

Bakstevalåsen, en unik Be-Sn-B pegmatitt

Øyvind Sunde, Rune S. Selbekk, Henrik Friis & Tom Andersen

Introduksjon

Amazonittpegmatitten i Bakstevalåsen er tidligere beskrevet av Hurum et al. (1997), Jahren & Hurum (1997) og Jahren et al. (1998). Deler av petrogenesen til pegmatitten har så langt vært ukjent, samt at det i løpet av dette studiet er påvist noen nye mineraler som ikke tidligere har vært kjent fra Bakstevalåsen. Danalitt og nordenskiöldin er funnet ved mikrosondeanalyser, og er det andre funnet av disse mineralene i Norge. Danalitt utgjør det dominerende helvingruppermineralet, og nordenskiöldin er funnet sammen med kassiteritt og kalsitt. Danalitt er tidligere i Norge beskrevet fra Høgtuva i Nordland, og nordenskiöldin er beskrevet fra Langesundsfjorden i Telemark. Nordenskiöldin er i Norge beskrevet fra to lokaliteter på Arøy i Langesundsfjorden som er typelokaliteten (Brøgger 1890, Åsheim et al. 1980, Selbekk 2010). Nordenskiöldin er kjent fra 11-12 andre forekomster på verdensbasis.

Geologisk plassering

Amazonittpegmatitten i Bakstevalåsen har intrudert i den ordoviciske fossumformasjonen omtrent 1 km vest for ekeritten sin avgrensning, og er sannsynligvis relatert til selve ekerittbatolitten (Fig. 1). Ekeritt er en bergart hovedsakelig bestående av alkali feltspat, kvarts og arfvedsonitt. Ekeritten er datert til 271 ± 2 Ma ved Rb-Sr isotoper (Rasmussen et al. 1988). Fossumformasjonen som utgjør sidebergarten rundt pegmatitten er en feltspat-cordierittthornfels og relatert til oppvarming fra selve intrusjonen av ekerittbatolitten. En stor normalforkastning med et NØ-SV forkastningsplan blottet et segment med prekambrisk gneiss, og stratigrafien er skråstilt med et svakt fall mot øst.

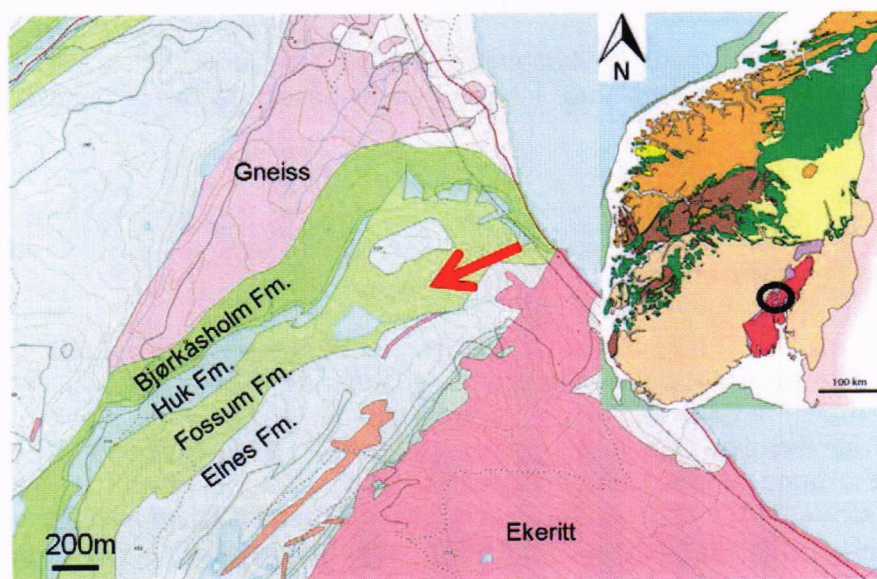


Fig. 1. Geologisk kart over Bakstevalåsen, Øvre Eiker. Amazonittpegmatitten angitt ved rød pil. Kartet er modifisert fra NGU sitt ressurskart N50.

Generell beskrivelse av pegmatitten

Pegmatitten er blottet i en anslagsvis 16 meter lang åre med vekslende tykkelse langs et svakt NØ-SV strøk, og profilet varierer i både tekstur og sammensetning. I tillegg forekommer mm- til cm-store fragmenter av metamorfe kambrosilurxenolitter i store deler av pegmatitten. I den søndre delen av blotningen er pegmatitten i sammensetning svært lik omliggende pegmatitter med hensyn på mikroklin og amfibol. Magnetitt og enkelte sulfider opptrer i grunnmassen av mikroklin, og denne sammensetningen utvikler seg til en tydelig lagdeling mot nord. Denne lagdelingen domineres i hovedsak av magnetitt + astrofyllitt, mikroklin, amazonitt + danalitt, i henholdsvis bunn, midten, og topp (Fig. 2). Denne lagdelingen begrenser seg til en tykkelse som varierer mellom 15 og 20 cm, men mot midten av pegmatitten er grunnmassen homogen amazonitt uten magnetitt. Euhedral danalitt med kornstørrelse opp til 1 cm størrelse preger denne delen av pegmatitten og utgjør en så stor del av sammensetningen at den er bergartsdannende (Fig. 2). Ved den antatte kjernen i pegmatitten opptrer euhedrale fenakittkrystaller på opptil 1 cm i størrelse, og danburitt danner mm store aggregater i både pegmatitten og ut i sidebergarten. Mot nord avgrenses pegmatitten inn til en 5 cm tykk åre og terminerer mot sidebergarten med en sammensetning som i hovedsak består av amazonitt, albitt, og kvarts. Albitt har vokst som en sen cleavelandittfase, mens danalitt forekommer som spredte enkelt korn.

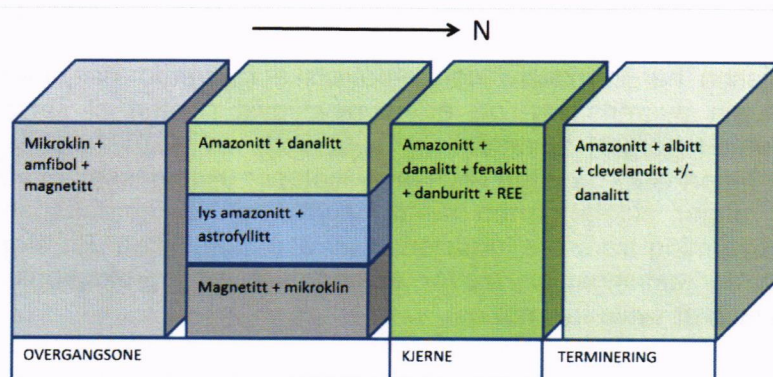


Fig. 2. Forenklet modell over hovedsammensetning i de ulike deler av pegmatitten og hvordan denne endrer seg mot nord. Inndelingen er basert på hvor i pegmatitten de ulike mineralene først opptrer.

Petrologisk sammensetning

I overgangssonen sør i pegmatitten er det en primærutfelling av magnetitt, men denne opphører når danalitt først opptrer som bergartsdannende mineral (Fig. 2). Amazonitt har i hovedsak to ulike fargenyanser, en grønnaktig og en grå- til blåaktig variant, og representerer sannsynligvis to ulike generasjoner. En kraftig blekning av den sene og karakteristiske grønne amazonittfargen forekommer lokalt og er relatert til grensede borholdige mineraler som for eksempel turmalin. Glimmer (biotitt og muskovitt) er sekundære faser assosiert til omfattende re-krystalliserte soner i pegmatitten, og danner skarpe kontraster mellom grovkornet og finkornet materiale. Slike re-krystalliserte soner inneholder subhedral til euhedral albitt og mikroklin. Biotitt har vokst mellom korngrensene til albitt og kvarts, og er helt begrenset til slike soner. I det grovkornede materialet består feltspat enestående av mikroklin med stedvis albittisering langs enkelte korngrenser. I polarisert lys har mikroklin diffunderende eksklusjonslameller og carlsbadtvillinger. Polysyntetiske tvillinger forekommer kun i re-krystallisert albitt.

Sulfidene i slike re-krystalliserte soner er dominert av pyritt og arsenopyritt. Blyglans forekommer primært som aggregater av finkornede, mm-store, subhedrale korn, som har krystallisert langs korngrenser mellom kvarts og feltspat. Blyglansen er uren og inneholder en relativ stor andel vismut.

Zirkon er et vanlig mineral i de øvrige pegmatittene i området, og forekommer i alle prøvene som mm-store, subhedrale aggregater av flere krystaller. Pyroklor opptrer sammen med zirkon i alle prøvene, men stedvis opptrer zirkon, pyroklor, REE-mineral og thoritt sammen. I enkelte prøver utgjør denne sammensetningen omfattende metamikte og omvandlede soner. Bakstevalåsen-pegmatitten har et høyt innhold av REE og spesielt de tunge lantanoidene (Dy, Er, Yb) er anrikt relativt til de lette (La, Ce, Nd) (Fig. 3).

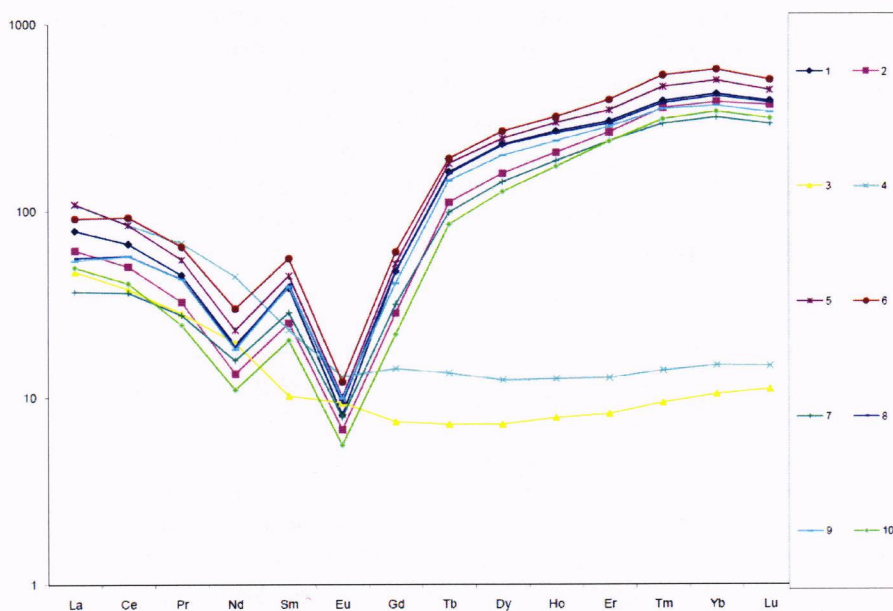


Fig. 3. REE-chondrittnormalisert plot (McDonough & Sun 1995) av XRF whole-rock analyse. Prøvenummer: 1- midtre del av pegmatitt. 2- Rekrystallisert materiale og bleket amazonitt. 3- Reaksjonssone mot sidebergart. 4- Sidebergart. 5- Grovkornet materiale fra kjernen. 6- Finkornet rekrystallisert materiale. 7- Sonering med danalitt, turmalin, og amazonitt. 8- prøve rik på danalitt. 9- Turmalin og bleket amazonitt. 10- Finkornet danalitt, löllingitt, og turmalin.

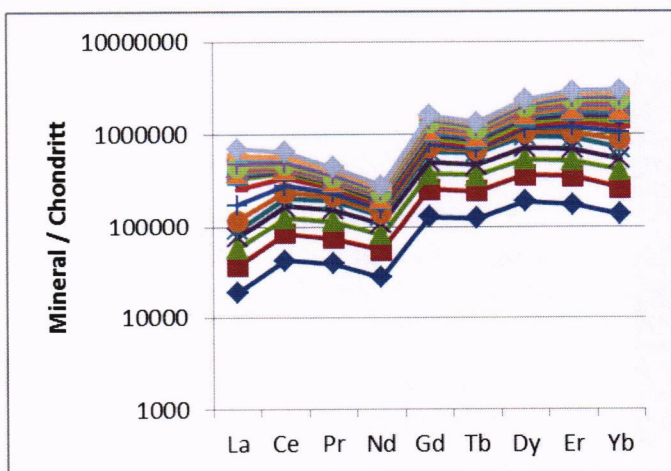


Fig. 4. Chondrittnormalisert REE fra analyse av REE-mineral hvor trenden samsvarer med whole-rock analyse av sporelementer. Normalisert etter McDonough & Sun (1995). Diagrammet inneholder 24 analyser.

Analyseresultater

I forbindelse med studien er det preparert flere tynnslip samt pulverprøver. Analyse av sporelementer viser et høyt innhold av tunge sjeldne jordarter i forhold til de lette (Fig. 3, Fig. 4), og spesielt niob overgår 1000 ppm i enkelte prøver. Mikrosondeanalyser viser et rikelig innhold av potensielle REE-mineraler. Midlertidige beregninger kan indikere gadolinit-gruppe-mineralet hingganitt-(Y) som et av REE mineralene, men dette er ikke bekreftet. Dette mineralet danner relativt store (mm) krystaller og opptrer flere steder som helt eller delvis metamikt. Graden av krystallinitet synes å være relatert til innholdet av thorium, og de krystaller som har lave thoriumverdier har i alle tilfeller bevart en tydelig sonering med hensyn på kalsium og REE. Dette skyldes sannsynligvis substitusjon mellom kalsium og HREE, slik at soner med et lavt kalsiuminnhold viser høyt HREE-innhold. Pyroklorgruppe-mineraler opptrer som krystaller jevnt fordelt i de fleste prøver og er assosiert med zirkon som mm-store aggregater av euhedrale til subhedrale krystaller. EDS analyse indikerer at sammensetningen varierer mellom niob og tantal. Niob og tantal er mest sannsynlig styrt av pyroklor og columbitt-(Fe). Sistnevnte skiller seg fra pyroklor i prøvene ved et mindre antall krystaller og synes å opptre i kontakt med relikte, metamikte korn av REE-mineral og pyroklor. De største kornene (~100 µm) er subhedrale og opptrer med en ulik sammensetning ved kjerne og margin. Teksturen er som en coronastruktur som omslutter krystallene. Ved kjernen har columbitt-(Fe) et høyt innhold av niob og jern, mens marginen inneholder mindre niob og relativt høyere verdier av tungmetaller (tantal, wolfram, antimon, bly).

Analysen av danalitt vha mikrosonde indikerer et vekstmønster der aggregater av finkornet danalitt har vokst sammen, slik at krystallene har en karakteristisk tekstur (Fig. 5). Dette synes også ved at krystallene har et ulikt jern:sink-forhold fra kjerne mot margin, med høye jernverdier langs korn grensene. Lokale variasjoner forekommer innenfor sammenvokste krystaller, og skyldes trolig resorpsjon av materiale under vekstfasen, slik at krystallene i hovedsak er dominert av den jernrike delen av endeledet danalitt i sammensetning. Majoriteten av analysene faller innenfor danalittendeledet i det ternære helvin-danalitt-genthelvin-systemet (Fig. 6). Figur 6 viser noen verdier som har en mer intermediær sammensetning mellom genthelvin og danalitt. Disse prøvene skiller seg ut ved at ilmenitt utgjør en stor andel av oksidene, og opptrer som subhedrale krystaller som har vokst rundt genthelvin. Dette kan indikere at jern er tatt opp av ilmenitt til fordel for danalitt under vekstfasen. Turmalin forekommer få steder som grove, tabulære og euhedrale krystaller, men opptrer primært som en vekst mellom danalittkorn. Ved slike soner opptrer også små mengder kassiteritt og nordenskjöldin. Kassiteritt for øvrig opptrer flere steder som en sen fase sammen med galenitt, löllingitt, arsenopyritt, og pyritt.

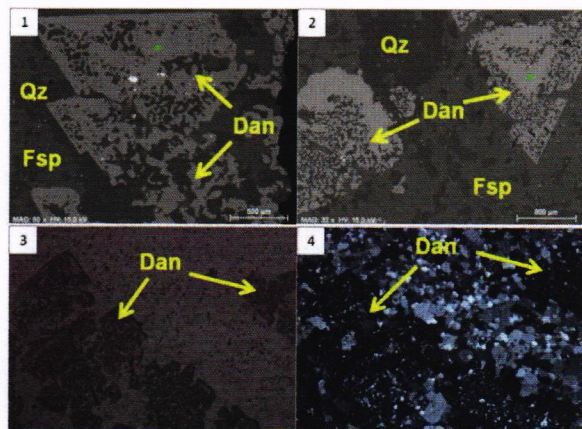


Fig. 5. Bilde av danalittkrystaller hvor 1 og 2 viser et backscatter bilde av to ulike danalittkrystaller med sitt karakteristiske vekstmønster. Bilde 3 og 4 er tatt med et polariseringsmikroskop (PPL og XPL) med 5x forstørrelse.

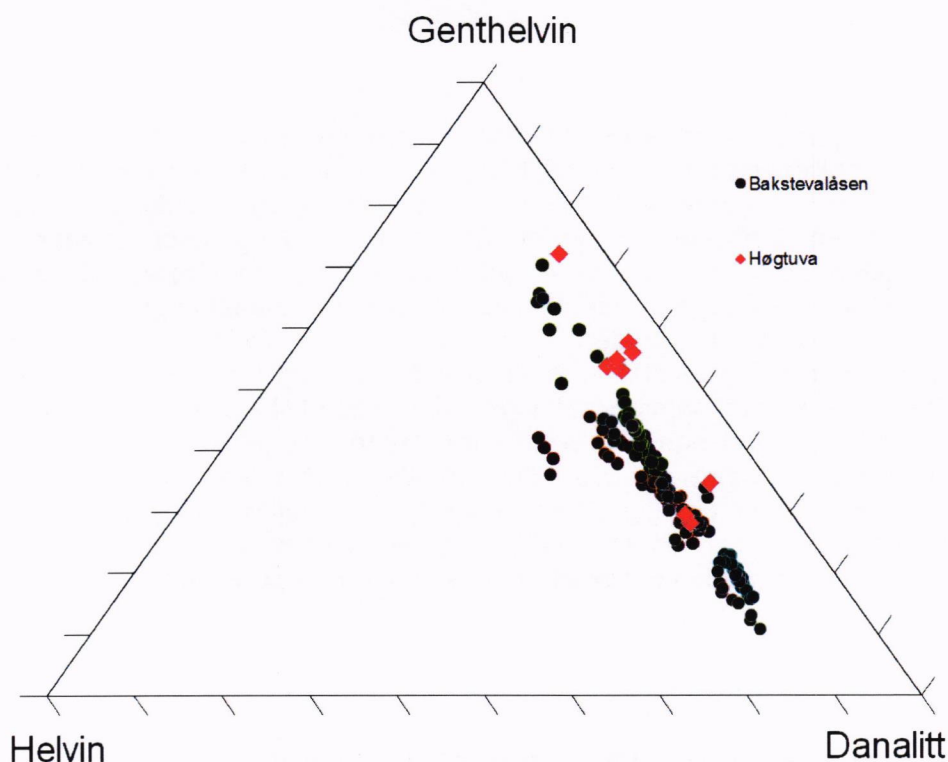


Fig. 6. Plott over andelen helvin, genthelvin, og danalitt i de ulike analysene fra amazonittpegmatitten i Bakstevalåsen. Totalt er 180 målinger utført med 3 – 7 målinger innenfor de største komene. Strukturformel er beregnet med hensyn på 13 anioner og berylliumverdier fylt inn etter støkiometri. Verdier fra mikrosondeanalyse av Høgtuva-danalitt er mottatt fra NGU.

Tabell 1. Identifiserte mineraler fra nåværende og tidligere studier.

Mineraler	Kjemisk formel	Mineraler	Kjemisk formel
Vanlige mineraler		Be- mineraler	
Kvarts	SiO ₂	Fenakitt	Be ₂ SiO ₄
Albitt	NaAlSi ₃ O ₈	Helvingruppen	(Fe,Zn,Mn) ₄ Be ₃ Si ₃ O ₁₂ S
Mikroklin	(K,Na)AlSi ₃ O ₈	B- mineraler	
Zircon	ZrSiO ₄	Danburitt	CaB ₂ Si ₂ O ₈
Sulfider		Tourmalin	Na(Fe ^{Zr} ₃)Al ₆ (Si ₆ O ₁₈)(BO ₃) ₃ (OH) ₃ (O H)
Löllingitt	FeAs ₂	Nordenskiöldin	CaSnB ₂ O ₆
Arsenopyritt	AsFeS	HFSE - mineraler	
Pyritt	FeS ₂	Thoritt	(Th,U)SiO ₄
Molybdenitt	MoS ₂	Pyroklor	(Na,Ca) ₂ Nb ₂ (O,OH) ₆ Z
Galenitt	PbS	Fergusonitt-(Y)	YNbO ₄
Kassiteritt	SnO ₂	Columbitt-(Fe)	FeNb ₂ O ₆
Hematitt	Fe ₂ O ₃	Astrofyllitt	(K,Na) ₃ (Fe,Mn) ₇ Ti ₂ Si ₈ O ₂₄ (O,OH) ₇
Magnetitt	Fe ₃ O ₄		
Ilmenitt	FeTiO ₃		

Konklusjon

Mineralogien i pegmatitten indikerer et bidrag fra hovedsakelig to ulike kilder med en sen fluidindusert remobilisering av sammensetningen. Teksturen i håndstykke og mikroskopisk antyder ulike faser med metasomatisk remobilisering, og har muligens forårsaket den varierende teksturen. Innholdet av svovel, karbon, bor, bly og arsen er mest sannsynlig relatert til fluidene som har løst disse grunnstoffene fra de omliggende sedimentene. Beryllium, niob, tinn og REE kan stamme fra det primære ekerittmagmaet, mens noen av niobmineralene muligens er relatert til nedbryting av pyroklor. En klassifisering av amazonittpegmatitten i Bakstevalåsen innenfor systemet lagt frem av Černý & Ercit (2005) har ikke vært vellykket fordi sammensetningen viser både LCT- (Litium, Cesium, Tantal) og NYF- (Niob, Yttrium, Fluor) egenskaper. Primærfasene inneholder en relativt stor mengde tantal, niob, cesium, yttrium og fluor. Det er ikke funnet litium, slik at den kjemiske sammensetningen ikke er entydig dominert av en LCT- eller NYF-karakter. I tillegg har pegmatitten et rikt innhold av arsen-, vismut-, og jernsulfider som er lave p-T faser, slik at den ikke passer inn i de gjeldende klassifikasjonsmetoder for pegmatitter.

Takksigelser

Vi vil gjerne takke Julian Schilling for å sende data om helvingruppen i Høgtuva, samt Muriel Erambert for assistanse med EPMA-analysene.

Referanser

BRØGGER, W.C. (1890): Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. *Zeitschrift für Kristallographie und Mineralogie* **16**, p. 61-64.

ČERNÝ, P. & ERCIT, S.T. (2005): The classification of granitic pegmatites revisited. *The Canadian Mineralogist* **43**, 2005-2026.

HURUM, J., JAHREN, J., BERG, H.-J. & BJERKGÅRD, T. (1997): En eksotisk pegmatitt i kambrosiluren ved Eikeren, Buskerud. *Norsk Bergverksmuseum Skrift* **12**, 31-33.

JAHREN, J. & HURUM, J. (1997): Kambrosilurbergartene på Fiskum, Øvre Eiker. *Norsk Bergverksmuseum Skrift* **12**, 26-30.

JAHREN, J., BERG, H.-J. & WULF-PEDERSEN, E. (1998): Nye undersøkelser av amazonitt-genthelvin pegmatitten fra Fiskum, Øvre Eiker. *Norsk Bergverksmuseum Skrift* **14**, 13-16.

MCDONOUGH, W.F. & SUN, S.-S. (1995): The composition of the Earth. *Chemical Geology* **120**, 113-253.

RASMUSSEN, E., NEUMANN, E.-R., ANDERSEN, T., SUNDVOLL, B., FJERDINGSTAD, V. & STABEL, A. (1988): Petrogenetic processes associated with intermediate and silicic magmatism in the Oslo rift, south-east Norway. *Mineralogical Magazine* **52**, 293-307.

SELBEKK, R.S. (2010): *Norges mineraler. En revidert utgave av Norges mineraler (Neumann 1985)*. NGU/NHM/Tapir, Trondheim & Oslo.

ÅSHEIM, A., AADAHL, H.C. & LARSEN, A.O. (1980): Nytt funn av nordenskiöldin. *NAGS-nytt* **7 (3)**, 10.