

SVERIGES GEOLOGISKA AB
Division Prospektering
Uppdragsgivare: NSG
Projekt: Södra och Västra
Skelleftefältet
Hardy Lindroos

PROSPEKTERINGSRAPPORT

Datum: 1988-11-07 .

ID-nr: PRAP 88051

Best nr: F 32/1988

TEST AV PORTABEL RÖNTGENUTRUSTNING FÖR ANALYSERING AV GULD

SAMMANFATTNING

SGAB har på uppdrag av NSG testat ett amerikanskt röntgeninstrument, MAP-3, för analysering av guld. För korrekta analysvärden krävs en noggrann förkalibrering. Därvid beaktas bergarters matrixpåverkan, vilken tillsammans med mätgeometrin, är viktiga faktorer vid mätningen.

Instrumentet är relativt enkelt att använda. Det är fältanpassat och är särskilt väl lämpat för situationer där snabba, preliminära analysvärden är viktiga t ex vid dikesgrävning, blockletning, borrhning m m. Mättiden är normalt 2-3 minuter, varför mätkapaciteten är betydande.

Det bedöms som sannolikt att instrumentet i hög grad kan påverka styrningen/provtagningen av guld i fält och på så sätt förbättra kvaliteten i en utvärdering. Vidare kan ett väl upplagt mätprogram i hög grad minska analyskostnaderna.

Rekommendationer:

- att SGAB köper instrumentet för användning i främst guldprospektering.
- att fortsatta kalibreringar genomförs för att bredda användningsområdet.
- att vidareutbildning av tekniker omfattande dels mätteknik och dels data-tillämpningar påbörjas.
- att SGAB och NSG upprättar mätplan för MAP-mätningar för 1989.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	Sida
1. INLEDNING	3
2. PRINCIPER FÖR MÄTNING MED RÖNTGENTEKNIK	4
3. TYP AV INSTRUMENT	7
4. KALIBRERING	7
5. INTRODUKTIONSURS I MALÅ	8
6. SYNPUNKTER PÅ TESTMÄTNINGARNA	9

1. INLEDNING

På uppdrag av NSG har SGAB under september/november 1988 testat ett nytt röntgeninstrument för mätning av guld på i första hand geologiska prover.

Bakgrunden till detta beror dels på att ett sådant fältburet instrument nyligen blivit tillgängligt för prospektörer, dels på ett antal problem som förelegat med det ordinära förfaringsättet, dvs provtagning och efterföljande analys i kemiskt laboratorium. Särskilt för styrningen av prospekteringen i fält har svårigheter uppstått med i vanliga fall långa tidsperioder mellan provtagning och analysresultat som direkt orsak till detta. Även tekniska aspekter som t ex nuggeteffekt gällande guld har tidigare ställt till med problem. Till detta kommer det faktum att guldet i allmänhet är osynligt varför tidigare provtagning antingen styrts av någon förutfattad geologisk modell, t ex guld i arsenikkis, eller av slumpen. Erfarenheter visar att huvudparten av alla de prover geologer skickar in till laboratoriet på t ex guld är s k noll-analyser.

Inledningsvis skall sägas att portabla röntgeninstrument för t ex metallanalyser är i och för sig inget nytt. Exempelvis silverprospekteringen i västvärlden har länge utnyttjat in-situ mätningar med röntgen. Problemen tidigare har främst berört strålningsrisken, instrumentens otymplighet pga tunga blyskydd, kalibreringsmöjligheter m m samt det faktum att bl a guld och platina ej kunnat mätas. Tekniken på detta område främst vad gäller detektorer och elektronik har stadigt förbättrats och det instrument som här skall beskrivas tillhör en ny generation där målsättningen är att snabbt och tillförlitligt analysera metaller i fält med liten användning av fysisk kraft och med en begränsad teoretisk utbildning hos operatören. För att nå detta krävs bl a extremt känsliga s k "solid state detektorer" som arbetar nedkylda - cryogent- med möjlighet att registrera över 100 000 s k scintillationer per sekund. Vidare krävs för inkapslingen av det radioaktiva preparatet speciella volfram-legeringar som skall tåla extrema såväl fysikaliska som mekaniska påfrestningar av rent säkerhetsskal.

Förberedelserna för att få testa detta instrument, benämnt MAP-3, och tillverkat av Scitec Corporation i Washington DC, USA, påbörjades i januari 1988. Detta har omfattat litteraturstudier och brevväxling samt framtagning av en serie prov för kalibrering. Till detta kommer anskaffning av tillstånd för införsel i Sverige (utfärdat av SSI), planering för demonstrationen i Malå samt

vissa praktiska detaljer som anskaffning av flytande kväve, som i detta fall används vid nedkylningen. Allt detta har gått att ordna på ett relativt enkelt sätt. Med en mindre tidsförskjutning kunde därför instrumentet packas upp i Malå söndagen den 21 augusti 1988 under insyn av Scitec's vice VD Bill Boyce. Utbildningen i Malå pågick 22-24 augusti och i kursen deltog: Hardy Lindroos, Ulla Einarsson, Jörgen Lindsköld, Håkan Nordström (alla P-div) samt Håkan Andersson från elektronikavdelningen i Malå. Instrumentet har därefter använts i fält i Sorseleområdet (Juktan). Tillgång till kväve finns i Kristineberg. Som PC används en NEC dator utlånad av Scitec som även delgett projektet nödvändiga datorprogram, broschyrer, instruktionsmanualer m m. Programmet som vi arbetat med använder *SYMPHONY* som språk. De tillbehör SGAB anskaffat är ett 25-liters kärl för kvävgasen samt en transformator 110V till 220V. Under testperioden har även ett annat gaskärl hyrts från AGA i Luleå.

Testet av MAP-3 är det första i Europa. Enligt Scitec har två instrument levererats till Japan i år och 14 st finns som order från olika prospekteringsbolag i västvärlden. Scitecs andra produkt - en ytscanner för t ex silveranalyser - är vitt spridd i främst USA och Kanada. Beteckningen MAP står för Metals Analysis Probe.

Totalkostnaden vid köp för den "gold-station" vi testat är ca 52 000 US-dollar.

2. PRINCIPER FÖR MÄTNING MED RÖNTGENTEKNIK

Den utrustning som testats består av: MAP-3 s k gold-station kopplad till en s k control console dvs en microprocessor med digital display (se Fig 1). Consolen kan sedan kopplas till vanlig PC samt printer. Strömkälla är 110V-60Hz enligt amerikansk standard. I detta fall behövdes sålunda en transformator 110V till 220V. Instrumentet kan även köras på särskilda batterier (2 st som håller ca 10 timmar var - effektiv mättid). Control consolen är en liten box (5,8 kg) som innehåller en 256-kanalers s k multichannel analyser, en microprocessor som kan ta emot upptill 250 000 s k counts/sekund, en minnesenhet (32 000 bits) och en s k LCD window med tangentbord för kommando och/eller avläsning samt upptag av energispektrum. Guldstationen, där provet mäts, väger ca 10 kg och för mätkammaren med underliggande strålningspreparat, en nedkylningsenhet, en detektor med tillhörande elektronik och ett hölje. Strålningskällan är kobolt-57 med effekt 40 millicurie/cm² och med en halveringstid sådan att byte av

strålkälla bör ske efter 1,5 - 2 års användning. Allting ligger inkapslat så att radioaktiv strålning ej kan läcka ut ur mätstationen. Mätkammaren är ett Cu-Pb kärl med diametern ca 9 cm, djupet ca 4,5 cm. Det betyder att provvikten av t ex krossprov är maximalt ca 300 g. Mätkammaren är kopplad så att den måste vara stängd innan mätning kan ske. Gammastrålningens genomträngningsstyrka i berg är ca 1,5 cm full kraft, därefter avtar styrkan med kvadraten på avståndet. Kaxprov i plastpåse eller större stuffprov skall alltså svängas om så att allt blir genomstrålat och mätt. Nedkylningen av detektorn sker med flytande kväve med temperaturen -191°C . Stationen kräver 3 liter per fyllning och detta räcker ca 48 timmar. Ett särskilt kärl används för detta liksom en påfyllnadsanordning. Hela utrustningen kan bäras av en man och ryms med lätthet i en bil. I nedkylt tillstånd skall stationen vara upprätt.

Även om instrumentet teoretiskt kan få in huvudparten av alla element i spektret, gäller att relevanta mätningar kan ske inom intervallet atomnummer 56 (barium) till atomnummer 92 (uran). Guld med atomnummer 79 motsvarar ca 89,7 KeV i energispektret. Det ligger ganska fritt från störningar men kan påverkas av närvaro av platina i högre halter. Vid tester i Malå studerades olika spektralbilder genom att mäta på t ex baryt, platinabit, guldring, blyklump m m. På PC'ns dataskärm går allting att förstora/förminska. Sålunda kan man ta in t ex den kanal som önskas studeras i valfri skala. För guldets mäts alfaspektret från emittansen ur K-skalet (det innersta). Överhuvudtaget mäter detta instrument enbart K-skalets fluorescens (i motsats till flera liknande instrument som mäter L-skalet). I praktiken betyder detta stor genomträngningsförmåga. Under bombardemanget från kobolt-källan mot t ex guldförande prover kommer dess energirika gammastrålning att putta ut elektroner från innerskalet i guldatomen (K) till ett yttre (L). När bestrålningen upphör faller dessa elektroner tillbaka till samma skal och avger energi som kan mätas som ett slags sekundär röntgenfluorescens, vilken i instrument mätas såsom scintillationer per sekund. Dessa är i sin tur proportionella mot mängden guld i provet inom det energispektrum som avses. Tekniken kräver sålunda att man kan räkna och detektera scintillationerna och relatera dessa till bakgrundsvärden. Mäter man ett geologiskt prov får man ett sammansatt spektra. Därtill kommer mätkammarens effekt samt den s k Comptoneffekten. Dessbättre finns allt detta redan avklarat vid konstruktionen av instrumentet. Viktigare är hur man mäter och hur värdena skall tolkas. Mätningen påverkas av vilken matrix provet har (element, mineral, täthet). En stuff ger sålunda ett litet annat värde (eller spektralbild) än t ex ett identiskt malt bergartsprov. Mätgeometrin är viktig.

Den påverkar ju om man får provet genomstrålat eller inte. Sålunda finns två generella regler: instrumentet måste kalibreras om matrixbilden ändras kraftigt (t ex från diorit till grönsten) och mätgeometrin skall hållas bästa möjliga (vara likartad) från prov till prov. För kaxprov betyder detta att hela kammaren skall fyllas (provet i plastpåse) och för t ex borrhärna sågas en 8 cm:s bit som mäts på bägge sidor (helst kluven). Kalibreringen är i sig relativt enkel men kräver viss datakunskap (se kap 4). Det bör redan här sägas att guldets form eller kornstorlek spelar liten roll. Det som sätts in i mätkammaren på ett sätt så att allt blir genomstrålat är det som fås upp i spektret och är också det som sedan omvandlas till ett mätvärde. Detta blir korrekt om korrigering skett mot tidigare utförd kalibrering, m a o skett för den "matrixeffekt" provet uppvisar. Kalibreringsvärden kan överföras till ett "chips" som finns inbyggt i instrumentet och som är utbytbart.

Mättiden är 1, 2, 3, 4 minuter eller längre. Vid kalibreringar är mättiden vanligen längre. Normalt räcker 2 minuter (120 sek). Vid två mätningar kan man därför räkna med drygt 4 minuter per prov.

När det gäller stuffer eller borrhärnor skall bästa mätgeometri eftersträvas. Små stuffbitar som ställs på kant är helt olämpligt. Idealet är en flat yta med cirkelform som motsvarar kammarens bottenarea. Sådana prov finns sällan. Viktigare är att proven i en serie är likartade i storlek och form. Ju noggrannare en mätning önskas utföras desto mer måste provet anpassas till mätkammarens form. För malda prover eller kaxprover är saken enkel.

På displayen finns ett flertal små fönster avsedda för siffror eller direkta kommandon. På skärmen finns även skriven text och systemet är upplagt så att en mätning kan genomföras endast om alla kommandon har satts in i rätt ordning. Förenklat börjar man med att skriva in id-nr, val av mättid samt typ av kalibrering. Detta görs i en grundinställning som kan ändras under en mätserie. Den senare kan vara t ex low (motsvarande 0-5 ppm Au) eller high (6-20 ppm) beroende på hur kalibrering skett. Vid tryck på "assay" startar mätningen. Sedan visas halten i ppm på displayen samt ett s k STAT-nr (typ 50 867) som refererar till uppmätt intensitet och som bör antecknas eller sparas i databanken. Dessa siffror kan senare användas t ex för att rita upp en kurva kontra en kalibreringskurva för kontroll om mätningen är korrekt. Genom datorprogrammet MAPREAD finns olika möjligheter att åskådliggöra mätningen i t ex kurvform eller att ta upp en enskild mätning som en spektralkurva på

skärmen. Vissa mätningar som gjordes i Malå under kursen finns i Fig 2-4. Om instrumentet ej är nedkylt tar det ca 6 timmar innan mätning kan ske efter en ny kvävgaspåfyllning (flytande kväve).

3. TYP AV INSTRUMENT

I särskild broschyr av Scitec Corp finns en typbeskrivning av instrumentet. Det som här testats är endast en s k "gold station". Scitec's scanner för mätningar på t ex ytan av en håll är för närvarande ej tillämpbar för guld.

4. KALIBRERING

Instrumentet kalibrerades på malda borrhärneprov från Middagsberget och Fäboliden inom haltområdet 0-19 ppm guld. Proven analyserades dessförinnan flera gånger kemiskt. I Fig 3 framgår kalibreringskurvorna för denna mätning som gjordes i USA före leverans till Sverige. Eftersom kurvorna är svagt böjda finns vissa anpassningssvårigheter vilket i praktiken betyder att värden på eller i närheten av kalibreringskurvans böjda del är något osäkrare. Det i sin tur brukar betyda områden med extremt låga värden kring 0 eller höga halter utanför kalibreringsområdet. Det är troligen lämpligt att i framtiden ha flera kalibreringar, t ex low (0-5 ppm), medium (6-15) och high (16-100 ppm). Detta var ett önskemål från Scitec som vi ej kunde uppfylla då sådana prover ej fanns tillgängliga. Kvartsmatrix (Fäboliden) och dioritmatrix (Middagsberget) skiljer sig litet men praktiskt är detta ointressant. Går man däremot till en helt ny bergartstyp måste en förkalibrering ske. Under kursen i Malå testades borrhärnebitar från Middagsberget. Räknar man medeltalet från dessa mätningar kontra den kemiska analysen som är gjord över samma sektion (men dock andra delen av kärnan) är resultatet överensstämmande. Detaljinformationen i MAP-mätningen är dock intressant - den visar Au-variationen på 10 cm:s avsnitt. Vidare testades borrhärnax ur prov från Middagsberget (slumpmässigt taget prov ur en stor påse) kontra tidigare kemiska analyser. Resultatet var i stort identiskt. Sammanfattningsvis fungerade våra testmätningar mycket bra när mätgeometrin var god och då halterna låg inom kalibreringskurvan. Mäter man helt okalibrerat, t ex en guldring sätts in i mätkammaren, fås inga riktiga Au-värden men väl en enorm guldpeak på spektralkurvan. Mäter man guld i annan matrix än kalibreringen fås värden från 0 till 18.8 ppm som visserligen anger

att det finns mer eller mindre guld men som ej är att betrakta som egentliga mätningar. Kalibreringen tar alltså hänsyn till matrixeffekter. För en bred användning av instrumentet behövs därför ett antal standardkalibreringar, t ex guld i diorit, guld i grönsten osv. Därtill krävs kalibrering för olika provtyper (stuff, kax m m).

5. INTRODUKTIONSKURS I MALÅ

Kursen leddes av Bill Boyce från Scitec Corp. Det gick relativt lätt att följa informationen vad gäller instrumentets operativa delar. När det gällde att själv upprätta kalibreringskurvor var tiden för knapp för detta. Vidare var endast några av deltagarna kompetenta vad gäller användning av datorn och dess möjligheter till t ex grafisk illustration. Det oaktat fick alla god insikt i hur man mäter och vad som är viktigt vid mätningen. Vidare gavs tips på hur en ny kalibrering skall ske (som senare genomfördes) och hur en dokumentation med enkel PC (t ex typ Bondwell) bäst kan användas. De program vi fick av Scitec är relativt avancerade vad gäller just kalibrering men likartade de som SGABs Malåavdelning använder sig av vid andra instrumentkalibreringar. Eftersom Håkan Andersson var väl insatt i detta blev han så att säga kursens expert på kalibrering. I början fanns vissa tekniska problem då delar av utrustningen för påfyllnad av kvävgasen saknades, men med skickliga Malåteknikers hjälp var instrumentet igång inom 6 timmar efter kursstart.

Scitec är villig att assistera oss i framtiden i allt vad gäller detta instrument t ex check av kalibreringar. Om vi t ex i framtiden gör en väldigt udda kalibrering t ex för platina i ultramafitmatrix, kan vi skicka våra värden per diskett till Boyce för utvärdering och framtagning av konstanter för kalibreringskurva (han skickar då oss ett färdigt chips som gäller för Pt-mätningar).

Mätningarna under kursen i Malå finns sparade på diskett betecknad MAP och kan studeras med datorprogrammet symphony. De två viktiga program som kopierats heter MAPREAD (inläsning och filhantering) och POLYREG (kalibreringsprogram).

6. SYNPUNKTER PÅ TESTMÄTNINGARNA

- 1) Tekniskt är mätningen enkel och snabb.
- 2) Kax- eller pulverprov (ca 300 gr) är enkla att mäta; borrhärdor och stufiprov (max längd 8 cm) kräver upprepade mätningar och utan särskild kalibrering är metoden kvalitativ.
- 3) För korrekta analysvärden krävs en förkalibrering. Instrumentet är sålunda känsligt för a) matrixpåverkan och b) mätgeometri.
- 4) Guldgrornens storlek (nuggeteffekt) spelar ingen roll.
- 5) Instrumentet kan kvalitativt ta in alla element från atomnummer 56 (Ba) till 92 (U) i energispektrat och därmed användas som metall/element-detektor. Våra kunskaper härom är än så länge begränsade.
- 6) Instrumentet kan kalibreras för andra element t ex Ag, Pt.
- 7) För en bred användning inom guldprospekteringen behövs 3-4 olika matrixar i haltområdet 0-100 ppm Au.
- 8) Det är lite bökigt med flytande kväve men i stort kan man säga att utrustningen är enkel att använda och väl lämpad för fältbruk. Man kan således åka ut till ett objekt och direkt mäta på t ex stuf eller handkrossat material.
- 9) Vid utsortering av prov före kemisk analys är instrumentet förträffligt. Här finns pengar att tjäna. Väl organiserat kan man mäta 12-24 prov i timmen, dvs 100-200 per dag. Borrhärdor bör helst vara sågade i 8 cm:s bitar.
- 10) Instrumentet är av stor nytta där snabba beslut behövs (och man ej kan vänta i veckor på kemiska analysdata): dikesgrävning/borrning/blockletning. Vidare torde t ex arkivgenomgångar var ett annat användningsområde (även sparade krossprover från labbet).

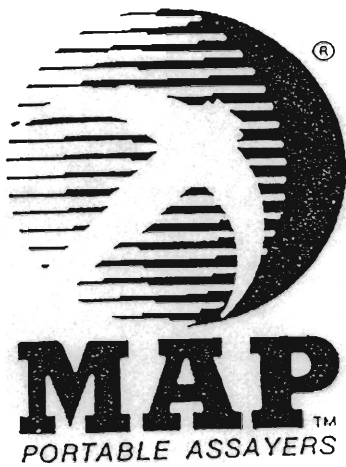
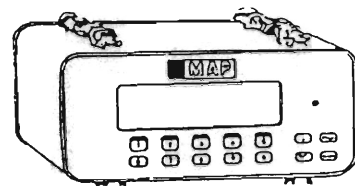
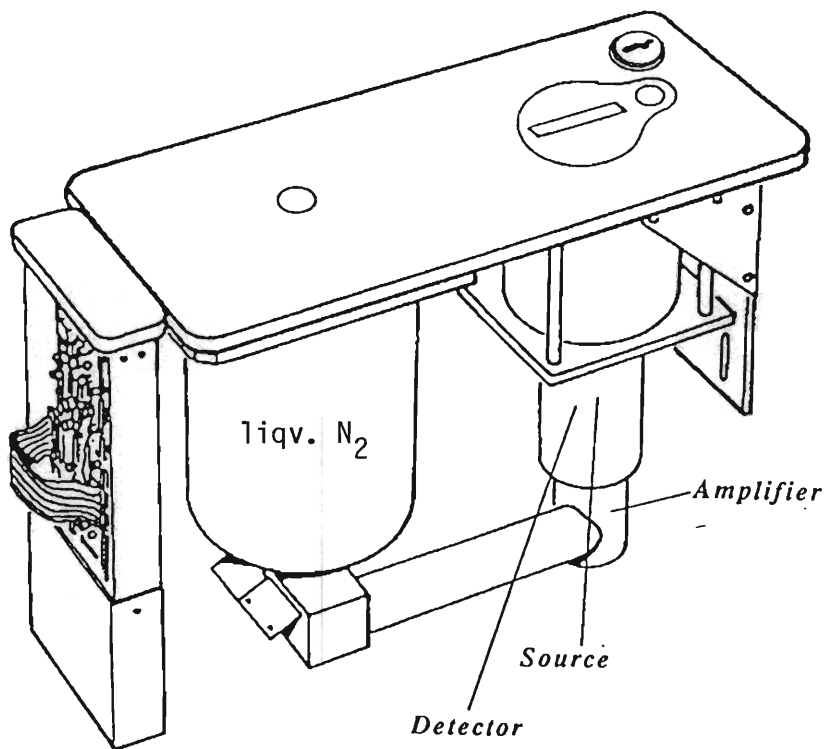
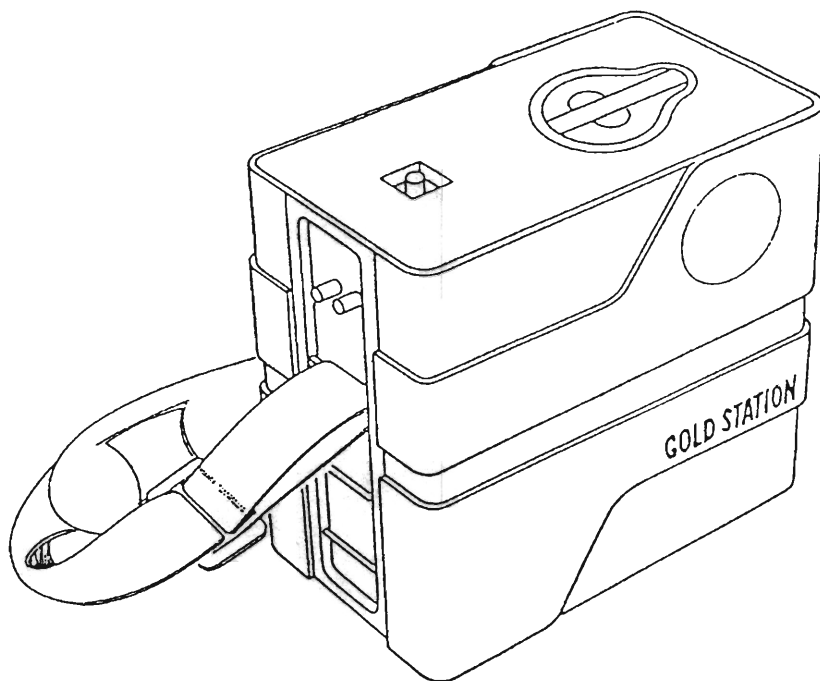


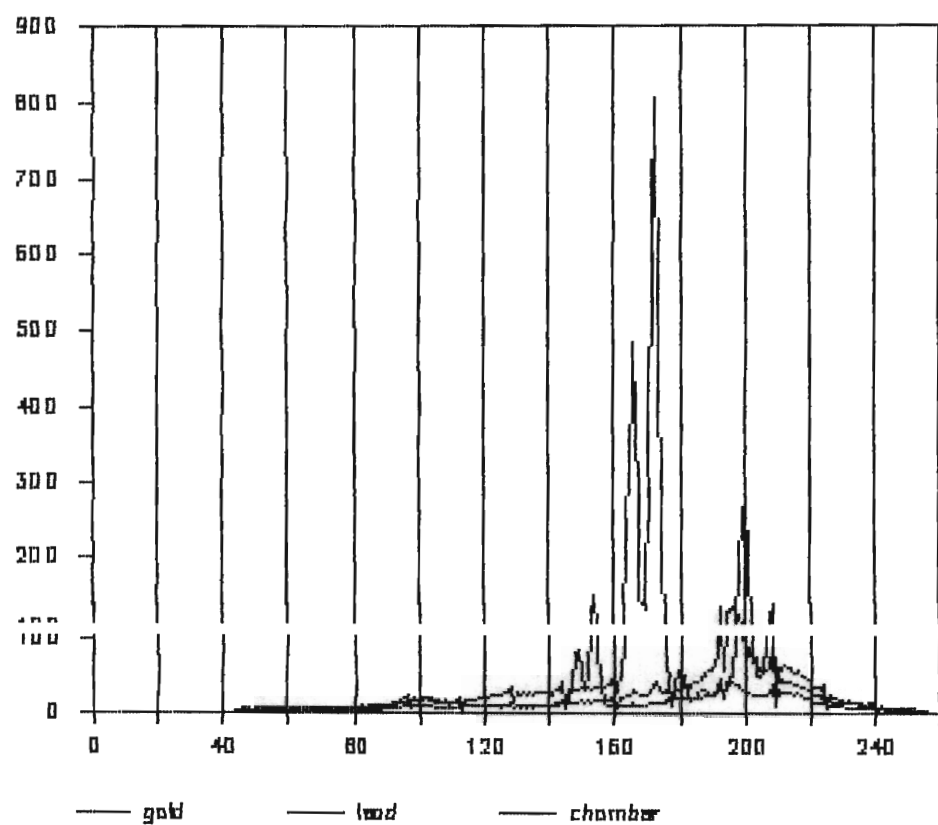
Fig.1 Principskiss av Map-3-instrumentet



control console



(The used a)



(The used a)

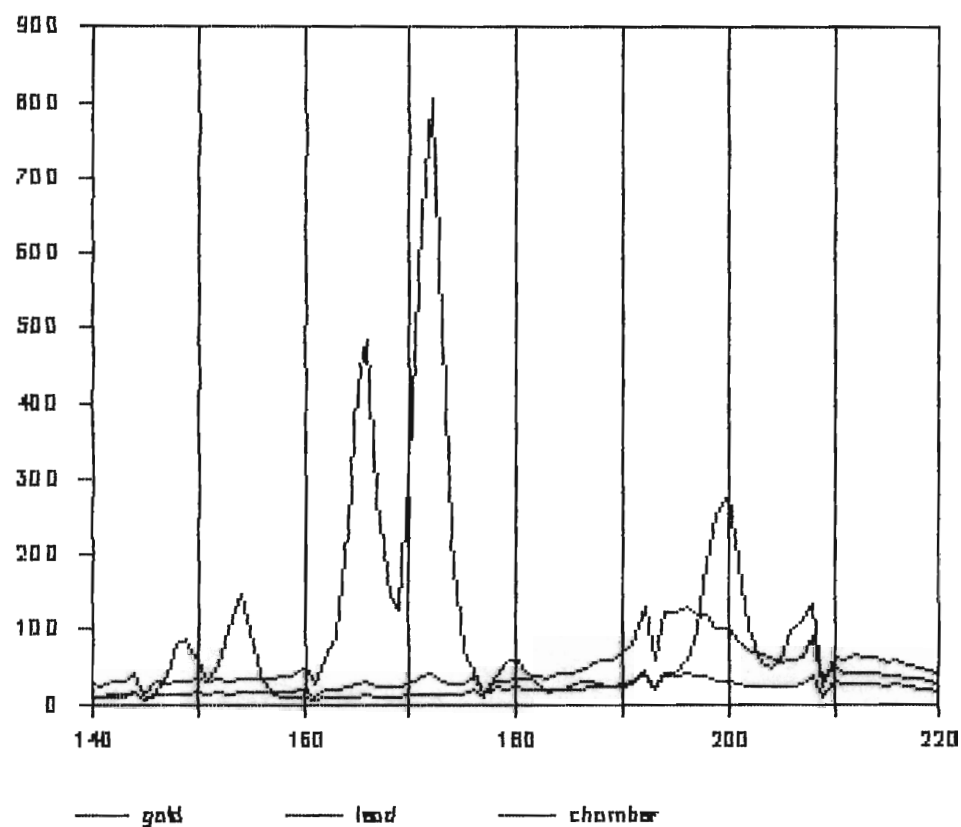


Fig. 2 Exempel på spektralbilder från testmätningar

Fig. 3 Kalibreringskurva. Borrkax från Middagsberget.

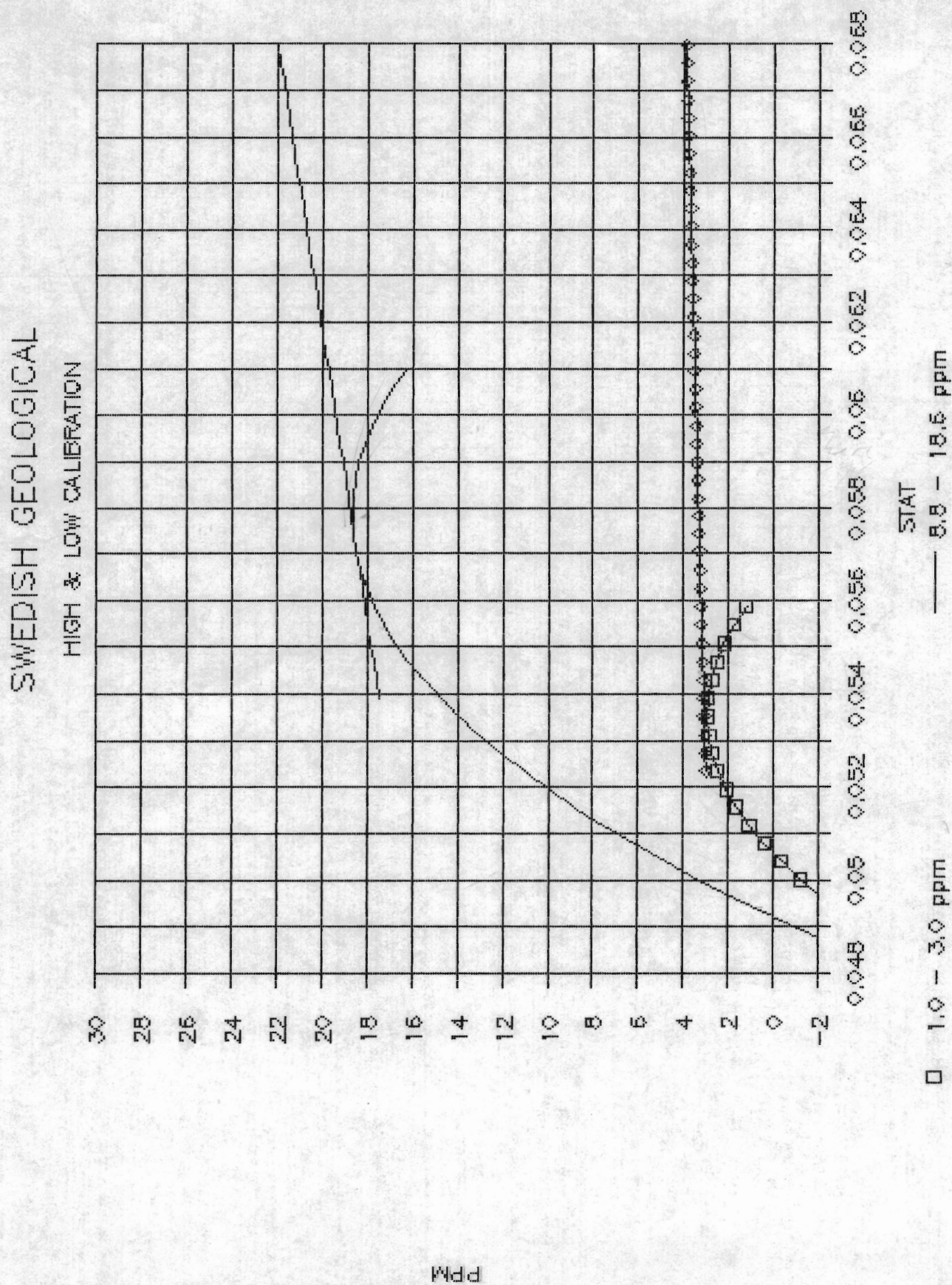


Fig 4. Kalibreringsmätning mot kemiska analyser, Middagsberget.

