



Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr BV 3523	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering Trondheim	Gradering
Kommer fra ..arkiv Næringsdepartementet	Ekstern rapport nr Aspro 1724	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel Kvalsund Cu- (Ag, Au) forekomst. Resultater av diamantboring 1986 og forslag til mineraliseringsmodell.				
Forfatter Andersen, M. C.		Dato 07.01 1987	Bedrift Prospektering A/S	
Kommune Kvalsund	Fylke Finnmark	Bergdistrikt Troms og Finnmark	1: 50 000 kartblad 19351	1: 250 000 kartblad
Fagområde Geologi Boring	Dokument type		Forekomster Kvalsund	
Råstofftype Malm/metall	Emneord Cu Ag Au			
Sammendrag				



003523

Date	07.01.1987	Rapport nr.	1724	Antall sider:	6	Konfidensielt	./.
				Antall bilag:	9		
Rapport vedr.: Kvalsund Cu- (Ag, Au)- forekomst. Resultater av diamantboring 1986 og forslag til mineraliseringsmodell.							
Prosjekt Kvalsund				Oppdragsgiver A/S Sydvaranger Finnmark Fylke			
Forfatter M.C. Andersen				Prosjektleder B. Røsholt			
Land/fylke Norge - Finnmark				Kommune Kvalsund			
Kartbladnavn 1:250 000				Kartblad 1:50 000 1935 I, Repparfjorden			

Sammendrag:

Kvalsund Cu- (Ag, Au)- forekomst er undersøkt med diamantboring (2 hull på totalt 496,4 m) på større dybde enn tidligere. Resultatene viser en økning i mektighet fra gjennomsnittlig 3.0 m i utgående til 4.0 m (sann mektighet) på 250 m dyp. Gehaltene er uforandret 1.6 - 1.7% Cu.

Mineraliseringen tolkes som "sediment-hosted Cu-deposit" av kobberbeltetype, avsatt i et tektonisk kontrollert innsynkningsbasseng. Dette åpner muligheten for et meget stort potensiale, og videre undersøkelser anbefales.

Emneord	Geologi	Dia.boring
	Basemetall	
	Edelmetall	
Fordeling	☐ 1 Bergmesterembete	☐ 1 Industridepartementet
	☐ 3 ASPRO	☐ 1 A/S Sydvaranger
	☐ 1 Finnmark Fylke	☐



Fig.-01

Lokalisering av feltet (se pil).

INNHold:

	Side
Innledning	1
Årets undersøkelser	1
Geologisk tolkning av forekomsten	2
Konklusjon og forslag til videre undersøkelser . .	4
Anvendt litteratur	6

FIGUR- OG BILAGSOVERSIKT:

Fig. 01. Lokalisering av forekomsten

Tab. 01. Analysedata for borhullsskjæringer 1985 og 1986

Bilag 01: Situasjonsplan Kvalsund 1986

" 02: Stratigrafisk lagsøyle, Saltvann og Nussir Groops

" 03: Profil D.b.h. 11-86

" 04: Profil D.b.h. 12-86

" 05: Analysedata D.b.h. 11 og 12 -86.

" 06: Forslag til mineraliseringsmodell

" 07: Oversiktskart med geol. profil

" 08: Kjernebeskrivelse D.b.h. 11 og 12 -86

" 09: Mikroskopi av utvalgte prøver

VURDERING AV MINERALISERINGSPOTENSIALET I KVALSUND-FOREKOMSTEN, FINNMARK

INNLEDNING

Forekomsten er kartlagt av K.S. Nilsen i 1979, og ytterligere undersøkt med prøvetaking, diamantboring og geofysikk i 1985 og 1986, se bilag 01.

Kvalsund-forekomsten er en Cu-dominert mineralisering med tilleggsverdier i form av Ag og Au. Andre elementer forekommer kun i ubetydelige mengder. De viktigste Cu-mineraler er bornit, kobberglans, covellin og kobberkis, som alle forekommer i et velavgrenset stratigrafisk nivå omkring en dolomitisk kalksten øverst i Stangvatn Formasjonen (se bilag 02).

Mineraliseringen er av Nilsen (1986) tolket dannet i en tidevannssone i et tektonisk kontrollert innsynkningsbasseng, med hydrothermal tilførsel av metaller fra en dyptgående forkastningssone. Dette har vært utgangspunktet for en teori om at mineraliseringen kunne øke i gehalt og maktighet langs fallet (mot dypet).

ANDRE UNDERSØKELSER

To dia. borhull (D.b.h. 11 og 12) på totalt 496.4 m ble påsatt for å oppnå skjæring ca. 250 m fra utgående (etter fallet). Disse borhull skulle vise en evt. økning i gehalt og/eller maktighet mot dypet. Hullplasseringen fremgår av bilag 01, og bilag 03 og 04 viser vertikalprofiler gjennom disse.

Mineraliseringen forløper Ø-V med steilt (60° - 70°) N-lig fall. Skjæringvinkelen mellom borhull og det mineraliserte nivå er henholdsvis ca. 50° og ca. 70° . Årets boringer bekrefter at mineraliseringen har et meget enkelt forløp, idet den ligger som en tilsynelatende sammenhengende plate med tilnærmet konstant fall. Det eneste forstyrrende element er N-S gående, steiltstående forkastninger med betydelig forskyvning, som det f.eks. er illustrert i bilag 04.

Analyseresultatene for D.b.h. 11 og 12 er presentert i bilag 05. Bortsett fra Cu, Ag og Au er Mo eneste element som viser verdier vesentlig over bakgrunnsnivå. Pb viser forhøyede verdier i den mineraliserte sone i forhold til den øvrige del av kjernene, men verdier på 5 - 44 ppm må allikevel betraktes som ubetydelige.

Gjennomsnittsverdier på Cu, Ag og Au for samtlige borhullsskjæringer i Kvalsund er oppført i tabell 1, og her sees at årets borerer hever seg noe over tidligere gjennomsnittsmektighet, men ikke med hensyn til gehalt.

Dbh.	Meter				%	ppm	
	Seksjon	Kjernelengde	Vertikal mekt.	Sann mekt.	Cu	Ag	Au
A	15,0- 17,7	2,7	3,9	2,2	0,99	16,1	0,02
B	26,0- 28,3	2,3	3,4	1,9	1,41	6,3	0,19
C	19,2- 22,6	3,4	6,4	2,9	2,46	7,4	0,42
D	68,0- 72,0	4,0	7,3	3,8	1,28	15,4	0,16
E	54,5- 57,7	3,2	5,6	3,0	2,21	10,8	0,25
G	17,6- 21,6	4,0	6,0	4,0	1,48	26,9	0,07
11	275,2-279,7	4,5	6,8	4,1	1,70	23,7	0,10
12	140,3-146,3	6,0	9,5	3,8	1,52	10,6	0,10
Gj.snitt	---	3,8	6,1	3,2	1,64	15,7	0,16

Tabell 1.

Mercury Analytical Ltd.

GEOLOGISK TOLKNING AV FOREKOMSTEN

Det viktigste geologiske karaktertrekk ved Cu-forekomsten i Kvalsund, er dens stratigrafiske plassering øverst i en enorm (> 2500 m mektig) sekvens av grovklastiske sedimenter. Sedimenter av denne type og mektighet (se bilag 02) er karakteristiske for et bestemt geologisk miljø - nemlig tektonisk kontrollerte innsynkningsbassenger, hvor sedimentasjonen hovedsaklig utgjøres av skredbreksjer. Disse sedimenteres fra bassengranden og ut mot den sentrale del. Dette medfører en facies-utvikling parallelt med bassengets lengdeutstrekning, hvor de mest grovklastiske (og mest permeable) sedimenter finnes langs bassengranden, og relativt mere finkornete sedimenter i bassengets sentrale del. Forutsetter man at et slikt basseng transgredes av Cl^- og/eller SO_4^{--} -holdig sjøvann, vil det skje en gjennomtrengning av ion-holdig vann i den store og permeable sedimentlagpakke, og spesielt ved tilstedeværelsen av Cl^- vil mulig-

hetene for utluting og transport av Cu være stor. Dette fordi en Cl^- -mettet oppløsning er i stand til å transportere opp til 7 x den Cu-mengde som en ikke Cl^- -holdig oppløsning (Gustavson & Williams, 1981). Videre vil transgresjon føre til lavere energi-forhold i den øverste del av lagpakken, og de grovklastiske sedimenter vil bli overleiret av leir-skifer og siltsten med større og mindre innhold av organisk materiale samt evt. FeS_2 . I tillegg vil denne type miljø ofte utvikle en karbonat-plattform (evt. med sabkha-dannelse) som avslutning på sedimentasjons-sekvensen. Under kompaksjon og diagenese vil det skje en utlutning av metaller fra sedimentene (i dette tilfelle Cu, Ag og Au + mindre mengder Mo), og den resulterende metallholdige hydrotermale oppløsning vil vandre opp gjennom de mest permeable partier - fortrinnsvis langs basseng-randen. De overleirede finkornete sedimenter samt karbonat vil virke som et impermeabelt lag, samtidig som karbonat og organisk og uorganisk FeS_2 vil virke som felle for den Cu-holdige oppløsning, hvorved mineralisering dannes - se forøvrig bilag 06. Den her skisserte mineraliseringsmodell er identisk med den som antas å ha dannet f.eks. Kupferschieferen i Nord-Europa, og frem for alt det Sentral-Afrikanske Kobberbelte. Mineraliseringer av nevnte type utgjør ca. 30% av verdens Cu-reserver og er m.h.t. gehalt de klart rikeste.

Paragenesen Cu_5FeS_4 (Bornit), Cu_2S (Kobberglans), CuS (Covellin) og CuFeS_2 (Kobberkis) er karakteristisk for sedimentære forekomster av "kobberbeltetype". I tillegg til disse finnes ofte varierende mengde FeS_2 . I Kvalsund sees bornit (Cu_5FeS_4), kobberkis (CuFeS_2), digenit (Cu_9S_5), covellin (CuS) og kobberglans (Cu_2S) - altså en stort sett identisk paragenese, men FeS_2 er ikke tilstede i nevneverdig grad. Dette tyder på at den opprinnelig tilstedeværende S (i form av FeS_2) er medgått til dannelsen av Cu-sulfider, og at det således er dette som har vært den begrensende faktor m.h.t. utbredelse og Cu-verdi av mineraliseringen, og ikke tilgjengelig mengde Cu i den mineraliserte oppløsning. Tilstedeværelse av hematit i store deler av sekvensen under det mineraliserte nivå viser at den Cu-holdige hydrotermale oppløsning har vært bufret mot Fe^{3+} - altså hatt høy oxygen fugasitet. Av denne grunn er det nødvendig med tilstedeværelsen av redusert S (f.eks. i form av FeS_2) i vertsbergarten, for å felle Cu^{++} som Cu-sulfider.

Med utgangspunkt i S som den begrensende faktor, må evt. ytterligere undersøkelser konsentreres omkring områder som primært har vært relativt

S-rike eller med høyt innhold av organiske materiale. Dette er f.eks. reduserende euxiniske miljøer i lagune-facies, eller karbonat-sekvensen. Til identifikasjon av disse miljøer er kjennskap til palaeotopografien viktig, idet det fra øvrige mineraliseringer av samme type har vist seg at høydedrag i palaeolandskapet fører til konsentrasjon av Cu. Dette fordi vi her finner de mest grovklastiske (og mest permeable) sedimenter, og fordi vi også langs paleo-strandlinjen har store muligheter for sedimentasjon av organisk materiale/S-utfelling.

I et miljø som Kvalsund vil de største Cu-konsentrasjoner ventelig finnes langs basseng-randen, og videre arbeider må i større grad enn tidligere prioritere forståelse av det sedimentologiske miljø, og derigjennom, om mulig, etablering av en palaeotopografisk modell. Dette bør så føre til en betydelig mere sikker utvelgelse av prioriteringsområder.

Korrelasjonen mellom Cu og Au er ikke særlig god, hvis man ser på enkelt-analyser av borhulls-seksjoner og knakkprøver. For 45 enkeltanalyser (borhull 1985 og 1986 samt knakkprøver 1985) fåes en korrelasjonskoeffisient (r) = 0.54 - altså ingen signifikant positiv korrelasjon. Hvis man imidlertid ser på hele borhulls-skjæringen (tab. 1), fåes for de 8 skjæringer en Cu/Au -korrelasjon på $r = 0.86$. Dette er tydelig positiv korrelasjon, hvilket også er typisk for forekomst-typen. Årsaken til at enkeltanalyser viser dårlig korrelasjon og hele skjæringer god korrelasjon, er sannsynligvis at svak remobilisering av Au og/eller Cu (under Kaledon?) har ført til stoff-transport i ca. 0.5 m-skala, men ikke i så stor skala at elementet (ene) er ført ut av det mineraliserte nivå.

KONKLUSJON OG FORSLAG TIL VIDERE ARBEIDER

Mineraliseringspotensialet i Kvalsund er enormt, når man tar utgangspunkt i stort sett kontinuerlig mineralisering langs 9 km strøklengde. Bilag 07 viser det potensielt mineraliserte areal, samt profil gjennom området. Som gjennomsnitt kan potensielt mineralisert areal anslåes til $(9 \times 2.5) \text{ km}^2$ - d.v.s. $22.5 \times 10^6 \text{ m}^2$. Ved anvendelse av gjennomsnittsdata for de 8 borhulls-skjæringer (tabell 1) på sann mektighet = 3.2 m á 1.64% Cu og egenvekt på ca. 3.0, fåes et potensiale i størrelsesorden 200 mill. tonn á 1.64% Cu eller 3.3 mill. tonn Cu-metall. Med dagens pris represen-

terer dette en total Cu-verdi i størrelsesorden 30 milliarder NOK. I tillegg kommer edelmetallverdien som utgjør 20 - 25%. Dette er så desidert Norges største kjente Cu-potensiale. I forhold til en total metallverdi i størrelsesorden 40 milliarder NOK, er det interessant å notere seg at omkostningene hittil på prospektering på dette objekt utgjør bare 1.0 million NOK! Som totalbetraktning er forekomsten dog neppe drivverdig med dagens Cu-priser, men forekomster med et potensiale som Kvalsund skal uansett sees i et langsiktig perspektiv, og man kan da spørre om det ikke er rimelig at offentlige myndigheter går inn med midler til en grundig kartlegging av råstoff-reserver - i hvert fall når det der er tale om dimensjoner som i Kvalsund.

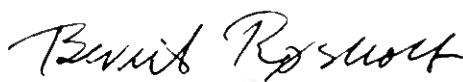
Selv om forekomsten som helhet neppe er drivverdig i dag, er det store muligheter for at deler av den kan danne basis for lønnsom drift også med dagens metallpriser. I denne sammenheng er det interessant at mineraliseringens Cu-rike paragenese vil gi et høyverdig Cu-konsentrat, d.v.s. $\geq 37\%$ Cu.

Videre arbeider på objektet bør omfatte dia. boring med henblikk på en avklaring av de palaeotopografiske og sedimentologiske forhold, samt konsentreres på et tilsvarende eller større dyp enn årets boring. Dette fordi årets resultater viser gjennomsnittsmektigheter i størrelsesorden 4.0, mot tidligere 3.0.

De foreliggende resultater gir ikke grunnlag for å foretrekke f.eks. mineraliseringens Ø-lige del fremfor den V-lige, men topografiske forhold medfører at hull-lengdene ved boring vil bli kortere i øst enn i vest, og det bør derfor satses på dette området i første omgang.

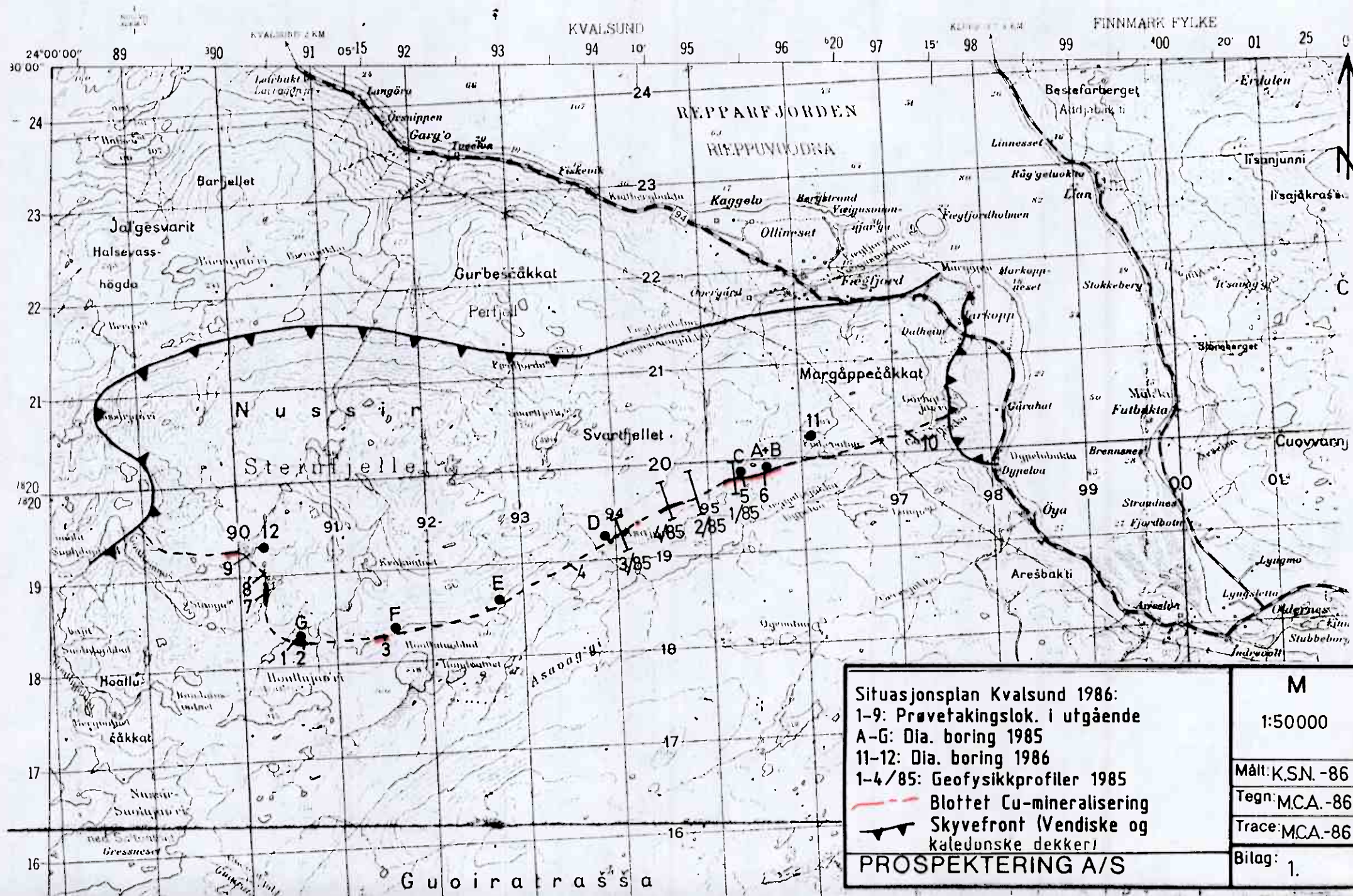
Stabekk, 07.01.1987

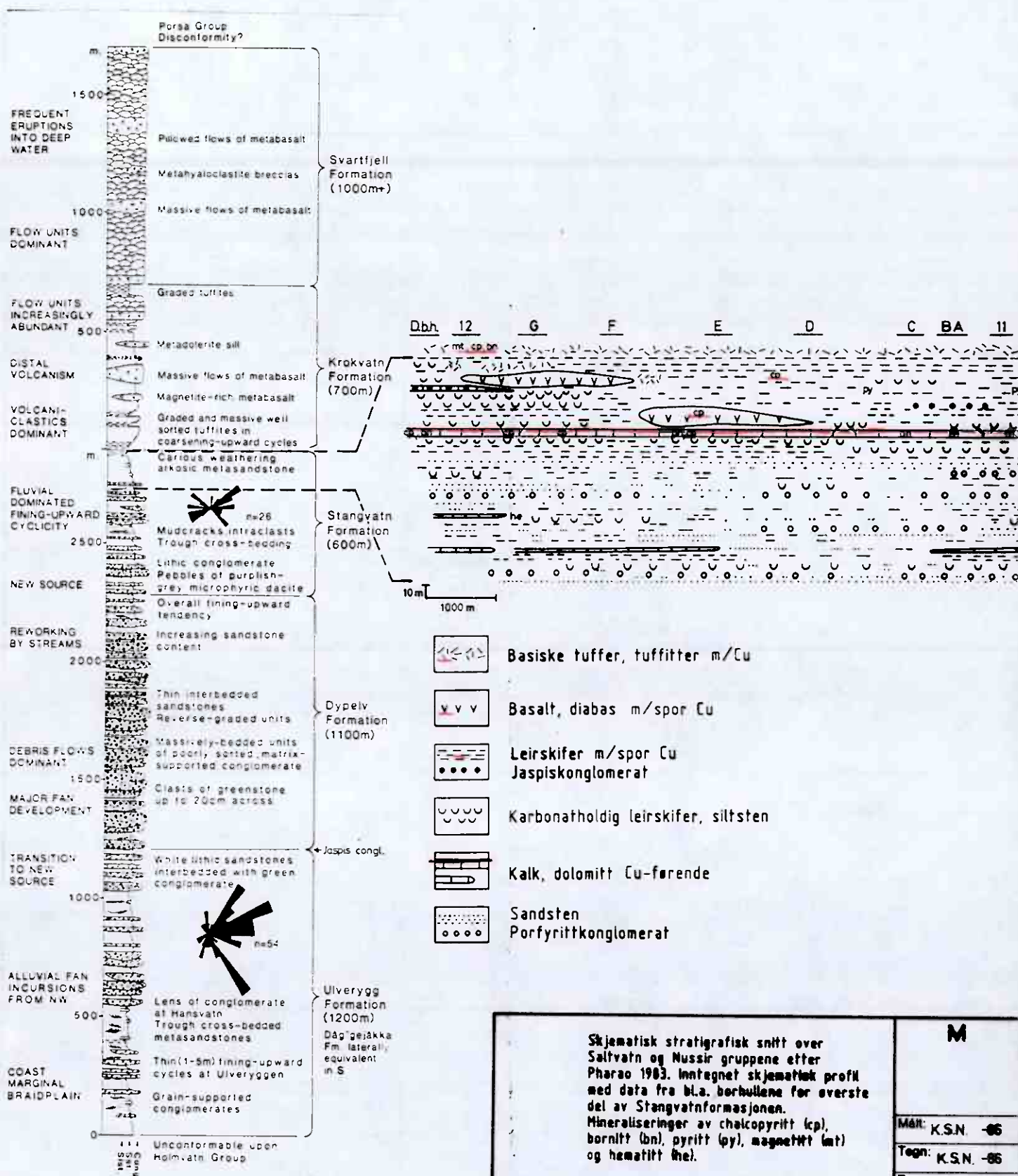
For Morten C. Andersen


Bernt Røsholt

ANVENDT LITTERATUR

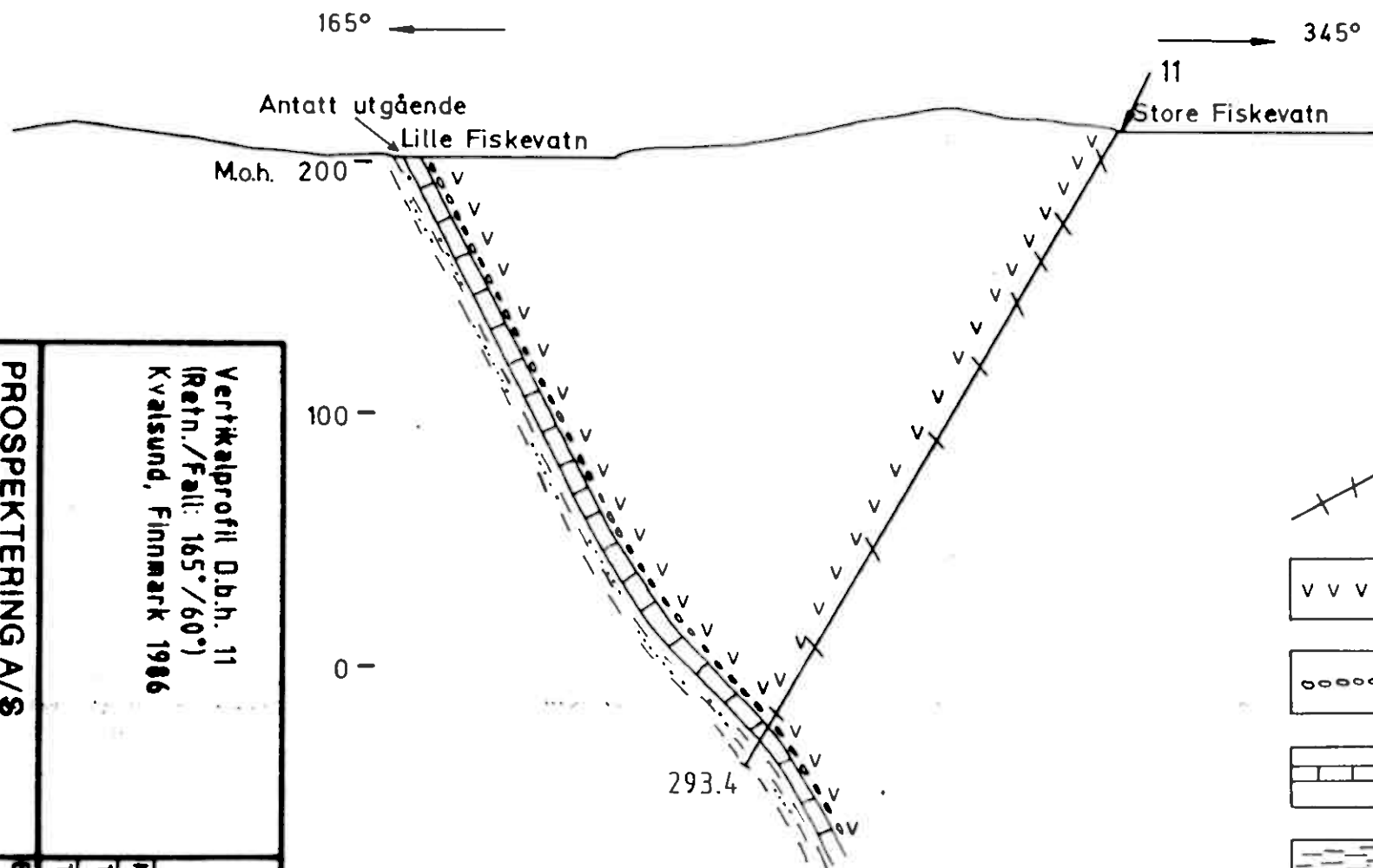
- Gustavsen, L.B. & Williams, N. (1981): Sediment - Hosted Stratiform deposits of Copper, Lead and Zinc. Econ. Geol. 75th. Anniversary volume, 1981, pp. 139-178.
- Nilsen, K.S. (1986): Diamantboringer og oppfølging av den Cu-Ag-Au-mineraliserte dolomitten i Kvalsund ved Repparfjord, sommeren 1985. ASPRO-rapp. 1681.
- Pharaoh, T., Ramsay, D. & Jansen, Ø. (1983): Stratigraphy and structure of the northern part of the Repparfjord-Kongsfjord Window, Finnmark, Northern Norway. Norges geol.unders. 377, 1-45.





Skjematisk stratigrafisk snitt over Saltvatn og Nussir gruppene etter Pharo 1983. Inntegnet skjematisk profil med data fra bl.a. borehullene for øverste del av Stangvatnformasjonen. Mineraliseringer av chalcopyritt (cp), bornitt (bn), pyritt (py), magnetitt (mt) og hematitt (he).	M Mål: K.S.N. -85 Tegn: K.S.N. -85 Trace: MCA -85 Blag: 2.
---	--

PROSPEKTERING A/S



- Skiffrighet i d.b.h.
- V V V Vulkansk serie (tuff og basalt)
- o o o o o Konglomerat
- Dolomitt og kalkholdig skifer (Cu-førendende)
- Leirskifer med sandstenslag og porfyrittkonglomerat

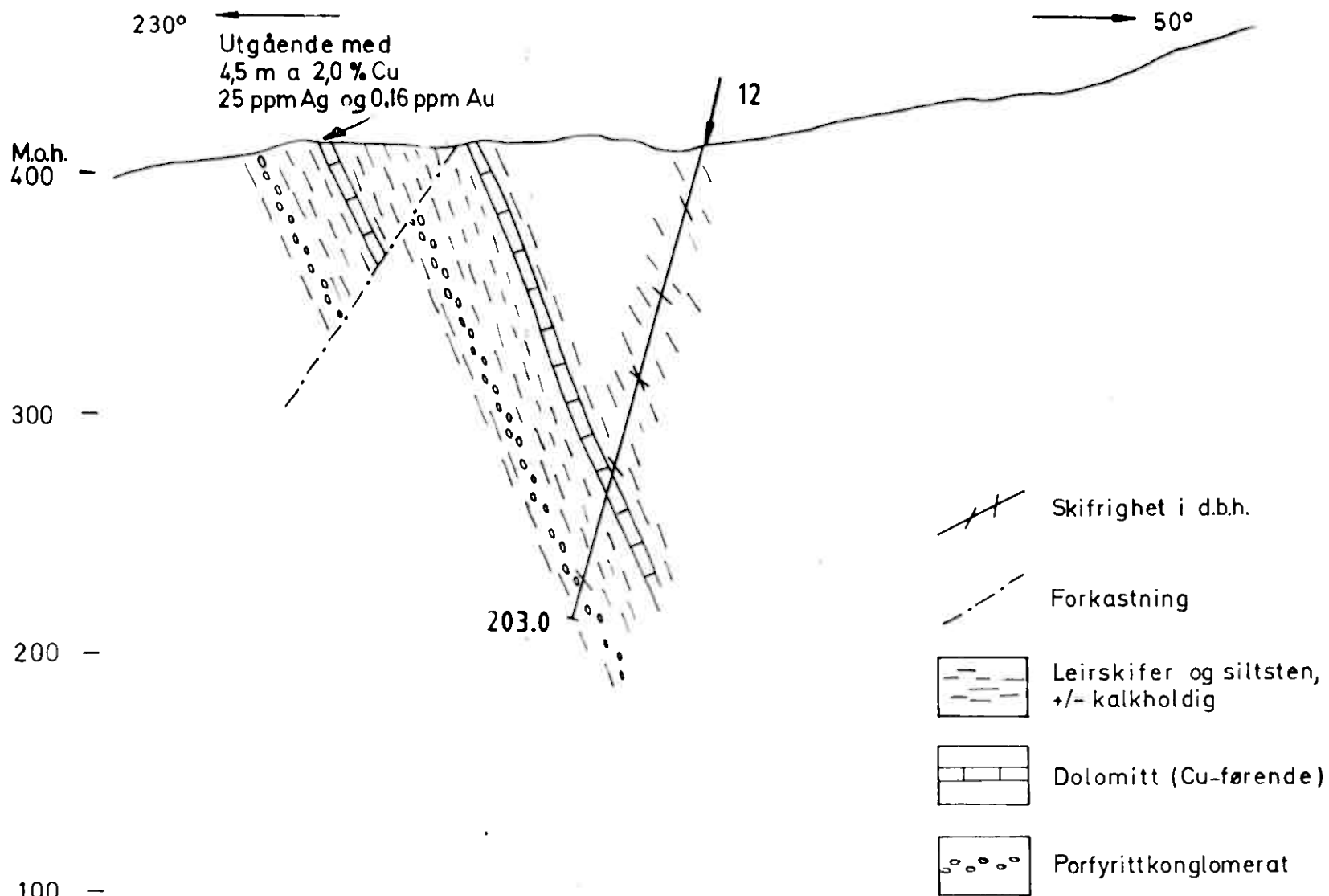
Vertikalprofil D.b.h. 11
(Retn./Falt: 165°/60°)
Kvalsund, Finnmark 1986

M
1:2500

PROSPEKTERING A/S

Bilag: 3

Matt: K.S.N.-86
Tegn: M.C.A.-86
Trace: ---



PROSPEKTERING A/S		M	
Vertikalprofil D.b.h. 12 (Retn./fall 230°/75° Kvalsund, Finnmark 1986		1:2500	
		Malt: KSN -86	
		Tegn: MCA -86	
		Trace: MCA -86	
		Bilag: 4	

Mercury Analytical Ltd.

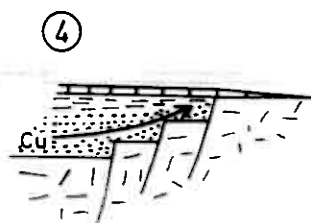
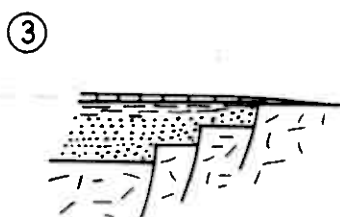
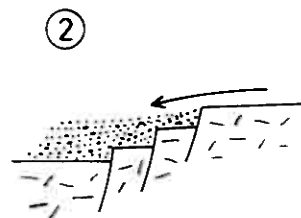
	Meter kjerneelgd.	%	ppm												
		Cu	Pb	Zn	Mn	Ba	Mo	Co	Cr	Ni	P	Ag	Au	Sn	W
D.b.h. 11	19,5-20,0	0,03	< 1	157	893	298	17	47	105	63	2350	<0,1	<0,02	6	6
	42,5-43,0	0,05	"	124	947	314	<1	34	62	27	2800	"	"	5	2
	112,4-113,0	0,08	"	56	1206	195	19	177	353	187	500	"	"	3	1
	117,3-117,8	0,01	"	73	640	439	6	36	22	25	700	"	"	3	2
	197,4-197,9	0,23	"	71	529	484	13	43	678	181	800	"	0,02	1	7
	238,7-240,0	0,03	"	18	32	525	20	46	168	76	1500	"	<0,02	7	6
	241,5-242,3	0,04	"	29	46	520	8	47	108	67	1275	"	"	4	7
	270,0-270,7	0,01	"	42	159	908	18	26	163	100	700	"	"	5	1
	274,5-275,2	0,03	"	25	1092	2301	7	14	130	44	900	"	"	1	2
	275,2-276,2	1,06	"	20	2945	570	33	5	78	20	325	18,4	0,02	5	1
	276,2-277,0	1,87	"	15	4151	429	18	7	96	22	225	29,3	0,09	6	1
	277,0-278,0	3,27	8	17	766	898	31	9	105	65	450	51,3	0,26	5	1
	278,0-278,7	1,51	5	28	725	703	19	121	116	238	600	<0,1	0,14	5	1
	278,7-279,7	0,75	9	58	1353	737	16	13	124	41	500	13,5	0,02	4	4
	279,7-281,1	0,00	3	13	702	907	16	4	125	47	550	<0,1	<0,02	1	1
D.b.h. 12	140,0-140,3	0,05	15	37	7290	154	45	17	39	13	150	0,7	<0,02	1	1
	140,3-141,3	1,51	38	44	4378	177	57	19	49	14	160	23,3	0,11	5	1
	141,3-142,3	0,73	17	34	6085	130	59	17	67	34	180	11,8	0,16	1	1
	142,3-143,3	1,01	2	36	4987	309	86	16	89	52	200	14,5	0,11	4	1
	143,3-144,3	1,71	44	45	3512	386	64	17	169	56	450	3,8	0,08	5	1
	144,3-145,3	2,88	12	36	50	436	27	53	156	118	1100	<0,1	0,02	2	3
	145,3-146,3	1,30	8	34	271	329	<1	48	108	120	525	"	0,10	1	1
	146,3-147,0	0,21	5	41	750	449	9	18	132	39	600	"	<0,02	1	2
	147,0-148,0	0,31	5	57	768	432	<1	42	146	85	750	"	0,05	5	1
	148,0-149,0	0,09	9	70	591	353	11	26	107	39	600	"	<0,02	4	1
	150,0-151,0	0,15	2	73	565	402	1	31	125	47	600	"	"	1	1
	159,5-160,0	0,95	41	78	368	378	728	15	175	25	700	"	0,08	4	1
	167,7-168,0	0,18	8	68	591	580	3	14	111	100	700	"	<0,02	4	2
	172,0-172,6	0,05	21	54	1017	612	13	9	120	32	1175	"	"	4	1
	180,0-180,9	0,03	37	88	502	388	9	10	97	22	500	"	"	6	1

PROSPEKTERING A/S

Bilag: 5.

Analyseresultater, Kvalsund, Finmark 1986

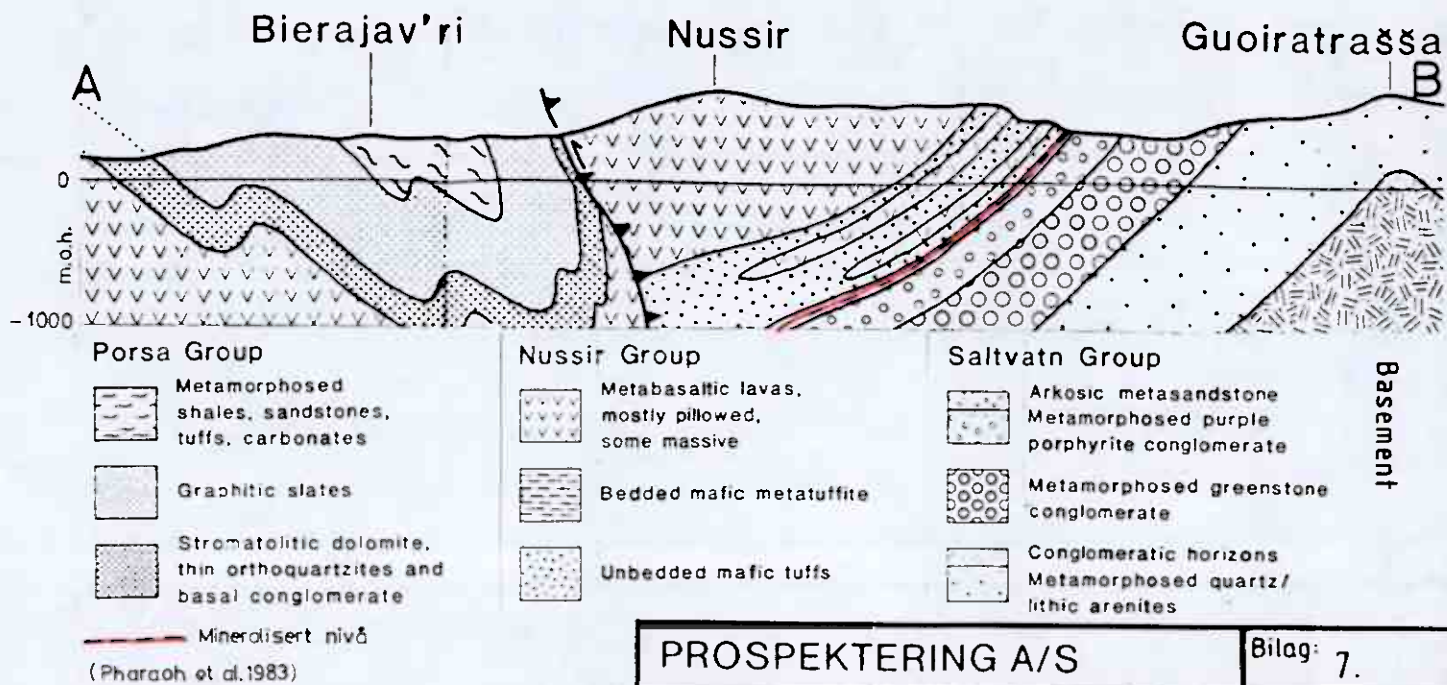
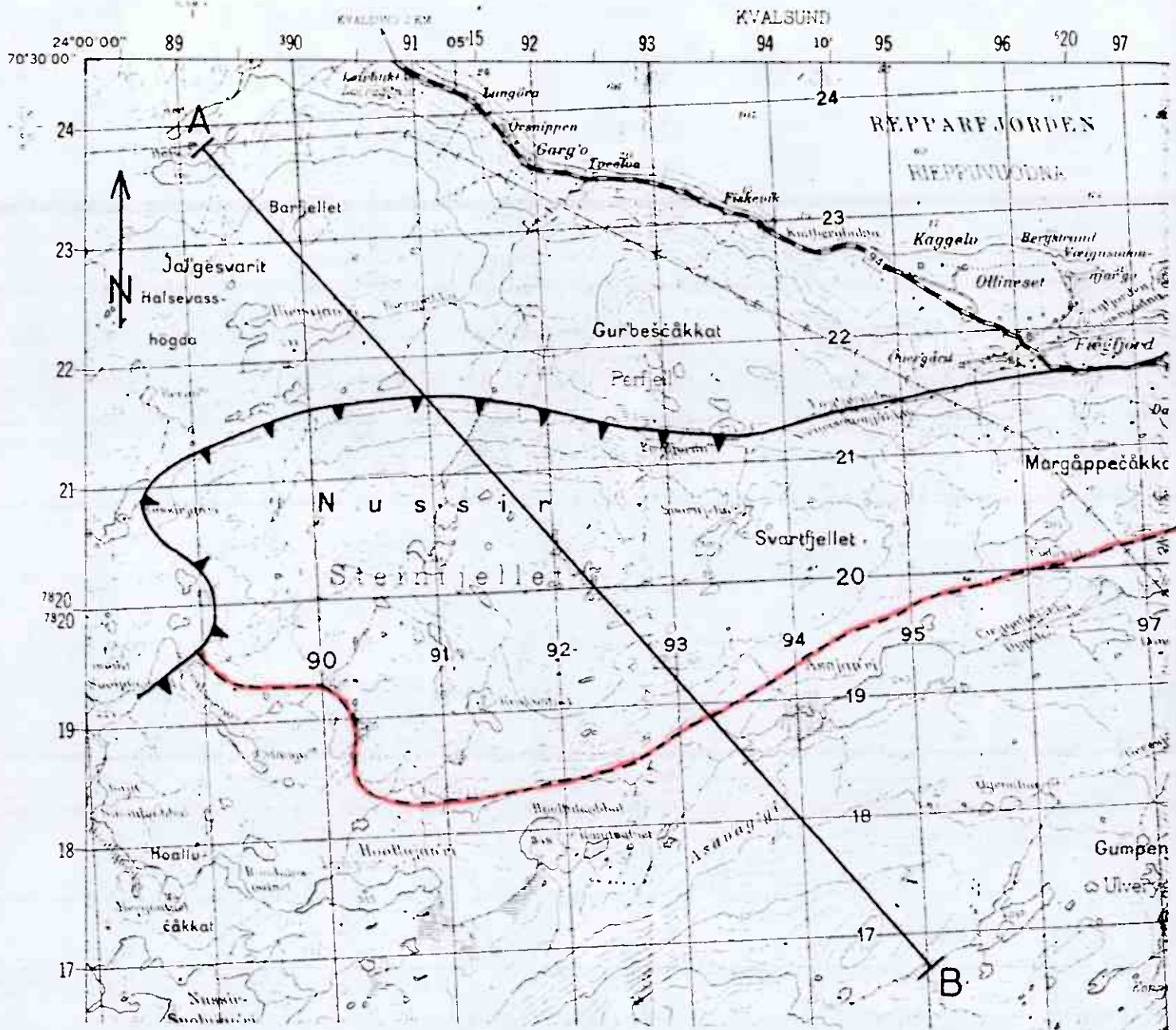
Forslag til mineraliseringsmodell.



- ① Tektonisk kontrolleret indsynkning
- ② Erosion og sedimentation af grovklastisk materiale, dels fra bassinranden og dels fra baglandet.
- ③ Transgression og dannelse af finklastiske sedimenter samt carbonat-"platform". Evt. red-bed og sabkha-dannelse.
- ④ Kompaktion, diagenese og utlutning af Cu fra sedimenter v.h.a. Cl^- og SO_4^{2-} -holdigt vand. Udfældning ved kontakt med organisk materiale eller inorganisk FeS_2 , fortrinsvis langs bassinranden.

Generaliseret mineraliseringsforløb ved dannelse af "sediment-hosted" red-bed Cu-forekomster	M
	MÅlt: -----
	Tegn: M.C.A.
	Trace: M.C.A.
PROSPEKTERING A/S	Bilag: 6

NORGE - NORWAY 1:50 000





Kjerneobservasjoner.

Borhull nr. 11
Koordinator: Y UTM 960.8 202.1
På satt i høyde ca. 210 m.
• i retning N 165 Ø
• med helning 60° S
Borhullets lengde 293.4

Profil Fiskevatn
X

Boret meter	Bergart	Kjerne- mangel	Skiffrighet	Bergart- prøve
0- 12.2	Jord	12.2	~ 50° v. 15 m	19.5-20.0
- 12.8	Blokk (kalkholdig sandsten)			
- 53.9	Basalt. Grønn-grågrønn, fin-middelskorntet homogen. Uregelmessige gulgrønne epidotbånd og slirer 1/2-2 cm brede, stedvis med kloritt, kvarts og karbonat, danner mindre strukturer, f.eks. flytestruktur og putelava ved f.eks. 25.0 og 27.0 m. Enkelte kvartsårer med kloritt 1-8 cm brede. Grovkornete epidot-kvartsslirer med vekst av kloritt og gråsvart amfibol. Noe amfibol i tynne årer sammen med kloritt : Enkelte soner 1-2 dm med blek grønn basalt, antatt hydrotermalt omvandlet, noe pyritt (py) og litt kobberkis (cp), bl.a. ved 42-43 m. Spredte små korn av cp, opptil 1 mm, spesielt ved tynne kloritt- eller epidotårer. Cp-innholdet avtar noe etter ca. 21 m, fremdeles enkelte cp-korn, etterhvert litt py. Lyse kalk-kvartsårer fører litt magnetitt (mt). Mot liggen (49-54 m) blir basalten noe lysere grå, enkelte mørke amfibolspetter, antatt fenokrystaller. Finkornete dmtykke bånd med en del py, litt cp. 53.7-53.9 m en del cp.	60-65° v. 44 m	42.5-43.0	
- 73.4	Tuffer. Vekslende 1-5 dm bånd av finkornet til grovkornet pyroklastmateriale. Finlaminert-båndet tuff dominerer, blek grønne finkornete og vekslende mørke grønne og grovere mer klorittrike bånd.			
			80° v. 54.5 m 55° v. 59.5 m	

Boret meter	Bergart	Kjerne- mangel	Skiffrighet	Bergart- prøve
	Bånd med pyroklastisk materiale av forskjellig størrelse opptil 1 cm brede og 4-5 cm lange, flammete til mer avrundet.		60° v. 69.0 m	
	Enkelte lysere bånd med noe kalk og kvarts, py-rikere bånd med spor cp. Lys grønn homogen kalkholdig skifer (noe tuffittisk materiale) ved 55.5-57.3 m.			
- 91.3	Tuffitt. Middels-finkornet homogen grønn-grågrønn skifer. Soner med lys grønne porøse kalkholdige bånd. Enkelte soner med pyroklaste, mer rundete fragmenter dominerer.		50° v. 75 m	
	Lyse kalk-kvartsårer med noe py.		55° v. 82 m	
- 98.5	Tuffer. Grågrønn med lysere grønne pyroklastiske fragmenter opptil 1-2 cm lange, vekslende bånd. Finkornete homogene soner og grovere bånd.		55-70°	
- 107.8	Agglomerat. 1-10 cm brede pyroklaste, runde boller til avlange flammete fragmenter, lys grønne til grønne og hvite kvartsrike i grønn-grågrønn finkornet homogen (til svakt båndet) matrix. Lyse kalk-feltspatslirer og grønne-lysgrønne finlaminerte uregelmessige bånd. Pyrittimpregnasjoner, opptil 2 cm store krystaller.		65°	
- 112.40	Basalt. Finkornet grønn-blek grønn med mørke amfibolpletter. Blek grønne lyse soner (antatt hydrotermal omvandling) med en del py, litt cp. Tynne kloritt-amfibolfylte sprekker.			
- 112.45	Chert. Lys finkornet kvarts og ildrød jaspis i klumper. Noe finkornet py.			112.4- 113.0
- 115.8	Basaltbreksje. Små og store (opptil flere dm) kantete fragmenter, grønne-grågrønne, mest basaltisk materiale, ofte med lysere rand. Blek grønn finkornet matrix, går noen steder over i gjennomsettende ganger, tynnere årer med forgreninger. Py-krystaller, stedvis litt cp-impregnasjon, bl.a. 112.5-112.8 m. Noen lyse kalk-feltspatbånd og -slirer med litt py og cp.			

Boret meter	Bergart	Kjerne- mangel	Skiffrighet	Bergart- prøve
- 145.0	<u>Basalt.</u> Fin-middelskornet, grønn, homogen. Tynnere blek grønne soner til ca. 25 m med noe py, spor cp. Stedvis noe breksjering (vulkansk breksje) ved bl.a. 119.5, 127.9 og 129.5 m. Tynne årer og slirer med epidot eller kloritt, kalk og noe py.			
- 147.0	<u>Basalt breksje.</u> Kantede fragmenter opptil 1-2 dm av basaltisk materiale i finkornet grønn matrix. Litt py.		70°	
- 166.5	<u>Basalt.</u> Middelskornet, homogen. Dels noe breksjert og oppsprukket til ca. 151 m. Epidotrike årer og slirer. Kryssende årer av kalk, kvarts-feltspat og noe py, litt cp. Tynne klorittholdige sprekker med noen kalklinser fører magnetitt, noe cp, litt py (sterkt magnetiske). Spredte py-korn, stedvis lite cp og noe mt. Enkelte kvarts-kalkbånd 1-10 cm brede med kvartsfragmenter (chert) og noe py.		65° v. 185 m	
- 177.0	<u>Tuff.</u> Vekslende soner med fin laminasjon, mer massive homogene bånd og bånd med opp- til 1-2 cm store flammete pyroklaste- rer. Enkelte kalk-kvartsholdige bånd, 1-20 cm brede, og soner med kantede fragmenter. Grovere bånd med små amfibolspetter, ellers nokså klorittrik, finkornet laminasjon. Stedvis en del py, litt mt.		50° v. 168 m	
- 200.2	<u>Laminert tuff.</u> Meget finkornet grågrønn tuff med tynne mørkere og lysere grønne striper (laminasjon) og 1/2-2 mm tynne mørk blålig grå mt-rike bånd, sterkt - meget sterkt magnetisk. Noen grovere klorittrike slirer. Tynne klorittårer med noe cp og py nokså vanlige, skjærer lagning (S_0) med liten vinkel, antatt parallell skiffrighet S_1 .		40-45° v. 178 m 60-65° v. 189 m	197.4- 197.9
- 200.9	<u>Tuffit.</u> Middelskornet grågrønn homogen - svak bånding. Klorittholdig, litt karbonat og innslag av små rundete pyroklaste- rer. Kalkrike årer med noe cp.			
- 202.9	<u>Laminert tuff.</u> Finkornet, tynne bånd og striper med mørk blågrå magnetittrike lag og grønne (klorittholdige) lag. Sterkt mag- netisk.			

Boret meter	Bergart	Kjerne- mangel	Skiffrighet	Bergart- prøve
- 205.1	<u>Tuffer.</u> Vekslende 1/2-5 dm soner med fine til grove pyroklaster opptil 1-2 cm, homogene grønne dels kalkholdige skifere og laminerte magnetittholdige bånd.			
- 206.3	<u>Magnetittrik tuff.</u> (Båndet jernformasjon). Svartgrå middels-finkornet homogen - svakt båndet. Enkelte små pyroklaster og kloritt-holdig materiale i matrix av svart finkornet magnetitt, noe kloritt, kvarts. Litt py		70°	
- 217.5	<u>Agglomerat/tuff.</u> Vekslende lag med pyroklastisk materiale og finkornete tuffbånd. Lag med flammete og lag med rundete fragmenter 1-5 cm, finkornete grå-mørk og lysere grønn, rødbrune til nesten hvit (chert). Noen finlaminerte magnetittholdige tuffbånd. Gradvis overgang mot mer finkornete.		65° v. 215 m	
- 225.7	<u>Tuffer.</u> Grønne, fin-middelskornete homogene bånd vekslende med finkornete grå-grønne lag med pyroklaster opptil 1/2 cm.			
- 229.3	<u>Laminert tuff.</u> Grønn-mørk grønn med mørk grå magnetittholdige lag.			
- 239.3	<u>Tuffer.</u> Grønn - grågrønn fin-middelskornet klorittholdige bånd vekslende med pyroklastiske lag. 234.8-235.1 grågrønn kalkholdig skifer. Fra 234.4 m enkelte cp-korn som impregnasjon og i forbindelse med noen py-holdige sprekkesoner.		70°	238.7- 239.9
- 243.6	<u>Magnetittrik tuff.</u> Mørk grå-grå middelskornet med grønne pyroklaster 1-2 mm, magnetittrik, noe kloritt, kvarts, amfibol. Tynne svarte bånd anrikt på magnetitt. Meget sterkt magnetisk. Enkelte grågrønne finkornete tuffittiske bånd. Enkelte cp-korn, bornitt (bn) observert ved 240.4-242.5. Primære strukturer som slumping og kryss-skikt observert f.eks. ved 242 m.		75° v. 243 m	241.5- 242.3
- 245.0	<u>Tuffitt.</u> Grønn homogen middelskornet, klorittrik, dels kalkholdig. Enkelte cm-store pyroklaster.	245.0-246.0		
- 246.0	Rassone, kjernetap.			
- 248.4	<u>Laminert tuff.</u> 1-20 cm grønne klorittrike bånd og mørke magnetittholdige tynne bånd. Tynne magnetittrike, noe grovere bånd.			

Boret meter	Bergart	Kjerne- mangel	Skiffrighet	Bergart- prøve
- 256.2	<u>Tuffitt.</u> Grønn, dels kalkholdig skifer.			
- 262.4	<u>Tuffer.</u> Vekslede grønne klorittrike bånd, middelskornt pyroklastholdige lag og lag med finkornete magnetittholdige striper.			
- 266.2	<u>Magnetittrik tuff.</u> Mørk grå middels-finkornet med finkornete grønne bånd. Magnetittrike bånd (opptil anslagsvis 20-25 % mt). Litt py, spor cp på tynne sprekker.			
- 273.1	<u>Tuffitt.</u> Finkornet grå-grønnlig skifer. Grå leirskifer med grønne klorittholdige bånd og noen magnetittholdige tuffer (bl.a. 270.5-271.8 m). Lysere kalkholdige bånd med hvite karbonat-spetter, spesielt mot liggen. Spor cp og py på sprekker.		70-80° v. 273 m	270- 270.7
- 275.2	<u>Konglomerat.</u> Grå leirskifer, dels noe kalkholdig og noen klorittholdige lag med rundete - avlange boller - fragmenter 1/2-2 cm med lys kvartskalk, hvit finkornet kalk, rødlig kvarts (chert), grå skifer og grønne klorittholdige slirer. Spor cp i matrix.		75°	274.5- 275.2
- 278.0	<u>Dolomitt.</u> Lys grålig kalkrike skiferbånd, blek grønne kalkholdige skiferbånd, lys grønnlig - gulbrunlige massive dolomittlag 0.2-3 dm, og tynne finkornete kvartslag (chert). <u>Bornitt</u> som finkornet impregnasjon, dels anriket i mm-tynne lag (fortrinnsvis assosiert med facieoverganger, f.eks. på grensen dolomitt/skiferholdige lag) og på enkelte tynne sprekker (med finkornet kvarts). Litt cp mot liggen. Relativt rik impregnasjon 277.1-277.8. Mm-tynne sprekker med belegg og små krystaller av rutil.		65-85°	275.2- 276.2 276.2- 277.0 277.0- 278.0
- 281.5	<u>Kalkholdig skifer.</u> Finkornet, homogen grønnlig grå skifer, mer og mindre kalkholdige soner, noen grå leirskiferbånd. Til 279 m impregnasjon av noe cp og litt bn, dels på tynne kalkårer. Til 280 m finkornet impregnasjon av py og litt cp. Til 281 m tynne sprekker og noe impregnasjon av py.		75°	278.0- 278.7 278.7- 279.7 279.7- 281.1

Boret meter	Bergart	Kjerne- mangel	Skiffrighet	Bergart- prøve
- 293.4	Leirskifer med sandstenslag og porfyritt-konglomeratlag. Grå mørk grå leirskifer med 1-5 dm brede lag av lys grå sandsten, noe grønnlig grå kalkholdig siltsten/skifer og karakteristiske rødfilette porfyritt-boller, dels noe fragmenterte i rødlig sandsten eller grå siltsten. Til 287 m har de kalkholdige lagene tynne sprekker med litt py.		75° v. 285 m 80° v. 292 m	



Kjerneobservasjoner.

Borhull nr. 12
Koordinator: Y UTM 902.9 193.2
På satt i høyde ca. 405 m.
• i retning N 150 Ø
• med helning 75° SV
Borhullets lengde 203.0

Profil Nussir SV

X

Boret meter	Bergart	Kjerne- mangel	Skiffrighet	Bergart- prøve
0- 1.0	Blokk	1.0		
- 71.5	Kalkholdig skifer. Finkornet blek grå-grågrønnlig - beige-grå. Består av finkornet kvarts, feltspat og glimmer i kalkmatrix. Lysere kalkrikere soner og mørkere leirskiferholdige soner, bl.a. ved 36-39 m og 25-29 m. Noen siltrikere soner (mergel). Lokalt tynnere grønnlige bånd med mulig innslag av tuffittisk materiale (kloritt). Akseplanskiffrighet (S_1) er oftest godt utviklet, penetrerer lagningen (S_0), hvis retning varierer en del p.g.a. småfolding (skjærfolder med relativt liten amplitude). Akseplanskiffrigheten favoriserer vekst av glimmer (kloritt, litt biotitt) langs tynne sprekker, f.eks. ved 39-44 m.		S_0 45° v. 4 m S_1 15° v. 8 m S_1 10° v. 18 m S_0 40° v. 24 m S_0 60° v. 39 m S_0 35° v. 52 m S_0 60° v. 53 m S_1 20° v. 54 m S_0 70° v. 65 m	
- 94.0	Kalkholdig siltsten (mergel). Middelskornet blek grå, homogen, massiv, oftest ingen markert lagning (S_0). Stedvis noen mer finkornete skifersoner og mørkere leirskiferholdige lag, enkelte lyse mer kalkrike bånd og kvarts-feltspatholdige lag.		S_0 60-80° v. 75 m S_1 10-20° v. 85 m	
-101.6	Leirskifer med tuffitt. Grå fin-middelskornet leirskifer med rødbrunlig fargetone og grønngulgrå klorittholdige bånd med enkelte gulgrønnlige epidotrike 1-3 cm lange ellipseformede linser som dels går over i uregelmessige skarpt avgrensede slirer og bånd (antatt lapilli?). Noen grovere kalkholdige lag.		S_0 40-65° S_1 20-25°	
-132.0	Leirskifer. Grå-mørkere grå fin-middelskornet, rik på hvite kalkslirer og spetter, 2-10 cm lange og 1/2-1 cm brede. Enkelte mer kalkholdige, tynnere kalkrike og grovere siltlag.		S_1 20° v. 110 m S_0 35-60° v. 119 m S_0 40-75° v. 128 m	

Boret meter	Bergart	Kjerne- mangel	Skiffrighet	Bergart- prøve
-140.3	<u>Kalkholdig skifer.</u> Grå-grønnlig finkornet med mørkere leirholdige og lysere mer kalkrike soner. Cm-tynne rene hvite kalkbånd, og 2-10 cm lag rike på hvite kalkspetter i skifer-matrix. Tynne kalkholdige sprekker med spor kobberkis (cp).		S ₁ 20-25° v. S ₀ 50-70° v.	138 m 139 m 140.0- 140.3
-145.3	<u>Dolomitt med kalkholdig skifer.</u> Båndet, cm-dm lag av dolomitt og lys grå-grå kalkskiferholdige bånd. Tynne lys grå kvartsbånd (chert). Hvit, grågrønnlig, grå til brunlig dolomitt, ofte vesentlig oppsprukket eller noe breksjert. Sprekker med kalk eller kvarts, finkornet glimmer, stedvis epidot (sterk grønn) eller ankeritt (fioletttrød). Enkelte lyse lag med blålig grå spetter (muligens anhedritt?). Mineralisering av <u>bornitt</u> (bn) og/eller <u>kobberkis</u> (cp), vesentlig på sprekker, enkelte rikt mineraliserte cm-brede sprekker, noe svakere impregnasjon i kalkholdige skifersoner. 140-142 m vesentlig bn, 142-143.5 m både bn og cp, 143.5-146 vesentlig cp.		S ₀ 50° v.	141 m 140.3- 141.3 141.3- 142.3 142.3- 143.3 143.3- 144.3 144.3- 145.3
-150.7	<u>Dolomitt.</u> Mer homogen finkornet dolomitt med enkelte kalkbånd, tynne chertlag og lokalt tynne kalkrike skifersoner. Grågrønnlig til brunlig dolomitt, stedvis røde slirer, grovere lag med hvite kalkspetter. Noe cp på tynne sprekker, spesielt mot hengen.		S ₀ 45-50° v.	146 m 145.3- 146.3 146.3- 147.0 147.0- 148.0 148.0- 149.0 150.0- 151.0
-154.3	<u>Kalkholdig skifer.</u> Grå-blek beige-grå med finkornete kalkrike, dolomitt- og kvartsbånd. Spor cp på tynne sprekker. <u>Leirskifer.</u> Homogen mørk grå-grå, finmiddelskornet. Enkelte lysere noe grovere kalkholdige bånd. Noen soner bl.a. ved 173.9-174.8 med uregelmessige lys grå og mørke slirer, 1-10 cm lange, av uvis opprinnelse. Enkelte tynne finkornete kalk- eller kvartsrike bånd. 1-5 mm brede kalkårer er stedvis ganske vanlige.		S ₀ 50° v. 154m S ₀ 55° v. S ₀ 30° v. S ₁ 15-20° v.	172 m 175 m 180 m 159.5- 160.0 167.7- 168.0 172.0- 172.6 180.0- 180.9

Boret meter	Bergart	Kjerne- mangel	Skiffrighet	Bergart- prøve
	Gjennomsettende sprekker og årer med kalk, eventuelt noe kvarts kan inneholde cp og noen steder noe py, bl.a. ved 165-170.5 m og 177-182 m, kan også forekomme som disseminasjon i forbindelse med sprekkesonene.			
	Ved 159.6 og 172.2 m 1-5 cm finkornete kvartsårer med dels rik mineralisering av cp finkornet molybdenglans og noe py, noe disseminasjon i forbindelse med assosierte tynne sprekker.			
--187.7	Kalkholdig skifer. Blek beige-grå-grønnlig grå, finkornet, homogen. Lag med hvite og rødbrune karbonatpetter. Tynne kalkårer vanlige.		S ₀ 40°	v. 184 m
-194.8	Porfyrittkonglomerat. Vekslede lag med mindre og større kgl. boller eller fragmenter, grålig leirskifer, kalkholdig skifer og siltsten og sandsten. Raske facievekslinger, tendens til noe gradert lagning. Karakteristiske rødfiolette porfyrittboller (Stangvann-konglomerat) av dacittisk sammensetning, 0.1-2 cm store, skarpkantede fragmenter, oppbrutte boller til rundete boller. Sprekkesone med tynne hvit-rødlige karbonatfyllinger.	188.6-189.5 190.0-190.8	S ₀ 50° S ₀ 55°	v. 189 m v. 195 m
-203.0	Leirskifer. Grå, mørk grå, noe siltholdig materiale. Småforkastninger observert, bl.a. ved 196.5m retning tilnærmet normalt på lagningen S ₀ , forskyvning ca. 5cm.		S ₀ 50-55° S ₁ 15° S ₀ 60°	v. 195 m v. 200 m v. 200 m
	SLUTT.			

Apendiks - Bilag 9.

MINERALOGI AV DEN KOBBERFØRENDE KALK-DOLOMITT OG SKIFER.
SAMMENDRAG AV 12 MIKROSKOPERTE TYNNSLIP OG POLERSLIP.

Den mineraliserte sonen består av to hovedbergarter: Kalk - (dolomitt), og kalkholdig skifer. Den vesentligste forskjellen er forholdet mellom innholdet av karbonat og glimmer.

Dolomitten består av:

Karbonat (40-60%) i uregelmessige korn ca. 0.1 - 0.3 mm i finkornet matrix. Antatt minst to generasjoner av karbonat. En del korn har antydning til sonering og noe gråbrunlig fargetone (dolomitt).

Kvarts (10-20%) i klastiske korn, som regel dårlig rundete 0.05 - 0.5 mm, noe sonering (påvekst) kan forekomme.

Plagioklas (5-20%) i klastiske korn, ofte ufriske og nedbrutte.

K-feltspat (2-12%) klastiske korn, noe friskere enn plagioklas.

Lys glimmer (1-5%) tabulære korn, 0.1 - 0.01 mm. Flere typer observert, mest fargeløse, også noen med svak gulbrunlig og grønnlig fargetone. Sannsynligvis muskovitt (illitt, glauconitt og gips-anhydritt er ikke sikkert identifisert).

Biotitt (1-2%) finkornet 0.01 - 0.02 mm bestanddel av matrix, uregelmessige korn, pleokroisme til brunlig olivgrønn.

Turmalin (1-2%) enkelte korn i matrix og langs sprekkesoner 0.1 - 0.5 mm. Sonerte krystaller med forskjellig farge forekommer. Sterk pleokroisme rosa - mørkolivgrønn, blågrønne og gulbrune varianter.

Orthitt og rutil opptrer sporadisk, meget små korn 0.1 - 0.05 mm.

Kalkholdig skifer har i store trekk samme mineralogi som dolomitten, men matrix består av finkornet biotitt, mens innholdet av karbonat varierer mye (1-30%). Innholdet av klastiske kvarts- og feltspatkorn er noe høyere, og finkornet kvarts kan inngå i matrix. Innholdet av karbonat og glimmer kan variere mye i bånd i mm - dm skala.

Det kan skilles mellom fire hovedtyper av mineralisering og parageneser:

- A. Jevnt fordelt i matrix i dolomitt og kalkrik skifer. Uregelmessige korn av bornitt, kobberkis og digenitt, 0.01 - 0.5 mm, vanligste kornstørrelse rundt 0.1 mm, opptil 1 mm korn i spesielle bånd. Bornitt er vanligst, kobberkis er relativt sjelden i øst, og blir mer vanlig i vest og syd (ved borhull G). Bornitt er ofte sammenvokst med eller har lameller av digenitt eller av kobberkis. Covellin er dannet sekundært etter bornitt-digenitt. Små korn 0.01 - 0.05 mm av hematitt og rutil i varierende mengde. Små korn av pyritt er observert på hengsiden av sonen.
- B. Anrikt i glimmerrike bånd i kalkholdig skifer. Tynne mm-bånd med finkornet biotitt, kvarts-feltspat (klastiske korn og fragmenter) og Cu-sulfider. Skarpe eller overgangsmessige grenser kan også lokalt kutte gjennom lag og forgrene seg (muligens "load cast" strukturer eller "avløpskanaler" for vannet som er presset ut av sedimentene). Bornitt er aller vanligst, 0.05 - 1 mm korn, digenitt assosiert med kobberglans eller bornitt. Kobberkis kan forekomme sammen med bornitt, mer sjeldent som rene korn. I et slip er det observert et sonert bornittkorn (0.6 mm) med kobberkiskjerne med cubanitt-lameller. Rundt bornittkornet er en rand av digenitt. I ytterkanten av kornet finnes kobberglans. Langs sprekkesoner er bornitt og digenitt omdannet til covellin og malakitt.
- C. Kvartsårer. Tynne $\frac{1}{2}$ - 2 mm brede årer med stor vinkel til lagningen, assosiert med en grovere og mørkere biotitt, turmalin langs kanten og varierende innhold av sulfider. Kobberkis ser ut til å være mest dominerende, mindre mengder bornitt. Der hvor årene lokalt vider seg ut eller krysser hverandre, kan kobberkis-bornitt forekomme i opptil flere cm lange korn og korngrupper. Covellin og digenitt er assosiert med bornitt.

- D. Kalkårer. Tynne årer og slirer, som regel lite utholdende, butter lagning med moderat-liten vinkel. Inneholder varierende mengde sulfider og oksyder, og grønn kloritt. En del årer har ubetydelig mineralisering. Rutil og spesielt hematitt er stedvis ganske vanlig. Bornitt og kobberkis forekommer i varierende mengde, ofte intimt blandet, kornstørrelser 0.1 - 10 mm, stedvis en del digenitt og covellin. Korn av magnetitt er observert. Hematitt kan forekomme som påvekst (rand rundt) sulfidene og magnetitt. Cupritt er observert et par steder, et sted i tabulære korn 0.5 - 1 mm som omslutter resten av bornitt og covellin.