

NGU-rapport 86.216

Utprøving av transportabel  
XRF-analysator som prospekterings-  
instrument til NGU-formål



# Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eirikssons vei 39, Postboks 3006, 7001 Trondheim - Tlf. (07) 92 16 11  
Oslokontor, Drammensveien 230, Oslo 2 - Tlf. (02) 50 25 00

Rapport nr. 86.216	ISSN 0800-3416	Åpen/Forvoldig til XXXXXXXXXX	
Tittel: Utprøving av transportabel XRF-analysator som prospekterings-instrument til NGU-formål.			
Forfatter: Johs. Rye Røste		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke:		Kommune:	
Kartbladnavn (M. 1:250 000)		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 40	Pris: 80,-
		Kartbilag:	
Feltarbeid utført: 1980 - 1986	Rapportdato: 18.11.1986	Prosjektnr.: 4.1.2087.21	Prosjektleder: Johs. Rye Røste
Sammendrag: <p>Bærbar XRF-analysator har vært utprøvd i 7 felt sesonger. Hittil har 6 aktuelle elementer vært bestemt: Ca, Ti, Sn, La + Ce og Ba. Det er også foretatt laboratoriemålinger på de samme elementene.</p> <p>Analysatoren er enkel å betjene og har gitt pålitelige semikvantitative måleresultater. Største fordel ved instrumentet er at målingene kan utføres på stedet og begrense prøvetaking og kjemiske analyser vesentlig.</p> <p>For måling på pulver er måletallene noe avhengig av kornstørrelse, pakningsgrad og pulverlagets tykkelse. Ved overflatemålinger må overflatehud og ujevnheter fjernes før måling. For begge type målinger bør standardene p.g.a. matrikseffekt ha mest mulig lik sammensetning som målemediene.</p> <p>Bruksområdet kan utvides vesentlig idet hele 63 elementer fra Ca til U kan bestemmes med instrumentet. Hele dette energiområdet dekkes av kun 5 forskjellige isotoper som strålingskilder.</p>			
Emneord	Laboratorium	Pulvermålinger	
XRF-analysator	Felt	Overflatemålinger	
Semikvantitative bestemmelser		Ca, Ti, Sn, La+Ce, Ba	

## INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	4
2. INSTRUMENTVALG	4
3. METODEBESKRIVELSE	5
4. INSTRUMENT- OG UTSTYRBESKRIVELSE	7
4.1 Sonde	
4.2 Pulsteller/spektrometer	
4.3 Laboratoriestativ	
4.4 Prøvebeholdere	
4.5 Strålingskilder	
4.6 Filtersett	
5. MÅLINGER	11
5.1 CaO	12
5.2 TiO <sub>2</sub>	14
5.3 Sn	17
5.4 La + Ce	20
5.5 Ba	23
6. KONKLUSJON	25
7. LITTERATURLISTE	26

## BILAG

### Tabeller

## 1. INNLEDNING

I forbindelse med Anortalprosjektet ble det bestemt å forsøke en aktiviseringsanalyse i felt med bærbar XRF-analysator. Ved å finne % CaO i plagioklas kunne en indirekte bestemme An som er et kriterium på bergartens løselighet i syre. På basis av resultater og erfaring fra Anortalsamarbeidet og rutilprospektering i Sunnfjord ble det vedtatt at utprøving av bærbar XRF-analysator skulle utgjøre et eget prosjekt med varighet ut året 1986. Utprøvingen skulle foregå i samarbeid med andre prosjekter.

## 2. INSTRUMENTVALG

Våren 1979 hadde NGU til vurdering diverse modeller av bærbare XRF-instrumenter. Likeså ble flere eiere/brukere av slike instrumenter kontaktet. Alle hadde så langt hatt positive erfaringer med sine instrumenter, men ingen hadde forsøkt med Ca-bestemmelser som var vår oppgave i første omgang.

Våren 1979 fikk vi tilbud fra forhandleren av PORTABLE XRF ANALYSER fra NUCLEAR ENTERPRISES LTD. om å sende plagioklasprøver til analysing med dette instrumentet ved fabrikken i England. Det ble sendt i alt ti pulveriserte prøver med kjent CaO-innhold. Fem prøver skulle brukes til kalibrering av instrumentet og for disse ble CaO-innholdet oppgitt. Måleresultatene fra England for de fem ukjente prøvene sammenlignet med kjemiske analysetall fra NGU ble:

		% CaO	% CaO
Pr.nr.	Bergart	kjemisk analyse	XRF England
I	Oligoklas	5.04	4.45
II	Andesin	9.11	9.1
III	Labradoritt	11.32	11.3
IV	"	12.49	12.95
V	"	15.04	14.85

På bakgrunn av disse resultatene ble det vedtatt at NGU og I/S ANORTAL sammen skulle finansiere et instrument av denne typen fra NUCLEAR ENTERPRISES LTD.

Instrumentet ble levert komplett med en  $^{55}\text{Fe}$ -isotop som kilde og med filterpar for Ca og for Ti.  $^{55}\text{Fe}$ -kilden ble brukt i årene 1980-81, men med en halveringstid på 2,7 år er den nå ubrukbar.

I 1983 ble det innkjøpt en ny kilde,  $^{241}\text{Am}$ , samt to nye filterpar for Sn og for La + Ce. Filterpar for Ba ble kjøpt sommeren 1984. Likeså ble det i 1986 med midler fra Finnmarksprogrammet anskaffet et nytt komplett instrument av samme type slik at NGU nå har to bærbar XRF-analysatorer til disposisjon.

### 3. METODEBESKRIVELSE

#### Røntgenfluorescens (XRF: X-Ray Fluorescence)

##### Måleprinsipp

Prøven blir bestrålt med  $\gamma$ -stråler fra en lavenergi radioisotop. De enkelte elementene i prøven blir dermed eksitert og sender da selv ut røntgenstråler (fluorescens). Denne sekundærstrålingen som er karakteristisk for hvert enkelt element, bøyes og deles ved hjelp av en analysatorkrystall i de enkelte bølgelengder i røntgenspektrene etter Braggs lov.

Røntgenstrålene går først gjennom et beskyttelsesvindu av tynn plastfolie og passerer videre etter tur to såkalte absorpsjonskantfiltre. Filtrene er laget av elementer som er tilpasset energien til røntgenfotonene fra det søkte elementet slik at denne energien ligger mellom filtrenes absorpsjonskanter. Over og under "passasjebåndet" mellom filtrene er filtrenes transmisjon nesten den samme. I "passasjebåndet" derimot er det stor forskjell på filtrenes transmisjonskarakteristika, og derfor blir de ønskede røntgenstrålene transmittert av det ene filteret og sterkt absorbert av det andre. Dette betyr at ved "opptelling" passerer all stråling begge filtrene mens kun bakgrunnsstrålingen passerer ved "nedtelling". Tellingen begynner automatisk på null og telles oppover med det ene filteret i bruk, mens tellingen etter filterskifte automatisk begynner på det registrerte måletallet etter opptelling og foregår nedover fra dette. Netto måletall etter nedtelling representerer derfor det søkte elementet.

Røntgenstrålene som passerer gjennom filtrene blir omdannet til lyspulser i en thalliumaktivert NaI-krystallscintillator. Intensiteten av lyspulsen er proporsjonal med strålingsintensiteten. Lyspulsene produserer en elektronstrøm i et fotomultiplikatorrør som virker som en kraftig forsterker. Strømpulsen ved rørets anode har en amplitude som er proporsjonal med energien til det søkte røntgenfotonet. Pulsen blir via en kabel matet inn på en forsterker i spektrometret der den kan forsterkes videre opptil 1000 ganger. Pulsteller og måleenhet registrerer pulsen digitalt i et vindu på spektrometret.

#### 4. INSTRUMENT- OG UTSTYRSBESKRIVELSE

De enkelte delene som bærbar XRF-analysator fra NUCLEAR ENTERPRISES består av er:

- 4.1 Sonde (probe)
- 4.2 Pulsteller/spektrometer
- 4.3 Laboratoriestativ
- 4.4 Prøvebeholdere
- 4.5 Strålingskilder
- 4.6 Filtersett

##### 4.1 Sonde

Sonden er en ganske lett enhet med pistolgrephåndtak og med to betjeningsarmer. Den er forbundet med pulsteller/spektrometer med en flerveis kabel. I sonden er det plassert en strålingskilde (radioisotop). Videre finnes i sonden røntgenstråledetektoren som består av et fosfor (NaI-scintillasjonskrystall), et 50 mm fotomultiplikatorrør med tilsluttende dynodekjede samt et par røntgenstrålefiltere (absorpsjonskantfiltere) som er montert i en svingbar ramme og som er tilpasset måling av ett bestemt element. Med den ene betjeningsarmen skiftes filterposisjonen for opp- og nedtelling. Den andre betjeningsarmen er en fjærbelastet avtrekker som når den trykkes inn blottet strålingskilden. Så snart avtrekkeren slippes blir kilden automatisk skjermet igjen. Sonden er forbundet med pulsteller/spektrometer med en flerveis kabel.

##### 4.2 Pulsteller/spektrometer

Dette er et kompakt bærbart feltinstrument som er bygget inn i en vanntett stålkasse, og som inneholder alle nødvendige komponenter: Høyspenningsenhet og forsterker, analysator, måleenhet, pulsteller og tidsfunksjon. Spektrometret har integrerte kretser og flytende krystaller i displayet slik at størrelse og strømforbruk blir minst

mulig. Strømkilden er 10 oppladbare Ni-Cd-batterier, og fulladet kan instrumentet brukes i minst 20 timer. Vekt av instrument inkludert batterier er 5 kg.

#### 4.3 Laboratoriestativ

Til laboratoriemålinger festes sonden i opp-ned stilling i et stativ, og en kan da foreta måling på pulver, væsker eller borkjerner.

#### 4.4 Prøvebeholdere

Prøvebeholderne brukes ved måling av prøver i pulver- eller væskeform. Beholderen består av en sylinder med utskiftbar bunn av tynn plastfolie som er lettgjennomtrengelig for stråling.

#### 4.5 Strålingskilder

Strålingskilden er utformet slik at selve radioisotopen er godt skjermet av sikkerhetshensyn. Isotopen er innfattet i en skål med en trang åpning som strålene kan passere med minimal svekking. Skålen er festet i midten av et hjulkors som monteres under sonden med stråleåpningen ned. Ved transport og oppbevaring ellers plasseres kildene i etui med blyføring som reduserer doseratene til mindre enn 0.75 mrem/time ( $7.5 \cdot 10^{-6}$  Sv/time).

#### 4.6 Filtersett

Filtrene som brukes består enten av metallfolie eller av kjemiske forbindelser innkapslet i plast, og er montert som balanserte filterpar i en metallramme. Rammen festes til sonden mellom kilde og fosfor i "nøkkelposisjon", dvs. at den kun passer på en bestemt måte. Til hvert element som skal måles hører et bestemt filterpar tilpasset elementets energinivå.





Fig. 1. Sonde t.v. og pulstæller/spektrometer t.h.

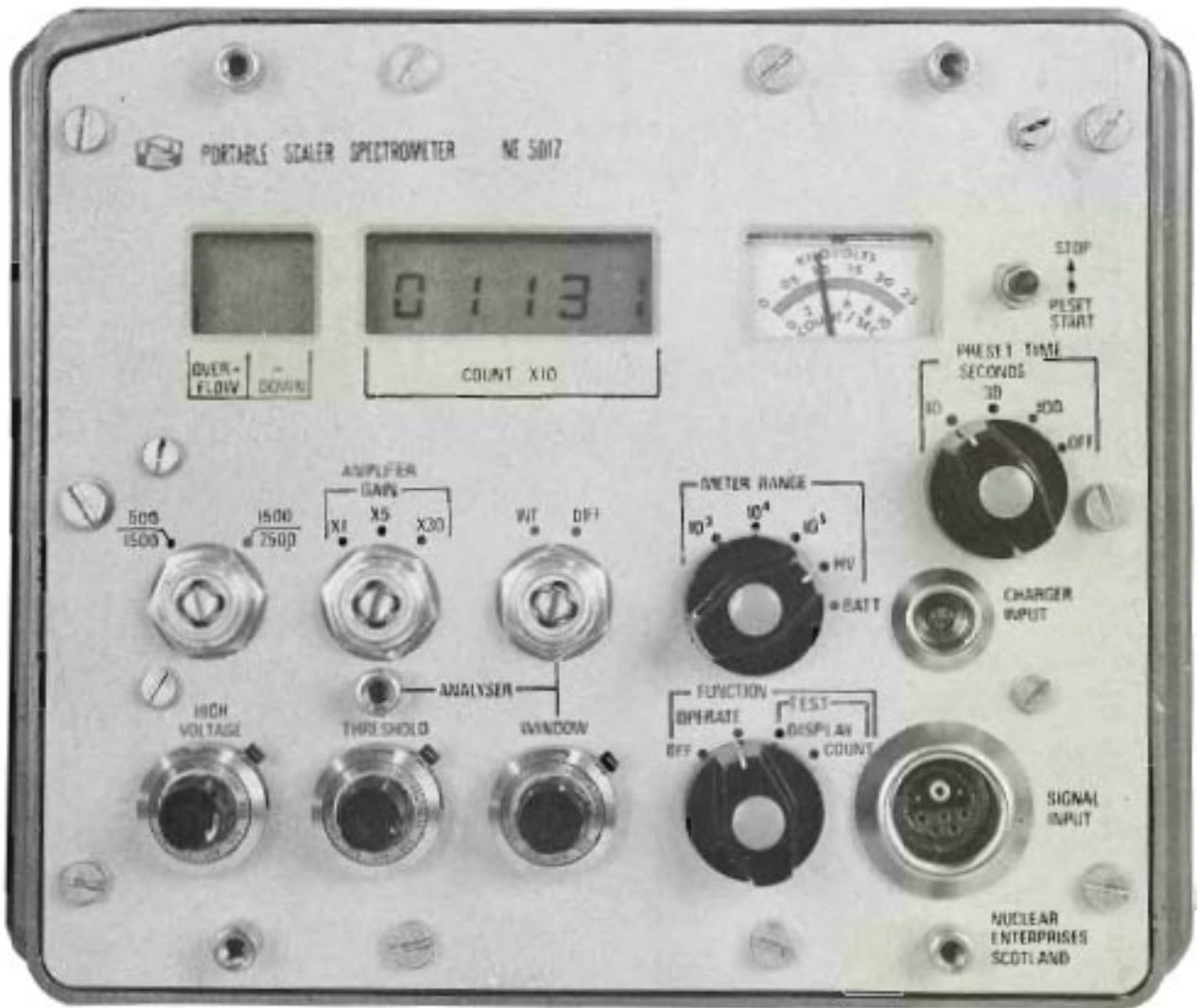


Fig. 2. Betjeningspanel på pulstæller/spektrometer.



Fig. 3. Pulverpresse

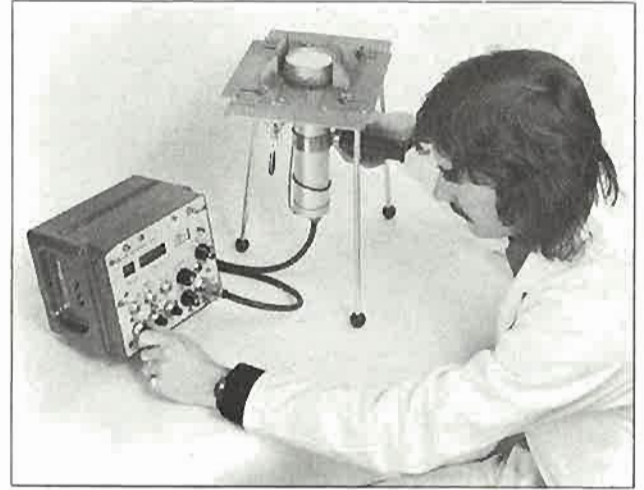


Fig. 4. Laboratoriemåling



Fig. 5. Feltmåling

## 5. MÅLINGER

### 5.1 CaO (Prosjekt 1865. Anortal)

Som nevnt i innledningen ble bærbar XRF-analysator anskaffet til Anortalprosjektet der det var bruk for hurtige feltbestemmelser av Aninnholdet i anortositt, og dette ble oppnådd indirekte ved å måle % CaO. Fra undersøkelsesområdet forelå allerede plagioklasprøver som var analysert med vanlig røntgenspektrograf, og et utvalg av disse prøvene ble brukt til kalibrering og testing av instrumentet.

Til oppsetting av kalibreringskurve ble det valgt ut følgende 6 prøver med varierende CaO-gehalter:

Pr.nr.	Kjemisk analyse % CaO	Telleverdier	
		30.10.79 △ cps	03.08.80 △ cps
H-78-208	8.44	94.0	102.0
132	11.02	134.0	131.8
A8	12.12	154.6	143.6
H-78-79	13.15	168.0	154.6
H-78-51	14.00	184.0	166.2
H-78-54	14.95	200.0	177.0

Denne kalibreringskurven fra 30.10.79 er gjengitt på fig. 6 sammen med kalibreringskurve fra 03.08.80. Telleverdiene (△ cps) representerer gjennomsnittet av 3 målinger.

Kalibreringskurven fra 03.08.80 er satt opp ni måneder etter første kalibrering. Vinkelkoeffisienten har i dette tidsrommet avtatt fra 0.82 til 0.56 (ca. 30%). Dette skyldes at strålingsintensiteten fra isotopen har avtatt vesentlig p.g.a. isotopens halveringstid på bare 2,7 år.

## Laboratoriemålinger

På laboratoriet ble 187 plagioklasprøver målt mot denne kalibreringskurven:

- 90 prøver ble målt på finfraksjonen (analysefinhet)(Tabell 1).
- 51 " " " både på finfraksjonen og grovfraksjonen (kjeftetygger)(Tabell 2).
- 44 " " " bare på grovfraksjon (feltttygger)(Tabell 3).

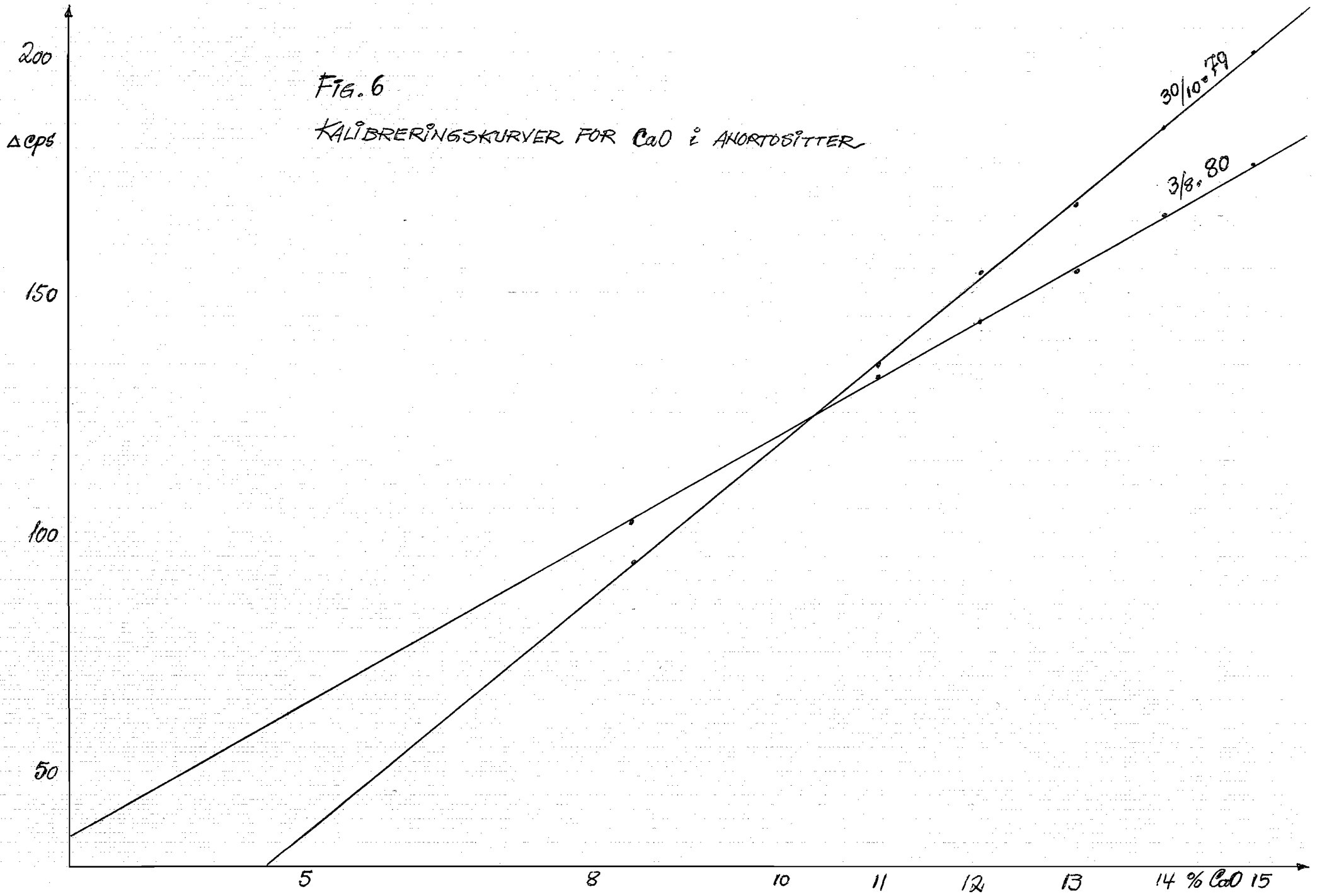
Måleresultater og analysetall fra NGUs røntgenspektrograf er vist i tabellene 1 til 3.

Ved påfylling av prøvesubstans i prøvebeholderen måtte det til en mekanisk pakking for at prøvebunnen mot plastfolien skulle bli helt jevn. 3-4 lette dunk med prøvebeholderen mot lab.-benken etter påfylling var nok. Senere har verkstedet laget en pulverpresse (fig. 3) til prøvepakkingen, og med den kan vi oppnå tilnærmet samme pakkingsgrad ved hver måling.

## Feltmålinger

Feltmålinger av CaO i anortositt foregikk sommeren 1980 i området Gudvangen - Mjølfjell. Det ble først foretatt overflatemålinger på en rekke større stuffer med kjent CaO-innhold. Dette ble gjort for å få noe erfaring med overflatemålinger og for å sammenligne måling på overflate kontra måling på pulver. En bit av stoffene ble derfor også knust med feltttygger og etterpå målt. Tabell 4 viser sammenlignende måleresultater for en del prøver med måletall for flere flater på hver stoff. Likeså er pakkingsgraden i målebeholderen variert noe. Som en ser gir jevne måleflater høyere måletall enn ujevne, og friske flater gir høyere tall en forvitrede.

Det ble også foretatt en mengde overflatemålinger som ikke er tabellarisert fordi det mangler sammenlignende tall fra kjemisk analyse. Tendensen for disse overflatemålingene var akkurat den samme som skissert for stoffene.



## 5.2 TiO<sub>2</sub> (Prosjekt 1717. Rutilundersøkelser i Sunnfjord)

XRF-analysatoren ble i 1980 også tatt i bruk til TiO<sub>2</sub>-målinger. Siden 1978 hadde det pågått rutilprospektering i Sunnfjord-regionen, og det forelå derfor mange analyserte prøver derfra. Noen av disse ble utvalgt til oppsetting av kalibreringskurve for TiO<sub>2</sub>:

Pr.nr.	Bergart	Lokalitet	Kjemisk	Telleverdi $\Delta$ cps		
			analyse	1/2-80	5/9-80	13/5-81
			%TiO <sub>2</sub>			
33	Eklogitt	Naustdal	5.44	538	465	371.2
54	Amfibolitt	"	4.38	383	335	269.8
36	Eklogitt	Engebøfjell	2.39	123	105	69.6
38	"	"	2.05	74	65	50.4
41	"	Kvammen	1.68	25	20	11.8
53	Gnt.-amf.	Naustdal	0.94	-78	-65	-60.6
83	Amfibolitt	Gjøllanger	0.69	-110	-95	-78.2

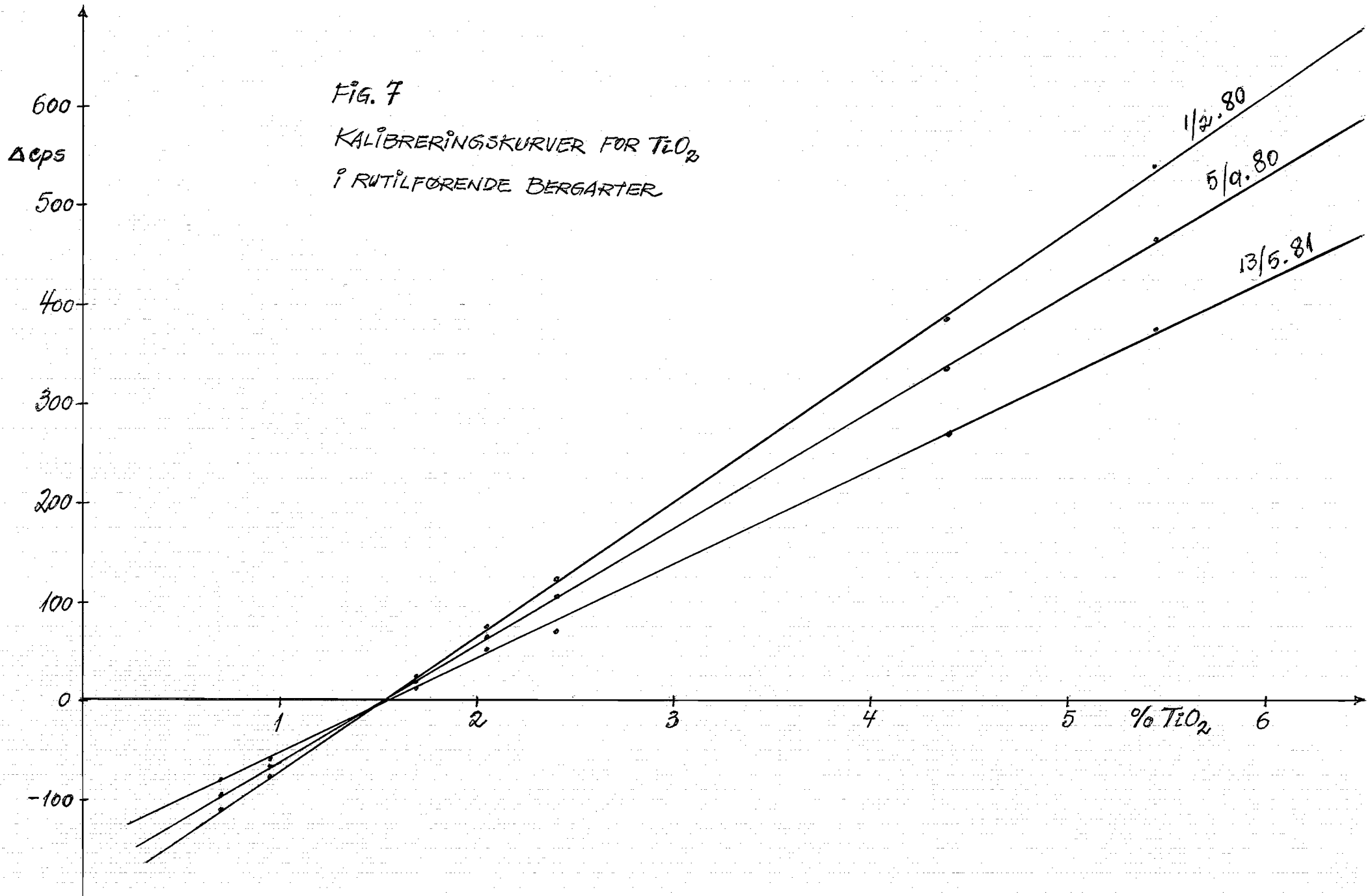
Telleverdien  $\Delta$  cps representerer gjennomsnitt av minst 3 målinger. Kalibreringskurven fra 01.02.80 var gjengitt på fig. 7 sammen med kalibreringskurver fra 05.09.80 og 13.05.81.

De to siste kalibreringskurvene viser at tendensen med avtagende vinkelkoeffisient også er tydelig for TiO<sub>2</sub>. Dette skyldes altså den relativt korte halveringstiden for <sup>55</sup>Fe som gjør at strålingsintensiteten avtar nokså raskt.

### Labororiemålinger

En serie prøver med kjent TiO<sub>2</sub>-innhold ble så målt med XRF-analysatoren på laboratoriet. Substansen var av analysefinhet, men noen prøver ble målt på grovfraksjonen. Alle målinger ble gjort minst tre ganger med ompakking av substansen hver gang. Telleverdiene (tabell 5) er derfor gjennomsnitt av tre målinger. Tabellen viser

også kjemiske analyseverdier sammenlignet med verdier etter kalibreringskurven. I gjennomsnitt gir målingene 7.81% relativ forskjell fra kjemisk analyse.





## Feltmålinger

Feltmålingene foregikk i 1980 og 1981. Under feltarbeidet ble det i første omgang foretatt XRF-målinger på borstøvprøver fra en rutilforekomst på Fureviknipa. Disse prøvene var tatt ut i et stikningsnett der det også ble målt direkte på fjell.

Videre ble det gjort en rekke oveflatemålinger ved Kvammen, Vevring, Naustdal, Solvik og Sørdal. I alt ble det i 1980-sesongen utført 139 borstøvmålinger og 334 overflatemålinger i området.

Tabell 6 viser måletall og  $TiO_2$ -gehalt etter kalibreringskurven og tilsvarende kjemiske analysetall for en del prøver. I sammenligning viser XRF-målingene en gjennomsnittlig relativ forskjell på 6.49% med en maks. relativ forskjell på 15.58%.

Under feltsesongen i 1981 ble det foretatt 194 målinger direkte på fjell i områdene ved Kyrskora, Langevatn og Teigesåta. Målingene viste et  $TiO_2$ -innhold på 0.5 til 7%.

### 5.3 Sn (Prosjekt 1900. USB, Høgtuva)

I 1983 ble det behov for Sn-målinger med XRF-analysatoren.

$^{55}Fe$ -isotopen kunne ikke brukes som strålingskilde ved Sn-bestemmelse fordi Sn har et mye høyere energinivå. Derfor ble det innkjøpt en ny strålingskilde  $^{241}Am$  samt filterpar til Sn.

Kalibreringskurve for Sn ble satt opp på basis av kunstige standarder av  $SnO_2$  med rapakivgranitt som matriks. Standardene ble laget i konsentrasjonene: 0.02 - 0.05 - 0.1 - 0.3 - 0.5 og 1% Sn. Deteksjongrensen for Sn er oppgitt til 0.05%, men kalibreringskurven viser et tilnærmet lineært forløp også for lavere verdier. Kalibreringskurven er gjengitt på fig. 8.

## Feltnmålinger

Feltnmålingene av Sn i Høgtuva-vinduet i Rana foregikk i et stikningsnett innen en radiometrisk anomali og ble i første omgang gjort direkte på fjell. Samtidig tok vi også knakkprøver ved en del av målepunktene. Knakkprøvene ble etter hvert grovknust med feltttygger, finknust i skivemølle og målt med XRF-analysatoren. I et profil ble det tatt ut 12 borstøvprøver som ble målt med XRF-analysatoren, likeså ble overflatene målt ved hvert borhull.

Sammenlignende måletall for fastfjellsmålinger og pulvermålinger er gjengitt i tabell 7, for borstøv kontra overflate likeså. Det ble ialt gjort 159 overflatemålinger og 88 målinger på pulver. Samtlige målinger lå under den oppgitte deteksjonsgrense 0.05%.

## Laboratoriemålinger

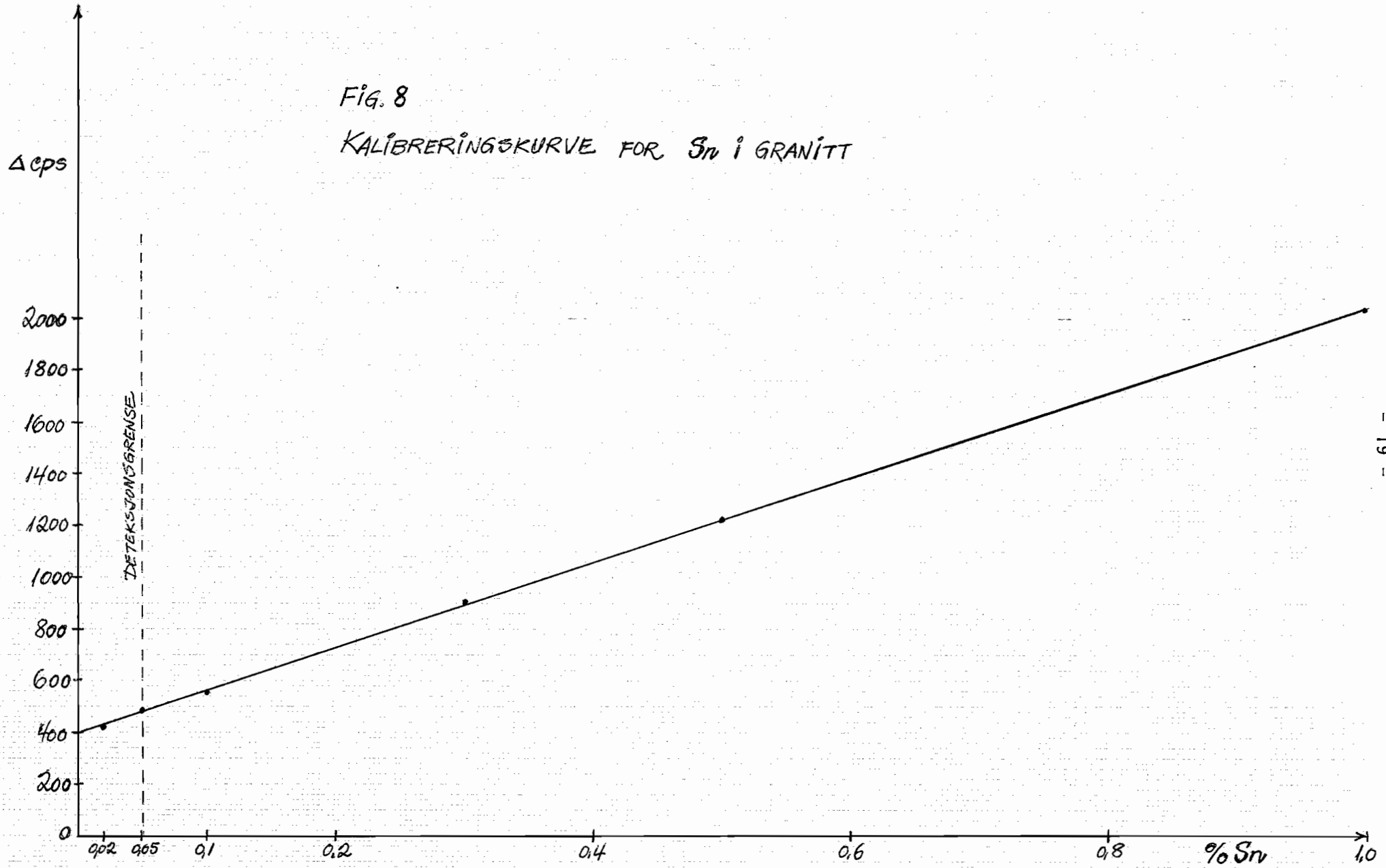
Høsten 1983 ble det utført Sn-målinger på 289 vaskekonsentrater fra Høgtuva-vinduet. Prøvene var så små at de måtte plasseres i et jevnt sjikt på et papir under målingen. Alle prøvene hadde et Sn-innhold under deteksjonsgrensen unntatt en prøve som lå på grensen 0.05% Sn. Denne prøven ble separert videre med "Goldhound", behandlet med tunge væsker og kjørt på Franz magnetseparator. Tungfraksjonen -magnetitt, > 0.5A, <0.8A, viste nå ved måling 0,09% Sn. Tungfraksjonen av lettfraksjonen ga 0.07% Sn.

Vinteren 1984-85 ble det utført 512 Sn-målinger på prøver fra stufflageret i Geologibygget. Målingene ble gjort direkte på stuff og på den jevneste flaten. Alle prøvene viste et Sn-innhold under 0.05%.

Videre ble 96 moreneprøver fra Gautefall målt på laboratoriet. Også her lå Sn-innholdet for samtlige prøver under 0.05%.

Fig. 8

KALIBRERINGSKURVE FOR Sn i GRANITT



8.6.1983

#### 5.4 La + Ce (Prosjekt 1900, USB. Storjord, Tysfjord)

Våren 1984 ble det aktuelt med La+Ce-målinger i en radiometrisk anomali i Storjord, Tysfjord. La og Ce er noe problematisk med hensyn til standarder for kalibrering av instrumentet. Energienivåene til La og Ce ligger innenfor absorpsjonskantene av samme filterpar og derfor må La og Ce måles som sum. Anomalien i Tysfjord består av magnetittrike amfibolittlinser i en granittisk gneis. Det ble derfor satt opp to kalibreringskurver, en for amfibolitt og en for granittiske b.a.

Den første (fig. 9a) ble laget på basis av 4 amfibolittprøver fra anomalien som tidligere var analysert på La og Ce. Analysene viste at forholdet La:Ce var ca. 1:3. Kalibreringskurve for La+Ce i granitt (fig. 9b) ble laget på basis av kunstige standarder med det samme forholdet (1:3) mellom La og Ca. Matriks rapakivigranitt med kjent La+Ce-innhold.

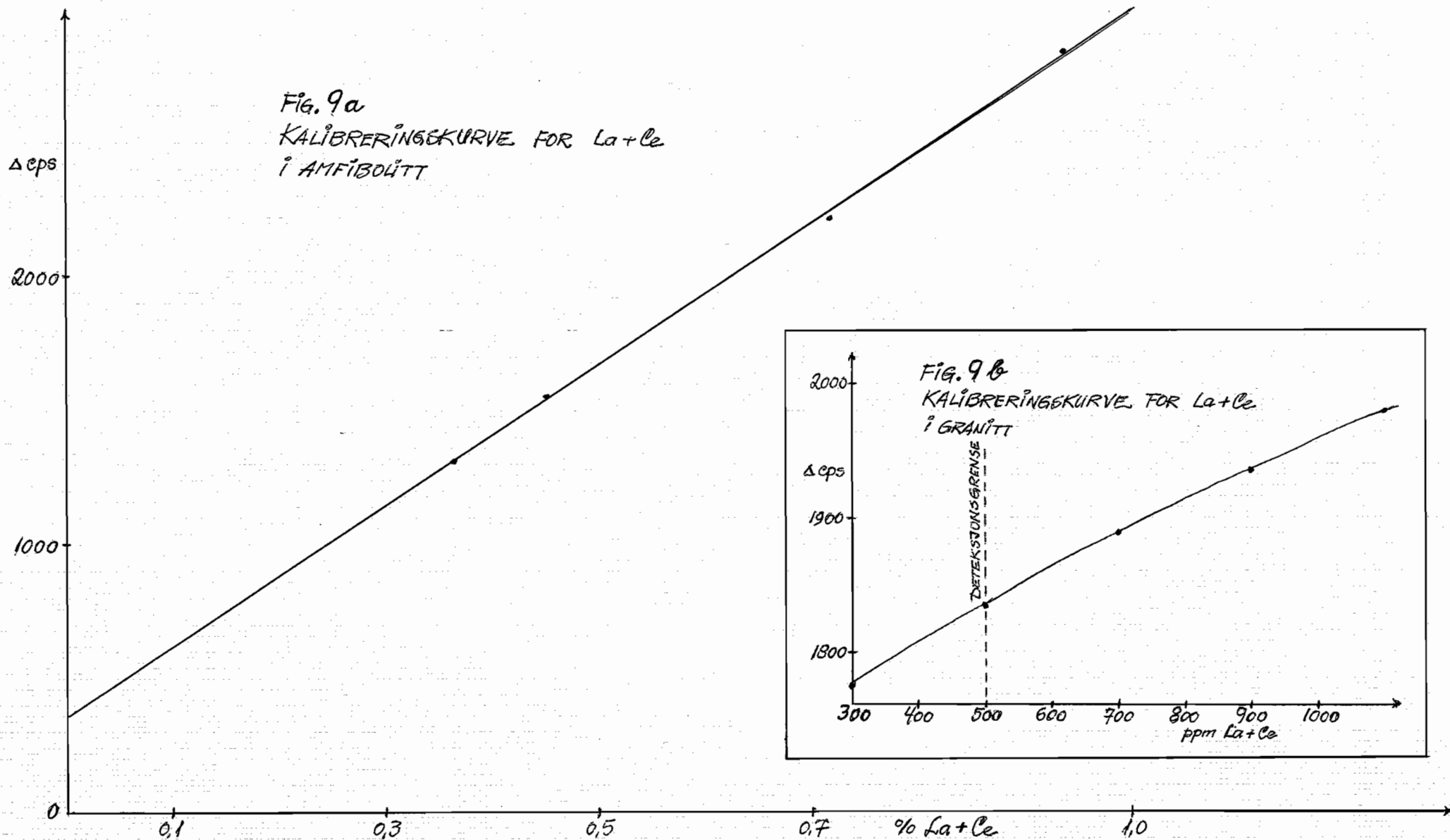
#### Feltemålinger

Feltemålingene på Storhaugen i Tysfjord ble foretatt på blotninger med tydelige amfibolitt- og gneispartier. Parallelt med overflatemålingene ble det tatt ut støvprøver med bormaskin på de fleste målepunktene, og disse ble etterpå målt med instrumentet i laboratorieoppsatsen. I alt ble det gjort 127 overflatemålinger og 89 målinger av støvprøver.

Tabell 8 viser sammenlignbare måletall for overflate- og borstøvmålinger, mens tabell 9 viser tall fra feltemålinger og kjemisk analyse for 21 prøver. For noen amfibolittprøver er det stor avstand mellom kjemiske analyser og måletall med bærbar XRF-analysator noe som sannsynligvis skyldes matrikseffekt p.g.a. varierende Fe-mengder. Forskjell mellom måletall for overflatemåling og borstøvmåling skyldes nok at borstøvprøven har en annen sammensetning enn tilsvarende måleflate.

Gneismålingene ligger under deteksjonsgrensen for La+Ce som er oppgitt til 0.05% og kan derfor vanskelig sammenlignes. Også for La+Ce ser kalibreringskurven (fig. 9b) å ha et tilnærmet lineært forløp for verdier under 0.05%.

Utenom målingene på Storhaugen ble det utført overflatemålinger langs stranda ved Bogenes ferjeleie i Lillevika og på kalirike b.a. og skarn i Titlvika. Alle måleresultatene lå under deteksjonsgrensen.



### 5.5 Ba (Prosjekt 2247. Baryttleting i Finnmark)

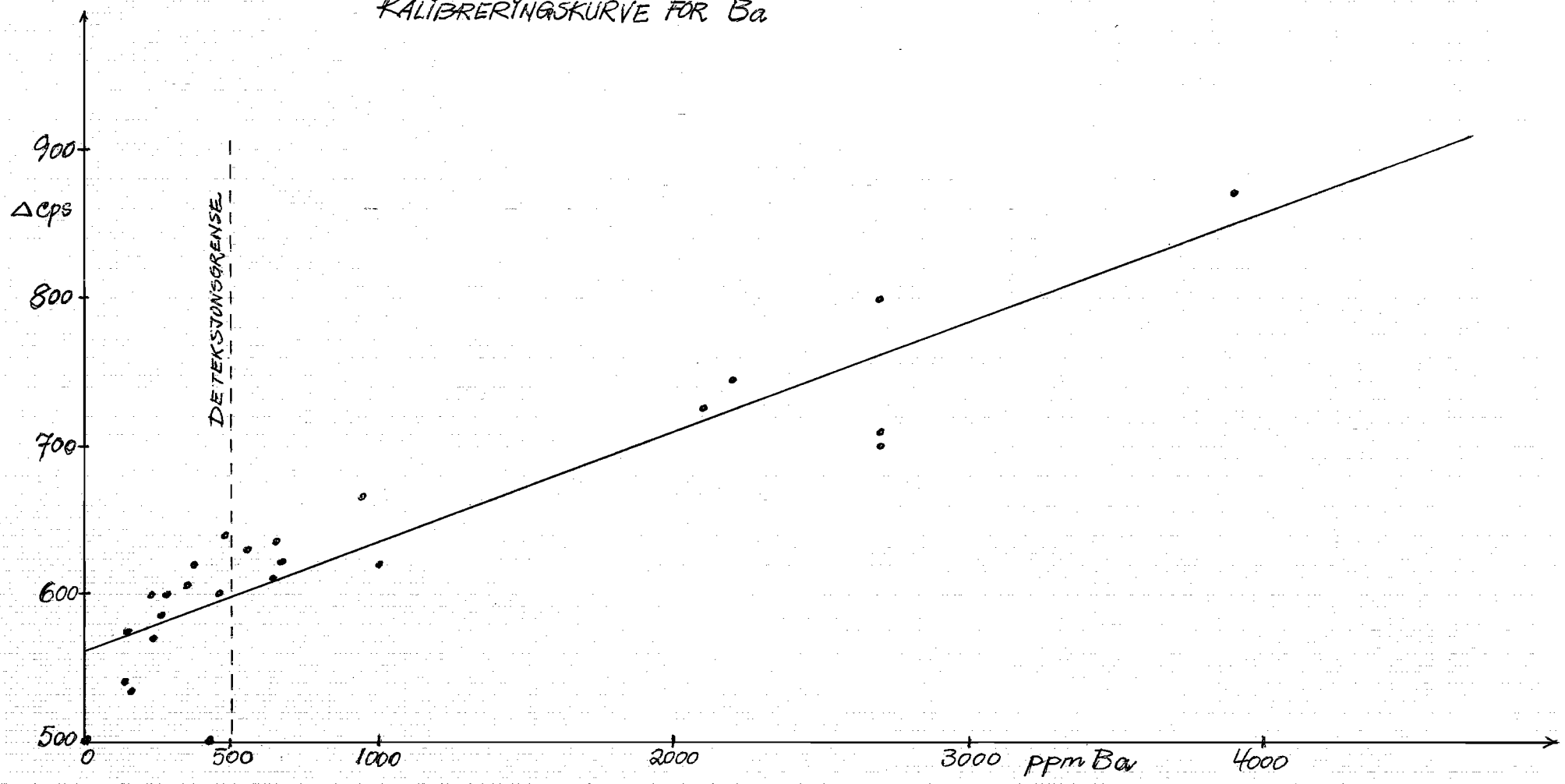
På initiativ fra geologene i Finnmarksprogrammet ble det til felt-sesongen 1984 anskaffet filtre til Ba for å følge opp geokjemiske Ba-anomalier på Varangerhalvøya. P.g.a. tidsnød ble det ikke laget noen kalibreringskurve for Ba.

#### Feltmålinger

Feltmålingene ble foretatt av geologene selv, og de fortsatte i 1985 (ca. 1240 målinger) og 1986. Sommeren 1985 ble det funnet flere mineraliseringer med lavt Ba-innhold, men i 1986 ble det funnet noen rikere baryttmineraliseringer. På basis av spektrografiske analyser av prøver fra området ble det 30.05.85 laget en kalibreringskurve for Ba (fig. 10). Måletallene for de 25 prøvene viser stor spredning som sikkert skyldes matrikseffekt.

På laboratoriet ble det i 1985-86 foretatt 390 Ba-målinger på pulveriserte prøver fra Varanger og 227 målinger på borkjerner derfra.

Fig. 10  
KALIBRERINGSKURVE FOR Ba





## 6. KONKLUSJON

Den bærbare XRF-analysatoren har vært utprøvd som prospekteringsinstrument i 7 feltsesonger, og det har hittil vært målt på 6 aktuelle elementer.

Instrumentet er enkelt å betjene og har under normale betingelser gitt pålitelige semikvantitative måleresultater, men rent teknisk har det vist visse svakheter som kan summeres i følgende punkter:

- 1) Det blir lett brudd i kabel mellom sonde og spektrometer.
- 2) Fjær til avtrekker har ved et par anledninger brukket.
- 3) Tallene på displayet har en tendens til å forsvinne helt eller delvis.

Ved måling direkte på fjell er måletallene avhengig av overflatens beskaffenhet. Derfor bør hammer, skrape og stålbørste brukes for å fjerne overflatehud og jevne måleflater. Måletall for fuktig flate er noe avvikende i forhold til tørr. Ved måling på pulver er måletallene noe avhengig av kornstørrelse, homogenitet, pakkingsgrad samt tykkelse på pulverlag i målebeholder. P.g.a. matrikseffekt bør standarder og målemedier ha mest mulig lik sammensetning.

Instrumentet har et meget stort bruksområde. Det kan brukes til semikvantitativ bestemmelse av hele 63 elementer fra Ca til U og med nedre deteksjonsgrense mellom 0.05 og 0.3%. Dette energiområdet dekkes av kun 5 forskjellige isotoper. Interessen for instrumentet fra geologenes side har vært litt økende i utprøvingstiden, men sett i forhold til bruksområdet har utnyttingsgraden vært liten. XRF-analysatorens store forte er at målingene kan utføres på stedet og dermed begrense prøvetaking og lab.-analysering vesentlig.

Trondheim, 18.11.1986

*Johs. Rye Røste*  
Johs. Rye Røste

## 7. LITTERATURLISTE

1. Bowie, S.H.U., Darnley, A.G. and Rhodes, J.R., 1963-64: Portable radioisotope X-ray fluorescence analyser. Trans.Min.Metall., 74, pp.361-79.
2. Furuhaug, L. 1984: Prøvetaking og radiometriske målinger ved Bordvedåga, Høgtuva-vinduet. NGU-rapport nr. 84.014, 11s.
3. Gallagher, M.J., 1967: Determination of molybdenum, iron and titanium in ores and rocks by portable radioisotope X-ray fluorescence analyser. Trans.Min.Metall, 76, pp.B155-64.
4. Gallagher, M.J., 1967: Determination of Cu, Zn, Pb, W, Mo and Sn in geochemical and low-grade ores using the Mineral analyser. Inst.geol.Sci. Radiogeology and Rare Mineral Unit. Rep.No. 277.
5. Graff, P.R., 1981: Analyse og utluting av anortositter. NGU-rapport nr. 1865, 11s.
6. Graff, P.R., 1984: Røntgenfluorescensanalysator - Et aktuelt hjelpemiddel i leting etter mange mineralske råstoffer. NGU Årsmelding 1984, s.25.
7. Grout, A. and Gallagher, M.J., 1980: Barium determination in rock and overburden by portable XRF spectrometer. Trans.Min.Metall. Sect. B, 89, B130-133.
8. Korneliussen, A. and Foslie, G., 1985: Rutile - bearing eclogites in the Sunnfjord region of Western Norway. NGU Bulletin 402, s.65-71.
9. Sandstad, J.S., 1985: Geologisk feltrapport fra baryttundersøkelsene i Finnmark 1985. NGU-rapport nr. 85.195, 24s.
10. Sandstad, J.S., 1986: Baryttprosjektet - geologiske undersøkelser i Finnmark 1985/86. NGU-rapport nr. 86.129, 27s.

TABELL 1.

Pr.mrk.	Kjemisk analyse	Analysefinhet		Pr.mrk.	Kjemisk analyse	Analysefinhet	
	%CaO	Telleverdi △ cps	XRF %CaO		%CaO	Telleverdi △ cps	XRF %CaO
1	0.37	-37.0	0.6	52	12.87	161.0	12.6
2	3.92	28.0	4.7	53	14.13	184.8	14.1
3	5.04	42.8	5.7	54	14.10	185.8	14.2
4	4.80	57.1	6.5	55	13.81	181.3	13.8
6	7.79	83.3	8.1	56	13.86	176.3	13.6
8	8.44	96.1	8.6	57	14.32	185.3	14.4
9	6.11	62.3	6.7	58	13.44	175.0	13.5
10	9.11	104.3	9.3	59	14.68	193.5	14.6
11	10.08	116.6	10.0	60	14.25	184.5	14.1
12	8.45	89.8	8.5	61	14.07	180.8	13.8
13	9.86	118.0	10.1	62	14.21	188.0	14.3
14	9.88	121.3	10.2	63	14.56	187.8	14.3
15	10.92	132.1	10.8	64	14.37	194.0	14.7
16	10.46	124.3	10.5	66	13.84	169.5	13.2
17	10.43	124.6	10.5	67	14.47	195.5	14.7
18	10.63	128.0	10.7	69	14.08	183.8	14.0
19	10.56	124.6	10.5	70	12.49	154.5	12.3
20	10.26	120.7	10.2	71	14.20	188.7	14.3
22	10.37	118.7	10.1	72	14.33	189.3	14.4
23	11.27	136.0	11.1	73	12.98	158.6	12.5
24	11.29	135.9	11.1	74	13.68	171.3	13.3
25	11.57	151.8	12.1	75	14.58	188.4	14.4
26	11.32	141.4	11.4	76	14.32	182.6	14.0
27	10.14	119.6	10.2	77	14.67	194.0	14.7
29	11.58	139.7	11.4	78	14.50	189.0	14.4
31	12.38	152.8	12.2	79	14.63	194.7	14.7
32	13.36	174.0	13.4	80	13.96	180.5	13.8
33	14.04	184.0	14.1	81	14.42	191.7	14.5
34	13.69	177.7	13.6	82	14.70	194.5	14.7
35	13.81	179.3	13.7	83	13.86	187.3	14.2
36	13.92	179.0	13.8	84	13.75	182.0	13.9
37	13.94	170.3	13.3	85	14.48	188.0	14.3
38	14.19	183.4	14.0	86	14.70	196.0	14.8
39	13.53	175.3	13.5	87	15.25	199.5	15.0
40	13.72	180.0	13.8	88	14.83	196.6	14.8
41	13.75	175.8	13.6	89	15.01	197.8	14.9
42	13.15	169.0	13.2	90	16.31	224.5	16.5
43	13.94	168.3	13.2	92	14.41	185.0	14.1
44	14.23	185.3	14.1	93	13.34	173.0	13.4
45	14.60	192.8	14.6	94	13.08	166.8	13.0
46	13.70	179.5	13.8	95	14.35	183.5	14.0
47	13.74	175.2	13.5	96	15.04	197.8	14.9
48	14.04	183.3	14.0	97	14.20	186.5	14.2
49	14.14	182.6	14.0	98	15.15	202.3	15.2
50	14.11	183.6	14.0	169	15.12	191.6	14.5
51	13.89	179.5	13.8				

I gjennomsnitt 2.75% relativ forskjell fra kjemisk analyse.

TABELL 2.

NGU-rapport 86.216

Pr.mrk.	Kjemisk analyse %CaO	Finfraksjonen		Grovfraksjonen	
		Telleverdi Δ cps	XRF %CaO	Telleverdi Δ cps	XRF %CaO
99	15.36	202.5	15.2	202.0	15.2
100	12.88	166.4	13.0	164.5	12.8
101	14.07	183.3	14.0	181.8	13.9
102	14.80	195.7	14.8	194.2	14.7
103	13.60	177.0	13.6	173.8	13.5
104	13.52	173.0	13.4	174.4	13.5
105	12.21	153.6	12.2	154.8	12.3
106	11.17	135.6	11.1	136.0	11.1
107	11.09	129.0	10.8	133.4	11.0
108	12.57	160.0	12.6	163.7	12.8
109	13.24	172.2	13.3	168.0	13.1
110	11.77	145.3	11.7	147.9	11.9
111	13.41	172.8	13.4	173.0	13.4
112	13.99	182.3	14.0	186.0	14.2
113	14.04	180.5	13.8	180.3	13.8
114	14.38	182.2	14.0	181.3	13.9
115	14.21	181.4	13.9	181.8	13.9
116	14.64	185.5	14.1	185.2	14.1
117	14.17	174.0	13.4	177.6	13.6
118	13.56	173.0	13.4	172.0	13.3
119	14.99	175.4	13.6	174.2	13.5
120	16.10	191.8	14.6	192.2	14.6
121	14.27	190.0	14.4	187.0	14.3
122	14.18	172.8	13.4	172.0	13.3
123	15.07	194.9	14.7	193.6	14.6
124	13.61	177.4	13.6	175.0	13.5
125	13.25	177.8	13.6	176.0	13.6
126	13.09	171.8	13.3	166.0	13.0
127	10.88	142.4	11.5	142.2	11.5
128	12.12	154.0	12.2	153.2	12.2
129	13.54	171.8	13.3	170.0	13.2
130	12.95	175.2	13.5	174.2	13.4
131	12.99	170.4	13.2	169.4	13.2
132	13.26	174.0	13.4	173.8	13.4
133	13.04	173.5	13.4	174.0	13.4
134	13.10	167.7	13.0	166.0	13.0
135	12.82	164.5	12.6	164.0	12.6
136	12.82	171.3	13.3	171.3	13.3
137	13.80	172.0	13.3	173.6	13.4
138	14.47	192.2	14.6	190.5	14.5
139	14.41	194.2	14.7	192.0	14.6
140	14.56	192.0	14.6	189.4	14.4
141	14.17	191.0	14.5	191.0	14.5
142	14.37	187.2	14.3	183.0	14.0
143	13.45	180.0	13.8	178.0	13.7
144	13.57	181.8	13.9	181.6	13.9
145	13.23	172.2	13.3	171.8	13.3
146	9.18	127.4	10.6	130.0	10.8
147	11.09	147.4	11.8	146.8	11.8
148	13.99	198.7	15.0	191.2	14.5
149	13.88	200.3	15.2	192.0	14.7

Finfraksjonen:  
I gjennomsnitt 2.59%  
relativ forskjell fra  
kjemisk analyse.

Grovfraksjonen:  
I gjennomsnitt 2.56%  
relativ forskjell fra  
kjemisk analyse.

TABELL 3.

Pr.mrk.	Kjemisk analyse %CaO	Grovknust med feltnuser		Pr.mrk.	Kjemisk analyse %CaO	Grovknust med feltnuser	
		$\Delta$ cps	XRF %CaO			$\Delta$ cps	XRF %CaO
37	13.94	179.2	13.8	159	12.80	165.2	12.9
H-38	12.57	160.7	12.6	160	14.53	185.9	14.2
43	13.96	178.8	13.8	161	12.48	155.9	12.3
46	14.07	179.3	13.8	162	11.36	145.3	11.7
58	13.44	173.0	13.4	163	11.41	142.9	11.5
68	14.00	181.1	13.9	164	13.22	178.4	13.7
69	14.08	182.4	14.0	165	13.74	166.9	13.0
71	14.20	186.8	14.2	166	8.56	181.1	10.1
75	14.58	190.6	14.5	167	15.52	185.9	14.2
78	14.50	189.0	14.4	168	13.92	179.7	13.8
80	13.96	182.6	14.0	170	15.29	157.0	14.3
82	14.70	193.3	14.6	171	13.04	168.6	13.1
85	14.48	191.2	14.5	172	14.08	181.4	13.9
86	14.70	192.4	14.6	173	13.86	187.8	14.3
88	14.83	194.5	14.7	174	11.67	156.6	12.3
89	15.01	198.8	15.0	175	11.96	148.5	11.9
92	14.41	190.0	14.4	176	10.81	135.9	11.1
150	10.73	148.6	11.9	177	10.89	132.6	10.9
151	11.74	145.0	11.7				
152	14.32	182.2	13.9				
153	10.95	142.4	11.5				
154	13.02	166.9	13.0				
155	11.39	148.4	11.9				
156	14.09	162.0	12.7				
157	13.28	158.7	12.5				
158	14.36	187.4	14.3				

I gjennomsnitt 2.39% relativ forskjell fra kjemisk analyse.

TABELL 4, side 1.

Pr.nr.	% CaO	Anmerkning	$\Delta$ cps	XRF % CaO	Flate- beskrivelse	Pakkings- grad	
1298	15,0	pulver felt	175	14,8		middels	
		flate I	203				
		" II	181				
		" III	204				
1264	15,0	pulver felt	179	15,2		middels	
		flate I	259				
		" II	99				ujevn
641	14,0	pulver felt	167	14,1		middels	
		flate I	194				
		" II	198				
589	14,7	pulver felt	172	14,6		middels	
		flate I	225				
		" II	160				ujevn
		" III	185				forv.hud
1380	14,9	pulver felt	173	14,7		middels	
		flate I	187				
		" II	235				
		" III	212				
		" IV	168				
629	14,8	pulver felt	174	14,8		ikke pakk.	
		flate I	182				forvitret
		" I	175				børstet
		" II	190				frisk

Pr.nr.	% CaO	Anmerkning	$\Delta$ cps	XRF % CaO	Flate- beskrivelse	Pakkings- grad	
602	14,2	pulver felt	162	13,7		ikke pakk.	
		" "	164	13,8		" "	
		" "	166	14,0		middels	
		" "	172	14,5		"	
		" "	171	14,4		"	
		" "	181	15,4		hardt	
		flate I	137			forvitret	
		" I	172			børstet	
		" I	171			skrappt	
" II	181		frisk				
509	15,1	pulver felt	182	15,4		middels	
		flate I	183				frisk
1310	14,2	pulver felt	154	-		ikke pakk.	
		" "	169	14,2		lett	
		" "	169	14,2		middels	
		flate I	157			frisk	
		" II	166			-	
1374	15,0	pulver felt	175	14,8		middels	
		flate I	186				frisk
		" II	191				"
		" III	189				"
		" IV	156				jevn, forv.
		" IV	170				jevn

Pr.nr.	% CaO	Anmerkning	$\Delta$ cps	XRF % CaO	Flate- beskrivelse	Pakkings- grad
1360	15,4	pulver felt	173	14,6		lett
		" "	171	14,5		"
		flate I	171		ujevn	
		" II	172		"	
		" III	130		forvitret	
		" III	152		"	
		" IV	118		"	
" V	190		frisk			
616	14,7	pulver felt	151	12,7		lett
		" "	174	14,8		middels
		" "	171	14,5		"
		flate I	178		-	
		" II	128		-	
		" III	166		-	
1372	15,0	pulver felt	165	14,0		lett
		" "	178	15,1		middels
		" "	185	15,7		hard
		flate I	199		-	
F 8		pulver felt	154	13,0		middels
		flate I	163		frisk	
		" II	156		forvitret	
		" II	155		"	
F 2		pulver felt	137	11,5		middels
		flate I	161		frisk	
		" II	146		"	



Pr.nr.	% CaO	Anmerkning	$\Delta$ cps	XRF % CaO	Flate- beskrivelse	Pakkings- grad
F 6		pulver felt	180	15,2	frisk	middels
		flate I	162			
785 B		pulver felt	167	14,1	forvitret	middels
		flate I	132			
		" I	146			
		" II	183			
894 B		pulver felt	165	14,0	frisk	lett
		" "	178	15,1		middels
		" "	173	14,6		"
		flate I	184			
		" II	163			forvitret
		" II	180			"
810		pulver felt	172	14,6	forvitret	middels
		" "	174	14,7		"
		" "	176	14,9		"
		" "	158	13,3		hardt
		" "	165	13,9		"
		flate I	148			
		" I	188			"
		" II	184			frisk
		" III	182			"
		" IV	183			forvitret
682		pulver felt	153	12,9	forvitret	middels
		flate I	164			
		" II	163			

TABELL 4, side 5.

Pr. nr.	% CaO	Anmerkning	$\Delta$ cps	XRF % CaO	Flate- beskrivelse	Pakkings- grad	
Ga 1		pulver felt	173	14,7		middels	
		flate I	174				frisk
		" II	172				forvitret
Ga 2		pulver felt	157	13,2		ikke pakk	
		" "	166	14,0		middels	
		" "	189	16,0		hardt	
		" "	190	16,0		"	
		flate I	169			frisk	
		" II	160			forvitret	
		" III	138			"	
		" IV	175			"	
		" V	159			frisk	
" VI	196		"				
A		pulver felt	166	14,0			
		flate I	120				
		" II	144				
		" III	184				
		" IV	190				
B		pulver felt	161	13,6			
		flate I	141				forvitret
		" I	145				skrapt
		" II	134				forvitret
C		pulver felt	169	14,4			
		flate I	114				forvitret
		" I	170				børstet
		" II	154				frisk
		" II	151				"

Pr.mrk.	% CaO	Anmerkning	$\Delta$ cps	XRF % CaO	Flate- beskrivelse	Pakkings- grad
D		pulver felt	123	10,6		ikke pakk. middels
		" "	170	14,4		
		flate I	144			
		" II	195			
		" III	160			
E		pulver felt	160	12,6		ikke pakk. middels
		" "	183	14,0		
		flate I	213			
		" II	195			
F		pulver felt	162	12,8	børstet	
		flate I	102			
		" II	113			
		" II	136			
		" III	170			

Pulver feltmålinger:  
I gjennomsnitt  
1.54% relativ forskjell  
fra kjemisk analyse.

TABELL 5.

Pr.mrk.	Kjemisk analyse	Analysefinhet		Pr.mrk.	Kjemisk analyse	Analysefinhet	
	%TiO <sub>2</sub>	Telleverdi Δ cps	XRF %TiO <sub>2</sub>		%TiO <sub>2</sub>	Telleverdi Δ cps	XRF %TiO <sub>2</sub>
1	2.16	65.0	2.00	50	1.72	25.0	1.70
2	0.78	-104.3	0.75	51	2.62	156.3	2.65
3	1.38	-47.3	1.15	52	1.05	-34.0	1.25
4	2.53	99.3	2.20	53	0.94	-78.3	0.95
7	0.58	-124.3	0.62	55	4.13	340.3	4.00
8	2.31	113.3	2.30	56	3.17	213.7	3.10
9	0.24	-217.7	0.15	57	4.13	320.3	3.80
10	0.46	-146.0	0.45	58	1.37	-23.0	1.35
11	0.44	-142.0	0.50	59	1.38	-36.3	1.25
12	2.76	168.3	2.75	60	1.16	-45.3	1.15
13	0.83	-106.3	0.75	61	1.65	10.0	1.60
14	3.16	201.3	3.10	62	1.41	7.3	1.55
15	1.55	-9.67	1.45	64	0.87	-73.0	1.00
16	1.89	18.67	1.65	69	2.38	64.0	2.00
17	0.72	-125.3	0.60	71	1.85	56.0	1.90
18	2.91	150.3	2.65	73	4.83	420.7	4.65
19	0.62	-135.3	0.55	75	0.90	-110.0	0.75
20	0.54	-135.7	0.55	77	1.80	27.0	1.70
21	0.34	-155.7	0.40	80	0.10	-208.7	0.10
22	2.14	78.3	2.10	81	2.88	193.3	2.90
23	0.34	-161.7	0.30	84	0.20	-177.0	0.25
24	4.49	434.3	4.70	86	3.67	270.3	3.50
25	0.35	-154.3	0.40	88	2.35	94.3	2.20
26	0.27	-181.7	0.20	90	2.00	49.3	1.87
27	2.24	72.0	2.05	94	0.31	-181.0	0.25
28	1.41	-10.0	1.45	102	1.54	13.0	1.60
29	3.07	201.7	3.10	105	1.21	-0.8	1.40
30	2.95	181.7	2.85	107	3.19	241.0	3.25
31	2.25	81.3	2.10	109	0.68	-100.7	0.75
32	3.44	180.3	2.80	112	2.82	188.3	2.57
34	0.96	-63.3	1.05	118	3.12	198.0	3.00
35	1.25	-39.7	1.25	120	1.09	-64.3	1.05
37	1.01	-73.7	1.00	125	2.69	157.7	2.65
39	4.55	352.3	4.15	130	4.49	440.0	4.75
40	1.17	-43.0	1.20	132	0.55	-135.7	0.55
42	1.58	11.0	1.60	134	2.75	107.0	2.35
43	1.62	-7.7	1.45	136	4.55	445.0	4.75
44	1.56	8.7	1.55	137	0.46	-155.0	0.40
45	5.18	464.0	4.90	140	4.61	459.3	4.90
46	1.81	13.0	1.62	141	3.58	296.7	3.65
47	1.80	60.0	1.95	142	2.99	216.7	3.10
48	1.67	10.0	1.60	143	0.55	-132.0	0.55
49	0.83	-97.0	0.80	145	0.27	-172.7	0.30

I gjennomsnitt 7.81% relativ forskjell fra kjemisk analyse.

TABELL 6.

Pr.mrk.	Atomab- sorpsj. %TiO <sub>2</sub>	XRF-analysator borstøv		Pr.mrk.	Atomab- sorpsj. %TiO <sub>2</sub>	XRF-analysator borstøv	
		Δ cps	%TiO <sub>2</sub>			Δ cps	%TiO <sub>2</sub>
143	4.62	329	3.90	160	5.00	432	4.70
144	4.34	333	3.95	161	3.95	372	4.25
145	4.14	329	3.93	162	3.78	312	3.80
146	3.94	274	3.55	163	2.75	160	2.70
147	3.87	290	3.65	164	1.62	27	1.70
148	2.60	116	2.35	165	1.79	28.3	1.80
149	3.60	226	3.20	166	3.63	265	3.45
150	5.74	472	5.00	167	3.36	270	3.70
151	3.55	279	3.60	168	5.92	552	5.60
152	3.35	251	3.35	169	4.22	337	4.00
153	3.59	270	3.50	170	3.76	248	3.35
154	4.15	339	4.00	171	1.57	13.3	1.60
155	3.11	179	2.85	172	5.54	509	5.20
156	3.13	322	3.15	173	5.97	542	5.40
157	3.83	299	3.70				
158	3.24	208	3.05				
159	4.65	427	4.90				

I gjennomsnitt 6.49% relativ forskjell fra kjemiske analyser.

TABELL 7.

Sn-målinger

Pr.-koordinater	Overflate △ cps	Pulver △ cps
5000 N - 5000 Ø	387	386
5050 - 5000	371	366
5100 - 5000	368	365
5100 - 5007	374	365
5100 - 5025	363	371
5100 - 5075	334	338
5150 - 5000	399	381
5175 - 5000	387	381
5200 - 5000	374	364
5225 - 5000	363	375
5275 - 5000	370	378
5425 - 5000	379	375
5500 - 4925	380	348
5500 - 4950	395	362
5500 - 4975	384	348

I gjennomsnitt for pulver: 3.31% relativ forskjell fra overflatemålinger.

TABELL 8.

Sn-målinger

Pr.-koordinater	Overflate △ cps	Pulver △ cps
5050 N - 4962.5 Ø	350	362
5050 - 4975	374	361
5050 - 4987.5	372	365
5050 - 5000	367	356
5050 - 5012.5	346	359
5050 - 5025	356	358
5050 - 5037.5	371	352
5050 - 5050	359	366
5050 - 5062.5	387	383
5050 - 5075	368	369
5050 - 5087.5	384	377
5050 - 5100	346	359

I gjennomsnitt for borstøv: 2.36% relativ forskjell fra overflatemålinger.

TABELL 8.

Nr.	B.a.	Overflate		Borstøv		Nr.	B.a.	Overflate		Borstøv	
		Tellev. △ cps	% La+Ce	Tellev. △ cps	% La+Ce			Tellev. △ cps	% La+Ce	Tellev. △ cps	% La+Ce
1	Amf.	1054	0.25	1125	0.28	56	"	1122	0.28	1073	0.26
2	"	1042	2.25			57	"	1118	0.28	922	0.19
3	"	1115	0.27			58	"	982	0.22	987	0.22
4	"	1035	0.24	1089	0.26	59	Gn.	1805	<0.05	1507	<0.05
5	"	1063	0.25			80	Amf.	1322	0.35	1189	0.31
6	"	1236	0.32	1221	0.32	81	"	1246	0.33	1030	0.24
7	Gn.	1461	<0.05			82	Gn.	1824	<0.05	1469	<0.05
8	"	1538	<0.05	1177	<0.05	83	"	1673	<0.05	1343	<0.05
9	"	1811	<0.05			84	"	1395	<0.05	1360	<0.05
10	"	1764	<0.05	<0.05		85	"	1584	<0.05	1563	<0.05
11	Amf.	1313	0.35			86	Amf.	1063	0.25	1083	0.26
12	"	1377	0.38	1420	0.40	87	Gn.	1626	<0.05	1398	<0.05
13	"	1145	0.29			88	Amf.	1222	0.32	1088	0.26
14	"	1088	0.26	1205	0.31	89	"	1420	0.40	1125	0.25
15	"	1206	0.31			90	"	1199	0.31	1557	0.45
18	Gn.	1927	0.07	1455	<0.05	91	"	974	0.22	1034	0.24
19	"	1671	<0.05			92	"	1134	0.28	1060	0.25
20	"	1617	<0.05	1461	<0.05	93	"	2008	0.65	1593	0.47
21	"	1531	<0.05			94	"	1362	0.38	1026	0.24
22	"	1454	<0.05	1291	<0.05	95	"	963	0.21	958	0.21
23	"	1766	<0.05			96	"	1144	0.29	1087	0.27
24	"	1547	<0.05	1691	<0.05	97	"	1289	0.34	1160	0.30
25	Amf.	1102	0.27	1055	0.25	98	"	954	0.21	1256	0.33
30	"	1077	0.26	1419	0.40	99	Gn.	1754	<0.05	1476	<0.05
31	"	1201	0.31	1357	0.37	100	"	1730	<0.05	1508	<0.05
32	"	1177	0.30	1161	0.30	101	Amf.	2905	1.00	2425	0.81
33	"	1077	0.26	9.69	0.22	102	"	1753	0.53	1752	0.53
34	"	1048	0.25	1072	0.26	103	"	2487	0.80	2943	1.02
35	"	1124	0.28	1232	0.32	104	"	1378	0.38	1234	0.33
36	"	1015	0.24	1515	0.44	105	"	1158	0.30	1154	0.30
37	"	1029	0.24	1341	0.37	106	"	1121	0.28	1074	0.26
38	"	962	0.21	962	0.21	107	"	1411	0.39	1504	0.43
39	Gn.	1408	<0.05	958	<0.05	108	Gn.	1566	<0.05	1711	<0.05
40	Amf.	1130	0.28	995	0.23	109	Amf.	1397	0.41	1662	0.50
41	"	975	0.22	1178	0.30	110	"	1491	0.43	1476	0.42
42	"	1204	0.31	1194	0.31	111	"	1459	0.42	1311	0.35
43	"	1147	0.29	1070	0.26	112	"	1744	0.53	1421	0.40
44	"	885	0.18	942	0.20	113	"	1588	0.47	1445	0.41
45	"	843	0.17	992	0.23	114	Gn.	1602	<0.05	1506	<0.05
46	"	995	0.23	942	0.17	115	Amf.	1579	0.46	1625	0.48
47	"	943	0.17	1022	0.24	116	"	1466	0.42	1459	0.41
48	"	969	0.22	1016	0.24	117	Gn.	1970	0.11	1538	<0.05
49	"	1083	0.26	1007	0.23	118	Amf.	1627	0.48	1461	0.41
50	"	1064	0.25	929	0.20	119	Gn.	1884	0.07	1478	<0.05
51	"	947	0.21	968	0.22	120	"	1794	<0.05	1500	<0.05
52	"	1002	0.23	1029	0.24	121	"	1788	<0.05	1463	<0.05
53	"	1072	0.26	1541	0.45	122	Amf.	1092	0.27	1103	0.27
54	"	906	0.19	1185	0.30	123	"	1651	0.49	1332	0.36
55	"	946	0.21	977	0.22	124	Gn.	1720	<0.05	1655	<0.05

For amfibolitt: I gjennomsnitt for borstøv 17,46% relativ forskjell fra overflatemålinger.

TABELL 9.

Pr.nr.	Bergart	Røntgensp. %La+Ce	Overflate		Borstøv	
			Tellev. Δ cps	% La+Ce	Tellev. Δ cps	% La+Ce
6	Amf.	0.12	1236	0.32	1221	0.32
12	"	0.35	1377	0.38	1420	0.40
25	"	361 ppm	1102	0.27	1055	0.25
31	"	0.52	1201	0.31	1357	0.37
32	"	766 ppm	1177	0.30	1161	0.30
90	"	0.24	1199	0.31	1557	0.45
95	"	484 ppm	963	0.21	958	0.21
96	"	337 ppm	1144	0.29	1087	0.27
104	"	0.18	1378	0.38	1234	0.33
105	"	374 ppm	1158	0.30	1154	0.30
85	"	0.19	1584	0.46	1563	0.45
101	"	0.92	2905	1.00	2425	0.81
102	"	0.38	1753	0.53	1752	0.52
103	"	1.07	2487	0.80	2943	1.02
115	"	0.33	1579	0.46	1625	0.48
123	"	267 ppm	1651	0.49	1332	0.86
22	Gneis	37 ppm	1454	<0.05	1296	<0.05
59	"	270 ppm	1805	<0.05	1507	<0.05
82	"	136 ppm	1824	<0.05	1469	<0.05
87	"	124 ppm	1626	<0.05	1398	<0.05
108	"	0.17	1566	<0.05	1711	<0.05

Amfibolitt:

Borstøvmålinger: I gjennomsnitt 11.17% relativ forskjell fra overflatemålinger.