



Bordvedåga beryllium-forekomst Rana, Nordland

Samlerapport
NGU-rapport 91.180



Rapport nr. 91.180		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Bordvedåga beryllium-forekomst, Rana kommune, Nordland. Samplerapport.				
Forfatter: R. Wilberg og I. Lindahl		Oppdragsgiver: NGU		
Fylke: Nordland		Kommune: Rana		
Kartbladnavn (M=1:250.000) Mo i Rana		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1927 I, Mo i Rana		
Forekomstens navn og koordinater: Bordvedåga, UTM 4975-6575		Sidetall: 38	Pris: 58,-	
Feltarbeid utført: 1984-1988		Rapportdato: 17.5.91	Prosjektnr.: 67.2441.00	Seksjonssjef: <i>F. Lindahl</i>
Sammendrag: <p>Undersøkelsene i Høgtuva og Sjona grunnfjellsvinduer i Nordland ble gjennomført i perioden 1980-1990. Det detaljerte og mest omfattende arbeidet inkludert diamantboring på selve Bordvedåga-forekomsten ble utført fra 1984-88. NGU har stått for planlegging og gjennomføring av arbeidene med støtte fra Norsulfid A/S, Nordland Fylkeskommune, NTNF og Rana Utviklingsselskap.</p> <p>Beryllium-forekomsten ligger i grunnfjellsgranitt av antatt alder på 1700-1900 M.a. Avsetning av malmen fant sted før metamorfosen av amfibolitt facies og foliasjon av grunnfjellet ved dannelse av den kaledonske fjellkjede.</p> <p>Avsetning av Be, Sn, U, Th, Y, sjeldne jordarter, osv. fant sted ved magmatisk differentiasjon og hydrotermal aktivitet. Et stort antall tildels sjeldne mineraler er identifisert i forekomsten. Så langt er den oppborede reserve i forekomsten 350.000 tonn med en gjennomsnittsgehalt på 0.18 % Be. Det er et potensiale for ytterligere reserver i området. Et innledende studie for utnyttelse av forekomsten ble startet, men oppnådde ikke fullfinansiering. Be-mineralet i forekomsten er fenakitt og flotasjonsforsøk ga et konsentrat med høy gehalt (23 % BeO) med god utvinning. Denne rapporten oppsummerer resultatene fra undersøkelser og gir en komplett rapportliste. Alle disse data kan gjøres tilgjengelig for selskap interessert i en utnyttelse.</p>				
Emneord:				

NGU-rapport 91.180

BORDVEDÅGA BERYLLIUM-FOREKOMST, RANA KOMMUNE NORDLAND

SAMLERAPPORT

INNHold	Side
Innledning	4
Utførte arbeider	4
Regional geologi	6
Beryllium-mineraliseringer i Høgtuva-vinduet	8
Bordvedåga-forekomsten	8
Geologi og geokjemi	8
Mineralogi	10
Fordeling av potensielle økonomiske metaller	18
Andre Be-mineraliseringer	20
Bordvedåga-forekomstens dannelse	21
Økonomisk potensiale for Bordvedåga-forekomsten	22
Sammendrag	24
Prosjektets rapporter og annen litteratur	26
Liste over figurer og tabeller	30
Figur 1 - 5	31-35
Tabell 1 - 3	36-38

INNLEDNING

Siden beryllium-forekomsten ved Bordvedåga ble funnet i 1984 er det gjort omfattende undersøkelser i området i løpet av fire feltsesonger. Arbeidene har pågått parallelt på detalj- og regionalt nivå. Resultatene er sammenstilt i 32 rapporter og publikasjoner som her sammenfattes. Ytterligere materiale vil i nær framtid bli rapporter og publisert.

Bordvedåga-forekomstens beliggenhet er ca. 40 km langs vei (15 km i luftlinje) fra Mo i Rana. Den ligger 2 km fra endepunkt bilvei ved gården Bordvedaven, i 400 meters høyde. Avstand til Ranafjorden er ca. 12 km i luftlinje. Her mangler ca. 5 km vei fra gården Snøfjellåga til forekomsten.

UTFØRTE ARBEIDER

Arbeidet som førte til funnet av Bordvedåga-forekomsten startet i 1974 med innsamling av bergartsprøver fra granitter i Nordland - dette i regi av et granittprosjekt innen daværende Nord-Norge-prosjekt. Prøvene ble analysert og resultatene viste høyt innhold av uran og høyt uran/thorium-forhold i noen av prøvene fra den østlige delen av Høgtuva-vinduet. Rekognosering og påvisning av den radioaktive gneissonen ble gjort av NGUs uranprosjekt i 1981. Området ble mutet for Staten på uran og zirkon. Fra 1982 ble arbeidene i forbindelse med mineraliseringen overtatt av USB-prosjektet (Undersøkelse av Statens Bergrettigheter). Vinteren 1983-84 ble det funnet berylliumførende mineraler (fenakitt) i den radioaktive gneisen. I 1987 kom Follidal Verk A/S (seinere gjennom Norsulfid A/S) inn i prosjektet. Kostnadsoversikt for prosjektet er vist i Fig. 1.

Geologi

Geologisk kartlegging av Høgtuva-vinduet er utført av NGU (Søvegjarto et al. 1987, Gjelle et al. 1985), men kartet viser svært få utskilte enheter. Etter funnet av den mineraliserte gneisen ved Bordvedåga er det foretatt regional kartlegging i Høgtuva og Sjona grunnfjellsvinduer for å studere potensialet for ytterligere mineraliseringer av samme type (Wilberg 1987b og 1989d). Det er gått profiler kombinert med punktobservasjoner fra helikopter. Spesielt i den østlige delen av Høgtuva-vinduet, i nærheten av Bordvedåga, har kartleggingen vært omfattende og detaljert, motivert av leting etter nye Be-mineraliseringer. Kartleggingen har dels foregått i stikningsnett. Hovednettet som dekker Bordvedåga-forekomsten og den mineraliserte gneisen har ei basislinje på 4 km. I tillegg er det opprettet flere lokale stikningsnett som dekker andre mineraliseringer. Disse er oftest knyttet opp mot nevnte basislinje.

Geokjemi

Parallelt med den geologiske kartleggingen er det gjort geokjemisk prøvetaking. Pga. den gode blotningsgraden i området er de geokjemiske studiene basert på litogeokjemi med analyser av hovedbestanddelene og sporelementer. Spesielt det omfattende programmet i 1987 ga et solid grunnlag for forståelsen av geokjemien regionalt (Krog 1988a og b), såvel som geologi (Wilberg 1989d) og geofysikk (Midtun 1988). 598 fastfjellsprøver med tetthet en prøve pr. 1 km² ble samlet inn fra grunnfjellsvinduene Høgtuva og Sjona. Begge vinduene er også dekket med tungmineralvasking med relativt stor prøveavstand (Hatling 1983, Wilberg 1987a). Det er også foretatt en orienterende studie av sporelementenes fordeling i bekkevann og bekkersedimenter, samt mose og torv langs bekken (Røste 1984). Det er senere gjort en mer omfattende og detaljert prøvetaking av bekkevann (Wilberg 1988a). I stikningsnettet ved Bordvedåga er det prøvetatt og analysert knakkprøver systematisk med liten prøveavstand, samt at en har data fra borkjerneanalyser. Det er også gjort aldersdateringsforsøk etter Rb-Sr-metoden fra Høgtuva og Sjona grunnfjellsvinduer (Wilberg 1987c), og det arbeides med datering av zirkon.

Geofysikk

Mens fastfjellsgeokjemi var den direkte årsak til funnet av mineraliseringen ved Bordvedåga har geofysikk, først og fremst ved radiometriske- og beryllometermålinger, vært viktige hjelpemidler i det videre arbeid. Den mineraliserte gneisen ved Bordvedåga ble først kartlagt og avgrenset ved hjelp av scintillometermålinger (Furuhaug 1984, Wilberg & Furuhaug 1989), og siden er det foretatt radiometriske målinger fra bil (Hatling 1983) og helikopter (Håbrekke 1983, Mogård et al. 1988). Scintillometer har også vært nyttig støtte under all geologisk kartlegging.

I det regionale programmet er helikoptermålinger (radiometri, magnetometri og VLF) utført to ganger over grunnfjellsvinduene Høgtuva og Sjona - i 1982 med stor profilavstand (1-2 km), (Håbrekke 1983) og i 1987 (Mogård et al. 1988) med en profilavstand på 250 m.

I det omfattende undersøkelsesprogrammet i 1987 ble det i kombinasjon med fastfjellsprøvetakingen og geologiske observasjoner målt radiometri, gravimetri og susceptibilitet in situ på 598 lokaliteter (Midtun 1988). I tillegg ble tetthet og susceptibilitet målt i laboratoriet på de innsamlede prøvene.

Beryllometer er brukt i tre sesonger for å kartlegge Be-mineraliseringenes utgående og under oppfølging av diamantboring. På detaljnivå er det også utført et geofysisk metodestudium over noen av de kjente Be-mineraliseringene hvor VLF, IP, ledningsevne, magnetometri og susceptibilitet ble forsøkt (Dalsegg 1988).

Diamantboring og mineralogi

I perioden 1986-88 er Bordvedåga-forekomsten boret opp og avgrenset med 45 borhull på tilsammen 2215 m. 1028 bormeter er brukt på nærliggende mineraliseringer. NGU har foretatt diamantboringene med to typer utstyr, Diamec og Pack-Sack. All borhullene er lokalisert til stikningsnettene og de fleste er målt inn i forhold til fastmerker.

I tillegg til fortløpende bearbeiding av innsamlede data i felt og på laboratorium er det utført omfattende mineralogiske studier bl.a. ved hjelp av mikrosonde (Wilberg 1989b), både med henblikk på en generell studie av malmen og på utnyttelse av beryllium og sporelementer i forekomsten.

Forstudie for utnyttelse av forekomsten

Ved årsskiftet 88/89 ble det tatt initiativ til å gjennomføre et forstudie på mulig utnyttelse av Bordvedåga-forekomsten. Et samarbeidsprosjekt mellom SINTEF og NGU ble etablert og startet opp, men etterhvert ble det klart at det ikke var mulig å fullfinansiere prosjektet.

Prosjektets mål var å se på:

- Råstoffgrunnlag og mineralogi
- Oppredning av fenakitt
- Be (OH)₂ / BeO fra fenakittkonsentrat
- Oppredning av bi-mineraler
- Ekstraksjon av biprodukter
- Gruvedrift og transport
- Miljøtiltak
- Marked for Be og biproduktene
- Økonomisk totalvurdering.

Noen av disse arbeidene ble gjennomført fullt ut slik som råstoffgrunnlag og mineralogi som også ble rapportert (Wilberg 1989b). Dels ble oppredningsforsøkene gjennomført. Andre deler ble det gjort betydelige arbeider på som ikke er sluttrapportert. Avsnittene om gruvedrift/transport og den økonomiske totalvurderingen ble det gjort svært lite på.

REGIONAL GEOLOGI

Høgtuva og Sjona er de sørligste av en rekke prekambriske (1700-1900 mill. år) grunnfjellsvinduer i Nordland som strekker seg nordover til Ofoten (Fig. 2) og videre i Troms.

Gravimetrisk studie (Midtun 1988) konkluderer med at Høgtuva- og Sjonavindueene er syntektoniske granittiske diapirer adskilt av en nedfoldet synform av kaledonske bergarter. De to grunnfjellsvindueene er like med hensyn til petrofysiske egenskaper, hvilket indikerer at de representerer den samme geologiske enhet (Midtun 1988). Det er sannsynlig at vindueene har en sammenheng under de kaledonske bergartene østover til Nasafjellvinduet og videre med det baltiske skjold i Sverige. Også tidligere arbeider foreslår diapirisme som den strukturelle forklaring på vindueene (Ramberg 1980, Cooper & Bradshaw 1980 og Cooper 1985).

Det er ikke fullt klarlagt hvorvidt de enkelte grunnfjellsvinduer i Nordland er autoktone eller ikke. Noen av dem er autoktone, noen parautoktone og andre igjen boudinert i de kaledonske dekkeenhetene. Kun en liten del av Nasafjellområdet er for eksempel autoktont mens størstedelen er parautoktont. Høgtuva og Sjona-vindueene har ikke ut fra de gravimetrisk undersøkelsene underliggende kaledonske bergarter, men utelukker ikke flatt-liggende skyveplan innen grunnfjellsbergartene.

Bergartene i Høgtuva- og Sjona-vinduet domineres av middelskornige, folierte granittiske til kvartsmonzonittiske gneiser. Metamorfosegraden er amfibolittfacies. Gneisene er oftest mer finkornige og sterkere foliert ut mot dekkekontaktene. Foliasjonen er tilnærmet parallell med de tektoniske dekkekontaktene. De største rester av autoktone sedimenter langs Høgtuva-vinduets kontakter finnes i Tjuvpåldalen og på Snøfjellet i SØ-hjørnet av vinduet. Grafittskifer opptrer stedvis i skyvesonen mellom vindu og dekke og representerer rester av autoktone sedimenter.

Mafiske ganger er utbredt i hele Høgtuva-vinduet. De opptrer som amfibolitter og biotittskifer ofte flere kilometer lange med noen meters mektighet. Som regel er de konkordant med foliasjonen i gneisene, men gjennomsettende ganger finnes også. Biotittskifrene opptrer der foliasjonen er sterkest utviklet.

Lag og ganger av kalkspat og flusspat finnes som smale gjennomsettende ganger men mest vanlig som langstrakte (opptil 2 km), noen desimeter mektige, konkordante lag. De opptrer bare i den sørøstlige delen av Høgtuva-vinduet i Bordvedåga-området og har ofte nær tilknytning til Be-mineraliseringer (Fig. 3). Pegmatitt- og aplittganger som opptrer spredt over hele vinduet. Lokalt fører de Be-mineraler, spesielt i Bordvedåga-området.

Deformasjonsstrukturer tilkjennegis i liten grad i de homogene gneisene, men enkelte observasjoner tyder på at bergartene har gjennomgått flere faser isoklinalfolding. Senere mer sprø deformasjon har utviklet et forkastnings- og sprekkesystem med hovedretning NØ-SV. Det synes å ha vært liten bevegelse langs disse bruddsonene.

Hovedmineralene i de granittiske gneisene i Høgtuva- og Sjona-vindueene er kvarts, K-feltspat, plagioklas (albittrik) og biotitt som mørkt mineral. Lokalt er også hornblende vanlig. Magnetittkrystaller er vanlig i størrelse 2-5 mm, i mengde på 1-2 %.

BERYLLIUM-MINERALISERINGER I HØGTUVA-VINDUET

Bordvedåga-forekomsten

Innenfor et område på ca. 8 km² i den østlige delen av Høgtuva-vinduet er det funnet et stort antall Be-mineraliseringer (Fig. 3). Det er mineraliseringer av forskjellig type, med forskjellig geokjemi og mineralogi. Forekomststypene er disseminasjoner i 1) granittisk gneis, 2) flusspatrike horisonter i gneis, 3) flusspatrikt skarn, 4) aplitt, 5) pegmatitt og 6) udeformerte kvartsårer. Beryllium-mineralene fenakitt, høgtuvaitt (nytt mineral), beryll, gadolinit, danalitt, genthelvin og helvin opptrer i ulike parageneser i de ulike mineraliseringstyper. Bordvedåga-forekomsten er et eksempel på type 1, som økonomisk sett er mest interessant.

Geologi og geokjemi

Gneisene i Bordvedåga-området er delt inn i ligg-gneis, mineralisert gneis (Zr, U, REE, m.m.) og heng-gneis. Gjennomsnittsverdier for geokjemi er gitt i Tabell 1.

Den mineraliserte gneisen er anriket på en rekke inkompatible litofile sporelementer. Denne gneissonen er ca. 8 km lang og opptil 500 m bred (opptil 250 m mektig). Den er kuttet av en skyvesone på Tverrbekkfjellet og strekker seg nordvestover til veien mellom Langvassbotn og Melfjordbotn. Den forløper parallelt med foliasjonen i gneisene og faller 20-30° mot nordøst. Den skiller seg utseendemessig lite fra de omkringliggende gneiser bortsett fra opptreden av amazonitt i semikonkordante pegmatitter. Amazonitt finnes sjelden utenfor den mineraliserte gneisen.

På ligg-siden av den mineraliserte gneisen er den granittiske bergarter mindre foliert og en kropp med svært lite foliert granitt er kartlagt (Fig. 3). Henggneisen er svært lik den mineraliserte gneisen. De tre enhetene har også et relativt likt innhold av hovedelementer (Tabell 1). Den mineraliserte gneisen har et noe lavere innhold av SiO₂, K₂O og Al₂O₃ og høyere F₂O₃ og Na₂O- innhold enn sidebergartene. Den er svakt peraluminøs, mens heng- og ligggneis er metaluminøs. De fleste sporelementer er imidlertid kraftig anriket i den mineraliserte gneisen i forhold til sidebergartene.

Den mineraliserte gneisen er delt inn i tre soner etter sporelement-innhold. Grenseverdiene er basert på scintillometermålinger (Knirps scintillometer) og Zr-innhold (kjemisk analyse). Strålingsnivå og Zr-innhold viser god korrelasjon.

- 1) Lavgehaltig mineralisert sone (WMZ) defineres ved stråling mellom 70 og 180 $\mu\text{R}/\text{time}$, som oftest tilsvarer et Zr-innhold på over 0.2 % Zr.
- 2) Høygehaltig mineralisert sone (HMZ) defineres ved stråling over 180 $\mu\text{R}/\text{time}$ eller mer enn 0.8 % Zr.
- 3) Beryllium-mineralisert sone (BMZ) som defineres ved mer enn 0.1 % Be, uavhengig av strålingsnivå og Zr-innhold.

Beryllium-innholdet er hovedsaklig bundet i mineralet fenakitt med mindre mengder i gadolinit, genthelvin og høgtuvaitt. Fenakitt er anriktet i tynne bånd i gneisen. Formen på Be-mineraliseringen er noe uregelmessig, men i grove trekk er det to hovedlinser med rik mineralisering adskilt av et lavgehaltig parti. Linsene er parallelle med foliasjonen.

Beryllium-mineraliseringen, som har en utgående på minst 400 m x 20 m, strekker seg på begge sider av elven Bordvedåga som har gitt navn til forekomsten. Forekomsten opptrer sentralt i den mineraliserte gneisen.

Mineraliseringen er boret opp med 45 diamantborhull som er satt ned i fire rekker med lik avstand, og den er fulgt over en strøklengde på 400 m. Rekke I er borerer helt i utgående ned til 170 meters langs fallet. Vertikal avstand fra de dypeste skjæringene til dagen er bare ca. 50 meter.

Hvis nedre grense for svakeste mineralisering, dvs. grense til sidebergart, settes til 200 ppm Be, er mineraliseringen påvist over en lengde på 400 m i rekke II og III. Mektigheten på gneissonen med over 200 ppm Be øker mot dypet, fra 12-14 m i rekke I til 18-20 m i den sentrale delen av mineraliseringen i rekke II og III. Mektigheten av malmlinsene (> 0.1 % Be) avtar derimot mot dypet fra opptil 14 m i utgående til opptil 3 m i rekke III. Den øverste av de to Be-malmlinsene kiler ut mot dypet og finnes bare i de sørøstlige deler av rekke II. I rekke III er det bare enkelte av skjæringene som viser malmgehalt. Den nederste malmlinsen er mer utholdende og opptrer sammenhengende i både rekke II og III over lengder på henholdsvis 300 og 220 m. Det er bare denne delen i liggen av den opptil 20 m mektige Be-mineraliseringen som kan gi grunnlag for brytbare ressurser på dypere nivå.

Det er gjort en malmberegning med cut off på 0.1 % Be og cut off mektighet på 1,5 m. Denne cut off gehalten er en naturlig (ut fra analyseresultatene) grenseverdi. Malmlinsene er begrenset i alle retninger med den utførte boringen. Den påviste tonnasje blir under disse forutsetninger 350.000 t med en gjennomsnittsgenhalt på 0.18 % Be.

Linsene med Be-malm er omgitt av Be-mineraliseringer (>200 ppm Be). Uregelmessig finnes det som er betegnet Y-sone, over, under og mellom malmlinsene. Y-sonen omfatter deler av Be-mineraliseringen og omgivende bergart.

Elementer som er anriktet i malmlinsene er U, Th, Zr, Nb, Sn, W, Mo, Cu og Ba. Y-sonene er anriktet på Y, Ce, La, Rb, Li, (Zn, Pb og Co). Alle elementer innenfor malmlinsene og Y-sonen har god positiv korrelasjon, og negativ eller ingen korrelasjon til elementene i den andre gruppen. Dette er forholdet i den dagnære delen av malmen.

På dypere nivå endres forholdet. Be-linsa som strekker seg dypest har lavgehaltige beryllium-mineraliseringer både over og under. Malmlinsen har her lavere innhold av alle sporelementer enn sidebergarten, bortsett fra Sn. I dette nivå er det dermed kun positiv korrelasjon mellom Be og Sn i malmlinsa.

Denne soneringen i tilknytning til Be-malmen har betydning for fastsettelse av malmgrensene da yttrium og flere av de sjeldne jordartselementene som har stor verdi, er anriktet i Y-sonen. Be-malmen har et noe høyere innhold av de tunge sjeldne jordartselementene (Yb og Lu) og noe lavere innhold av de lette (Ce, La, Sm og Tb) enn Y-sonen.

Med tanke på Bordvedåga-forekomstens linseform og muligheten for gjentatte linser i samme nivå mot dypet, ble det boret to 300 meter lange hull som vist på Fig. 5. Den mineraliserte gneisen ble truffet, men ikke Be-mineralisering i noen av hullene i det tektonostratigrafiske nivå som Bordvedåga-forekomsten ligger i.

Mineralogi

Bordvedåga-forekomsten har et høyt innhold av inkompatible litofile elementer som Be, Zr, Nb, Y, sjeldne jordartselementer, U, Th, F, Rb, Bi, Ga, Hf, Ta, Sn, etc. Dette er elementer som i liten grad går inn i krystallisasjonen av de vanlige bergartsdannende mineraler, men oppkonsentreres i restsmelten og danner egne mineraler. De høye gehaltene gir seg uttrykk i opptreden av flere komplekse og uvanlige mineraler. En eventuell drift på Bordvedåga-forekomsten må i hovedsak baseres på beryllium, men flere av de nevnte bi-elementene, i første rekke Y, Nb, U og sjeldne jordartselementer, er aktuelle som bi-produkter. For å studere hvordan de økonomisk interessante bi-elementene fordeler seg i forekomstens mineraler er det gjort omfattende mikrosonde-undersøkelser i tillegg til vanlig bergartsmikroskopering. Wilberg (1989b) har beskrevet dette i detalj.

Hovedmineraler

Be-malmen opptrer i en middelskornet, foliert granittisk gneis og består hovedsakelig av kvarts (40-50 %), mikroklin (20-30 %), albitt (15-20 %) og biotitt (5-10 %). Zirkon, fenakitt, flusspat, høgtuvaitt og opake mineraler opptrer også i betydelige mengder, mellom 1 og 2 % for hvert av mineralene. Små mengder av en vanligvis grønn Ca-amfibol (hornblende) er ofte

omgitt av ei rand av blå Na-amfibol (riebeckitt). Identifiserte mineraler er listet opp i Tabell 3.

Malm-mineralene har en tendens til å anrikes i gjentatte bånd i foliasjonen, oftest med mindre enn 1 cm imellom. Gjennomsnittlig kornstørrelse er på 0.3 - 0.5 mm. Malm-mineralene derimot er mer finkornet. Fenakitt er relativt jevnkornet, rundt 0.2 - 0.3 mm, mens de fleste aksessoriske mineraler er mindre eller lik 100 μm (0.1 mm).

Det er stor variasjon i sammensetning i biotitt (vanligvis olivengrønn i mikroskop) fra de to malmsonene. Mest bemerkelsesverdig er det høye zink-innholdet i Y-sonens biotitt (2.12 - 7.83 % ZnO. Den er også anrikt på Mn, Mg og Rb i forhold til i Be-malmen. Biotitt fra Be-malmen er anrikt på Fe og Al.

Fenakitt, Be_2SiO_4

Fenakitt er relativt jevnkornig, 0.2 - 0.3 mm, og anhedral. Stedvis finnes fenakitt-aggregater på opptil 6-7 mm. Fenakittkorn er oftest rene, men kan også føre en hel del inneslutninger av andre mineraler. De vanligste er kvarts, feltspat, zirkon, thoritt, gadolinitt og blyglans.

Innen malmsonene er fenakitt anrikt i mineralbånd, vanligvis med mektighet på 4-10 mm med et fenakittinnhold på 20-30 %, hovedsaklig sammen med kvarts og ofte høgtuvaitt, samt små mengder feltspat, zirkon, biotitt og aksessoriske mineraler. Utenfor Be-båndene er det mye zirkon og feltspat/kvarts-forholdet øker.

Høgtuvaitt, $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ti}, \text{Mg}, \text{Mn}, \text{Sn})(\text{Si}, \text{Be}, \text{Al})_6\text{O}_{20}$

Høgtuvaitt ble godkjent som nytt mineral ved årsskiftet 1990/91. Det er et mineral tilhørende aenigmatittgruppen. Kjemisk har det størst likhet med rhönitt, men skiller seg ut ved høyt beryllium-innhold (kjemisk analyse av mineralkonsentrat gir 2.6 % BeO). Opptreden av høgtuvaitt er utbredt i den østlige delen av Høgtuva-vinduet hvor mineralet opptrer innen smale horisonter i gneisen hvor en har beryllium-anrikning. Det har vist seg at når høgtuvaitt finnes er Be-innholdet i gneisen alltid høyere enn ca. 100 ppm. Dette gjør mineralet til et svært viktig spormineral i de ellers usynlige beryllium-mineraliseringene.

Høgtuvaitt er dannet seint og opptrer som opptil 4 cm lange, svarte uorienterte nåler som også har vokst på tvers av foliasjonen. Høgtuvaitt finnes også som opptil 5 cm store krystaller i små pegmatittutsvetninger og på sene sprekker. Vanligvis er mineralet poikiloblastisk og omgitt av en bleket jern-fattig halo. Innholdet av høgtuvaitt i Bordvedåga-forekomsten er på mellom 1 og 2 %. Høgtuvaitt fra Bordvedåga-forekomsten har et tinn-innhold på 0.6 - 0.7 % SnO_2 som er over 10 ganger høyere enn i de andre Be-mineraliseringene. Ellers er variasjon i kjemisk

sammensetning relativt liten.

Gadolinitt, $(Y, Ca)_2 Fe(BeSiO_4)(O,OH)_2$

I Bordvedåga-forekomsten er gadolinitt lys grønn og glassklar, vanligvis anedral til subhedral og relativt store korn (0.1 - 0.5 mm). Euhedrale, rombeformede krystaller ses sjelden, men kan opptre som kjerner påvokst en ny fase. Gadolinitt opptre oftest som diskrete enkeltkorn i kvarts og feltspat, men kan også opptre i aggregater intimt sammenvokst med andre aksessoriske mineraler.

Gadolinitt er ofte sonert, enten med lys kjerne og mørkere randfase, eller med en mer broget blanding av mørke og lyse områder (oscillerende sonering). Analysene antyder at den lyse fasen har høyere innhold av Th, Ca og de lette sjeldne jordartselementene (LREE) Ce og La. Den mørke fasen har høyere innhold av Y og delvis de tunge sjeldne jordartselementene (HREE) og muligens høyere vanninnhold. Gadolinitt har høyt innhold av Y og REE. BeO-innholdet er teoretisk på ca. 10 %.

Gadolinitt har stor kapasitet for isomorf substitusjon og kan, avhengig av krystallisasjonsbetingelsene, inneholde REE med svært varierende HREE/LREE-forhold. Gadolinitt-sammensetningene i Be-malmen og Y-sonen er klart forskjellige. Forholdet mellom de tunge og lette REE er høyere i Y-sonen enn i Be-malmen. Gadolinitt fra Be-malmen har høyere innhold av Ca, Th, U, de to letteste REE (Ce og La) og Er, og mindre innhold av Y og de middels tunge REE (Gd, Nd og Dy) er høyere i Y-sonen.

Helvin-gruppen: helvin, $Mn_4(BeSiO_4)_3S$,
danalitt, $Fe_4(BeSiO_4)_3S$ og
genthelvin, $Zn_4(BeSiO_4)_3S$

Helvin, danalitt og genthelvin er endeledt i den isomorfe serien $Mn_4(BeSiO_4)_3S$ - $Fe_4(BeSiO_4)_3S$ - $Zn_4(BeSiO_4)_3S$. Rene endeledt i den isomorfe serien er imidlertid nærmest ukjent i naturen. BeO-innholdet er vanligvis på 11-14 % i helvin-gruppen.

I Høgtuva-vinduets østlige del opptre både helvin, danalitt og genthelvin. I Bordvedåga-forekomsten opptre genthelvin som underordnet beryllium-mineral. Det finnes som enkelte korn ofte assosiert med sinkblende og andre sulfider i opptil noen cm-mektige, ofte flusspatanrikede bånd i foliasjonen i både Be-malmen og Y-sonen. Genthelvin er rød til brunrød og opptre vanligvis i euhedrale tetrahedrale krystaller med kornstørrelse på 1-2 mm. Inneslutninger er vanlig.

I likhet med flere andre mineraler er genthelvin rikere på sink i Y-sonen enn i Be-malmen, hvilket reflekterer det høyere Zn-innholdet i Y-sonen.

Allanitt, $(Ca, Ce, Y, La, Th)_2 (Al, Fe)_3 Si_3O_{12} (OH)$

Allanitt opptrer vanligvis i biotittrike lag i gneisen, ofte som korntog over flere mm's lengde og aggregater som ofte er vokst rundt andre mineraler, men også som enkeltkorn ofte innesluttet i biotitt. Allanitt har ofte velutviklet prismatisk krystallform og sterke brune og gule egenfarger. Mineralets radioaktivitet, som skyldes innholdet av Th (og U), fører til den karakteristiske haloen i biotitt. Enkelte allanittkorn har opptil 6 % ThO_2 og kan klassifiseres som thoro-orthitt.

Allanitten karakteriseres ved varierende kjemisk sammensetning og vekstsonering. Oftest er det minst to faser, vanligvis med den lyseste som randfase. Ofte er denne sonering svært uregelmessig med flekkvis opptreden av en fase i en annen. Mineralet er rikt på REE spesielt de lette. Summen av disse ligger på 23-25 % (i oksydform).

Titanitt, $CaTi [SiO_4] (O, OH, F)$

Titanitt opptrer i store, vanligvis over 0.1 mm, og oftest anhedrale korn. Korna er homogene og består av en fase, men har klare kjemiske variasjoner fra Be- til Y-sone: Titanitt fra Be-malmen har et forhøyet innhold av Ca, Si og Sn og lavere innhold av Fe, Al, Y og REE (spesielt de tunge) sammenlignet med Y-sonen. Tinninnholdet er generelt høyt, med 3-6 % SnO_2 .

Pyroklor, $(Na, Ca)_2 (Nb, Ti, Ta)_2 O_6 (OH, F, O)$

Pyroklor opptrer i karakteristiske runde korn relativt jevnt fordelt i kvarts, feltspat og biotitt. Kornstørrelsen varierer mellom 20 og 100 μm . Koronastruktur er typisk for pyroklor og thoritt. De har vanligvis påvokst en mørk til opak randfase (randfasen omtales seinere). Inneslutninger i pyroklor er vanlig, men hyppigheten er relativt liten.

Pyroklor er i likhet med flere av de andre mineralene i Bordvedåga-forekomsten sonert og består vanligvis av to faser. Nesten uten unntak finnes den farveløse eller lyse fasen som randfase.

Pyroklor fra Bordvedåga-forekomsten er uranrik (15- 20 % UO_2) og kan klassifiseres som uranpyroklor. Analysene viser stor variasjon i sammensetning for Nb (30-50 % Nb_2O_5) og Ta (2.2 - 6.6 % Ta_2O_5).

Zirkon, ZrSiO₄

Zirkon opptrer på to måter. Altoverveiende som finkornige skyer av krystallitter i kvarts og feltspat og andre mineraler. Stedvis finnes opptil 0.5 mm store euhedrale og sonerte krystaller, ofte med metamikte kjerner og klar randfase.

Gjennomsnittssammensetningen av zirkon fra Be-malmen er ca. 50 % Zr, 1.3 % Hf og 0.25 % U. Tilnærmelesvis alt Zr og Hf i bergarten er bundet i zirkon, mens ca. 20 % av total uran i bergarten er bundet til zirkon. Zirkon fra Bordvedåga-forekomsten har usedvanlig lavt innhold av sporelementer tatt i betraktning sporelementanrikninger i bergart og andre mineraler. Det er bare oksydene av U, Zn, Nb og Y som kommer opp mot et par tidels prosent i zirkon.

Thoritt, ThSiO₄

Thoritt fra Bordvedåga-forekomsten er vanligvis melkehvit, men kan også være gul (orangitt). Størrelsen på de anhedrale kornene varierer fra 10 μm til 0.2 mm. De fleste korn er ca. 0.1 mm. Aggregater av korn er stedvis opptil 0.5 mm. Thoritt opptrer i likhet med pyroklor som runde korn med en brun til svart randfase. Denne randfasen består oftest sannsynligvis av kloritt, men sammensetningen kan variere mye. Thoritt er ofte innesluttet i andre aksessoriske mineraler, mens inneslutninger i thoritt er svært sjelden.

Vanligvis er thoritten sonert og består av to faser. Deres innbyrdes forhold er vanligvis at den lyse fasen opptrer som blomkållignende inneslutninger i en mørkere fase. Sjeldnere opptrer den lyse fasen i større områder omsluttet av den mørke fasen. Thorium-gehalten i thoritt varierer mellom 65 og 75 %.

Den lyse fasen ligger nærmest den ideelle thoritt. Den mørke fasen kan benevnes calciorthoritt (4-5 % CaO). Den lyse fasen er rikere på Th, Y, Tl og delvis Zn i forhold til den mørke som er anrikt på Ca og Si og har høyere vanninnhold. I tillegg til vann er det mulig at endel av det resterende utgjøres av beryllium. Thoritt er kjent for å kunne ha betydelig Be-innhold.

Det er også gjort analyser av en sjeldnere uranrik fase med U-innhold på 10 - 20 % UO₂. Denne har svært varierende innhold av ThO₂ (fra 22 % til 65 %) og også av de andre elementene. Mineralet klassifiseres etter mikrosondeanalysene som uranorthoritt.

Uraninitt, UO₂

Uraninitt finnes spredt i malmen som små (10 - 30 μm) anhedrale korn. Det opptrer sjeldent og viser høye innhold av Y, Pb, Th og REE, spesielt Er.

Fergusonitt, (Y, REE, Ca, U, Th, Fe) (Nb, Ta, Ti)O₄

Det er mye fergusonitt spesielt i Y-sonen, også i "store" korn oppimot 0.1 mm, men vanlig kornstørrelse er 10 - 40 μm. Fergusonitt opptrer som enkeltkorn, oftest i kvarts og feltspat, og stedvis i aggregater. Fergusonitt er anhedral og i mikroskop fargeløs til svak brun og isotrop. Minerallet har i likhet med pyroklor oftest en lys kjerne med en mørkere randfase. Kjernen har mer Y, Nb og Er og mindre Ca, Al, Si, Nd og vann (?) enn randsonen.

Det er store variasjoner i sammensetning, spesielt for Y, Nb, Fe og Si. Fergusonitt har høye innhold av Y. HREE dominerer sterkt over de lette. Beryllium kan også inngå som en betydelig bestanddel i fergusonitt.

Euxenitt, Y(Nb, Ti)₂ (O, OH)₆

Det er funnet få korn av euxenitt i Y-sonen og bare en analyse er foretatt. Euxenitt er sammensetningsmessig relativt lik fergusonitt med unntak av et høyt TiO₂-innhold. HREE dominerer over de lette.

Kainositt, Y₂Ca₂ [Si₄O₁₂](CO₃) · H₂O

Kainositt er i likhet med gadolinitt et komplekst REE-Y-silikat. Minerallet skiller seg sammensetningsmessig fra gadolinitt ved at det er Ca-rikt og fattig på Fe og Th. HREE dominerer over de lette.

Det fins endel kainositt i Y-sonen. I Be-malmen er det ikke observert. Kornformen er anhedral til subhedral og kornene er relativt store, ofte oppimot 0.1 mm. Farge er gulbrun til rosa. Ofte er minerallet tofaset med en mørkere, sannsynligvis hydrert fase ytterst. I kainositt er det ikke vanlig med inneslutninger. Kainositt opptrer som enkeltkorn oftest i kvarts, feltspat, flusspat og titanitt.

Thalenitt, Y₃Si₃O₁₀ (OH)

En del småkorn < 10 μm er funnet i Y-sonen. Bare en analyse er foretatt. Den viser en sammensetning som er relativt lik kainositt med unntak av Ca.

Yttrialitt, $Y_2Si_2O_7$

Yttrialitt er bare funnet som enkelte små korn i Y-sonen. Det er en varietet av thalenitt med høyt Th-innhold. Yttrialitt, thalenitt og kainositt er relativt lik gadolinit i sammensetning (Y, HREE, Si), men de skiller seg ut ved at yttrialitt har lavt Fe-innhold, thalenitt har lavt Fe- og Th-innhold og kainositt har også lavt Fe- og Th-innhold og er Ca-rik.

Fluoceritt, (Ce, La)F₃

Fluoceritt er svakt gult og har muskovitt-lignende interferensfarger. Det opptrer på to måter, enten som små anhedrale korn (< 10 μm) disseminert i bergarten eller mobilisert på sprekker eller korngrenser.

LREE-mineraler

Det forekommer endel uidentifiserte mineraler som er rike på de lette sjeldne jordartselementene. De kan være svært heterogene med varierende kjemi, og utenom LREE er ofte innholdet av Si, Fe, Al, Th og Ca betydelig. Det kan dreie seg om både silikater, karbonater, oksyder og fluorider.

Randfase påvokst pyroklor og thoritt

Som nevnt tidligere opptrer pyroklor vanligvis og thoritt stedvis som runde korn med en påvokst randfase. Den kan være fra lys til mørke brun og også opak. Randfasen er vanligvis ca. 10 μm bred. Sammensetningen til randfasen varierer ganske mye fra en påvoksning til en annen. Den dominerende fasen består hovedsaklig av Fe, Si og Al. Analyser av denne tyder på at det er en jernrik, magnesiumfattig kloritt (thuringitt).

Jerninnholdet i andre randfaser kan imidlertid være høyere, og stedvis består randfasen av magnetitt. Andre elementer som kan inngå i randfasen er K, Ca, Ti, Mg, Zn og S.

Tinnsten, SnO₂

Tinnsten opptrer vanligvis som mikroskopiske korn fra 1 - 10 μm , i enkelte tilfeller opptil 100 μm . Kornformen er anhedral til subhedral. Tinnsten er både innesluttet i flere av de aksessoriske mineralene og i de bergartsdannende mineralene.

Wolframitt, (Fe, Mn) WO₄

Wolfram-innholdet i malmen er lavt. Elementet er bundet til wolframitt som finnes som endel mikroskopiske korn opptil 10 µm.

Magnetitt, Fe₃O₄

Be-malmen er relativt magnetittrik. I partier kan det være opptil 2 %. De euhedrale til subhedrale magnetittkrystallene kan være opptil 2-3 mm store og ofte er de omgitt av en diskosformet, bleket halo. Magnetitt kan føre avblandinger av ilmenitt, hematitt og pyrofanitt, men dette synes å være sjelden i Be-malmen. Også inneslutninger av andre mineraler er lite utbredt. Enkelte magnetittkrystaller kan inneholde flere prosent Zn (Grauch og Lindahl 1984).

Ilmenitt, FeTiO₃

I tillegg til de nevnte avblandingene i magnetitt forekommer noe ilmenitt som diskrete korn.

Sulfider av Zn, Pb, Mo, Cu, As og Fe

Be-malmen inneholder endel sulfider (sinkblende, blyglans, molybdenglans, kobberkis, arsenkis og svovelkis) som enkeltkorn og som mobilisering langs korn grenser og sprekker.

Flusspat er et vanlig aksessorisk mineral. Innholdet anslås til bortimot 1 %. Vanligvis fiolett, men også fargeløs og brunlig flusspat er ofte anrikt langs foliasjonsplan, men finnes også som spredte enkeltkorn. Et lite innhold av kalkspat finnes også i malmen. Kloritt finnes foruten som påvoksning rundt pyroklor og thoritt i små mengder også som omvandlingsprodukt fra biotitt. Noe apatitt er også tilstede. Identifisering med Debye-Scheerer av kyanitt og løllingitt er ikke bekreftet ved mikroskopering eller mikrosonde.

Mineralenes krystallisasjonsrekkefølge synes til en stor grad å være preget av samtidighet, eller at forholdene er preget av den metamorfe modifisering. Nb-, Y-, HREE-, U-, Th-, Sn- og W-mineraler som pyroklor, fergusonitt, euxenitt, gadolinitt, kainositt, thalenitt, yttrialitt, thoritt, uraninitt, tinnsten og wolframitt er dannet tidlig, men forholdene dem imellom er komplekse. Gadolinitt kan f.eks. ofte inneslutte pyroklor, men det motsatte er også vanlig.

Zirkon i form av finkornige "skyer" synes noe seinere da de ofte omslutter de forannevnte mineraler - og er innesluttet i påfølgende mineraler. Etter zirkon følger fenakitt, titanitt og apatitt. Allanitt er relativt sein og er ofte vokst rundt andre mineraler som gadolinitt, thoritt og

apatitt. De sist dannede mineraler er genthelvin, høgtuvaitt og fluoceritt.

Fordeling av potensielle økonomiske metaller

Her skal oppsummeres hvilke mineraler som er viktigst som bærere for de forskjellige potensielt økonomiske elementer innen de to malmsonene.

- Be:** Den overveiende del av beryllium-innholdet i Be-sonen inngår i fenakitt. Høgtuvaitt som er nest viktigste Be-mineral inneholder anslagsvis 5 % malmens totale Be-mengde. Gadolinitt inneholder mer Be enn høgtuvaitt, men opptrer i mindre mengde. Av malmens totale Be-innhold anslås opp mot 10 % å foreligge i gadolinitt og høgtuvaitt. Noe beryllium inngår også i genthelvin og andre mineraler som allanitt, thoritt og fergusonitt. I Y-sonen inngår sannsynligvis mer beryllium i gadolinitt enn i fenakitt. Antakelsen passer også med de flotasjonsforsøk av malmen som gir ca. 80 % Be-utvinning med et Be-konsentrat på ca. 23 % BeO.
- Y:** Både i Be-malmen og Y-sonen inngår størstedelen av yttrium i gadolinitt - noe mindre i fergusonitt. I Y-sonen fordeler det seg også på kainositt, thalenitt, yttrialitt og euxenitt.
- Nb (og Ta):** Pyroklor og fergusonitt er hovedbærere av niob - med pyroklor som den viktigste i Be-malmen og fergusonitt i Y-sonen. I tillegg inngår noe niob i euxenitt i Y-sonen.
- HREE:** I Be-malmen er gadolinitt og i mindre grad fergusonitt viktigste bærere av HREE. HREE-gehalten i zirkon er lav, men pga. at det er mye zirkon har mineralet betydning som bærer av HREE. I Y-sonen fordeles HREE også på kainositt, thalenitt, yttrialitt og euxenitt.
- LREE:** Mineralene som ble nevnt for HREE er også viktige som bærere av LREE, men størstedelen inngår i allanitt og endel i fluoceritt, uidentifiserte LREE-faser og noe i apatitt.
- U:** Malmens uran-innhold er fordelt i mange mineraler. I Be-malmen er det meste uran bundet i pyroklor og i mindre grad i thoritt (med unntak av uranothoritt), uraninitt, gadolinitt, fergusonitt og i de uidentifiserte LREE-fasene. I Y-sonen er noe uran bundet i yttrialitt og euxenitt i tillegg til de mineralene som ble nevnt for Be-malmen. Zirkon har lav uran-gehalt, men er pga. at det er så mye zirkon bærer av en betydelig del av det totale uran-innhold i bergarten.

Th: Det meste av thorium går inn i thoritt, i Be-malmen også noe i gadolinit, de uidentifiserte LREE-mineralene, fergusonitt, fluoceritt, allanitt og uraninit. I Y-sonen fordeles thorium på (i tillegg til thoritt) yttrialitt, fergusonitt, fluoceritt og de uidentifiserte LREE-mineralene, allanitt, euxenitt og uraninit.

Zr og Hf: Tilnærmet alt zirkonium og hafnium går inn i zirkon.

Sn: Tinn er hovedsaklig bundet i tinnsten og titanitt i begge soner. I Be-malmen inngår noe tinn i høgtuvaitt.

Sonering i mineralene er vanlig og oftest er det to faser. Sonerte mineraler er gadolinit, allanitt, pyroklor, fergusonitt, thoritt, kainositt, uidentifiserte LREE-mineraler og sjelden zirkon. Vanligvis består soneringen av en mørk randfase med en lys kjerne. De mørke fasene har alltid lavere oksyd-sum enn de lyse og det antas at dette skyldes høyere vanninnhold - at den mørke fasen er hydrert. Dette antydes også ved mikrosondeanalysen ved at mineralene blir brent under elektronstrålen (volatiliseringseffekt).

Sammensetningsvariasjoner mellom mørk og lys fase for fem mineraler er oppsummert nedenfor.

mineral	lys fase er anrikt på:	mørk fase er anrikt på:
gadolinit	Th, Ca, LREE	Y, HREE, H ₂ O
allanitt	Fe, Al, LREE, Ca, Si	Y, HREE, Th, K, H ₂ O
pyroklor	Ca, U	H ₂ O
thoritt	Th, Y, Tl, Zn	Ca, Si, H ₂ O
fergusonitt	Y, Nb, Er	Ca, Al, Si, Nd, H ₂ O

Når det gjelder forskjeller i mineralenes sammensetning mellom Be-malmen og Y-sonen er dette oppsummert nedenfor.

mineral	i Be-malmen er mineralet anrikt på:	i Y-sonen er mineralet anrikt på:
gadolinit	Ca, Th, U, LREE	Y, Middels tunge REE
genthelvin	Be (ut fra lavere sum)	Zn
allanitt		Zn
titanitt	Ca, Si, Sn	Fe, Al, Y, REE
biotitt	Fe, Al	Zn, Mn, Mg, Rb

Andre Be-mineraliseringer

Bordvedåga-forekomsten skiller seg ut blant de mange Be-mineraliseringene i den østlige delen av Høgtuva-vinduet ved sin størrelse. Det er mange lignende Be-mineraliseringer innenfor den mineraliserte gneisen mellom Bordvedåga og Tverrbekkfjellet (se Fig. 3). Også i gneisene utenfor opptrer det Be-mineraliseringer, de fleste i heng-gneisen finnes i Lia, og de fleste i ligg-gneisen på Tverrbekkfjellet. På liggsiden opptrer en grovkornet og lite foliert granittlinse som har lavt strålingsnivå og lavt innhold av de fleste sporelementer. I den er det ikke funnet Be-mineraliseringer.

Mineraliseringene i området Bordvedåga - Tverrbekkfjellet - Lia domineres av paragenesen fenakitt, høgtuvaitt, gadolinitt og genthelvin / danalitt som Be-mineraler. Mens det nesten utelukkende er høgtuvaitt som synliggjør denne mineraliseringstypen i felt er det mineralet beryll som synliggjør den andre paragenetiske typen hvor beryll opptrer sammen med fenakitt, gadolinitt og/eller genthelvin / danalitt. Beryll og høgtuvaitt er aldri funnet i samme mineralisering. Stedvis opptrer fenakitt-disseminasjoner uten høgtuvaitt eller beryll. Ganske ofte finnes også beryllium-konsentrasjoner uten forhøyet radioaktiv stråling. De er i disse tilfeller svært vanskelig å oppdage. Enkelte av mineraliseringene er diskordante i forhold til foliasjonen.

Under den lite folierte granittlinsa i ligg-gneisen er det flere utholdende flusspat- og karbonatrike gneislag, stedvis massiv flusspat, som strekker seg fra Sørfjellet i SØ til Trolldalsaksla i NV. På Trolldalsaksla er det lokal anrikning av Be-mineralene danalitt, helvin, høgtuvaitt og gadolinitt i en flusspat og karbonatrik horisont. Mineraliseringen karakteriseres ved skarnmineralogi (granat, diopsid, magnetitt) og høye konsentrasjoner av en rekke sporelementer. På Sørfjellet opptrer beryll i flere tynne konkordante lag med flusspatførende gneis. Også blant de mange mineraliseringene i området Bordvedåga-Tverrbekkfjellet-Lia er det Be-rike flusspatrike lag, med begge de tidligere nevnte parageneser beryll, fenakitt, gadolinitt og helvin-gruppen samt høgtuvaitt, fenakitt, gadolinitt og helvin-gruppen.

På Snøfjellet er beryllium-mineraliseringen uregelmessig knyttet til en sone med en sverm av aplittganger i gneisen. Små uregelmessige pegmatittsegregasjoner og seine udeformerte kvartsårer er også beryllførende.

Alle mineraliseringene som er funnet på Tverrbekkfjellet, Snøfjellet og i Lia er dekket av stikningsnett og kartlagt med beryllometer og scintillometer, og flere er undersøkt med diamantboring:

På Snøfjellet er det beryllium-mineraliserte området 330 m langt og opptil 15 m bredt. 10 Pack-Sack borhull over en strøklengde på 95 m har påvist 6000-7000 tonn inneholdende 300 - 400 ppm Be ned til et dyp på 10 - 12 m langs fallet. Da både gehalt og tonnasje er for lave og

mineraliseringen avtar mot dypet, konkluderes det med at mineraliseringen på Snøfjellet ikke er av økonomisk interesse.

I Lia er 18 delområder dekket av stikningsnett. Innenfor hvert er det ofte flere mineraliseringer. På tross av det store antall mineraliseringer er det ikke funnet objekter som ga grunn til oppfølging. 11 korte Pack-Sack hull er boret på de mest lovende mineraliseringene, men bare noen halvmeters-skjæringer med gehalt over 0,1 % Be ble påtruffet.

På Tverrbekkfjellet er fem hull boret gjennom flere mineraliseringsnivåer ned til 60 m. Be-innholdet er langt under det som er brukt som cut-off gehalt (0,1 % Be) ved malmberegning. Høyeste analyse er 500 ppm Be over 0,75 m.

BORDVEDÅGA-FOREKOMSTENS DANNEELSE

Etter omfattende undersøkelser i den østlige delen av Høgtuva-vinduet er det påvist ca. 350 000 tonn med 0.18 % Be i Bordvedåga-forekomsten. I tillegg er det funnet mange andre Be-mineraliseringer. Disse er enten betydelig mindre eller har lavere gehalt enn Bordvedåga-forekomsten.

Majoriteten av mineraliseringene er disseminasjon av Be-mineraler og andre økonomisk interessante aksessoriske mineraler i granittisk gneis. Fenakitt, gadolinit og helvin-gruppen finnes vanligvis i alle mineraliseringer. Beryll og høgtuvaitt opptrer aldri sammen, men karakteriserer hver sin paragenese. Selv om de beryllførende mineraliseringene ofte er svært rike, opptil 6 % Be, er det den andre typen (høgtuvaitt, fenakitt, gadolinit og helvin-gruppen) som har vist seg å ha det største potensialet.

Et vanlig trekk er at mineraliseringenes vertsbjergart er peraluminøse, i kontrast til umineralisert gneis som vanligvis er metaluminøse. De fleste Be-mineraliseringer er anrikt på andre litofile sporelementer. Flere av mineraliseringene i Lia skiller seg ut ved mangelen på oppkonsentrering av sporelementer, spesielt U, Th og Sn.

Et klart diskriminerende trekk hos forskjellige mineraliseringer er forholdet mellom alkaliene. Vanligvis dominerer K_2O over Na_2O i gneisene i Høgtuva-vinduet, mens i de fleste mineraliseringer dominerer Na_2O over K_2O . Na_2O/K_2O -forholdet stiger inn mot Bordvedåga-forekomsten, fra ca. 0.8 % i sidebergartene til et maksimum i Be-malmen på ca. 2. I aplittene på Snøfjellet er Na_2O/K_2O -forholdet på 3-4. Spesielt høyt Na_2/K_2O -forhold har mineraliseringer som karakteriseres av den spesielle omdanningen av fenakitt til beryll, dvs. der beryll danner koronatekstur utenpå fenakitt. En slik mineralisering på Tverrbekkfjellet har et Na_2O/K_2O -forhold som varierer mellom 20 og 60.

I tillegg til Be-mineraliseringer, er også den mineraliserte gneisen, aplitter og en grovkornig granittfase (Snøfjellet) Na-anrikt. Det er sannsynlig at både aplitt og denne granittfasen kan ha transportert eller mobilisert beryllium. Når de begge i likhet med de fleste Be-mineraliseringer er så Na-dominert sannsynliggjør det muligheten for at beryllium-mineraliseringen har skjedd sammen med tilførsel av Na. Albittiseringsprosesser er ofte assosiert med beryllium-forekomster andre steder.

Tolkninger av dannelsen for mineraliseringene vanskeliggjøres av det metamorfe overpreg. Gneisene kan ha sin opprinnelse i ekstrusiver (vulkanitter eller sedimenter) eller intrusiver. Det er gitt eksempel på at Be-mineralisering opptrer i aplittganger og tilknyttet små granittintrusjoner på Snøfjellet. Dette området med de mange aplittgangene synes å være på samme nivå i gneisene som Bordvedåga-forekomsten. Dette, i tillegg til likheten i kjemisk sammensetning, sannsynliggjør en tilsvarende intrusiv dannelsesmekanisme for denne, dvs. aplitt, apogranitt eller intrusiv rhyolitt, evt. langs forkastningsplan eller intrusivkontakter. Eller en kan ha hatt avsetning i vulkansk/sedimentært miljø i horisonter med gunstige fysikalsk-kjemiske forhold, f.eks. porøse eller karbonatrike lag.

Opphavsbergarten kan ha vært sterkt differensiert, men den ekstreme anrikningen av sporelementer i den mineraliserte gneisen og i Be-forekomsten kan bare forklares ved en seinere hydrotermal tilførsel av elementer, sannsynligvis gjennom fluor-rike løsninger. Metallene er transportert som komplekse fluor-forbindelser. Varierende LREE/HREE-forhold kan forklares ved forskjellige pulser av løsninger.

Malmdannelsesprosessen er pre-metamorf. Det har foregått lite mobilisering av elementer under og etter toppen av metamorfosen. Lokal migrasjon i cm-skala har skjedd ved vekst av magnetitt og høgtuvaitt. Siste lokale transport av elementer har foregått i forbindelse med dannelsen av mafiske pegmatitter og kvartsårer. Samtidig med dette kan også omvandling av forskjellige mineraler funnet sted; hornblende får riebeckitt-rand, biotitt får randsone av kloritt og randsoner på en rekke spesielle mineraler blir hydratisert som beskrevet tidligere.

ØKONOMISK POTENSIALE FOR BORDVEDÅGA-FOREKOMSTEN

Malmreserve

Bordvedåga Be-forekomst består av et linseformet legeme som tynner ut mot dypet og langs strøket i begge retninger. Linsen ligger i granittens foliasjon som faller mot NV med omtrent samme helning som topografien i Lia (Fig. 3). Det betyr at fjelloverdekningen til det mineraliserte nivået i foten av Lia (ca. 100 m.o.h.) er ca. 200 m, mens malmens utgående ligger 400 m.o.h. Dersom potensialet for ytterligere mineralisering i det samme nivå skal

undersøkes er topografien meget gunstig. Det kan oppnås mange skjæringer med få bormeter. Det finnes også en rekke mineraliserte bånd i heng-gneisen som en ved en slik boring også vil få undersøkt (Fig. 3). Mineraliseringene på Tverrbekkfjellet og Snøfjellet i ligg-gneisen kan også ha et potensiale. Be-forekomsten ligger i en spesiell gneis med sterk anrikning av de metallene som er potensielle biprodukter.

Konklusjonen med hensyn til malmreservene er: Dersom de påviste malmreserver av Bordvedåga-typen Be-malm er for små til at forekomsten kan utnyttes ligger det største potensialet for ytterligere reserver i nordlige Nordland i området ved Bordvedåga. Det som må gjøres for å øke reserven er diamantboring. Malmreserven for spesielle metaller utenom Be er meget store ved Bordvedåga.

Produkter fra forekomsten

Bergarten som Bordvedåga-forekomsten ligger i har en granittisk sammensetning. 75-85 % av bergarten består av feltspat og kvarts. Den resterende del består av biotitt og de mineralfasene som fører beryllium og de spesielle metallene, og er den delen av bergarten som er økonomisk interessant. Hittil er Bordvedåga-forekomsten kun vurdert som Be-malm med fremstilling av et mineralkonsentrat av fenakitt.

Konklusjonen er at Be fra forekomsten kan anrikes ved flotasjon i et fenakitt mineralkonsentrat med god utvinning og med et høygehaltig Be-konsentrat.

En annen mulighet som ikke er vurdert for Be-malmen er å skille ut alle de spesielle mineralene i et bulk konsentrat (eventuelt etter fenakitt-flotasjon). Det betyr å fjerne kvarts og feltspat, og sitte igjen med et mineralkonsentrat med en hel rekke mulig utnyttbare metaller i flere mineralfaser. Med dette som utgangspunkt kan en se på mulighetene for å lage egne mineralkonsentrater eller lute hele bulk-konsentratet.

Konklusjonen er at en bør vurdere en totalutnyttelse av forekomsten ved Bordvedåga med framstilling av flere produkter gjennom spesialisert mineralseparasjon og kjemiske luteprosesser. Hittil er det kun gjort en beskrivelse av de forskjellige mineralfasene i malmen.

Prosessering

Prosessanlegg for et fenakitt mineralkonsentrat er ikke utviklet i industriell skala. Bordvedåga-forekomsten kan gi et konsentrat på mer enn 20 % BeO, mens det anlegget i Utah som opereres i dag har beryll (10-12 % BeO) eller bertrandittmalm (0.65 % BeO) som utgangsmateriale for luting. Konsentratet fra Bordvedåga bør mineralogisk og gehaltmessig ha

en fordel ved prosessering.

Konklusjon er at det å utforme et prosesseringsanlegg for et fenakitt-konsentrat (og kombinert beryll-konsentrat) og biprodukter fra forekomsten bør gjøres og er en teknologisk utfordring.

Marked

Markedet for Be er begrenset og det eksisterer en tilnærmet monopolsituasjon i vesten ved det amerikanske vertikalt integrerte Brush-Wellman-selskapet. Alternativene for å komme inn i markedet er å konkurrere med selskapet om segmenter eller gå inn for et samarbeid. Markedet for de spesielle metallene er også preget av små volum og mange typer produkter med høye priser.

Konklusjonen er at det gjenstår arbeider på markedssida for Be og de spesielle metallene. Det er også nødvendig å ta hensyn til dagens politiske situasjon med i en markedsvurdering.

Lokalisering

Forekomstens lokalisering er ideell mht. infrastruktur. Havn og elektrisk kraft er tilgjengelig innenfor et etablert industrisamfunn. På grunn av omstruktureringen på Mo vil det være store muligheter for finansielle etableringsstøtte fra sentrale og lokale myndigheter. Det vil forutsette en viss foredling på stedet. Gruvedrift og oppredning med eksport av et ubearbeidet mineralprodukt fra forekomsten er mindre aktuelt.

SAMMENDRAG

Undersøkelse av grunnfjellsvindue Høgtuva og Sjona NV for Mo i Rana i Nordland er gjennomført i perioden 1980-1990. Mesteparten av arbeidet ble fokusert på Bordvedåga-området i den østligste delen av Høgtuva-vinduet. Området ligger ca. 15 km i luftlinje fra sentrum i Mo i Rana. Mange typer undersøkelser er gjennomført; detaljert geologisk kartlegging og forskjellige metoder innenfor geofysikk og geokjemi. Bordvedåga Be-forekomst ble funnet i 1984 og boret opp i perioden 1984-88, med totalt 45 hull med 2215 m i samlet lengde. 1015 meter er boret på andre mineraliseringer i området. Totalt er omkring 9. mill. kroner brukt på undersøkelsene, halvparten fra Norges geologiske undersøkelse, 2.5 mill. kroner fra Norsulfid A/S og resten finansiert fra sentrale og lokale myndigheter.

Be-forekomstens vertsbergart er middelskornig granittisk gneis som tilhører det prekambriske grunnfjellet i Høgtuva-vinduet. Granitt-aplittiske ganger og kropper av vekslende form er vanlig i grunnfjellet og disse viser den høyeste grad av differensiasjon med høyt innhold av U, Th,

REE, osv. Mafiske ganger opptrer hyppigere i den SØ del av Høgtuva-vinduet enn ellers innenfor Høgtuva- og Sjona-vinduene. Foliasjonen i grunnfjellet er parallell med foliasjonen i overliggende kaledonske dekke. Bergartene har gjennomgått amfibolitt-facies metamorfose.

I Bordvedåga-området opptrer ei 200 m x 8 km stor linse med høy radioaktiv granittisk gneis. Denne bergarten er sterkt anrikt på inkopabile grunnstoffer og fluor. Lokalt opptrer lag av flusspat og kalkpat. Bordvedåga Be-forekomst opptrer som ei linse inne i den radioaktive granittiske gneisen. Mange mindre Be-mineraliseringer er funnet inne i den høy-radioaktive gneisen, og i overliggende og underliggende granittisk gneis. Anrikningen av de fleste inkopabile grunnstoffene er antatt å være et resultat av magmatisk differensiasjon. Anrikning av Be fant sted gjennom hydrotermale løsninger rike på fluor. Etter avsetninger har bergartene blitt utsatt for metamorfose av amfibolitt facies.

NGU har utført et begrenset studie av potensiale for Be og andre høytteknologi-metaller i den nordlige del av Nordland (Rana - Ofoten). Flere nyfunn av Be-mineraler er gjort. Det er et geologisk potensiale for tilleggsreserver av Be-malm i den nordlige delen av fylket. Bare Bordvedåga-området har vært gjenstand for diamantboring. Det er imidlertid klart at for å påvise ytterligere reserver i provinsen bør Bordvedåga-området, hvor allerede en reserve er påvist, prioriteres.

En forundersøkelse med henblikk på utnyttelse av Bordvedåga-forekomsten ble påbegynt i siste undersøkelsesfase, men lot seg ikke fullføre på grunn av mangelfull finansiering. Forundersøkelsen gikk ut på å bestemme malmreservene, mineralogi m.h.t. oppredning, forhold for gruvedrift, oppredningsegenskaper, mulighet for prosessering av fenakitt-konsentrat, markedsforhold og mulige problemer for miljø. Den viktigste konklusjonen som ble oppnådd var at flotasjon av malmen kan gi et fenakitt-konsentrat med ca. 23 % BeO med en gjenvinning på ca. 80 %. Undersøkelsene viste også at Be godt kan lutes fra et fenakitt-konsentrat med syre. De preliminare undersøkelsene viste også at markedsforholdene er kompliserte, med tilnærmet monopolsituasjon i den vestlige verdens marked.

En videreføring av Bordvedåga-prosjektet er avhengig av interesse fra et selskap som finner det mulig å gå inn på Be-markedet. Hovedproduktet fra forekomsten vil være beryllium, men metaller som Y, Zr, U og sjeldne jordarter vil kunne gi betydelige tilskudd som biprodukter. Dette ble ikke tatt med i den påbegynte forundersøkelsen. Lokalisering av forekomsten er meget gunstig med hensyn til infrastruktur, energi og industrierfaring i Mo i Rana. Etablering av ny industri i området vil sannsynligvis bli begunstiget med investeringstilskudd fra myndighetene.

PROSJEKTETS RAPPORTER OG ANNEN LITTERATUR

- Cooper, M.A. 1985: Deformation patterns and their evolution in the Caledonides of the Sørfold area, north Norway. In: The Caledonide Orogen - Scandinavia and Related Areas. Ed.: D.G. Gee & B.A. Sturt.
- Cooper, M.A. & Bradshaw, R. 1980: The significance of basement gneiss domes in the tectonic evolution of the Salta Region, Norway. *J. Geol. Soc. Lond.* 137, 231-240.
- Dalsegg, E. 1988: Detaljert geofysikk over Høgtuva Be-mineralisering. Rana, Nordland. NGU-rapport nr. 88.017.
- Digre, M., Fossli, H., Storemyr, P. and Torsen, G. 1989: Beryllium processing in Norway. Pre-feasibility study. Preliminary report. SINTEF. STF36 F89041.
- Fossli, H.J. & Storemyr, P. 1988: Beryllium fra Høgtuva; Nye arbeidsplasser til Mo i Rana? Prosjektrapport, SINTEF.
- Furuhaug, L. 1984: Prøvetaking og radiometriske målinger ved Bordvedåga, Høgtuva-vinduet. Rana, Nordland. NGU-rapport nr. 84.014.
- Furuhaug, L. og Wilberg, R. 1987: Beryllometermålinger, Packsack-boringer og beryllium-analyser sommeren 1986. Bordvedåga, Høgtuva-vinduet. Rana, Nordland. NGU-rapport nr. 87.075.
- Gjelle, S., Gustavson, M., Qvale, H. & Skauli, H. 1985: Berggrunnsgeologisk kart Melfjord 1928 III, 1:50 000, foreløpig utgave. *Nor. geol. unders.*
- Grauch, R.I. & Lindahl, I. 1984: A unique suite of Sn- and Fe-Ti-Mn-Zn oxides from Precambrian biotite gneisses, Nordland County, Norway. Poster GSA Annual Meeting, Reno, 5 - 8 Nov. 1984.
- Grauch, R.I., Lindahl, I., Fitzpatrick, J.J., Foord, E.E., Graff, P.R., Hysingjord, J., Evans Jr., H.T. and Burt, D.M. 1991: Høgtuvaite a new mineral from the Høgtuva area, Nordland County, Norway. In prep.
- Gustavson, M. & Gjelle, S. 1978: Preliminært berggrunnskart Mo i Rana 1:250 000. *Nor. geol. unders.*
- Hatling, H. 1983: Tungmineralvasking og radiometriske undersøkelser i Rana, Lurøy og Rødøy

- kommuner. Prøvetaking med Goldhound Concentrating Goldwheel. NGU-rapport nr. 1729/26.
- Håbrekke, H. 1983: Magnetiske og radiometriske målinger fra helikopter over Høgtuva-området. Rana, Nordland. NGU-rapport nr. 1899.
- Krog, J.R. 1988a: Litogeokjemisk undersøkelse av Høgtuva og Sjona grunnfjellsvinduer. Flussyreløselig Be og salpeterløselige konsentrasjoner av 21 andre lemeneter. NGU-rapport nr. 88.107.
- Krog, J.R. 1988b: Litogeokjemisk undersøkelse av Høgtuva og Sjona grunnfjellsvinduer. XRF-analyser av hovedelementer og to sporelementer. NGU-rapport nr. 88.161.
- Lindahl, H. 1989: Innmåling av diamantborhull. Bordvedåga-forekomsten, Rana, Nordland. NGU-rapport nr. 89.065.
- Lindahl, I. & Grauch, R.I. 1986a: A Be, U, Sn and REE mineralization in Precambrian granitic gneisses at Høgtuva, Northern Norway. Abstract. Terra Cognita, vol. 6, no. 3, p. 554.
- Lindahl, I. & Grauch, R.I. 1988: Be-REE-U-Sn mineralization in Precambrian granitic gneisses, Nordland County, Norway. Proceedings of the Seventh quadrennial IAGOD Symposium. E. Schweizerbartische Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Meisfjord, N. 1987: Packsack-boring. Høgtuva. Mo i Rana. NGU-rapport nr. 87.050.
- Meisfjord, N. 1989: Diamantboring Høgtuva 1987 og 1988. NGU-internrapport nr. 89.011.
- Midtun, R.D. 1988: Regional geofysisk og geologisk tolkning av Høgtuva- og Sjona-grunnfjellsvinduene. NGU-rapport nr. 88.127.
- Mogård, J.O., Rønning, S. og Blokkum, O. 1988: Geofysiske målinger fra helikopter over et område rundt Høgtuva, Nordland. NGU-rapport nr. 88.157.
- Ramberg, H. 1980: Diapirism and gravity collapse in the Scandinavian Caledonides. J. Geol. Soc. London, Vol. 137, pp. 261-270.
- Røste, J.R. 1984: Sporelementer i bekkevann, -sedimenter, -mose og -torv. Høgtuva. NGU-rapport nr. 84.094.
- Røste J.R. 1986: Utprøving av transportabel XRF-analysator som prospekteringsinstrument til

- NGU-formål. NGU-rapport nr. 86.216.
- Storemyr, P. 1990: Berylliumfremstilling i Rana. Sluttrapport. En samling av rapporter, notater, referater og referanser. SINTEF STF36 F 90106.
- Sundblad, K. and Lindahl, I. 1991: Lead isotopic evidence for Caledonian reactivation of Precambrian granitoids at Bordvedåga, Nordland, Norway. In prep.
- Søvegjarto, U., Marker, M., Graversen, O. & Gjelle, S. 1987: Berggrunnsgeologisk kart Mo i Rana 1927 I, 1:50 000, Nor. geol. unders.
- Wilberg, R. 1987a: Sporelementanalyse av vaskekonsentrater fra Høgtuva-vinduet, Rana, Nordland. NGU-rapport nr. 87.035.
- Wilberg, R. 1987b: Granitophile elements in granitoid rocks in precambrian basement windows in Nordland, Northern Norway, with special reference to the rare-element enriched gneiss at Bordvedåga, Høgtuva window. NGU-report no. 87.043.
- Wilberg, R. 1987c: Rekognoserende Rb-Sr aldersdatering av granittiske gneiser fra grunnfjellsvinduene Høgtuva og Sjona i Nordland. NGU-rapport nr. 87.074.
- Wilberg, R. 1987d: Bilagsrapport til NGU-rapport nr. 87.043: Bergartsanalyser fra Høgtuva, Sjona og andre prekambriske grunnfjellsvindu i Nordland. NGU-rapport nr. 87.158.
- Wilberg, R. 1987e: Beryllium-mineraliseringer i Bordvedåga-området, Høgtuva-vinduet. NGU-rapport nr. 87.171.
- Wilberg, R. 1987f: Resultater fra oppboring av Bordvedåga berylliumforekomst i 1987. Høgtuva-vinduet, Nordland. NGU-rapport nr. 87.172.
- Wilberg, R. 1988a: Litteratur-referanser over beryllium-forekomster og mineraler. NGU-rapport nr. 88.014.
- Wilberg, R. 1988b: Beryllium, fluor og andre sporelementer i bekkevann i relasjon til Be-mineraliseringer i Høgtuva-vinduet. NGU-rapport nr. 88.176.
- Wilberg, R. 1988c: Sporelementinnhold og -variasjoner i beryllium-forekomstene ved Bordvedåga, Høgtuva-vinduet. NGU-rapport nr. 88.177.
- Wilberg, R. 1989a: Snøfjellet beryllium-mineralisering, Høgtuva-vinduet. NGU-rapport nr. 89.070.

- Wilberg, R. 1989b: Økonomisk mineralogi i Bordvedåga beryllium-forekomst. Rana, Nordland. NGU-rapport nr. 89.083.
- Wilberg, R. 1989c: Resultater fra diamantboring i Bordvedåga-Tverrbekkfjellområdet i 1988. NGU-rapport nr. 89.091.
- Wilberg, R. 1989d: Data for malmsoneing for Bordvedåga-forekomsten, analyser fra Be-mineraliseringer og regional geologi i Høgtuva-området. NGU-rapport nr. 89.097.
- Wilberg, R. & Furuhaug, L. 1989: Nye beryllium-mineraliseringer i Bordvedåga - Tverrbekkfjellområdet, Høgtuva-vinduet. NGU-rapport nr. 89.053.

Liste over Figurer og Tabeller

Fig. 1. Prospekteringsutgifter ved Høgtuva-prosjektet 1980-1990.

Fig. 2. Forenklet geologisk kart over Nordland.

Fig. 3. Geologisk kart over Bordvedåga-området.

Fig. 4: Blokkdiagram fra diamantboringene.

Fig. 5: Vertikalsnitt gjennom malmsonen ved Bordvedåga.

Tab. 1. Geokjemi for gneisene HG, FG og FG.

Tab. 2. Geokjemi for WMZ, BMZ og HMZ

Tab. 3. Identifiserte mineraler fra Bordvedåga-forekomsten.

HØGTUVA-PROSJEKTET - BUDSJETT

Mill. kr.

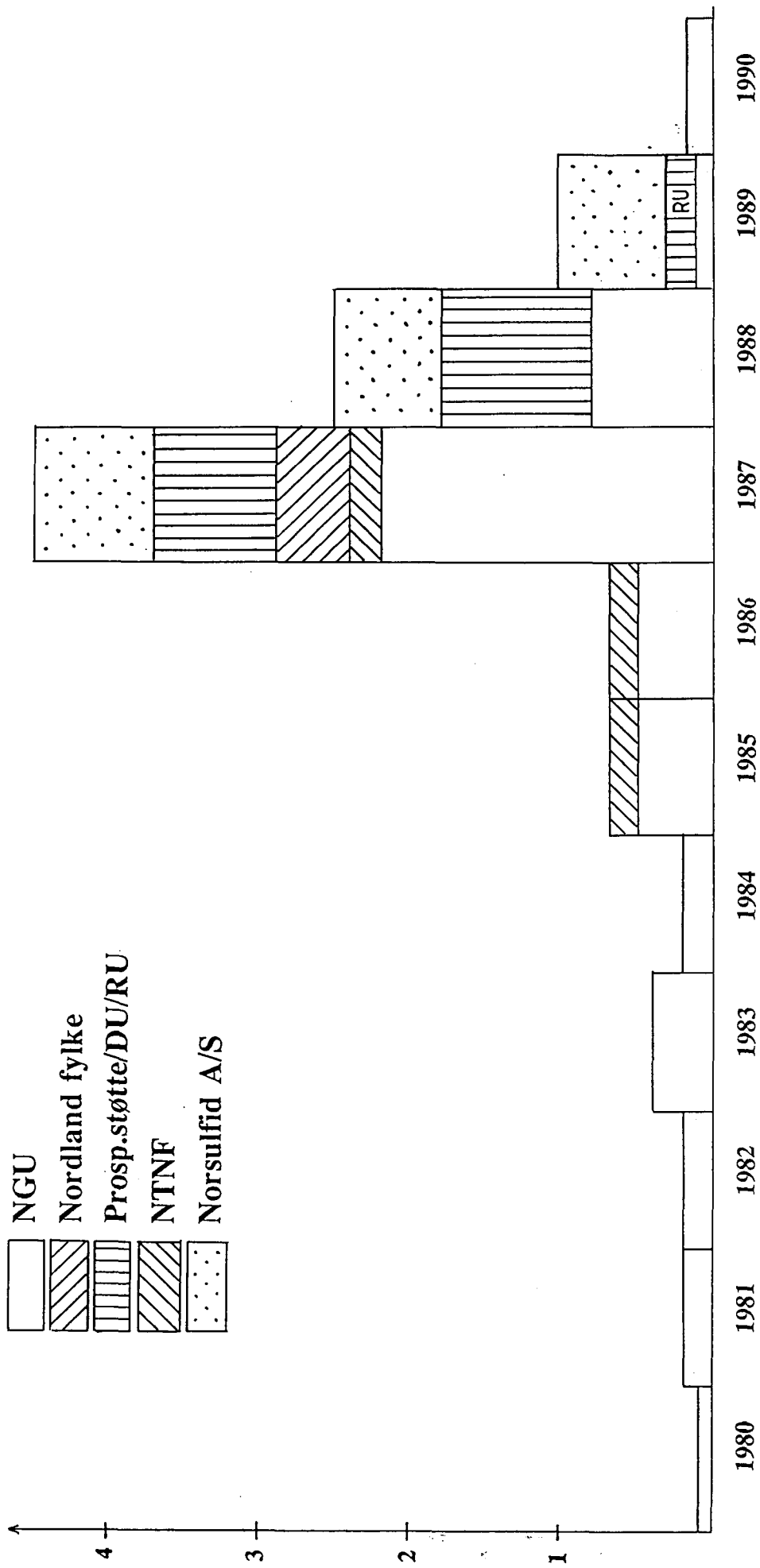
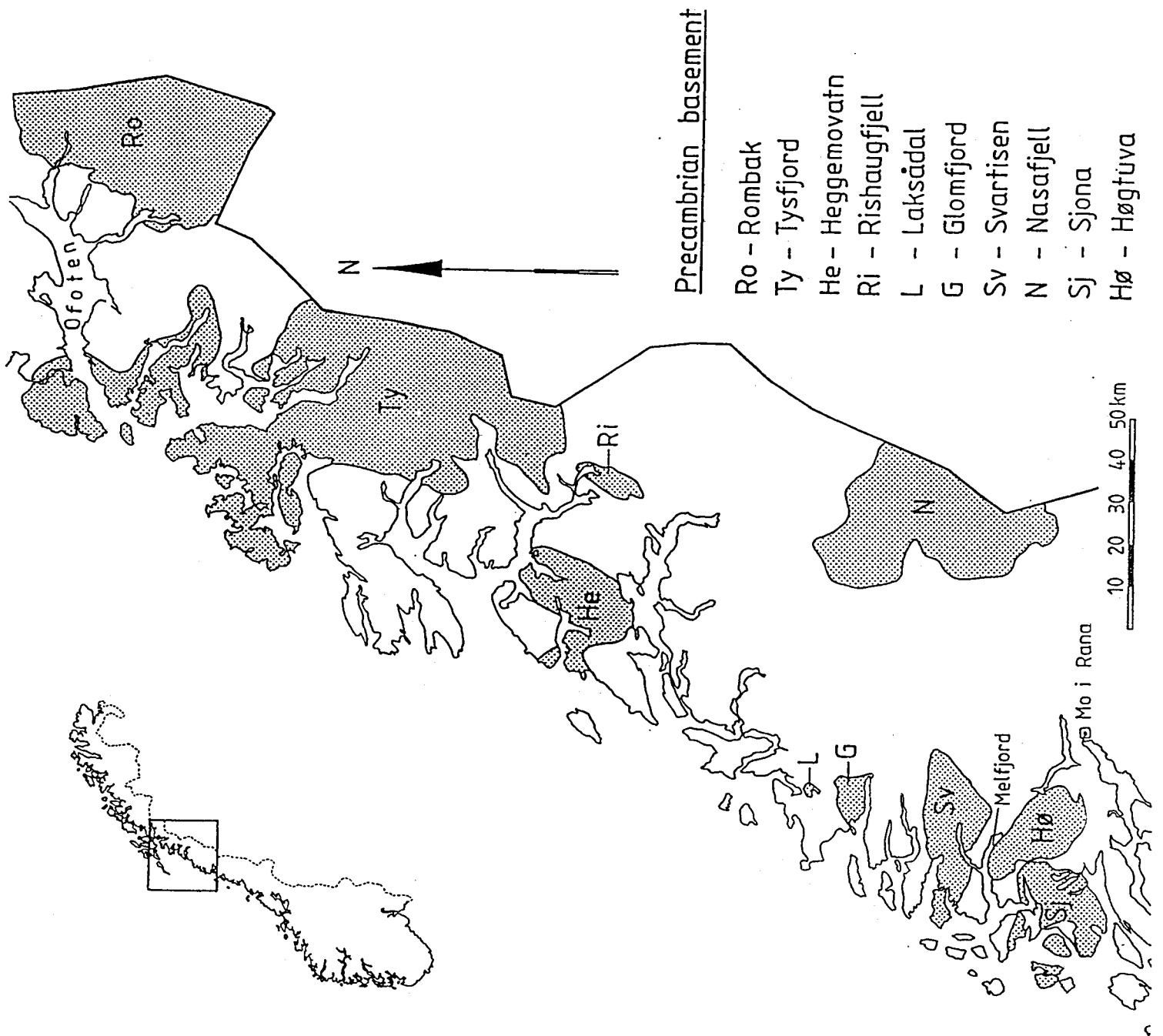


Fig. 1: Prospekteringsutgifter ved Høgtuva-prosjektet 1980 - 1990.

Fig. 2: Forenklet geologisk kart over Nordland. Skraverte områder er grunnfjellsbergarter og ikke skraverte områder tilhører den kaledonske fjellkjede.



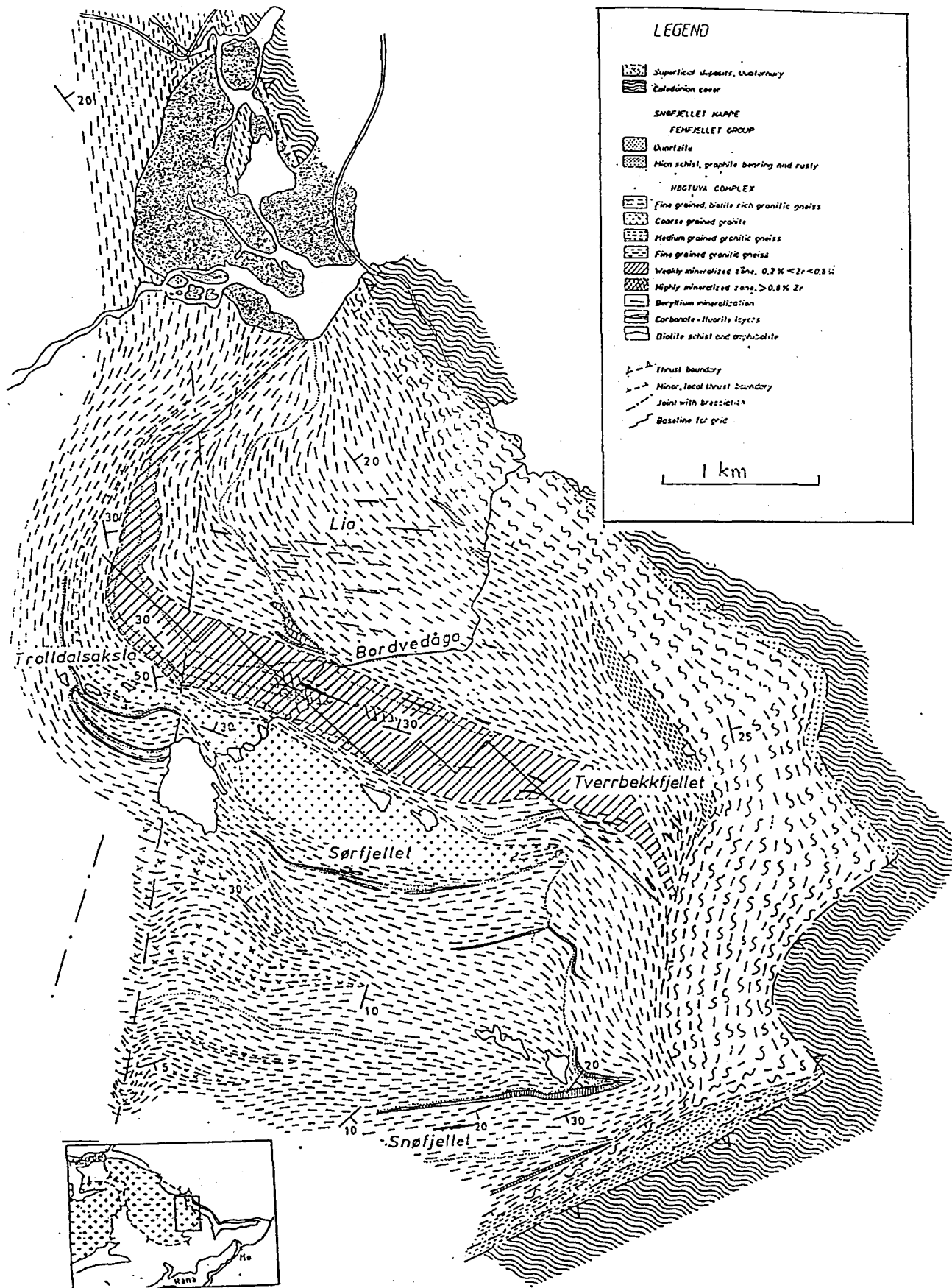
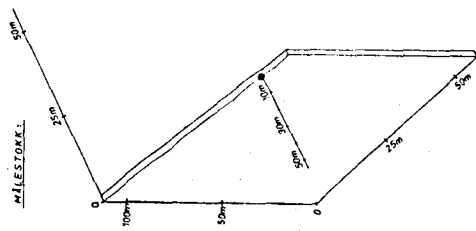
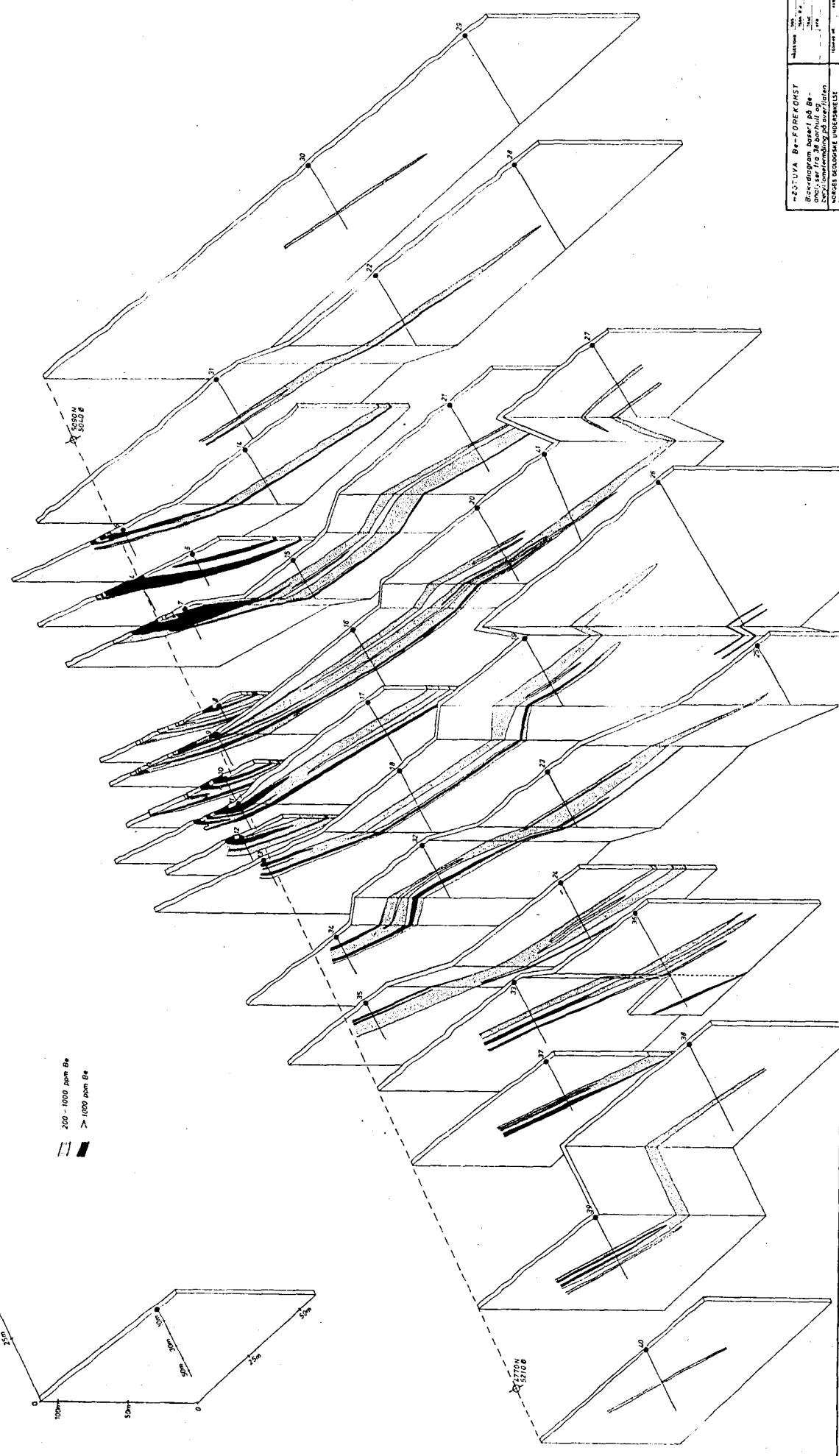


Fig. 3: Geologisk kart over Bordvedåga-området.



200 - 1000 ppm Be
 > 1000 ppm Be

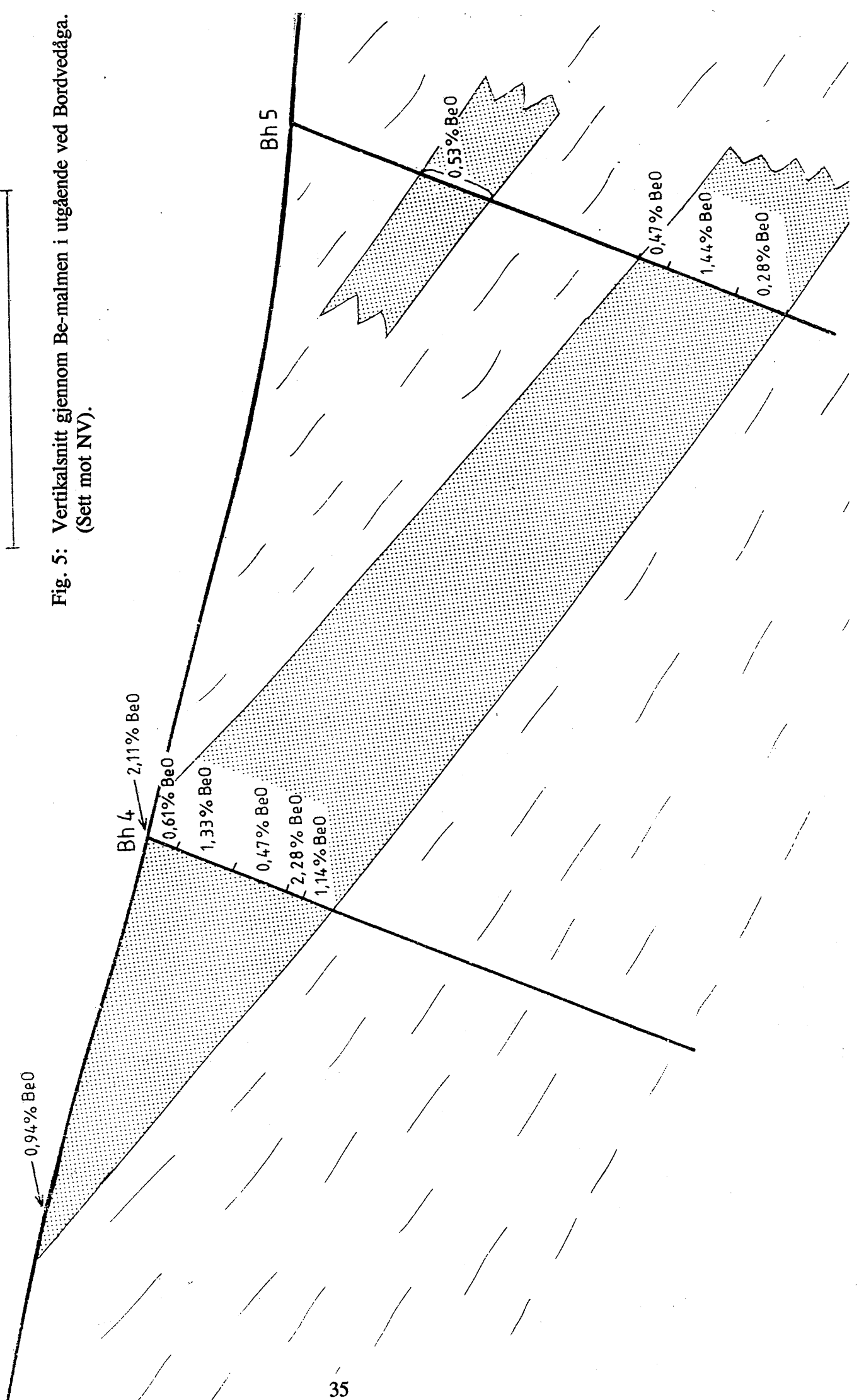


-22- UVA Be-FOREKONST	
Blokdiagram basert på Be-	
SONT/sondering på området	
KUNNSKAPSGRUPPENS UNDERSEKELSE	
Rendement	
1917	

Fig. 4: Blokkdiagram framstilt på grunnlag av resultatene fra diamantboringer.

10 m

Fig. 5: Vertikalsnitt gjennom Be-malmen i utgående ved Bordvedåga.
(Sett mot NV).



Tabell 1: Hoved- og sporelementinnhold i heng-gneis (HG), mineralisert gneis (MG) og ligg-gneis (FG). Analysert på NGU med XRF.

	FG	MG	HG
Antall prøver	11	35	4
SiO ₂	75.3	73.0	75.1
Al ₂ O ₃	12.3	12.0	11.5
TiO ₂	0.15	0.21	0.15
Fe ₂ O ₃ (tot.)	1.8	3.6	2.3
MnO	0.04	0.02	0.03
MgO	0.09	0.41	0.26
CaO	0.38	0.26	0.42
Na ₂ O	3.7	4.2	3.6
K ₂ O	4.7	3.8	4.5
P ₂ O ₅	<0.01	<0.01	<0.01
LOI	0.26	0.34	0.36
Antall prøver	15	108	14
Nb	36	293	34
Zr	360	7733	647
Y	64	644	97
Rb	387	1026	323
Zn	60	210	78
Sn	14	94	11
U	18	149	15
Th	37	278	31
Pb	45	151	52
Co	<10	42	<10
Sr	42	16	108
Ba	146	21	277
Ce	142	346	228
La	54	107	109

Tabell 2: Hoved- og sporelementinnhold i BMZ, HMZ og WMZ. Analysene er gjort på NGU med XRF. Be er analysert fluormetrisk.

	BMZ	HMZ	WMZ
Antall analyser	11	58	12
SiO ₂	69,93	72,60	72,85
Al ₂ O ₃	12,62	11,92	12,16
Fe ₂ O ₃	4,21	3,18	4,10
TiO ₂	0,24	0,25	0,16
MgO	0,13	0,25	0,38
CaO	0,28	0,35	0,45
Na ₂ O	5,30	4,39	3,85
K ₂ O	2,93	3,60	4,41
MnO	0,02	0,04	0,03
P ₂ O ₅	< 0,01	< 0,01	< 0,01
K ₂ O/Na ₂ O	0,55	0,82	1,15
Nb	606	457	101
Zr	12800	10000	2900
Y	1160	1100	383
Sr	17	26	20
Rb	1287	1200	670
Zn	255	373	154
Cu	11	11	8
V	< 5	< 5	< 5
Ba	25	28	28
Sn	192	125	45
Mo	23	9	13
U	321	232	56
Th	702	408	114
Pb	215	482	72
Co	81	70	19
Ce	448	457	420
La	152	144	157
Be	3700	30	16

Tabell 3: Identifiserte mineraler fra Bordvedåga-forekomsten.

Mineral	Be-sone	Y-sone	Identifisert med Debye Scheerer	Viktig som bærer av flg. økonomiske metaller
kvarts	xxxx	xxxx	+	
albit	xxxx	xxxx	+	
mikroclin	xxxx	xxxx	+	
biotitt	xxxx	xxxx	+	Zn
fenakitt	xxxx	x	+	Be
høgtuvaitt	xxxx	-	+	Be
gadolinitt	x(x)	xxx	+	Be, Y, REE, Th
genthelvin	x	x	(+)	Be
allanitt	xx(x)	xxx		REE
titanitt	xx(x)	xxx	+	Sn
pyroklor (uranpyroklor)	xxx	x(x)	+	Nb, U
zirkon	xxxx	xxxx	+	Zr, Hf
thoritt, organgitt, calcio-thoritt og uranothoritt	xxx	xx	+	Th, U
uraninitt	x	x		U
fergusonitt	x	xxx		Nb, Y, REE, U, Th
euxenitt	-	x		Nb, Y, REE, U, Th
kainositt	-	xx		Y, REE
thalenitt	-	xx		Y, REE
yttrialitt	-	x		Y, REE, Th, U
fluoceritt	x	xx		REE
uident. LREE-mineraler	x(x)	xx		REE, Th, U
tinnstein	x	x(x)		Sn
wolframitt	x	x		W
magnetitt	xxx	xxx	+	
ilmenitt	x(x)	x(x)		
sinkblende	x(x)	xx	+	Zn
blyglans	xx	xx	+	Pb
molybdenglans	x	x		Mo
kobberkis	x	x	+	Cu
svovelkis	x	x	+	
arsenkis	-	-	+	
hornblende	xx	xx		
riebeckitt	x(x)	x(x)		
flusspat	xxx	xxx	+	
kalkspat	x	x		
kyanitt	x (?)	x (?)	+	
løllingitt	-	-	+	
gøtitt	-	-	+	
apatitt	x(x)	x(x)	+	
kloritt (randfase og omv. fra biotitt)	xxx	xxx		
muskovitt	x	x		

Tabell 3. Mineraler som finnes i Bordvedåga Be-forekomst, og mengdeforhold i Be-sone og Y-sone. Identifikasjon optisk, med mikrosonde eller med Debye-Scheerer.

- xxxx = bergartsdannende mineral, > 1 %
- xxx = hyppig opptredende aksessorisk mineral
- xx = en god del korn
- x = sporadisk opptredende / få korn sett
- = ikke observert



Norges geologiske undersøkelse

- er den sentrale nasjonale institusjonen for kunnskap om fastlands-Norges geologi og kontinentalsokkelens øvre lag
- er en nøytral og uavhengig organisasjon
- har ansvaret for utbygging og vedlikehold av en nasjonal geologisk databank. Databanken skal omfatte all aktuell informasjon om Norges berggrunn, løsmasser og grunnvann
- skal sørge for at denne kunnskapen blir gjort tilgjengelig for løsning av nasjonale og internasjonale oppgaver.

Foto: To-Foto A/S, Harstad

