

NGU-rapport nr. 85.079

Erfaringer med SEM/EMS etter to år

1985



Norges geologiske undersøkelse

Leiv Firikssons vei 39, Postboks 3006, 7001 Trondheim - Tlf. (07) 92 16 11
Oslokontor, Drammensveien 230, Oslo 2 - Tlf. (02) 55 31 65

Rapport nr. 85.079	ISSN 0800-3416	Åpen/Forf.rett	
Tittel: Erfaringer med SEM/EMS etter to år			
Forfatter: Stig Bakke		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke:		Kommune:	
Kartbladnavn (M. 1:250 000)		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 14	Pris:
		Kartbilag:	
Feltarbeid utført:	Rapportdato: 13/3 - 85	Prosjektnr.: 2158.00	Prosjektleder: Stig Bakke
Sammendrag: Rapporten behandler erfaringene med NGU/IKU's Scanning elektromikroskop/mikrosonde etter to års bruk. Erfaringene med instrumentet har stort sett vært gode, og NGUs brukere har vist økende interesse for instrumentet. Det ventes en økning i bruken av utstyret, og at også andre enn malm- og industrimineralgeologer finner anvendelse av utstyret. NGUs videre planer for bruk av instrumentet etter 19/4-1987 bør avklares i løpet av 1986.			
Emneord	SEM		
	mikrosonde		

INNHold:

INNLEDNING	4
INSTALLASJON	4
NGU'S BRUK AV INSTRUMENTET	5
BRUK AV OPERATOR	11
KOSTNADER	11
ERFARINGER MED INSTRUMENTET	12
FRAMTIDIG BRUK	13

INNLEDNING

Etter forhandlinger mellom representanter for IKU og NGU, ble det i 1982 besluttet at institusjonene skulle samarbeide om innkjøp og bruk av et scanning elektron-mikroskop med full mikrosonde. Etter nøye vurderinger falt valget på Jeol Superprobe 733 SEM med Tracor Northern ED-spektrometer (energi-dispersive spektrometer) og fire Jeol WD-spektrometre (bølgelengde-dispersive spektrometre) styrt av en TN 2000. Utstyret har to optiske mikroskoper med forstørrelse 30X og 400X. Oppløsningen på scanning elektron-mikroskopet er på ned til 70Å for sekundær-elektroner, forstørrelsen kan varieres fra 20X til 360.000X. To prøvebord kan benyttes, ett for fire prøver og ett for en prøve med mulighet for stereo fotografering.

Tracors software styrer mikrosonde-delen av utstyret. Det er mulig å kjøre EDS eller WDS kvantitative analyser eller en kombinasjon av begge. Bilder av tilbakespredte elektroner og/eller røntgenbilder kan prosesseres på rasterform. Automatiske analyser kan til en viss grad utføres ved hjelp av forskjellige programmer.

Bruken av SEM/EMS er regulert av "Avtale om leie av scanning elektron-mikroskop/mikrosonde mellom Institutt for kontinental-sokkelundersøkelser og Norges Geologiske Undersøkelse" av 19/4 1982. I følge denne avtalen skal NGU "betale en årlig stipulert leie pr. time som skal utgjøre selvkost med tillegg av kapitalomkostninger for den delen av utstyret som er anskaffet for særlig å kunne tilgodese NGU's bruk". NGU har rett til å leie utstyret i inntil 40 % av driftstiden . Avtalen gjelder for 5 år.

INSTALLASJON

Installasjonen av Jeol's 733 begynte 11/10 1982. To dager senere virket SEM-delen av instrumentet. Tracor Northern begynte sin installasjon 26/10. Tracor hadde store problemer med sin software. Spesielt hadde de problemer med å styre de 4 Jeol WD-spektrometrene. Helt til mars 1983 hadde man store problemer med både hardware- og software-delen. De største problemene knyttet seg til størrelsen og kompleksiteten til hele instrumentet. Det viste seg at styringen av de fire WD-spektrometrene krevde så stor del av datamaskinens primær-hukommelse at det ikke var mulig å utføre kombinerte EDS/WDS-analyser. Løsningen ble en ferdig kompilert utgave av softwaren for EDS/WDS-analyser. Av andre problemer kan nevnes:

- Statisk elektisitet
- EDS-detektoren fanget opp akustisk støy fra WD-spektrometrene
- Printerens ble skiftet ut med en alfanumerisk/grafisk matrise-printer
- Bildeanalysatorprogrammet hadde endel feil

- Slark i x-y-bevegelsene i mikrosonde-prøvebord

1. mars 1983 ble instrumentet ansett å være operativt, selv om endel problemer gjensto. Første del av Jeol's installasjon ble akseptert i mars 1983. Etter at mikrosonde-prøvebordet ble byttet ut, ble hele Jeol's del akseptert 18. oktober 1984. Tracors del ble akseptert 4. oktober 1984.

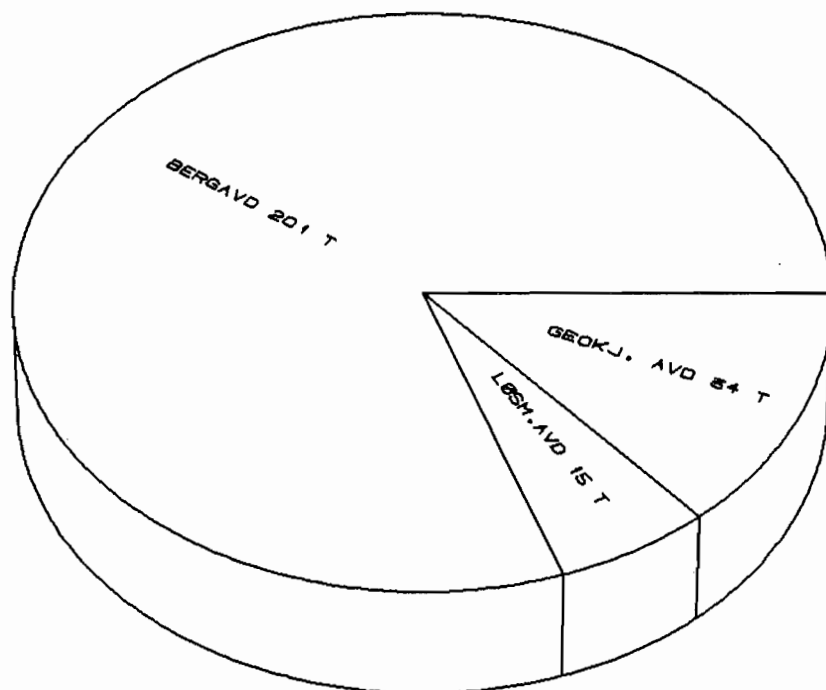
Den viktigste årsaken til alle problemene ved installasjonen synes å være at instrumentet-konfigurasjonen var den mest kompliserte som Tracor hadde levert styresystemet til. Systemet lå på grensen av det som Tracor Northern hadde teknologisk kompetanse til å levere. Spesielt skapte styringen av de fire WD-spektrometrene store problemer for dem.

Det har vist seg at det var en stor fordel for NGU/IKU at ingeniør Boassen, med sin kompetanse fra institutt for røntgenteknikk NTH, begynte ved IKU og var med og testet instrumentet under installasjonen. Mange av de feilene han påviste, var helt fremmede for Tracor Northern.

NGU'S BRUK AV INSTRUMENTET

Brukere fra NGU tok instrumentet i bruk for fullt fra 1. mars 1983. Dette året brukte NGU instrumentet i 250 timer derav 227 eller 90.8 % med operatør. Etter avtalen skulle NGU bruke 320 timer på et helt år. Trekker en fra januar og februar, vil det si 267 timer. Vi var nær ved å fylle våre forpliktelser i 1983. Siden dette var første året instrumentet var i bruk, var dette et bra resultat.

SEM/EMS NGU 1983: 250 timer.

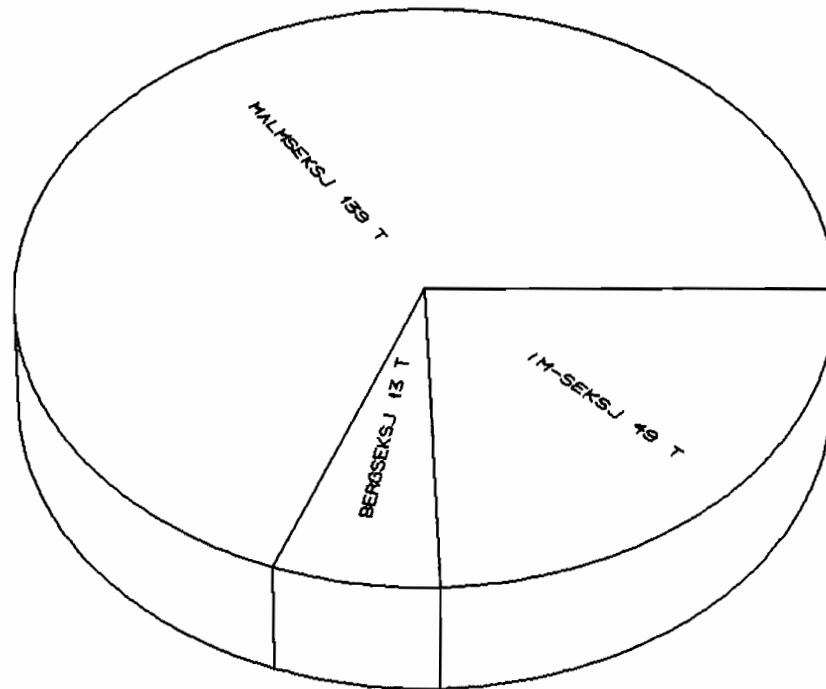


Figur 1.

Figur 1 viser NGU' timeforbruk på SEM/EMS i 1983 fordelt på avdelingene. Som man ser, dominerer Berggrunnsavdelingen med 201 timer. Geokjemisk avdeling med 34 og løsmasseavdelingen med 15 timer har tydeligvis ikke funnet samme grad av anvendelse av instrumentet. Berggrunnsavdelingens bruker instrumentet vesentlig som mikrosonde. Geokjemisk avdeling bruker både mikrosonde- og SEM-delen. Løsmasseavdelingen bruker bare SEM-delen.

Figur 2 viser Berggrunnsavdelingens timeforbruk i 1983 fordelt på seksjonene.

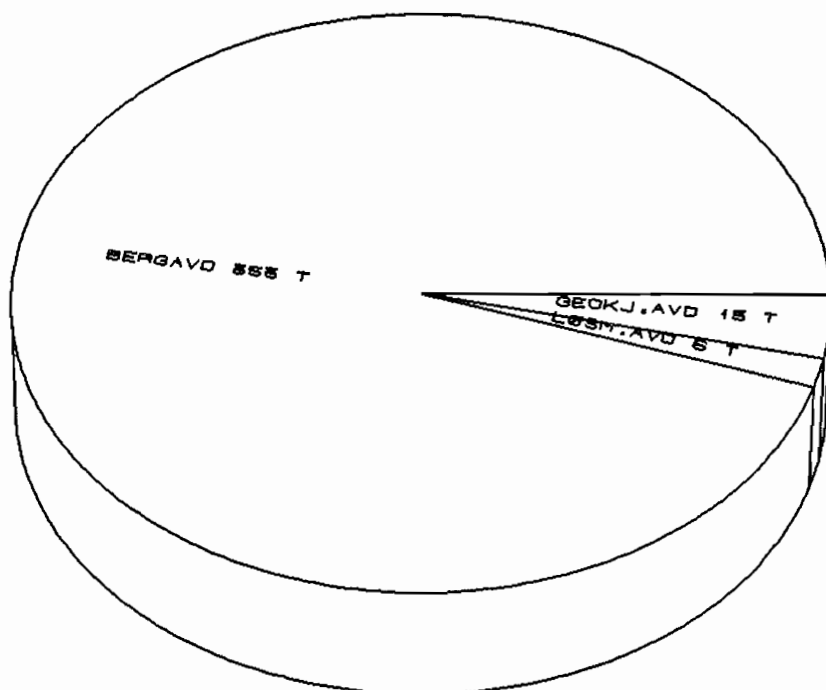
SEM/EMS Berggr.avd. 1983: 201 timer.



Figur 2.

1984 ble det første hele året instrumentet var i bruk. Brukere fra NGU anvendte SEM/EMS i hele 372 timer dette året. Derav var 306.5 timer eller 82.4 % med operatør. Dette viser en utvikling hvor NGU-brukerne har blitt mer kjent med instrumentet, og kan kjøre noe mer selvstendig. Estimert kjøring for NGU i 1984 var 320 timer, noe som ble overskredet med 52 timer. Behovet for anvendelse av SEM/EMS ser altså ut til å være stigende.

SEM/EMS NGU 1984: 372 timer.

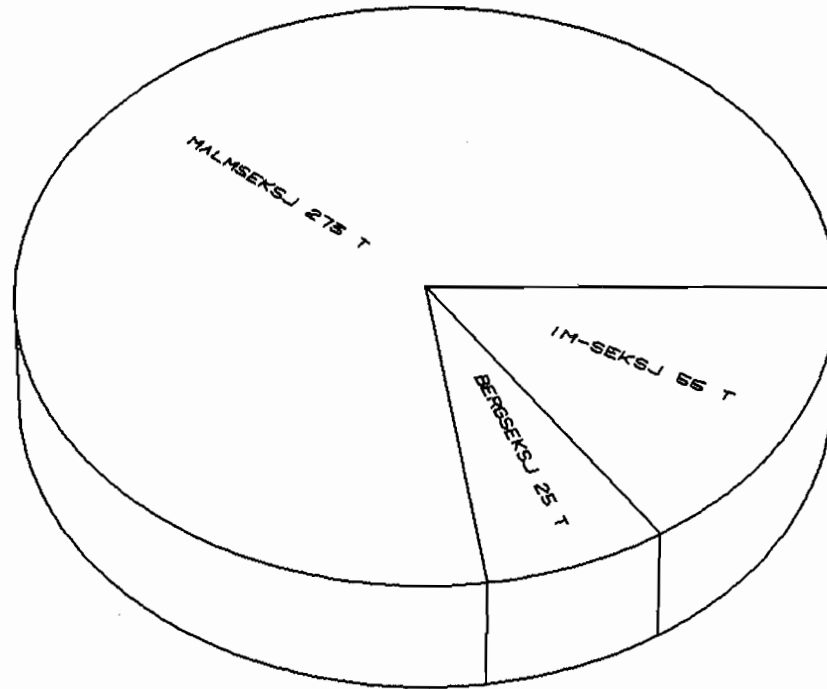


Figur 3.

Figur 3 viser NGU's timeforbruk på instrumentet i 1984 fordelt på avdelingene. Berggrunnsavdelingen har tydelig økt sitt bruk, mens løsmasseavdelingen og geokjemisk avdeling ser ut til å ha hatt et mindre behov for å bruke SEM/EMS.

Figur 4 viser Berggrunnsavdelingens timeforbruk i 1984 fordelt på seksjonene. Her ser man at alle seksjonene har hatt en økning fra 1983, men malmseksjonen har den klart største økningen fra 139 til 273 timer.

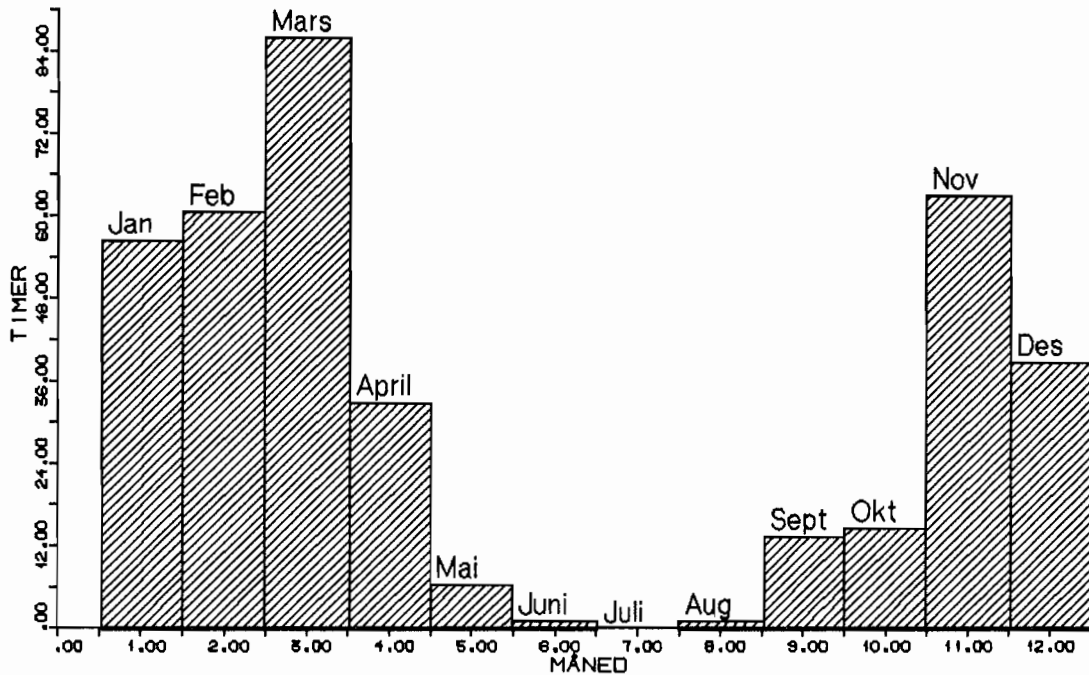
SEM/EMS Berggr.avd. 1984: 353 timer.



Figur 4.

Siden 1984 var det første hele året instrumentet var i bruk, er det interessant å se hvordan bruken fordeler seg på årets måneder. Figur 5 viser denne variasjonen.

SEM/EMS bruksfrekvens NGU 1984.



Figur 5.

Figur 5 viser hvor stor innvirkning NGU's feltsesong har på bruken av SEM/EMS. I mai, juni, juli og august er det omtrent ingen bruk av instrumentet fra NGU's side. Dessverre har også IKU en lavsesong på instrumentet i denne tiden, da de har sine tokt om sommeren. Dette gjør at instrumentet har en svært lav utnyttelsesgrad i tre til fire måneder hvert år.

Videre viser figur 5 at det tar lang tid fra geologene kommer hjem fra feltarbeidet i aug/sept til slipene begynner å komme. Kjøringen på instrumentet i september og oktober gjøres vesentlig på gamle slip. Videre har selvfølgelig høytider som jul og påske innvirkning på utnyttelsen av instrumentet.

BRUK AV OPERATOR

Ingeniør Boassen fungerer både som administrator av SEM/EMS og som operatør. Som nevnt ovenfor, viser bruken av operatør en svakt nedadgående tendens, noe som skyldes brukernes økende erfaring med instrumentet. Det er imidlertid ikke rimelig å vente at bruken av operatør skal kunne reduseres mer enn til ca. 50 % av kjøretiden i overskuelig framtid.

Behovet for operatør-assistanse for NGU-brukere er størst ved standardisering, re-standardisering, start av analyser, vurdering av kvalitet på analyser, BEI/SEI-kjøring, opptak av BEI/røntgenbilder for IPP og ved kjøring av lite brukt software. De delene av SEM/EMS-kjøring som NGU-brukere bør klare uten operatør, er kvalitative analyser (EDS), rutine kvantitative analyser og studier av prøver ved hjelp av tilbakespredte elektroner og sekundær-elektroner.

Da leieavtalen ble skrevet, var det fra NGU's side tenkt at de enkelte brukere skulle lære seg bruken av instrumentet selv, slik at det ikke var nødvendig å bruke operatør fra IKU. Dette ble tenkt før man var klar over instrumentets og softwarens kompleksitet. NGU så den gang på instrumentet bare som ren mikrosonde. Bruken av instrumentet som produsent av store antall mineral-analyser har imidlertid vært svært beskjeden. For det første er kvaliteten på analysene så bra at det ikke er nødvendig med store antall av analyser for å få god statistikk på dem, og for det andre har brukerne vært flinke til å benytte seg av de mange tilleggsmulighetene instrumentet gir.

Dette gjør at en ikke kan vente at de enkelte brukere skal kunne sette seg inn i bruken av instrumentet på en slik måte at de kan kjøre helt selvstendig. Erfaringene hittil har vist at det er en fulltidsjobb å holde seg ajour med instrumentets software. Det er betegnende at en ennå ikke har hatt anledning til å utprøve instrumentets muligheter fullt ut.

Det vil altså fortsatt være behov for å bruke operatør i ganske stor utstrekning. Ingeniør Boassen har ved sin praksis på mikrosonder fått en god del erfaring med undersøkelser av geologisk materiale, og har god kjennskap til geologisk/mineralogiske problemstillinger som kan løses ved hjelp av SEM/EMS.

Det er imidlertid ønskelig at brukerne forsøker å minimalisere operatørbruken i fremtiden, da prisen pr. operatørtime i 1985 ligger på kr 320,-.

KOSTNADER

Det er vanskelig å gi en fullstendig oversikt over kostnadene ved bruk av instrumentet i 1983 og 1984, da begge disse årene var spesielle. I 1983 kom ikke regulær kjøring i gang før 1. mars, og en hadde endel innkjøringsproblemer. Dette året betalte NGU ikke noe for bruk av operatør. Høsten 1984 ble det inngått en avtale mellom NGU og IKU om

bytting av tjenester som gjorde at 129,5 timer ved instrumentet ikke ble fakturert.

I 1983 ble det totalt brukt 357.900 kr til SEM/EMS, derav 277.200 kr til kapitalkostnadene. Dette tilsvarer en totalpris på kr 1431,60 pr. time. Pengene kom fra 11.6.8 med 200.000, Finnmark med 100.000 og USB med 60.000.

I 1984 ble det totalt brukt 378.223 kr, derav 255.816 kr til kapitalkostnadene. På 372 timer tilsvarer dette kr 1016,73 pr time. Trekker en fra de timene som ikke ble fakturert, blir timeprisen kr 1541,45. Det er mange måter å vurdere en slik timepris på. En måte er å ta et eksempel med kvantitative analyser på magnesitt. I løpet av 7 timer ble det bl.a utført 116 analyser, noe som tilsvarer 16,5 analyser pr. time. Med nevnte timepris vil det si en pris pr. analyse på kr 93,42. Hadde det bare vært kjørt kvantitative analyser, ville det den dagen blitt utført bortimot det dobbelte antall analyser. Sett på bakgrunn av kvalitet og kvantitet på resultatene en får, er timeprisen på utstyret moderat.

I 1984 ble utgiftene fordelt på 11.6.23 med 254.422 kr, Finnmark med 110.000 kr, Grusregisteret med 9.771 kr og Minnor med 4.030 kr.

De variable driftsutgiftene i 1984 ble 378.223 - 255.816 kr = 122.407 kr. 4.422 kr ble brukt til pådampinger og film i den tiden som ikke ble fakturert av IKU. De resterende 117.985 kr ble fordelt på :

Leie av instrument:	60.625 kr
Operatør:	53.405 kr
Pådamping:	2.200 kr
Film:	1.755 kr

ERFARINGER MED INSTRUMENTET

Etter at innkjøringsproblemene ble ordnet, har instrumentet fungert meget bra både som mikrosonde og scanning elektronmikroskop. Både hardware og software fungerer etter forutsetningene. Nye forbedrete versjoner av programmene har tidligere blitt sendt fra Tracor, og ingeniør Boassen lager også endel forandringer etter ønsker fra brukerne. Reproduerbarheten for analysene har vært bra. Endel av de standardene som har vært kjøpt, er imidlertid av dårlig kvalitet.

Det ser ut som om valg av instrument-konfigurasjon stort sett har vært vellykket. Innkjøringsproblemene har som tidligere nevnt, skyltes at det ble montert fire WD-spektrometre. Begrunnelsen for at fire WD-spektrometre ble valgt, var at man med disse skulle kunne få utført automatisk modal-analyse av slip. Dette har det ennå ikke vært behov for, dessuten er det mulig å foreta areal-beregning av mineralfaser ved hjelp av prosessering av backscatter-elektron bilder med IPP (Image Processing Program) og bevegelse av prøvebord. Dette er en mye raskere og dermed billigere metode. Mye av innkjørings-problemene kunne altså vært unngått

hvis man på forhånd hadde vært klar over dette forholdet og nøydt seg med et mindre antall WD-spektrometre. Instrumentet hadde på den måten også blitt noe billigere. Alle de fire WD-spektrometrene blir imidlertid brukt for å forbedre tellestatistikken ved kvantitative analyser, og for å minimalisere analysetiden ved WDS-analyser.

Som oversiktene over bruk av instrumentet viser, blir det mest brukt i økonomisk-geologiske problemstillinger. Det er oppdaget endel meget interessante mineralogiske forhold ved hjelp av instrumentet. Som eksempler kan nevnes PGM i Lillefjell-klumpen, PGM i Jotundekket, Sc,V-rik daviditt i en U,REE-førende albittfels fra Biggejavri og ren magnesitt og forsteritt fra Raudbergfeltet.

Som oversiktene også viser, har geologene fra Løsmasse-avdelingen brukt instrumentet bare i beskjeden grad, det er da særlig SEM-delen som er aktuell for kvartær-geologene. Løsmassegeologene ved IKU finner en hel rekke anvendelser av SEM i sine problemstillinger. Ved studier av sedimenter skulle en vente at en SEM kunne gi svar på mange spørsmål om bl.a strukturer, retningselementer og mineralogi i leirholdige sedimenter, overflatestrukturer på klastiske korn og omvandlingsforhold i sedimenter. På IKU finnes det utstyr for og ekspertise på frysetørring av leirprøver. Erfaringene etter to års bruk av instrumentet viser imidlertid at for både IKU og NGU er bruken svært person-avhengig. Noen få brukere benytter størsteparten av brukstiden, og de som først har begynt å bruke instrumentet, finner stadig nye anvendelser for det. Til tross for arrangering av flere demonstrasjoner for Løsmasse-avdelingens ansatte, har de ennå ikke funnet noen utstrakt anvendelse av SEM.

FRAMTIDIG BRUK

I 1984 ble avtalt NGU-kjøring overskredet med 52 timer. En kan i framtiden vente økende behov for bruk av SEM/EMS. Det er rimelig å anta at bruken i løpet av et par år vil nærme seg 450 timer pr. år, med de konsekvenser dette vil få for NGU's budsjett. Til nå har det ikke vært noen form for restriksjoner på bruken av instrumentet. I prinsippet er heller ikke dette ønskelig, da total timepris på instrumentet går ned med økende antall timer over 320 pga kapitalutgiftene som er konstant. Det er videre ønskelig at nye brukere, som kvartærgeologene, slipper til på instrumentet. Det er flere måter å øke bruken av instrumentet på:

1. Økt bevilgning over NGU's ordinære budsjett og budsjettering av evt. SEM/EMS-kjøring ved planlegging av eksternt finansierte prosjekter.
2. Effektivisering av kvantitative analyser ved automatisk kjøring om natten. Kjøringen belastes da bare med kr 100,- pr. time. Nattekjøring bør foretas umiddelbart etter kjøring på dagtid og med samme standardisering.
3. Overføring av IPP-bilder på rasterform til MINGU på Nord 100 for videre prosessering. Prosessering på TN 2000 med IPP blokkerer for annen bruk av instrumentet, og koster 1500 kr/time.

En kombinasjon av disse løsningene vil hindre uønskede restriksjoner på bruken av instrumentet. For å få tid til økning av bruken, er det nødvendig i økende grad å ta sommersesongen i bruk.

Kjøringen bør også i framtiden organiseres på samme måte som nå, da nåværende ordning har fungert bra. Hovedtrekkene avtales i samarbeid mellom IKU og NGU, hvor man tar hensyn til tidsbegrensede prosjekter, ren oppdragskjøring og høysesonger for institusjonene. Den enkelte bruker avtaler direkte med Boassen på IKU. Bestillingslister for hele år forsøkes unngått, da problemstillinger som krever SEM/EMS-undersøkelser kan oppstå på kort varsel, og det er svært frustrerende å vente i månedsvis på å finne løsning på sine problemer. Det ideelle målet er at SEM/EMS skal være nesten like tilgjengelig som et mikroskop for brukerne. Det vil derfor bli tatt spesielt hensyn til brukere med særlig hastverk, slik at de etter avtale kan overta tid etter andre brukere.

Avtalen om bruk av SEM/EMS med IKU har nå vært virksom i vel to år, og formelt går den ut 19/4 1987. I løpet av 1986 bør vi på NGU ha avklart våre videre planer med instrumentet, slik at dette forholdet i god tid kan avklares med IKU.

NGU 13/3 1985.

Stig Bakke

Stig Bakke
forsker.