 4.6 om pegmatitter i Nord-Helgeland).
- Aug. 2007: Utsprengning av store prøver av glassaktig kvartsitt langs sone i Buvika i Sørfold. XRF hovedelement-analyser av prøvene ble utført.
- Sept. 2007: Befaring og innsamling av kvartsprøver for LA-ICP-MS analyser fra massive kvartsganger i Eiterådalen, Linnajavri, Tjårro ved svenskegrensen sørøst av Hellemobotn, Ballangen (Vidrek, Hekkelstrand) og Vesterålen (Svinfoten, se Figur 32), samt pegmatitter i ytre Eiterådalen og i Vesterålen.
- Sept. 2008; Kort befaring og innsamling av prøver fra lys grå glasaktig ortokvartsitt-sone fra Buvika og opp lia til Buviknakken hvor kvartsitten glir over i en grå karbonførende kvartsitt ned lia mot Hellvika i sørvest. Ved Hellvika ble det bruddt grå kvartsitt som råstoff til ferroslium-produksjonen på Salten Verk, som også tok ut lys grå kvartsitt i bruddet på Kvitblikk i Sørfold. Den lys grå kvartsitten er utviklet ved sprekkebundet hydrotermal rekryllisering av grå og mørk grå kvartsitter. Dette ses godt på svabergene utenfor bruddet på Hellvik.
- Sept. 2008: En ukes feltbefaring med prøvetaking for LA-ICP-MS analyser av palaeoproterozoiske granittiske pegmatitter og gneisgranitter i Tysfjord-Hamarøy området. Prøveinnsamling for å teste tilstedeværelsen av høy-ren kvarts i disse bergartene, samt i muskovittpegmatitt-ganger og tog av hydrotermale kvartslinser i kaledonske skifre i veiskjæringer i Ballangen og langs Røssvatn. Dessuten ble det foretatt en dags befaring av ganger av hydrotermal kvarts og anatektiske muskovittpegmatitter på Eiteråfjell (Figur 29).
- Juli 2009: En ukes befaring av veiskjæringer på regionalt nivå i Nordland på jakt etter skjær-/skyvesoner som fører stor tetthet av hydrotermale kvartslinser (Figur 31). Veiskjæringer befart og dels prøvetatt langs hele E6 i Nordland, samt i Susendalen, Hattfjelldal-svenskegrensa, Gildeskål, Meløya, Ørnes, Bodø-Kjerringøy-Tårnvika, Leirfjorden, Steigen-Nordfold-Engeløya, Vidrek-Beisfjord-Rombaken, Tjeldøya-Tjeldsundbrua og E10 fra svenskegrensa til Lødingen,
- Okt. 2009: Kartlegging i Gildeskål av hydrotermalt omvandlete og boudinerte lag og kropper av finkornet kvartsitt med gradvis overgang til grovkornete masser av glassaktig hydrotermal kvarts. Omvisning i bruddene ved Mårnes i Gildeskål kommune og Vatnet i Bodø kommune ved bruddansvarlig Kjell Sture Hugås. Innsamling av prøver av de forskjellige kvalitetene (A1, A2, B, C) i Mårnesbruddet og 3 prøver av den hydrotermale kvartsgangen i det nå nedlagte dagbruddet på Vatnet. Vatnetgangen er 5-10 m tykk og ca 300 m lang og er drevet ned til 90 m dyp fra høyeste punkt på dagoverflaten.

Resultat og vurdering:

1. Befaringene av kvartsitter i Rana distriktet i 2004 førte til oppdagelsen av Melkfjellet forekomst som omfatter en mer enn 1 km bred og 5 km lang sone av kvartsitter med bulksammensetning av god kjemisk kvalitet som egner seg som råstoff i produksjon av ferrosilisium, ferromangan og sement som foregår i Mo i Rana og i Kjøpsvik. Resultatene av undersøkelsene ble lagt ut som web.side på ngu.no våren 2005. Oppfølgende undersøkelser ble foretatt av Siv. ing. T. Refseth AS etter avtale med Statskog og i samarbeid med NGU som videreførte de geologiske undersøkelsene høsten 2008 (Wanvik & Raaness 2009). North Cape Minerals (nå Sibelco Nordic), etter avtale med Statskog og Siv. ing. T. Refseth AS, videreførte arbeidet i 2011 og 2012 hvoretter prosjektet ble lagt på is i påvente av bedre tider.
2. LA-ICP-MS analyser av kvartskornene i kvartsitter gir relativt konsistente verdier for de enkelte kvartsittsonene som sannsynligvis gjenspeiler deres kildeområde. De fleste består av kvarts av lav til intermediær kvalitet, bl.a. Opsal og Mårnes i Gildeskål. Men kvartsittene i Sørfold (bl.a. Buviknakken og Hellvik) består av kvarts av høy kjemisk renhet som kan stamme fra skiferbergarter med mye hydrotermale kvartsslirer. Grunnet liten kornstørrelse (0,1-0,5 mm) er de uegnet som råstoff for produksjon av høy-rene kvartskonsentrater. Det bør legges til at den glassaktige kvartsitten i Buviknakken har for høyt muskovitt- og dermed Al_2O_3 - innhold til å egne seg som råstoff for stykk-kvarts til ferrosilisium. Dette ble testet med analyser av bulkprøver ved Sentrallaboratoriet ved Elkem.
3. De fleste av de store og små linsene av hydrotermal kvarts som opptrer langs skjær- og skyve soner i de kaledonske dekke-enhetene og underliggende paleoproterozoisk grunnfjell gir lave LA-ICP-MS analyseverdier for Ti og Al typisk for høyren kvarts. Innholdet av P og B kan være noe varierende i området $< 1-5$ ppm. Analysene indikerer at togene av store kvartslinser på Nasafjell i Rana (undersøkes for tiden av Elkem) og Svinfoten i Vesterålen (tidligere undersøkt av Leonhard Nilsen og Sønner (LNS)/LKAB) kan utnyttes for produksjon av stykk-kvarts til silisium-metall og for fremstilling av høy-rene kvartskonsentrater forutsatt at innholdet av mikroskopiske væskeinneslutninger og mineralinneslutninger er lavt. Tilsvarende gjelder også for Vatnet området ved Bodø hvor Elkem har drevet ut en linseformet kropp av massiv hydrotermal kvarts. Denne forekomsten kan være en del av et større tog av linser på dypet og burde ha vært undersøkt i mer detalj ved boringer (I. Lindahl, pers. medd. 2010).
4. Kwartsslirer opptrer spesielt utbredt på grensen mellom skyvedekkenene i Ballangen, Hattfjelldal og ytre del av Rombaken. Tettheten av kvartsslirene som normalt har en oval diskosform med dimensjoner på 2 cm x 10 cm x 30 cm til opp mot 20 cm x 50 cm x 100 cm, overstiger sjelden 30 volum % (maks. 50 volum %) over 5-10 m mektighet. Slirer med de største dimensjonene på linsene er spesielt utbredt langs grensen mellom de kaledonske skifrene og underliggende paleoproterozoisk grunnfjell slik som i Rombaken, Tjårro ved Hellemobotn og Nasafjell hvor de er 5-50 m tykke. Slirene består stort sett av høy-ren kvarts med lavt innhold av væskeinneslutninger. Kwartsslirer med

høyt sporelementinnhold og av dårlig kjemisk kvalitet fører vanligvis en del feltspat og opptrer vanligvis i områder med migmatittiske gneiser gjennomsett av anatektiske muskovittpegmatitter. Det har ikke vært mulig å påvise tykke nok soner med høy nok tetthet av kvartsslirer og lav nok variasjon langs strøket av mektighet og sliretetthet og mineralogi. Det ble ikke påvist soner som potensielt kunne videreføres av industrien.

5. LA-ICP-MS analyser av kvarts i de devonske pegmatittene i Nord-Helgeland (Gildeskål, Meløy, Rødøy og Lurøy) gir høye sporelementverdier, uegnet for produksjon av konsentrater for de fleste formål.
6. Syn-orogene anatektiske pegmatitter som finnes utbredt i migmatittiske gneiser andre steder i Kaledonidene i Nordland har generelt lavt modalt innhold av kvarts som har varierende kjemisk sammenstning. Den reneste kvartsen opptrer i hydrotermalt omvandlet og skjærdeformerte pegmatitter med nydannet hydrotermal kvarts.
7. Kvarts i pegmatitter og gneisgranitter i Tysfjord-Hamarøy området har alle lavt sporelement-innhold og er potensielt av høy-ren kvalitet. Kvartsen i de duktilt skjærdeformerte og hydrotermalt rekrystalliserte gneisgranittene har generelt lavere innhold av sporelementer enn den pegmatittiske kvartsen. Men kvartsmengden i gneisgranittene er generelt lavere (20-30 volum %) enn i pegmatittene og kan bare utnyttes som biprodukt hvis de andre mineralene (feltspat, REE-mineraler) også kan utvinnes. Analysene er oversendt Direktør S. Olerud ved Norwegian Crystallites, Drag.

Kontakt med interessenter: Kontakten som er tatt med interessenter er gitt under resultatene for de enkelte nærmere undersøkte lokalitetene.



Figur 31. Hvite slirer av høyren kvarts langs skyvesone i grå kvartsglimmerskifer mellom to enheter av mørk grå grafitt skifer.



Figur 32. System av lys grå kvartsganger i fjellmassivet Storrapa. De største gangene nær toppen av massivet på Svinfoten (817 m.o.h.) opptrer langs fylkesgrensen mellom Nordland og Troms (Andøy/Kvæfjord). Bildet ses mot Bleksvatnet i SSV som også er strøkretningen på de største gangene på toppen av ryggen. Disse er knyttet sammen med flere sett av tynne og mer Ø-V strykende kvartsganger som sees i stupet mot øst. Utsnittet er hentet fra www.norgei3d.no.

3.3 Mineralkarakterisering av karbonater i Nordland

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

Idégrunnlag: Karbonater, kalkstein og kalkspat- og dolomitt-marmor er det økonomisk viktigste industrimineralet i Norge, med en rekke forekomster i drift. Forekomstene har forskjellig metamorfosegrad og dermed også forskjellig kornstørrelse, som er en viktig parameter for at karbonatene lar seg brenne. Utenom det er bulk kjemien viktig for anvendelsen av produktene fra de forskjellige forekomstene. En annen viktig parameter er hvitheten til karbonatene etter mikronisering dersom de skal brukes som fyllstoff. Karbonatene har et meget stort spekter av anvendelsesområder og globalt brytes årlig omkring 4 mrd. tonn.

Tendensen globalt sett er at forbruket øker og at kravet til de forskjellige produktene skjerpes, spesielt for nisjeprodukter som kan gi en høy pris. Slike er spesielt interessant for Norge med vårt høye kostnadsnivå. Muligheten for å tilfredsstille gitte kravspesifikasjoner er avhengig av mineralkjemien i de enkelte forekomstene og om råstoffet lar seg opprede. Kornstørrelsen, som gjerne øker med metamorfosegraden, er en viktig faktor for at marmorene kan oppredes. I så måte er de grovkornede marmorene i Nordland og dels i nabofylkene Troms og Nord-Trøndelag såpass grovkornede at de kan oppredes. Det betyr også at en kan legge mer arbeid i å oppnå de gode produktene. Også mindre forekomster kan utnyttes dersom de har disse spesielle egenskapene.

For å kunne vurdere om det er mulig å oppnå rene produkter trengs det informasjon om karbonatenes kjemiske sammensetning i de enkelte forekomstene. Slike data manglet for de aller fleste forekomstene i Nordland. Større forekomster av grovkornet kalkspat- og dolomitt-marmor burde undersøkes nærmere med hensyn til mineralkjemi eller gitterbundne forurensninger.

Det foreligger mange kjemiske analyser av bulkprøver av kalkstein, kalkspat- og dolomitt-marmor av prøver (håndstykker) som er innsamlet av NGUs geologer gjennom de 3-4 siste decenniene, spesielt av O. Øvereng. Utførte analyser omfatter hovedsakelig syreløselig CaO og MgO, samt uløst del. For en del av prøvene er det gjort XRF hovedelementanalyser og for mange av prøvene finnes tynnslip (Øvereng 2000).

I april 2003 la I. Lindahl fram det første notatet for NMs Idégruppe om karbonatene i fylket som ressurs og hvordan nisjeprodukter kan framstilles ved oppredning. Et forslag om et delprosjekt for innsamling av et prøvesett fra de ca. 40 potensielt viktigste forekomstene for utnyttelse ble diskutert i Idégruppen og det ble konkretisert og budsjettet i mars 2006.

Oppfølging: Delprosjektet med innsaling av prøver ble gjennomført sommeren 2006. Hovedkriterier for valg av forekomster for prøvetaking var lite forurensninger i marmoren ut fra tidligere informasjon, at de hadde et betydelig volum og at de ligger gunstig til logistisk sett. En foreløpig oversikt over det innsamlede materialet klargjort for analyse ble gitt til NM i notat i november 2006. Finansieringen av prøveinnsamlingen ble gjort av NM med toppfinansiering fra et samarbeidsprosjekt mellom Nordland Fylkeskommune og Statskog ("Statskog-ordningen"). Finansieringen skulle hovedsakelig dekke utgiftene til prøveinnsamlingen med et lite bidrag til analyse.

Prøvetakingen ble gjort ved å samle inn 2-5 prøver fra hver utvalgte forekomst. Prøvene er valgt ut med hensikt at de skal være representative for forekomsten. Oftest ble prøvene innsamlet langs tvergående profiler i de lagformige forekomstene. Hvert prøvested er koordinatfestet med GPS. Alle selskapene som er kontaktet under innsamlingen av materialet har vært positive til å bidra med prøver eller guide under prøvetakingen. Hver enkelt innsamlet prøve har en størrelse lik en stor knyttneve og har ikke overflater som har vært utsatt for forvitring eller forurensning for eksempel bly langs vei.

I 2006 lanserte også NGU et større prosjekt med omtrent samme prosjektinnhold for hele landet. I den sammenheng var det naturlig å overføre prøvebehandlingen og analysene av prøvematerialet fra NM til NGUs prosjekt, slik at samme analyserutinene ble benyttet.

Resultat og vurdering: Resultatene fra analysene av prøvematerialet som ble samlet inn i NMs delprosjekt er gitt i NGU-rapport som også ligger på nett (Korneliussen et al. 2008). Av resultatene framgår det at enkelte av marmorene i Nordland har et meget lavt innhold av forurensninger. Dette er dokumentert gjennom en rekke analyser og sammenligninger mellom forekomstene. Hittil har så vidt vites ingen mineralindustrielskaper gått videre med å undersøke noen av marmorforekomstene i Nordland (Figurene 33 & 34). De nye dataene om forekomstene i Nordland har verdi med hensyn til framtidig utnyttelse av marmoren.

Kontakt med interessenter: Underveis i prosjektet ble det tatt en rekke kontakter for å diskutere viktigheten av de arbeidene som var under utførelse. Følgende selskaper ble kontaktet:

Franzefoss Miljøkalk AS, Hekkelstrand, H. Skofteland, pensjonist (tidligere driftssjef i Hammerfall og Seljeli), Hammerfall Dolomitt AS, Hammerfall, Husdalitt AS og Brønnøy Kalk AS (representert med S. Steinsvik), JP Paper Chemicals (J. Larsen), Norkalsitt AS, OMYA, Seljeli Dolomitt AS (del av Hammerfall Dolomitt AS) ved 3H-stein og fjell AS, (ved J. Hjørtland) og Svensk Mineral AB (SMA) på Mo i Rana.

Kontakt med interessenter er videre gjort gjennom presentasjoner og foredrag i geologiske- og mineralindustrifora av NGU.



Figur 33. Brudd på lys grå og hvit båndet dolomitt marmor på Hekkelstrand (Foto: Foslie 1913). Den gang brukt som bygningsstein i dag som industrimineral.



Figur 34. Grovkornet kalkspatmarmor i veiskjæring i Svartberget, Bjerkadalen i Hemnes.

3.4 Granat til bruk som slipemiddel (abrasiv)

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

Idégrunnlag: Granat er et av de harde mineralene som blir brukt hovedsakelig som slipemiddel (abrasiv). Mineralet brukes for eksempel i sandpapir og til sandblåsing. Granat knuses ned og brukes innenfor smale grenser for kornstørrelse. Granat dekker bare omkring 2 % av det store globale markedet for abrasiver. Hoveddelen av dette markedet dekkes av slagg fra smelteverk, silikasand og andre mineralprodukter.

Granat er en gruppe av mineraler med forskjellige farger og har forskjellig kjemisk sammensetning. De forskjellige typene granat har noe forskjellig hardhet og spesifikk vekt. Idéen om satsing på granat som abrasiv var med sikte på den mest eksklusive delen av markedet, sandblåsing og skjæring av stein og stål med vannjet. De særlig viktige egenskapene for abrasive mineraler til dette bruk for å oppnå best effekt er: høy hardhet, høy spesifikk vekt og lav sprøhet. Hardheten er bestemt av den kjemiske sammensetningen. Den spesifikke vekten blir lavere om det har inneslutninger av andre mineraler med lavere egenvekt. Om inneslutningene er kvarts kan det være et helseproblem med støv fra dette mineralet (silikose). Sprøheten er gjerne bestemt av geologien og eventuell mikro-oppsprekning i granaten.

Fra 1980 til 1995 var det omtrent en tidobling i forbruket av granat og prognosene framover er at markedsvolumet vil øke. De dominerende produsentene volummessig er USA, Australia og India. Verdensproduksjon av granat i 2003 var ca. 500 000 tonn. Det europeiske markedet var samme år omkring 70 000 tonn. Kun en liten del av det europeiske forbruket utvinnes i Europa, ved en liten produksjon i Tsjekkia. Ofte produseres granat globalt som biprodukt fra strandsand hvor rutil, ilmenitt, zirkon og REE-mineraler er hovedproduktene. Det er ikke kjent betydelige forekomster av strandsand i Norge som har et høyt innhold av granater.

Mulighetene for granatforekomster i fast fjell i Norge er knyttet til granat-rike kloritt- og glimmer-skifre, samt skarn, granatamfibolitt og eklogitt. Eneste ressurs som er undersøkt i Norge med henblikk på utvinning er granat i bergarten eklogitt på Møre. Disse arbeidene ble gjort på 1980 og 90-tallet. Resultatet ble at granaten var for sprø (pers. medd. A. Korneliussen 2001). Undersøkelsene ble gjort av Stokke Gruppen på Møre i regi av Granat A/S, et datterselskap av Fjordblokk A/S innenfor Stokke Gruppen. Senere overtok selskapet Novemco (J. Heim og H. Eide) avtalen om rettigheten til forekomstene fra nevnte selskap.

Idéen om utnyttelse av granat fra granatglimmerskifer i Nordland ble lagt fram tidlig på 1990-tallet under gjennomføringen av NP. Vurderinger ble den gangen gjort kun i felt i forbindelse med andre geologiske arbeider. Idéen om granat som abrasiv i Salten ble tatt opp av SM i 2000. I den forbindelse ble det gjort en utredning om potensialet for granat i Norge av J. Heim (2002) finansiert av Nfk. Sibelco hadde rett etter år 2000 et to-årig prosjekt for å vurdere granat som abrasiv i Norge, hvor N.E. Johannesen var involvert. Resultatene fra det er ikke kjent. Beslutning om undersøkelse av granat fra granatglimmerskifer i Nordland som abrasiv ble gjort i Idégruppen i 2004.

Oppfølging: Det ble gjennomført befaringer feltsesongen 2004 av lokaliteter hvor det var registrert bergarter med høyt innhold av granat. Dette arbeidet ble gjort av I. Lindahl og T.

Vrålstad. Lokaliteter i Nord-Helgeland (Ranafjord, Korgen, Båsmoen, Plurdalen og Telnes i Rødøy) og Salten (Sandhornøy, Skivika, Kjerringøy, Mjelde og Buviknakken) ble vurdert og prøvetatt (Lindahl & Vrålstad 2009; Figurene 35 & 36). Feltseasonen 2006 ble det gjort undersøkelser av granatglimmerskifer i Sørfold på grunn av de interessante resultatene fra Buviknakken. Feltseasonen 2007 ble det registrert granatglimmerskifer i Steigen ved Holkestad og Kleivhammaren som ble prøvetatt med henblikk på granatundersøkelser. På en dagstur til toppen av Buviknakken i 2007 ble granatsonen på øvre Buviknakken funnet. Alle prøvene av granatglimmerskifer ble vurdert i samarbeid med N.E. Johannesen i Sibelco.

Det ble gjort mineralseparasjon av innsamlet prøvemateriale fra de forskjellige undersøkte lokalitetene basert på magnetiske og gravimetriske forskjeller. Det er gjort en beskrivelse av mineralkonsentratene etter undersøkelse under binokular og med mikroskop av polerte tynnslip fra noen av lokalitetene.

Resultat og vurdering: Undersøkelsene ble gjort i 2004 og korte befaringer i 2006 og 2007. Undersøkelsene er prioritert i områder der vi ut fra egne basiskunnskaper og informasjon fra NGU-geologer har ment at mulighetene var størst for å finne granatrike bergarter. En totalvurdering av potensialet for hele fylket er altså ikke gjort.

De undersøkelsene som er gjort, vesentlig i Helgeland og Salten, synes å tilsi at muligheten for tilstedeværelse av en utnyttbar ressurs var størst i Salten. Vurdering ut fra det som er gjort er at granat-muskovitt-skiferen i Buviknakken er det best egnede utgangsmaterialet for å framstille et mulig utnyttbart granatkonsentrat. Her opptrer granaten som opptil tommestore idiomorfe krystaller. Granaten syntes å ha lite inneslutninger av andre mineraler. Samtidig er matriksen dominert av muskovitt som antas å gi gunstige knuse og malebetingelser uten at for mye finfraksjon av granat dannes.

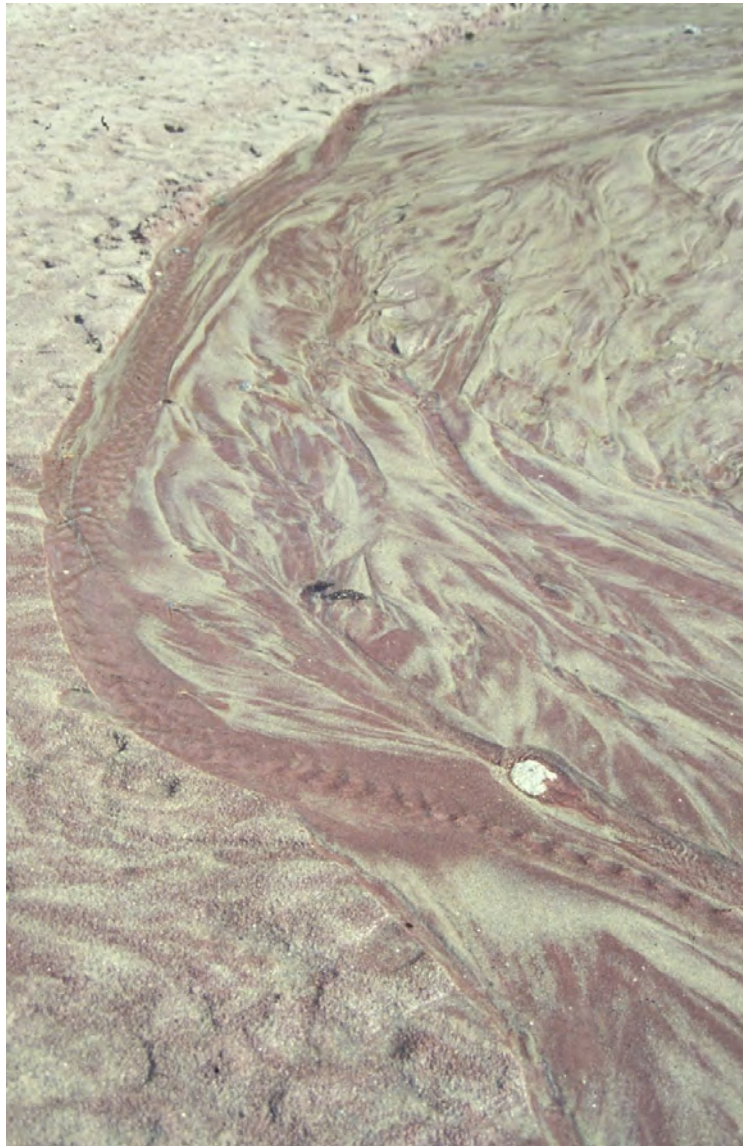
Konklusjonen ble at det videre arbeidet med granat i Nordland burde fokuseres på området ved Buviknakken. En burde undersøke denne typen bergart i dette området hvor metamorfosen og kjemien på sedimentene har gitt store idiomorfe granater. Det ble i 2007 registrert et større utgående av en granatrik bergart i Buviknakkens øvre del, en forekomst som antyder at det der er et betydelig volum av rågods. Det gjensto imidlertid etter 2007 en detaljert kartlegging av granatglimmerskiferen i Buviknakken øvre og nedre (Lindahl & Vrålstad 2009). Den nyoppdagede forekomsten på den øvre delen av Buviknakken ble antatt å være den samme bergartsenheten som den som har vakt interesse for mineralsamlere lenger nede i lia. En videreføring av granatundersøkelsene i Nordland ble derfor anbefalt gjort på forekomsten på Buviknakken og i andre områder i Sørfold.

Ved kartlegging av Tysfjordgranitten og dens inneslutninger av suprakrustaler de siste årene ble det funnet omfattende dannelse av granatskarn i slike inneslutninger av karbonatrike sedimenter i Tiltvik-området i Hamarøy kommune (Figur 37). Denne typen ble i regi av NM registrert og til dels undersøkt ved Korgen i Hemnes kommune. Dette er en type forekomst som også bør vurderes ved en eventuell satsing på abrasiver.

Det må gjøres en oppgradert markedsundersøkelse av endringer i granatmarkedet som til en viss grad var oppdatert fram til de første årene etter år 2000. Det går spesielt på markedsvolum og prisendringer. Det er spesielt viktig å se på det europeiske markedet. Planer var lagt for diverse europeisk produksjon av granat (Italia, Norge, Tyrkia, Tsjekkia) på slutten

av 1990-tallet, men det er ikke kjent om noe av dette ble realisert. Tsjekkia har produsert noe i følge statistikk i Harben (2002).

Kontakt med interessenter: Det ble forsøkt å etablere markedskontakt, uten så langt å ha lyktes. Det er viktig å oppnå kontakt med produsenter og potensielle kunder. I regi av NP på 1990-tallet ble det undersøkt om bedrifter med lokal kompetanse i utvinning av granat fra en bergart fantes. Den gang uttrykte Salten Industriservice A/S i Sørfold og Rana Gruber A/S vilje til å gjennomføre forsøk med gravimetrisk separasjon for utvinning av granat.



Figur 35. Oppkonsentrering av rød granat i strandsanden på Mjelde nord for Bodø.



Figur 36. Grovkornete euhedral granat porfyroblaster i glimmerskifer på Buviknakken.



Figur 37. Finkornet granat-pyroksen skarn med sprekkefyllinger av kalkspat sammenvokst med grove rødlige granatkrystaller. Skarnsone i Tiltvikområdet i Hamarøy kommune.

3.5 Buviknakken granatforekomst, Sørfold kommune

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

Idégrunnlag: Undersøkelse av Buviknakken granatforekomst var den eneste lokaliteten hvor det var innlysende at videre arbeider etter de innledende granatundersøkelsene i Nordland 2004-2007 burde utføres (se 3.4).

Det nye feltet, Buviknakken øvre, har et blottet område som er ca. 100 m langt og ca. 30 m bredt. Fallet er steilt. I fortsettelsen langs strøket i begge retninger er det betydelig overdekning. Over sonens bredde varierer også gehalten av granat ganske mye. I den sentrale delen er innholdet lavest, mens det på begge sider er flere meter breie lag med gehalten på omkring 20 %. Granatens størrelse varierer fra 2-3 cm (maksimalt 5 cm) til 2-3 mm. Lokalt er det funnet opptil ½ meter tykke lag med granatfjell med opp mot 75 % granat. Sonene på øvre Buviknakken og på samlerlokaliteten lengre ned i lia nærmere bygdeveien er antatt å henge sammen gjennom et tett system av folder.

Det er også noe staurolitt i granatsonen som opptrer i mørk brune likkisteformede euhedrale krystaller som kan være 2-3 cm lange og 1 cm i tverrsnitt. Matriksen i bergarten som fører granat- og staurolitt-krystaller har i tillegg til muskovitt også kloritt og i enkelte tilfelle amfibol. Dette er forskjellig fra omgivende granatglimmerskifer, som vanligvis inneholder langt mindre granater.

I forbindelse med befaringen i 2007 ble det også funnet en kvartsitt mot toppen av Buviknakken som visuelt så meget ren ut. Kvartsitten skulle prøvetas i 2009 for nærmere analyser. I den forbindelse ble det funnet en fortsettelse av den interessante granatglimmerskiferen fra mineralsamlerlokaliteten i små blotninger (under mosen) like vest for denne. Dette styrket vurderingen om at området kunne ha et interessant potensial for en granatforekomst. På tross av ganske stor grad av overdekning og kompleks tektonikk i lia på nordsiden av Buviknakken ble det funnet riktig å forsøke å detaljkartlegge området.

Som et resultat av dette ble det besluttet i Idégruppen for NM å forsøke å få gjennomført en slik detaljert kartlegging av området sommeren 2010. Midlene i NM var imidlertid såpass begrenset at dette ikke kunne gjennomføres uten tilleggsfinansiering. Etter søknad til Sørfold kommune gikk de inn med de midlene som trengtes for å gjennomføre delprosjektet til NM.

Oppfølging: Prøvetaking og kartlegging av Buviknakken granatforekomst ble gjort i 2010 av I. Lindahl.

Resultat og vurdering: Resultatene av undersøkelsene er gitt i Lindahl (2010b). Den detaljerte kartleggingen på Buviknakken viste at sonen som er aktuell som granatråstoff er en sammenhengende sone. Den er et komplisert foldet sedimentært lag. Størst mektighet har laget i lokaliteten nær toppen av Buviknakken, som ligger lengst fra bygdeveien til Buvik og høyest i terrenget. Den detaljerte kartleggingen har vist at laget fortsetter ned mot bygdeveien helt ned mot drøyt 100 m fra denne hvor den har utgående under Svarthammaren.

Granatglimmerskiferens euhedrale granater har lite inneslutninger av andre silikatmineraler. Fra innsamlet prøvemateriale er det laget granatkonsentrater på NGUs laboratorium. Konsentratene ser bra ut med hensyn til bruk i sandblåsing. Bestemmelse av egenvekten av granaten har vist at denne er høy og har et gjennomsnitt på ca. 4,0 g/cm³ med variasjon

mellom 3,5 og 4,2 g/cm³. Disse to nevnte faktorene er viktig for kvalitet på granat som abrasiv. Granatkonsentratene er også forevist N.E. Johannesen i Sibelco Nordic. Hans vurdering er at granatene kan være brukbare, men det ble ikke gjennomført testing av fraksjonene med sandblåsing.

Når det gjelder estimat av reserver er dette vanskelig å gjøre på grunn av overdekning, foldning og mektighetsvariasjoner. Forekomsten er interessant og kan være en framtidig ressurs.

Kontakt med interessenter: Salten Industriservice A/S og Rana Gruber A/S ble informert om undersøkelsene på Buviknakken. N.E. Johannesen i Sibelco Nordic deltok på befaring av området samtidig med Idégruppen og gjorde visse vurderinger av granatkonsentratene fra forekomsten, men det ble ikke lagt stor innsats med å undersøke kvaliteten av granatene ytterligere som abrasiv.



Figur 38. Grovkornet sone av rød granat og mørke lister av staurolitt på Buviknakken.

3.6 Flusspat i indre Tysfjord, Tysfjord kommune

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: P.M. Ihlen og T. Vrålstad

Idégrunnlag: I jakten på deformerte karbonatitter (apatitt+Y+REE) i Nordlands Kaledonider ble alle geologiske enheter undersøkt som kunne ha tilknytning til dannelse av alkaline komplekser og karbonatitter. Dette inkluderer forekomster av flusspat som er et vanlig mineral i mange karbonatitter. Noen karbonatitter fører dessuten også økonomisk utnyttbare mengder av mineralet.

Flere steder i Kaledonidene finnes det ganger bestående av karbonater og flusspat som kunne representere karbonatittganger. Disse opptrer ofte nær grensen mellom kaledonske dekkeenheter og underliggende basement av forgneisete TIB vulkanitter og intrusiver som ofte fører aksessoriske mengder av flusspat. Slike ganger er blant annet kjent fra Roktdal i Tømmeråsvinduet i Snåsa, Lønsdal på nordsiden av Nasafjellvinduet i Saltdal, Rago i Salten og fra Lille Mannsfjellvatnet i indre Tysfjord. Sistnevnte forekomst ble påvist i forbindelse med regional berggrunnskartlegging av kontakten mellom gneisgranittene i Tysfjordmassivet og overliggende basalkvartsitter i den kaledonske dekkserien. Kartleggingen ble gjort av S. Foslie sommeren 1920 og ble senere beskrevet i Foslie (1941). Han samlet inn flere prøver av bergartene langs kontaktsonen og påviste ved mikroskopering at en av dem inneholdt 30 % flusspat. Han ga ingen detaljert beskrivelse av prøvestedet, men ga tydelig til kjenne at prøven stammet fra enheten av basalkvartsitter.

Dette ledet senere til at Norsk Hydro fattet interesse for området og muligheten for opptreden av en flusspat-rik stratabundet flusspatmalm som kunne utnyttes til produksjon av kunstig kryolitt på Hydros aluminiumsmelteverk. Konsulent P.M. Ihlen ble derfor innleid i juli 1972 for å prøveta basalkvartsitten ved Lille Mannsfjellvatnet og videre 3-4 km SØ-over mot Nordvatnet. 60-70 % av området var dessverre dekket av snø grunnet sen snøsmelting. Det ble ikke påvist synlig flusspat eller basemetall-sulfider i kvartsittene i det befarte området. Det ble analysert 10 prøver av kvartsittene, men ingen av dem oversteg 0,5 % fluor. Årsaken til det nedslående resultatet ble tilskrevet at forekomsten hadde liten utstrekning og at den derfor kunne være skjult under snøen som dekket store deler av området.

Oppfølging: Idégruppen for NM besluttet å gjøre et nytt forsøk på å finne forekomsten for å fastslå dens genese. L.P. Nilsson foretok i august 2004 en todagers befaring sammen med to lokalkjente grunneiere og han har rapportert nedenforstående til Idégruppen. Den første dagen gikk med til å befare området langs kontakten av Tysfjord massivet ved Lille Mannsfjellvatnet, samt å prøveta og beskrive de 10 nederste meterne av basalkvartsitten i to litostratigrafiske profiler med innbyrdes avstand på ca. 400 m. En liten deformert flusspat-karbonat linse ble da påvist i gneisgranitten noen meter under skyvekontakten mot overliggende basalkvartsitter (UTM 567610/7544170). Linsen ble undersøkt og prøvetatt den andre dagen (Figur 39).

Resultater og vurdering: Forekomsten omfatter i følge L.P. Nilsson en 0,5-1,3 m mektig og 40-50 m lang foliert karbonat-flusspat linse som er orientert 250°/50° eller skrått på hovedretningen for den kaledonsk utviklete foliasjonen (300°/30°-40°) i omgivende TIB gneisgranitter og overliggende kvartsitter. Langs kanten av linsen finnes stedvis kvartsfylte sprekker og små massive partier av finkornet kvarts. Linsen inneholder utdratte små inneslutninger av kvarts-alkalifeltspat-pegmatitt.

En prøve av kvarts-fattig del av gangen ble kjemisk analysert på Konsernforskningscenteret til Norsk Hydro ASA ved Porgrunn. Prøven inneholdt 7 vekt % fluor, 57 vekt % CaO, 0,8 vekt % SiO₂ og 0,02 vekt % SrO. Dette betyr at prøven hovedsakelig består av kalkspat og 14,3 vekt % flusspat. Tilsvarende verdier ble også oppnådd for en representativ prøve innsamlet fra Roktdal forekomsten i Nord-Trøndelag. Det lave SrO innholdet indikerer at ingen av de to analyserte flusspat-karbonatprøvene stammer fra karbonatittganger som normalt inneholder kun aksessoriske mengder av kvarts og mer enn 0,5 vekt % SrO. Til sammenligning kan det nevnes at to av karbonatittgangene i Misværdalen pyroksenittmassiv mangler kvarts, men inneholder 0,7 og 1,1 vekt % SrO.

De prøvetatte gangene ved Mannsfjellvatnet i Tysfjord er derfor mest sannsynlig av hydrotermal opprinnelse, noe som understøttes av den store utbredelsen av kvarts i deler av forekomstene både i Tysfjord og Roktdal. Dessuten at disse gangene representerer hydrotermale mobilisater avsatt under den kaledonske orogonese. Det er mest sannsynlig at prøven som Foslie (1941) samlet stammer fra en kvartsitt som opptrer på kontakten til en lignende flusspat-kvarts-karbonatgang et annet sted i området da forekomsten L.P. Nilsson påviste kun opptrer omgitt av folierte TIB gneisgranitter. Tilstedeværelsen av pegmatittinneslutninger i linsen kan indikere at flusspat-kvarts-karbonat gangen ble dannet langs en sprekkese i en av granittmassivets mange pegmatittganger.

Kontakt med interessenter: Det var ikke grunnlag for å ta ytterligere kontakt med mulige interessenter.



Figur 39. Skjærdeformert flusspat-karbonatgang av antatt kaledonsk alder som opptrer konkordant med foliasjonen i omgivende lys grå paleoproterozoisk gneisgranitt (Tysfjordgranitt). Gangen med hvit stiplede grenser opptrer et par meter under skyvesonen i ligg av kvartsittsekvensen som opptrer underst i den kaledonske tektonostratigrafien. Gangen inneholder lys grå linser av oppbrudte pegmatittganger. I bakgrunnen mot nord sees Lille Mannfjellvatn omgitt av kvartsittiske bergarter (mørke områder over Tysfjordgranitten). Hammeren er ca. 60 cm lang. Sammenstillingen av fotografiet er gjort av L.P. Nilsson.

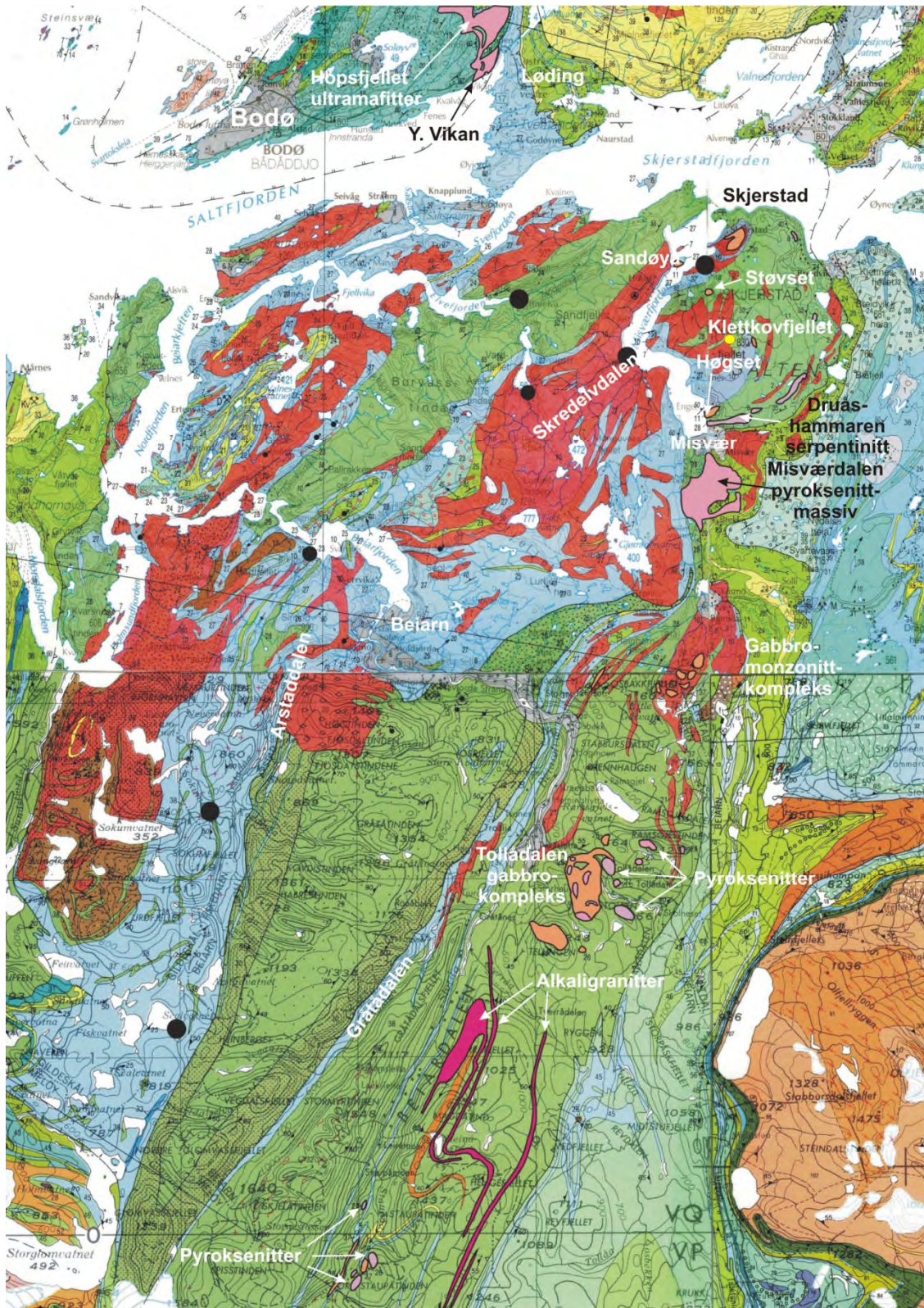
3.7 Apatitt – ressurser i Misvær, Bodø kommune

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: P. M. Ihlen

Idégrunnlag: Prosjektet representerer et av flere oppfølgingsobjekter som fremkom ved gjennomgangen av analysedata for spesialmetaller i bekkesedimenter og løsmasser i Nordland (se delprosjekt 4.2). Misvær og Beiarn pekte seg ut som en provins med sammenfallende geokjemiske anomalier av Sr, P, La og/eller Ce, en kombinasjon som kunne skyldes opptreden av deformerte alkaline silikatbergarter og assosierte karbonatitter med muligheter for opptreden av apatitt og/eller Y+REE forekomster. En gjennomgang av publiserte 1:50 000 berggrunnskart ga i tillegg lovende indikasjoner på tilstedeværelsen av karbonatitter ved at Tollådalen gabbro-ultramafitt kompleks i Beiarn førte mange ganglignende og linseformete marmorinneslutninger som kunne representere karbonatittintrusjoner (Figur 40). Dessuten at pyroksenittkomplekset i Misværdalen, som har tilsvarende størrelse (6-8 km²), besto i følge tegnforklaringen av sterkt omvandlete biotitt- porfyriske pyroksenitter med syenittiske flekker. Dette er bergartstyper som ofte finnes i apatitt-rike alkaline ultramafitter som dels fører karbonatitter. Dette var grunnlaget for at det ble besluttet å befare mafiske og/eller ultramafiske intrusjoner i Misvær og Beiarn samt se nærmere på karbonatsekvensene i Arstaddalen og Gråtådalen i Beiarn og Skredelvdalen i Misvær. Allerede på et tidlig stadium av prosjektet var Yara International ASA informert om fremdriften siden selskapet bruker apatitt som råstoff i fremstillingen av fosfatgjødsel, som produseres i Glomfjord hvor selskapet tidligere hadde utviklet en prosesslinje for ekstraksjon av Y+REE fra russisk apatitt.

Oppfølging:

- Juli 2006: Befaring av veiskjæringer og innsamling av knakkprøver for P₂O₅ analyser av de mafiske-ultramafiske bergartene i Tollådalen og Misværdalen samt mindre kropper av lignende bergarter på Sandøya ytterst i Misvær fjorden. Dessuten befaring av karbonatsekvenser i Gråtådalen i Beiarn og Skredelvdalen i Misvær (Figur 40).
- Aug. 2007: Befaring og prøvetaking av karbonatsekvenser ved demningen på nordenden av Arstaddalsdammen og i Gråtådalen i Beiarn. Ultramafitter i skjæringer langs veien i lia over Støvset mot Klettkovfjellet ytterst i Misvær fjorden ble også prøvetatt for P₂O₅ analyser. I tillegg ble det også gjort noe supplerende prøvetaking av pyroksenitter utenfor veiene i massivet, bl.a. blokker i nordlia av Brentliknubben, samt blotninger nær veien nederste i østlia av Nonsåsen og i Skarbakken. Ofiolitt-type serpentinitter og peridotitter ble prøvetatt innerst i Misvær fjorden fra utløpet av Høgsetelva og opp mot Druåshammaren.
- Juli 2008: Innsamling av 112 knakkprøver av bergarter i Misværdalen pyroksenittmassiv og 5 prøver av talk-antofyllitt bergarter i Hopsfjellkompleksets utgående langs riksvei 80 (Bodø-Fauske) mellom Hopen og Ytre Vikan. I Misværdalen ble prøvene innsamlet med en innbyrdes avstand på 250-500 m. De ble sendt direkte til ACME International Laboratories i Vancouver, Canada hvor alle ble analysert for P₂O₅ og hovedelementer med XRF. Prøvetakings- og analyse-kostnadene ble delt likt mellom Yara International ASA og NGU som et samarbeidsprosjekt uten støtte fra NM (Ihlen 2008).



Figur 40. Utsnitt av 1:250 000 kartene Bodø, Mo i Rana, Saltdal og Sulitjelma, som viser beliggenheten av et belte av alkaline bergarter, inkludert Misværdalen pyroksenittmassiv og Støvset gabbrointrusjon med apatitt-rike pyroksenittiske partier. Dessuten vises sekvensen av ultramafiske meta-vulkanitter på Hopsfjellet i nordkanten av kartet. Svarte punkter representerer Sr anomalier i bakkersedimenter

- Aug. 2009: En dags befarings i tett tåke av et område på toppen av Klettkovfjellet som er kjennetegnet ved en aeromagnetisk anomali som kunne skyldes opptreden av apatitt-førende mafisk-ultramafiske intrusjoner.
- Juni og august 2010: Blotningskartlegging av bergrunnsgeologien i Misværdalen pyroksenittmassiv.
- Mai-juni 2011: Innsamling av 190 borkaksprøver fra 6 detaljkartlagte blotningsområder som ga forskjellige P_2O_5 nivåer i forbindelse med prøvetakingen i 2008. Borkaks ble innsamlet fra hull med innbyrdes avstand på ca. 5 meter i profiler på tvers av de apatitt-rike sonenes strøk og i områder med størst tetthet av blotninger. Borkaksprøvene ble splittet ved NGU før de ble sendt til XRF og ICP-MS analyser for P_2O_5 , Y, REE og en rekke andre sporelementer (Ihlen & Furuhaug 2012). Detaljkartleggingen og prøvetakingen ble utført av NGU i samarbeid med Nfk som bevilget et beløp fra regionalutviklingsfondet som dekket 50 % av totalkostnadene, Prosjektet ble dermed holdt utenfor budsjettet til NM.
- Des. 2011: Møte i Misvær hvor resultatene av borkaksprøvetakingen ble lagt fram for grunneierne som ville bli berørt ved en eventuell drift på apatitt.
- Juni 2012: Borkaksmetoden ble kvalitetssikret ved innsamling og analyse av alle typer borkaks og støv som kunne samles under boringen av totalt 11 vertikal- og skråhull i forskjellige typer pyroksenitter med ulikt innhold av apatitt (Ihlen & Furuhaug 2013). Tre dagers feltarbeid med etterfølgende analyser av P_2O_5 ble utført av NGU.
- Vår 2013: Det ble foretatt totalt 44 LA-ICP-MS analyser av REE-gruppens elementer, samt U+Th som må holdes på et lavest mulig nivå. Analysene ble utført for å teste om REE-innholdet i apatitten var høyt nok for ekstraksjon, noe Norwegian Separation Technology (et Scatec datterselskap) var interessert i, forutsatt at Th+U innholdet var lavt nok for utnyttelse til fosfatgjødsel. Disse LA-ICP-MS analysene av apatittkorn i fin- og grovkornete pyroksenitter ble bekostet av NGU som har egne analyseinstrumenter. Gjennomsnittsverdier for disse elementene i apatitt i ulike pyroksenitter er gitt i Ihlen et al. (2014).

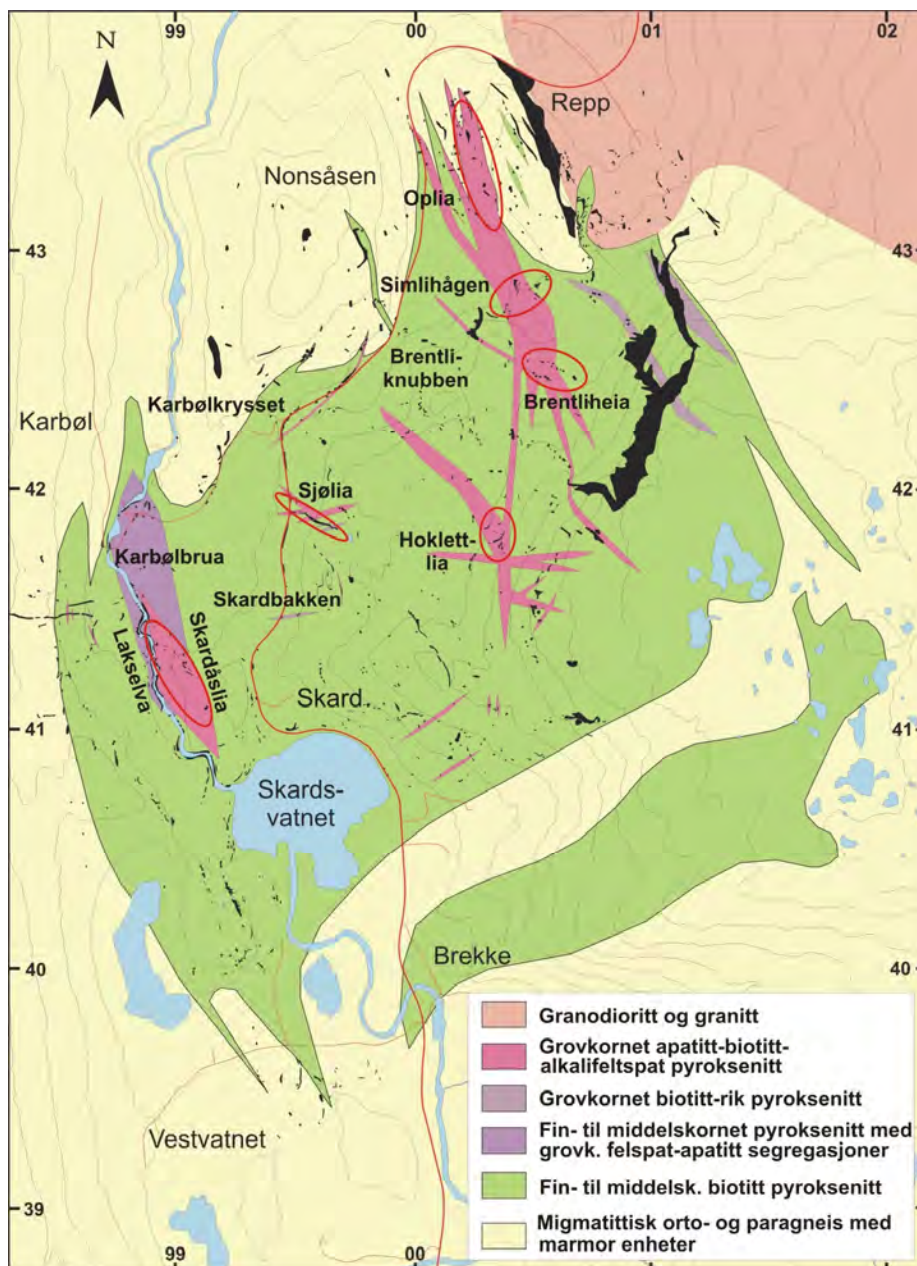
Resultat og vurdering:

1. Under feltbefaringer og etterfølgende hovedelementanalyser i 2006 ble det allerede første dagen påvist apatitt-rike pyroksenitter og karbonatittganger i skjæringer langs riksvei 812 ved Skardvatnet og i Karbølkrysset i Misværdalen (Figur 41 & 42). Anrikningen av apatitt i pyroksenittmassivet ble tydeliggjort ved supplerende prøvetaking i 2007 da det ble stadfestet at de høyeste konsentrasjonene av apatitt (6-10 vekt %) er knyttet til soner av grovkornete alkalifeltspat-biotitt-pyroksenitter som gjennomsetter fin- til middelskornete biotitt-pyroksenitter med vanligvis lavere apatittinnhold (Figurene 42 & 43). Apatitt-anrikete biotitt-pyroksenitter ble også påvist i veiskjæringer i lia opp mot Klettkovfjellet på østsiden av Støvset ved Misvær fjorden.
2. De andre mafiske og ultramafiske kompleksene som ble befart og prøvetatt i Tollådalen, Druåshammaren og Sandøya viste ingen tegn til anrikning av apatitt, La og Ce.

3. De geokjemiske anomaliene på Sr og P som ble fulgt opp i Misvær og Beiarn opptrer utenfor områder med mafisk-ultramafiske bergarter. Anomaliene synes stort sett å være forårsaket av sedimentære marmorenheter med forhøyet Sr innhold og skiferenheter med Fe-P malmer. Årsaken til enkeltanomaliene av Ce og/eller La er ikke kjent. Analyser av båndete kalkspatmarmor ved Arstaddalsdammen og i Gråtådalen, samt marmorinneslutninger i de mafisk-ultramafiske massivene i Tollådalen og Misværdalen gir ofte verdier på 0,2-0,3 % Sr, mens karbonatittgangene gir verdier på 0,8-1,0 vekt % Sr som er et typisk nivå for alkaline magmatiske bergarter.
4. Den semi-regionale innsamlingen av pyroksenitter i Misværdalen i 2008 ga et gjennomsnitt for 107 knakkprøver på 2,1 vekt % P_2O_5 eller 5 vekt % apatitt for alle typer pyroksenitter (Ihlen 2008). Fordelingen av fosforverdiene indikerte oppkomsten av fire N-S-løpende soner av grovkornete apatitt-rike pyroksenitter med 3,0-6,6 vekt % P_2O_5 eller ca. 7-15 vekt % apatitt. Gjennomsnittsverdier på over 4,0 vekt % P_2O_5 eller 10 vekt % apatitt regnes som økonomisk interessant ved malmreserver på 70-100 mill. tonn.
5. Blotningskartleggingen i 2010 viste at bare noen få prosent (< 10 %) av pyroksenittene er blottet. Det ble påvist flere soner av grovkornete alkalifeltspat-biotitt-pyroksenitter hvorav de tre største hadde en bredde på 100-150 m og utstrekning på over 1000 m (Ihlen & Furuhaug 2012). Disse opptrer langs Lakselven mellom Karbølbrua i nord og Skardvatnet i sør (Skaråslia blotningsområde) og mellom Oplia i nord og Brentliheia i sør (Oplia-Simlihågen-Brentliheia blotningsområde). Disse to sonene pluss en dårligere blottet sone i Hoklettli, 1 km nordøst for Skard samt en sone av grovkornete biotitt-pyroksenitter langs bekken i Sjølia, 750 m rett nord for Skard ble foreslått som mulige oppfølgingsobjekter.
6. Borkaksprøvetaking som ble utført i 2011 i disse blotningsområdene viste at apatitten var meget heterogent fordelt i pyroksenittene med hurtige og store variasjoner på meter-skala (Ihlen & Furuhaug 2012). Skaråslia blotningsområde med maksimumsverdier på 17 vekt % apatitt i sonen av grovkornete pyroksenitter og 12 vekt % apatitt i de omgivende finkornete biotitt-pyroksenittene ga høyest gjennomsnittsinhold, dvs. 4,1 vekt % P_2O_5 (10 % apatitt). Oplia-Simlihågen-Brentliheia blotningsområde ga et gjennomsnitt på 2,6 vekt % P_2O_5 , mens de to siste ga et gjennomsnitt på rundt 1,0 vekt % P_2O_5 . 40 prøver er også analysert for 48 sporelementer inkludert Au, Pt, Pd, Cu, Ni og REE. Ingen av disse gir analyseverdier som umiddelbart kan sies å ha økonomisk interesse.
7. Kvalitetssikring av borkaksmetoden i 2012 viste at prøvekammerkaket fra skråhull ga 0,25-0,73 vekt % lavere P_2O_5 innhold i forhold til i totalprøven av borstøv fra borhullet (Ihlen & Furuhaug 2013). Siden 90 % av de prøvetatte hullene står vertikalt ble det ikke gjort noen form for reprovretaking av blotningsområdene.
8. LA-ICP-MS analyser av REE, Th og U viser at apatittkornene i de analyserte slipene inneholder gjennomsnittlig 0,41-0,64 vekt % REE, 60-100 ppm Th og 11-23 ppm U. Th innholdet er omtrent dobbelt så høyt som det som normalt aksepteres i råstoff til

fosfatgjødsel. Dette er det største problemet for videre satsing på potensielle apatittforkomster i Misværdalen-massivet. Skardåsli-sonen omfatter en ressurs på 30-50 mill. tonn med gjennomsnittlig 10 % apatitt ned til 100 m dyp. Selv om Th lett kan ekstraheres fra apatittkonsentrater så har Th ingen verdi i dag, snarere det motsatte. Eventuelt videre undersøkelser av apatitressursene i det dårlig blottete Misværdalenmassivet må derfor avvente nye bruksområder for Th, for eksempel som brennstoff i atomreaktorer.

Kontakt med interessenter: Kontakten med interessenter er beskrevet under avsnittene Oppfølging og Resultat og vurdering.



Figur 41. Blotningskart over Misværdalen pyroxenittmassiv. Svarte flekker og områder representerer blotninger. Røde ovaler omslutter prøvetatte blotninger som når det høyeste gjennomsnittet i Skardåsli med 10 vekt % apatitt.



Figur 42. T. Vrålstad og I. Lindahl (blå lue), to av Idegruppens medlemmer i veiskjæring ved Karbølkrysset hvor karbonatittganger ble påvist på første dag av befaringen i 2006. Gangen som opptrer i finkornete til middelskornete biotitt-pyroksenitter inneholder 6 vekt % apatitt.



Figur 43. Grovkornet biotitt-pyroksenitt med hvite nåler av alkalifeltspat og lys grå nåler av apatitt. Blotningen inneholder 12 vekt % apatitt. Mynten har en diameter på 22 mm.

4. SPESIALMETALLER

4.1 Innledning

Spesialmetaller er av Idégruppen definert som grunnstoffer som har relativt liten utbredelse i jordskorpen og inngår som viktige bestanddeler både i oksid- og metall-form i mange høyteknologiske produkter. De omfatter grunnstoffene yttrium (Y), sjeldne jordarter [REE = La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu (LREE = lette jordarter), Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, og Lu (HREE = tunge jordarter)], litium (Li), beryllium (Be), cesium (Cs), rubidium (Rb), niob (Nb), tantal (Ta) og zirkonium (Zr). I tillegg er det vanlig å påvise forhøyete konsentrasjoner av strontium (Sr), fluor (F), fosfat (P), tinn (Sn) og energimetallene thorium (Th) og Uran (U) i forekomster av spesialmetaller. De fleste av disse forekomstene opptrer i magmatiske bergarter. Forekomster av Y, REE, Nb, Zr, Th, F og P er vanlig i karbonatitter og alkaline ultramafiske intrusjoner, mens Zr også anrikes i differensierte granitter, ofte alkaline. Li, Be, Ta, Cs, Rb, Ta og Sn derimot utvinnes mange steder fra peraluminøse granittiske pegmatitter (såkalte LCT eller LiCsTa pegmatitter) selv om Sn forekomster også er vanlig i peraluminøse granitter. Det meste av verdensproduksjonen av Be utvinnes fra hydrotermalt omvandlede peraluminøse sure vulkanitter.

Før starten av NM, dvs. høsten 2003, var det kjent flere forekomster av spesialmetaller som inkluderte Be-forekomster med fenakitt (Be-silikat, Figur 44) på Høgtuva i Rana hvor mineraliseringen også er anrikt på Y, HREE, Sn, Zr og U (Figur 45). Forekomsten opptrer i TIB (Transscandinavian Igneous Belt) plutoner som i Tysfjord-Hamarøy-Sørfold området inneholder pegmatitter som fører en rekke forskjellige Y-, REE-, Be, Nb-, Th-, U-, og F-mineraler typisk for NYF- (Niob-Yttrium-Fluor) pegmatitter. Det finnes også publiserte data som viser at TIB granittene selv har stedvis høyt innhold av LREE, Y, Nb, Zr, Th og F som dels er knyttet til opptreden av allanitt (epidot mineral med høyt innhold av REE og Th), flusspat og zirkon. I Øverste Dekkeserie på Helgelandskysten er det påvist pegmatitter med Li- og Be-mineraler slik som Ågskard-pegmatitten i Meløy, det eneste stedet i Norge hvor Li-pyroksen (spodumen) er påvist, bl.a. sammen med Li-turmalin, Li-kloritt, Li-turmalin, cassiteritt, tantalitt og andre Nb-Ta-oksider (Oftedal 1950). Pegmatitten har mange likhetstrekk med LCT pegmatitter andre steder i verden hvor de er en viktig kilde for Nb-Ta (også kalt coltan).

De kaledonske dekkeenhetene i Undre og Midtre Dekkeserie fører dessuten flere steder i Kaledonidene karbonatitter med apatitt-rike differensiater, bl.a. nær østkanten av Grong-Olden-kuliminasjonen i Jämtland hvor stratabundete ganger av U-, Nb- og apatitt-rike fenittiserte nefelinsyenitter opptrer sammen med gangtog av radioaktive karbonatitter. Slike stratabundete injeksjoner av karbonatitter er også nylig oppdaget i i skifer-marmor sekvenser i Rocky Mountains i British Columbia, Canada hvor de har blitt oversett i en årrekke grunnet deres likhet med deformerte horisonter av marmor og underordnet opptreden av alkaline silikatbergarter. Karbonatittene vurderes nå for drift på Nb og Ta (Chakhmouradian et al. 2015). Siden slike skifer-marmor-sekvenser har stor utbredelse i de kaledonske dekkene i Nordland er det naturlig å stille spørsmålet om slike sekvenser kunne huse deformerte karbonatitter med spesialmetaller. I denne sammenheng bør man ikke glemme at det globalt

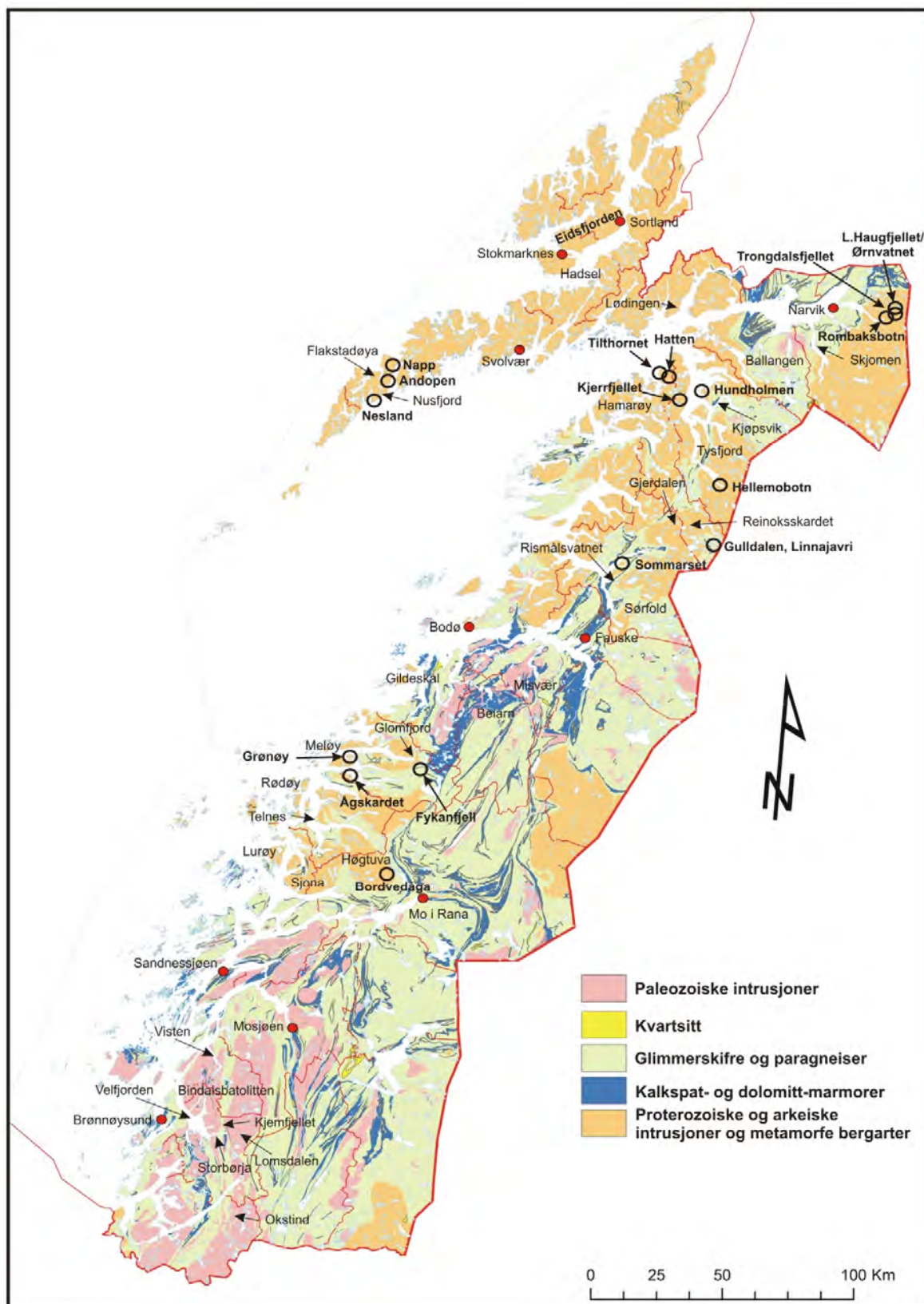
finnes en rekke komplekser med karbonatitter og alkaline ultramafiske intrusiver som drives på ortomagmatiske og residuale forekomster av apatitt.

Dessuten kan det spekuleres om det finnes drivverdige forekomster av Be, Sn, Li og Cs som kan opptre i deformerte TIB granitter og kaledonske pegmatitter i henholdsvis underliggende paleoproterozoisk grunnfjell og i umiddelbart overliggende kaledonske dekke-enheter.

Forekomster av spesialmetaller er ikke alltid lett å påvise grunnet mangel på petrografiske karakteristika for vertsbergartene eller mangel på anomale konsentrasjoner av ilmenomagnetitt og/eller sulfider som henholdsvis kan spores med magnetiske og elektromagnetiske flymålinger. Den beste metoden er sannsynligvis bekkesediment- og løsmasse geokjemi som kan gi utslag på forekomstenes vertsbergarter ved opptreden av anomalier på de vanligst analyserte grunnstoffene som Y, La, Ce, (REE), Nb, Th, P og/eller F som antyder tilstedeværelsen av alkaline komplekser og Sn, Ta, Li, Cs, Rb og/eller eventuelt Be som kan markere tilstedeværelsen av peraluminøse og alkaline granittiske vertsbergarter.



Figur 44. Konsentrat av fenakitt. De største kornene er 5 mm i diameter.



Figur 45. Forenklet geologisk kart over Nordland fylke som viser fordelingen av undersøkte forekomster (åpen ring) av spesialmetaller og basemetaller, samt steder nevnt i teksten. Byer vist med røde symboler.

4.2 Geokjemiske provinser av spesialmetaller i Nordland

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: Peter M. Ihlen

Idégrunnlag: Idéen om mulig opptreden av deformerte alkaline komplekser og karbonatitter ble første gang luftet på et møte i Idégruppen for NM høsten 2003. Det ble da bestemt å foreta en gjennomgang av resultatene av den regionale bekkersediment- og løsmasse geokjemien som ble innsamlet i Nordland i 1987-1988 (Kjeldsen 1987, Krog 1987, Wolden 1987, Ekremsæter 1988, Næss 1988). Fokus var i starten rettet mot apatitt-førende karbonatitter, men ble etter hvert som geokjemigjennomgangen skred frem utvidet til også å gjelde andre typer av forekomster av spesialmetaller. Til slutt omfattet søket følgende forekomst-typer og signaturelementer, satt opp etter avtagende viktighet som signatur og gruvedriftspotensial? basert på en eller flere av de understreket elementene:

- Karbonatitter og alkaline ultramafitter: Sr, P, La, Ce, Y, Nb, Th
- Alkaline granittiske intrusivkomplekser: Zr, Be, La-Ce, Y, Th, Nb
- NYF pegmatitter: Y-Nb-Ta, La, Ce
- Peraluminøse granittmassiver: Sn, Li, W, Ta, Nb, Be, Cs, U
- LCT pegmatitter: Ta, Cs, Rb, Li, Be, Sn

Oppfølging:

Juni 2004: Befaring av stratabundete nefelinsyenitter anriket på Nb, U og P ved Prästrun i Jämtland og radioaktive karbonatittganger ved Åkersjöen nær Prästrun.

Okt. 2004 – febr. 2005: Gjennomgang av geokjemi-resultater for følgende prøvetyper og elementer:

- a) Bekkesedimenter, < 0,18 mm, bulk XRF: P, Sr, Y, Th, Nb, Zr, Sn, Rb
- b) Bekkesedimenter, < 0,18 mm, bulk NAA: La, Th, U, Ta, Sn, Cs, Rb
- c) Bekkesedimenter, 0,18-0,60 mm, tungmineralkonsentrat XRF: P, Sr, Nb, Y, Th, Zr, Sn
- d) Bekkesedimenter, < 0,18 mm, syreløslig ICP-MS: P, Sr, La, Ce, Li, Be
- e) Morene (C-horisont), < 0,06 mm, syreløslig ICP-MS: P, Sr, La, Ce, Li, Be

Febr. 2005: Fremleggelse av resultatene fra studiet som inkluderte:

- Fordelingen av signaturelementer i tungmineraler, syreløslige mineraler og lette bergartsdannende mineraler
- Normale konsentrasjonsnivåer for signaturelementene i bergartsdannende og aksessoriske mineraler i granitter og gneisgranitter
- Relative konsentrasjoner (på skala 0-10) av P, Sr, La, Ce, Y, Th, Nb, Ta, Zr, Be, Sn, Li, Rb, Cs og U i definerte provinser (se resultater)

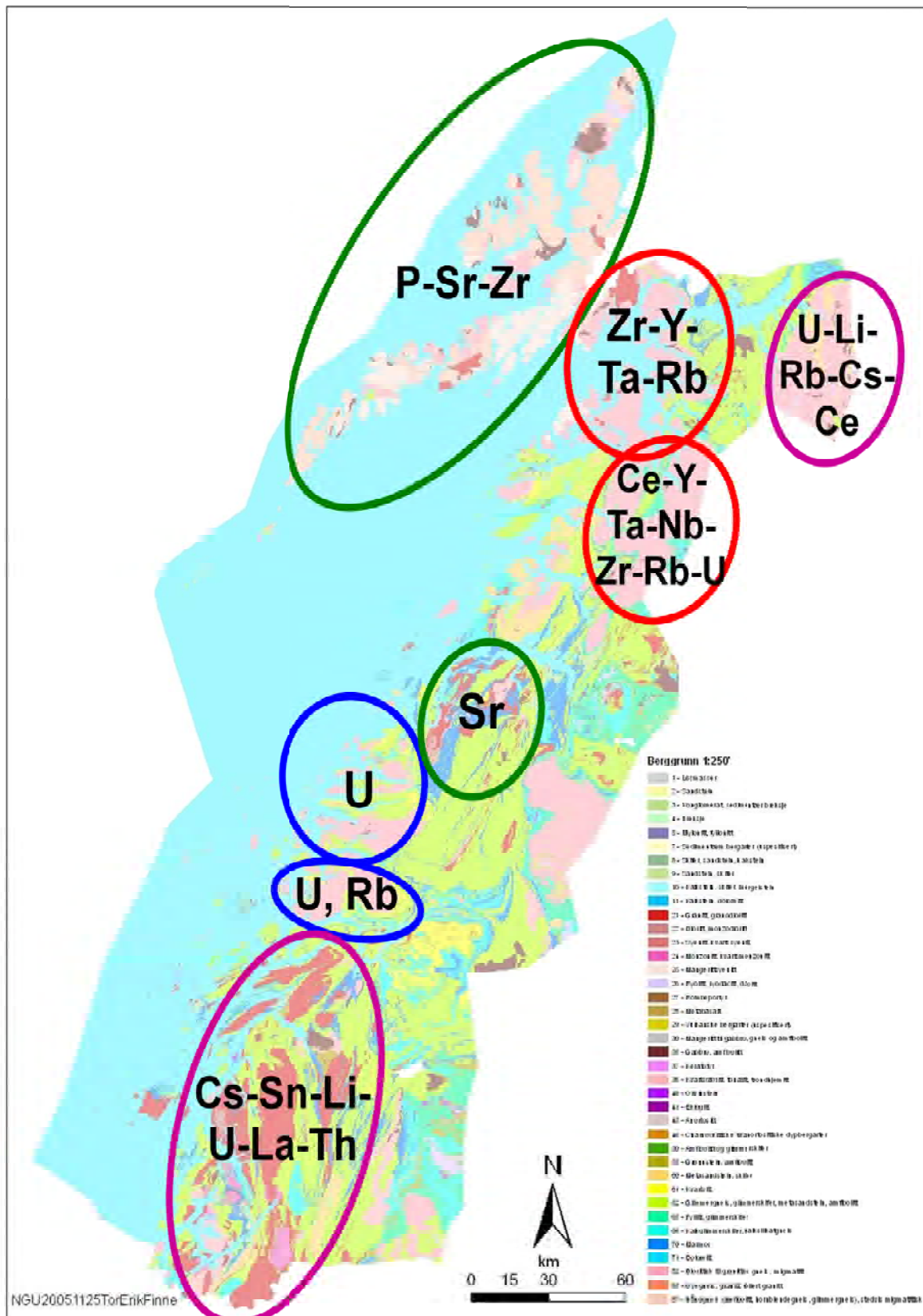
I forbindelse med arbeidet med geokjemien for bekkersedimentene i Nordland bidro T.E. Finne med utskrivning av de geokjemiske kartene.

Resultat og vurdering: Arbeidet førte til at følgende spesialmetallprovinser kunne defineres (Figur 46):

1. Området som dekkes av Bindalsbatolittens granittintrusjoner kjennetegnes ved anriking av Cs, Sn, Li, U, La og Th som er typisk for peraluminøse granittmassiv og assosierte pegmatitter.
2. Grunnfjellsvinduene i området mellom Sjona-Høgtuva og Gildeskål er anriket på U. Gneisgranittene i det første området fører dessuten leukokratiske typer som også er anriket på Rb.
3. Misvær-Beiarnområdet er kjennetegnet ved mange enkeltstående anomalier av Sr i bekkersedimenter (Figur 40) og er i Arstadalen i Beiarn og Skredelvdalen i Misvær sammenfallende med anomalier av P, La og Ce. Dette kan indikere tilstedeværelsen av karbonatitter, eventuelt i tilknytning til alkaline silikatbergarter.
4. Anriking av Ce, Y, Ta, Nb, Zr, Rb og/eller Li i området som dekkes av granittiske TIB plutoner i Tysfjord-Hamarøy regionen. Anomaliene gjenspeiler sannsynligvis anrikningen av disse elementer i gneisgranittene og pegmatittene.
5. Rombakvinduet kjennetegnes ved hyppige anomalier av U, Li, Rb, Cs og har visse likhetstrekk med anomaliene assosiert med Bindalsbatolitten.
6. Lofoten-Vesterålen mangeritt-kompleks peker seg ut som en tydelig P, Sr og Zr anomal provins. Spesielt i området rundt Lødingen granitt-syenitt kompleks opptrer det mange Zr anomalier, mens mangerittene i Lofoten fører assosiert P anomalier.
7. Det ble konkludert med at følgende geokjemiske provinser skulle følges opp:
 - a. Beiarn-Misvær området for karbonatitter og eventuelt assosierte alkaline komplekser anriket på P, Y og REE.
 - b. Potensielle områder med greisen-omvandlete granitter og assosierte LCT pegmatitter i Visten-Storbørja området i Velfjord.
 - c. Potensielt zirkon-rike bergarter i Lødingen området, Tysfjord og Lofoten. Oppfølging av P anomalier i Lofoten ble satt på vent.
 - d. Oppfølging av potensielle Nb-, Y-, og/eller REE-rike alkaline granitter blant TIB plutonene i Nordland ble også satt på vent inntil idéer for utnyttelse av Høgtuva forekomsten var ferdig utredet.

Hver av disse provinsene ble senere i NM fulgt opp som egne delprosjekter innenfor spesialmetallene.

Kontakt med interessenter: Det omfattende arbeidet som ble gjort med gjennomgangen av de geokjemiske dataene ga ikke grunnlag for kontakt med interessenter. Slike kontakter er tatt i enkelte av de oppfølgende delprosjektene.



Figur 46. Geologisk kart over fylket med angivelse av provinser hvor bekkesedimenter er anrikt på spesialmetaller (Cs, Li, Ta, Nb, Y, La, Ce, Rb, Sr og Zr), energimetaller (U, Th) og assosierte grunnstoffer (Sn og P).

4.3 Muligheter for karbonatitter og assosierte P, REE og Y forekomster i Nordland

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: T. Vrålstad

Idégrunnlag: På et fagmøte om mulige mineraliseringer av Be, REE, Nb, Zr og P i Nordland som ble avholdt i oktober 2003 framsatte T. Vrålstad idéen om at det kunne opptre deformerte intrusjoner av karbonatitt i berggrunnen i Nordland. Tanken var basert på at han i sitt arbeid med å påvise råstoffer til fosfatgjødsel for Norsk Hydro hadde kommet over en mulig karbonatittforekomst i Kaledonidene i Jämtland. Slike Ca-rike og apatitt-rike bergarter er i finknust tilstand i morene- og ras-masse en ypperlig gjødsel (Figur 47). Prästrun forekomsten i Jämtland ble funnet av SGU under oppfølging av radiometriske anomalier fra flymålinger i letingen etter uranforekomster på 1970 og 80-tallet (Löfroth & Petterson 1982). Prästrun Nb-U forekomst i Sevedekket (øvre allokton) på sørøst-kanten av Grong-Olden vinduet i Sverige kunne representere en karbonatitt på grunn av tilstedeværelsen av apatitt-ganger og kalkspatførende nefelinsyenitter med Nb og U mineralisering. Det ble senere diskutert om det var lett å se forskjellen på deformerte karbonatitter og deformerte sedimentære marmorerte i felt. Tanken var om noen av de mange deformerte marmor-enheter i Nordland kunne representere magmatiske karbonatitter (Vrålstad et al. 2005).

Oppfølging: Et essensielt spørsmål i den sammenheng ble derfor om hvordan deformerte karbonatitter gjenkjennes i felt og i laboratorium og hvordan de skiller seg fra metamorfe sedimentære karbonatbergarter og hydrotermal-metasomatiske karbonat-ganger og -omvandlinger. Det ble bestemt på møtet at 1) det skulle foretas en befarings av Prästrun Nb-U-P forekomst i Jämtland og at 2) P.M. Ihlen skulle gjøre et litteraturstudium om deformerte karbonatitter og deres karakteristika.

Befaringen av Prästrun forekomst ble foretatt av T. Vrålstad, I. Lindahl og P.M. Ihlen i begynnelsen av juni 2004. Bergartene og mineraliseringene som er beskrevet i SGU rapportene (Löfroth & Petterson 1882, Jonsson & Stephens 2004) ble gjenfunnet under befaringsen i sterkt overdekket terreng. De mineraliserte nefelinsyenittene og de rene apatittårene kan best tolkes som resultater av fenittisering og andre typer av alkalimetasomatose distalt til karbonatittintrusjoner. Med bruk av scintillometer var det mulig å påvise slike intrusjoner. Områder med sterkt radioaktive karbonatganger som gjennomsetter flatliggende psammitt ble påvist langs bredden av Åkersjön på dens NV-ende og i veiskjæringer i en nærliggende bebyggelse mot NØ.

Det ble konkludert med at den letteste måten å skille ut områder på regionalt nivå i Nordland hvor det er muligheter for opptreden av karbonatitter gjøres ved å gå igjennom resultatene fra regional bekkesediment- og løsmasse-geokjemi som finnes for Nord-Norge fra 1988-89. Gjennomgangen av disse data ble utført av P.M. Ihlen og lagt frem våren 2005 sammen med en plan for hvordan geokjemiske, litologiske og geologiske data kunne samtolkes for å påvise områder med potensielle magmatiske karbonatitter.

Resultater og vurderinger: Resultatene av litteraturstudiet ble presentert på møte i NM i desember 2005 på grunnlag av et arbeidsnotat. I de kaledonske dekkeenhetene i Norge finnes det bare sikre forekomster av magmatiske karbonatitter i Seiland magmatiske provins som utgjør en komponent av bergartskompleksene i Midtre Allokton i Finnmark (Robins 1996).

Karbonatittmagmatismen på Seiland (ca. 540 mill. år) skjedde sannsynligvis langs ytterkanten av Baltika omtrent samtidig med dannelsen av de kratonske karbonatittene i Fen (ca. 583 mill. år) og på Alnö (600-530 mill. år). De to sistnevnte som er udeformerte er klart anrikt på P, Sr, Nb, Y, LREE, Zr, Th, U, Ba og F, mens de deformerte karbonatittene på Seiland med en foliert eller flytebåndet struktur kun fører forhøyete verdier av P, Sr og Ba og lave verdier av Nb, Y og LREE. Bergartene i Sevedekket som også antas å ha blitt dannet langs ytterkanten av Baltika og i omtrent samme tidsrom som de alkaline kompleksene på Seiland, fører også alkaline kompleks som ved Prästrun i Jämtland hvor det opptrer sterkt deformerte kalkspatførende nefelinsyenittiske gneiser med anrikninger av komplekse oksider sv Nb, U, Ca, Ti, Ta, Ce, Th og Y (betafitt) og ganger av ren apatitt (Löfroth & Petterson 1982).

Magmatiske karbonatitter er meget vanskelige å skille fra andre typer av deformerte karbonatbergarter i felt. Det beste feltkjennetegnet på karbonatitt-magmatisme er opptreden av apatitt-rike karbonatbergarter, alkaline ultramafiske bergarter (f.eks melteigitt eller alkalipyroksenitt) og fenittiserte silikatbergarter. Fenittisering representerer en alkalimetasomatisk prosess hvor kvarts fortrenses av K-feltspat (lokalt bare av albitt), plagioklas av nefelin og mafiske mineraler av alkali-amfibol, alkali-pyroksen og flogopitt. Fenittisering av granittiske bergarter fører ofte til utvikling av pseudo-magmatiske bergarter som syeno-granitter, peralkaline syenitter og nefelinsyenitter.

Karbonatittenes økonomiske betydning ligger i uttak av apatitt, Nb-oksider, Y-REE-mineraler, Fe-oksider, baddeleyitt, Cu-sulfider, barytt, flusspat, strontianitt og en rekke andre industrimineraler inkludert nefelinsyenittiske fenitter (Stjernøy).

Den beste måten å fastslå karbonatbergarters petrogenese er gjennom deres mineralogi og kjemiske sammensetning. Karbonatitter vil være kjennetegnet ved anrikning av apatitt fra noen få prosent til nærmest masser av ren apatitt, såkalt apatititter. Dessuten opptrer i underordnet mengde en rekke Fe-Ti oksider, zirkon, baddeleyitt, strontianitt, celestitt og Y-REE-førende mineraler som titanitt, ortitt, monazitt, xenotim, ceritt, apatitt/britholitt og i en del tilfelle også pyroklor og andre komplekse Nb-førende mineraler med Th og U. Flusspat, til dels anrikt på Y, finnes ofte i betydelige mengder. Men verken den eller barytten representerer diagnostiske mineraler da det finnes mange eksempler på hydrotermale og sedimentære karbonatbergarter med flusspat og barytt. Sedimentær marmor og hydrotermalt avsatte karbonater fra disse er spesielt kjennetegnet ved mangel på mineraler anrikt på Sr, Y, REE, Nb og/eller Th.

Hoved- og sporelement-analyser av deformerte karbonatbergarter vil være et godt hjelpemiddel til å gjenkjenne marmor som magmatiske karbonatitter. I motsetning til sedimentære, og i de fleste tilfellene hydrotermale karbonatbergarter, vil de magmatiske karbonatittene føre høyt innhold av P_2O_5 ($> 2\%$) og Sr ($>1,0\%$), samt dessuten være klart anrikt på Ba, LREE og Y. Noen karbonatitter kan også være anrikt på Nb, Zr, Rb, Th og U. Over 90 % av prøvene fra sedimentære kalkspatmarmor i Ofotenområdet inneholder $<0,3\%$ P_2O_5 (maks. 0,78 %) og $<0,3\%$ Sr (maks. 0,87 % Sr). Derfor vil P og Sr være gode indikatorelementer for magmatiske karbonatitter. Dette gjelder også Y, Nb, LREE og Zr som i likhet med P og Sr er elementer som lett lar seg analysere med standard laboratorium utstyr (f.eks. XRF, ICP-AES). Stabile isotoper som karbon og oksygen og radiogene isotoper (Sm/Nd) er et mer sofistikert redskap i klassifiseringen av karbonatbergarter. Men bruk av

disse isotoper krever en del basiskunnskap om isotopsystemer for å kunne gjøre fornuftige tolkninger av analyseverdiene.

Ved en eventuell prospekteringskampanje etter karbonatitter i Kaledonidene bør fokus rettes mot Sevedekket og tektonostratigrafisk underliggende dekkeserier inklusiv Midtre Alloktion med kontinentrand-type karbonatitter, og de mer kort-transporterte dekkene i Undre Alloktion med muligheter for kraton-type karbonatitter. Bergartssekvensene i de øvre deler av Øvre Alloktion (Køli dekkekompleks) er uinteressante som geotoper for karbonatitter da disse representerer avsetninger i tilknytning til øybuer og marginalbassenger utenfor kanten av Baltika og Laurentia. Øverste Alloktion (f.eks. Helgelands- og Rødingsfjelldekket) derimot kan ha muligheter for opptreden av karbonatitter, da disse dekkene i stor grad representerer sen-proterozoiske sedimentære platformavsetninger på Grenville grunnfjell langs kanten av Laurentia.

Kontakt med interessenter: T. Vrålstad var på dette tidspunkt ansatt i Yara International ASA som gjennomførte en prospekteringskampanje etter apatitt i Jämtland.



Figur 47. Noen av Idégruppens medlemmer (O. Torstensen, T. Vrålstad i midten og P.M. Ihlen bakerst) i kraftig vegetasjon typisk for Misværdalen pyroksenittmassiv i områder med karbonatitter og apatitt-rike pyroksenitter.

4.4 Spesialmetaller assosiert med TIB-intrusjoner og vulkanitter i Nordland

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: T. Vrålstad og P.M. Ihlen

Idégrunnlag: Før starten av NM i 2003 var det kjent flere forekomster av spesialmetaller som inngår som viktige bestanddeler i mange høy-teknologiske produkter. Be-forekomsten med fenakitt ved Bordvedåga SØ av Høgtuva i Rana omfatter en mineralisering som også er anriktet på Y, HREE, Sn og U. Forekomstene opptrer i paleoproterozoiske TIB plutoner som i Tysfjord-Hamarøy-Sørfold området inneholder pegmatitter som fører en rekke forskjellige komplekst sammensatte mineraler av Y, REE, Be, Nb, Th, U, og F typisk for NYF pegmatitter. Det finnes også publiserte data som viser at TIB granittene kan ha høyt innhold LREE, Y, Nb, Zr, Th og F som dels er knyttet til opptreden av allanitt, flusspat og zirkon. Det var derfor naturlig å stille seg spørsmålet om noen av TIB intrusjonene også andre steder kunne ha gitt opphav til høyt differensierte faser med økonomisk utnyttbare konsentrasjoner av Be, Sn, Li og Cs.

Oppfølging: P.M. Ihlen ble tildelt ansvaret for å gjøre et litteraturstudium av mineraliseringer knyttet til TIB plutoner og TIB vulkanitter i Kaledonidene i Nordland. Resultatene av studiet ble lagt frem som et arbeidsnotat for NM i desember 2003.

Resultater og vurderinger: P.M. Ihlen trakk følgende konklusjoner angående TIB bergartenes økonomiske potensial:

- De mest interessante elementene som finnes i disse bergartene i Nordland er uten tvil Zr, Be og HREE som finnes i Høgtuva-type forekomster. Hvis REE, og spesielt HREE, er knyttet til fluor-karbonater ville dette lette en eventuell hydrometallurgisk behandling. Utvikling av en prosess som kan skape salgbare kjemiske produkter (REE-oksider, Y_2O_3 og Nb_2O_3) i kombinasjon med mineralkonsentrater (fenakitt, beryll, zirkon, etc.) er den eneste farbare vei å gå.
- Ingen prosesseringsverk vil i dag kjøpe konsentrater av komplekse REE-mineraler med varierende sammensetning og høyt innhold av Th og U.
- Kravet industrien stiller til selger av mineralkonsentrater er langsiktige leveranser og konsentrater med relativt konstant sammensetning. Det anbefales at de tidligere påviste mineraliseringene av spesialmetaller i Gjerdal, Hellembotn og Sommarset undersøkes og prøvetas for SEM-analyser for å finne ut fordelingen av high-tech elementene innen og mellom de enkelte mineraler. Dessuten at det tas ut prøver fra Bordvedåga og Sommarset for gravimetrisk mineralseparering og utlutningsforsøk.
- Prøver av granitter med forskjellig radioaktivitet (lav, middels og høy) samles i Tysfjord-området og Høgtuva-vinduet, og tungmineral-konsentrater av granittene undersøkes med SEM for å teste sammenhengen mellom radioaktivitet og mengde av mineraler med spesialmetaller for eventuell bruk i fremtidige prospekteringskampanjer.

Det tok nærmere 8 år før resultatene av P.M. Ihlens litteraturstudium ble videreført av forsker A. Müller ved NGU, som gjorde en fornyet innsamling av data fra mineralressursdatabaser, bergarkiv-rapporter, NGU-rapporter og publikasjoner (Müller 2010). Disse data ble vurdert ut

fra oppdaterte priser for spesialmetallene for å nå frem til potensielle leteobjekter. Konklusjonen ble at silika-rike subalkaline TIB granitter i Tysfjord området kunne ha et potensial for oppreden av økonomiske konsentrasjoner av Zr, REE og Y forekomster. Spesielt høyt fraksjonerte granitter/gneisgranitter med lavt $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{CaO}$ forhold (< 6) kunne føre interessante mengder av zirkon og allanitt. Disse mulighetene ble testet året etter med innsamling av prøver fra gneisgranitter i Hatten-Tilthornet massivet, Hundholmen (Figur 48), Kjerrfjellet, Hellemobotn, Reinoksskardet, øvre Gjerdalen, Sommarset, Rismålsvatnet og Memaurvatnet (Müller 2011). $\text{REO}+\text{Y}_2\text{O}_3$ innholdet i prøvene varierte mellom 0,004-0,203 vekt %. De høyeste verdiene ble påvist i Hellemobotn og Reinoksskardet med henholdsvis gjennomsnitt på 0,15 vekt % og 0,12 vekt %. Det ble heller ikke påvist høye konsentrasjoner av Zr. Siden $\text{REO}+\text{Y}_2\text{O}_3$ innholdet burde ha ligget på et mye høyere nivå for å være økonomisk interessant (1,5-2,0 vekt %) ble prosjektet lagt ned samtidig med nedleggelsen av NM.

Kontakt med interessenter: Delprosjektet fikk økonomisk støtte fra selskapet Norwegian Separation Technology som var interessert i utvinning av Y+REE.



Figur 48. Grå allanitt-anrikt kvarts-monzonitt som utgjør vertsbergarten for Hundholmenpegmatitten i Tysfjord. Mynten er 26 mm i diameter.

4.5 Oppfølging av zirkonium-anomalier i bekkersedimenter i nordlige Nordland

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

Idégrunnlag: Etter en gjennomgang av innsamlede geokjemiske data for bekkersedimenter og morene ble det definert en rekke geokjemiske provinser for spesialmetaller (kapitel 4.2). En zirkonium (Zr) provins som dekker øyene Hinnøya, Langøya, Hadseløya, Austvågøya og Hamarøy ble påvist fra bekkersediment-geokjemi (Wolden 1987, Næss 1988; Figur 49). Det ble besluttet av Idégruppen for NM å gjennomføre en oppfølging sommeren 2006. Det som i denne sammenheng er interessant er mineralet zirkon for produksjon av zirkonium metall fra Zr-rike alkaline granittiske intrusjoner og dypforvittringsprodukter.

Oppfølging: Undersøkelsene ble gjennomførte i juli 2006 med befaring av de fleste av anomalipunktene for å forsøke å finne fram til årsaken. Berggrunnen i de enkelte områdene ble vurdert ved oppfølgingen. De kvartærgeologiske forholdene og typen sedimentprøver som sannsynligvis var årsaken til anomaliene ble også forsøkt vurdert av L. Furuhaug og I. Lindahl.

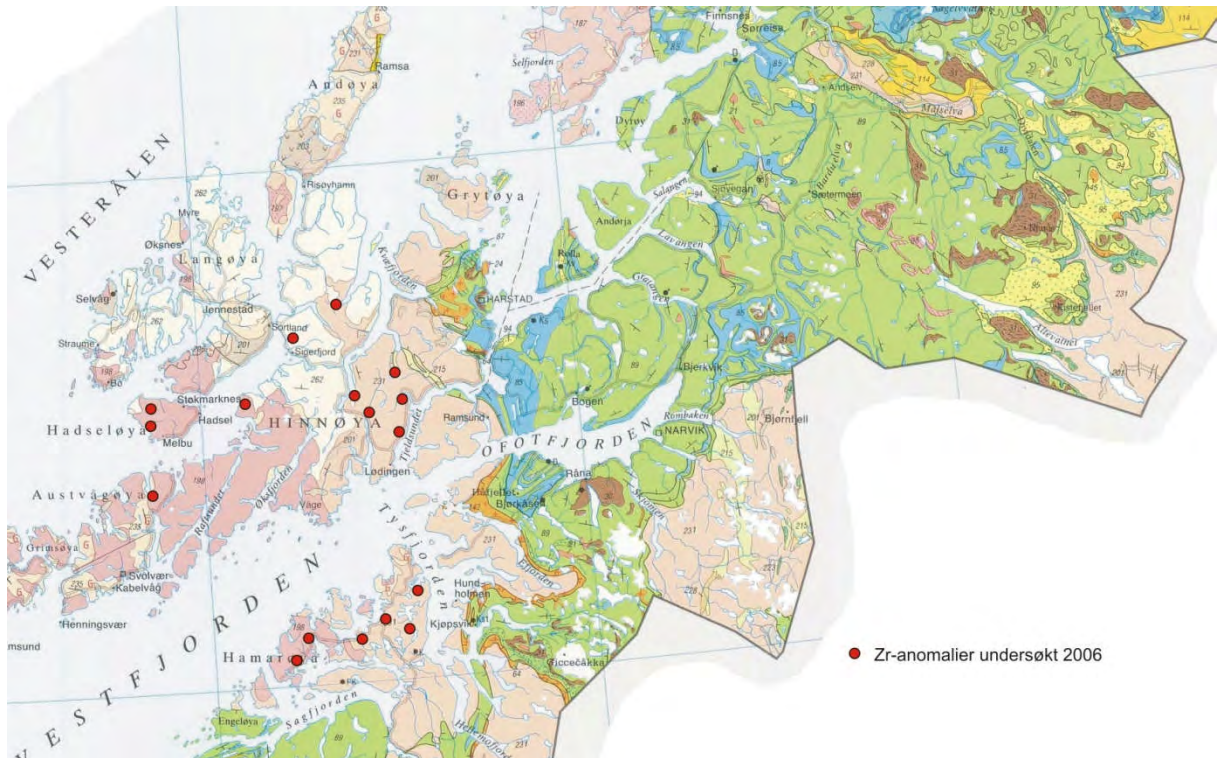
Det ble brukt et bærbart XRF-instrument i felt for direkte analyse av Zr, mest på blotninger av bergart (Figur 50), men også på sedimenter og in situ forvittringsmateriale. Anomaliene vist på Figur 49 ble undersøkt i tilsammen 18 prøvelokaliteter med 20-50 analysepunkter på hvert sted på bergart ved prøvepunktet og langs bekkene hvor sedimentene har gitt anomalier.

Resultat og vurdering: Mulige økonomisk interessante anrikninger av zirkon burde ha kommet fram med de undersøkelsene som ble gjort. Alle XRF analyseverdiene ligger svært langt under interessante økonomiske gehalter på omkring 2 % zirkon.

Årsaken til Zr-anomaliene på de fleste lokalitetene er at bekken har erodert forvittringsgrus fra granittiske bergarter, samt morene og glacifluvial sand og grusavsetninger. På slike lokaliteter er de finkornige tungmineralene blitt oppkonsentrert gjentatte ganger med utvasking og reavsetning. Anrikninger av tungmineralene magnetitt, granat og noe zirkon ble registrert visuelt på noen av lokalitetene.

Resultatene fra undersøkelsene var såpass negative at det er meget liten sannsynlighet for at det finnes noen økonomisk interessante anrikninger av Zr i bergartene i de undersøkte områdene. Delprosjektet ble derfor avsluttet umiddelbart. Et internt NGU- notat av I. Lindahl og L. Furuhaug gir de detaljerte resultatene fra de undersøkte lokalitetene.

Kontakt med interessenter: Ingen kontakt ble tatt med mulige interessenter.



Figur 49. Geologisk kart over nordlige del av fylket med angivelse av undersøkte segmenter av bekker hvor bekkesedimentene fører anomalmt innhold av zirkonium.



Figur 50. Oppfølging av Zr-anomali langs elv i Fiskfjorden i Tjeldsund kommune. Måling av Zr-innholdet i bekkesedimenter og fast fjell ble utført av L. Furuhaug med bærbar XRF analysator.

4.6 Spesialmetaller i Nord-Helgeland pegmatitt-distrikt

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: P. M. Ihlen

Idégrunnlag: I startfasen av NM høsten 2003 var spesialmetaller, høy-ren kvarts og granat forekomsttyper som ble vurdert som interessante grunnet stor utbredelse av granat-førende skifre og gneiser, samt opptreden av granittiske pegmatitter i Nord-Helgeland med potensial for opptreden av høyren kvarts, muskovitt, Li-pyrokseen (spodumen) og pollucitt, tinnstein og Ta-Nb-oksider. Disse mineraler med unntak av pollucitt opptrer i Ågskard-pegmatitten i Meløy kommune. Da Rødøy kommune ba NGU om geologisk bistand angående en nylig oppdaget granatforekomst på Telnes ble det bestemt at denne lokaliteten sammen med Ågskardet og andre pegmatitt-brudd i området skulle befares sommeren 2004 (Figur 45). Dette var starten på en flerårig aktivitet innenfor de to hovedprosjektene silika-råstoffer og spesialmetaller.

Oppfølging:

Juni 2004: To dagers befarings av pegmatitt brudd i Meløy, Rødøy og Lurøy kommuner med hovedvekt på pegmatitten i Ågskardet i Meløy kommune. Pegmatittisk kvarts ble innsamlet for LA-ICP-MS analyser fra fire av de befarte områdene.

Okt. 2004: Li-pegmatitter tilsvarende den i Ågskardet kan også inneholde pollucitt som Yara Formates AS kan bruke som råstoff i produksjonen av cesiumformat (en klar tung væske som brukes i oljeboring). Selskapet ble kontaktet og det sa seg villig til å inngå et samarbeid med NGU med 50:50 fordeling av totalkostnader knyttet til en 14 dagers befarings med bil og båt av 40 pegmatitter som hovedsakelig opptrer i kaledonske skifre og gneiser i Nord-Helgeland, dvs. i Gildeskål, Meløy, Rødøy og Lurøy kommuner. Dessuten ble Ågskardet Li-pegmatitt (Figur 51) detaljprøvetatt og geologisk kartlagt i skala 1:500. Det ble i alt innsamlet 270 prøver fra fem Li-pegmatitter i regionen. Disse ble testet med kjemisk fargereaksjon for opptreden av pollucitt som er vanskelig å skille i håndstykker fra grå massiv kvarts og feltspat. Det ble også innsamlet prøver av pegmatittisk kvarts for LA-ICP-MS analyser (Ihlen 2004).

Sept. 2005: 14 dagers feltarbeid med oppretting av det geologiske kartet over Ågskardpegmatitten gitt i Ihlen (2004), samt supplerende befarings av pegmatitter i de proterozoiske gneisgranittene (TIB granitter) i områder som ble befart i 2004.

Juli-aug. 2006: 10 dagers feltarbeid inklusiv befarings med helikopter i fjellområdene vest for Svartisen for å avslutte undersøkelsene av pegmatitter i Nord-Helgeland. Båt- og helikopter-transport i felt ble dels støttet med midler fra Meløy Næringsutvikling og Rødøy kommune.

Resultat og vurdering:

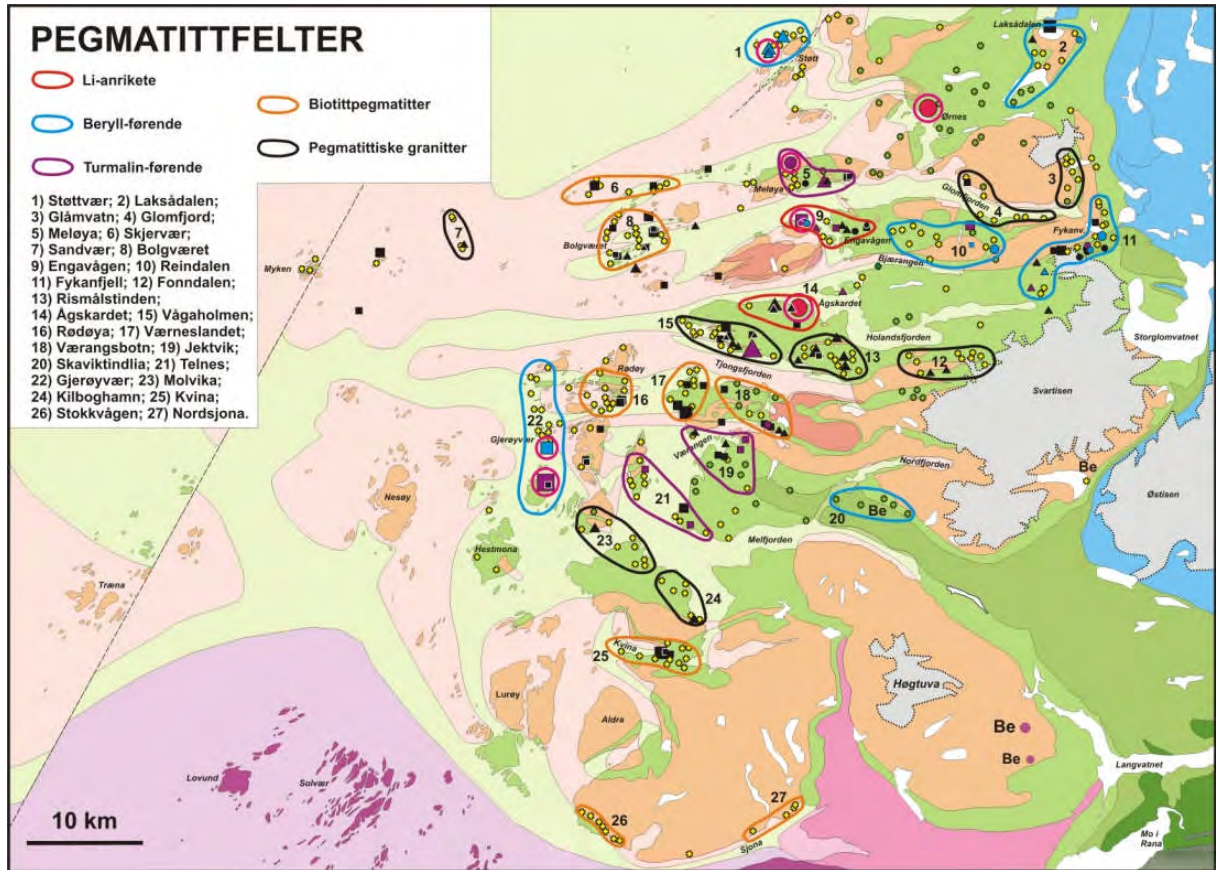
1. Pollucitt ble ikke påvist i noen av de fem Li-pegmatittene i Nord-Helgeland pegmatitt-distrikt som ble detaljundersøkt for Yara Formates AS i 2004.

2. To av Li-pegmatittene samt 38 andre typer pegmatitter var kjent fra litteraturen før befaringene startet i 2004. Ved avslutningen i 2006 var tallet steget til ca. 600 kropper som utgjør Nord-Helgeland pegmatittdistrikt (Figur 52).
3. Pegmatittene i distriktet er av tidlig devonsk alder (ca. 400 mill. år) og er karakterisert ved opptreden av muskovitt-, turmalin-, beryll- og/eller Li-pegmatitter. Disse pegmatittene har størst utbredelse i de kaledonske dekkene nær grensen mot innskjøvne enheter av deformerte TIB granitter (ca. 1800 mill. år). Her danner de pegmatittfelter, som opptar i tog eller soner, karakterisert ved spesifikke mineraler bl.a. beryll-muskovitt pegmatitter i Grønøy-Fykanfjell-beltet. Gneisgranittene er kjennetegnet ved utvikling av foliasjons-konkordante migmatittårer og spredte diskordante ganger av biotitt-førende pegmatitter som opptrer mot grensen av de kaledonske skifrene. Noen steder krysser pegmatittgangene denne grensen hvor de kan være sterkt isoklinalt foldet og danne stor-skala ptygmatiske folder.
4. Det ble i perioden 2004-2006 gjort en omfattende gjennomgang av regionens pegmatitter med hensyn til opptreden av pollucitt, Li-mineraler, muskovitt, feltspat, tantal, tinnstein, beryll, høyren kvarts og ren kvartsfeltspatmasse til bruk i keramiske fliser. Til tross for dette ble det ikke påvist pegmatitter som hadde dimensjoner, kjemisk kvalitet av mineralene og/eller mengde av utnyttbare mineraler som egnet seg for drift.

Kontakt med interessenter: Delprosjektet fikk økonomisk støtte av Yara Formates AS til å teste Li- og Be-pegmatittene i Meløy og Rødøy kommuner for pollucitt som råstoff i fremstilling av cesiumformat. Ingen etterfølgende kontakt grunnet negativt resultat.



Figur 51. Hvit cleavelanditt-omvandlet pegmatitt med aggregater av grå kvarts (2 cm) og rosa Li-kloritt (cookitt). Ågskardet Li-pegmatitt. Lengste side av bildet er 20 cm.



Figur 52. Forenklet geologisk kart over Nord-Helgeland pegmatitt-distrikt som er inndelt på pegmatitt- type med utgangspunkt i mineralogi og struktur. Kartet er basert på 1:250 000 kartblad Mo i Rana (Gustavson & Gjelle 1991).

4.7 Spesialmetaller i Bordvedåga beryllium-forekomst, Høgtuva, Rana kommune

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: P.M. Ihlen, I. Lindahl og T. Vrålstad

Idégrunnlag: Bordvedåga-forekomsten med Be, U og HREE ble undersøkt i perioden 1980-1990. Arbeidene omfattet detaljert geologisk kartlegging av forekomstområdet, detaljert litogeokjemisk og radiometriske bakkemålinger, diamantboring og direkte Be-analyser. Grunnfjellsvinduene Høgtuva og Sjona (Figur 45) ble dekket med geologisk kartlegging, litogeokjemi og kombinerte geofysiske helikoptermålinger. Gjennomføring av arbeidene ble gjort av NGU med finansiering også fra Nordsulfid A/S, Nfk, NTNf og Rana Utviklingsselskap. Nordsulfid A/S hadde sikret seg bergrettighetene i feltet. Samlet ble det brukt mer enn 10 mill. kr. på undersøkelsene. Arbeidene er beskrevet i en rekke NGU-rapporter som det er referert til både i den norske og i den engelske samlerapporten for undersøkelsene (Wilberg & Lindahl 1991a, b).

Be-forekomsten opptrer i en forgneiset sone i TIB granitter i den østlige delen av Høgtuva-vinduet. Mineraliseringen ble funnet ved radiometriske flymålinger i regi av NGUs Uranprosjekt rundt 1980. Ettersom oppfølgingen av anomalien skred fram ble det funnet at deler av den radioaktive sonen også førte en Be-mineralisering av fenakitt (Figurene 53 & 54). Sonen er i tillegg anrikt på en rekke spesialmetaller og sjeldne jordarter, spesielt HREE. Undersøkelsene medførte også at det ble funnet et for verden nytt Be-førende mineral. Mineralet fikk navnet Høgtuvaitt som er et et komplekst sammensatt Be-silikat (Figur 54, Grauch et al. 1994).

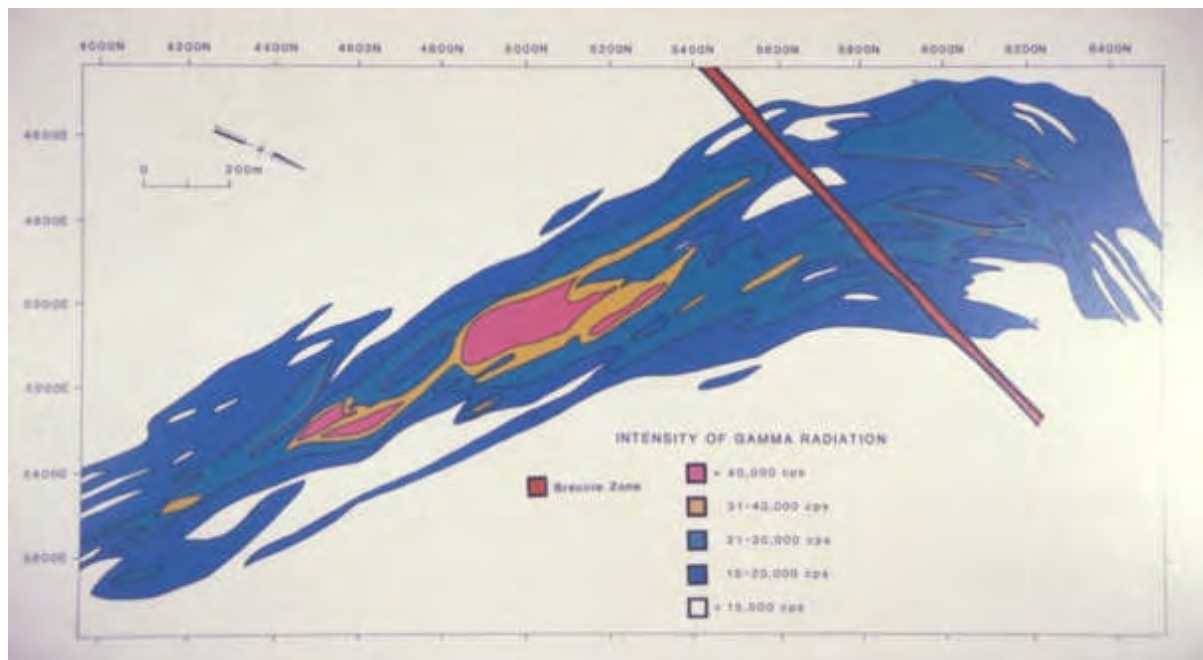
Dersom totalverdien av alle de forskjellige spesielle metallene i forekomsten beregnes blir malmverdien pr. tonn bergart meget høy. Den komplekse mineralogien i forekomsten gjør det imidlertid vanskelig å få ut de spesielle metallene. De enkelte spesialmetallene sitter også i flere forskjellige mineraler. Oppredningsforsøk viste at utvinningen av Be kan gjøres best ved å flotere ut et høyverdig Be-konsentrat av mineralet fenakitt (Figur 44). De andre spesialmetallene er vanskeligere å få ut av bergarten. I undersøkelsene ble det tenkt at veien å gå må være å få mineralene som fører spesialmetallene samlet i et tungmineral-konsentrat ved å fjerne hovedmineralene feltspat og kvarts som utgjør ca. 80 % av bergarten (Figurene 54 og 55).

Etter de gjennomførte undersøkelsene ved Bordvedåga har forskjellige selskaper hatt rettighetene til feltet, men ingen har videreført arbeidene mot kommersialisering. I startfasen for NM hadde et selskap rettighetene til forekomsten. NM ønsket å vurdere mulighetene til å ekstrahere de forskjellige spesialmetallene i forekomsten. Saken ble diskutert i flere omganger. Undersøkelser ble til slutt bestemt gjennomført med hovedinnsats i 2004-2006, med fokus på zirkon.

Oppfølging: Det ble startet med å gjøre beregninger av malmverdien for alle metallene i den Be-mineraliserte sonen. Denne ble høy sammenlignet med det som er tilfellet med forekomster av basemetaller hvor mineralseparasjonen er enkel. Hovedproblemet er den komplekse mineralogien i forekomsten. Oversikten over metallfordelingen i mineraler som spesialmetallene opptrer i viser at hvert enkelt metall forekommer i mellom 5 og 10

forskjellige mineraler. Disse mineralene er vanskelige om ikke umulig å skille fra hverandre ved oppredning. En mulig måte å utvinne metallene er ved ekstraksjon ved luting.

Det ble gjennomført mineralseparasjon og en del analyser, spesielt på zirkon. Resultatene ble diskutert med fagfolk ved Yara International ASA. Det å gjennomføre en omfattende undersøkelse av spesialmetallene og mulige metoder for deres utvinning er et omfattende og kostnadskrevenende arbeid som NM ut fra sitt begrensede budsjett ikke kunne gjennomføre. Dette må gjøres med industripartner.

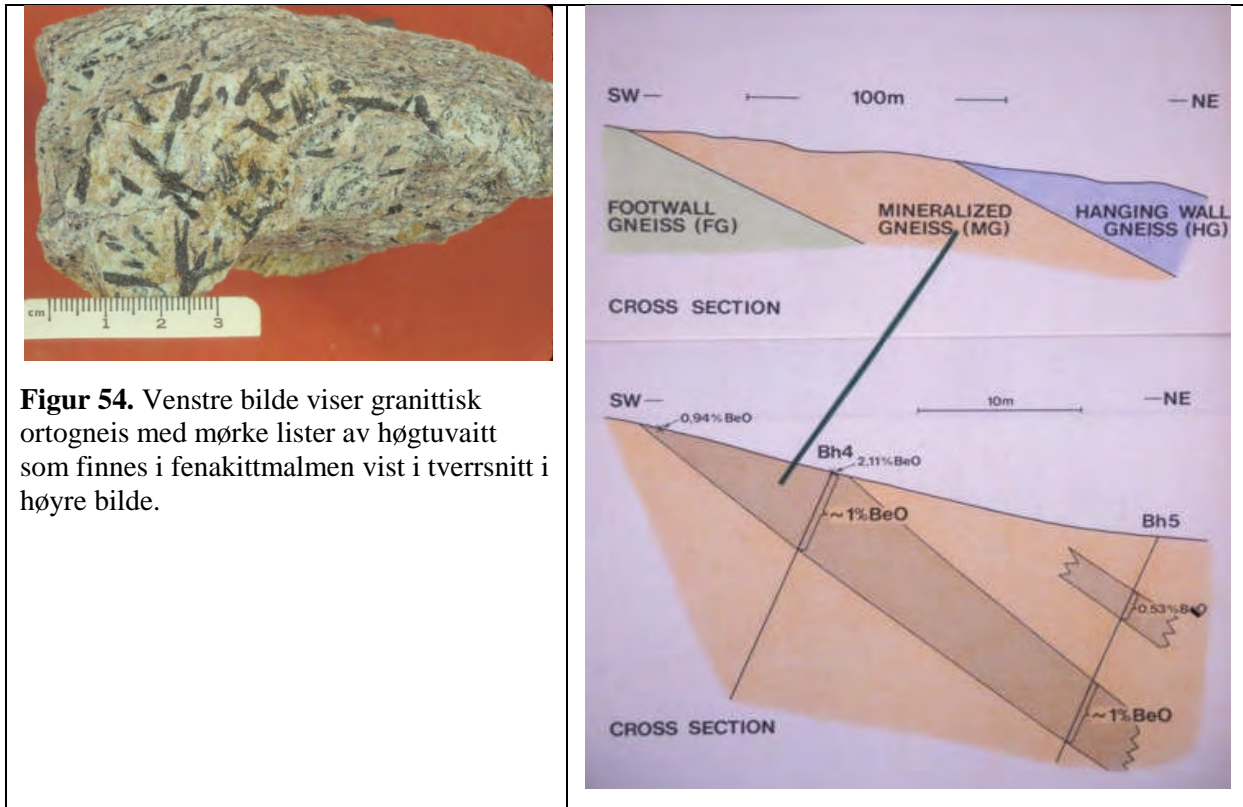


Figur 53. Kart som viser resultatet av bakkemålt radioaktivitet over Bordvedåga forekomst av Be og andre spesialmetaller. Be-mineraliseringen har de høyeste gehaltene i den mest radioaktive gneisen.

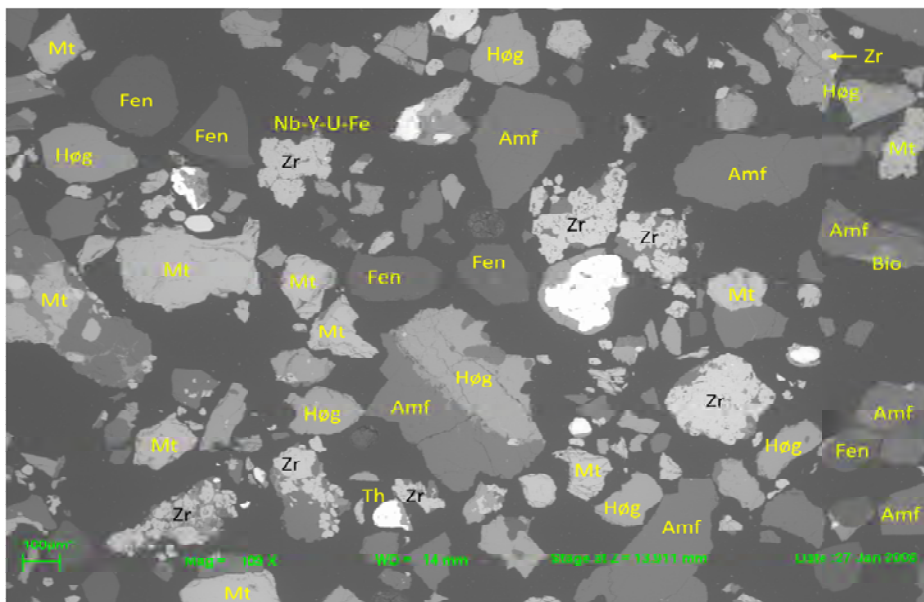
Resultat og vurdering: Et av metallene i forekomsten som gir et stort bidrag til malmverdien er zirkonium. Metallet sitter i mineralet zirkon som opptrer både i grovkornete og finkornete aggregater i Be-malmen. Zirkon ble separert ut fra tidligere innsamlet materiale fra forekomsten og analysert. Det viste seg at innholdet av uran og thorium i zirkon-konsentratet fra forekomsten er så høyt at markedet ikke vil ha et slikt produkt.

Bordevedåga forekomsten er tonnasjemessig en liten Be-forekomst, men er av interessant størrelse sett i relasjon til forbruket i Europa (Wilberg & Lindahl 1991a, b). Forekomsten inneholder i tillegg en rekke verdifulle spesialmetaller som er vanskelig å utvinne. Et tenkelig scenario er å fremstille et tungmineral-konsentrat ved å fjerne all feltspat og kvarts (ca. 80%) som ikke inneholder noen av spesialmetallene (Figur 55). Deretter kan en så gå videre med den resterende del med forsøk med mineralseparasjon og lutemetoder for å få ut spesialmetallene.

Kontakt med interessenter: NM hadde underveis kontakt med Yara International gjennom T. Vrålstad og Idégruppen hadde også kontakt med kompetansmiljøet i Glomfjord gjennom F. Nordmo.



Figur 54. Venstre bilde viser granittisk ortogneis med mørke lister av høgtuvaite som finnes i fenakittmalmen vist i tverrsnitt i høyre bilde.



Figur 55. Tungmineralkonsentrat ($> 2,96 \text{ g/cm}^3$) av fenakitt-malm på Bordvedåga undersøkt med SEM. Forkortelser er: Amf = amfibol, Fen = fenakitt, Høg = høgtuvaite, Mt = magnetitt, Nb-Y-U-Th (hvite korn) = spesialmetall-oksider, Th = thoritt og Zr = zirkon.

4.8 Potensielle greisen-omvandlete granitter og assosierte LTC-pegmatitter i Storbørja-Visten området, Sør-Helgeland

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: P.M. Ihlen

Idégrunnlag: Området fremkom ved gjennomgangen av de geokjemiske datasettene for fylket som en provins med NAA bekkesediment-anomalier på Cs, Sn, La, U, Th, Ta og Li. Dette er elementer som ofte opptrer i tilknytning til fraksjonerte og greisen-omvandlete granitter, samt LCT type pegmatitter som med unntak av pollucitt opptrer andre steder langs kysten nordover mot Gildeskål. Siden området berggrunn hovedsakelig består av granittintrusjoner tilhørende Bindalsbatolitten kunne pegmatitter med disse elementkombinasjoner opptre i området. Dessuten er området også kjent for hyppig opptreden av scheelitt i de meta-sedimentære bergartene. Det ble besluttet i Idégruppen å foreta en tredagers befarings av området.

Oppfølging: En 20 km lang travers gjennom den vestre del av Visten-Okstind granittmassiv ble gjennomført med helikopterstøtte i august 2006 (Figurene 45 og 56). Området ligger i dag innenfor Lomsdalen-Visten Nasjonalpark. Traversen startet i vest på kontakten mot de kaledonske skifrene på Kjemfjellet, 4 km nord for bunnen av Storbørja.

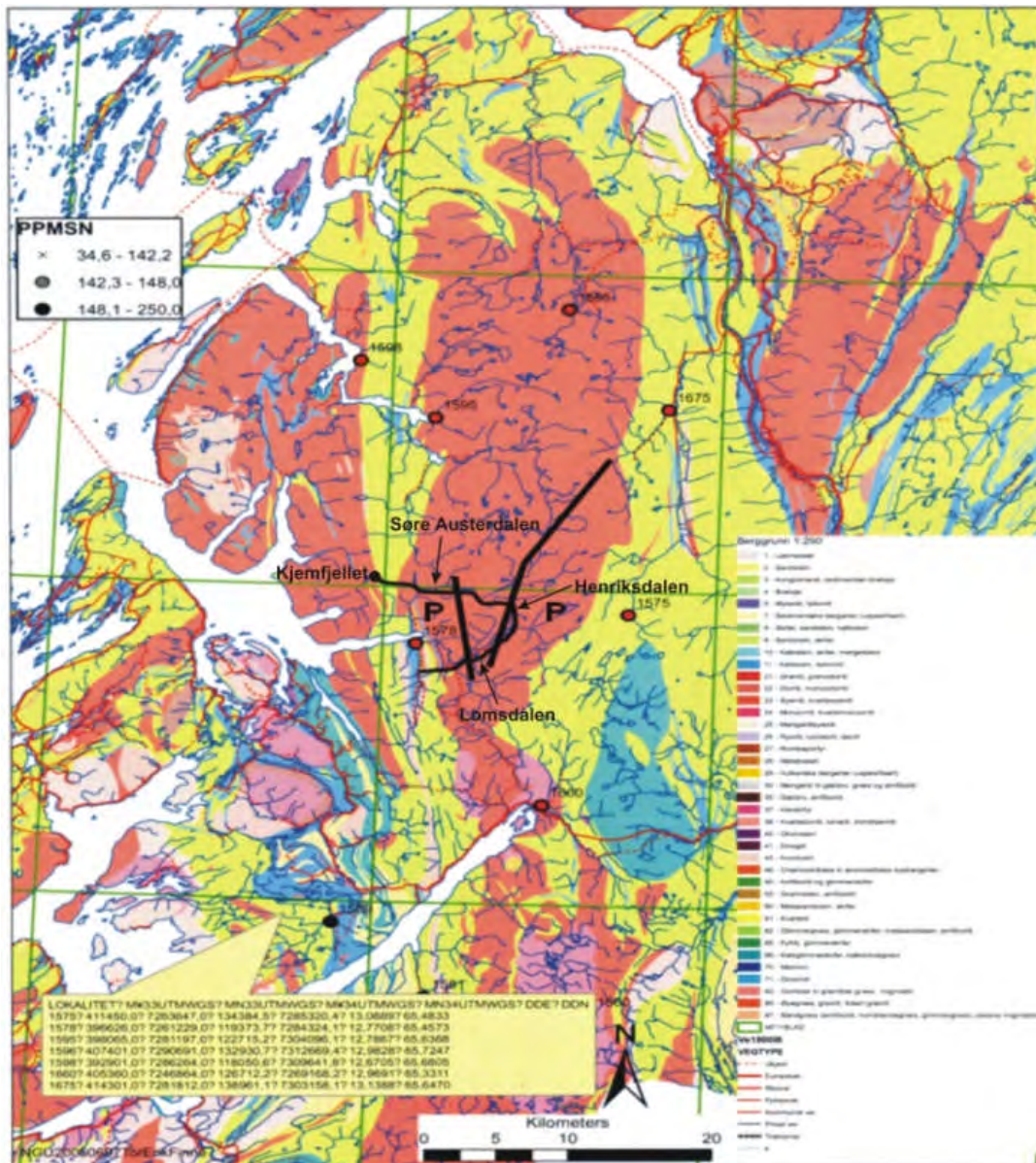
Undersøkelsene fortsatt østover gjennom granitten langs Søre Austerdalselva til vannet øverst i Henriksdalselva. Andre dag ble granittene sørover langs Henriksdalselva befart før kursen ble satt sørvestover langs Lomsdalen. Tredje dag fortsatte ferden inntil kontakten mot de kaledonske skifrene ble nådd i vest, nær nedstigningen til Storbørja.

Resultat og vurdering:

1. Visten-Okstind granittbatolitt omfatter en polyfase intrusjon av forskjellige teksturelle typer av granitter. I vest grenser middelskornete lys grå toglimmergranitter mot migmatittiske biotittgneiser som fører marmorhorisonter med uregelmessig fordelte konsentrasjoner av scheelitt. Disse suprakrustalene finnes også som spredte xenolitter i granitten de første 2 kilometerne østover fra kontakten.
2. I kontaktsonen opptrer dessuten tett av 0,1-2,0 m brede uregelmessige ganger og kropper av muskovitt- og granat-førende alkalifeltspat pegmatitter med randsoner av 3-5 cm kalifeltspat med interstitiell kvarts, biotitt og muskovitt. I kjernen av mange av de bredeste pegmatittene opptrer opptil 30 cm store alkalifeltspat krystaller i en kvartsmatriks som også fører 10 cm aggregater av muskovitt sammen med litt granat.
3. Østover langs Søre-Austerdalen avtar tettheten av pegmatittene som får mer gangform (mindre enn 1 m brede). Øverst i dalen opptrer en større kropp av pegmatittisk granitt som gjennomsetter en tett-porfyrisk middels- til grovkornet granitt. Ved vannet øverst i dalen, dvs. 4 km øst av gneiskontakten og videre mot Henriksdalen, består berggrunnen av lys grå middelskornet toglimmergranitt som i store partier er fri for pegmatitter.
4. Motsatte forhold ses i Lomsdalen hvor biotitt-granittene får økende innhold av muskovitt-pegmatitter og aplittganger vestover ut mot gneiskontakten i Storbørja.

5. Siden de fleste av de geokjemiske anomaliene av spesialmetaller opptrer langs ytterkontakten av batolittmassivet er det sannsynlig at pegmattene i kontaktsonen er kilden til spesialmetallene. Siden ingen av pegmatittene har dimensjoner nødvendig for utnyttelse og ingen greisen-omvandling ble påvist, har ingen av de innsamlete knakkprøvene blitt analysert.

Kontakt med interessenter: Ingen kontakt ble tatt med interessenter.



Figur 56. Bekkesediment-anomalier for Sn i Sør-Helgeland. Kartet viser traversen gjennom Bindalsbatolitten fra skifrene (gult område) på Kjemfjellet til Lomsdalen i Okstind-Visten granittmassiv (rødt område). Kontaktsonen er infiltrert av tynne årer (1-30 cm brede) av muskovitt-pegmatitter (P) som gjennomsetter middelskornete toglimmergranitter.

5. BASEMETALLER

5.1 Innledning

Nordland har en lang historie med gruvedrift på basemetallene jern, kobber, bly, nikkel, sink og molybden. I tillegg er det tatt ut litt edelmetaller, dels som biprodukt fra basemetall- og kis-produksjonen. Det var hovedsakelig utvinning av basemetallene som førte til at Nordland ble Norges største bergverksfylke med hensyn til antall ansatte fram mot år 2000.

Det er få spor etter framstilling av jern fra myrmalm i Nordland, men noen steder ble det framstilt jern fra myrmalm langt tilbake i tiden. Framstillinga skjedde senhøstes og jernvinna var nærmest å regne som onnearbeid for lokalbefolkningen. Jernmalmen i Rana-distriktet ble funnet midt på 1700-tallet (Eidsaune 2011). Allerede på det tidspunktet ble det lagt fram planer om et jernverk i Rana. Den gang var det landeierne frykt for avskogning som stoppet etableringen. Det tok omtrent 200 år før et jernverk ble etablert på Mo. Det første smelteverket for kobber i Nord-Norge ble anlagt midt på 1600-tallet i Ballangen (Pettersen 1993). Det var ikke rare greiene men det ble smeltet noe kobber fra små forekomster i området. Drift på bly og sølv fant sted på svensk side av grensen i Nasa på den tiden. Allerede på 1600-tallet og framover dette tidspunktet ble andre kisforekomster funnet og forsøkt utnyttet for å ta ut kobber og bly. Forekomstene på Mofjell og på Tårstad i Ofoten ble også funnet på den tiden. Fra starten på 1900-tallet var forekomstene av svovelkis av stor interesse og var viktig for produksjon av svovelsyre til papirindustrien. Kisgruver kom i gang og skapte utvikling av flere småsteder. Senere avtok interessen for svovelkis som kilde for svovel. Isteden ble flere av kisforekomstene utnyttet for deres innhold av kobber, sink, bly og edelmetaller som ble hovedproduktene. Basemetallene molybden og nikkel har også vært utvunnet i henholdsvis Gildeskål og Ballangen.

Nordland er ofte karakterisert som fylket med variert geologi, med bergarter av et stort spekter i alder og kompleksitet. Derfor er det et stort potensial for mineralressurser av mange forskjellige typer og forskjellige metaller. Det omfatter både basemetaller og andre mineralressurser. Ganske omfattende prospektering etter basemetaller er gjort i Nordland, men det er likevel et potensial for ytterligere funn i fylket.

Typisk for funn og utvikling av en forekomst av basemetaller er at det krever kompetanse og en betydelig økonomisk innsats gjennom arbeid over flere år. Om man lykkes å finne fram til en utnyttbar forekomst er imidlertid potensialet for stor fortjeneste til stede. Siden Idégruppen hadde begrensede midler til rådighet vurderte den derfor at det ikke var riktig å gå inn i krevende høykost-type prospekteringsarbeider etter basemetaller. Forutsetningen for NM var at det skulle være lavkost-type delprosjekter. De delprosjektene som er fulgt opp i sammenheng med basemetaller omfattet derfor kun en begrenset testing av noen idéer.

5.2 Muligheten for PGE i anortositt, monzonitt/mangeritt og gabbro ved Nappstraumen og ved Eidsfjorden i Lofoten og Vesterålen

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

Idégrunnlag: Idéen bak undersøkelsen av PGE i bergartene på østsiden av Flakstadøya mot Nappstraumen og ved Eidsfjord i Hadsel kommune var etter sammenligning med andre forekomster av PGE i samme typen geologisk miljø (Figur 45). Idégruppen ville teste denne idéen og det ble bestemt å gjøre en tilleggsundersøkelse koordinert med undersøkelse av mulig schiller-effekt i anortositten for å vurdere om denne kan være attraktiv og unik som naturstein.

Oppfølging: Arbeidet er gjort i regi av NM i juni 2005. Deltakere i arbeidene med PGE på Flakstadøya i deler av tiden var: T. Heldal, I. Lindahl, G. Meyer og L.P. Nilsson. Også O. Torstensen og T. Vrålstad deltok under deler av arbeidet. Arbeidet langs Eidsfjorden senere på sommeren ble gjennomført av I. Lindahl.

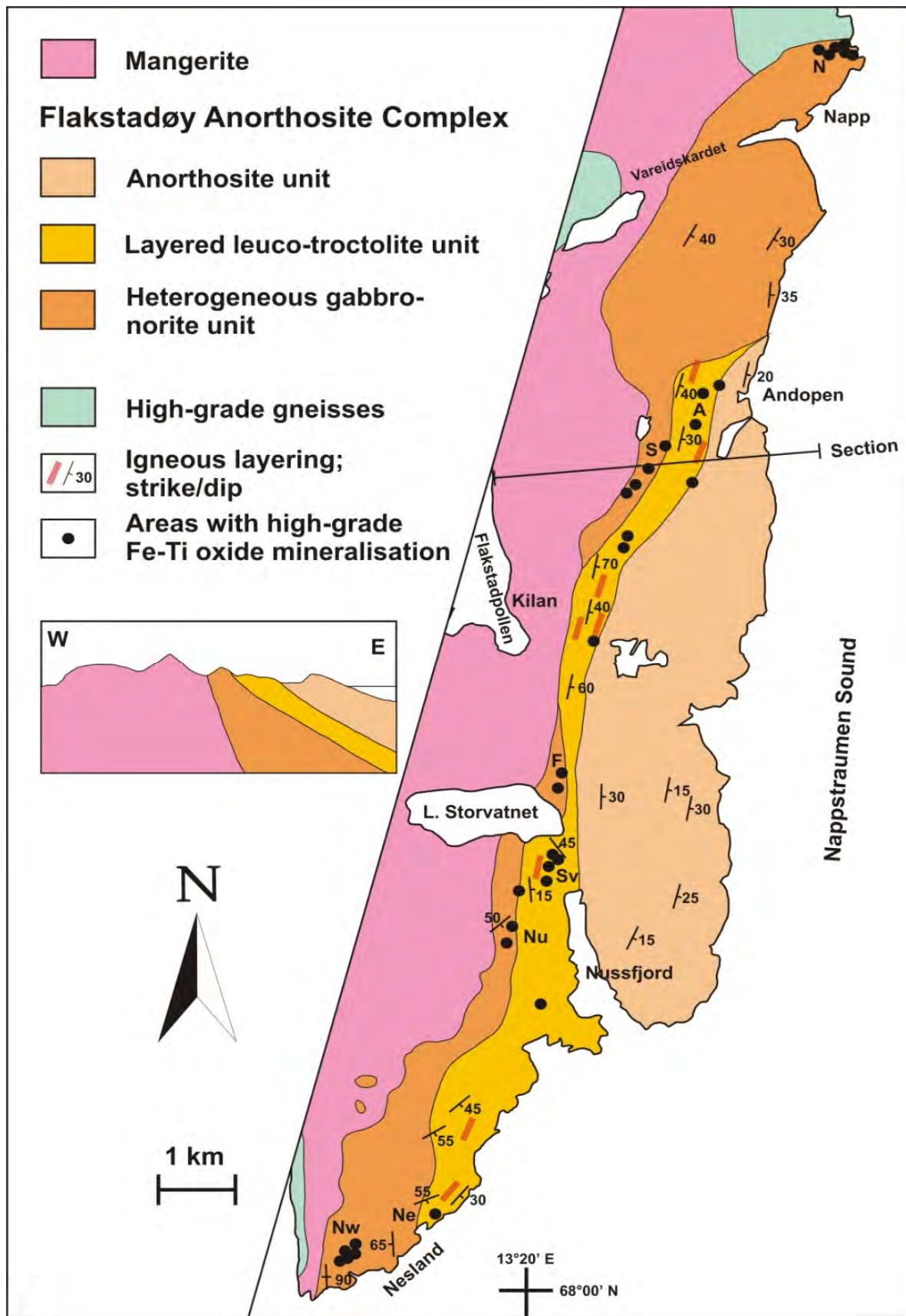
Eneste trykte geologiske kart over Flakstadøya i NGUs serie over kartblad for Norge er kartblad Svolve i målestokk 1:250 000 (Tveten 1978). Utenom det er det flere som har arbeidet i området, og geologisk kart over deler av området er gjengitt i publikasjoner (Figur 57). Før foreliggende arbeid startet ble alt tilgjengelig materiale gjennomgått.

På den østlige delen av Flakstadøy fra Napp til Nesland er det et anortosittkompleks med middels- til ofte grovkornet anortositt. Anortositten er massiv og har en svakt blålig fargetone. Langs anortosittens randsone i vest opptrer troktolitt med varierende mengde olivin og dessuten mangeritt (Romey 1971). Gabbroiske bergarter opptrer også i komplekset (Kolderup 1898). Overgangene mellom de forskjellige bergartene er gradvise, og for å få et komplett bilde av forholdene må det gjøres en ytterligere detaljert kartlegging. Dette var ikke en del av NMs delprosjekt.

I tilknytning til de gabbroiske bergartene opptrer lokalt noen sulfider som gir rustforvitring. Lokalt i anortositten er det også et ganske høyt innhold av oksider. I den nasjonale databasen er det registrert flere forekomster av jernmalm i området. De mest kjente er forekomstene i Andopen.

I Eidsfjord-området i Vesterålen, i Hadsel kommune helt mot grensa til Sortland kommune, opptrer et langstrakt mindre anortosittkompleks enn det på Flakstadøya (Heier 1960, Tveten 1978). Utviklingen i dette feltet ligner på den på Flakstadøya. Også her er det massive grovkornede anortositter med overganger til gabbroiske bergarter med svak sulfidimpregnasjon. Anortositten i dette området er generelt noe lysere i farge enn den langs Nappstraumen på Flakstadøya.

Det ble totalt innsamlet 35 prøver. Det ble fokusert på å samle prøver med sulfider/rust og eventuelle kumulater. Prøvene ble preparert på NGU og analysert hos ACME i Canada på Pt, Pd, Au og en rekke andre sporelementer ved bruk av forskjellige analysemetoder.



Figur 57. Geologisk kart over Flakstadøy anortositt-kompleks med angivelse av Fe-Ti-oxid-rike bånd som i partier er anrikt på Fe-sulfider. Kartet er hentet fra Romey (1971).

Resultat og vurdering: Ingen av prøvene viste forhøyede verdier av PGE. Innholdet av Au, Pt og Pd ligger lavere enn 0,01-0,02 ppm. Ingen andre metaller viste heller forhøyete verdier som kan begrunne videre arbeider innenfor dette felt. Nikkelinnholdet var i hele prøvesettet lavere enn 0,07 % og de høyeste verdiene på Cu lå i to prøver på 0,1 %.

Dette gjelder bergartene både på Flakstadøya og i det mindre anortositt-komplekset langs Eidsfjorden.

Kontakt med interessenter: Ingen kontakt ble tatt opp med mulige interessenter.



Figur 58. Svakt rusten anortositt ved Nusfjord på Flakstadøya.

5.3 Nikkel i kobberskjerp i Rombaksbotn, Narvik kommune

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

Idégrunnlag: Et skjerp i Rombaksbotn ligger inne i NGUs database for malmer som kisforekomst med kobber. Men analyserte prøver viser et Nikkel-innhold på mellom 1,5 og 2 % Ni. Dette er nevnt i oversikt over Ni-forekomster i Norge (Boyd & Nixon 1985).

Det er avmerket et drag av gabbro på de geologiske kartene Narvik av Vogt (1950) og Skjomen av Birkeland (1976), begge i målestokk 1:100 000. Også på det geologiske kartblad Narvik i målestokk 1:250 000 av Gustavson (1974) er nevnte gabbro avmerket. Hensikten med arbeidene i området i regi av NM var å befare det Ni- og Cu-førende skjerpet og vurdere gabbrotypen i området som potensiell vertsbergart for Ni-Cu-forekomster.

Oppfølging: Det ble gjort ei en-dags befaring av skjerpet i Rombaksbotn med ny prøvetaking av kismineraliseringen i august 2007. Dessuten ble det i august 2008 gjort en tilsammen to-dagers tur langs profiler over det som på de geologiske kartene er angitt som gabbro på lille Haugfjellet og i området øst for Ørnvatnet (Figur 45). Sonen med gabbro på Trongdalsfjellet som fortsetter ned til skjerpet i Rombaksbotn ble også befart. Her er det flere skjerp på sulfider i mafiske bergarter, vesentlig jernsulfider.

Resultat og vurdering: Geologisk ligger skjerpet i Rombaksbotn med Ni og Cu i en overgangssone mellom en sterkt foliert båndet amfibolittisk bergart i vest og en breksiert bergart i øst. Den amfibolittiske bergarten i vest er finkornet til middelskornet med mørke amfibolittiske og lysere gneisslirer. De rundede og dels kantede fragmenter i breksjen i øst består av en mørk gabbro og noen av båndet amfibolitt. Matriksen i breksjen er middels- til grovkornet og lysere enn de mafiske fragmentene (Figur 59).

Gabbro-draget på Trongdalsfjellet i nord er en direkte fortsettelse av det som er kartlagt som gabbro ved Ni-skjerpet avmerket på det geologiske kartet fra Vogt (1950). Bergarten ligner lite på en gabbro i tekstur men er en båndet mafisk bergart, en amfibolitt med tette tynne slirer av kvarts og feltspat. I områder er bergartene sterkt foliert gneisaktig. Lokalt ble det observert mer massiv gabbro/grønnstein som er oppsprukket og hydrotermalt omvandlet langs et tett årenett (Figur 60). Det finnes også lokalt felter med markert breksiering av den båndete amfibolitten hvor den gneisaktige amfibolitten sitter som fragmenter. Generelt er det lite rustforvitring i gabbrodraget på Trongdalsfjellet, men det finnes små områder med svak rustne deler av størrelse 10 m x 2 m. Gråvakke-bergartene i området har langt hyppigere rustsoner enn de mer gabbroide bergartene.

Kismineraliseringene i området på Trongdalsfjell er prøvetatt. Analysene av disse viser ingen forhøyede verdier av nikkel. Kobberverdiene ligger maksimalt på noen få tidels prosent. Den eneste mineraliseringen med interessante gehalter av basemetaller synes å være skjerpet i Rombaksbotn. Sulfidmineraliseringen i skjerpet har en mektighet på omkring 1,5 m og består av en sulfidimpregnasjon som i uregelmessige partier glir over i massive sulfider som hovedsakelig består av magnetkis med mindre mengde Ni- og Cu-sulfider i form av henholdsvis pentlanditt og kobberkis. Malmsonen er totalt overdekket nedenfor skjerpet mot dalbotnen i sør. I fjellsiden i nord er den dekket av urmasser. Analysen av prøven som er referert ovenfor er samlet fra den massive mineraliseringen. Den blottede del av malmsonen

gir ikke grunnlag for en vurdering av forekomsten. Befaringen av de gabbroide bergartene lengre nord på Lille Haugfjell og Trongdalsfjellet viser at mineraliseringstypen ikke fortsetter mot nord. Videre undersøkelser av den mineraliserte sonen i Rombaksbotn vil kreve mer kostnadskrevenende metoder som geofysiske bakkemålinger og eventuelt kjerneboring.

Kontakt med interessenter: Ingen kontakt ble tatt med mulige interessenter. Dette var naturlig da det like etter de orienterende undersøkelsene som ble gjort, startet et omfattende prosjekt med strukturgeologiske kartlegning i området for å studere den strukturelle kontrollen av områdets gullmineraliseringer. Gjennom MINN-prosjektet er det gjort nye detaljerte geofysiske flymålinger over grunnfjellet i Rombaksvinduet. Dette er data som må brukes og ligge til grunn for et eventuelt videre arbeid i området.



Figur 59. Vertsbergarten for Ni-Cu mineraliseringen i Rombaksbotn. Den utgjøres av en brekksje bestående av mafiske fragmenter i en diorittisk matriks. Dioritten fører lite sulfider i motsetning til enkelte av de mafiske fragmenter som er sulfid-rike.



Figur 60. Svakt rusten gabbro med sprekke-bundet omvandling øst av Rombaksbotn på Lille Haugfjell.

5.4 Mineralisering i Gulldalen, Hamarøy kommune

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl

Idégrunnlag: Omfattende arbeider ble gjort i Linnajavri-området fra 2001 til 2010 i feltperioder på ca. to uker, med opphold i to sesonger (2003 og 2007). Arbeidene de 8 somrene ble gjort i overgangen august-september med varighet 1-3 uker. Hovedarbeidet var kartlegging av ultramafittene og deres omvandling til kleberstein, samt generell geologisk kartlegging (Lindahl & Nilsson 2008).

I forbindelse med dette arbeidet ble det i den NV-lige delen av området registrert en dalgang som besto av en bergartssekvens med vulkanitter, sedimenter, gabbroider samt noen mindre linser med ultramafitt. Dette er bergarter i de kaledonske dekkeenhetene. Området i dalgangen har den mest gjennomgående breksieringen og den mest omfattende hydrotermale omvandlingen i hele Linnajavri-området, i tillegg til kleberomvandlingen. Bergartene, inkludert breksjen, er gjennomvevd av et årenett med kvarts, karbonat, kloritt og turmalin. I tillegg finnes det en svak kisimpregnasjon flere steder i de mafiske bergartene (Figurene 61 og 62). Det ble ved kartleggingen ansett at området kunne ha et potensial for gull, uten at vi hadde noe kjennskap til om dette var tilfelle eller ikke. Ved feltarbeidet ble dalgangen uten navn på kartet døpt Gulldalen.

Det var selvfølgelig et ønske om å undersøke om det fantes gull i Gulldalen. I Idégruppen ble dette diskutert, og et selskap ble kontaktet for mulig finansiering av feltarbeider og analyser. Det ble Scanur A/S som finansierte arbeidene som skulle omfatte innsamling og analyser av prøver.

Oppfølging: Feltarbeidene i Gulldalen ble gjennomført i 2005 i månedsskiftet august-september. Deltakere i feltarbeidet var I. Lindahl (kartlegging og innsamling av bergartsprøver) og L. Furuhaug (innsamling av bekkesedimentprøver og vasking av tungmineraler i små bekker).

Bergartsprøvene er tatt med vanlig geologhammer. Med tanke på analysene ble det tatt flere småstykker av én og samme type bergart eller én og samme type sprekkefylling. Prøvene ble gitt en kort beskrivelse. Bergartsprøvene ble knust og splittet ved NGU Lab for analyse ved eksternt laboratorium (ACME). Det ble forut for knusingen tatt ut referansestykker og saget slipemner.

Bekkesedimentprøvene er tatt etter vanlig NGU-metode med sikting av bekkesedimentet i felt (< 60 mesh). Prøvene ble tørket på NGU før videresending til ACME.

Tungmineralkonsentratene er vasket ut med aluminium vaskepanne. Det ble ikke observert gullkorn under selve vaskingen. I tungmineralkonsentratene var det de fleste stedene mulig å se hematitt samt noen steder også granater og staurolitt.

Resultat og vurdering: Resultatet fra analysene var dessverre helt negative. Det må bety at de løsningene som så tydelig har strømmet gjennom den breksierte bergarten ikke førte gullholdige løsninger, eller at det ikke har vært de riktige kjemiske forhold for utfelling av gull (Lindahl et al. 2005). Analysene viste mindre enn 10 ppb Au for alle analyser.

Prøvene ble også analysert på PGE, også det med negativt resultat. Analysene for både Pt og Pd viste mindre enn 10 ppb for alle analyser.

Kontakt med interessenter: Den videre kontakt med interessenter var et ansvar for Scanur A/S. Dataene fra undersøkelsene er i dag åpne.



Figur 61. Hydrotermale breksje-soner i Gulldalen i Linnajavri som er sementert og innfylt med kvarts, karbonat og feltspat. Den kvartsårete og omvandlete vertsbjergarten er partivis impregnerert med sulfider. Legg merke til L.P. Nilsson som målestokk i nedre venstre hjørne.



Figur 62. Gabbro i Gulldalen som er gjennomvannet av et system av parallelle sprekker fylt med kvarts, karbonat og feltspat. Årene er stedvis omgitt av en tynn rand av hydrotermalt omvandlet og bleket gabbro.

6. MINERALRESSURSVERN FOR NORDLAND

6.1 Kart over potensiell områder med mineralressurser i Nordland

Ansvarlig for gjennomføring av delprosjektet: I. Lindahl, P.M. Ihlen, T. Vrålstad, O. Torstensen og A.B. Vaag

Idégrunnlag: Planlegging av arealbruken i Norge er viktig for framtidige generasjoner. Det er slik at et område ofte ikke kan brukes i mer enn en sammenheng. En mineralressurs er lokalisert til et område og kan ikke flyttes derfra. Om denne en gang skal utnyttes må den være tilgjengelig i framtida og ikke være disponert allerede av annet arealbruk. Et eksempel på dette er hovedflyplassen på Gardermoen som er lagt på en stor grusforekomst som også kunne vært brukt som naturgrus eller et reservoar for grunnvann. Det er samfunnets overordnede oppgave å bestemme hvordan arealene skal brukes.

Når det gjelder mineralressurser tar samfunnet i meget liten grad hensynet til framtidige potensielle mineralressurser. Spesielt gjelder dette ved etablering av nasjonalparker hvor store områder blir vernet, uten at viktige mineralressurser til samfunnets framtidige bruk vurderes. Mineralforekomster tas det nesten uten unntak ikke hensyn til. Flere andre naturressurser vurderes i vernprosessene, men ikke mineralressurser.

Internasjonalt finnes det forskjellige lovverk for utnyttelse av mineralressurser i og utenfor nasjonalparker og forskjellige verneområder. Dette er det stor forskjell på i Norge og vårt nærmeste naboland Sverige. I Sverige er det definert et begrep når det gjelder ”mineralforekomster av Riksinteresse” som dersom de har fått dette stemplet kan utnyttes både i og utenfor nasjonalparker. I Norge arbeides det med å velge ut noen viktige mineralforekomster av ”nasjonal interesse”. I Norge kan imidlertid utnyttelse ikke skje innenfor områder som er belagt med vern.

Idégruppa i NM diskuterte dette og fant det interessant og kanskje nyttig å kunne framstille et kart over Nordland, et ”vernekart for mineralressurser” som grovt viser potensielle områder for utnyttbare mineralressurser (Figur 63). Det kan være et håp om at dette i framtiden kunne brukes i arealplanlegging på fylkes- og kommune-nivå.

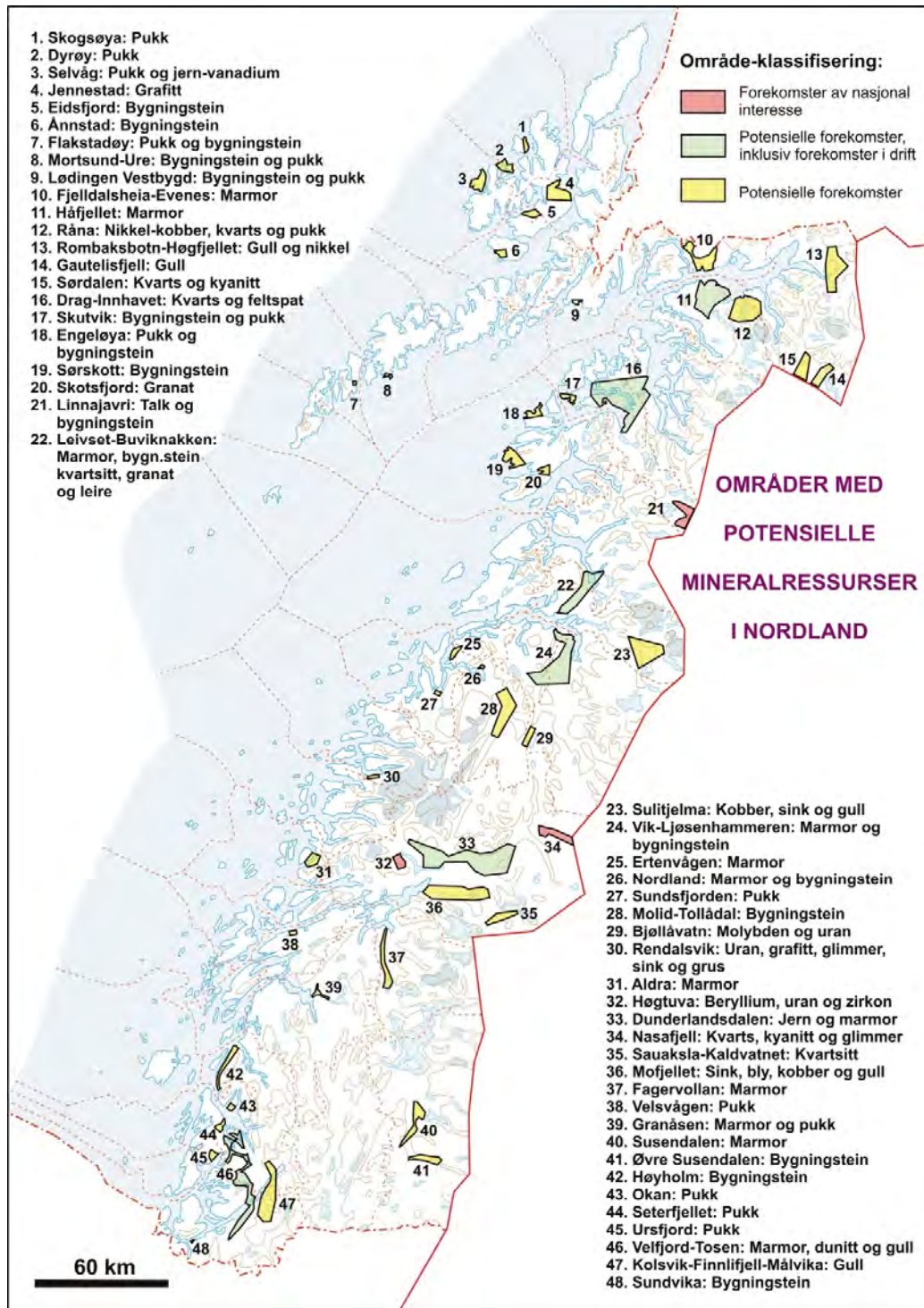
Oppfølging: Idégruppen forsøkte i flere arbeidsmøter i 2006 og 2007 å gå gjennom sine kunnskaper om mineralressursene i Nordland og valgte ut potensielle forekomstområder inndelt i tre kategorier:

- Forekomster av nasjonal interesse
- Potensielle forekomster inklusiv forekomster i drift
- Potensielle forekomstsområder

De forskjellige områdene ble gitt en kort beskrivelse ut fra det kunnskapsnivået som forelå.

Resultat og vurdering: Resultatene av arbeidet er framstilt i en NGU-rapport (Lindahl et al. 2007) hvor Figur 63 er hentet fra. Forekomstfeltene i kartet er ikke koordinatfestet. Full digitalisering av kartet gjenstår før det det kan bli fullt ut anvendbart i arealplanlegging.

Kontakt med interessenter: Resultatene er tilgjengelig i nevnte NGU-rapport (Lindahl et al. 2007). Kartet er basert på medlemmene i Idégruppens egen kunnskap. Det ble framlagt for Fylkesrådet i Nfk i 2007.



Figur 63. Kart som viser fordelingen av områder hvor det opptrer eller kan opptre mineralforekomster som kan være viktige i utviklingen av næringsvirksomhet både lokalt og nasjonalt. Kartet er hentet fra Lindahl et al. (2007).

7. VURDERING AV NORDLAND MINERAL

7.1 Gjennomføringen av prosjektet

Fylkesgeologen i Nordland har vært hovedpersonen bak etableringen av NM for utnyttelsen av basisdata fra NP. Hensikten har vært å trekke fram forekomster med henblikk på industrialisering. Fylkesgeologen nedsatte en Idégruppe med personer som han mente hadde en kunnskap om Nordland og mineralressurser, og tanker om mulig interessante forekomster i fylket.

Arbeidene i Idégruppen ble gjort på fritt grunnlag med dels nye tanker om mulige delprosjekter, det være seg heving av informasjon om lovende forekomster eller ideer om nye typer forekomster. De prosjektene som ble bestemt å gjennomføre ble besluttet i Idégruppen og gikk ikke gjennom godkjenning av samarbeidspartneren NGU. Dette kunne faglig gå på tvers av NGUs strategi og heller ikke få faglig støtte fra institusjonen. Det betydde at også tanker og delprosjekter som skulle gjennomføres ikke alltid hadde faglig støtte internt i NGU. Idégruppen forutsatte at de delprosjektene som skulle gjennomføres ble gjort av fagfolk som var dedikerte til oppgavene, og som hadde arbeidet seg gjennom prosjektargumentasjonen og sto bak beslutningen om gjennomføring. Det betydde at deltakerne i Idégruppen måtte være sterkt involvert i delprosjektene. Det førte videre til at en eller flere fra Idégruppen var ansvarlige og dels gjennomførte hoveddelen av dem.

En slik organisering av samarbeidet mellom Nfk og NGU er tidligere ikke gjennomført. Det er forståelig at det skapte en del problemer med at Idégruppen bestemte hva deres to representanter fra NGU skulle bruke timeverkenes til som var NGUs innsats i prosjektet. NGU hevdet at prosjektene og bemanningen skulle godkjennes av NGU, noe som ikke fungerte for Idégruppen.

Det at målet for NM fra Nfks side var industrialisering av mineralressurser gjorde at det underveis var nødvendig med kontakt og dels bistand utenfor Idégruppen, både med hensyn til kompetanse og fullfinansiering av delprosjekter. Dette ledet til flittig bruk av kontaktnettet til medlemmene av Idégruppen ovenfor interessante samarbeidspartnere i industrien. Men siden offentlig forvaltning skal behandle næringssselskaper likt kunne det sees på som uheldig at NM forfordelte informasjon til det selskapet NM anså var best egnet til å industrialisere et delprosjekt. Siden selskapene ikke ønsket å dele informasjonen som de fikk fra NM med andre om resultatene av et delprosjekt ledet det etter hvert til at både NGU og Nfk satte foten ned for denne organiseringsmodellen. Disse to forholdene førte til at representantene fra NGU trakk seg fra Idégruppen uten å bli erstattet og samarbeidsprosjektet mellom NGU og Nfk ble dermed avsluttet.

7.2 Oppnådde resultater

Det ble gjennomført 28 delprosjekter i NMs levetid fra 2003-2010. Noen av delprosjektene var testing av idéer som ikke førte fram til noe, og disse ble hurtig avsluttet. Noen delprosjekter var ganske omfattende og pågikk gjennom flere år. De totale kostnader beløp seg til ca. kr.5,5 mill (eks. MVA) eller ca. kr..700 000 per år. For denne summen ble det påvist flere potensielle forekomster, inklusive fire attraktive bygningssteinforeskomster av mangeritt ved Skutvik i Hamarøy og på Vestvågøy, en kvartsittforekomst ved Melkfjellet i

Rana, to forekomster av høyren kvarts på Svinfoten og Vatnet og en forekomst av apatitt i Misværdalen. Idégruppen er derfor fornøyd med resultatene som er oppnådd.

Sammen med andre prosjekter på NGU har NM bidratt til at boka ”Bygningsstein i Nordland” kom ut. Den er forfattet av I. Lindahl (2013) og gir en god oversikt over denne ressursen i fylket. Boka har bidratt til å øke lett tilgjengelig kunnskap om bygningsstein i Nordland som kan brukes av steinindustrien for framtidig utnyttelse av forekomster. Tilsammen 11 lovende forekomster av bygningsstein er undersøkt, dels i samarbeid med steinindustrien. Noen forekomster har vist seg ikke å holde mål mens andre har et potensial for framtidig utnyttelse. Responsen ved markedsføring blant selskaper i steinindustrien har skapt interesse for fire forekomster av monzonitt/mangeritt ved Skutvik i Hamarøy og i Mortsund-Ure området på Vestvågøy - som NM har vist fram for flere selskaper. Denne steintypen er av teknisk god kvalitet, og lignende type har tidligere blitt brutt på Annfinnslett i Lødingen Vestbygd (Lindahl 2011). Skrotsteinen fra bryting av monzonitt/mangeritt kan i tillegg gi høykvalitetspukk.

NM har også bidratt til å lage en katalog over alle de teksturelle variantene av klebersteiner som finnes i de enkelte forekomstene i Linnajavri-området. Katalogen er tenkt brukt i markedsføring av klebersteinene i området. For å gjøre den markedsvennlig for et internasjonalt marked er den skrevet på engelsk. Klebersteinene i Linnajavri-området kan bli utnyttet i relativt nær framtid, dersom også bergarten kan brukes som talk-råstoff. Videre er en granatglimmerskifer kartlagt og forsøkt markedsført som blokkstein. Den ble i vikingtiden og senere benyttet til kvernstein. Dette er en unik særdeles dekorativ steintype som NM også har presentert for steinindustrien med god repons?. Også denne har potensial for framtidig utnyttelse.

Det er kommet fram mye ny kunnskap om kvalitetene av silika-råstoffer i Nordland. I Rana- og Salten-området hvor det finnes metallurgiske bedrifter som anvender kvartsitt i prosessen har NM gjort et omfattende arbeid med befaring og prøvetaking av områdets mange kvartsitthorisonter. Det ble i den sammenheng oppdaget en ny stor forekomst av kvartsitt ved Melkfjellet øst for Rana. Denne forekomsten har blitt fulgt opp av mineralindustrien, dels i samarbeid med NGU som har kartlagt forekomstens form, dimensjoner og fordeling av råstoffkvaliteter. Det har dessuten blitt nedlagt et betydelig arbeid i kartleggingen av kvartsrike bergarter som kan brukes i fremstillingen av høyren kvartskonsentrater. Høyrene kvaliteter av kvarts er spesielt vanlig i hydrotermal kvarts som finnes utbredt som store og små ganger, som slirer i skjærdeformerte skifre og som kvartskorn i kvartsitter. Spesielt de store gangtogene av massiv kvarts som finnes på Svinfoten og ved Vatnet er interessante mål for framtidig produksjon av høyren kvarts.

Siden Nordland er marmorfylket i Norge tok NM initiativet til kartlegging av sporelementkjemien til karbonatforekomster og deres karbonatmineraler. Dette med henblikk på framstilling av høyrene produkter fra grovkornet marmor for markedsnisjer som gir høy pris. Dette prosjektet er videreført av NGU for hele landet, og gir viktig basisinformasjon for framtida med hensyn til utnyttelse av våre karbonater. Spesielt Nordland med stor utbredelse av karbonatenheter har stor nytte av dette.

Granat som slipemiddel ble vurdert av NM, særlig i Salten i den nordlige delen av fylket. NM har fått kartlagt en potensiell forekomst av granat-rik glimmerskifer på Buviknakken i Sørfold, som er den som har de beste mulighetene for utnyttelse. Forekomsten ligger særlig godt til rette for utnyttelse, også med hensyn til eksisterende industriell kompetanse innenfor mineralseparasjon både i Sørfold kommune og tilgrensende kommuner. Forslag til videre oppfølging?

Fosfat i form av apatitt og fosforitt er et svært viktig råstoff for produksjon av gjødsel som er essensielt for den globale matproduksjonen i verden i årene som kommer. NM har forsøkt å finne fram til ressurser av fosfatmineralet apatitt som finnes i karbonatitter og dypfotrvitrete ekvivalenter, samt assosierte alkaline ultramafitter. Slike bergarter var ikke kjent i Nordland før oppstarten av NM. Yara International ASA sine erfaringer fra Sverige når det gjaldt opptreden av karbonatitt-førende alkaline komplekser i Kaledonidene, fikk Idégruppen til å fokusere på tilsvarende forekomster i Nordland. En gjennomgang av NGUs geokjemiske data for Nordland førte til funn av karbonatittganger i Misværdalen pyroksenittmassiv som fører partier med 30-50 mill. tonn med 10 % apatitt. Denne forekomsten ble undersøkt av NGU i samarbeid med Yara International ASA. Innholdet av fosfor i bergarten ligger i grenseland for utnyttelse i dag, men er en viktig framtidig ressurs. Dette delprosjektet representerer en nytenkning innefor ressursgeologi som har ført fram til et banebrytende resultat. Dette er et eksempel på delprosjekt i NM som ikke var et satsingsområde for NGU, og som mest sannsynlig ikke hadde blitt gjennomført innenfor NGU.

Spesialmetaller er meget viktig i dag i forbindelse med fremstilling av høy-teknologi produkter. Dette ble det satset på i NM gjennom flere delprosjekter som omfattet en detaljert gjennomgang av NGUs geokjemiske data for påvisning av karbonatitter og alkaline komplekser med REE, Y og/eller apatitt, LCT pegmatitter og granitter, samt TIB plutoner anrikt på Be, REE, Y og/eller Zr. NMs satsing på spesialmetaller var lite vellykket selv om det ble påvist et nytt pegmatittdistrikt karakterisert ved opptreden av beryll og Li-mineraler på kysten av Nord-Helgeland. Det er fremdeles Bordvedåga Be-forekomst med REE (spesielt HREE) og andre spesialmetaller som ligger nærmest en mulig utnyttelse. Men fremstillingen av tungmineralkonsentrat av Be-malmen for luteforsøk var ikke vellykket, mens zirkon konsentratet fra malmen inneholdt for mye U og Th for å kunne aksepteres av markedet.

Basemetaller har ikke vært nøyt prioritert, mest på bakgrunn av at prospekteringen etter disse vanligvis krever store investeringer over lang tid, midler NM ikke har tilgjengelig. Kun noen få idéer er fulgt opp, inkludert Ni i Rombaksbotn, PGE i Lofoten og en mulig gullmineralisering i Linnajavri, alle med negativt resultat.

Arealplanlegging er en samfunnsoppgave og meget sjelden blir det ved en slik planlegging tatt hensyn til mineralressurser. Det blir pålagt vern av områder ut fra mange andre typer naturressurser og vern av bygninger og oldsaker. Nordland har gjennom NM vært det første fylket i Norge som har laget et kart over områder med mineralforekomster i drift og områder med potensielt utnyttbare forekomster som det må tas hensyn til i arealplanlegging. Disse områdene bør vurderes vernet mot annen type inngrep i framtidig arealdisponering i fylket.

Vi vil også påpeke den meget positive holdningen til representanter fra Nfk i forbindelse med gjennomføringen av NM. Initiativet fra fylkesgeologen har vært viktig for gjennomføringen

av prosjektet. Sammensetningen av Idégruppen var godt tilpasset målet med å forsøke å få til industrialisering av mineralforekomster i fylket Den var velvalgt med representanter med stor erfaring fra industri og letevirksomhet, samt at de var dedikert og utstyrt med en stor porsjon kreativitet som medførte at det i hele NMs levetid var god stemning i Idégruppen.

8. REFERANSER

- Birkeland, T. 1976: Berggrunnskart SKJOMEN – N10, M 1:100 000. Nor. geol. unders.
- Boyd, R. & Nixon, F. 1985: Norwegian nickel deposits: a review. In: Nickel-copper deposits of the Baltic Shield and Scandinavian Caledonides. Geol. Surv. Finland Bull. 333, 363-394.
- Eidsaune, T.H. 2011: Malm og menn under 1700-tallet. Årbok for Rana 2011, 152-223.
- Ekremsæter, J. 1988: Geokjemisk kartlegging i Nordland og Troms. Dokumentasjon av totalinnholdet av grunnstoffer i bekkesedimentenes finfraksjon (NAA analyse). Nor. geol. unders. rapport87.178, 56 sider.
- Chakhmouradian, A.R., Reguir, E. P., Kressall, R. D., Crozier, J., Pisiak, L.K., Sidhu, R. & Yang, P. 2015: Carbonatite-hosted niobium deposit at Aley, northern British Columbia (Canada): Mineralogy, geochemistry and petrogenesis. Ore Geology Reviews 64, 642–666
- Flem, B., Larsen, R.B., Grimstvedt & A., Mansfeld, J. 2002: In situ analysis of trace elements quartz by using laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry. Chem. Geol. 182, 237-247.
- Foslie, S. 1941: Tysfjords geologi. Beskrivelse til det geologiske gradteigskart Tysfjord. Nor. geol. unders. 149, 298 sider.
- Foslie, S. 1942: Hellemobotn og Linnajavri. Beskrivelse til kartbladene. Nor. geol. unders. 150, 119 sider.
- Foslie, S. 1949: Håfjellsmulden i Ofoten og dens sedimentære jern-mangan malmer. Nor. geol. unders. 174, 129 sider.
- Grauch, R.I., Lindahl, I., Evans jr., H.I., Fitzpatrick, J.J., Foord, E.E., Graff, P.R. & Hyssingjord, J. 1994: Høgtuvaite, a new beryllium member of the aenigmatite group, from Norway, with new X-ray data on aenigmatite. Can. Min. 32, 439-448.
- Gustavson, M. 1974: Geologisk kart over Norge. Berggrunnskart NARVIK, M 1:250 000, Nor. geol. unders.
- Gustavson, M. 1996: Geologisk kart over Norge. Berggrunnskart SULITJELMA, M 1:250 000, Nor. geol. unders.
- Gustavson, M. & Gjelle, S. 1991: Geologisk kart over Norge. Berggrunnskart MO I RANA, M 1:250 000, Nor. geol. unders.

- Harben, P.W. (ed.) 2002: Abrasives: Garnet and staurolite. **In:** The industrial Minerals Handybook: a guide to markets, specifications & prices (4th. ed.), Surrey, KT: Industrial Minerals Information, 412 sider.
- Heier, K.S. 1960: Petrology and geochemistry of high-grade metamorphic and igneous rocks on Langøy, northern Norway. *Nor. geol. unders.* 207, 246 sider.
- Heim, J. 2002: Granat som industrimineral. Sammenstilling av data til prosjektvurdering. Novemco-rapp. 17 sider.
- Helberg, B. H., 2007: Rapport vedrørende overvåking av inngrep i kvernsteinsbrudd i damområdet for Saksenvik kraftverk, Saksenvik i Saltdal kommune, Nordland. Upublisert rapp., 9 sider.
- Heldal, T., Lindahl, I. & Melezhik, V. 2006: Marble deposits in the Salten Region, Nordland County. PNASTNA rapport på nett, 8 sider.
- Helland, A. 1893: Tagskifere, heller og vekstene. *Nor. geol. unders.* 10, 178 sider.
- Henningsen, T. og Tveten, E. 1998: Geologisk kart over Norge. Berggrunnskart ANDØYA, M 1:250 000. *Nor. geol. unders.*
- Ihlen, P.M. 2005: Undersøkelse av Li-pegmatitter i Nord-Helgeland *Nor. geol. unders.* rapport 2004.061, 42 sider.
- Ihlen, P.M. 2009: Lithochemical investigations of potential apatite resources in the Misværdalen and Hopsfjellet ultramafic massifs, northern Norway. *Nor. geol. unders.* rapport 2008.074, 57 sider.
- Ihlen, P.M. & Furuhaug, L. 2011: Borkaksprøvetaking av apatitt-førende bergarter i Misværdalen pyroksenittmassiv, Bodø kommune, Nordland. *Nor. geol. unders.* rapport 2011.069, 95 sider.
- Ihlen, P.M. & Furuhaug, L. 2013: Kvalitetstest av metode for borkaksprøvetaking av apatitt-pyroksenitter i Misværdalene, Nordland. *Nor. geol. unders.* rapport 2012.001, 19 sider.
- Ihlen, P.M., Lindahl, I., Ulseth, A. & Torstensen, O. 2001: Gull og grønne skoger - Ny næring i mineraler. Nfk. rapport, 43 sider.
- Ihlen, P.M., Schiellerup, H., Gautneb, H. & Kjær, Ø. 2014: Characterization of apatite resources in Norway and their REE potential-A review. *Ore Geol. Rev.*58, 126-147.
- Jonsson, E. & Stephens, M.B. 2004: Investigation of alkaline rocks in the Prästrun and Åkersjön areas, Jämtland. SGU, Dnr 08-1129/2004, 5 sider.
- Karlsen, T.A. & Nilsson, L.P. 1999: Talc deposits in Norway. *Nor. geol. unders.* rapport 99.136, 146 sider.
- Kautsky, G. 1953: Der geologische Bau des Sulitelma – Salojauregebietes in den nordskandinavischen Kaledoniden. *Sver. geol. unders.* Serie C 528, 232 sider.

- Kjeldsen, S. 1987: Geokjemisk kartlegging i Nordland og Troms. ICAP-analyse av løsmassenes fin fraksjon. Nor. geol. unders. rapport 87.142, 69 sider.
- Kolderup, C. F. 1898: Lofotens og Vesterålens gabbrobergarter. Bergens Museums årbok 1898, no. 7, 54 sider.
- Kollung, S. & Gjelle, S. 1986: Berggrunnskart JUNKERDAL 2128.4, M 1:50 000, foreløpig utgave. Nor. geol. unders.
- Kollung, S. 1989: Beskrivelse til berggrunns geologisk kart over SULITJELMAFELTET, M 1: 100 000, Nor. geol. unders. Skrifter 93, 47 sider.
- Kollung, S. & Gustavson, M. 1995: Geologisk kart over Norge. Berggrunnskart ROGNAN 2129.3, M 1:50 000. Nor. geol. unders.
- Korneliussen, A., Gautneb, H. & Raanes, A. 2008: Karakterisering av karbonatforekomster i Nordland. Nor. geol. unders. rapp. 2008.041, 24 sider.
- Krog, R. 1987: Geokjemisk kartlegging i Nordland og Troms. Data for HNO₃-løselig innhold av grunnstoffer i bekkesedimentenes finfraksjon. Nor. geol. unders. rapport 87.180, 71 sider.
- Kulling, O. 1982: Översikt övra Södra Norrbottefjällens kaledonberggrund. Sver. geol. unders., Serie Ba 26, 295 sider.
- Lindahl, I. 1998: Undersøkelse av tre mulige lokaliteter for naturstein i Hamarøy kommune, Nordland; Skarvika ved Nordkil, Vassåsen ved Buvåg og Skutvik. Nor. geol. unders. rapport 98.133, 38 sider.
- Lindahl, I. 2003: Hvit og sort marmor i Salten-området. Nor. geol. unders. rapport 2003.084, 37 sider.
- Lindahl, I. 2005: Muligheter for utnyttelse av Kvemostein, Lierne kommune, Nord-Trøndelag. – Mulige interessenter og marked. Nor. geol. unders. rapport 2005.084, 35 sider.
- Lindahl, I. 2008: Granatglimmerskifrene i Saksenvik - Setså området; tidligere brukt som kvernstein - nå til bruk som unik bygningstein, Saltdal kommune, Nordland. Nor. geol. unders. rapport 2008.075, 47 sider.
- Lindahl, I. 2010a: Undersøkelsene av Skutvik monzonitt som bygningsstein – Statusrapport. Hamarøy kommune, Nordland. Nor. geol. unders. rapport 2010.060, 28 sider.
- Lindahl, I. 2010b: Kartlegning av granatforekomsten på Buviknakken, Sørfold kommune, Nordland. Nor. geol. unders. rapport 2010.061, 22 sider.
- Lindahl, I. 2011: Steinen fra Annfinnslett. Kystkultur og steinindustri i Lødingen Vestbygd. Nor. geol. unders. Gråsteinen no. 14, 103 sider.
- Lindahl, I. 2013: Bygningsstein i Nordland. En oversikt over bygningsstein i Nordland - om bruken og om de forskjellige geologiske steinprovinsene. 190 sider + 770 sider vedlegg på nett.

- Lindahl, I. & Bjerkgård, T. 2006: Naturstein i Vesterålen og Lofoten. Nor. geol. unders. rapport 2006.092, 23 sider.
- Lindahl, I. & Nilsson, L.P. 2008: Geology of the soapstone deposits of the Linnajavri area, Hamarøy, Nordland, north Norwegian Caledoniodes. – Norways largest reserves of soapstone. In: Slagstad, T. (ed.) Geology for Society. Spec. Publication 11, 19-36.
- Lindahl, I. & Sjørdal, T. 1997: Vurdering av steinkvaliteten for Lødingen Steinindustri A/S i brudd på Annfinnslett, Vestbygda, Lødingen kommune. Nor. geol. unders. rapport 97.195, 16 sider.
- Lindahl, I. & Sjørdal, T. 1999a: Kartlegging og prøvetaking av kalk- og dolomitt-marmor i området Stormyrbassenget, Hemnes kommune, Nordland. Nor. geol. unders. rapport 99.093, 25 sider.
- Lindahl, I. & Sjørdal, T. 1999b: Undersøkelse av svart diabas, gabbro og monzonitt til naturstein og pukk i Hamarøy, Steigen, Hadsel, Vågan og Lødingen kommuner. Nor. geol. unders. rapport 99.094, 20 sider.
- Lindahl, I. & Vrålstad, T. 2009: Granat i Nordland – vurderinger av utnyttelse av granat i fast fjell med spesiell fokus på Salten-regiomen. Nor. geol. unders. rapport 2009.015, 31 sider.
- Lindahl, I., Furuhaug, L. & Nilsson, L.P. 2005: Undersøkelsene I Linnajavri-området feltsesongen 2005: Gulldalen. Rapport til Scanur A/S, 11 sider.
- Lindahl, I., Ihlen, P.M., Vrålstad, T., Torstensern, O. & Vaag, A.B. 2007: Mineralressurser og arealdisponering i Nordland. Nor. geol. unders. rapport 2007.072, 24 sider.
- Lindahl, I., Nilsson, L.P. & Furuhaug, L. 2011: Soapstone Catalogue of the Linnajavri Area, Hamarøy Municipality, Nordland County. Nor. geol. unders. rapport 2011.019, 65 sider.
- Lund, E. 1991: Natursteinsundersøkelser i Lofoten og Vesterålen. Rapport Mineralutvikling AS, 42 sider.
- Lund, E. & Strand, K. 1991: Natursteinsundersøkelser i Hamarøy og Tysfjord. Rapport Mineralutvikling AS, 29 sider.
- Lund, E. 1993: Natursteinsundersøkelser i Lofoten, Vesterålen og Lødingen. Rapport Mineralutvikling AS, 24 sider.
- Löfroth, B. & Petterson, B. 1982 : Detailed prospecting at the Prästrun and Valle concession areas. Sver. geol. unders., BRAP 82018, 14 sider.
- Müller, A. 2010: Potential of rare earth elements and Zr-, Be-, U-, Th-, (W-) mineralisations in central and northern Nordland. Nor. geol. unders. rapport 2010.037, 85 sider.
- Müller, A. 2011: Potential of rare earth elements and Zr-, Be-, U-, Th-, (W-) mineralisations in central and northern Nordland-Part 2. Nor. geol. unders. rapport 2011.021, 56 sider.
- Nilsen, O. 2004: Prøveuttak av monzonitt ved Husvågen/Skutvik i Hamarøykommune. Rapport Lødingen Steinindustri AS, 7 sider.

- Næss, G. 1988: Geokjemisk kartlegging i Nordland og Troms. XRF-analyse av bekkesedimentenes finfraksjon. Nor. geol. unders. rapport 87.165, 69 sider.
- Pettersen, M. 1993: Ofoten II, Generell historie. Ofoten bygdeboknemnd, 576 sider.
- Robins, B. 1996: Field trip guide book part II: The Seiland Igneous Province , North Norway. IGCP Project 336, 1996 Field Conference and Symposium, Layered Mafic Complexes and related Ore Deposits of Northern Fennoscandia: Finnland, Norway, Russia. University of Bergen, Norway, 33 sider.
- Romey, D.R. 1971: Basic igneous complex, mangerite, and high grade gneisses of Flakstadøy, Lofoten, northern Norway: I. Field relations and speculations on origin. Norsk geol. tidsskr. 51, 33-61.
- Roskill Information Services Ltd., 2000: The economics of garnet (3d ed.). London, United Kingdom, Roskill Information Services Ltd., 88 sider.
- Shaikh, N.A., Kumpulainen, R., Riad, L., Snæll, S., Sundberg, A., Wesztlund, B. & Wik, N.G.: 1986: Industriella mineral och bergarter i Norrbottens len. Sver. Geol. unders. rapport for NSG/Lensstyrelsen i Norrbottens len. BRAP 86006, 128 sider.
- Stokke, J.A.: 1987: Kartlegging og undersøkelse av gabbrofelt ved Skutvik med tanke på pukkproduksjon. Nor. geol. unders. rapport 87.056, 18 sider.
- Titland, H.P. 2003: Kvernsteinsbruddene i Saltdal. Saltdalsboka 2002/2003, Saltdal kommune, 35-43.
- Torstensen, O. red. 2005: Prosjekt Nordland Mineral. Oversikt over prosjektforslag, aktiviteter og resultater fra arbeidene gjennomført i 2004. Nfk arkiv, ca. 80 sider.
- Tveten, E. 1978: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart SVOLVÆR M 1:250 000. Nor. geol. unders.
- Ulvik, A. 1998: Pukkundersøkelser ved Skutvik, Hamarøy kommune, Nordland. Nor. geol. unders. rapport 98.076, 23 sider.
- Vogt, J. H. L. 1897: Norsk Marmor. Nor. geol. unders. 22, 364 sider.
- Vogt, T. 1927: Sulitjelmafeltets geologi og petrografi. Nor. geol. unders. 121, 560 sider .
- Vogt, T. 1950: Berggrunnskart NARVIK – N9, M 1:100 000. Nor. geol. unders.
- Vrålstad, T., Ihlen, P.M. & Lindahl, I. 2005: Meta-carbonatites in the Scandinavian Caledonides – a potential prospecting target? Vinterkonferanse Røros, NGF Abstract and Proceedings, no.1, 2005, 124.
- Wanvik, J. E.; Raaness, A. 2009: Melkfjell kvartsittforekomst - feltundersøkelser høsten 2008; 2009. Nor. geol. unders. rapport 2009.025, 50 sider.
- Wilberg, R. & Lindahl, I. 1991a: Bordvedåga beryllium-forekomst, Rana, Nordland – Samlerapport . Nor. geol. unders. rapport 91.180, 38 sider.
- Wilberg, R. & Lindahl, I. 1991b: The Bordvedåga Beryllium deposit, Rana, Nordland County, Norway – Summary report. Nor. geol. unders. rapport 91.181, 27 sider.

- Willis, M. 2003: Garnet galore. *Industrial Minerals* August 2003, 36-43.
- Wolden, O. 1987: Geokjemisk kartlegging i Nordland og Troms. Data for totalinnhold av grunnstoffer i bekkesedimentenes tungmineralfraksjon. *Nor. geol. unders.* 87.179, 69 sider.
- Zachrisson, E. & Stigh, J. 1981: Ultramafiter i Fjällen. *Sver. Geol. Unders. rapport til NSG.* BRAP 81522, 55 sider.
- Øvereng, O. 2000: Kravspesifikasjoner for karbonatråstoffer for kommersiell utnyttelse. *Nor. geol. unders. rapport* 2000.040, 126 sider.

VEDLEGG 1: Forkortelser brukt i teksten

Generelt:

LNS: Leonhard Nilsen og Sønner A/S, Risøyhamn (entreprenør- og gruve-selskap)
Nfk: Nordland fylkeskommune
NGU: Norges Geologiske Undersøkelse
NIBA: Naturstein I Botnia Atlantica (EU-prosjekt)
NM: Nordland Mineral (brukt om om hverandre både for Idégruppa for prosjektet og for prosjektet industrialisering av mineralressurser i Nordland)
NP: Nordlandsprogrammet, (Samordnet geologisk undersøkelsesprogram for Nordland)
NTNU: Norsk Teknisk Naturvitenskapelige Universitet (Trondheim)
MINN: Mineralressurser i Nord-Norge (NGU-prosjekt med egen bevilgning)
PNASTINA: Promotion of NATural STone in the Northern Area (EU-prosjekt)
SM: Salten Mineral (prosjekt hos Salten Regionråd)

Faguttrykk:

Be: Symbol for grunnstoffet beryllium, for andre grunnstoff (Li, Cu, Ni, osv.) se oversikt over det periodiske system på internett.
HREE: Heavy Rare Earth Elements (Tunge sjeldne jordartsmetaller)
GPS: Ground Positioning System (Instrument for koordinatfesting av posisjon)
ICP-AES: Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectroscopy (analysemetode)
ICP-MS: Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (analysemetode)
LA-ICP-MS: Laser Ablation - Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (analysemetode)
LCT: Litium Cesium Tantal (gruppe av grunnstoffer karakteristisk for en type pegmatitter)
LREE: Light Rare Earth Elements (Lette sjeldne jordartsmetaller)
mill. år: Millioner år
mrd. år: Milliarder år
NAA: Neutron Activation Analysis (analysemetode)
NYF: Niob Yttrium Fluor (gruppe av grunnstoffer karakteristisk for en type pegmatitter)
PGE: Platina Group Elements (Platina gruppe metaller)
ppb: part per billion (mål: milligram pr tonn)
ppm: parts per million (mål: gram pr. tonn)
REE: Rare Earth Elements (Sjeldne jordartsmetaller)
REO: Rare Earth Oxides (Sjeldne jordartsoksider)
SEM: Scanning Electron Microscopy (Elektron-mikroskop; Analysemetode)
schiller-effekt: Fargespill i feltspat. Betegnes også som labradorisering.
TIB: Transcandinavian Igneous Belt
XRF: X-ray fluorescence eller røntgen fluorescens (Analysemetode)



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
· NGU ·

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no