

NGU Rapport 94.062

Samtolkning av geodata i Grongfeltet

status pr. 30.06.94

Rapport nr. 94.062		ISSN 0800-3416		Gradering: Åpen	
Tittel: Samtolkning av geodata i Grongfeltet - status pr. 30.06.94					
Forfatter: Jan Sverre Sandstad , Arne Reinsbakken, Per Ryghaug og Jan Reidar Skilbrei			Oppdragsgiver: NGU/Nord-Trøndelag Fylkeskommune		
Fylke: Nord-Trøndelag			Kommune: Røyrvik, Lierne, Grong, Namskogan		
Kartbladnavn (M=1:250.000) Grong			Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1823 I, 1823 IV, 1824 I-III, 1924 I-IV		
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall: 48 Pris: kr 350,- Kartbilag: 1		
Feltarbeid utført:		Rapportdato: 20.06.94		Prosjektnr.: 67.2509.47	
				Ansvarlig: 	
Sammendrag: Formålet med prosjektet 'Samtolkning av geodata i Grongfeltet' er å påvise nye malmreserver som kan sikre videre gruvedrift i Grongfeltet gjennom samtolkning av geologiske, geofysiske og geokjemiske data. Rapporten beskriver arbeidet som er utført innenfor prosjektet i løpet av våren 1994. Hovedvekten av arbeidet er lagt på videreutvikling av metoden for digital samtolkning av geodata og tilrettelegging av alle grunnlagsdata og resultater som kan være til nytte ved prospekteringen i Grongfeltet. Prosjektet er presentert for et utenlandsk prospekteringselskap og en reiserapport fra en studietur til Canada er vedlagt. Arbeidet med tilrettelegging av geologiske, geofysiske og geokjemiske data som kan benyttes under samtolkningen er presentert. Data finnes som ulike bilde-behandlingsfiler (ERDAS), digitale kartdatabaser (Arc/Info) og regnearktabeller. P.g.a. kommunikasjonsproblemer mellom ulike programsystemer har vi noen vanskeligheter med å utnytte all informasjon i noen få datasett under samtolkningen. Gjennom samtolkningen har vi påvist områder for videre oppfølging sommeren 1994, hovedsakelig innenfor Gjersvikgruppens grønnsteiner i Gjersvik-Bjørvatn området. I tillegg vil årets feltarbeid omfatte helikoptermålinger, dyp-EM målinger og geologisk kartlegging og prøvetaking.					
Emneord: Malmgeologi		Berggrunn		Geofysikk	
Geokjemi		Sulfid		Samtolkning	
				Fagrapport	

INNHold

1	INNLEDNING	4
2	GEOLOGI	5
	2.1 Fastfjellsgeokjemi	6
3	GEOFYSIKK	10
4	LØSMASSEGEOKJEMI	14
5	OVERSIKTER	15
	5.1 Litteraturoversikt	15
	5.2 Kartdatabase over tidligere objektundersøkelser	15
6	SAMTOLKNING	20
	6.1 Utvalgte områder for oppfølging	21
7	KONKLUSJON	27
8	LITTERATUR	28

FIGURER

Figur 1. Prøvelokalitetskart fastfjellsprøver i Gjersvikgruppen	7
Figur 2. PER diagrammer av prøver fra Joma-området	9
Figur 3. VLF kart over helikoptermålingene i Grongfeltet i 1993	12
Figur 4. U-Th-K stråling fra helikoptermålingene i 1993, Tunnsjøen NV.	13
Figur 5. Prøvelokalitetskart for bekkesedimentprøver, Gjersvik-Bjørkvatn området ...	16
Figur 6. Kobber i bekkesedimentprøver, Grongfeltet	17
Figur 7. Cu-Pb-Zn i bekkesedimentprøver, Gjersvik-Bjørkvatn området	18
Figur 8. Kartdatabase over tidligere objektundersøkelser, Grongfeltet	19
Figur 9. Magnetiske og EM data og berggrunnsgeologi, Grongfeltet NV	23
Figur 10. Magnetiske og EM data og berggrunnsgeologi, Gjersvik-Bjørkvatn området ..	24
Figur 11. VLF, EM og berggrunnsgeologi, Gjersvik-Bjørkvatn området	25
Figur 12. Kobber i bekkesedimentprøver, Gjersvik-Bjørkvatn området	26

VEDLEGG

Tabell 1. Revy av griddefil for Cu i bekkesedimentprøver	Vedlegg 1
Reiserapport fra studiereise til Canada, 5. - 20. mai 1994	Vedlegg 2

1 INNLEDNING

Prosjektet 'Samtolkning av geodata i Grongfeltet' er et samarbeidsprosjekt mellom NGU/Nord-Trøndelagsprogrammet og Nord-Trøndelag Fylkesskommune. Fylkesskommunen bidrar med 1 mill. kr øremerket prosjektet i 1994. Prosjektet har fortsatt tilgang på data fra Grong Gruber selv om Norsulfid formelt har trukket seg fra prosjektet.

Denne rapporten oppsummerer arbeidet som er gjort innenfor målsetningene som ble revidert fra årsskiftet 1993/1994.

1. Påvise nye malmreserver som kan sikre videre gruvedrift i Grongfeltet.
2. Videreutvikle en metode for digital samtolkning av geologiske, geofysiske og geokjemiske datasett for å identifisere områder som er gunstige for objektrettet malmleting.
3. Bestemme malmgeologiske modeller for dannelsen og opptreden av vulkanitt-tilknyttede sulfidmalmer (VMS-forekomster) i Grongfeltet.
4. Tilrettelegge alle tilgjengelige geodata (grunnlagsdata og resultater) som kan være til nytte ved prospektering i Grongfeltet.
5. På basis av den totalkunnskap som framkommer gjennom forannevnte medvirke til at en eller flere prospekteringsselskap trekkes inn i Grongfeltet som erstatning for Norsulfid/Outokumpu.

Målsetningene for prosjektet er endret med større vekt på objektrettede undersøkelser. Kjerneboring som er i gang i Godejord nå i sommer er et eksempel på oppfølging av et konkret objekt selv om dette ikke er direkte generert av dette prosjektet. Prospekteringsfondet finansierer 50 % av kostnadene ved arbeidene i Godejord.

Hovedvekten av arbeidet er i løpet av våren 1994 lagt på gjennomføringen av pkt. 2 og 4 ovenfor. I tillegg er prosjektet presentert for RTZ v/ Colin Harris den 19. april med positiv respons. En studietur til Canada (A.R. og J.S.S.) med gruvebesøk, diskusjoner, kurs og foredrag er gjennomført i perioden 5. - 20. mai og har gitt mye nyttig kunnskap og kontakter (Vedlegg 2). Vi har nå et bedre grunnlag til å vurdere de ulike metodene som kan benyttes for å påvise områder med hydrotermal omvandling tilknyttet dannelsen av VMS-forekomster. Betydningen av stratigrafisk kontroll, dype strukturer og synvulkanske intrusjoner ble samtidig understreket av geologer vi var i kontakt med.

Når det gjelder videreutvikling av samtolkningsmetodikken og ved hjelp av denne påvisning av nye områder gunstige for objektrettet malmleting, har vi hatt visse problemer med programsystemene på arbeidsstasjonen. Mer tid er gått til forskning og utvikling enn forutsatt. Hovedproblemet ligger i kommunikasjonen mellom bildebehandlingssystemet og det geografiske informasjonssystemet. Bildebehandlingssystemet (ERDAS/Imagine) er kraftig forbedret sammenlignet med det som ble benyttet i tidligere samtolkningsprosjekter i

Kautokeino og kan bedre utnytte all informasjon i måledataene. Men GIS-systemet (Arc/Info) er ikke i stand til å utnytte denne forbedringen. Trolig vil dette problemet løses når en ny versjon av programvaren blir installert (ERDAS/Imagine 8.1), forhåpentligvis i løpet av sommeren 1994. Arbeidet med tilrettelegging av data er godt i gang. En Arc/Info kartdatabase med oversikt over de arbeidene som er gjort omkring kjente objekter er framstilt og litteraturreferanser som angår Grongfeltet er samlet i egen rapport (Sørdal 1994).

I tillegg til forfatterene har følgende medarbeidere ved NGU deltatt i diskusjoner under samtolkningen og med tilrettelegging og presentasjon av data: Jørgen Ekremsæther, Leif Furuhaug, Tor Grenne, Arne Solli og Torbjørn Sørđal.

2 GEOLOGI

Geologisk beskrivelse av Grongfeltet og det regionale berggrunnskartet er tidligere gitt av Sandstad & Reinsbakken (1994). Mindre justeringer og oppdateringer er foretatt av det regionale berggrunnskartet i denne rapporten (Kart 1). Kun mindre feil som oppsto under digitalisering og koding er korrigert. Den mest merkbare forandringen skyldes innlegging av digitale vannkonturer og elv- og bekkesystemer. Asplan/Viak har bearbeidet digitalt grunnkart fra Statens Kartverk, serie N50, og tilrettelagt disse for bruk i GIS-systemet. Disse data inkluderer alle vann og dreneringssystemer som er framstilt på topografiske kart i målestokk 1:50.000, serie M711 med projeksjon ED50 i UTM-sone 33. Kun vann større enn 60.000 km² er uttegnet med hvit farge på Kart 1, men omrissene av vann større enn 10.000 km² er i tillegg vist. Den beregnede konduktansen til elektriske ledere (dvs. produktet av ledningsevne og mektighet) er også plottet på kartet med graderte symboler.

Detaljert berggrunnsgeologi i Gjersvik-Bjørkvatn området er digitalisert i målestokk 1:20.000 og benyttet under samtolkningen. Kartet er ikke polygonisert da enkelte grenser ikke er ferdig kartlagt, men dette har mindre betydning under samtolkningen. I tillegg er fargelagte berggrunnskart fra detaljområder, f.eks. Borvasselv-området, scannet for bruk under visuell samtolkning da bildebehandlingssystemet tillater at flere bildevinduer kan vises samtidig på skjermen. De scannede kart kan koordinatfestes når vi ønsker direkte sammenkobling mellom forskjellige datasett.

Data fra kjente malmforekomster i Grongfeltet er oppdatert, lagret på NGU's Oracle database og overført til Arc/Info. Kjemiske analyser fra de fleste forekomstene er lagt inn i den samme databasen og kan leses fra denne. Prøvene er analysert på syreløselig del av 30 grunnstoffer og i tillegg finnes totalanalyse av gull, platinagruppe metaller og svovel.

2.1 Fastfjellsgeokjemi

Analysen av fastfjellsprøver fra Gjersvikgruppens metavulkanitter og intrusiver og Jomagrønnsteinen er systematisert. Data er lagret på ti filer i regnearkprogrammet Quattro Pro. Analysene er gjort i perioden 1974-1991 av NGU og Geologisk Institutt ved NTH. Full silikatanalyse (hoved- og 12 sporelementer) er gjort av 460 prøver ved bruk av XRF og våtkjemiske metoder. Ca. 400 prøver er fra Gjersvikgruppen og inkluderer regionale vulkanitter i området fra Skorovatn til Gjersvik, sterkt omvandlete bergarter nær malmene i Skorovas og Gjersvik og ulike intrusiver fra Skorovatn og vestover. De 60 analysene fra Joma-området representerer både regional grønnstein og omvandlete bergarter nær malmen. Lokaliseringen av ca. 200 koordinatfestede prøver innenfor Gjersvikdekket er vist på Fig. 1. De andre prøvene innenfor Gjersvikdekket er hovedsakelig innsamlet i nærheten av malmen i Skorovas.

Analysene er utført over en lang periode med bruk av forskjellige XRF-instrumenter og teknikker og i to forskjellige laboratorier. Det er påvist nivå-forskjeller mellom laboratoriene i analysen av prøver fra Joma-området. Dette fører til problemer når analyser fra ulike analyseserier skal sammenlignes. Derfor kan det være nødvendig å reanalysere tidligere prøver for å ha et mer enhetlig datagrunnlag. Vi har inntil nå behandlet de enkelte analyseserier hver for seg.

Data fra Joma-området er undersøkt med bruk av PER analyse v.h.j.a. Quattro Pro regnearkprogram av Hans Madeisky, Vancouver, Canada. PER diagrammer av kjemiske analyser gir en meget hurtig og god grafisk framstilling av magmatiske trender og grad av omvandling i vulkanske bergarter. Denne teknikken (Stanley & Madeisky 1994) bruker forholdet mellom mobile og inkompatible, immobile elementer (f.eks Si/Zr) uttrykt i mol konsentrasjoner for å unngå problemet med at bergartsanalysene skal summeres til 100 vekt%. Bruk av mol konsentrasjonen medfører at massetransporten kan bli direkte relatert til mineralformler og kjemiske reaksjoner og problemet med endring i vektprosent på grunn av volumendring forsvinner. En annen fordel med å benytte mol-forhold er at gode resultater kan oppnås med forholdsvis enkle analyse-serier. Det er variasjonene i disse element-forholdene som er det sentrale i PER analyse og ikke de eksakte verdier som har betydning. Det vil si at total-analyser ikke er absolutt nødvendige.

Utgangspunktet for analysen er å benytte såkalte 'conserved elements' (dvs. elementer som ikke er påvirket av massetransport; Ti, Zr, Y og/eller Al) for å finne forskjellige fraksjonerings-trender og for å skille ut de ulike magmatiske/vulkanske serier. Stanley & Madeisky (1994) har utarbeidet ulike fraksjoneringsmodeller for mafiske ekstrusiver, f.eks olivin-klinopyroksen-plagioklas (ol-cpx-pl) eller klinopyroksen-plagioklas (cpx-pl) fraksjonering (Fig. 2). Friske bergarter som er dannet ved cpx-pl fraksjonering følger fraksjoneringslinjen, mens omvandling med tillegg eller tap av Ca, Na og/eller K fører til at prøvene vil plote over/under denne linjen. Avstanden fra linjen kvantifiserer mengden av massetransport for de



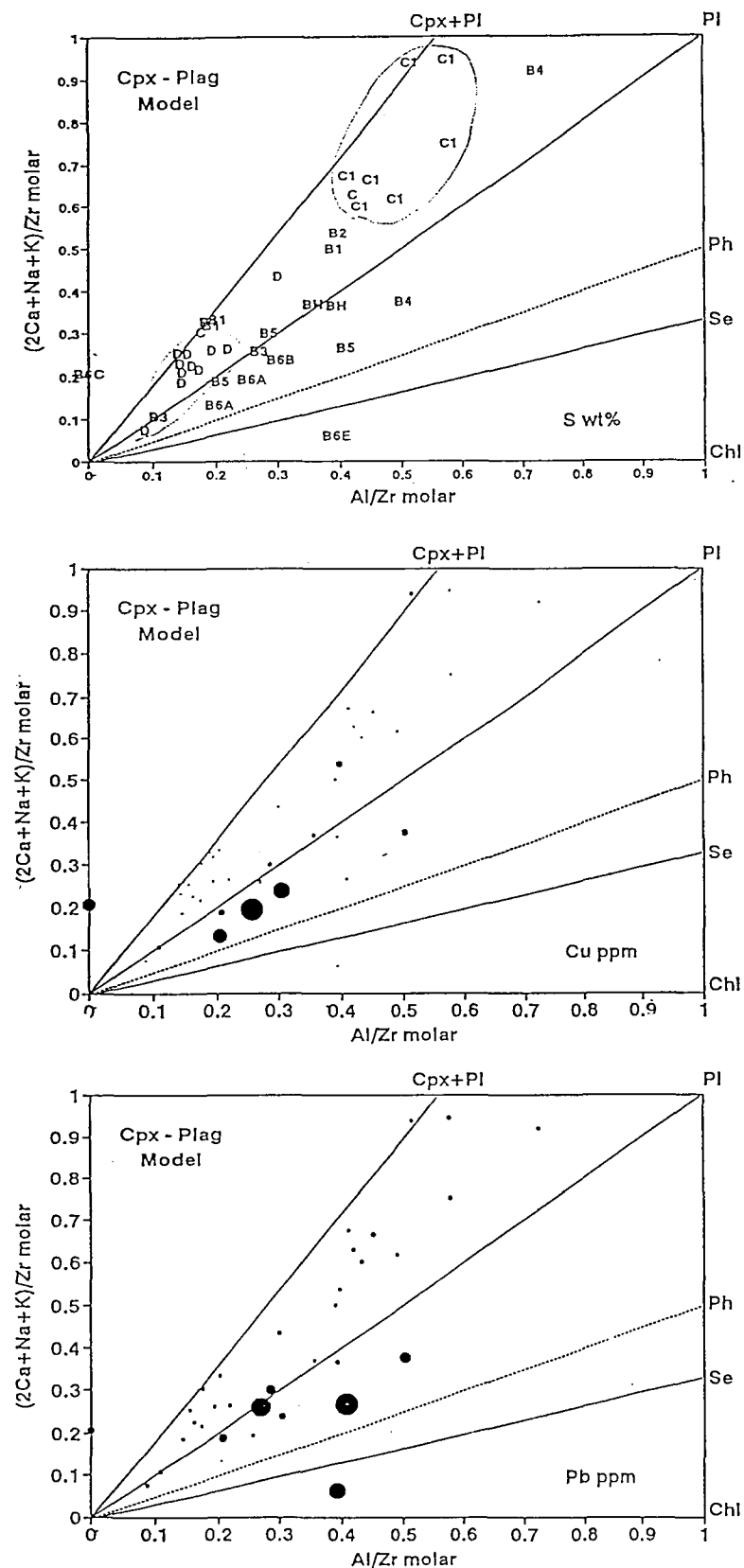
Figur 1. Prøvelokaliteter () for fastfjellsprøver med kjemiske analyser innen Gjersvikgruppen. Målestokk og område, se Kart 1.*

tre elementene. Forskjellige diagrammer kan benyttes for å finne massetransporten for de ulike grunnstoffene.

Kjemiske analyser av grønnstein som tilhører Røyrvikgruppen (Jomagrønnstein) er vurdert av Madeisky i samarbeid med prosjektet. Datasettet består av ca. 40 prøver som er inndelt i tre grupper (Fig. 2a); type D er regionale prøver av grønnstein innsamlet over 3 km fra Jomaforekomsten, type B er fra den intense omvandlingssonen i liggen av malmsonen og type C er fra yngre vulkanitter, stratigrafisk over malmsonen. Linjene på diagrammet viser variasjonene i sammensetning for mineralpar og mineraler; cpx+pl (klinopyroksen+plagioklas), pl (plagioklas), ph (phengitt), se (serisitt) og chl (kloritt). Fig. 2 viser god spredning av dataverdier langs linjen for klinopyroksen-plagioklas fraksjoneringsmodellen. Type C, de yngste metavulkanitten, er de mest primitive og har de laveste Zr-verdier. Spredningen av dataverdiene fra cpx+pl linjen skyldes forskjellig grad av omvandling. Dette vises godt i B-serien, som er fra omvandlingssonen, hvor prøvene plotter ned mot phengitt- og kloritt-

linjene. Med bruk av økende størrelse på symbolene kan variasjonene i en tredje variabel også vises i diagrammet. Fig. 2b viser at prøver som plotter ned mot phengitt-linjen har de høyeste kobber-verdiene. Feltobservasjoner viser at magnetkis og kobberkis er kraftig disseminert i mørk Fe-kloritt rik bergart med mindre albitt nær malmen. B6- og B5-prøvene er kloritt-rike bergarter. Prøve B6E er en Mg-kloritt rik bergart og er innsamlet lengre bort fra tilførselssonen for malmen. Det er interessant å se at denne prøven, i tillegg til B3, B4 og B5 (noe albitt+serisitt+Mg-kloritt) har de høyeste bly-verdiene i datasettet (Fig. 2c).

PER analyser av prøver fra Joma-området gir en hurtig framstilling av data med separasjon av magmatiske serier og viser ulik grad av omvandling. Dette kan være et nyttig verktøy ved oppfølging av detaljområder, men andre metoder vil først benyttes til å avgrense områder egnet for detaljoppfølging. Vi er i ferd med å lære oss teknikken med bruk av et datasett fra Gjersvikområdet. Tilsvarende data er også sendt til H. Madeisky for kontroll av våre analyser. Samtidig vil han også sammenligne to forskjellige datasett fra det samme området. Alle disse analysene vil bli rapportert til høsten.



Figur 2. Mol konsentrasjonene av Al/Zr og $(2\text{Ca}+\text{Na}+\text{K})/\text{Zr}$ plottet i PER diagrammer for fastfjellsprøver fra Joma området. Linjene for variasjonene i sammensetning av cpx+pl (klinopyroksen+plagioklas), pl (plagioklas), ph (phengitt), se (serisitt) og chl (kloritt) er vist. Figur 2a: D; regionale prøver, B; omvandlete prøver og C; prøver av yngre grønnstein (over malmen). Figur 2b: Symbolstørrelsen varierer med kobber-innholdet (max. 7100 ppm Cu). Figur 2c: Symbolstørrelsen varierer med bly-innholdet (max. 223 ppm Pb).

3 GEOFYSIKK

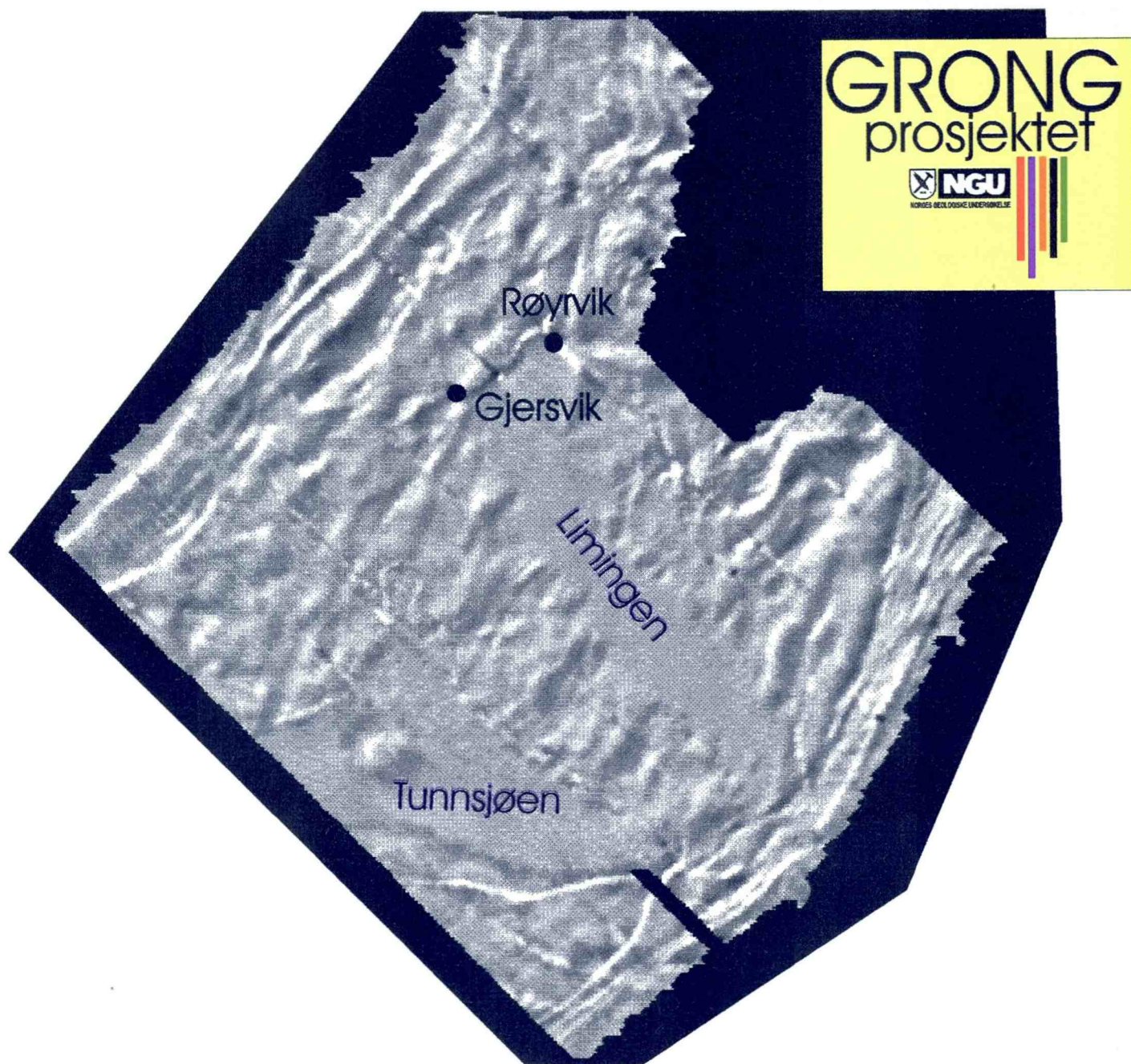
Helikoptermålingene utført høsten 1993 ble ferdig prosessert ved bruk av Aerodat programvare på mikro-Vax i februar i 1994. Data ble så overført først til PC for dataformatkonvertering fra Aerodat binær-filer (real*4) til Geosoft (integer-binær) og så til load-data format (bildebehandlingsformat) som ERDAS kan importere. Alle data fra helikoptergeofysikken ble overført til 16-bits datafiler. Dette medfører at oppløsningen i datasettet blir bevart ved overføring til bildebehandling (man har ca. 32000 nivåer på dataene kontra 256 nivåer ved 8-bits data). Dermed kan hele det dynamiske spennviddet i datasettet kontrastframheves på bildebehandling. Rutenettet til griddete data er 50 x 50 m.

Hvert av datasettene er tatt inn i ERDAS/Imagine. ERDAS/Imagine bruker et .img format. Dessverre kunne ikke Arc/Info benytte seg av .img formatet. Alle *.img filene ble derfor overført til *.lan format, som kan benyttes av Arc/Info. (*.lan er formatet til ERDAS 7.5). Dessverre tar ikke statistikkdelen (*.sta) til .lan filene vare på statistikkinformasjonen som er innebygd i .img filene. Det ble lagt mye arbeid inn for å finne metoder som gjør .lan filene bedre, men problemet ligger i programvaren (ERDAS). Det er dessuten grenser for hvor mye tid man skal bruke på å forske på kommersiell programvare. Løsningen ble derfor å bruke filene som de var. Det er kun filene fra de magnetiske målingene som "ser dårligere ut" vist innenfor Arc/Info enn i ERDAS/Imagine da disse har den største spredningen i måleverdier. Dessuten kan Arc/Info coverages brukes som et eget lag over bildene når man kjører ERDAS/Imagine. Fig. 3 illustrerer hvordan de griddete VLF-målingene framkommer innenfor Arc/Info.

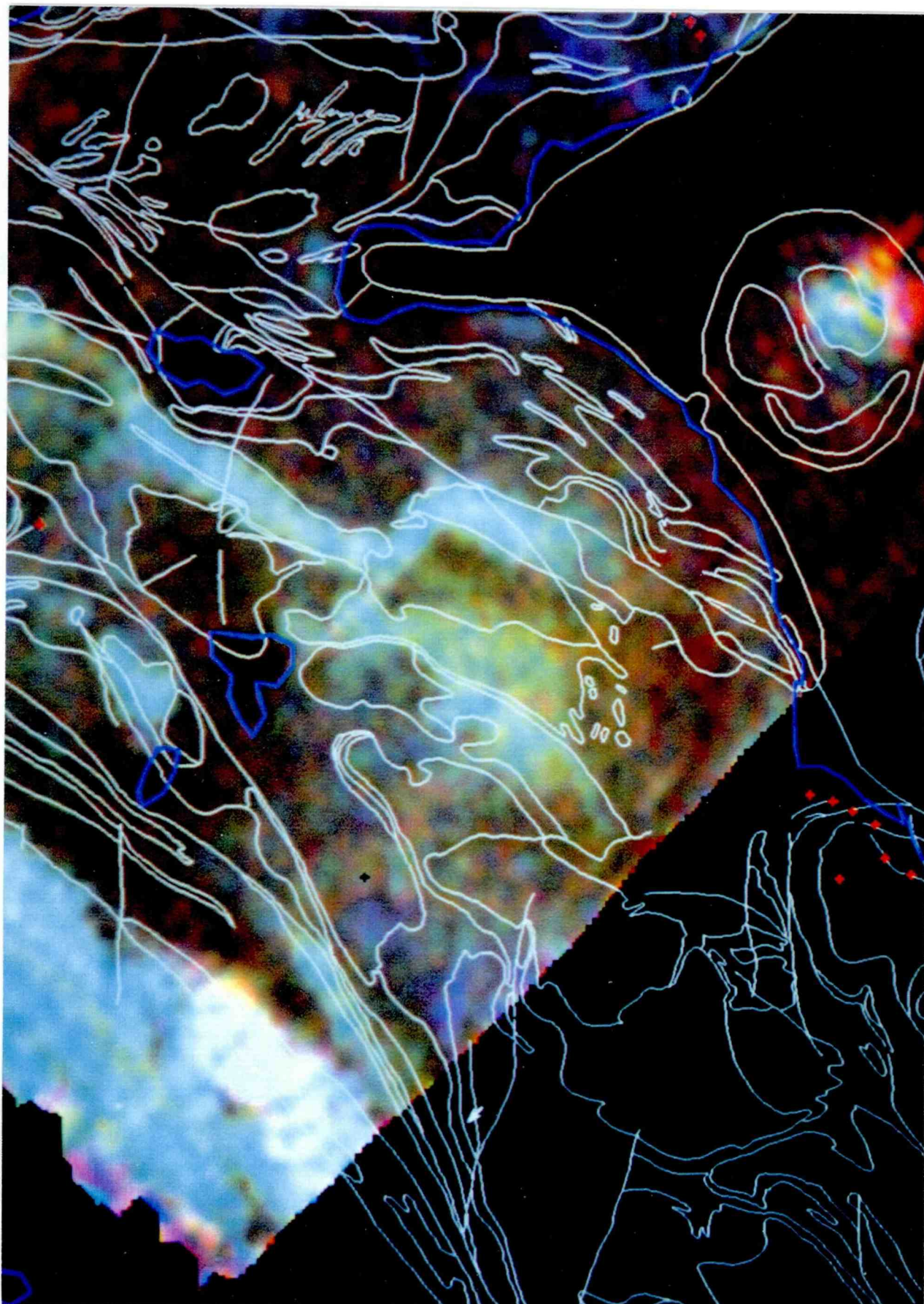
De gamle helikoptermålingene fra 1985 er kartframstilt og delvis reprosessert (NGU rapport 94.040). Dette er data målt i området øst for Limingen for Grong Gruber av Aerodat Ltd i 1985. Utstyret er meget likt det som NGU bruker i dag. Radiometriske målinger ble imidlertid ikke foretatt i 1985. Den originale arkivtapen til Aerodat ble lest inn på mikro-Vax/VMS. Gridd-filene produsert av Aerodat ble transformert til NGU-binær format ("Geir-Strand format"). Disse griddfilene (en for hvert datasett) viste seg å være av altfor dårlig kvalitet. Hvert av de fire delområdene som var dekket var griddet uavhengig av de andre delområdene, slik at kartkantene var elendige selv om de var dekket med to ulike flyretninger. De originale linjedata ble derfor innlest fra arkivtapen, og nivåjusteringer ble gjort på delområdene. Hele området ble så griddet med minimum curvature metoden på mikro-VAX/VMS, i en prosess der alle linjene ble brukt samtidig under griddingen (for å ta vare på all informasjonen i "områdeoverlappene"). Hvert datasett ble kartframstilt på farge-A3 plotter. Det viste seg at gridding av reell-responsen for hver elektromagnetisk frekvens er formålstjenlig. Det er en bedre metode enn å grille og kartframstille kalkulert ledningsevne. (Sistnevnte glatter data, d.v.s "spatial" oppløsning degraderes). Dette er også erfaringen fra årets målinger: skal man identifisere skjerp/forekomster, så må man bruke profildata eller annen originalinformasjon (grid av originalresponsen).

De originale EM-profildata fra helikoptermålingene i 1993 er gjennomgått. Hver eneste anomali innenfor Gjersvikgruppa ble "analysert". Så godt som alle EM-anomaliene pekte på kjente malmsoner/skjerp. I metasedimentene innenfor Røyrvikgruppa er det enorm respons fra grafitt. Konduktansen (dvs. produktet av ledningsevne og mektighet) i mhos (1/ohm) er beregnet og overført via ASCII-format til Arc/Info.

Radiometriske signaturer er veldig variable grunnet overdekke, variasjon i vanninnhold/fuktighet i overdekke og vegetasjon (vann stopper gamma-strålingen). Radiometrikanalene er derfor normalisert og brøkforholdene mellom kalium/thorium, thorium/uran etc. er kartframstilt for å se om disse forholdene (Ratios) er uforandret når en går fra blotninger til overdekket området. Det ble også laget Principal-komponent analyser (PCA) med K, U og Th som input. Så ble hver kanal tilordnet en egen farge: Uran strålingen ble tilordnet rødt, thorium til blått, og kalium til blått. Intensiteten varierer fra 0 til 255 på skjermen for hver farge. På skjermen får man da et trekomponent fargekart (med 255*255*255 farger) som viste seg å være det beste for geologisk kartlegging (Fig. 4). PCA kartene av forholdskartene fremhever støy i altfor stor grad. (Støy som skyldes variasjon i luftfuktighet, terrenghøyde/flyhøydevariasjoner etc.). Radiometrien er spesielt lovende for differensiering av soner innenfor intrusjonene og for å se på forskjeller mellom ulike intrusjoner.



Figur 3. Gridd av VLF-målingene fra 1993 slik de framkommer på skjerm. Målestokk og område, se Kart 1.



Figur 4. Trekomponentkart framstilt i Erdas/Image av radiometriske målinger fra 1993. Rød kanal; U, blå kanal; Th og grønn kanal; K. Områder med lyse blågrønne farger har forhøyd Th- og K-stråling og ligger innenfor felsiske intrusjoner nordvest for Tunnsjøen. Målestokk og områder, se Kart 1. (Reprodusert fra foto av skjerm - bedre kvalitet på skjerm).

4 LØSMASSEGEOKJEMI

I forbindelse med gjennomføringen av to regionale geokjemiske prosjekter i Nord-Trøndelagprogrammet;

- prosjekt nr. 63.1889.99 - Bearbeiding, tolkning og oppfølging av geokjemiske data
- prosjekt nr. 67.2509.45 - Samtolkning og dokumentasjon av mineralressursdata

ble nærmere 7000 bekkседimentprøver, samlet inn fra hele programområdet, analysert på ca. 30 kjemiske elementer, og elementinnholdet er presentert enkeltvis som punktkart og griddede rasterkart (500 x 500 m ruter (pixler)). Samtolkning ble gjennomført med regionale berggrunnsdata, flymagnetiske målinger og data fra malmdatabasen ved hjelp av systemene Arc/Info og Erdas (Ryghaug o.a.1993).

Materialet innen Grongfeltet bestod for en stor del av utplukk (1682 prøver) fra en eldre prøvekolleksjon på 14.086 prøver, samlet inn av det tidligere Grongprosjektet (1971-73). De 1682 utplukksprøvene ble analysert på nytt sammen med de øvrige regionale prøvene fra programområdet. Det aller meste av dette eldre prøvematerialet er nå oppbrukt.

Disse regionale dataene ble ansett som for å være for grovmasket til å gi detaljinformasjon i forbindelse med samtolkningen som skulle utføres i det "nye" Grongprosjektet. Her har flere av de øvrige datatypene oppløsninger på 100 x 100m eller mindre, og målestokken man ønsker å arbeide i er 1:50.000 og større.

Ved hjelp av Geir Strand var det mulig å finne gamle magnetbånd med analysedata for de ca. 14.000 bekkседimentene. Dataene var benyttet i hans doktoringeniør-studier (Strand 1984).

Magnetbåndene var lesbare, og dataene ble lagt inn i Arc/Info som punktkartbase og i tillegg griddet med 100 x 100 m rutenett (NGU-programmet GRIDD). Detaljinformasjon vedrørende griddingen er gitt i vedlegg 1 som viser revy av griddefilen for kobber. Dessverre er kun et fåtall kjemiske elementer analysert. Tilnærmet alle prøver (14029) er analysert på Cu, Zn, Pb og Ni, mens V, Fe, Mn og Co er analysert på fra 8000 til 11000 av prøvene. Ag og Mo er kun analysert på ca 4000-6000 av prøvene. Det henvises til tidligere rapporter vedrørende analysemetodikk etc. (jfr. referanser i Sørđal (1994)).

Det var stor spenning knyttet til kvaliteten på koordinatsettingen for dette materialet. Denne var nemlig basert på en stor flyfotomosaikk fordi gode M711-kart ikke var å oppdrive i begynnelsen av 70-tallet. Man kunne vente seg store forskyvninger av prøvelokalitetene i forhold til det nye digitale N50-grunnkartet som nå er opprettet, noe som ville bli arbeidskrevende å rette opp for nærmere 14.000 registreringer. Et digitalt utplott av alle prøvelokalitetene på nytt N50 bekksystem viste imidlertid at stedfestingen av prøvelokalitetene var forbløffende god (Fig. 5). Ingen større korreksjoner synes nødvendig.

Koordinatene er oppgitt i kartprojeksjon ED50 i UTM-sone 33 med en meters nøyaktighet.

Bekkesedimentgeokjemien som inngår i samtolkningen er presentert som Erdas LAN- og GIS-filer med 100 x 100 m oppløsning. Kart som viser fordelingen av kobber i bekkersedimentene fra Grongfeltet er vist i Fig. 6. Arc/Info punktdata benyttes i tillegg i anomaliområdene på detalj-/objektnivå.

Det er utarbeidet tre-kanals ERDAS-bilder, hvor tre forskjellige elementer vises samtidig i henholdsvis rød, grønn og blå kanal. Disse fargene er såkalte additive farger, dvs. der alle fargene (elementene) har høy intensitet blir den sammenlagte fargen hvit. Tre-komponentkartene er nyttige til å identifisere samvariasjonen mellom elementer og er framstilt for følgende kombinasjoner; Cu-Pb-Zn (Fig. 7), Cu-Zn-Ni og Cu-Zn-Fe. Den innfelte fargeplansen illustrerer fargekombinasjonene som framkommer etter ulike fordelinger av de tre elementene. Tre-komponent kartene sammenstilles med berggrunnskartet og bidrar til en bedre klassifisering av bergarter og mineraliseringer.

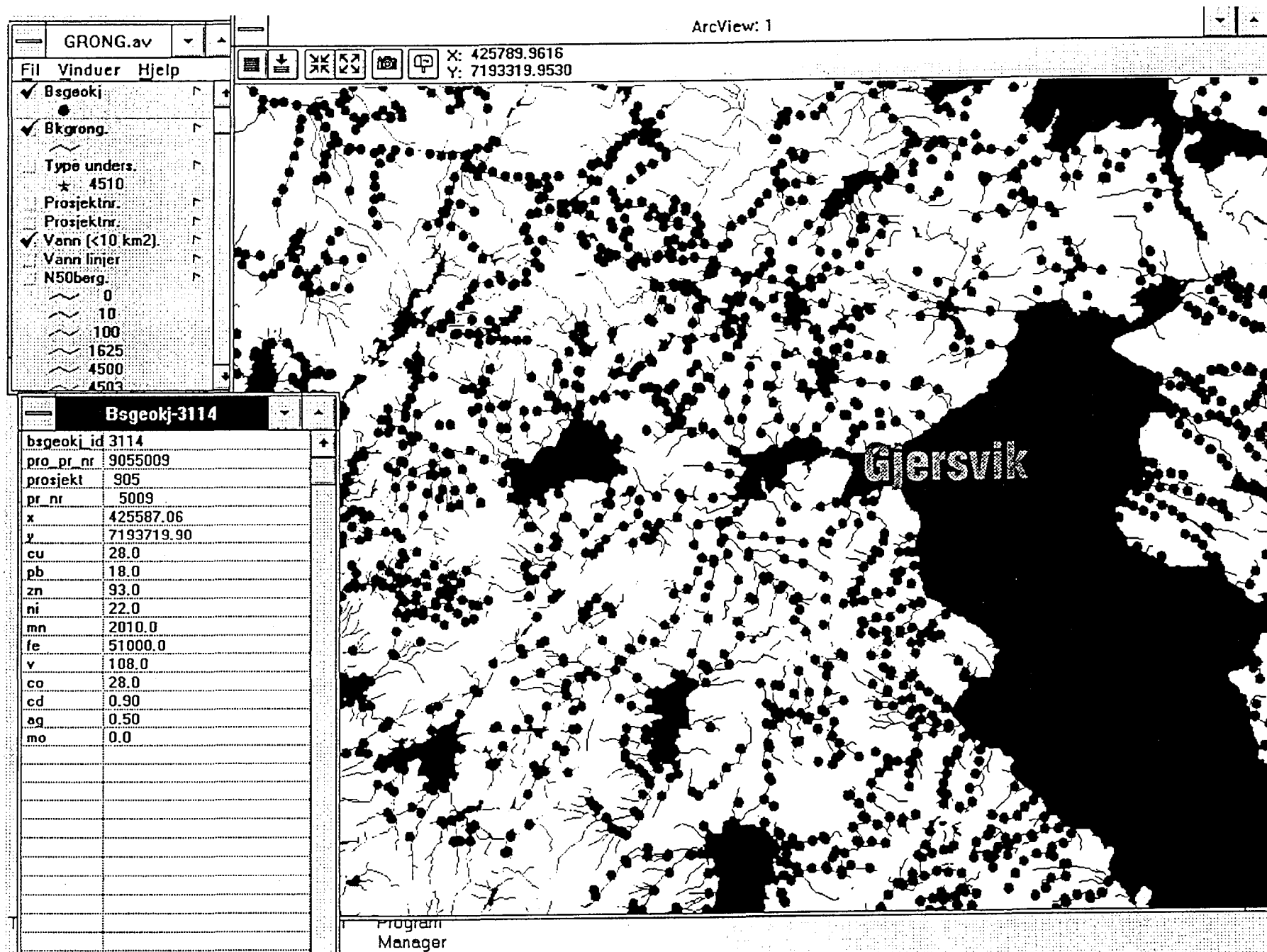
5 OVERSIKTER

5.1 Litteraturoversikt

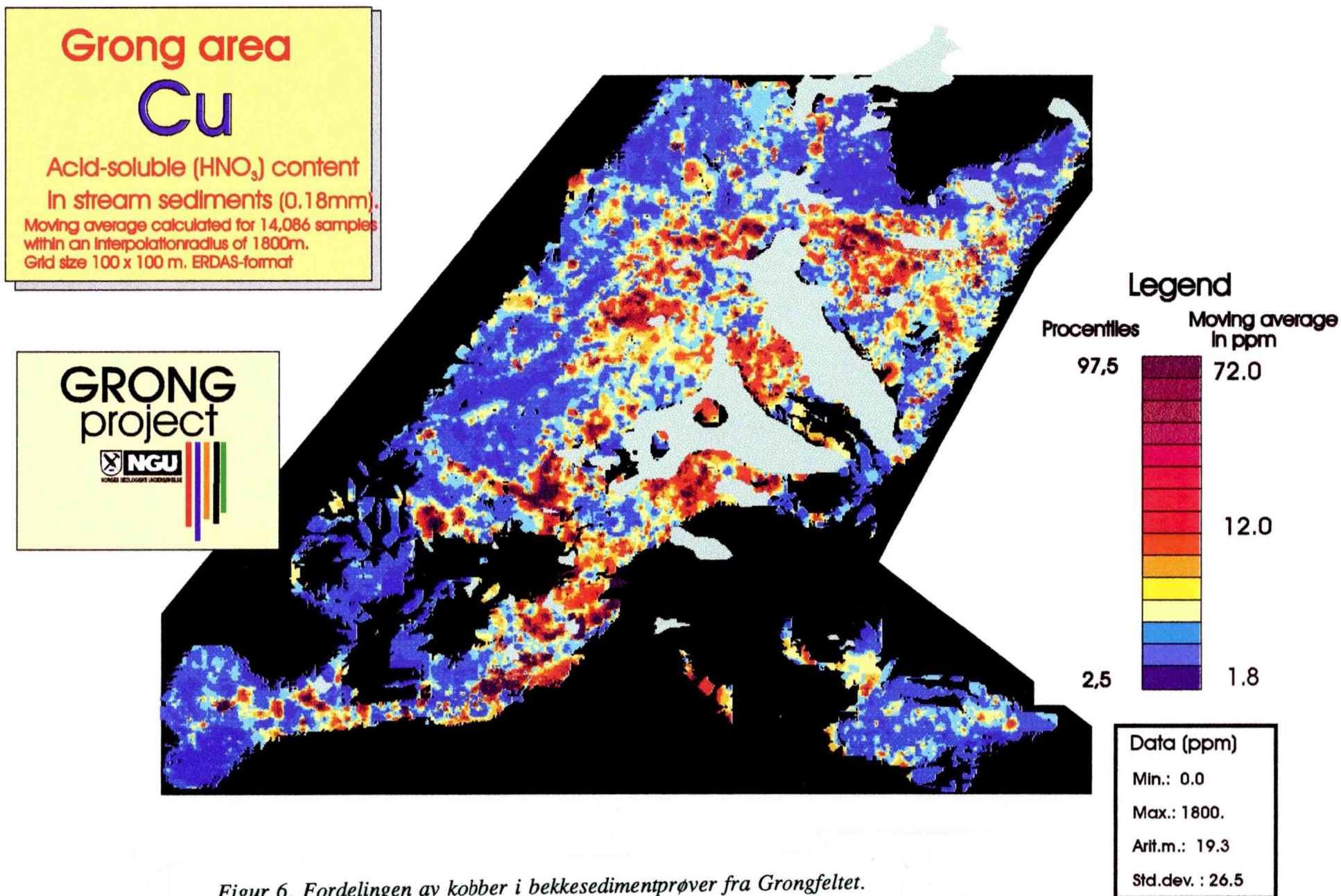
Litteraturreferanser for rapporter, publikasjoner og avhandlinger som angår Grongfeltet er samlet i en egen internrapport (Sørdal 1994). De er sammenstilt fra NGUs referansearkiv, Georef (internasjonal database) og Universitetenes database i Norge. De er lagret på T-disken ved NGUs dataanlegg, under adresse T:\GRONG\REFERANS og vil bli kontinuerlig oppdatert.

5.2 Kartdatabase over tidligere objektundersøkelser

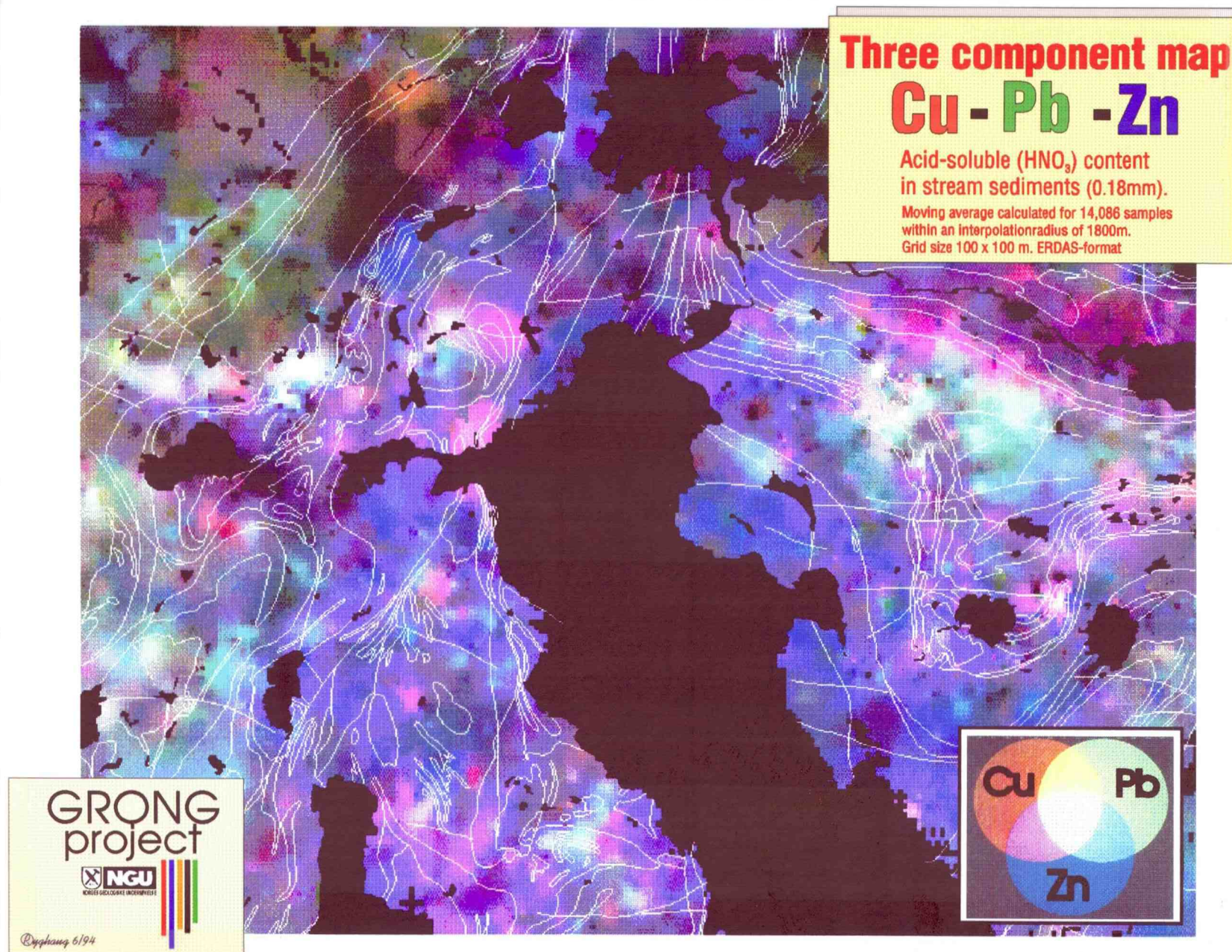
Opplysninger knyttet til tidligere utførte objektundersøkelser er samlet i en Arc/Info kartdatabase og som også kan leses i f.eks. Microsoft Access databaseprogram (Fig. 8). Objektene er digitalisert fra rapportkartene og viser prosjektnummer, objektnummer, kartbilagnummer og undersøkelsestype.



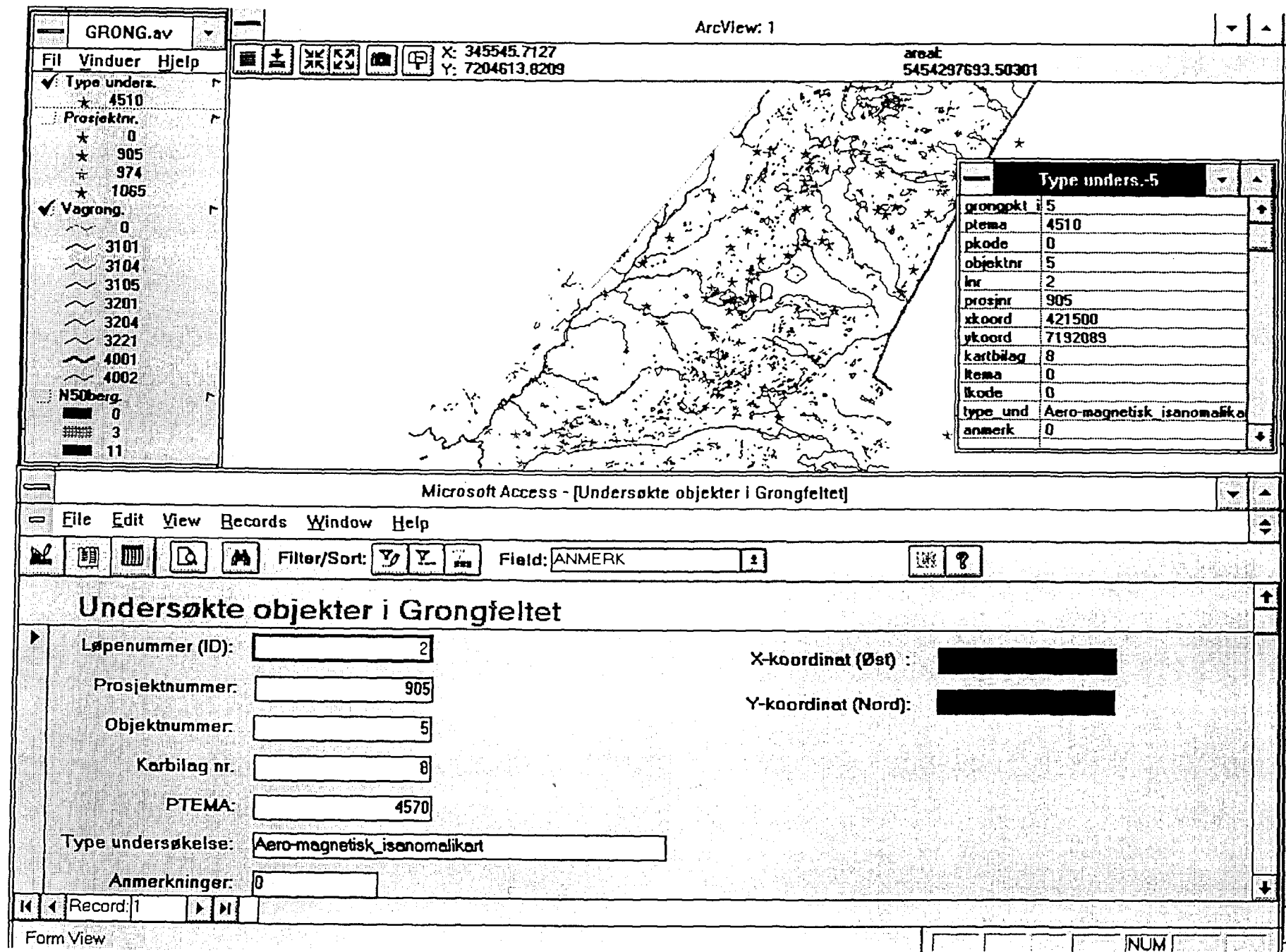
Figur 5. Prøvelokaliteter for bekkesedimentprøver i Gjersvik-Bjørkvatn området plottet på digitalt grunnkart, serie N50 (Statens Karverk tillatelse L K5 4 1312). Målestokk og område, se Kart 1.



Figur 6. Fordelingen av kobber i bekkesedimentprøver fra Grongfeltet.



Figur 7. Tre-kanals Erdas-bilde som viser gjennomsnittskonsentrasjonen av Cu, Pb og Zn i bekkesedimentprøver fra den nordvestlige delen av Grongfeltet. Fargekombinasjonene illustrerer de innbyrdes fordelingene av de tre elementene. Hvite felte framkommer der det er høye konsentrasjoner av alle tre elementer samtidig.



Figur 8. Eksempel på utplukk fra kartdatabasen over tidligere objektundersøkelser. Stjernene markerer områder hvor det tidligere er utført ulike detaljundersøkelser.

6 SAMTOLKNING

Ved samtolkningen har arbeidet vært konsentrert om å sammensstille de geologiske og geofysiske data (Fig. 9). På grunn av problemer med programsystemene som nevnt ovenfor er ikke editering av vektordata foretatt direkte på skjermen med geofysiske data som bakgrunn. Men ved kombinasjonen av å benytte geofysiske bilder med redusert kvalitet (hovedsakelig magnetiske kart) som underlag for geologiske data i Arc/Info og å lese inn geologiske vektordata i ERDAS/Imagine med gode geofysiske data som underlag har vi fått utført visuell samtolkning. Prospekteringsmodellene for Gjersvik-Skorovass og Joma type malmforekomster som er benyttet under samtolkningen er presentert av Sandstad & Reinsbakken (1994)

Arbeidet har vært konsentrert til Gjersvikgruppen innenfor måleområdet fra 1993 (Kart 1). Ved gjennomgang av de *magnetiske målingene* blir den store variasjonen i magnetitt-innholdet i grønnsteinene som ble observert under feltmålingene bekreftet. I tillegg til at de forskjellige grønnsteinsenheter primært har ulike magnetittinnhold, er det trolig også variasjoner som skyldes sekundære omvandlinger. Eksempel på dette er tydelig over Lillefjellet nord for Gjersvik gruve. To tilnærmet vestnordvest-østøst orienterte lavmagnetiske soner, som er flere hundre meter brede, skjærer stratigrafien (Fig. 9,10). Disse variasjonene i de magnetiske egenskapene, sammen med problemene med programsystemene medfører imidlertid at det ikke er mulig å kartlegge ut vulkanostratigrafien direkte fra de magnetiske målingene. Magnetiske dislokasjoner/brudd som kan skyldes forkastninger er ikke systematisk tolket, men enkelte tydelig brudd i de magnetiske målingene er registrert. De er som regel orientert tilnærmet nordvest-sørøst. Det mest markerte av disse følger nordøstsida av Bjørkvatnet og sørøstover langs nordskråningen av Sæterlifjellet (Fig. 10) og et mindre markert parallellt brudd går sør for vannet. To lignende magnetiske brudd er registrert øst for Visletten.

Konduktansene til elektriske ledere er beregnet fra *EM-målingene*. De er gruppert under plotting på berggrunnskartet (Kart 1) og benyttet som et eget punktlag under samtolkningen (Fig. 9). Innenfor Røyrvikgruppens grafittfyllitter er det svært vanskelig å skille mellom fyllittene og eventuelle sulfidmineraliseringer. Vi har da sett etter områder med både positive magnetiske anomalier, som kan skyldes grønnsteiner, og elektriske ledere.

Innenfor Gjersvikgruppen ser det ut til at alle EM-anomaliene sitter nær/på en magnetisk gradient og er forbundet med VLF-anomalier. Dette er en signatur som vi kan ha nytte av i det videre prospekteringsarbeidet, og som er til hjelp ved utvelgelse av områder for oppfølging. VLF-anomaliene kan benyttes til å følge ledende soner med varierende EM-respons.

De radiometriske målingene kan ikke benyttes til å påvise soner med sterk hydrotermal omvandling som f.eks. serisittiseringen på Annlifjell. Omvandlingssonene har trolig for liten utstrekning i forhold til oppløsningen i måledata (~100 x 100 m) selv om tre ganger høyere K-

stråling ble registrert ved bakkemålingene (Sandstad & Reinsbakken 1994). Målingene er likevel nyttige da ulike faser av de felsiske intrusivene kan kartlegges. Anrikning av K og Th er observert i randsonene av større intrusivkomplekser sørover fra Bjørkvatnet (Fig. 4). Også den aldersdaterte trondhemitten nord for Bjørkvatnet er anrikt på Th og K i den sørligste delen. Dette vil være til stor nytte ved senere prøvetaking for klassifisering og aldersbestemmelse som deretter vil benyttes til å bestemme mulige varmekilder for malmførende løsninger.

6.1 Utvalgte områder

Lillefjellet, nord for Gjersvika. Som nevnt ovenfor er det flere lavmagnetiske soner som skjærer vulkanostratigrafien i dette området. Det er interessant at disse sammenfaller med områder med hyppig innslag av felsiske ganger, feltspatporfyrer, selv om disse i seg selv ikke utgjør så stor mengde at de forklarer de lavmagnetiske sonene. Sterkt forhøyde kobberverdier er i tillegg registrert i bekkesedimentprøvene (Fig. 12). En rekke rustsoner og tildels kraftig sulfid-disseminasjon er beskrevet fra dette området tidligere. Grad av omvandling og om den tilhører et større hydrotermalt system tilknyttet dannelsen av en større sulfidmineralisering bør fastlegges. Hvis den strukturelle tolkning med Gjersvikmalmen som danner en invertert synform er riktig, er det ikke sannsynlig at disse omvandlingssonene er tilknyttet malmdannelsen i Gjersvik. Det kan i tillegg ikke utelukkes at de er dannet i forbindelse med sen tektonisk aktivitet.

Bjørkvatnet-Annlifjell-Kirma danner en usammenhengende sone med keratofyrer og ulike sulfidmineraliseringer, både vasskis og tilførselssone-mineraliseringer, som ligger 500 til 1000 meter fra kontakten til en trondhemitt (Kart 1, Fig. 10,11). Denne intrusjonen er datert (U-Pb zirkon, $483 \pm 5/-3$ mill.år, Stephens o.a 1993), og er en mulig varmekilde for et malmdannende hydrotermalt system. Tolkninger av helikoptermålingene sammen med de geologiske data viser imidlertid at denne sonen grovt kan deles inn i tre ledende soner, som igjen kan splittes videre opp internt. Dette er fra sør; Bjørkvatnet-Annlifjell, Annlifjell-Kirmavannene og Kirmasonen nord for Kirmavannene. Disse ser ut til å ligge i ulike deler av grønnsteins-stratigrafien i følge den geologiske kartleggingen, og denne tolkning bekreftes av de magnetiske målingene. Spesielt VLF-målingene viser denne grove inndelingen av de ledende sonene. Det vil derfor være viktig å finne sammenhengen mellom de forskjellige mineraliseringene og intrusjonen. Hvis intrusjonen er invertert, og det er bare toppen av denne som står igjen i dag, bør det være mulig med dyp-EM å påvise eventuelle større mineraliseringer under den.

Bjørkvatnet-Røyrvatnet. Vi kan bare spekulere i hva som skjuler seg under Sæterlifjellet som danner et markert fjell mellom disse to vannene (Kart 1, Fig. 9). Det består av et intrusivkompleks som er antatt å være skjøvet over vulkanittene. Både nord og sør for fjellet er det større områder med felsiske, pyroklastiske bergarter som representerer nær tilknytning til et vokansenter. Kun mindre vasskismineraliseringer er kjent på nordsida av fjellet, mens

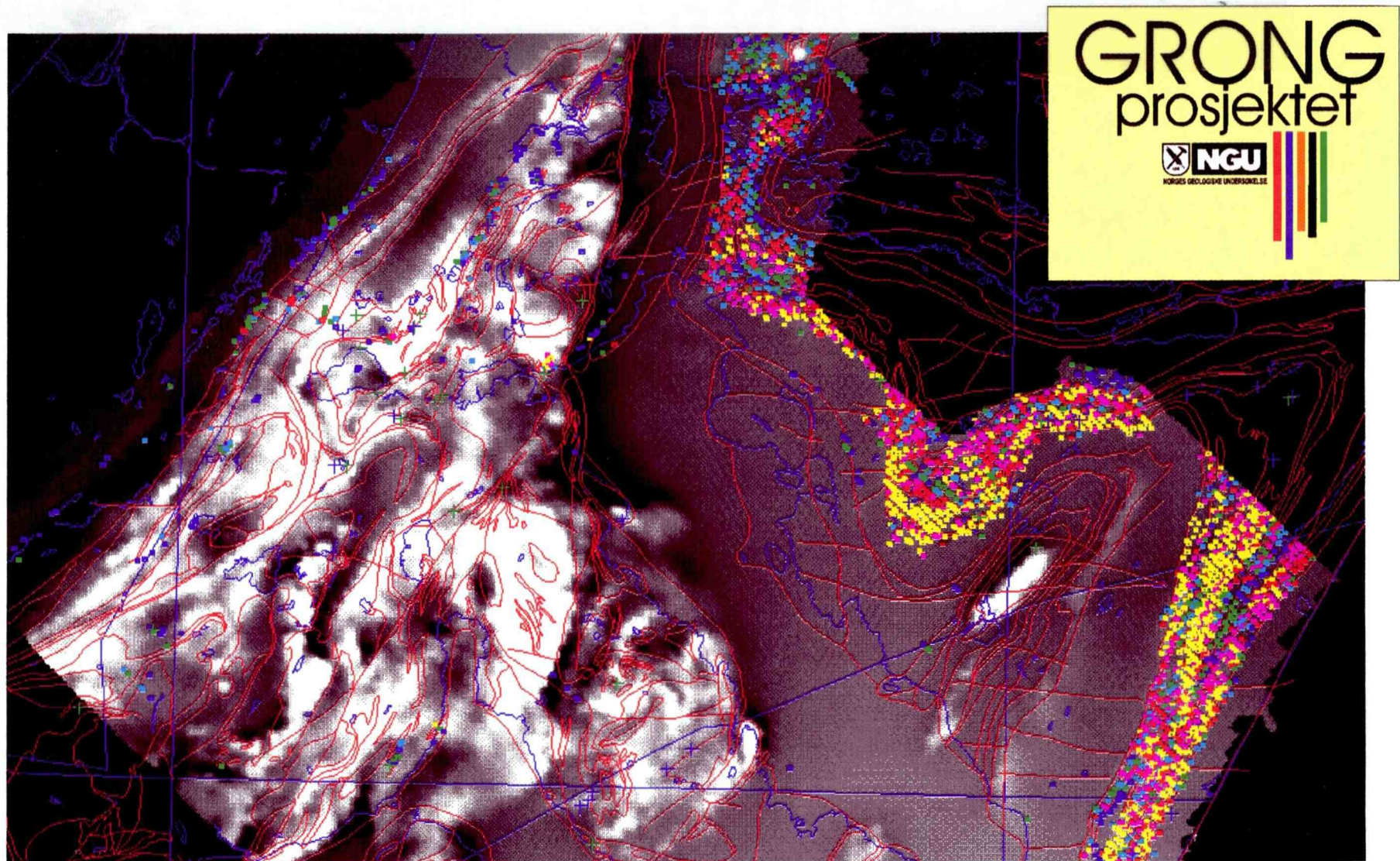
i Røyrvatn-området er det ved boring påvist sterkt omvandlete grønnsteiner (Fe-kloritt, kvarts og sulfid-disseminasjon) som kan representere de dypere delene av et hydrotermalt system. Helikoptermålingene gir imidlertid ingen indikasjoner inn mot Sæterlifjellet.

Den markerte magnetiske dislokasjonen som er påvist nord i dette området skiller berggrunnen fra Annlifjell-området (fig. 10). De pyroklastiske bergartene sør for Bjørkvatnet indikerer et høyere vulkanostratigrafisk nivå enn nord for vannet. Disse forkastningene kan representere primære, dype strukturer som kan ha vært mulige kanaler for malmdannende løsninger.

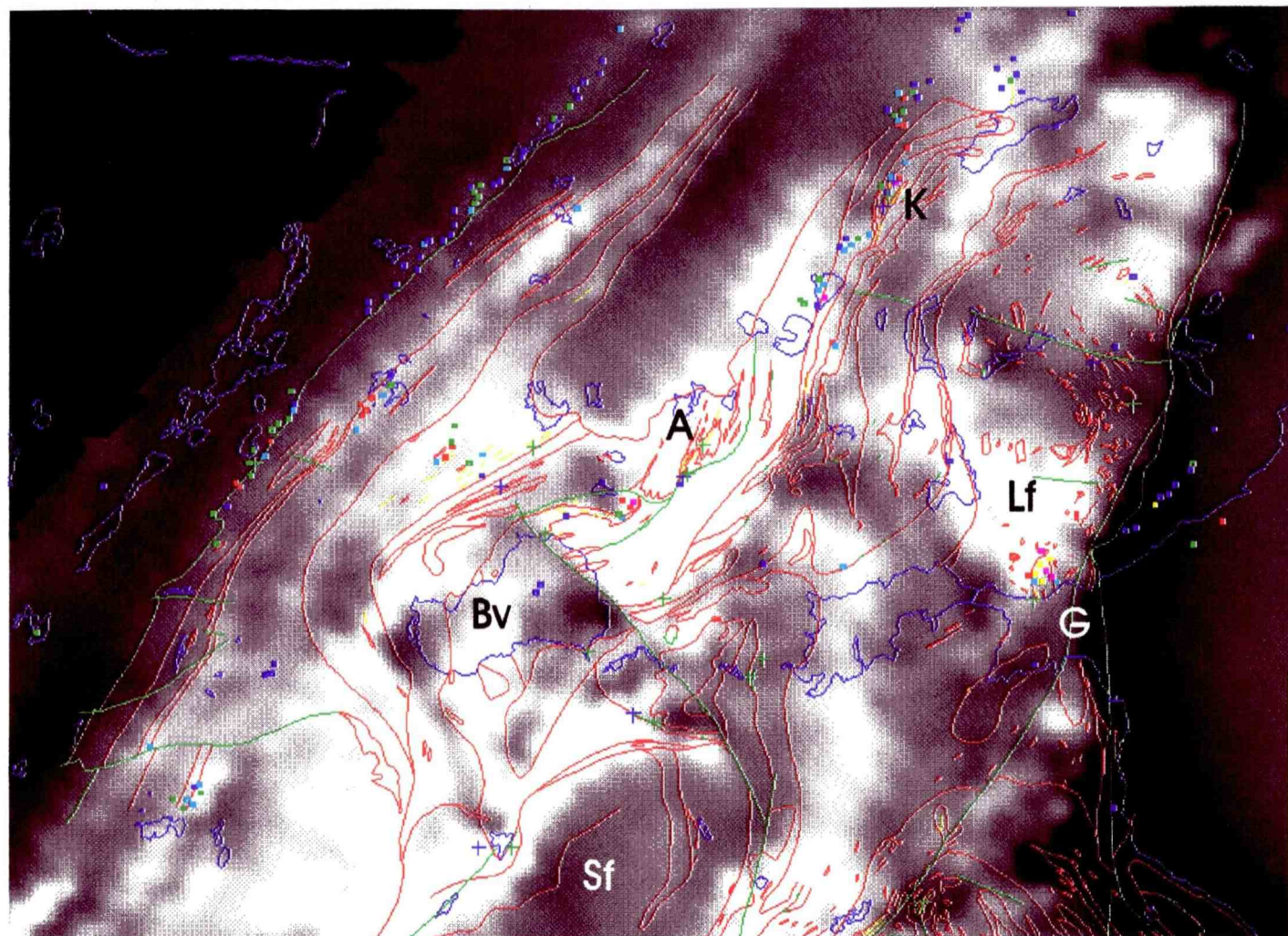
Steinfjellet. Over Steinfjellet og videre nordover i nærheten av kontakten til det overliggende Helgelanddekkekomplekset finnes flere sterke og utholdende EM- og VLF-soner (Kart 1). Disse er tidligere kartlagte rustsoner med lavt metallinnhold. På sørsida av fjellet, omkring lille Tromsvatnet finnes imidlertid noen av de kraftigste kobberanomaliene som er registrert innenfor det undersøkte området. Disse lederne fortsetter også videre sørover, nord og vest for Visletten forekomsten. Sistnevnte vil vurderes nærmere etter årets kartlegging, men den gir ingen tydelig EM-anomalier.

Nord for Gjersvikklumpen er det kjent et mindre skjerp med noe kobberkis som kan representere en tilførselssone-mineralisering. Skjerpets er kalt Gjersvikklumpen (Kart 1) og ligger på en magnetiske gradient med et stort magnetisk høyområde i sør. Denne gradienten kan markere 'riktig' stratigrafisk nivå etter den nåværende tolkningen av Gjersvik-Skorovas modellen.

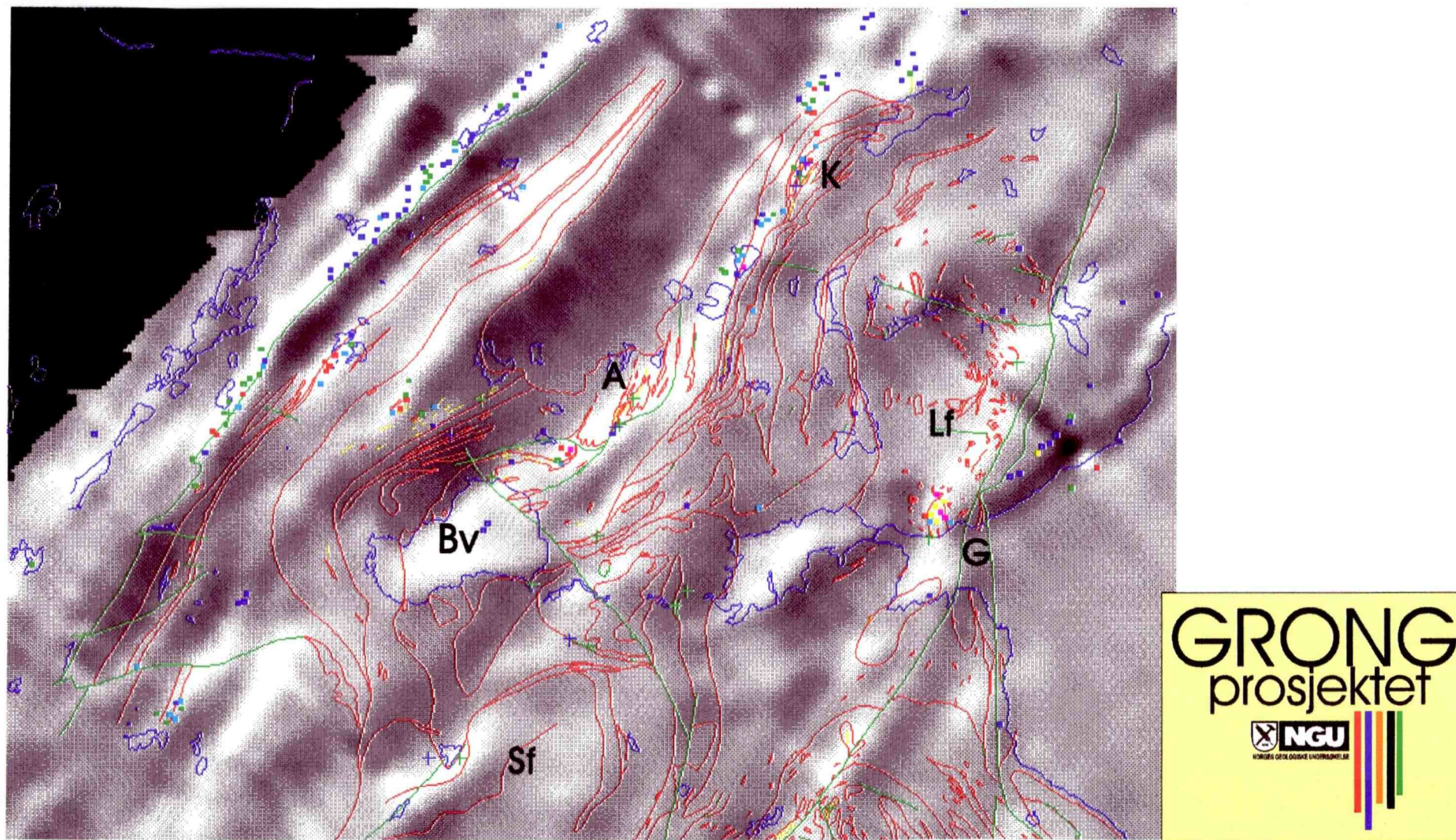
Et område sørvest for Gåsvatnet, (sør for Nyvikelv skjerp, Kart 1) kan være av interesse. I den sørvestre delen av denne foldeombøyningen overlappes sterke EM-anomalier, som er tilknyttet en positiv magnetisk anomali, av sedimenter som tilhører Limingengruppen. Det er mulig at grønnsteinene er noe fortykket i dette område. Kartlegging og fastfjellsprøvetaking vil utføres for å undersøke om disse grønnsteinene er omvandlet inn mot kontakten til Limingengruppen og dermed indikere en mulig sulfidmineralisering under sedimentene.



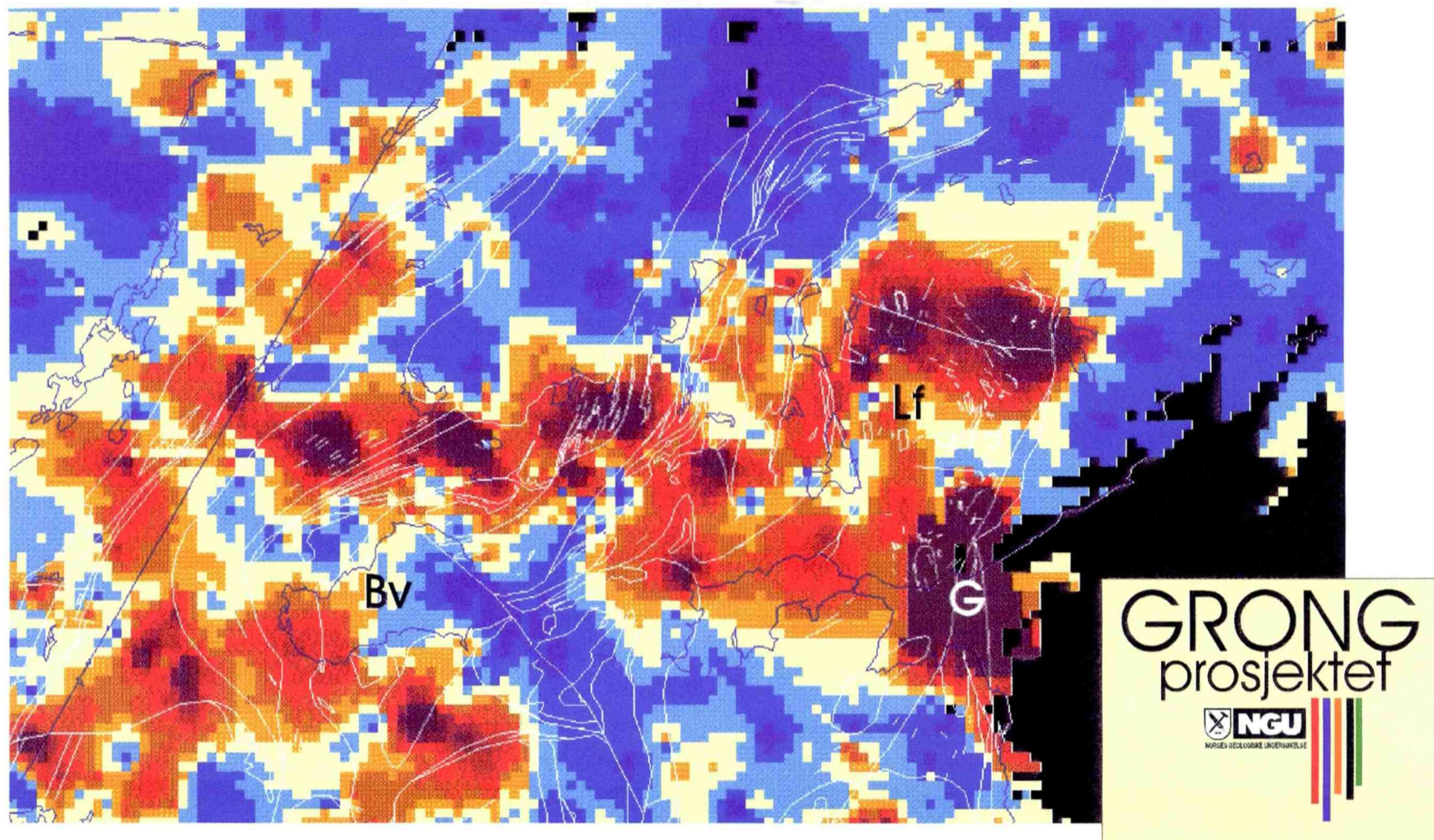
Figur 9. Magnetiske målinger framstilt i Erdas med plott av konduktansen til EM-ledere (punkter), skjerp/malmforekomster (kryss +) og berggrunnsgeologi (linjer). Skala for EM-data i mhos (1/ohm); blå 1-2, blågrønn 2-4, grønn 4-8, rød 8-15, rosa 15-30 og gul > 30. Stedsangivelse; G - Gjersvik, Bv - Bjørkvatnet, Lf - Lillefjellet, Sf - Sæterlifjellet, Rv - Røyrvatnet, Gk - Gjersvikklumpen. Målestokk og område, se Kart 1.



Figur 10. Som Fig. 9. Utsnitt fra Gjersvik-Bjørkvatn området. Stedsangivelse som Fig. 9 og A - Annliffjellet og K - Kirma. Målestokk og område, se Kart 1.



Figur 11. VLF, EM-ledere, malmforekomster/skjerp og berggrunnsgeologi fra Gjersvik-Bjørkvatn området. Tegnforklaring og stedsangivelse som i Fig. 9,10. Målestokk og område, se Kart 1.



Figur 12. Fordelingen av kobber i bekkesedimenter fra Gjersvik-Bjørkvatn området og berggrunnsgeologi. Stedsangivelse som i Fig. 9/10. Målestokk og område, se Kart 1.

7 KONKLUSJON

Arbeidet med tilrettelegging av geologiske, geofysiske og geokjemiske data som kan benyttes til samtolkning innenfor prosjektet har kommet langt. Data finnes som ulike bildebehandlingsfiler (ERDAS), digitale kartdatabaser (Arc/Info) og regnearktabeller. Deriverte kart av geofysiske og geokjemiske kart er framstilt. Vi har noen problemer med å utnytte all informasjon i noen få datasett (hovedsakelig magnetiske målinger) under samtolkningen. Dette skyldes kommunikasjonsproblemer mellom ulike programsystemer da utviklingen av de enkelte systemer går trinnvis og følger ikke hverandre.

Gjennom samtolkningen har vi påvist områder for videre detaljoppfølging innenfor området for helikoptermålingene i 1993. Disse ligger hovedsakelig innenfor Gjersvikgruppens grønnsteiner i Gjersvik-Bjørkvatn området. I tillegg er et mindre område innenfor Røyrvikgruppen prioritert. Arbeidet som vil bli utført i disse områdene sommeren 1994 vil bestå av detaljert geologisk kartlegging og prøvetaking. Detaljerte undersøkelser av Gjersvikforekomsten vil i denne forbindelse innledes, og en hovedfagsoppgave ved Universitetet i Oslo med start i 1995 vil bestemmes. Muligheten for større sulfidmineraliseringer mot dypet (4-500 m) som kan være tilknyttet den store trondhemitten nord for Bjørkvatnet, vil bli testet ved hjelp av dyp-elektromagnetiske metoder.

Samtolkningen har vist at det er behov for detaljerte stratigrafiske og strukturgeologiske undersøkelser i utvalgte profiler for å få bedre kontroll med vulkanostratigrafien innenfor Gjersvikgrønnsteinen. Berggrunnskartlegging vil bli utført i områder hvor dekkningen i dag er mindre god. Dette gjelder Visletten-området, nordvest for Tunnsjøen og Finnbu-Fremstfjell området, lengst sørøst i Grongfeltet (Kart 1). I tillegg vil petrofysiske data innsamles fra området som er planlagt dekket med helikoptermålinger i 1994.

8 LITTERATURLISTE

- Ryghaug, P., Grenne, T., Reinsbakken, A., Sandstad, J.S. & Solli, A. 1993: Samtolkning av regionale data i Nord-Trøndelag og Fosen - et diskusjonsgrunnlag. Presentert på: Utvidet møte i Styringsgruppen og Referansegruppen for Nord-Trøndelagsprogrammet (upublisert).
- Sandstad, J.S. & Reinsbakken, A. 1994: Samtolkning av geodata i Grongfeltet - status pr. 31.12.93. *NGU Rapport 93.145*, 44 s.
- Skilbrei, J.R. 1994: Kartframstilling av helikoptermåledata fra Røyrvik, Nord-Trøndelag. *NGU Rapport 94.040*, 6 s.
- Stanley, C.R. & Madeisky, H.E. 1994: Lithogeochemical exploration for hydrothermal ore deposits using Pearce Element Ratio Analysis. I Lentz, D.R. (red.): Alteration and alteration processes associated with ore-forming systems. *Geological Association of Canada, Short Course Notes*, v. 11, 193-211.
- Stephens, M.B., Kullerud, K. & Claesson, S. 1993: Early Caledonian tectonothermal evolution in outboard terrane, central Scandinavian Caledonides: new considerations from U-Pb zircon dates. *Journ. Geol. Soc. London* 150, 51-56.
- Strand, G.S. 1984: Integrasjon av geologiske, geofysiske og geokjemiske kartdata fra Grongfeltet. *Upubl. NTH Dr.ing avh.*, 124 s.
- Sørdal, T. 1994: Litteraturreferanser Grongfeltet. *NGU Internrapport 94.004*, 46 s.

Tabell 1. Revy av griddefilen for Cu i bekkesedimentprøver

****REVY AV GRIDDE-FILEN : grongcu ****

```

-----
      371900              457500      GRIDD-INNHOLD : Griddet data
      ** * * * * * * * * * *      ANTALL DATAPKT.:      13485
7210100 *              0 8 8 5 0 2*7210100  SISTE INPUT-FIL: RYGHAUG1
      *              6 9 9 9 8 5*      TEKST: GRONGFELTET
      *              3 9 9 5 8 9 0*      bekkesdimententer
      *              1 9 9 8 6 3 4 *      Kobber (Cu)
      *              0 5 9 9 7 4 4 0 *      P. Ryghaug
      *              2 5 2 6 1 0 0 *      22/9 - 93
      *5 3 3 7 4 0 1 4 1 0*
7144300 *7 3 1 1 0 0 4 6 1*7144300  CELLE STØRRELSE:      100.0 meter
      ** * * * * * * * * * *      TILORDNINGSTYPE: Gjennomsnitt
      371900              457500      INTERPOL. RAD. :      1800.0 meter
X-RETN.      857 CELLER      GRIDDEMETODE : Randomisert
Y-RETN.      659 CELLER      TOTALT 564763  MIN. DATAVERDI :      .00
                                         MAX. DATAVERDI :      1800.00

```

```

****F R E K V E N S F O R D E L I N G****
KLASSE  GRENSEV.  ANTALL  FREKV%  KUM.%  *0%   *20%   *40%   *80%   *100%
  1      90.05   201254   99.179   99.18  I*****
  2     180.10    1140     .562   99.74  I*-----
  3     270.15     243     .120   99.86  I*-----
  4     360.20     101     .050   99.91  I*-----
  5     450.25      72     .035   99.95  I*-----
  6     540.30      45     .022   99.97  I*-----
  7     630.35      25     .012   99.98  I*-----
  8     720.40       9     .004   99.98  I*-----
  9     810.45       9     .004   99.99  I*-----
 10     900.50       2     .001   99.99  I*-----
 11     990.55       3     .001   99.99  I*-----
 12    1080.60       6     .003   99.99  I*-----
 13    1170.65       1     .000  100.00  I*-----
 14    1260.70       4     .002  100.00  I*-----
 15    1350.75       2     .001  100.00  I*-----
 16    1440.80       1     .000  100.00  I*-----
 17    1530.85       1     .000  100.00  I*-----
 18    1620.90       1     .000  100.00  I*-----
 19    1710.95       0     .000  100.00  I*-----
 20    1801.00       1     .000  100.00  I*-----

```

Rapport fra studiereise til Canada 5.-20. mai 1994

Jan Sverre Sandstad og Arne Reinsbakken

1 FORMÅL

I forbindelse med prosjektet 'Samtolkning av geodata i Grongfeltet' var det nødvendig å øke vår kunnskap om dannelsen og opptreden av vulkanitt-tilknyttede massive sulfidmalmer for å ha et bedre grunnlag til å påvise nye reserver i området. Da prospektering i overflaten har foregått intenst i Grongfeltet de siste 20-25 år, er det spesielt viktig å kunne gjenkjenne og påvise mindre synbare prosesser tilknyttet selve malmdannelsen som f.eks. de dypere delene av omvandlingssonene. Forskningen på VMS-forekomster ligger langt framme i Canada og vi mener at denne studiereisen med både ekskursioner, diskusjoner, kurs og foredrag har vært til stor nytte for det videre arbeidet i Grongfeltet. Vi presenterte data og aktuelle problemstillinger fra Grongfeltet under besøket ved GSC i Ottawa og i Porcupine Geological Discussion Group i Timmins. Under reisen ble kontakter opprettet med andre miljøer som arbeider med de samme oppgavene.

Den planlagte reiseplanen ble fulgt:

05. mai	Trondheim-Oslo-Amsterdam-Montreal-Bathurst, New Brunswick
06.-07. mai	Gruvebesøk: Brunswick No.12, Bathurst og ekskursion i området kontaktperson: David Lentz
08. mai	Flyreise Bathurst-Ottawa
09. mai	Besøk Geological Survey of Canada, kontaktperson: Don Sangster
10. mai	Leiebil Ottawa - Timmins
11. mai	Gruvebesøk: Kidd Creek, Timmins, kontaktperson: Phil Olsen
12. mai	Leiebil Kidd Creek - Waterloo
13.-15. mai	Short course: Alteration processes, Waterloo
16.-18. mai	Møte: GAC-MAC Waterloo '94
19.-20. mai	Toronto-Amsterdam-Oslo-Trondheim

2 BRUNSWICK NO.12 OG GEOLOGIEN I BATHURST-OMRÅDET

Den første dagen i Bathurst ble benyttet til 1/2 dags gruvebesøk under jord i Brunswick No. 12 som er en gigantisk sink-bly-kobbergruve. I tillegg fikk vi orientering om gruva og 1/2 dags ekskursjon gjennom stratigrafien i gruveområdet omkring dagbruddet Brunswick No. 6 og Austin Brook Fe-forekomst. Geologien i Bathurst-området ble gjennomgått neste dag. Guider ved gruvebesøket var sjefsgeolog Bill Luff, Brunswick Mining/Noranda Group, Dave Ray og Dave Lentz, G.S.C., Bathurst, New Brunswick. Dave Lentz og John Langton New Brunswick Dept. of Natural Resources & Energy ledet ekskursjonene i dagen.

2.1 Generell beskrivelse

Brunswick No. 12 er en av verdens største vulkanitt-tilknyttede massive sulfidforekomster. Gruvedriften startet i 1964 og har fram til 1994 produsert 71.3 mill.t malm med 8.8 % Zn, 3.51 % Pb, 0.33 % Cu og 97.5 g/t Ag med en årlig produksjon i dag på 3.5 - 4 mill. t. De påviste reserver utgjør 70-100 mill. t med ca. 12 % kombinert metall. I perioden 1966-1983 ble 12.1 mill. t malm med 7.5 % kombinert sink-bly produsert fra dagbruddet Brunswick No. 6.

Bergartene i Bathurst Camp er inndelt i tre grupper som er antatt å være dannet i et basseng bak en øybue (back-arc basin). Den kambriske til tidlig-ordoviciske Miramichigruppen (MG) består av en monoton sekvens av kvartsvakker og skifre. Den midt- til sen-ordoviciske Tetagouchegruppen (TG) domineres av ulike metasedimenter, både skifre og gråvakker, og sure og alkali-basaltiske metavulkanitter. De er antatt å representere marginal-basseng avsetninger avsatt innen en kontinent-rift bak øybuen. Basiske metavulkanitter med MORB-kjemi og overliggende metasedimenter, som tilhører Fourniergruppen (FG), ble deretter avsatt etter videre spredning og med dannelsen av havbunns skorpe. Bassenget lukket seg i sen-ordovicisk tid med overskyvning av FG over TG. Denne kontakten danner i dag en vel bevart høytrykks-sone ('blue schist zone'). Massive sulfidforekomster opptrer på flere stratigrafiske nivå i den nedre delen av Tetagouche-gruppen. Forekomstene er gjerne tilknyttet felsiske vulkanitter, som representerer både lavastrømmer, pyroklaster og intrusiver.

Brunswick-'horisonten' utgjør det økonomisk viktigste malmnivået i stratigrafien. Den underlagres av fra bunnen; grafittførende fyllitter, kvarts-feltspat porfyrer (QFAS - quartz-feldspar-augen-schist), som er antatt å representere både pyroklastiske lavastømmer og tuffer, tuff og metasedimenter. Metasedimentene er antatt å være resedimenterte tuffer. De opptrer kun direkte under malmen og indikerer at sulfidene er avsatt i et forkastningskontrollert basseng. Over malmnivået finnes metasedimenter og tuffer som overlages av alkali-basalt. Sekvensen gjennomskjæres av mindre felsiske og mafiske ganger.

Brunswick-'horisonten' viser stor-skala mineralogisk og/eller kjemisk sonering både vertikalt og lateralt. Tilførselssona består av et nettverk av py-po-cpy-kvarts årer, og de enkelte sulfidlinjene har følgende vertikale og laterale sonering ut fra denne: massiv py-po-cpy → fint lagdelt py-sl-gn → lagdelt py. Over og lateralt ut fra sulfidene finnes jernformasjoner. Lateralt kan disse inndeles i oksid- (mt), silikat- (Fe-kloritt) og karbonat-facies jernformasjoner (Algoma-type IF) .

Omvandlingssonene er delt i fire soner. I den mest distale sona (sone 4) erstattes K-feltspat av albitt, phengitt, Mg-kloritt og kvarts (+ Na, Fe, Mn, S, CO₂, basemetaller og Mg, - K, Ca, Ba, Sr). I sone 3 (proximal-distal) erstattes albitt av Fe-Mg-kloritt, phengitt og kvarts (+ Fe, Mn, S, CO₂ og basemetaller, - Na, Ca, K, Ba, Rb, Sr, La). I tilførselssona (sone 2) øker Fe/(Fe+Mg) forholdet og mengden kloritt og sulfid. Sentralt i øvre del av tilførselssona med sulfidårer finnes Fe-rik kloritt og lokalt intens silifisering.

2.2 Kommentarer og vurderinger

Undersøkelsene som pågår i Bathurst-området inngår i et større samarbeidsprogram mellom GSC, N.B. DNRE og industrien - Canada-New Brunswick Cooperation Agreement on Mineral Development (1990-1995). Resultatene så langt virker imponerende.

Den økte forståelsen av den stratigrafiske oppbyggingen og strukturelle utviklingen av Bathurst-området ble av geologene understreket som svært viktig for den videre prospekteringen. Karakteriseringen av Brunswick-'horisonten', de laterale og vertikale endringene av denne og den lokal-stratigrafisk oppbygging i gruveområdet er nyttige verktøy i denne sammenheng. Det er planlagt mer detaljerte regionale geofysiske målinger over hele området for å få bedre kontroll over bergartsfordelingene. De tidligere målingene, fra 50-tallet, var utført med 5 km profilavstand. Detaljerte undersøkelser er gjort av omvandlingene og en tidligere kartlagt enhet er omdefinert til å representere en omvandlet bergart. Tidligere ble de felsiske metavulkanittene inndelt i kvarts-feltspat porfyr (QFAS) og kvarts-porfyr (QAS - quartz augen schist). Sistnevnte er nå antatt å være omvandlet QFAS hvor albitt er erstattet av kvarts og glimmer. Masse-balanse beregninger etter metoden til Gresens (1967) er utført.

Undersøkelsene viser betydningen av god regional forståelse integrert med detaljerte studier av de enkelte forekomstene.

2.3. Litteratur

I forbindelse med et møte i 'Geological Society of CIM' i 1993, ble det utgitt en ekskursjons-guide med en regional oversikt og en rekke publikasjoner om de ulike forekomstene i Bathurst Camp (McCutcheon & Lentz 1993). En tilsvarende guide ble utarbeidet av Langton (1992) for GAC/MAC-møtet i Wolfville '92.

Andre sentrale publikasjoner:

Stratigrafisk oppbygging: van Staal et al. (1992)

Strukturell og tektonisk utvikling: Helmstaedt (1973), van Staal (1987)

Vulkanologi: Lentz & Goodfellow (1992)

Hydrotermale omvandlinger: Luff et al. (1992), Lentz & Goodfellow (1993a,b), Lentz & Goodfellow (1994a,b)

3 BESØK VED GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA I OTTAWA

Don Sangster hadde organisert besøket ved GSC i Ottawa og introduserte oss for en rekke personer som arbeider med VMS forekomster og også løsninger av oppgaver ved hjelp av GIS og bildebehandling. Det ble først gitt en orientering om fire programmer ved GSC med muligheter for ekstern (les: industriell) finansiering innenfor malmgeologiske problemstillinger: MDA (Mineral Development Agreements), MiTech (Mineral Technology), ExTech (Exploration Technology) og IPP (Industrial Partners Programme).

Flere prosjekter ble deretter presentert av medarbeidere innenfor Mineral Resource Division, GSC:

Kidd Creek - Mark D. Hannington og Elizabeth R. Koopman

Flin Flon - Doreen E. Ames

GIS/bildebehandling omkring Snow Lake: Daniel F. Wrigth

3.1 Kidd Creek

Mark D. Hannington og Elizabeth R. Koopman presenterte foreløpige resultater fra et nylig oppstartet forskningsprosjekt; "Kidd Creek Study Group" (Co-operative Research on the Kidd Creek volcanogenic massive sulphide deposit, Timmins, Ontario), med samarbeid mellom GSC (M. Hannington, E. Koopman og B. Taylor), Laurentian University, Sudbury, Ont. (H. Gibson og G. Pryor) og geologer ved Falconbridge Ltd. (W. Bleeker, R. Parrish). Prosjektet startet i 1991 med støtte fra Northern Ontario Mineral Development Agreement Program. Målet med prosjektet er å lage en komplett beskrivelse av forekomsten og en modell for dannelsen av den

til bruk ved prospektering etter VMS forekomster i andre deler av det vestlige Abitibi grønnsteinsbeltet.

Kidd Creek Study Group består av følgende delprosjekter som er beskrevet i framdriftsrapporter:

- Regional setting, structure and mine geology (W. Bleeker, R. Parrish and Falconbridge staff)
- Distribution of alteration and mineralogy in Kidd Creek mine (M. Hannington and W. Bleeker)
- Detailed mapping of alteration and mineralization (E.Koopman and M. Hannington)
- Mineralogy and chemistry of hydrothermal alteration (M.Hannington, W.Bleeker and I.Kjarsgaard)
- Sulfide mineralogy and geochemistry of the Kidd Creek ores (M.Hannington, W.Bleeker and I.Kjarsgaard)
- Preliminary mapping of mine rhyolites and hangingwall fragmentals (H.Gibson and G.Pryor)
- Geochemistry of principal mine lithologies in the Kidd Creek deposit (C.T.Barrie, B.Cameron and W. Bleeker)
- Regional geochemical studies of volcanic rocks in the Kidd Creek area (C.T.Barrie)
- Oxygen and hydrogen isotope studies at Kidd Creek (D.L.Huston and B.E.Taylor)

3.2 Snow Lake - Flin Flon, Manitoba

Doreen E. Ames presenterte undersøkelsene som hun og Alan G. Galley (GSC) har utført over flere år (1989-94) i Chisel Lake - Snow Lake area, Flin Flon Province, Manitoba.

Snow Lake gruve distrikt ligger i den østlige delen av det tidligproterozoiske Flin Flon vulkansk-sedimentære beltet (Galley o.a. 1990, Symes & Bailes 1993). I beltet finnes 24 nedlagte og produserende Cu- og Zn-rike VMS forekomster, inkludert den 62M tonn store Flin Flon forekomsten. Alle VMS forekomstene i Flin Flon beltet ligger i "subaqueous" vulkanske - sedimentære sekvenser i den 1.86Ga til 1.9Ga gamle Amiskgruppen. Grønnsteinsbeltet i Snow Lake distriktet representerer en "accreted" tholeiittisk-øybue sekvens og er en del av et magmatisk, sterkt deformert (minst 2 faser) og metamorfoisert (middels amfibol/almandin-biotitt fase) orogent belte som er dannet langs kanten av et arkeisk kraton, som f.eks. Skellefte og Bergslagen distriktene i Sverige.

Doreen Ames beskrev først hennes pågående arbeider med Rutton forekomsten (Hudson Bay Mining and Smelting Co. - HBMS), som er en stor VMS type forekomst på 64M tonn, men med relativt lave gehalter; 1.28% Cu, 1.4% Zn, 0.018 oz/t Au og 0.38 oz/t Ag.

Chisel Lake forekomsten (Galley o.a. 1993), som ligger ca. 12 km syd for byen Snow Lake, Manitoba, ble oppdaget i 1956 etter boring på en svak EM anomali av HBMS. Da produksjon startet i 1960, var de kjente reserveene på 3.57M tonn. Totalt rundt 7.2M tonn med Zn-Pb-Ag-Au

rik malm (ca. 0.35% Cu, 10% Zn, 1.4% Pb, 55g/t Ag og 2.3 g/t Au) er nå tatt ut fra Chisel Lake forekomsten. North Chisel forekomsten, som ligger ca. 1.5 km nord for hovedforekomsten ble oppdaget i 1987. Den består av 2.58M tonn med samme type Zn-Pb-Ag-Au rik malm.

Geologisk beskrivelse av Chisel Lake området er gitt av Froese og Moore (1980), morfologi og strukturell kontroll av malmlinsene er beskrevet av Martin (1966) og litostratigrafisk plassering av forekomstene i området er gitt av Bailes & Galley (1991) og Galley o.a.(1993).

VMS forekomstene i Snow Lake området opptrer i en submarine vulkanitt og vulkanoklastisk lagpakke i Amiskgruppen, som kan deles opp i minst fem vulkanske avsetnings-sykluser (Bailes og Galley, 1991). Cu-rike VMS forekomster finnes på toppen av den første syklusen og Zn-rike forekomster (Chisel Lake type) ligger på toppen av den tredje syklusen. De fleste forekomstene ligger på toppen av en felsisk vulkansk enhet, overlagret av mafiske vulkanoklastisk og vakke-type sedimenter. Amiskgruppens suprakrustaler er kuttet av flere synvulkansk intrusjoner med varierende størrelse og sammensetning. To større, grunne, multi-fase tonalitt intrusjoner, Sneath Lake og Richard Lake, ligger nær og direkte under flere av VMS forekomstene og er tolket å være varmekildene til de overliggende massive sulfidmalmene. Noen faser av tonalitten er overpreget av semi-konforme omvandlingssoner som er dannet i liggen av de massive sulfidene.

Omtrent 25% av vulkanitt- og vulkanoklast-formasjonene i området er overpreget av metamorfoserte omvandlingssoner, som er tolket som produkter av synvulkansk, hydrotermal reaksjon mellom avkjøling av vulkanittene og sirkulerende sjøvann. Disse viser romlig tilknytning til VMS forekomster og danner stratigrafisk ligg når de er assosiert med massive sulfidforekomster. Flere brede, regional-skala, soner av semi-konforme omvandlingssoner er funnet i den 1600 m mektige stratigrafiske liggen mellom Chisel Lake forekomsten og Sneath Lake plutonen, og inkluderer silisifisering, kvarts-epidot, kloritt-granat-staurolitt og amfibol omvandling (Galley & Scoates 1990, Galley o.a. 1990, Galley 1993). I ligg-sonen rett under Chisel Lake forekomsten finnes flere semi-konforme omvandlingssoner; serisitt-kyanitt mineral fasen er underlagret av semi-konforme kvarts-kloritt-biotitt-staurolitt og granat-førende mineral selskaper. Disse semi-konforme omvandlingssonene umiddelbart under de massive sulfidene er kuttet av to typer diskordante mineralselskap som er tilknyttet tilførselssonen til malmen. De semi-konforme serisitt-kyanitt og kloritt-staurolitt fasene er kuttet av silika-rik, sulfidbreksje som er 20 m bred og opptil 75 m dyp under de massive sulfidene. Den inneholder også sl-py årer. En annen og mer dyptgående diskordant sone består av grovkornet kloritt-biotitt-hornblende og fører disseminasjon og årer av po-cp, sl og mindre apy-gn (med høye Au + Ag verdier). Denne sonen kan følges ca. 250 m under forekomsten. Omvandlingsbergartene nær malmen viser økende verdier av Mg, Fe, K, Ba, Zn, Pb, Ag og Au og avtagende Na, Ca og Sr i forhold til regionale, mindre omvandlete bergarter.

Bergartene i heng av Chisel Lake forekomsten består av mafiske, turbidittiske vakker og polymikte breksjer, og de er også hydrotermalt omvandlet. De er karakterisert ved grovkornet amfibol-kvarts-granat og kvarts-biotitt-magnetkis bergarter som finnes opptil noen meter over den massive malmen. I tillegg er en rhyolitt i hengen sterkt bleket, silisifisert.

Chisel Lake type Zn-Pb-Cu-Ag-Au malmer er proksimale VMS forekomster som ligger på kontakten mellom felsiske vulkanitter og vulkanoklastisk formasjoner og overliggende mafisk vulkanske formasjoner. Chisel Lake og North Chisel danner en sone med betydelig sulfidmineralisering som er opptil 150 m bred og mer en 2000 m lang. Malmkroppene er gjennomsnittlig ca. 12 m tykke, men kan være opp til 40 m mektige i foldeknær av D1 folder. Forekomstene består av massive til semi-massive, stratabundne sinkblende-pyritt linser som er Pb-Ag-Au rike mot toppen og Cu-Pb-As-Au-Ag rike mot bunnen. Dolomitt er dominerende gangmineral sammen med kvarts, serisitt, flogopitt, aluminosilikater og mikroklin.

Chisel Lake forekomstene ble dannet i et grunnt, submarint vulkansk miljø i et forkastningskontrollert basseng. De synvulkanske dype forkastninger dannet svakhetssoner, og de hydrotermale løsningene ble fokusert opp langs disse fra et dyptliggende, bredt hydrotermal felt. Disse 'discharge' soner med kraftig gjennomstrømming av hydrotermal væske er definert av diskordante soner med sterk omvandling. En detaljert beskrivelse av dannelsen av sulfidene og omvandlingssonene gjennom en kompleks hydrotermal aktivitet er gitt av Galley o.a. (1993).

3.3.1 Kommentarer og vurderinger.

Det er en sterk stratigrafisk kontroll av VMS mineraliseringer i Snow Lake området. Tre nivåer med sulfidmineraliseringer er funnet i den 5 km mektige vulkansk-sedimentære lagpakken. Massive sulfider er knyttet til to hovednivå (nivå 1 og 3 i rekken), på toppen av større felsiske enheter. Cu-rike massive sulfider hører til det laveste nivået, og Zn-rike i det høyere nivået, noe som sannsynligvis er knyttet til den tektoniske utviklingen av bassenget, dvs. vanndybden og avstanden til den intrusive varmekilden.

Synvulkanske intrusjoner, som er varmekilder til produktive hydrotermalsystemer, er komagmatisk med deler av vulkanittene og er hovedsakelig fler-fase type intrusjoner. Disse er grunne intrusjoner som ofte er sterkt omvandlet i toppen. De har et REE mønster som er karakteristisk for felsiske vulkanitter/intrusjoner som er tilknyttet produktive hydrotermale systemer. Dette skyldes omvandling under avkjøling av intrusjonene og reaksjon med gjennomstrømmende sjøvann og meteorisk vann. Remobilisering av LREE og HREE er rapportert fra hydrotermale systemer assosiert med VMS forekomster.

Sterk strukturell kontroll over utviklingen av bassenget er påvist. Store, både brede og tykke semi-konforme omvandlingssoner er stratigrafisk betinget da de ligger i sterkt permeable bergarter som putelava og vulkanoklaster. De er ofte overlagret av mindre permeable bergarter (cap rocks), massiv strømmer o.l. Gjennomskjærende omvandlingssoner er ofte kontrollert av dyptgående strukturer som fokuserer hydrotermale løsninger til avsetningsbassenger.

3.4 Ekspertsystem omkring Snow Lake

Danny Wrigth arbeider i Geomath. Group innenfor MRD og er i ferd med å avslutte sin doktoravhandling om bruk av databehandling ved prospektering. Programvarene som benyttes er SPANS (raster-GIS) og bildebehandlingssystemet PCI. Han presenterte to ulike løsninger på oppgaven som består i å påvise områder som er gunstige for objektrettet malmleting: *datastyrt* eller *ekspertstyrt*. Begge forutsatte et treningsområde med kjente forekomster og uniforme grunnlagsdata. Et 20x20 km² stort område omkring Snow Lake med 16 kjente forekomster og detaljerte grunnlagsdata var valgt ut ('mining camp scale'). En modell for forekomstene ble antatt. En statistisk beregning av korrelasjoner mellom forekomstene og mønster i de ulike datasett er utført. Eksempler på slike sannsynlighetsberegninger er: sannsynligheten for at en forekomst ligger - i en bestemt avstand fra en synvulkansk intrusjon, - i et område med et bestemt innhold av bly i innsjøsediment. Ved datastyrt tilnærming benyttes kun statistiske beregninger og feilaktige resultater p.g.a. gal forekomstmodell unngåes. Ved ekspertstyrt løsning vektet betydningen av de ulike parametrene ut i fra den geologisk modellen og tolkningsresultatet er i sterkere grad avhengig av valg av modell.

Fra 'rådata' dannes ulike kart og også deriverte kart, f.eks. magnetisk gradientkart fra magnetiske målinger, med representative mønstre. I oppgaven er det benyttet totalt 17 kart. Disse kan settes sammen på tre ulike måter:

1. Etter vekting av deriverte kart kunne gunstighetskart (favourability map) framstilles.
2. Ulike delkart som bygger på ulike faktorer: varmekildefaktor, omvandlingsfaktor, geokjemisk faktor, geofysisk faktor og stratigrafisk faktor.
3. 'Fuzzy operators' - statistiske beregninger

Wrigth understreket at vektingen og måten kartene er framstilt på, har større betydning for resultatet enn metoden data integreres med. Han presenterte kart med områder som ville være lovende med hensyn på nye funn. Det gjenstår å teste disse resultatene.

Kommentar/vurdering: Metoden forutsetter et stort antall kjente forekomster innenfor et område med likt datagrunnlag og god stratigrafisk og malmgeologisk kontroll. Antallet like forekomster innenfor Grongfeltet er begrenset og vi bør også få bedre kontroll med den geologiske og

malmgeologiske utvikling før den eventuelt kan testes. Forøvrig er det interessant å merke seg likheten mellom de ulike faktorer og våre prospekteringsparametre.

4. KIDD CREEK, TIMMINS

En dag ble brukt til gruvebesøk ved Kidd Creek Mine, Falconbridge Ltd. Første halvdel gikk med til orientering og tur under jord ledet av sjefsgeolog Philip E. Olson og produksjonsgeolog Ron Cook. Etter mat diskuterte vi den regionale geologien, med et besøk til den eneste blotningen i området, ved østsiden av dagbruddet, og til slutt var vi på kjernelagret og så på bergarter fra området.

4.1 Generell beskrivelse

I likhet med Brunswick No. 12 er Kidd Creek en av verdens største VMS forekomster. Den ligger i den vestlige delen Abitibi grønnsteinsbeltet (arkeisk alder), 27 km nord for Timmins i Ontario. Forekomsten ble funnet i 1963 etter en nærmere undersøkelse av en geofysisk anomali som hadde vært kjent i lang tid. Produksjon startet i 1966, fram til 1979 med dagbrudd og siden under jord, med to sjakter ned til 930 og 1560 meters dyp. En tredje sjakt er nå under utbygging for å ta malm fra mellom 1435-2110 m under overflaten. Fra 1966 fram til slutten av 1989 ble ca. 85M tonn malm tatt ut med pågangsgehaltene; 2.21 % Cu, 7.2 % Zn, 0.28 % Pb og 102 g/t Ag. Cd, In og Sn ble også tatt ut som biprodukter. Pr. 31. des. 1989 var drivverdige malmreserver, over 5600 ft nivå, på 44.6M tonn med gjennomsnittsgehalter; 3.53 % Cu, 5.08 % Zn, 0.16 % Pb og 67 g/t Ag.

Forekomsten ligger i en lagpakke som består av ultramafiske, mafisk og felsiske metavulkanitter med mindre innslag av metasedimenter som er gjennomsett av doleritt-gabbro intrusjoner, og utgjør "Kidd-Munro Assemblage". De yngste rhyolittene er datert, 2714 ± 2 Ma (U-Pb). Malmen ved Kidd Creek ligger på toppen av en felsisk metavulkansk enhet som ligger over en tykk ultramafisk enhet som består av komatiittisk lavastrømmer (spinifex teksturer), pyroksenitt og serpentiniserte intrusjoner. Malmen er overlagret (stratigrafisk heng) av en tykk sekvens av felsiske vulkanoklaster, som består av polymikte fragmenter, og overliggende tholeiittiske basalter. Lokalt inne i og over de felsiske vulkanittene finnes lag med tuffittisk rhyolitt (kvarts fyrisk), siltstein og karbonholdige argillitter.

Gruvestratigrafien ved Kidd Creek ligger N-S mens den normale regionale trenden er Ø-V. De felsiske vulkanittene og malmsonen danner en assymetrisk, S-formet foldestruktur (Bleeker 1992, upublisert rapport til Falconbridge Ltd.). Malmsonen stuper bratt ned i nordlige retning, parallellt

med sjenkelen til hovedfoldestrukturen. Mineraliseringen finnes i to hovedsoner, North Orebody strekker seg fra overflaten ned til 7000 ft. og South Orebody ned til 3400 ft. Begge malmsoner er tykkest ved overflaten. Den massive sulfidmalmen ligger på toppen av en lokal fortykning (300 m) i den felsiske vulkanitten (flow dome sequence). Den felsiske ansamling avtar raskt både mot nord og sør for forekomsten. Dette tyder på strukturell kontroll og at både vulkanismen og mineraliseringen var fokusert inne i en større paleotopografisk depresjon (Bleeker, 1992).

Malmsonene i Kidd Creek ligger nær stratigrafisk topp av en lokalt fortykket rhyolittisk metavulkansk enhet som består av massive strømmer, autobreksjer og vulkanoklaster. Omkring malmnivået finnes en spesiell "mixed rhyolite fragmental" som består av polymikte fragmenter av rhyolitt, massiv Zn-malm, pyritt og cherty rhyolitt. Denne breksjeenheten ligger umiddelbart over North Orebody og under South Orebody og viser at mineraliseringen har pågått i flere perioder gjennom utviklingen av det mineraliserte systemet (basseng?). Den massive malmen og ligg-rhyolitten er intrudert og delvis separert fra de overliggende kvartsfyriske rhyolittene av gabbro sills som går under navnet andesitt-dioritt i gruva. Rhyolitten i liggen av den massive malmen viser i stringer-sonen forskjellige grader av silisifisering (cherty rhyolite). Denne sonen består av Cu-rikt årenettverk og grå serisitt og mørk kloritt omvandling kan følges til 8000 ft under overflaten, langs en markert struktur (opprinnelig dyp forkastning?).

Ligg-rhyolitten, som fører Cu stringer mineraliseringer, er sterkt utarmet på Na, K, Ca og Al og er anrikt i Fe, Mg og Si mens rhyolitter i hengen av forekomsten er anrikt i K og Al. Disse omvandlingene viser seg som klorittisering og sterk silisifisering i den umiddelbare ligg til den massive malmen, og med en halo av serisitt, særlig i hengen. Karbonatomvandling finnes også, som sideritt i tilførselssonen og i den massive malmen mer spredt ankeritt, jern-dolomitt og dolomitt.

Hovedmalmtypene ved Kidd Creek består av tilførselssone mineralisering, massive sulfider og breksjemalm, som finnes i både North og South Orebodies. Cu-rik stringer-malm er best utviklet i liggen til North Orebody og finnes i både massive og breksjerte rhyolittstrømmer. De massive rhyolittstrømmene er antatt og ha dannet en tett "cap rock", og de høytemperatur, hydrotermale løsningsene er antatt å være fokuserte langs forkastninger/sprekker gjennom denne (Bleeker 1992). Den massive malmen ligger over tilførselssonen hovedsakelig som innfyllinger i fragmenterte bergarter og har erstattet permeable bergarter som grove rhyolittbreksjer, lapilli tuff, epiklastisk sedimenter og tidligere avsatte sulfidrasbreksjer på toppen av den felsiske lagpakken. Den fragmenterte enheten danner lokalt permeable aquifers inne i den felsiske pakken og mye av mineraliseringen ser ut som den har vært avsatt under den gamle havbunnen. Dette kan være forklaringen på mangelen av distale ekshalitt-horisonter i hengen av forekomsten i Kidd Creek.

De massive sulfidlinjene er hovedsakelig Zn-rike, men i de nedre delene er sinkblende erstattet av Cu-rike sulfider. En meget Cu-rik bornittsone i den nederste sentrale delen av South Orebody

er tolket som en sen hydrotermal fase. Sinkblende-rik breksjemalm ligger både i hengen av North Orebody og lokalt under South Orebody.

Ved siden av dens uvanlig størrelse (ca. 160 M tonn), er det store antall malmmineraler spesielt for Kidd Creek - mer enn 60 forskjellige mineraler er funnet i sulfider, som komplekse sulfosalter, arsenider, selenider, Co-sulfider, As-sulfider og Sn-sulfider. To bestemte suiter av sporelementer er kjent, som Ag, Pb, Cd, Sn, As, Sb, Ga og Hg i massiv sinkblende + pyritt malm, og Co, Se, Ni, As, In, Bi og Ag i Cu-rik malm og særlig i bornitt sonen. Kidd Creek forekomsten har lavt Au-innhold sammenlignet med andre arkeiske VMS malmer i Abitibi grønnsteinsbeltet. Gjennomsnittsverdien for Au i forekomsten er ca. 100 ppb og bornitt-sonen er den eneste delen hvor Au kommer opp i 1 ppm. Ag har imidlertid en gjennomsnitt på 100 ppm i den massive malmen.

4.2 Spesielle forekomstundersøkelser

Detaljerte kjemiske undersøkelser av rhyolitt-stratigrafien pågår med bruk av kvantitativ modellering av fraksjonell krystallisering for å se på den kjemiske utviklingen over tid for de felsiske vulkanittene som er assosiert med mineraliseringen. Anomale fraksjonerings-trender er undersøkt som mulig prospekteringsredskap; for eksempel har rhyolitten ved Kidd Creek REE mønstre som er typiske for 'produktive' felsiske vulkanitter i andre "volcanogenic massive sulphide" camps (Leshar o.a. 1986). Kjemien på rhyolittene er antatt å reflektere forandringer i det subvulkanske magma som kan være knyttet til avkjøling og hydrotermale sirkulasjoner.

Hoved- og sporelement geokjemi og isotopforhold av mafiske vulkanitter, dioritt intrusjoner og ultramafitter undersøkes for å modellere variasjoner i sammensetning, finne mulige magma kilder og for å identifisere mulige komagmatiske slektskap mellom mafisk og felsisk vulkanitter.

En detaljerte mineralogisk studie av omvandlingene er startet for å identifisere spesifikke faser som er knyttet til den hydrotermale aktiviteten og å skille de fra andre mineraldannelser som er knyttet til metamorfe og post-magmatiske aktiviteter. For eksempel, en K-metasomatisk hendelse er datert til ca. 100 Ma yngre enn sulfidmineraliseringen. Den er karakterisert ved grovkornet kloritt og serisitt som er dannet som senere vekst i en finkornet matriks, særlig som penetrativ kløv i forbindelse med metamorfe løsninger.

Stabile og radiogene isotoper er analysert fra malmen, sedimenter i hengen og sulfidmineraliseringer og omvandlet vulkanitter rundt forekomsten. Svoel-isotop signaturer er funnet for de forskjellige malmtypene. Bly-isotopforhold i blyglans fra massive sulfider gir en tett samling rundt 14.51 for 207/204 Pb og 13.31 for 206/204 Pb (Franklin o.a. 1983). Studier av C-isotoper gjøres for å skille mulige magmatiske kilder fra overflate kilder for karbon ved

å se på sammensetning i karbon-holdige sedimenter i gruveområdet og C-førende species i omvandling, mineralisering og sedimenter i hengen.

Kidd Creek forekomsten ligger i et området med bred positiv ^{18}O anomali, selv om lette ^{18}O finnes i umiddelbar nærhet av forekomsten. Dette er atypisk for slike VMS forekomster som vanligvis er knyttet til brede soner med lette ^{18}O verdier. Anomale oksygen-isotop signaturer i omvandlete vulkanitter rundt forekomster er foreslått som et mulig propekteringsverktøy. Områder rundt større strukturer med assosierte hydrotermale systemer har sannsynligvis også bevart anomale oksygen isotop verdier (Beatty o.a. 1988)

4.3 Kommentarer og vurdering

- Lokalt N-S strukturell fleksur som avviker fra den regionale Ø-V trenden.
- Dyp strukturell kontroll; som former et avlangt forkastningskontrollert basseng (graben) som fokuserer både magmatisk avsetninger og den hydrotermale aktiviteten.
- Stratigrafisk kontroll; den massive malmen ligger på toppen av en rhyolittisk enhet som overligger et mektig ultramafisk ekstrusiv/intrusiv kompleks. Rhyolitten (300m tykk) og det underliggende ultramafiske komplekset viser en lokal fortykning som er begrenset til den dype graben strukturen.
- Sulfidmineraliseringene er også begrenset til denne N-S strukturen, ingen ekshalitt mineraliseringer er funnet på toppen av malmen eller distalt. Den massiv malmen er stort sett grovkornet og tolket å være avsatt under havnivået som innfyllinger og metasomatisk omvandling av rhyolitt fragmenter.
- Semi-konforme omvandlingssoner under malmen er kontrollert av tykke, permeable lag med vulkanoklaster.

4.4 Litteratur

På grunn av omstendigheten rundt funnet av Kidd Creek forekomsten med rettsak angående eierforhold (Texas Gulf Sulfer) ble det satt lokk på alle informasjon om forekomsten i nesten 20 år med unntak av noen få, meget generelle artikler om geologi (Walker & Mannard 1974, Walker o.a. 1975) og geofysikk (Donohoo o.a. 1970). Da Falconbridge overtok driften av Kidd Creek i 1986, ble det satt fart i både forskning og publisering om forekomsten. En mer moderne beskrivelse av forekomsten finnes i en IAGOD ekskursjons guide fra 1990 (Brisbin o.a. 1990).

Andre sentrale publikasjoner:

- geologi og geokjemi av FW rhyolitter: Coad (1985)
- datering av magmatisk utvikling og deformasjon: Barrie og Davis (1990)

- geokjemi av hydrothermal tourmalin og kloritt: Slack og Coad (1989)
- REE og sporelement kjemi til rhyolitter: Leshner et al (1986)
- oksygen isotop studier av friske og omvandlete bergarter: Beatty et al (1988)

5. GAC/MAC Waterloo '94.

Vi deltok både ved et kurs om omvandlinger og omvandlingsprosesser, 13.-15. mai og på møtet Waterloo '94, 16.-18. mai. Både kurset og foredragene/plakatutstillingene ble arrangert ved University of Waterloo, Waterloo, Ontario. I tillegg ga det oss god anledning til å diskutere VMS-forekomster med geologer fra ulike miljøer. Totalt var det ca. 1000 deltakere på møtet og ca. 90 deltakere fulgte kurset.

5.1 Short course: Alteration and alteration processes associated ore-forming systems

Kurset var arrangert og ble ledet av David Lentz, GSC, New Brunswick. Deltakere og forelesere ved kurset var geologer fra ulike miljøer; universiteter, geologiske undersøkelser og industrien. Kurset var lagt opp med intensive forelesninger og var delt i to hoveddeler. Først ble de teoretiske sidene ved de termodynamiske, eksperimentelle, petrologiske og fastfjellgeokjemiske metodene for studier av omvandlinger i tilknytning til malmdannende prosesser gjennomgått. Del to hadde et mere anvendt aspekt med hovedvekt på anvendelsen av disse metodene i undersøkelser av ulike forekomsttyper. En rekke forekomster ble behandlet, fra høy-temperatur magmatiske forekomster til lav-temperatur prosesser hvor leiromvandlinger og diagentiske prosesser dominerer. Studier av både eldre og recente malmdannelser inngikk. Foredragene er samlet som fullverdige artikler i en innholdsrike kursbok som totalt er på 467 sider (Lentz 1994).

Mineralsammensetninger og -likevekter og endringer i disse ble framstilt og/eller beregnet grafisk (Beane 1994, Burt 1994). Eksperimentelle og teoretiske studier ble presentert (Hutcheon o.a. 1994, Lentz 1994, Froese & Berman 1994, Susak 1994, William-Jones o.a. 1994). Kjemiske endringer ved omvandlinger ble beregnet ved bruk både masse-balanse beregninger (Gresens metode)(Leitch & Lentz 1994) og PER (Pearce element ratios) (Stanley & Madeisky 1994). Fordeler og ulemper med de ulike metodene ble diskutert. Forekomsttyper som ble spesielt omtalt var: PGE forekomster i lagdelte intrusjoner (Boudreau & Meurer 1994), porfyr-forekomster (Titley 1994), Sn-forekomster (Kontak 1994), skarnforekomster (Kwak 1994), gull-forekomster (Campbell McCuaig & Kerrich 1994), VMS-forekomster (Barrett & MacLean 1994) og aktive systemer (Reed 1994, Saccoccia o.a. 1994). Referansene til disse finnes i Lentz (1994).

Fordelen ved bruk av Gresens metode til masse-balanse beregninger er at den er enkel og illustrativ når vi ønsker å se på endringer i enkeltprøver og de gradvise endringer f.eks. inn mot ei åre med omvandlingssoner omkring. Antatte immobile elementer kan lett endres. Ulempen ligger i definisjonen av opprinnelig frisk bergart (parent rock) og ønske om tetthetsverdier når volumendringer må antas. Dette problemet blir spesielt stort med en heterogen opprinnelig bergart. I PER beregninger benyttes mol-konsentrasjonene og masse-overføringene kan direkte relateres til mineralsammensetninger og/eller kjemiske reaksjoner. Fraksjoneringstrender kan bestemmes og prøvemateriale grupperes. Problemene med antatt opprinnelig bergart og antatte volumendringer forsvinner.

5.2. Waterloo '94

De malmgeologiske foredragene var delt inn i flere sesjoner:

Crustal evolution and ore deposits: Generelle foredrag med hovedvekt på endringer av forekomsttyper med tid, spesielt i prekambrium.

Fluid flow and ore deposits: Hovedsakelig om sedex forekomster i Canada.

Porphyry and skarn deposits: Prosjekter i British Columbia ble beskrevet.

Gold deposits: Gullforekomster i store deler av verden.

Massive sulphide deposits: Hovedsakelig om kanadiske forekomster.

Ocean Drilling Program - Results of Leg 139: De siste resultater fra undersøkelsene på Juan de Fuca Ridge ble presentert.

Flere foredrag om massive sulfidforekomster understreket betydningen av å bestemme den stratigrafiske og strukturelle oppbyggingen innenfor de undersøkte områdene. De massive sulfidene var gjerne knyttet til en bestemt type felsiske vulkanitter innenfor et område ('mining camp'). Omvandling av hengbergartene ble også beskrevet. Ulike metoder til å karakterisere omvandlingssoner benyttes; masse-balanse beregninger, PER, endringer i REE-mønstre (gjærne LREE-depletion, selv om det motsatte også finnes), oksygen-isotoper (også med varierende resultat).

Det var få foredrag og plakatutstillinger som behandlet GIS. De var samlet innenfor sesjonen: Earth sciences and computing. De fleste beskrev ulike programsystemer, hvilke datasett som inngår og typer data som er best egnet henholdsvis på vektor- og rasterform. En plakatutstilling med demonstrasjon av et ekspertsystem baserte seg på bruk av raster-GIS. En interessant kommentar til denne var at 90 % av tiden var benyttet til å tilordne data på digital form. GSC, Newfoundland har bygd opp en database med presentasjon av grunnlagsdata basert på ArcView. Generell kommentar til denne sesjonen er at vi ved NGU er relativt godt utrustet på programvaresiden.

Vi diskuterte Grongfeltet og våre problemstillinger med flere kolleger på møtet. Vi vil her trekke fram et mulig framtidig forskningssamarbeid angående litogeokjemi og hydrotermal systemer:

Allan Galley (GSC) beskrev et forslag til et meget interessant forskningsprosjekt som har fått støtte av industrien i Canada. Forskningsgruppen består av kolleger fra GSC, Laurentian Univ., Sudbury, og industrien og har fått MITEC støttet (Mining Industry Technology Council of Canada). Prosjektet har tittelen "The roles of regional-scale hydrothermal systems and sub-volcanic intrusions in the generation of volcanic associated massive sulphide deposits" og målet er å utvikle kriterier for å skille produktive fra ikke-produktive VMS miljøer i prekambriske områder med undersøkelser og dokumentasjon av forbindelsen mellom subvulkanske intrusjoner og stor-skala, hydrotermale omvandlingssystemer. Samtidig har Clifford Stanley MDRU (Mineral Deposits Research Unit), Vancouver, British Columbia søkt om støtte til et lignende prosjekt som skal undersøke litokjemien av omvandlingssoner rundt forskjellige typer forekomster i det Phanerosoiske terrenget av Cordillera i det vestlig Canada. Ross Large, som leder en gruppe fra CODES (Centre for Ore Deposit and Exploration Studies, Univ. of Tasmania, Australia) har også søkt om støtte til et lignende prosjekt i Australia som heter "Studies of VHMS-related alteration: geochemical and mineralogical vectors til mineralization".

Håpet er at de tre gruppene kan føre et tett samarbeid, og både Al Galley (GSC) og Cliff Stanley (MDRU) var meget interessert i om vi kunne bidra med utveksling av informasjon omkring vår forskning på hydrotermale omvandlinger knyttet til de kaledonske VMS forekomstene. Dette vil vurderes senere når vi har flere resultater.

6. Litteratur

- Barrie, C.T. & Davis, D.W. 1990: Timing of magmatism and deformation in the Kamiskotia - Kidd Creek area, western Abitibi Subprovince, Canada. *Precambrian Research* 46, 217-240.
- Bailes, A.H. & Galley, A.G. 1991: Geological setting of base metal mineralization in the Anderson area. *In: Report of Activities 1991, Manitoba Energy and Mines, Mineral Division*, 8-13.
- Beatty D.W., Taylor H.P. & Coad, P.R. 1988: An oxygen isotope study of the Kidd Creek, Ontario, volcanogenic massive sulphide deposit: evidence for high ^{18}O ore fluids. *Econ. Geology* 83, 1-17.
- Brisbin, D., Kelly, V. & Cook, R. 1990: Kidd Creek Mine. *In: Geology and Ore Deposits of the Timmins District, Ontario (Field Trip 6), 8th IAGOD Symposium Field Trip Guide Book, Geological Survey of Canada, Open File 2161*, 66-76.
- Coad, P.R. 1985: Rhyolite geology at Kidd Creek - a progress report. *CIM Bulletin* 78, 70-83.
- Donohoo, H.V., Podolsky, G., & Clayton, R.H. 1970: Early geophysical prospecting at Kidd Creek Mine. *American Mining Congress Journal*, 44-53.
- Franklin, J.M., Roscoe, S.M., Loveridge, W.D., & Sangster, D.F., 1983: Lead isotope studies in Superior and Southern Provinces. *Geological Survey of Canada, Bulletin* 351, 60 s.
- Froese, E. & Moore, J.M. 1980: Metamorphism in the Snow Lake area, Manitoba. *Geological Survey of Canada, Paper* 78-27.
- Galley, A.G. 1993: Characteristics of semi-conformable alteration zones associated with volcanogenic massive sulphide districts. *Journal of Geochemical Exploration* 48, 175-200.
- Galley, A.G., Bailes, A.H., Syme, E.C., Bleeker, W., Macek, J.J., & Gordon, T.M. 1990: Mineral Deposits of the Flin Flon and Thompson Belt, Manitoba. IAGOD Field Trip Guide Book # 10, *Geological Survey of Canada, Open File* 2165, 136 s.
- Galley, A.G. & Scoates, J.S. 1990: Relationship of synvolcanic dykes to hydrothermal alteration in the Edwards Lake formation, Chisel Lake area (NTS 62K/16). *In: Report of Activities 1990, Manitoba Energy and Mines, Minerals Division*, 170-177.
- Galley, A.G., Bailes, A.H. & Kitzler, G. 1993: Geological Setting and Hydrothermal Evolution of the Chisel Lake and North Chisel Zn-Pb-Cu-Ag-Au Massive Sulphide Deposits, Snow Lake, Manitoba. *Explor. Mining Geol.* 2, 271-295.
- Helmstaedt H. 1973: Structural geology of the Bathurst-Newcastle district. *In: Geology of New Brunswick, Field Guide to Excursions, edited by N. Rast, 65th Annual New England Intercollegiate Geological Conference, Trip A-5*, 34-46.
- Langton J.P. (compiler) 1992: Massive sulphide deposits and geology in Northern New Brunswick; Geol. Ass. Can., Min. Ass. Can., Joint Annual Meeting, Wolfville '92; *Field Trip C-6, Guidebook*, 53s.

- Lentz D.R. & Goodfellow W.D. 1992: Re-evaluation of the petrochemistry of felsic volcanic and volcanoclastic rocks near the Brunswick No. 6 and 12 massive sulphide deposits, Bathurst Mining Camp, New Brunswick. *In: Current Research, Part E, Geol. Surv. Can., Paper 92-1E*, 333-342.
- Lentz D.R. & Goodfellow W.D. 1993a: Petrology and mass-balance constraints on the origin of quartz-augen schist associated with the Brunswick massive-sulphide deposits, Bathurst, New Brunswick. *Can. Min. 31*, 877-903.
- Lentz D.R. & Goodfellow W.D. 1993b: Mineralogy and petrology of the stringer sulphide zone in the discovery Hole at the Brunswick No.12 massive sulphide deposit, Bathurst New Brunswick. *In: Current Research, Part E, Geol. Surv. Can., Paper 93-1E*, 249-258.
- Lentz D.R. (ed.) 1994: Alteration and alteration processes associated with ore-forming systems. *Geol. Ass. Can. Short course notes, vol. 11*, 467 s.
- Lentz D.R. & Goodfellow W.D. 1994a: Character, distribution and origin of zoned hydrothermal alteration features at the Brunswick No. 12 massive sulphide deposit, Bathurst Mining camp, New Brunswick. *In Current Research 1993. Compiled and edited by S.A.A. Merlini. New Brunswick Dept. of Natural Resources and energy, Minerals and Energy Division, Misc. Report 12*, 94-119.
- Lentz D.R. & Goodfellow W.D. 1994b: Petrology and geochemistry of altered volcanic and sedimentary rocks associated with the FAB stringer sulphide zone, Bathurst, New Brunswick. *In: Current Research 1994-D; Geol. Surv. Can.*, 123-133.
- Leshner, C. M., Goodwin, A. M., Campbell, I. H., and Gorton, M.P. (1986): Trace-element geochemistry of ore-associated and barren, felsic metavolcanic rocks in the Superior Province, Canada. *Can. Journ. of Earth Sci.* 23, 222-237.
- Luff W.M., Goodfellow W.D. & Juras S. 1992: Evidence for a feeder pipe and associated alteration at the Brunswick No. 12 massive sulphide deposit. *Exploration and Mining geology 1*, 167-185.
- Martin, P.L., 1966: Structural analysis of the Chisel Lake orebody. *The Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Trans.* 69, 208-214.
- McCutcheon S.R. & Lentz D.R. (ed.) 1993: Guidebook to the metallogeny of the Bathurst Camp. Trip #4 of Bathurst '93: 3rd Annual Field Conference, *Geol. Soc of CIM*, 159s.
- Symes, E.C., and Bailes, A.H., 1993: Stratigraphic and Tectonic Setting of Early Proterozoic Volcanogenic Massive sulphide Deposits, Flin Flon, Manitoba. *Economic Geology* 88, 566-589.
- Van Staal C.R. 1987: Tectonic setting of the Tetagouche Group in northern New Brunswick: implications for plate tectonic models of the northern Appalachians. *Can. Journ. of Earth Sci.* 24, 1329-1351.
- Van Staal C.R., Fyffe L.R., Langton, J.P. & McCutcheon S.R. 1992: The Ordovician Tetagouche Group, Bathurst Camp, northern New Brunswick, Canada: History, tectonic setting and distribution of massive sulphide deposits. *Exploration and Mining geology 1*, 93-103.

- Walker, R.R. & Mannard, G.W. 1974: Geology of the Kidd Creek mine - a progress report. *CIM Bulletin* 67, 41-57.
- Walker, R.R., Matulich, A., Amos, A.C., Watkins, J.J. & Mannard, G.W. 1975: The geology of the Kidd Creek mine. *Economic Geology* 70, 80-89.

BERGGRUNNSKART OVER GRONGFELTET

foreløpig utgave, juni 1994

TEGNFORKLARING

GJERSVIKDEKKET

Dypbergarter

- 11 Granodioritt, kvartsdioritt, tonallitt, trondhjemit.
- 12 Hornblendedioritt
- 13 Gabbro, hornblendegabbro, metagabbro
- 14 Ultramafitt, pyrokseinit, hornblenditt.

Limingengruppa

- 20 Kalkpatrisk sandstein og fyllitt, konglomerat
- 21 Sandstein, konglomerat med boller av grønnstein, keratofyr og jaspis
- 22 Båndet gråbrun kalkfyllitt
- 23 Kalkrik arkosisk sandstein, tykkbåndet arkose.
- 24 Grønnstein, grønnskifer (Devigrønnsteinen)
- 25 Kalkholdig fyllitt og siltstein, båndet gråvæske
- 26 Konglomerat eller brekke med boller/fragmenter av konglomerat
- 27 Kalkpatismarmor
- 28 Basal polymikt konglomerat med boller av grønnstein, tonallitt og gabbro

Gjersvikgruppa

- 30 Lys felsisk brekke
- 31 Kvartskaratofyr, metarhyodacitt
- 32 Grønnstein, lys MG-Ca rik basalt
- 33 Grønnstein, mørk grågrønn, Fe-Ti basalt, basaltisk andeitt
- 34 Grønnstein, grønn kloritrik basalt, dels amfibolittisk
- 35 Grønnstein, ulldifferensiert
- 36 Båndet aktinolitkifer, amfibolittisk grønnstein
- 37 Båndet amfibolitt/metagabbro

ORKLUMPDEKKET

Røyrvikgruppa

- 40 Gabbro
- 41 Serpentinit
- 42 Kalkfyllitt (Brakfjell fyllitt)
- 43 Kvartsitt
- 44 Grønnstein (Jomagrønnsteinen)
- 45 Kvartsfyllitt, dels grafitførende
- 46 Marmor
- 47 Gråvæske, sandstein

Huddingsdalsgruppa

- 51 Kvartskaratofyr, tonallitt
- 52 Båndet grønnskifer, grønnstein, tuffitt
- 53 Fyllitt, grafit- og kvartarisk
- 54 Kvartsitt, kvartstittfyllitt
- 55 Fyllitt, kalkpat- og kvartarisk
- 56 Båndet, kalkpatrisk fyllitt (Bilsjøfyllitt)

Nordligruppa

- 60 Amfibolitt
- 61 Fyllitt, glimmerskifer

Geologiske symboler

- Skyvegrense under Helgelandsdekket
- Skyvegrense under Gjersvikdekket
- Skyvegrense under Orklumpdekket
- Skyvegrense under Skjellingdekket
- Skyvegrense under Oftefjellsdekket
- Intern skyvegrense
- Forkastning

EM ANOMALIER

Ledningsevne x mektighet (mhos)

- 0,3 - 1
- 1 - 2
- 2 - 4
- 4 - 8
- 8 - 16
- 16 - 32
- 32 -

Geologien er digitalisert fra de foreløpige berggrunnskartene (M 1:50 000): Røyrvik (Larbo & Kollung 1983), Jomafjell (Fossen & Kollung 1988), Skorvatn (Reinbakken & Hallø 1987), Tunngren (Reinbakken 1987), Limingen (Reinbakken 1986) og upublisert materiale fra A. Nissen. Digital vektorkart, NSO fra Statens Kartverk. Tillatelse 1, KS 4 1312