

NGU rapport nr. 91.186

**BEKKESEDIMENTER FRA  
NORD-TRØNDELAG OG FOSENHALVØYA**

**EN MINERALOGISK UNDERSØKELSE  
AV IKKE-MAGNETISK TUNGMINERALFRAKSJON**

Rapport nr. 91.186		ISSN 0800-3416		Åpen/Fortrolig til	
Tittel: Bekkesedimenter fra Nord-Trøndelag og Fosenhalvøya - en mineralogisk undersøkelse av ikke-magnetisk tungmineralfraksjon.					
Forfatter: Leif Roger Størseth			Oppdragsgiver: Nord-Tr.lagsprogrammet, NGU		
Fylke: Nord Trøndelag og Sør Trøndelag			Kommune:		
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Trondheim, Østersund, Namsos, Grong.			Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000)		
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetal <sup>99</sup>		Pris: 90,-
Feltarbeid utført:			Rapportdato: 20.09.91		Prosjektnr.: 67.2509.33
			Seksjonssjef:		<i>T. Fin Oaker</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>Sammenhenger mellom geokjemiske anomalier i bekkersedimenter (umagnetisk tungmineralfraksjon) i Nord-Trøndelag og Fosen og mineralogi er studert og beskrevet ved hjelp av mikroskopering og mikrosondeanalyser av pulverslip.</p> <p>I 9 utvalgte områder sees med få unntak klare sammenhenger; I Meråker forårsakes høye TiO<sub>2</sub>-verdier av høyt ilmenitt-rutil-innhold, høyt epidotinnhold i Verran Nord gir høye CaO- og Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-verdier, høy granatandel i Snåsa Sør gir MnO-anomalier, høye Sr-verdier i Vikna skyldes skjellsand, etc.</p> <p>Anomalier av sporelementer er noe vanskeligere å påvise konkrete årsaker til, men i Gjevsjø sees tydelig hvordan høyere zirkoninnhold følger Zr-anomalier, i tillegg til funn av Ti-Nb-mineralet ilmenorutil. Andre sporelementer lar seg ved korrelasjonsanalyser føre tilbake til epidot (Sr, Th og Cu i Verran Nord) og titanitt (W, Y og Nb i Gjevsjø). I tillegg korrelerer Pb godt med Th (Gjevsjø), og Mo med Zr samme sted, som er vanskeligere å forklare.</p> <p>Flere uvanlige mineraler (ged. Cu, allanitt, baddeleyitt) ble påvist ved mikrosondeanalysene.</p> <p>Denne type undersøkelser synes å gi tilfredstillende svar på de søkte sammenhenger, og i flere av områdene sees også sammenhengen til den lokale berggrunnsgeologien (Meråker, Snåsa Sør, o.a.)</p>					
Emneord		Bekkesedimenter		Sjeldne jordarter	
Geokjemi		Røntgenfluorescens			
Mineralogi		Mikrosondeundersøkelser		Fagrapport	

## INNHALDSFORTEGNELSE

Innledning	3
Utvalgte prøver fra de anomale områdene	
- Lånke	4
- Meråker	4
- Verran Nord	5
- Snåsa Sør	11
- Gjevsjø	11
- Sørli	15
- Fremstfjell	16
- Foldereid	16
- Vikna	17
Konklusjon	17
Litteratur	19

Bilag 1: Oversikt over pulverslip

Bilag 2A-H: Geokjemiske kart for elementer omtalt i rapporten.

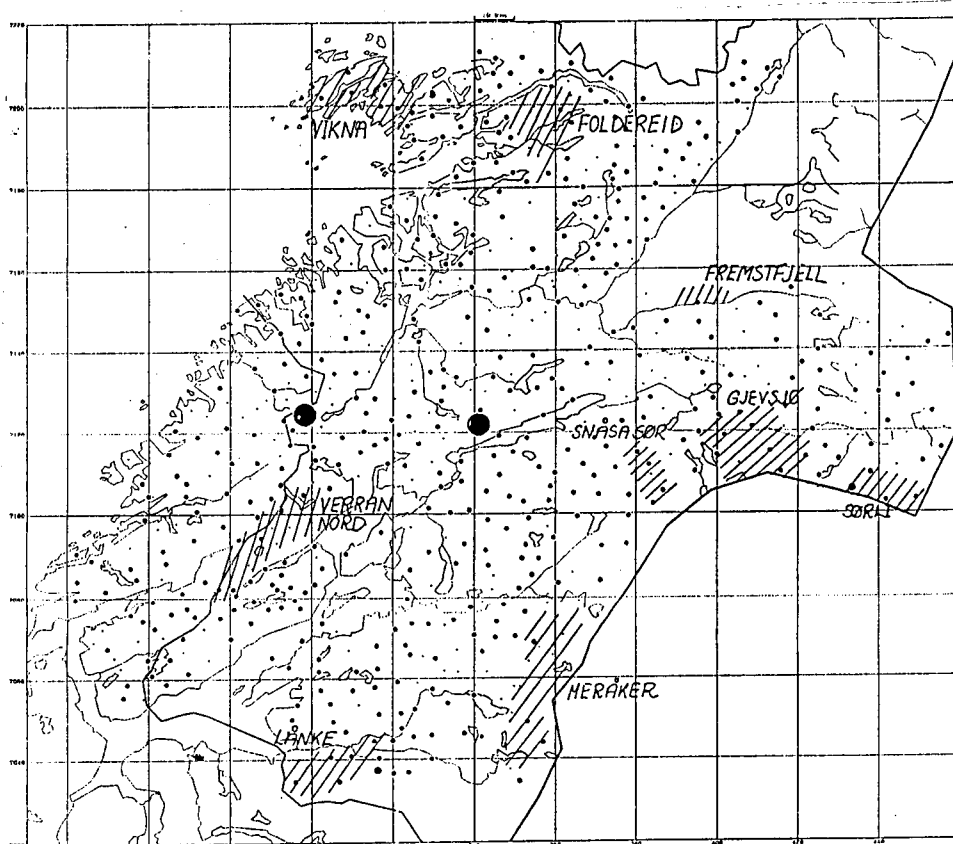
## INNLEDNING

I forbindelse med det geologiske undersøkelsesprogrammet for Nord-Trøndelag og Fosen ble det i årene 1983-1985 innsamlet 6664 bekkesedimentprøver (1 prøve pr 3.8 km<sup>2</sup>) fra hele fylket med unntak av visse områder i Grongfeltet hvor det ble benyttet sammenslåtte prøver av tidligere innsamlet materiale (originale prøver). Prøvene ble delt opp i en finfraksjon (< 0.18 mm) og en grovfraksjon (0.18 - 0.6 mm) etter våtsikting i felt. Finfraksjonen ble sluttet opp i salpetersyre og analysert med plasmaemisjon (ICP) på 29 grunnstoffer (Sæther 1987).

Senere ble det laget 653 samleprøver av grovfraksjonen av disse prøvene (1 prøve pr 30 km<sup>2</sup>), hvorfra den umagnetiske tungmineralfraksjonen (TMF) ble separert ut ( $\rho > 2.96 \text{ g/cm}^3$ ). Disse prøvene ble analysert ved røntgenfluorescens (XRF), og resultatene er databehandlet og presentert av Sand (1987) bl.a. som geokjemiske kart (Figur 1). Mangel på materiale i grovfraksjonen gjorde at Grongfeltet ikke ble inkludert i denne sammenhengen.

Den omfattende prøvetakningen over flere år, med stadig nye analyser og randomiseringer har gjort at nummereringen har blitt noe uoversiktlig. I denne rapporten benyttes prøvenumrene slik de framgår av Sæther og Sands rapporter (vesentlig i nummerering av slip).

Nord-Trøndelag har fra gammelt av vært et viktig gruedistrikt (Meråker, Skorovass, Gjersvik, Joma). De analyserte bekkesedimentene har vært med på å bekrefte tidligere kjente anomalier (Grong, Meråker), men også å påvise anomalier i nye områder som Gjevsjøen i Snåsa og Åfjord (Sæther 1987). Analysene viste også anomalier på "nye" elementer som Ba (Sørli), W og Zr (Gjevsjøen) og Th og Sr (Verran). Det pågår nå også analyser på bl.a Au, som ikke inngikk i de nevnte arbeidene.



**FIGUR 1:** Geokjemisk anomalikart over Nord-Trøndelag og Fosenhalvøya for bekkesedimenters tungfraksjon med de omtalte 9 områdene.

I denne rapporten konsentreres arbeidet rundt de mest markerte anomale områder basert på verdiene i TMF. Det sees på sammenhenger mellom geokjemi og mineralogi, om hvorvidt det lar seg gjøre å bestemme hvilke mineraler som gir anomaliene.

K.Sand og J. Hysingjord utførte for en tid siden mineralogiske undersøkelser av det samme materialet, men resultatene ble ikke rapportert.

## UTVALGTE PRØVER FRA DE ANOMALE OMRÅDENE

Det er valgt ut 9 områder i Nord-Trøndelag med anrikninger av visse elementer (bilag 2A-2H). Det er funnet fram til de originale prøvenes grovfraksjon (0.18-0.6 mm), og det er laget polerte tynnslip (pulverslip) av disse, i alt 15 slip (slipnummerene korresponderer med prøvenummerene). Med unntak av Sørli og et av Vikna-slipene er alle laget av TMF. Figur 1 gir en geografisk oversikt over disse områdene.

Etter studier i lysmikroskopet er flere av slipene analysert på mikrosonde.

### Lånke

Bare Na viser anomaliverdier i dette området fra Malvik kommune og østover de nedre deler av Stjørdalen, med > 2 % Na<sub>2</sub>O. De mest markert anomale prøvene ligger alle i Øvre Hovins sedimentære bergarter (glimmerskifer, fyllitt, gråvakke, grønnskifer; Sigmond et al.(1984)). Den ene prøven utvalgt for slip viser 2.2 % Na<sub>2</sub>O, og viser ellers anomali for Sr (736 ppm), og forhøyede verdier for Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO og V, mens Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> er lavere enn normalt.

Slipet utmerker seg med å inneholde en lavere andel frikorn enn de andre prøvene, rundt 30 %. De grumsete bergartsfragmentene antas å være finkornete grønnsteiner og felsitter (korn av sedimentære bergarter vil ikke inngå i TMF). I frikorn er det sett vesentlig amfibol, epidot og clinozoisitt, med mindre mengder kloritt og titanitt. Antallet uidentifiserbare korn er ubetydelig. Innholdet av opake faser er lavt (≈ 3 %); ilmenitt, svovelkis, kobberkis (ett 0.5 mm stort frikorn), rutil og hematitt.

Årsaken til Na-anomalien antas å ligge i albittkorn som finnes i bergartsfragmentene, som dominerer i slipet. Bergartene er uvanlig finkornede i dette området, og gir færre frikorn av albitt, som kunne blitt separert ut i den lette fraksjonen. Na-holdig amfibol opptrer ikke i slike bergarter, Na-fri aktinolit opptrer. Prøvematerialet synes stedegent, men bidrag fra den sydenforliggende Støren-grønnstein er sannsynlig.

### Meråker

Et større område innenfor Kjølhauggruppens sedimenter som strekker seg fra Meråker til de østlige deler av Verdal kommune viser markerte anomalier for titan (bilag 2G).

En prøve inneholder så mye som 16.98 % TiO<sub>2</sub>, mens ca. 10 prøver fra dette området viser > 10%. Disse følges konsekvent av anomale verdier for Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> og sporelementene Zr, Nb og delvis W. Det er valgt ut to prøver for slip. Prøvestedene ligger ca. 5 km fra hverandre (luftlinje).

	TiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	W (ppm)	Zr (ppm)	Nb (ppm)
Slip 35448	14.43	20.48	58	425	114
Slip 35483	16.98	21.55	53	497	108

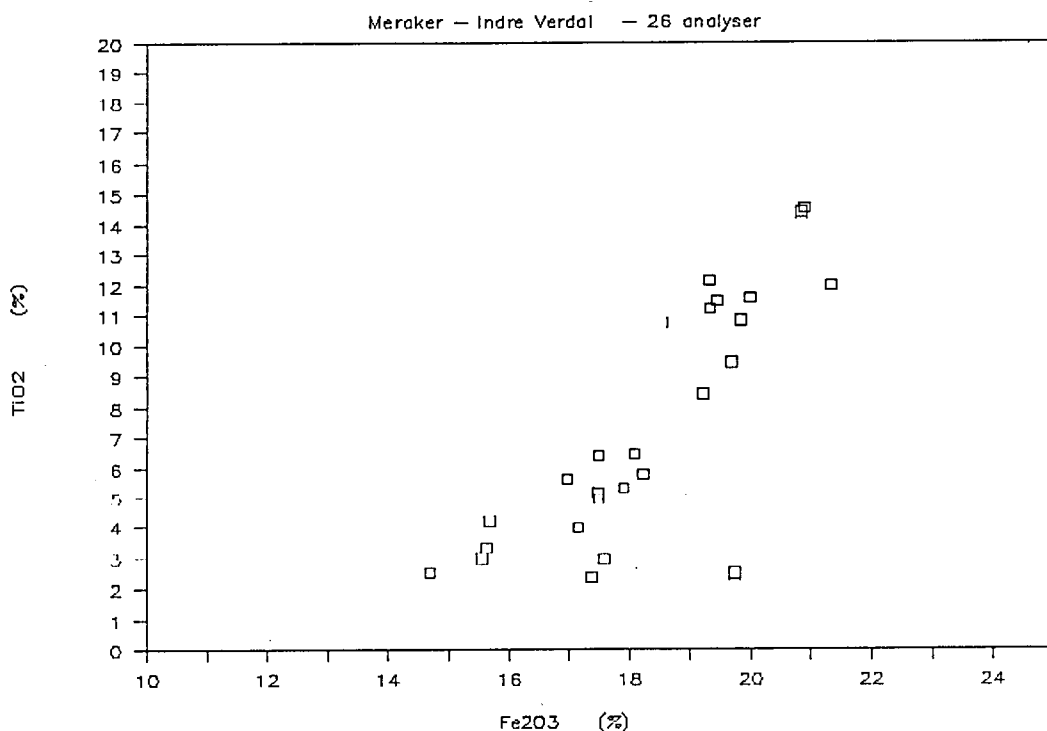
Prøvene fra Meråker-området er de med høyest andel opake faser av de undersøkte prøvene, ca. 25%. I slipene dominerer ilmenitt og rutil, med mindre mengder hematitt, svovelkis, og noe limonitt. Ilmenitt og rutil opptrer gjerne i sammenvoksninger (figur 3), men begge (særlig ilm) treffes også som frikorn. Andelen av rutil varierer i de to slipene. I begge slipene finnes amfibol, epidot, clinozoisitt, granat, zirkon og turmalin. Kvarts, muskovitt og plagioklas sees også i bergartsfragmenter. I slip 35448 sees et mørkt grønnlig, isotropt mineral som antas å være spinell. Sammenfallende høye titan- og jernanalyser forklares ved at ilmenitt er viktigste Ti-holdige fase framfor rutil, og det sees en meget god korrelasjon mellom  $\text{TiO}_2$  og  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (figur 2). At anomaliområdet begrenser seg til midtre deler av Kjølhauggruppen må sees i sammenheng med en rekke amfibolitter (omdannet gabbro) sentralt og i østlige deler av dette området.

### Verran N

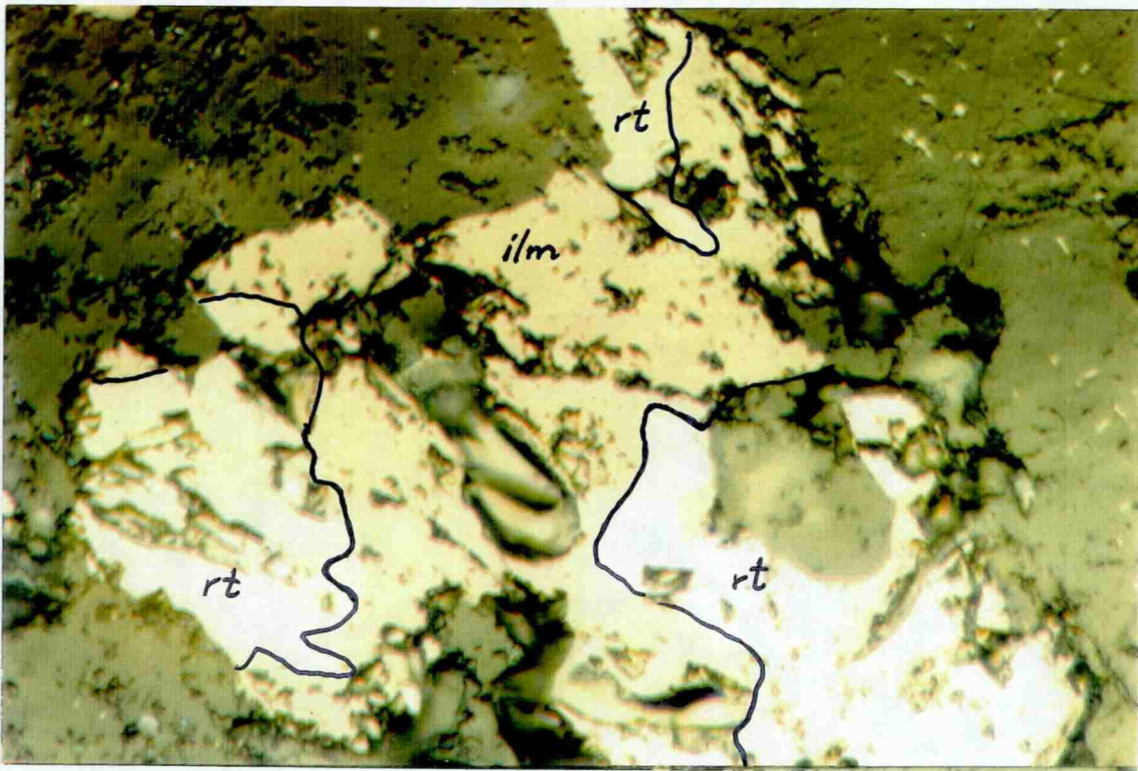
Et område på nordsiden av Verrabotn viser anomale verdier på en rekke elementer, bl.a. Th og Sr, og ikke fullt så markert for Cu (bilag 2A-B-F). Strontium viser kraftige anomalier også i ICP-analysene av de originale sedimentprøvene. Området har en klar sørvest-nordøst-gående utstrekning, og faller sammen med grunnfjellsbergarter her, overveiende granittiske gneiser. Det er plukket ut to prøver for slip (avstanden mellom lokalitetene er  $\approx 10$  km):

	$\text{Al}_2\text{O}_3$ (%)	CaO (%)	Sr (ppm)	Th (ppm)
Slip 35028	16.95	16.58	2189	96
Slip 35664	17.67	17.93	2543	106

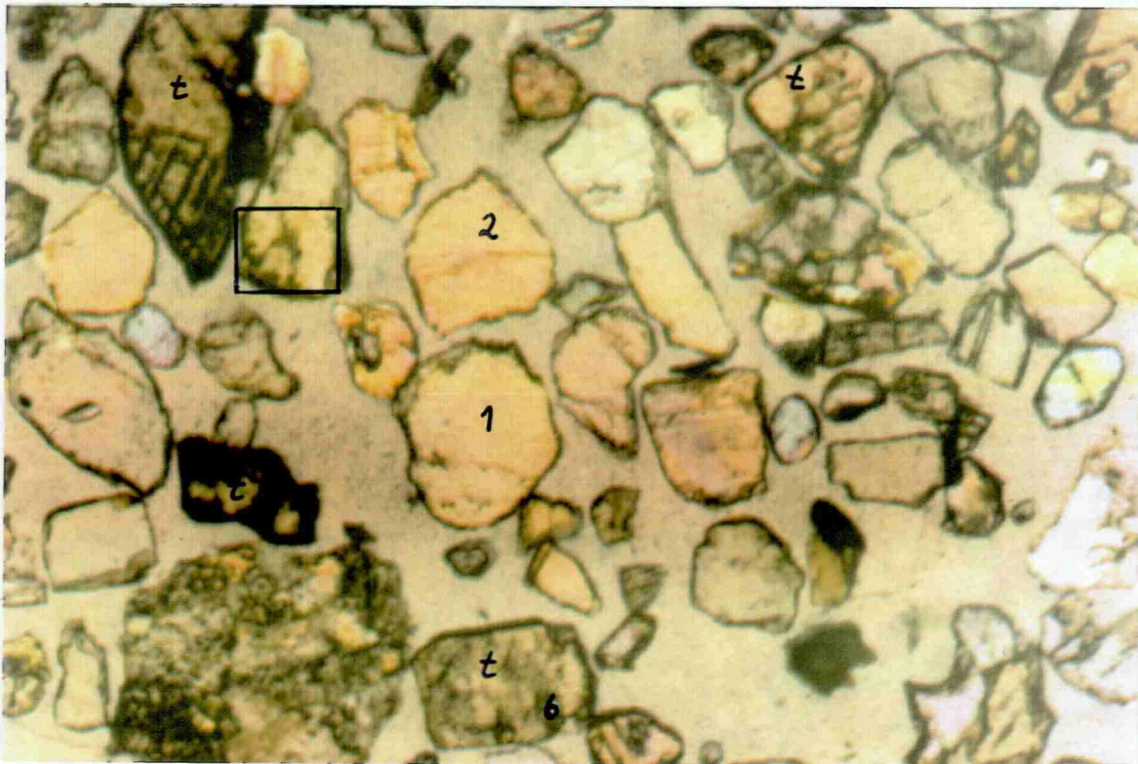
I tillegg sees også forhøyde verdier av andre sporelementer (Y, Nb), mens verdiene for elementer som Zn og Pb er uvanlig lave (Sand 1987). Det er gjort kvantitative mikrosonde-undersøkelser av flere mineraler i slip 35664 (tabell 1).



**FIGUR 2:** Korrelasjonsdiagram for  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (total Fe som  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) og  $\text{TiO}_2$  i TMF fra Meråker-indre Verdal-området.



**FIGUR 3:** Ilmenitt (ilm) i sammenvoksning med rutil (rt), slip 35483 fra Sul i Verdal. Billedbredde 0.23 mm



**FIGUR 4:** Epidotdominert TMF fra Verran Nord, i tillegg sees flere korn titanitt (t). Tallene viser til analysepunkt (tabell 1), firkanten til backscatterbildet (figur 7). Punkt 6 er zirkoninneslutning i titanitt. Billedbredde 2.3 mm.

Blant de opake fasene (2-4 %) finnes mest ilmenitt, og mindre mengder svovelkis, rutil, hematitt, hemoilmenitt (slip 35028). Ørsmå, gullig hvite, høyreflekterende faser (slip 35664) antas å være svovelkis. Under mikrosondeundersøkelsene ble det i tillegg påvist molybdenglans og kobberkis

En rekke transparente mineraler er identifisert (herav 70-90 % som frikorn). Epidot er dominerer i begge slipene (figur 4), men det er også betydelige mengder clinozoisitt og amfibol tilstede. Ellers finnes granat, titanitt, zirkon (maks. 0.5%, og bare unntaksvis som frikorn), apatitt (ett korn er observert), turmalin, biotitt, kloritt, kvarts og K-feltspat (de siste i bergartsfragmenter).

Epidoten er homogen og kjemiske variasjoner (sonering) i de enkelte kornene opptrer meget sjeldent. En noe tyngre fase opptrer som inneslutning i epidot (figur 5) og viser et betydelig innhold av  $Ce_2O_3$  (0.83%) og forhøyet  $Fe_2O_3$ -innhold. Mindre mengder  $ZrO$ ,  $MgO$  og  $SrO$  sees også i epidoten (tabell 1).

De fleste ukjente fasene ble identifisert ved kvalitative mikrosondeundersøkelser, og disse bestod for en stor del av epidot og titanitt. Zirkon ble funnet vesentlig som små korn i andre faser.

I noen større korn av bl.a. titanitt ble det påvist en Ce-La-holdig fase, med Fe, Ca, Al, Si, Mg, Sr og Ti som øvrige elementer. Dette dreier seg om allanitt, et mineral i epidotgruppen (figur 5).

Analysene (Tabell 1) bekrefter dette (jfr. Deer et al. 1986). Den lave summen skyldes at de sjeldne jordartselementene ikke ble tatt med i analysen, men ved å addere ca. 10%  $La_2O_3$  (Deer et al. 1986) vil summen bli rundt 100%. Figur 5 viser et inhomogent allanittkorn hvor innholdet av Fe, Ce (og La ?) avtar fra tung (punkt 8) til lett (punkt 9) fase.



**FIGUR 5:** Backscatterbilde av inhomogen allanitt i epidot (figur 4). Tallene er analysepunktene (Tabell 1). Streken (nede i venstre hjørne) er 10  $\mu m$  (= 600 x forstørrelse).

$CaO$  og  $Al_2O_3$ -anomaliene skyldes det høye epidot-(+ clinozoisitt)innholdet, og det sees en klar korrelasjon mellom disse elementene (figur 6). Vet å anta at all  $CaO$  sitter i epidot kan en beregne hvor stor andel av prøven den utgjør, siden  $CaO$ -innholdet i ren epidot er jevnt 23-24 vol% (Deer et



al. 1986). Prøve (slip) 35664 med 17.9 % CaO inneholder således rundt 70 % epidot, etter å ha trukket fra noen % for CaO i aksessorisk titanitt, plagioklas, etc.

Th-anomaliene kan ved mikrosondeundersøkelsene ikke entydig forklares mineralogisk, men som figur 7 viser er det god korrelasjon mellom Th og CaO. Th i epidot er ikke beskrevet, derimot kan allanitt inneholde nærmere 5 % (Deer et al. 1986), selv om ikke allanitt fra Verran viser dette (Tabell 1). Zirkonen viser et visst Th-innhold, men mengdene i denne kan neppe forklare den totale anomalien siden en burde ha hatt 3-5% zirkon i slipet. Th viser også en korrelasjon med Nb; dette kan forklares ved at allanitt ofte opptre i titanitt som kan inneholde Nb. Det konkluderes med at Th er knyttet til epidoten i mengder under deteksjonsgrensen for mikrosonde, dels i inneslutninger i epidoten.

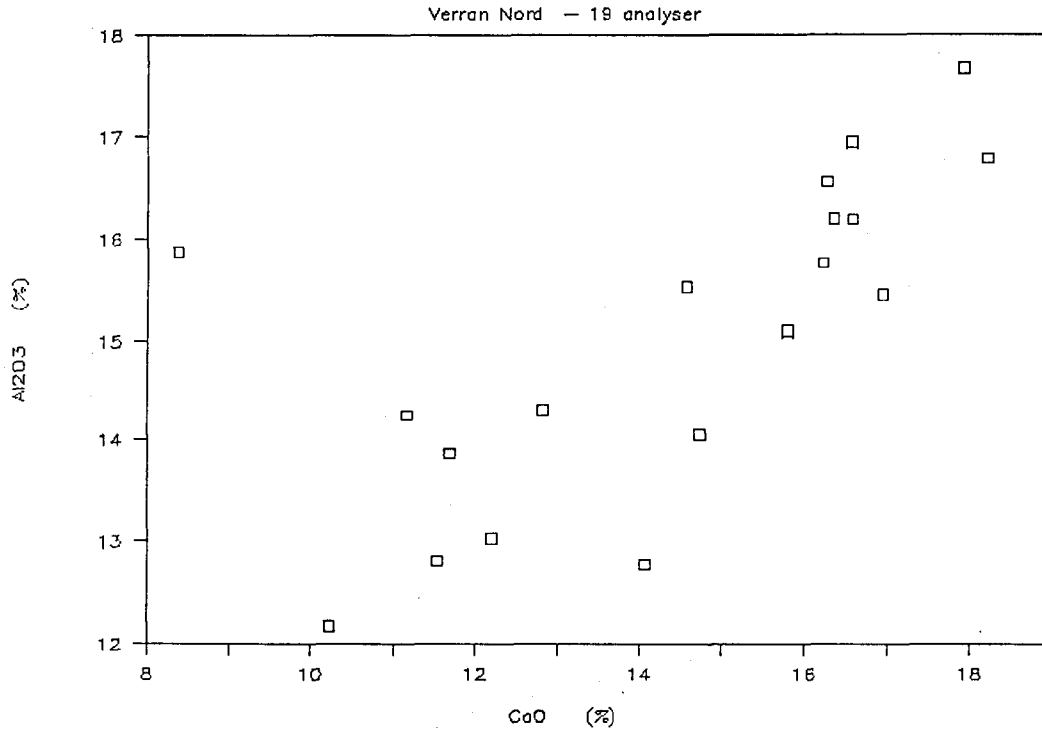
	1	2	3	4	5
CaO	22.92	22.66	22.74	21.09	22.18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.52	24.14	24.33	21.92	24.10
SiO <sub>2</sub>	37.50	38.60	38.56	36.77	38.23
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.01	11.48	11.24	12.91	10.93
ZrO <sub>2</sub>				0.05	0.07
SrO	0.14	0.07	0.65	0.39	
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			0.05	0.83	
TiO <sub>2</sub>	0.08	0.09	0.06	0.08	0.13
MgO					0.08
Sum	96.17	97.04	97.63	94.04	95.72
	6	7	8	9	
CaO	0.36	0.05	12.59	16.61	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			17.67	21.01	
SiO <sub>2</sub>	33.42	33.44	31.73	34.26	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.06	0.04	13.23	12.12	
ZrO <sub>2</sub>	64.08	64.31			
ThO <sub>2</sub>	0.24	0.04			
SrO			0.32	0.31	
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			12.83	8.00	
TiO <sub>2</sub>	0.42	0.06	0.13	0.13	
MgO			0.74	0.37	
Sum	98.58	97.94	89.24	92.81	

Lave summer skyldes at det vanligvis inngår rundt 2% OH/H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> i epidot.

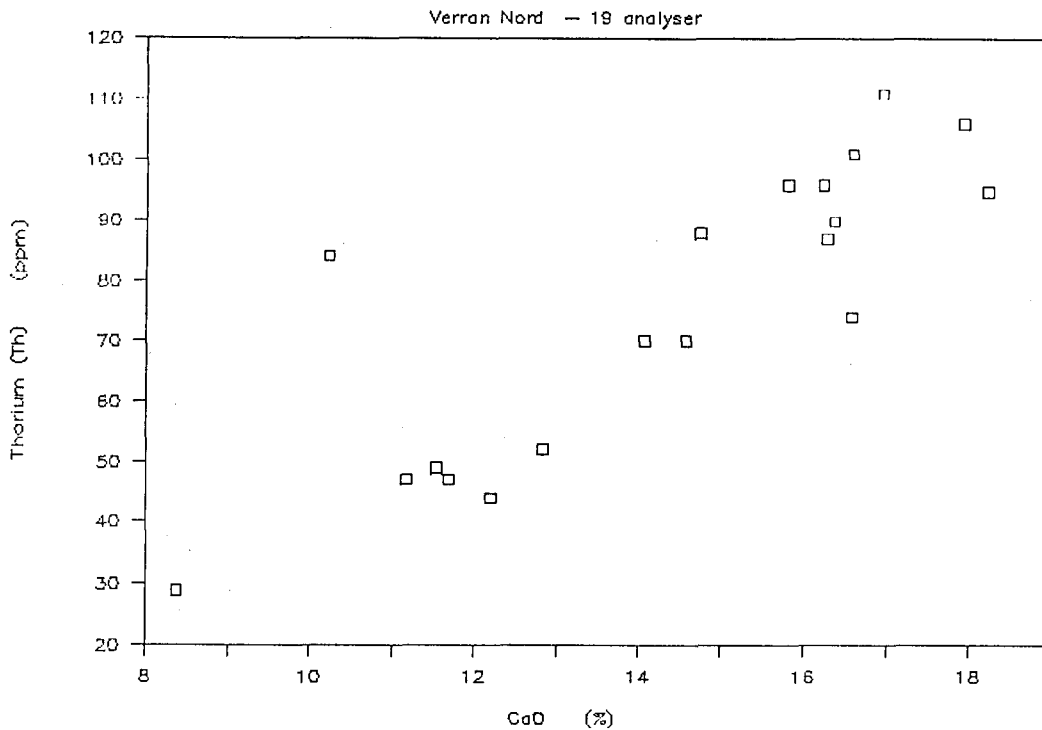
**Tabell 1:** Mikrosondeundersøkelser av epidot (# 1-5), zirkon (# 6-7) og allanitt (# 8-9) fra Verran. Analysepunkt for 1,2 og 6 sees i figur 4, for 3,4,8 og 9 i figur 5.

Sr korrelerer godt med CaO (figur 8). Det er kjent epidot med opptil 1 % SrO, selv om ca. 0.2 % er vanligere (Deer et al. (1986) s. 59). SrO i epidot bekreftes av mikrosondeanalysen, med opptil 0.65% i en av analysene (Tabell 1).

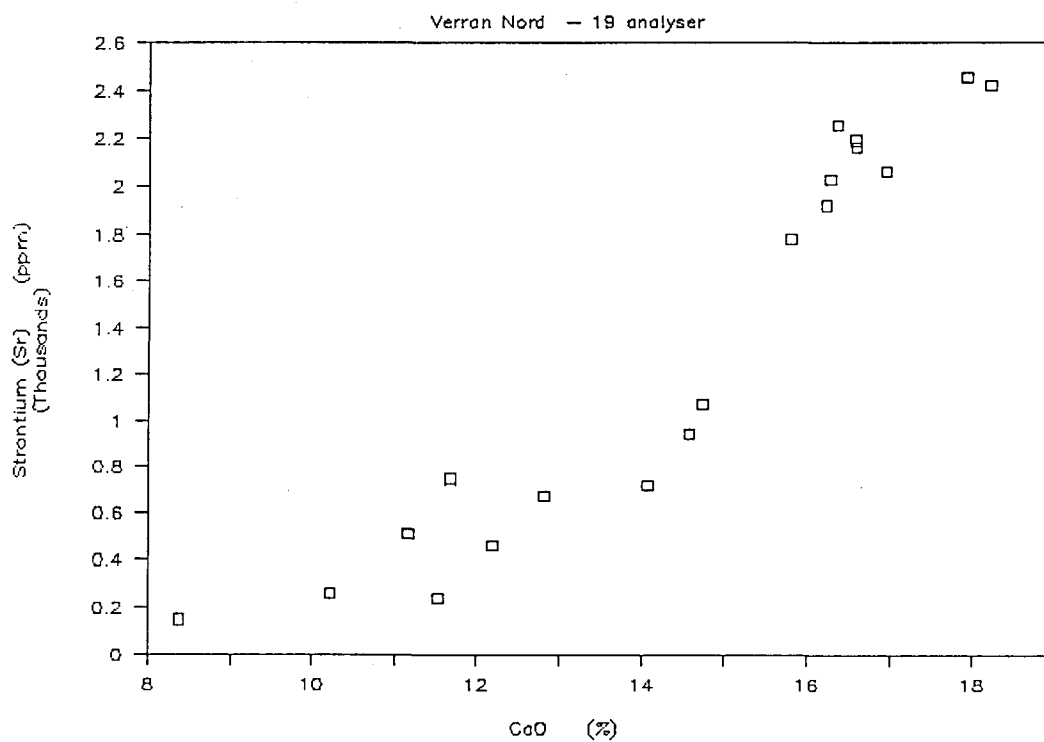
Det rapporteres også om en rekke elementer som inngår i epidot i ppm-skala (ikke påvisbart på mikrosonden), bl.a Cu som Verran-området viser anomalier for. Figur 9 antyder dette gjennom en god korrelasjon mellom Cu og CaO.



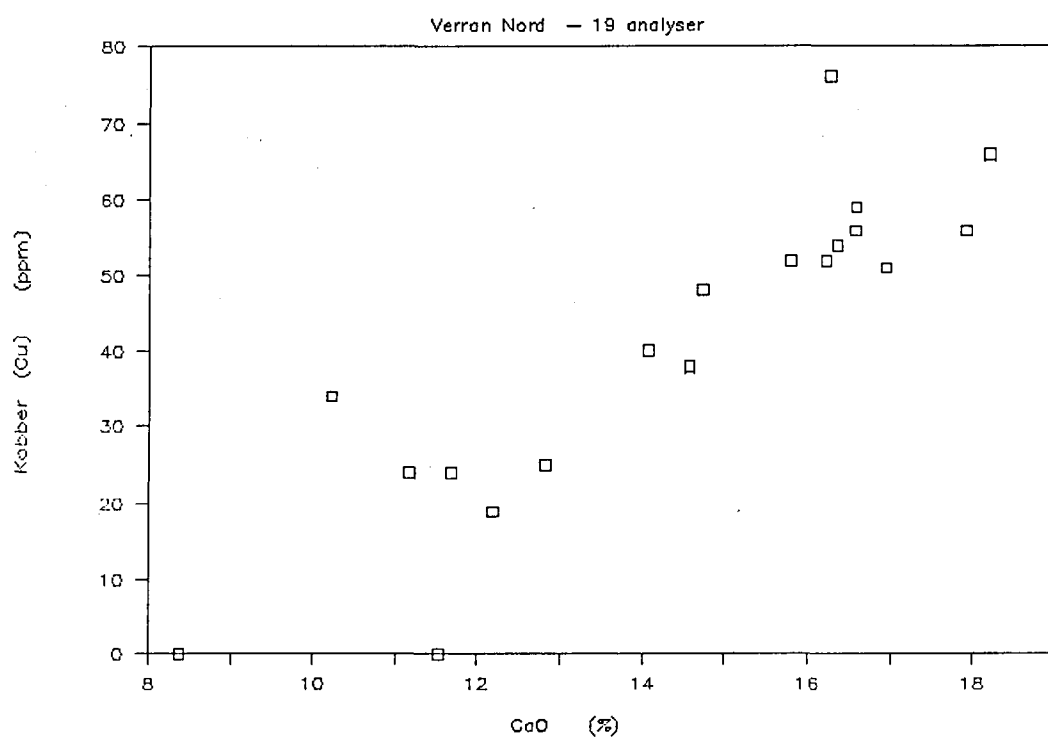
FIGUR 6: Korrelasjonsdiagram for CaO og Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i TMF fra Verran Nord.



FIGUR 7: Korrelasjonsdiagram for CaO og Th i TMF fra Verran Nord.



FIGUR 8: Korrelasjonsdiagram for CaO og Sr i TMF fra Verran Nord.



FIGUR 9: Korrelasjonsdiagram for CaO og Cu i TMF fra Verran Nord.

## Snåsa Sør

I et begrenset område i sørlige deler av Snåsa kommune finnes et fåtall prøver med anomaliverdier for mangan med opptil 1.5 % MnO (bilag 2D). Ellers sees i de samme prøvene er viss anrikning av Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (total Fe) (maks 21.21 %) og Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (maks 16.26 %).

Berggrunnen i dette området domineres av glimmerskifer og migmatittgneis tilhørende Gulagruppen. Det er plukket ut en prøve til slip av dette materialet, og slippet utmerker seg med å inneholde nærmere 50 % granat (figur 10), både euhedrale korn og subhedrale fragmenter. Mindre mengder amfibol, staurolitt, titanitt, muskovitt, epidot, zirkon og endel finkornede bergartsfragmenter (40 %) av det samme materialet opptrer også i dette slippet.

Av opake faser (2-3 %) dominerer ilmenitt med rutil, hematitt, svovelkis og kobberkis med limonitt, og magnetitt som lameller i hematitt.

Det høye innholdet av granat og noe staurolitt sees klart i sammenheng med berggrunnen, staurolitt er f.eks. kjent fra den samme bergartsformasjonen (Gulagruppen) i Selbu.

Mangan har sammenheng med granatinnholdet, ved at Mn<sup>2+</sup> substituerer for Fe<sup>2+</sup> i almandin (spessartin). Det sees imidlertid bare en moderat korrelasjon mellom Mn og Fe, som skyldes både et noe lavt antall prøver og at jern inngår i flere andre mineraler i dette materialet (staurolitt, amfibol, m.m.).

## Gjevsjø

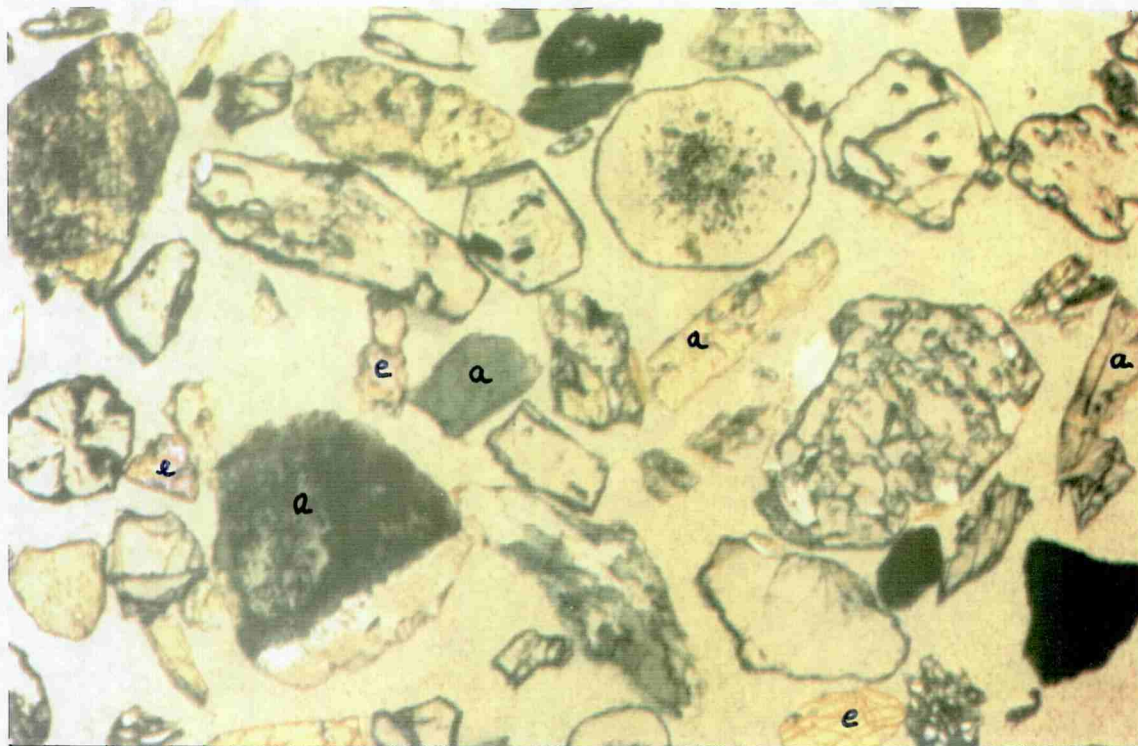
Gjevsjøområdet ligger i de sørøstlige deler av Snåsa kommune, nær grensen mot Sverige. Her domineres berggrunnen av en omdannet, prekambrisk granittisk gneis (metarhyolitt, Sigmond et al. 1984) nær grunnfjellsvinduet Grong-Olden.

Her viser en rekke sporelementer anomale verdier, og en utvalgt prøve (slip 35567) inneholder 42 ppm Mo, 134 ppm Nb, 51 ppm W, 228 ppm Y og 703 ppm Zr (bilag 2D-E-G-H). I tillegg viser bl.a. Pb anomalier i det samme materialet. Tynnslippet (60 % frikorn) viser epidot, granat, turmalin, biotitt, amfibol, zirkon, titanitt, og noen ukjente faser som ble undersøkt kvalitativt på mikrosonde. De fleste ukjente faser viste seg å være titanitt (med varierende kjemi), amfibol og i mindre mengde zirkon. I bl.a. et titanittkorn og som frikorn ble det funnet et Ce-La-mineral med omtrent samme EDS-spekter som allanitten fra Verran Nord, i tillegg synes det å være neodym (Nd) tilstede. Et korn (figur 11) inneholder vesentlig Ti, med mindre mengder Nb og Fe, noe som korresponderer med ilmenorutil ((Ti, Nb,Fe)<sub>3</sub>O<sub>6</sub>). Kornet er et mørk grønt, skarpkantet tvillingkorn, 1-akset (-) og med 2 spalteriss. Mineralen er rapportert med W, Sn og Sc som underordnede elementer (Neumann 1985). Opake faser (5 %) omfatter hematitt, magnetitt, ilmenitt/hemoilmenitt og svovelkis. Ilmenitten inneholder mangan i små mengder (i følge en kvalitativ mikrosondeanalyse).

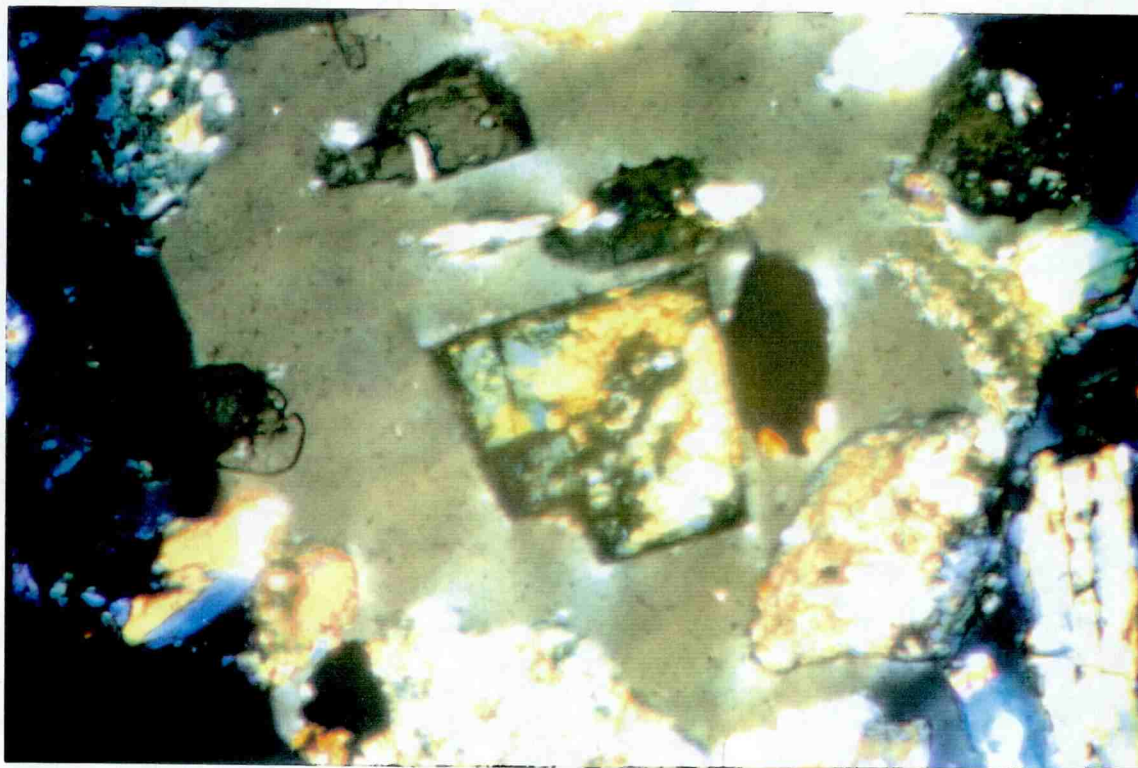
ICP-analysene av det originale prøvematerialet viser i det samme området anomalier på spesielt Zn og Pb. Zn er imidlertid lavere i TMF enn i de ordinære bekkesedimentprøvene, noe som antyder at basemetallene vesentlig er bundet til lette faser (jfr. Sørli). For de ovenfor nevnte sporelementer øker konsentrasjonen med en faktor på 20-30 i TMF, mens tilsvarende for basemetallene er mye lavere.

Et slip (31408) av TMF (separert for dette arbeidet) er av en prøve hvor den originale bekkesedimentprøven inneholder 247 ppm Zn og 35 ppm Pb. Her sees amfibol, granat, epidot, titanitt, biotitt og ulike bergartsfragmenter (nærmere 40 %). Flere ukjente korn ble analysert kvalitativt (mikrosonde) og det kunne påvises zirkon (både frikorn og inneslutninger), titanitt og apatitt. I tillegg ble det påvist en U-Th-fase som ørsmå inneslutninger i zirkon, og et euhedralt korn av baddeleyitt (ZrO<sub>2</sub>) innesluttet i ilmenitt.

De opake fasene (7-8 %) i slipet omfatter de samme faser som i slip 35567 med tillegg av rutil, mens Pb- eller Zn-holdige mineraler ikke er funnet.



**FIGUR 10:** TMF fra Snåsa Sør domineres av granater, ellers noe amfibol (a) og epidot (e). Billedbredden er 2.3 mm.



**FIGUR 11:** Euhedralt ilmenorutilkorn i TMF fra Gjevsjø (blå farge er tusj). Billedbredden er 1.1 mm.

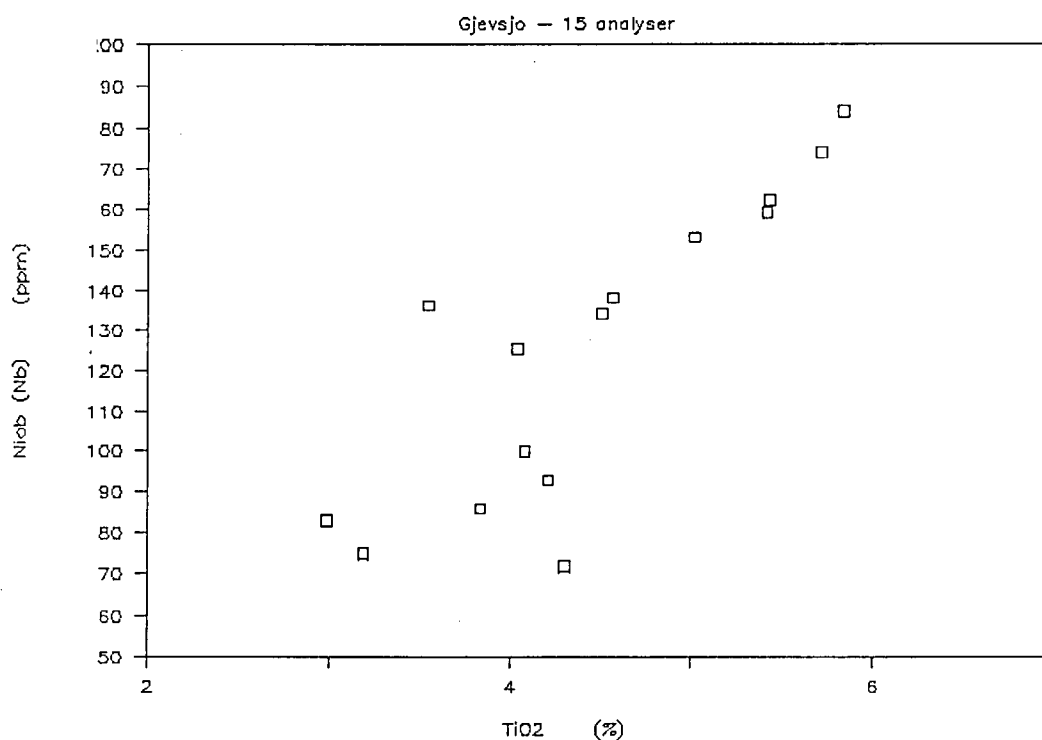
De anomale elementene (Zr, Y, W, Mo, Nb, Pb, Th, Sr,  $\text{TiO}_2$  og CaO) i TMF i Gjevsjø viser en rekke kjemiske sammenhenger, som gir informasjon om mineralogien.

Det er tildels meget god korrelasjon mellom W, Nb, Y og  $\text{TiO}_2$  (figur 12: Nb -  $\text{TiO}_2$ , figur 13: W - Y). Funnet av ilmenorutil eksemplifiserer dette (inneholder Nb og W (Neumann 1985)), i tillegg til at titanitt er kjent for å ta opp en rekke av disse sporelementene.

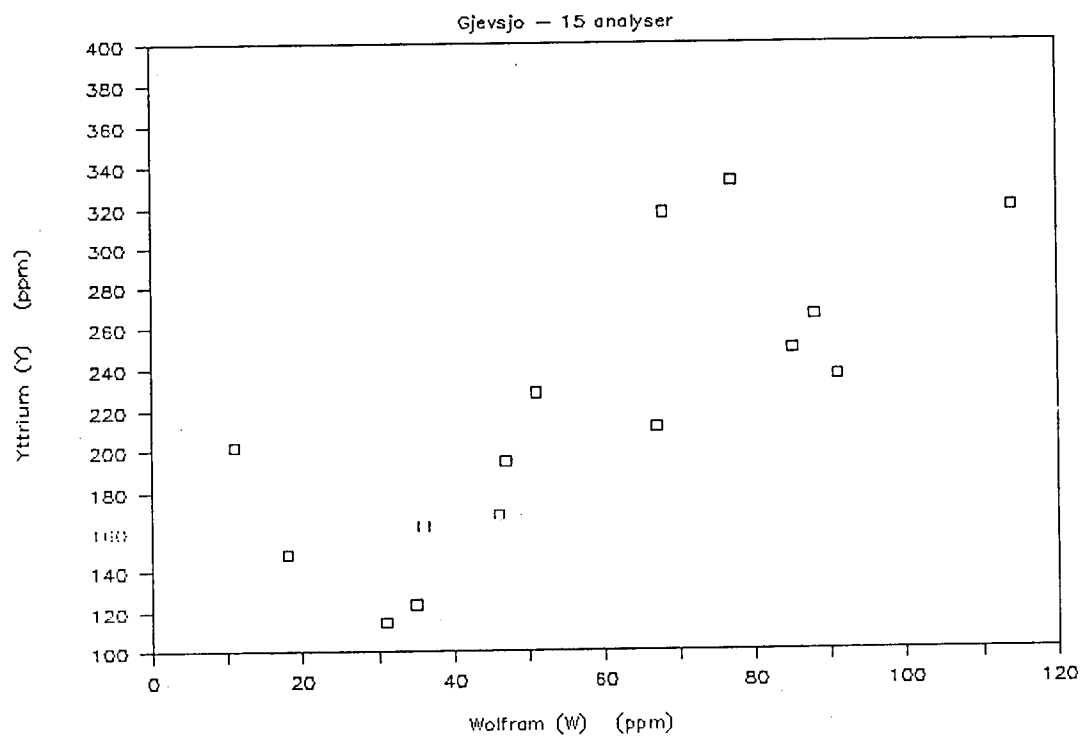
Zr korrelerer markert med Y (men ikke  $\text{TiO}_2$ ) og med Mo (figur 14), og er representert bare i zirkon (Y kan substituere for Zr). Den meget gode korrelasjonen med Mo er oppsiktsvekkende da den ikke kan forklares hverken mineralogisk eller som en analytisk feil. Mo viser i tillegg en markert korrelasjon med Y, som må sees i sammenheng med Zr-Y-korrelasjonen. En mulig opptreden av et Mo-mineral (molybdenglans, powellite-wulfenite) kan også tenkes, men en sameksistens med zirkon er dog ikke kjent.

Pb korrelerer godt med Th (figur 15) i TMF og må derfor representere radiogent bly i Th-(U-)holdige faser. Pb (og Th) viser også svak korrelasjon med CaO.

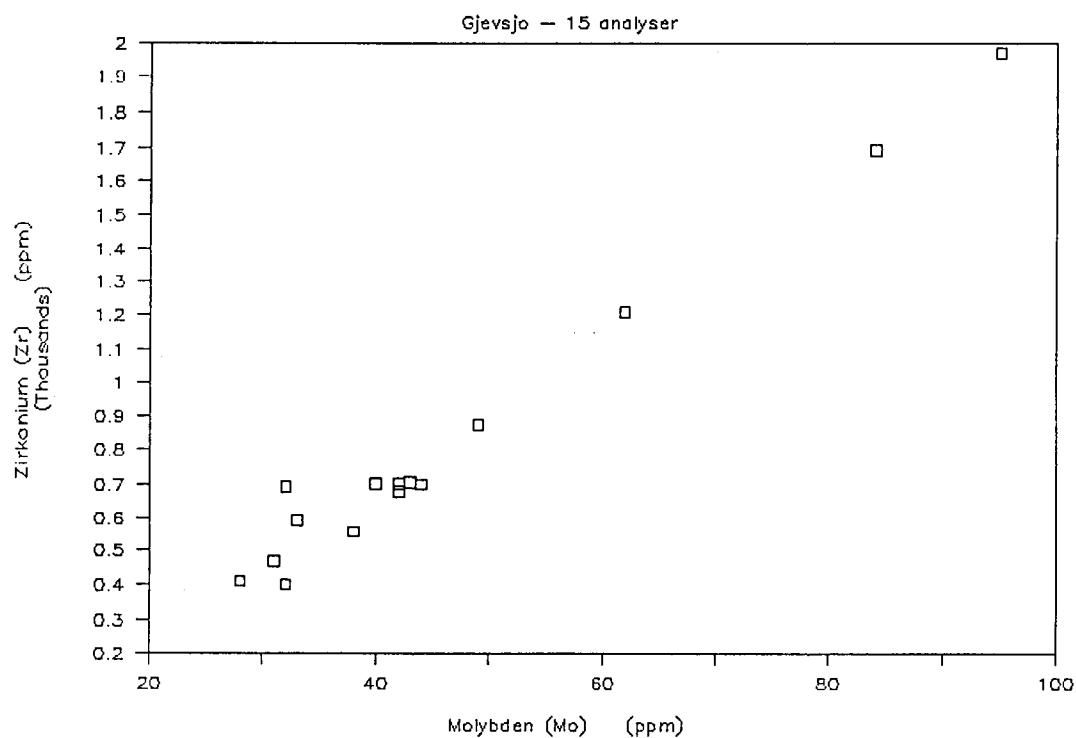
Som i Verran-området sees en meget god korrelasjon mellom Sr og CaO, som også her skyldes epidotinnholdet. Dessuten sees en god korrelasjon mellom Sr og Th.



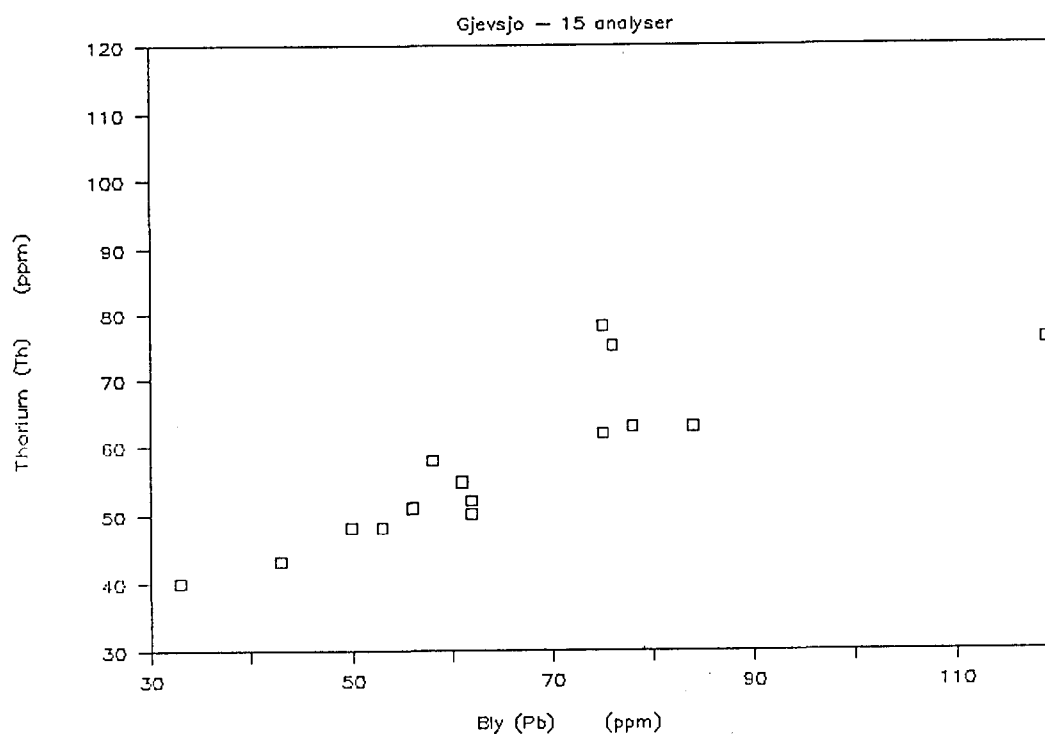
**FIGUR 12:** Korrelasjonsdiagram for  $\text{TiO}_2$  og Nb i TMF fra Gjevsjø.



FIGUR 13: Korrelasjonsdiagram for W og Y i TMF fra Gjevsjø.



FIGUR 14: Korrelasjonsdiagram for Mo og Zr i TMF fra Gjevsjø.



**FIGUR 15:** Korrelasjonsdiagram for Pb og Th i TMF fra Gjevsjø.

### Sørli

I et større område i sørlige deler av Lierne kommune ble det ved ICP-analysene av de originale bekkesedimentene funnet markerte anomalier for en rekke elementer. Dette gjelder drøyt 100 prøver. Området viser en variert geologi som domineres av skifre og gneiser av ulik opprinnelse.

Analysene av TMF fra det samme området viser imidlertid ikke de samme anomaliene, med unntak av barium (BaO) (bilag 2A). Anomaliene antas derfor, som for Zn (Pb og Cu) i Snåsa Sør, å skyldes at de anomale elementene er bundet til lettere faser som Mn-Fe-hydroksyder.

Sørli-prøvene inneholder opptil 1200 ppm Ba, 186.2 ppm Ce, 161.3 ppm Co, 2.67 % Mn, 277.7 ppm Zn og 57.3 ppm Pb. Det er ingen klar sammenheng mellom anomaliverdiene prøvene i mellom, men assosiasjonen Ba-Pb-Zn er kjent fra en rekke malmineraliseringer. BaO-anomalien i TMF vil kunne skyldes barytt, men denne er ikke påvist i slip.

To slip er laget av dette opprinnelige materialet (finfraksjon < 0.18 mm):

	Ba (ppm)	Ce (ppm)	Co (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Mn (%)
Slip 41610	476.8	183.8	129.6	184.1	25.9	1.95
Slip 41674	607.7	69.9	37.0	277.7	8.9	1.34

Av opake faser (1-2 % utenom limonitt) er det funnet mest ilmenitt, og mindre mengder rutil, svovelkis, magnetitt, hemoilmenitt og molybdenglans (en obs. i slip 41674).



Prøvene er preget av kraftig rustdannelse som er smittet på de fleste mineralkornene, og hemmer identifikasjonen. Det er funnet kvarts, amfibol, epidot, både plagioklas og kalifeltfeltspat, biotitt og muskovitt, clinozoisitt og granat, med flest mineraler i slip 41674.

Kvalitative undersøkelser på mikrosonde av ukjente opake faser viser varierende mengder mangan og jern, dvs oksyder/hydroksyder (limonitt, psilomelan, etc). Noe kalsium kunne også sees i spekteret for disse.

### Fremstfjell

Dette området i østlige deler av Grong kommune er i lengre tid kjent som et område med markerte molybdenanomalier (registrert i NGU-Bergarkivet som Mo-Cu-forekomst; "30614A Fremstfjellet"). Det ble ikke samlet inn prøver i dette området i tiden 1983-1985, slik at de analyserte prøver herfra består av sammenslåtte prøver av eldre materiale.

Berggrunnsgeologien er kompleks, men domineres av en større kaledonsk trondhemittintrusjon i nord. En rekke elementer er anrikt i disse prøvene; Zn, Pb, Ni, Mo, V, Cr, Ba, Li, Sc. m.fl.

Det er plukket ut to prøver spesielt anrikt i Pb og Mo, og laget slip av disses TMF. Originalprøven inneholder:

	Mo (ppm)	Pb (ppm)
Slip 1509	3.3	18.3
Slip 1517	3.1	13.0

De to slipene inneholder 2-3 % opake faser: ilmenitt, svovekis, rutil, hematitt, limonitt, magnetkis og grafit. Ilmenitten opptrer ofte som en kjerne i titanitt. Grafit finnes bare som uregelmessige korn (< 50 µm) i bergartsfragmenter, like stor utbredelse i de to slipene. Den er brun og minner i optiske egenskaper noe om molybdenglans, som dog ikke ble påviste under mikrosondeanalysen.

Forøvrig dominerer amfibol og granat (80-85 % i slip 1517), med mindre mengder biotitt/muskovitt, epidot, plagioklas. Spesielt i slip 1517 sees flere uidentifiserbare korn.

Det er ca. 50% frikorn i slip 1517 og 60-70% i slip 1509.

### Foldereid

Dette området med anomale Co- og Ni-verdier ligger innenfor grunnfjellsgneisene på sørsiden av Folda. I tillegg er dette et av områdene med klare Cr-anomalier (maks. 707 ppm). Dette ligner en magmatisk mineraliseringstype, men mafiske/ultramafiske bergarter finnes ikke i særlig grad i nærheten (pers. med. A.Solli). Det er laget et slip av de anomale prøvene, en prøve som viser 75 ppm Co og 153 ppm Ni. Det sees ikke forhøyde verdier av andre elementer.

Blant de opake fasene ( 2%) finnes ilmenitt, rutil, hematitt, svovelkis, kobberkis og et sterk orangegult, høyreflekterende korn (4x6 µm) i et epidotkorn. Dette kornet viste seg å være gedigen kobber etter en kvalitativ mikrosondeundersøkelse. Ingen av de observerte mineralene er kjent for å forårsake anomalier for Co og Ni.

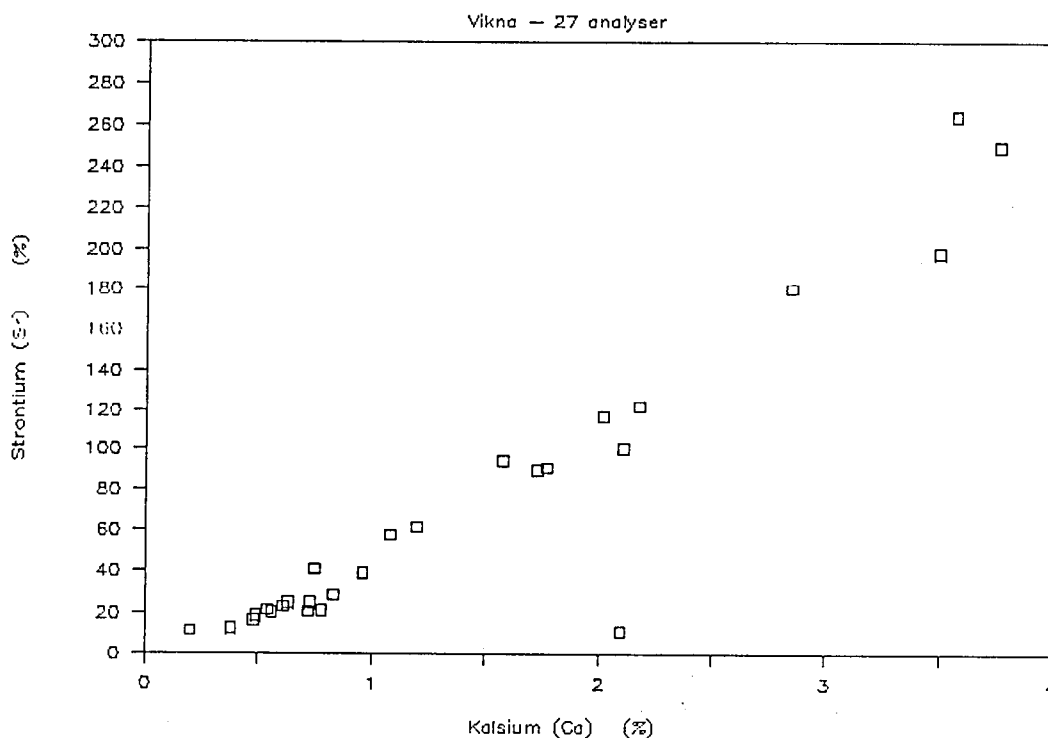
De transparente fasene (95 % frikorn) omfatter mest amfibol, og mindre mengder granat, titanitt, zirkon og epidot.

## Vikna

Vikna utmerker seg med Ca- og Sr- anomalier ved ICP-analysene og Cl-anomalier ved XRF-analysene. Øyene består av grunnfjellsgneiser.

Et slip laget av det ordinære prøvematerialet viser > 50% skjellfragmenter, og mindre mengder kvarts, amfibol og plagioklas med tydelige albittvillinger (ett korn gir  $An_{24}$ ), og mindre enn 1% opake faser. Analysen av denne prøven viser 3.57 % Ca og 264.1 ppm Sr. Kvalitativ undersøkelse på mikrosonde viser et svakt utslag for strontium i spekteret (maks 0.5 % ?) ved analyse av disse skjellfragmentene. I tillegg sees en klar korrelasjon mellom Ca og Sr (figur 16).

Det er også laget et slip av TMF med 503 ppm Cl. Slipstudie i lysmikroskop gir ikke svar på hvor denne Cl er bundet. En mulig høyere andel apatitt avkrefte ved en helt ordinær  $P_2O_5$ -verdi (0.30 %). Slipet inneholder rundt 75% frikorn, og omfatter amfibol, granat, epidot/clinozoisitt og biotitt, med flere uidentifiserte faser.



FIGUR 16: Korrelasjonsdiagram for CaO og Sr i TMF fra Vikna.

## KONKLUSJON

Epidot og amfibol er de dominerende mineraler i de fleste undersøkte tungmineralfraksjonene, sammen med varierende mengder bergartsfragmenter. Det er vanligvis bare små mineralogiske forskjeller fra lokalitet til lokalitet, med titanitt som allestedsnærværende aksessorium. Andelen opake faser er også jevn (2-5 %) med unntak av Meråker. Dog har noen lokaliteter skilt seg ut:

- Lånke, med høyt amfibolinnhold og lav frikornandel.
- Meråker, med høyt innhold av opake faser (ilmenitt og rutil), rundt 25%.
- Verran Nord, med opptil 70 % epidot.

- Snåsa Sør, med nærmere 50 % granat.
- Gjevsjø, med høyere andel aksessorier.

Alle disse særtrekkene kan også sees i sammenheng med de geokjemiske anomaliene som er diskutert.

De fleste stedene er det funnet mineralogiske årsaker til de respektive anomaliene, men like generelt er anomale elementer med gehalter under 150-200 ppm vanskelige å spore tilbake til et bestemt mineral ved bruk av mikrosonde alene. Således har det vært av interesse å se hvordan elementene korrelerer med hverandre, og kvalitative korrelasjonsanalyser har flere steder indikert anomaliens årsak (hovedsaklig Verran Nord og Gjevsjø).

Prøvene inneholder vesentlig ordinære bergartsdannende mineraler med tilsvarende aksessorier. Kun lokalt eller som ørsmå faser og enkeltkorn finnes sjeldnere mineraler;

- i et av Meråkerslipene er spinell påvist.
- i Snåsa Sør sees ca. 5 % staurolitt.
- i Foldereid er det sett et lite korn av gedigent kobber.
- i Verran Nord sees små inneslutninger av allanitt i titanitt.
- i Gjevsjø finnes flere uvanlige faser; ilmenorutil (?), baddeleyitt, allanitt, og et U-Th-holdig mineral, førstnevnte kun som frikorn.

Disse mineralene gir generelt små bidrag til anomaliene, men mineralene i Gjevsjø viser tilstedeværelsen av faser med sjeldne sporelementer (Zr, Nb, Th, Ce), og er med på å forklare anomalimønsteret. I tillegg er det klart at titanitt og epidot/clinozoisitt er bærer av flere av disse elementene, noe som også litteraturen (Deer et al. 1986) forteller om.

Undersøkelsene rundt dette arbeidet kan summeres opp med følgende anomaliårsaker;

#### Meråker - TiO<sub>2</sub>:

Høyt innhold av ilmenitt og rutil, hovedsaklig i sammenvoksninger. Ilmenitt gir også forhøyde verdier for Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### Verran - CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:

Kan sikkert forklares ved det høye innholdet av epidot/clinozoisitt.

#### Verran - Sr, Th, Cu:

Alle disse korrelerer godt med CaO (figur 7,8 og 9) og antas å sitte i epidotfasen, thorium finfordelt i allanitt, zirkon og (under deteksjonsgrensen i) epidot..

#### Snåsa Sør - MnO:

Skyldes høyt innhold av granater.

#### Gjevsjø - Mo, Zr, Y:

Disse elementene korrelerer godt med hverandre, zirkon er et utbredt aksessorisk mineral, men Mo i zirkon er ikke beskrevet.

#### Gjevsjø - W, Y, Nb:

Alle disse korrelerer med TiO<sub>2</sub> (vesentlig titanitt), W korrelerer godt med Y, men dårlig med Mo og Zr.

#### Sørli - MnO:

Skyldes et betydelig innhold av Mn-Fe-hydroksyder.

#### Sørli - Ce, Co, Pb, Zn:

Antas å inngå i de samme Mn-holdige faser. BaO-anomalien sees i sammenheng med Pb-Zn-innholdet.

#### Vikna - Sr:

Skyldes det høye innholdet av skjellfragmenter med opptil 0.5% strontium.

Det ble ikke funnet årsaker for Cl-anomalien i Vikna. Mo-Pb-anomaliene i Fremstfjell ble det ikke funnet mineralogisk forklaring for, noe som antas å skyldes for lave gehalter. Også den kraftige Mo-Zr-korrelasjonen i Gjevsjø (figur 14) er hittil ubesvart.

## LITTERATUR

Deer W.A., Howie R.A. & Zussman J. 1982: Rockforming minerals - 2nd edition, Vol 1A: Orthosilicates, 920 s.

Deer W.A., Howie R.A. & Zussman J. 1986: Rockforming minerals - 2nd edition, Vol 1B: Disilicates and ring silicates, 630 S.

Neumann H., 1985; Norges Mineraler, NGU Skrifter 68, Trondheim, 278 Sider.

Sand K., 1987; Bekkesedimenter fra Nord-Trøndelag og Fosenhalvøya. En geokjemisk undersøkelse av en ikke-magnetisk tungmineralfraksjon. NGU Rapport nr. 87.057, 77 s.

Sigmond E., Gustavson M. & Roberts D., 1984; Berggrunnskart over Norge, M 1: 1000000 - NGU.

Sæther O.M., 1987; Geokjemi i Nord-Trøndelag - en regional oversikt, NGU Rapport nr. 87.082, 229 s.

## BILAG 1

## PULVERSLIP AV BEKKESEDIMENTER MED ANOMALIVERDIER, NORD-TRØNDELAG

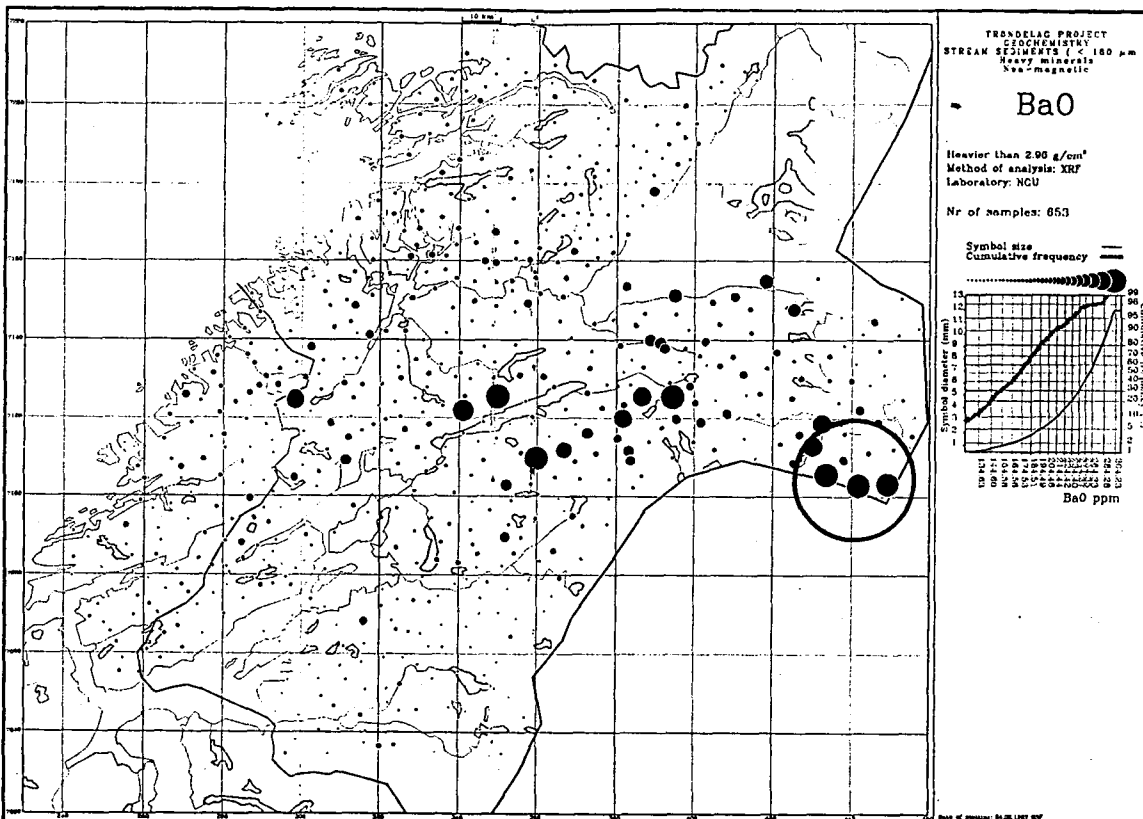
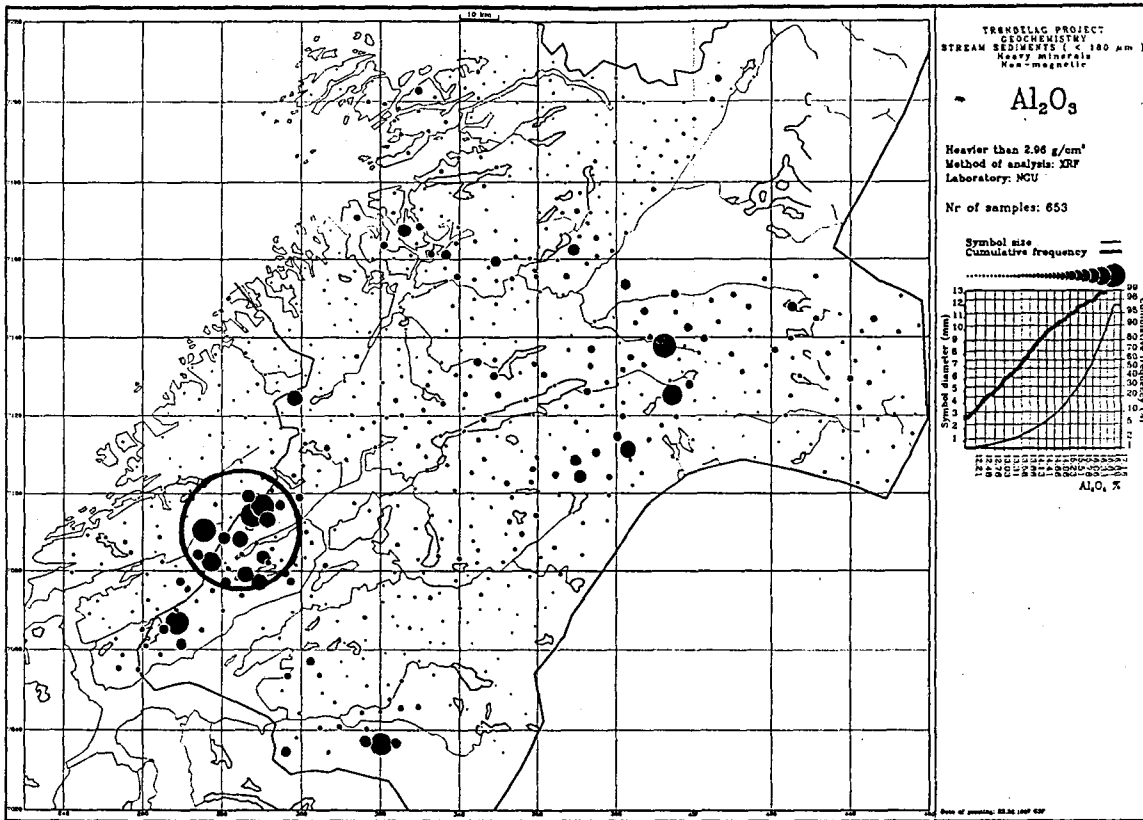
Slipnr.	UTM-koor. <sup>1</sup>	Lokalitet	Elementer	Prøvetype <sup>2</sup>
35499	595.94 7029.72	Lånke	2.20% Na <sub>2</sub> O (33 As 736 Sr) <sup>3</sup>	TMF
35448	656.06 7066.55	Meråker	14.43% TiO <sub>2</sub> 20.48% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (114 Nb)	TMF
35483	650.41 7064.50	Meråker	16.98% TiO <sub>2</sub> 21.55% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (53 W 108 Nb)	TMF
35028	570.15 7083.26	Verran N	16.95% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % 16.58% CaO 2189 Sr 96 Th	TMF
35664	581.97 7088.30	Verran N	17.67% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % 17.93% CaO 2453 Sr 106Th	TMF
35547	675.42 7114.38	Snåsa S	1.5% MnO <sub>2</sub>	TMF
31408	697.442 7120.774	Gjevsjø	35.4 Pb 246.8 Zn	TMF
35567	693.19 7123.44	Gjevsjø	42 Mo 134 Nb 51 W 28 Y 703 Zr	TMF
41610	737.731 7134.090	Sørli	476.8 Ba 183.8 Ce 129.6 Co 1.95 % Mn 184.1 Zn 25.9 Pb	OBS
41674	740.521 7115.800	Sørli	607.7 Ba 69.9 Ce 37.0 Co 1.34 % Mn 277.7 Zn 8.90Pb	OBS
1509	630.208 7155.498	Fremstfjell	18.3 Pb 3.3 Mo	TMF
1517	628.120 7155.787	Fremstfjell	13.0 Pb 3.1 Mo	TMF
35249	645.42 7199.14	Foldereid	75 Co 153 Ni	TMF
3072	593.707 7198.023	Vikna	3.57% Ca 264.1 Sr	OBS
35235	586.51 7196.61	Vikna	503 Cl	TMF

<sup>1</sup>Hentet fra Sand (1987) og Sæther (1987).

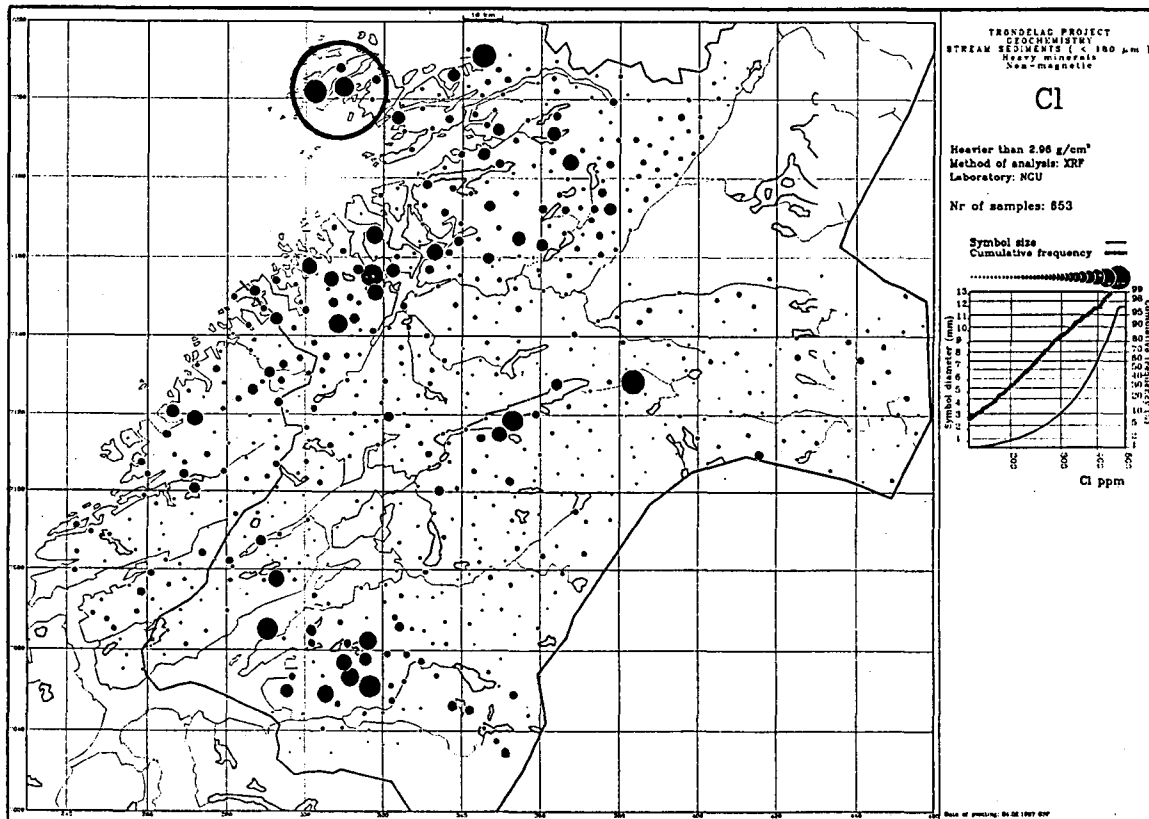
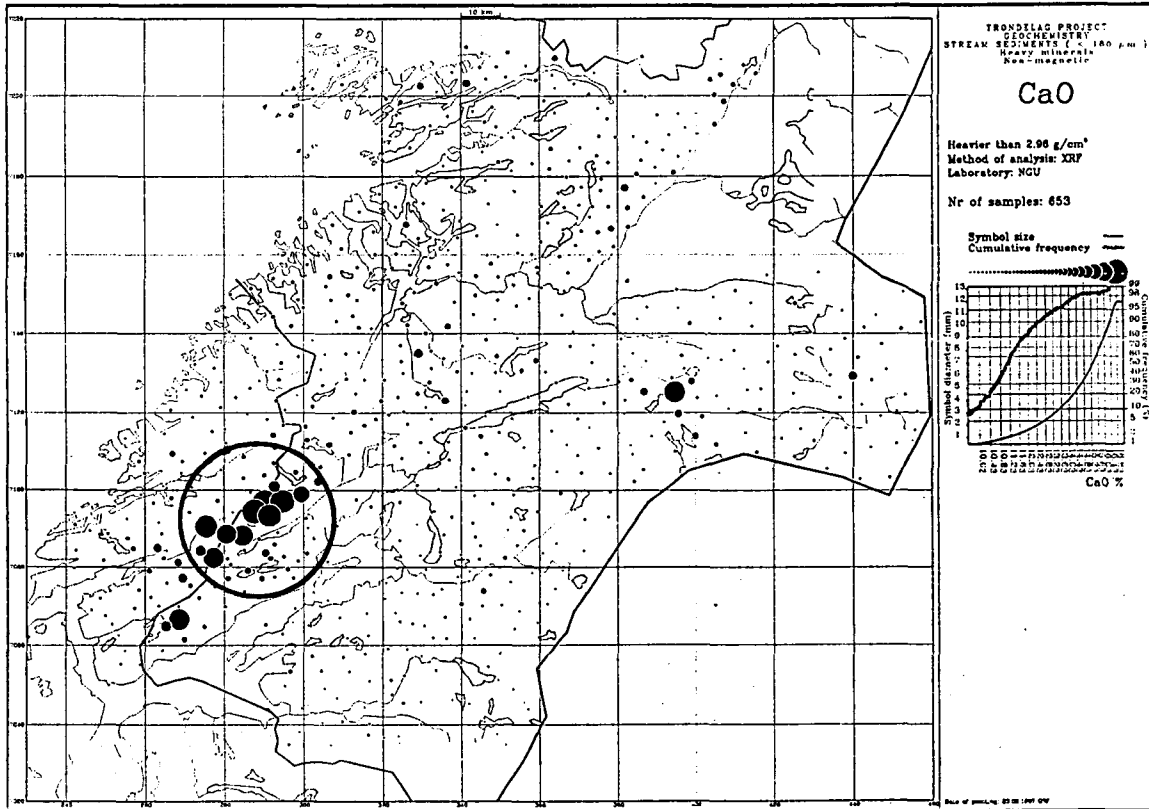
<sup>2</sup> TMF = tungmineralfraksjon, OBS = originale bekkersedimenter

<sup>3</sup> Analysetall er angitt i ppm når annet ikke er sagt.

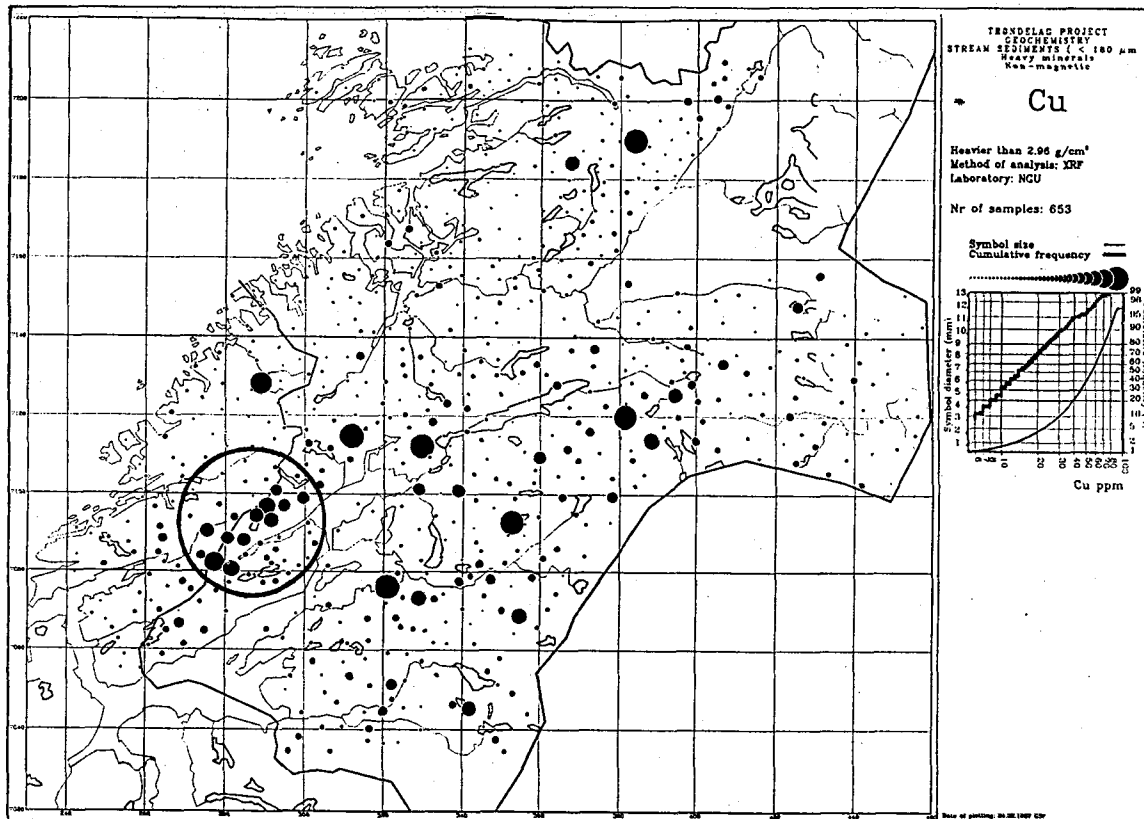
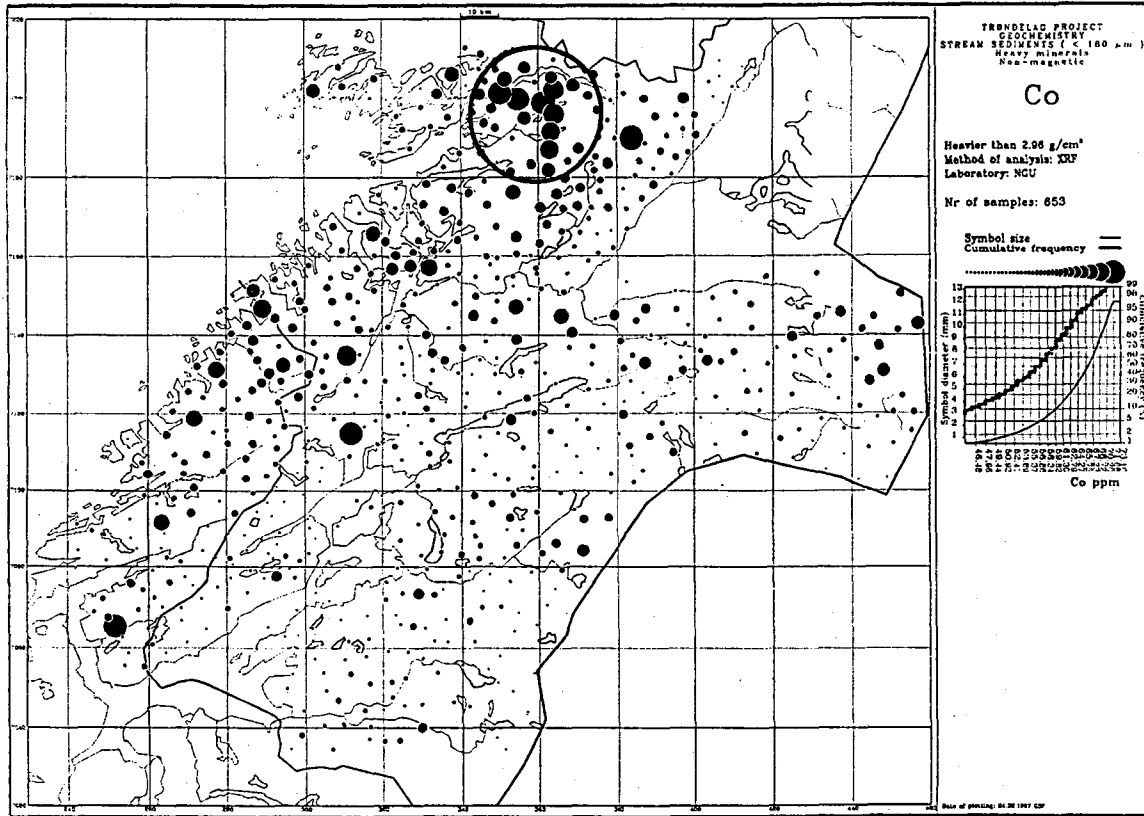
GEOKJEMISKE KART FOR  $Al_2O_3$  OG  $BaO$



GEOKJEMISKE KART FOR CaO OG Cl

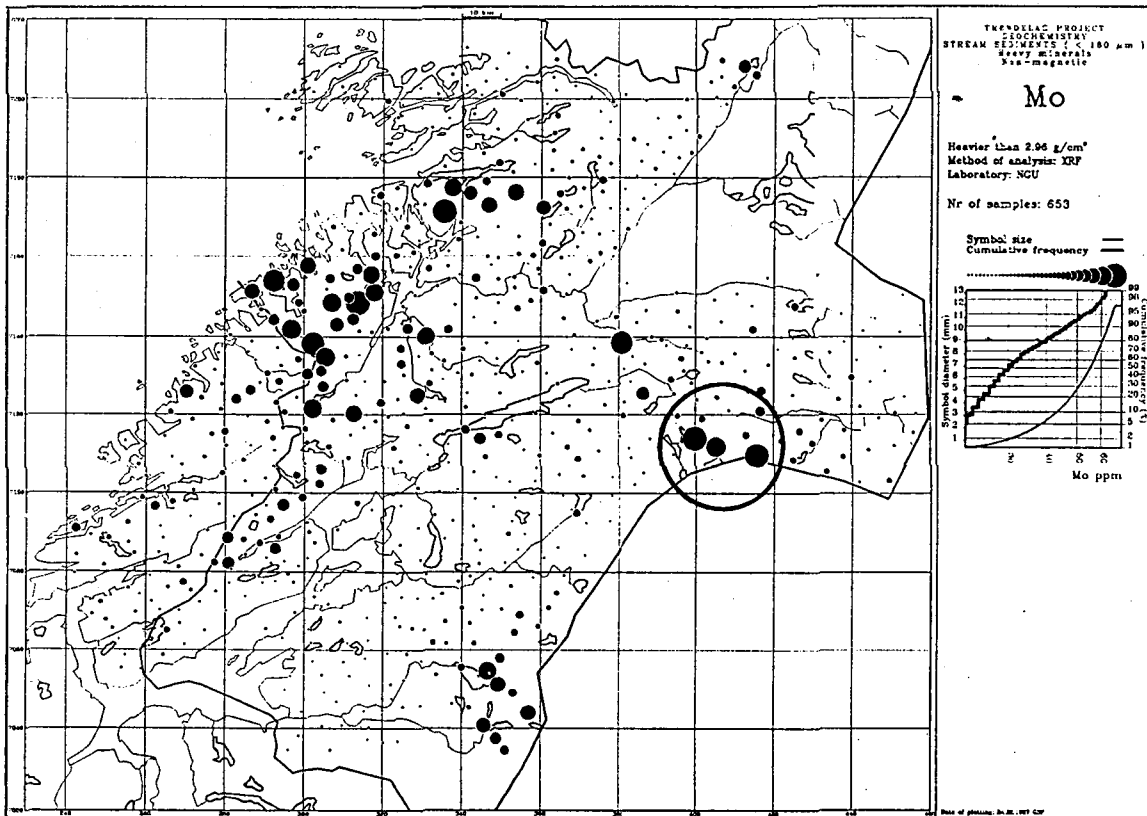
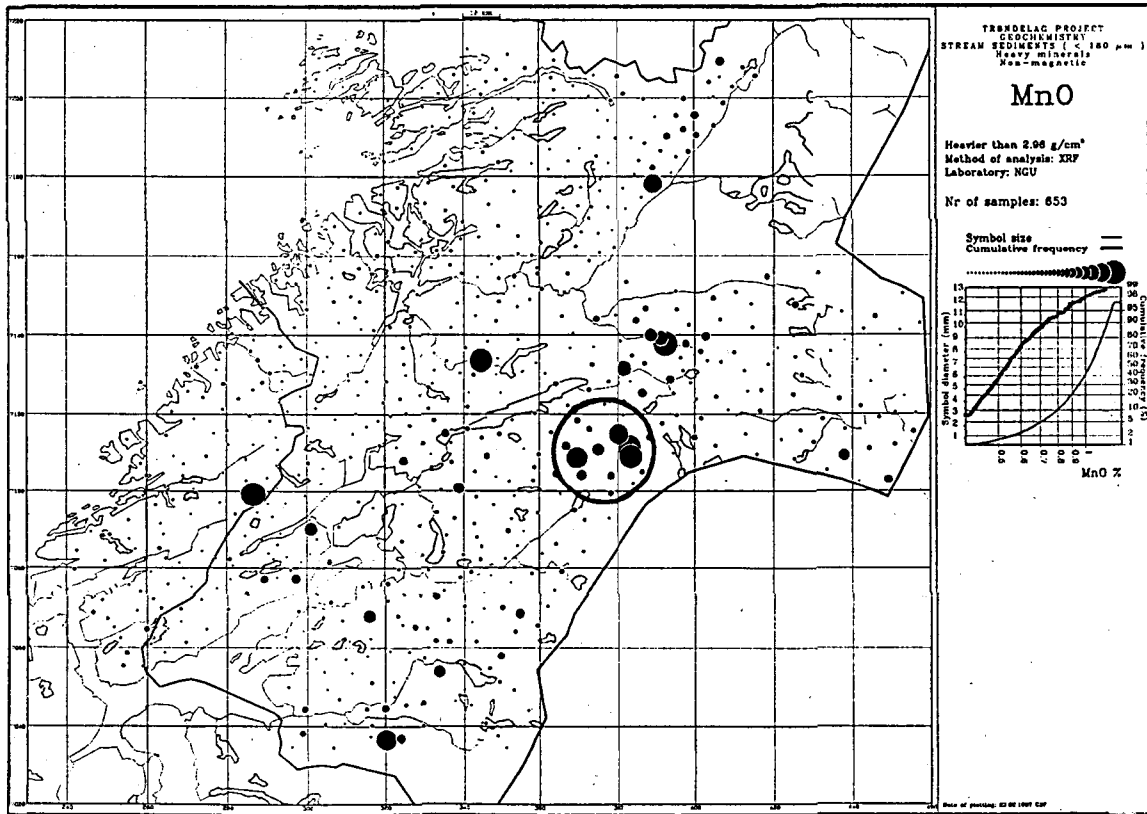


GEOKJEMISKE KART FOR Co OG Cu

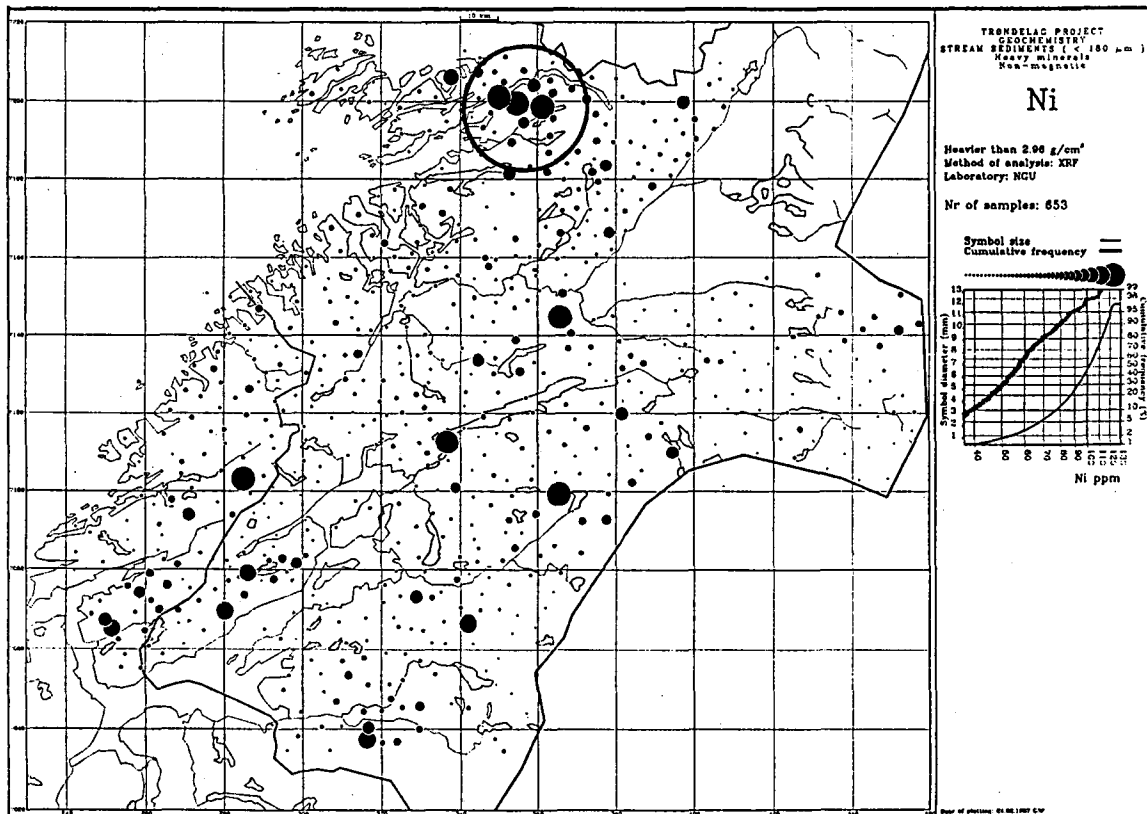
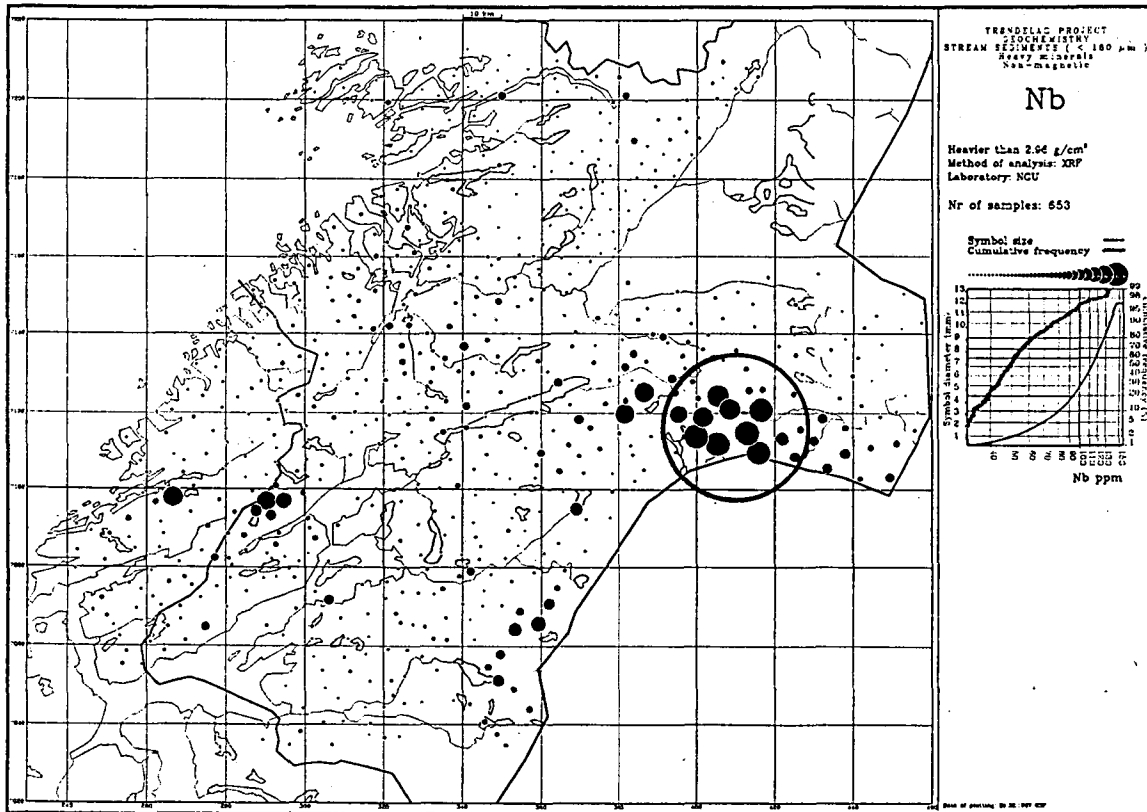




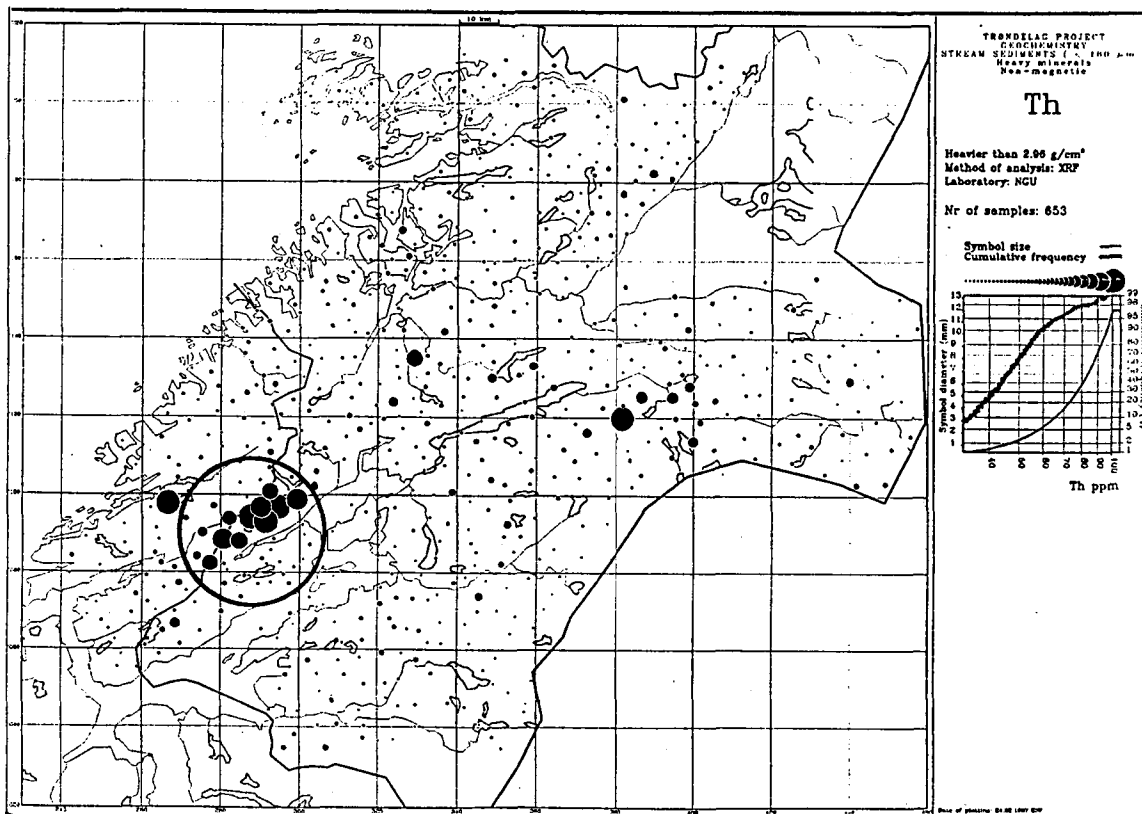
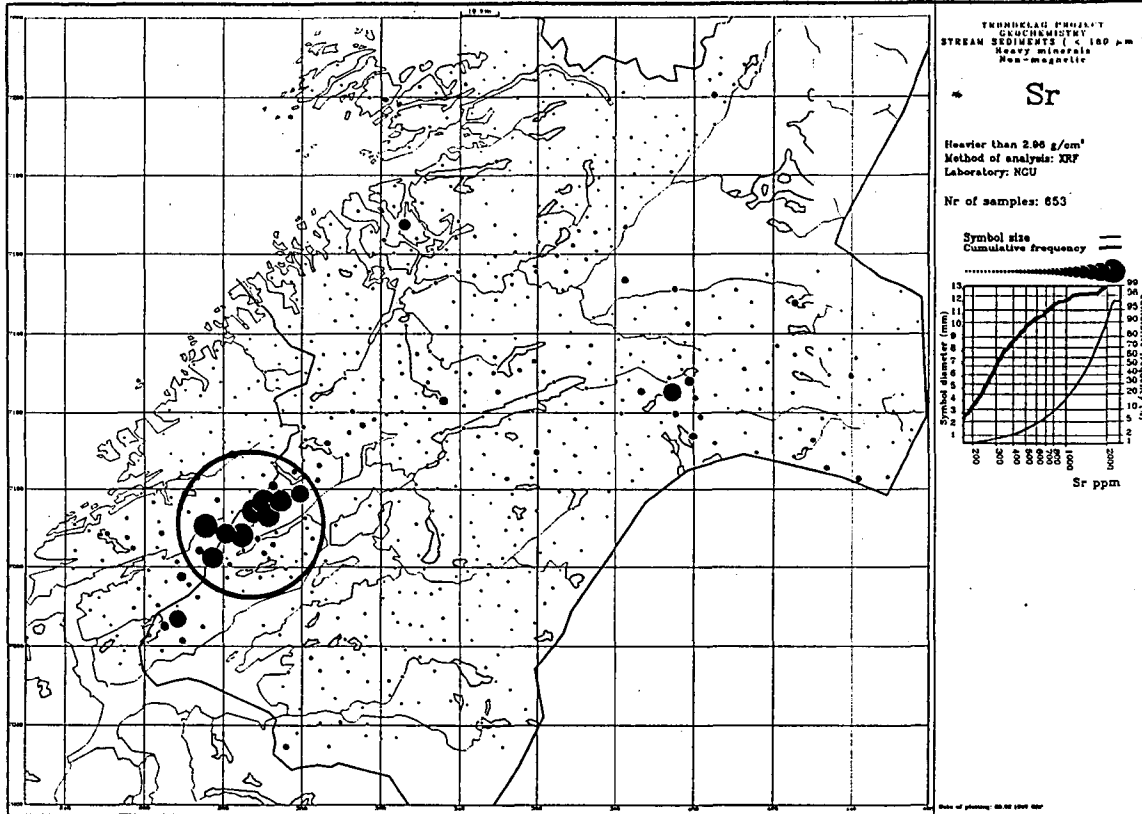
GEOKJEMISKE KART FOR MnO OG Mo



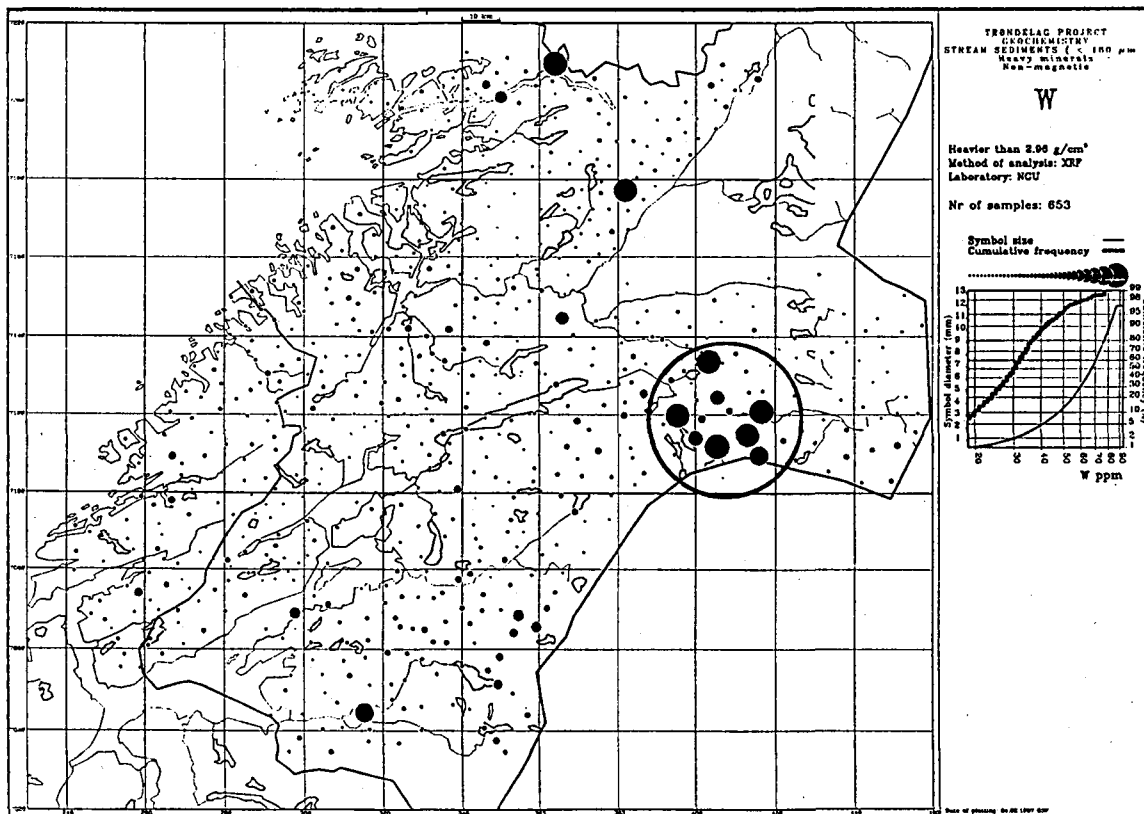
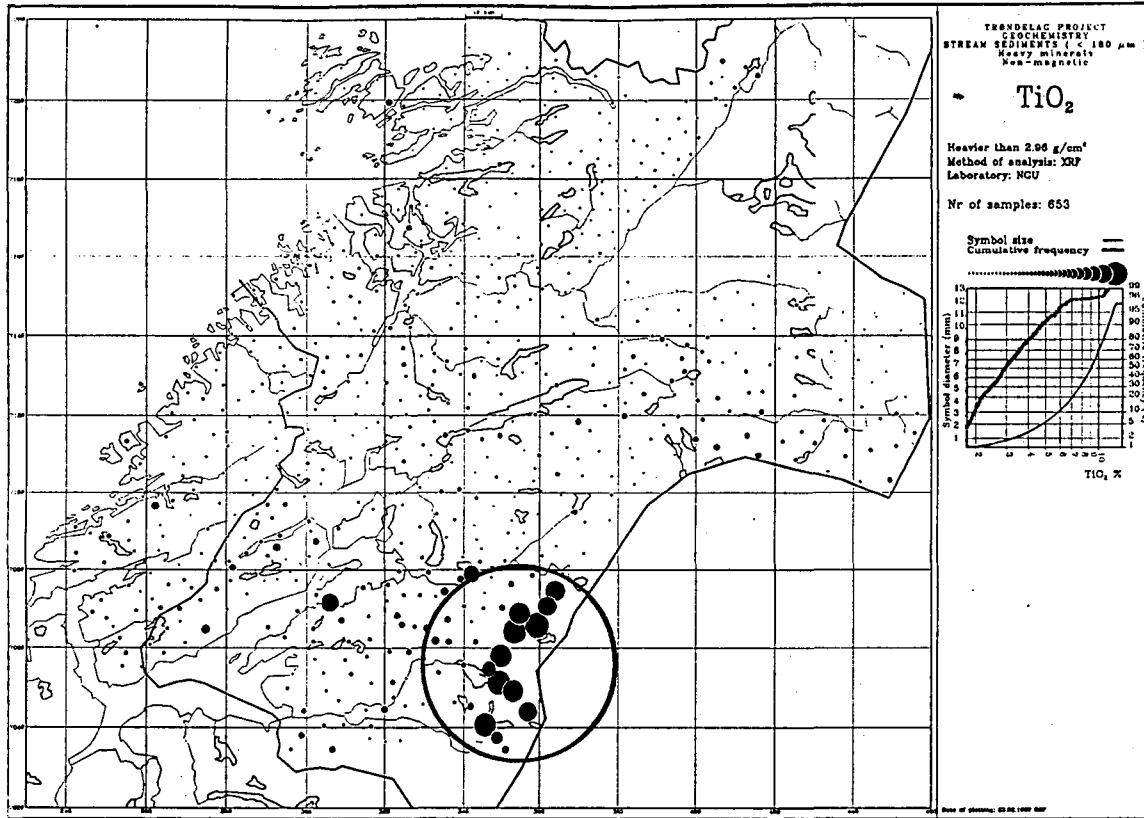
GEOKJEMISKE KART FOR Nb OG NI



GEOKJEMISKE KART FOR Sr OG Th



GEOKJEMISKE KART FOR TiO<sub>2</sub> OG W



GEOKJEMISKE KART FOR Y OG Zr

