

Rapport nr.: 2000.127		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Oppfølgingsarbeider på magnesitt, talk og kleberstein i Raudfjellet, Snåsa			
Forfatter: Lars Petter Nilsson		Oppdragsgiver: Statskog/NGU	
Fylke: Nord-Trøndelag		Kommune: Snåsa	
Kartblad (M=1:250.000) Grong		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1823-2 Gjevsjøen	
Forekomstens navn og koordinater: Raudfjellet (senterkoord.: 397000/7109500)		Sidetall: 57 + 133	Pris: ---
Feltarbeid utført: april og august 2000		Rapportdato: 7. mars 2001	Prosjektnr.: 283601
Ansvarlig:			
<p>Sammendrag:</p> <p>Rapporten oppsummerer resultatene av oppfølgende overflatekartlegging, kjerneboring og bergartsanalyser fra hydrotermalsonen gjennom Raudfjellet ofiolittfragment i Snåsafjellene. Oppfølgingen har bygd direkte på rekognoseringsundersøkelser utført i 1999. Rapporten er i hovedsak en beskrivende feltrapport hvor de to økonomisk mest interessante bergartene, listwaenitt (potensielt magnesitt-råstoff) og kleberstein (potensielt råstoff for talk og blokkstein) behandles separat og segmentvis. De enkelte segmenter utgjør avgrensede delområder langs den 4,5 km lange hydrotermalsonen der det økonomiske potensialet ansees størst. Foruten listwaenitt og kleberstein omtales også varianter av grønn, hydrotermalomvandlet gabbro som opptrer på hengsiden av listwaenitten samt serpentinit i klebersteinens umiddelbare liggkontakt. Begge disse vurderes som blokkstein. I tillegg er det gjort rekognoserende analyser på dunitt/metadunitt som olivinråstoff.</p> <p>Gjennom undersøkelsene er det antydnet store volumer listwaenitt i enkelte segmenter. Mest interessant så langt er Hallarhaug-segmentet. Her er det estimert en listwaenittmengde på 4,8 millioner tonn ned til 76 m under toppen av Hallarhaugen med et beregnet malm/gråberg forhold &gt; 1 ved dagbruddsdrift. Videre mot dypet er det et mer usikkert anslag på 100 000 tonn listwaenitt per meter avsenkning, men med gradvis minkende malm/gråberg forhold. Foreløpige analyser viser opptil 40 % MgO i listwaenitten. Listwaenittens kvalitet som magnesitt-råstoff er imidlertid uavklart på grunn av stor forskjell i analyseverdier mellom overflateprøver og kjerneprøver.</p> <p>Klebersteinen ser ut til å ha god kvalitet både som råstoff for nedmalt talk og som blokkstein. Det aller meste av den undersøkte klebersteinen består vesentlig av talk og karbonater. Kloritt og øvrige silikater opptrer i underordnede mengder eller er helt fraværende. Fiberinnholdet i tre undersøkte prøver er dessuten meget lavt. Undersøkelsene hittil tyder på at klebersteinssonen bare unntaksvis er mer enn 10 – 12 meter mektig. Det samlede potensialet av kleberstein i hydrotermalsonen er imidlertid langt fra godt nok kjent på grunn av at den er sterkt overdekket av løsmasser.</p> <p>Grønn, hydrotermalomvandlet gabbro ("fluid-gabbro") opptrer i forskjellige varianter på hengsiden av hydrotermalsonen. Volumene er store, og en eller flere av variantene kan muligens være interessante som naturstein. På SØ-siden av hydrotermalsonen opptrer en ca. 3 km<sup>2</sup> stor dunittkropp. Deler av denne er kun svakt serpentinisert, og kan på sikt utgjøre en mulig olivinressurs.</p>			
Emneord: industrimineraler	talk	listwaenitt	
naturstein	kleberstein	ofiolitt	
magnesitt	olivin	fagrapport	

## Bind 1

INNHold	side
1 INNLEDNING.....	6
2 KORT OVERBLIKK OVER HYDROTHERMALSONEN.....	9
3 UNDERSØKELSE AV LISTWAENITTEN SOM MULIG RÅSTOFF FOR Mg-METALL, MAGNESIA OG ANDRE MAGNESITTBASERTE PRODUKTER.....	12
3.1 Innledning.....	12
3.2 Segment 1: Holdesmoen.....	13
3.3 Segment 2: Båstøa.....	15
3.4 Segment 3: Hallarhaugen.....	17
3.5 Segment 4: Rypsnargrubba.....	20
3.6 Øvrig listwaenitt-opptreden.....	21
3.7 Estimering av tonnasje.....	22
3.8 Estimering av gehalter.....	25
3.9 Samlet vurdering .....	27
4 UNDERSØKELSE AV KLEBERSTEINEN SOM RÅSTOFF FOR NEDMALT TALK OG BLOKKSTEIN.....	28
4.1 Innledning.....	28
4.2 Segmentet Raudbergstjønnå – Holdesbekken.....	28
4.3 Rotvelt-sonen.....	29
4.4 Hallarhaugen.....	30
4.5 Merkesbekk-segmentet.....	31
4.6 Merkesbekkmyra.....	33
4.7 Rypsnargrubba.....	34
4.8 Nek-talk horisonten i ligg av hovednivået for klebersteinen.....	35
4.9 Estimering av tonnasje.....	35
4.10 Estimering av kvalitet.....	38
4.11 Samlet vurdering .....	39
5 HYDROTHERMALOMVANDLET GABBRO ("FLUID-GABBRO") SOM NATURSTEIN.....	42
5.1 Innledning.....	42
5.2 Dannelsen av "fluid-gabbro".....	42
5.3 Beskrivelse av varianter av "fluid-gabbro".....	43
5.2 Beskrivelse av utvalgte lokaliteter.....	43
5.3 Samlet vurdering.....	44
6 DUNITTEN PÅ RAUDFJELLET SOM MULIG OLIVIN-RÅSTOFF.....	45
7 RESULTATER AV ØVRIGE UNDERSØKELSER PÅ RAUDFJELLET .....	46
8 KONKLUSJONER.....	48
8.1 Listwaenitt.....	48
8.2 Kleberstein som råstoff for nedmalt talk.....	49
8.3 Kleberstein som blokkstein.....	50
8.4 Serpentinitt.....	51
8.5 Hydrotermalomvandlet gabbro ("fluid-gabbro").....	51
8.6 Dunitt som mulig råstoff for olivin.....	52

9 ANBEFALINGER FOR VIDERE ARBEIDER.....	54
9.1 Listwaenitt.....	54
9.2 Kleberstein som råstoff for nedmalt talk.....	54
9.3 Kleberstein som blokkstein.....	55
9.4 Serpentinitt.....	55
9.5 Hydrotermalomvandlet gabbro ("fluid-gabbro").....	56
9.6 Dunitt.....	56
10 LITTERATURREFERANSER.....	57

## FIGURER

- Figur 1 Kartskisse i M 1:2500 Klebersteinsområdet ved Raudbergstjønnna lengst syd i hydrotermalsonen
- Figur 2 Kartskisse i M 1:2500 Listwaenitt-segment 1: Holdesmoen
- Figur 3 Kartskisse i M 1:2500 Listwaenitt-segment 2: Båtstøa (=496-m-høyden)
- Figur 4 Profil gjennom Bh 7 M 1:500 Båtstø-segmentet
- Figur 5 Profil gjennom Bh 2 M 1:500 Båtstø-segmentet
- Figur 6 Kartskisse i M 1:2500 Listwaenitt-segment 3: Hallarhaugen
- Figur 7 Profil gjennom Bh 3 M 1:1000 Hallarhaugen
- Figur 8 M 1:1000 Profil SV – NØ gjennom Hallarhaugen (85° vinkel med profilet gjennom Bh 3)
- Figur 9 M 1:2500 Profil gjennom Bh 3 samt estimert tonnasje av listwaenitt som funksjon av dypet på Hallarhaugen
- Figur 10 M 1:2500 Profil gjennom Bh 3 samt estimert tonnasje av listwaenitt som funksjon av dypet på Hallarhaugen (med dagbruddsplan for Hallarhaugen)
- Figur 11 Kartskisse i M 1:10 000 Omrisset av et tenkt dagbrudd på hallarhaugforekomsten
- Figur 12 Kartskisse i M 1:2500 Hydrotermalsonen på strekningen fra Litj-Hallartjønnna til sydenden av Merkesbekkmyra
- Figur 13 Kartskisse i M 1:2500 Lokalisering av Bh 4 og 5: Merkesbekkmyra
- Figur 14 Profil gjennom Bh 4 M 1:1000 Merkesbekkmyra
- Figur 15 Profil gjennom Bh 5 M 1:1000 Merkesbekkmyra
- Figur 16 Kartskisse i M 1:2500 Listwaenitt-segment 4: Rypsnargrubba
- Figur 17 Profil gjennom Bh 1 M 1:500 Listwaenitt-segment 4 Rypsnargrubba
- Figur 18 Profil gjennom Bh 6 M 1:500 Midtre del av klebersteinsområdet i Rypsnargrubba
- Figur 19 Profil gjennom Bh 8 M 1:500 Øverste del av klebersteinsområdet i Rypsnargrubba
- Figur 20 M 1:10 000 Rekognoserende prøvetaking av den ultramafiske (dunittiske) blokken på Raudfjellet med hensyn på olivin som råstoff
- Figur 21 M 1:10 000 Prøvetaking på Raudfjellet utenom hydrotermalsonen og rekognoseringen mhp. olivin

## **TABELLER**

Tabell 1	Prøveliste over 40 borkjerneprøver for diverse analyser
Tabell 2	XRF-analyse av hovedelementer
Tabell 3	Syreløselig Ca og Mg
Tabell 4	Listwaenittanalyser
Tabell 5	XRF analyse av sporelementer
Tabell 6A	ICP/MS analyse av sporelementer
Tabell 6B	ICP/ES analyse av sporelementer (B ved ICP assay)
Tabell 7	Rekognoserende analyser av dunnitt fra Raudfjellet

## **Bind 2**

### **TEKSTBILAG**

Bilag 1	Feltrapport fra diamantboringer i hydrotermalsonen i Raudfjellet
Bilag 2:	Borhullslogg fra diamantboringer i hydrotermalsonen i Raudfjellet
Bilag 3:	Kort kronologisk oversikt over møter og andre aktiviteter i prosjektet i år 2000
Bilag 4:	Målinger av magnetisk susceptibilitet
Bilag 5:	Fotografier av borkjerner fra hydrotermalsonen i Raudfjellet
Bilag 6:	Feltfotos fra kjerneboringene med kommentarer

### **VEDLEGG**

Vedlegg 1	Hydrotermalsonen gjennom Raudfjellet ofiolittfragment i Snåsafjellene. Nøkkeltkart (M. 1:10 000) med lokalisering av detaljkart i M. 1:2500
-----------	---

## 1 INNLEDNING

Rapporten oppsummerer resultatene av oppfølgingsarbeider i hydrotermalsonen gjennom Raudfjellet ofiolittfragment i Snåsafjellene. Oppfølgingen har bygd direkte på rekognoserings-undersøkelser utført i 1999 og meddelt i NGU Rapport 99.114 av 13.12.1999.

Rapporten er i hovedsak en feltrapport hvor de to økonomisk mest interessante bergartene, listwaenitt og kleberstein behandles separat og segmentvis. Listwaenitten er et potensielt råstoff for magnesium metall, magnesia og andre magnesitt-baserte produkter samt underordnet også for dolomitt. Klebersteinen er et potensielt råstoff for nedmalt talk og kleberstein som blokkstein. De enkelte segmenter utgjør avgrensede delområder langs den 4,5 km lange hydrotermalsonen der det økonomiske potensialet ansees størst (jfr. kartet i Vedlegg 1). Beskrivelsen har en stram inndeling med hovedvekt på det rent deskriptive, dernest på kvantitet (tonnasje-estimer) og til slutt sies også litt om kvaliteten på råstoffet. Foruten listwaenitt og kleberstein omtales også varianter av grønn, hydrotermalomvandlet gabbro ("fluid gabbro") fra listwaenittens hengkontakt samt serpentinit i klebersteinens umiddelbare liggkontakt. Begge disse vurderes som blokkstein.

Rapporten integrerer resultatene fra diamantboringene i april 2000 år med detaljkartlegging og andre detaljundersøkelser utført i august samme år. Til sammen danner dette grunnlaget for detaljerte beskrivelser samt 21 kart og profiler, i målstokk fra 1:500 til 1:10 000. Kart, profiler og beskrivelser er videre basis for tonnasje-estimatene som i sin tur er en del av grunnlaget for anbefaling om videre boringer og andre undersøkelser (jfr. kap. 9).

Kvalitetsvurderingene så langt er i vesentlig grad basert på bulk-analyser (analyser av hel bergart) av utvalgte borkjerneselementer. Det er hittil i mye mindre grad gjort petrografiske, mineralogiske og mineralkjemiske studier.

Når det gjelder mulig økonomisk interessante ressurser i ofiolitten utenom hydrotermalsonen er det gjort rekognoserende analyser på dunitt/metadunitt som olivinråstoff samt prøvetatt kromitt innenfor den ultramafiske (dunittiske) blokken. Videre er det prøvetatt gangkvarts og sulfidførende gabbro innenfor den mafiske blokken. Her er det kun olivin som kanskje kan ha et mulig økonomisk potensiale, men dette eventuelt i et langsiktig perspektiv.

I siste del av rapporten tas med enkelte opplysninger (feltobservasjoner) av mer generell geologisk karakter når det gjelder Raudfjell ofiolittfragmentets oppbygging.

Alle detaljkartene i rapporten er organisert som nummererte figurer med et nøkkelkart (indeks) i Vedlegg 1. De kjemiske analysene er videre listet opp tabellarisk. Feltrapporten fra diamantboringene, borhullsloggene, en kronologisk oversikt over arbeid utført på prosjektet i 2000, utført petrofysisk arbeid samt fotografier av kjernene er tatt inn som selvstendige tekstbilag (Bilag 1 – 5).

## ***Forholdet til den kommende nasjonalparken***

Utviklingen av mineralforekomster (dvs. det å fremskaffe opplysninger om forekomstenes kvantitet og kvalitet) fram til eventuelt økonomisk interessante prosjekter og til slutt drift er en prosess som gjerne går over flere år eller tiår. Det tar mye tid å få tilstrekkelig god oversikt over alle økonomisk viktige parametre ved en mineralforekomst, og ikke minst, det tar også tid å vurdere dem riktig, dvs. ta en riktig beslutning enten for eller imot igangsetting av drift.

Når det gjelder forholdet til den kommende nasjonalparken har vi hele tiden hatt et krav på oss om å påvise *drivverdighet* av forekomstene. Fylkesmannens miljøvernavdeling i Nord-Trøndelag opererer med to alternative parkgrenser, en ved drivverdighet og en annen (dvs. den opprinnelig trukne grensen) hvis drivverdighet ikke kan påvises. Vi har derfor et visst tidspress på oss i denne sammenheng uten at vi vet hvor lang tid det dreier seg om. Rammen rundt arbeidet i Raudfjellet har altså ikke vært den ideelle. Med hensyn til planlegging, finansiering og gjennomføring av kjerneboringen ble denne meget raskt og profesjonelt utført. Med det som grunnlag kan det derfor her legges fram en rapport med bedre grunnlagsdata for den videre satsing og strategi enn man ville ha fått kun gjennom markarbeider i overflaten.

## ***Utførte arbeider i felt***

### *Diamantboring*

- utsetting av borhullene samt overvåking av boringen (totalt 579 bormeter fordelt på 8 hull)
- foreløpig logging av kjernene

### *Detaljkartlegging*

Når det gjelder hydrotermalsonen og dens nærområder er følgende detaljkartlegging utført i M 1:5000 (regnet fra S til N):

- segmentet fra den sydlige avslutningen (avskjæringen) av ofiolitten nordover til Holdesbekken (kleberstein-segment)
- segmentet fra Holdesbekken til utløpet av Grønningen (Holdesmoen listwaenitt-segment)
- segmentet fra bukta sydligst i Grønningen (landingsplassen for båter) til myrdraget i NØ ("Båstøa" listwaenitt-segment og "Rotvelten" kleberstein-segment)
- Hallarhaugen (listwaenitt-segment)
- langs med hallaren fra Litj-Hallartjønna til øverste del av Merkesbekkmyra (Merkesbekken og Merkesbekkmyra kleberstein-segmenter)
- Rypsnargrubba (listwaenitt- og kleberstein-segment)

### *Rekognosering*

- selve Raudfjell-segmentet (den ultramafiske blokken på SØ-siden av hydrotermalsonen) ble rekognosert for å få en oversikt over bergartsfordelingen samt for å få et inntrykk av dunnittens karakter og omvandlingsgrad, innhold og opptreden av kromitt, etc.
- den mafiske blokken (på NV siden av hydrotermalsonen) ble rekognosert for å få en oversikt over bergartsfordeling (varianter av gabbro, pyroksenitt og peridotitt), omvandlingsgrad og omvandlingsmønster, strukturer, opptreden av sulfider og andre anomale bergarter som nodulær pyroksenitt, rene kvartsårer, kvarts-smaragditt-karbonat årer, etc.

### *Overflateprøvetaking*

Både hydrotermalsonen samt den mafiske og den ultramafiske blokken ble prøvetatt med til sammen ca. 40 prøver. Noen av prøvene var ganske store (enkeltprøver opptil 90 kg).

## 2 KORT OVERBLIKK OVER HYDROTHERMALSONEN

Dette kapitlet er en meget kort introduksjon til hydrotermalsonen: dens lokalisering, morfologi (form og forløp), sammensetning og forhold til sidesteinen.

Hydrotermalsonen består i hovedsak av to distinkte bergarter, listwaenitt og klebersten. Som regel opptrer listwaenitten og klebersteinen som veldefinerte bergarts-kropper eller -soner, skarpt adskilt fra hverandre, men lokalt forekommer de i sterk grad om hverandre helt ned til cm eller dm skala. Noen steder fins det glidende overganger mellom de to samt glidende overganger mot de ulike typer av sidestein.

Listwaenitten består vesentlig av magnesitt samt mindre mengder kvarts og stedvis også noe dolomitt. Lokalt kan dolomitt-andelen være høyere enn magnesitt-andelen. Listwaenitten er impregnert med oksyder, vesentlig kromitt, mens magnetitt er praktisk talt fraværende. Klebersteinen består av talk og magnesitt i omtrent like store mengder eller noe mer karbonat enn talk. Stedvis inneholder klebersten også noe tremolitt, serpentin og andre silikater. Kloritt opptrer i små mengder eller er helt fraværende. Stedvis er klebersteinen relativt sterkt impregnert med kromitt og magnetitt, andre steder opptrer kun kromitt i signifikante mengder. Det er ingen glidende overgang når det gjelder magnetittinnholdet: Enten er magnetittinnholdet relativt høyt (3-5 % eller noe høyere), eller så er magnetitt fraværende i klebersteinen. Magnesittens sammensetning er ennå ukjent, både i listwaenitten og i klebersteinen. Det er høyst sannsynlig at magnesitten i begge bergarter inneholder ca. 5 – 10 mol-% eller mer av sideritt-komponenten ( $\text{FeCO}_3$ -komponenten), dvs. vi har å gjøre med en brunneritt.

Den hele og samlede hydrotermalsonen i Raudfjellet ofiolittfragment er vist i Vedlegg 1. Den løper langs grensen mellom den mafiske og den ultramafiske blokken i Raudfjellet (jfr. Fig. 20) og faller med et moderat fall mellom ca.  $25^\circ$  og  $45^\circ$  mot NV. I hengen består den vesentlig av listwaenitt og i liggen av kleberstein som volummessig er klart underordnet listwaenitten. I store trekk er forløpet ganske regelmessig, mens detaljbildet er temmelig komplekst og omskiftende langs etter sonen. I nedenstående korte beskrivelse starter vi helt i syd og går nordover. Det henvises hele veien til detaljkartene i Fig. 1 – 19.

Hydrotermalsonen kuttet i syd tvert over av en markant og viktig erosjonsflate (Nilsson m. fl. 1999). Ovenpå denne bruddflaten ligger et konglomerat med detritus (sand, grus og stein) fra hydrotermalsonen. Det er derfor et betydelig brudd i tid mellom hydrotermalsonen som er en del av ofiolittkomplekset og de bergartene som er avsatt oppå ofiolitten (tilhørende Köli sekvensen). Den sydligste delen av hydrotermalsonen består av et nett eller *stockwerk* av sammenhengende klebersteins-ganger og -forgreninger (jfr. Fig. 1). Nordover mot Holdesbekken avtar det komplekse stockwerk-mønsteret, og på Holdesmoen grusterrasse (Fig. 2) har vi kun en gruppe blotninger av listwaenitt som stikker opp gjennom grusen midt på moen. Listwaenitten dukker så opp i blotninger i vannkanten ved utløpet av Grønningen og deretter i en stor rygg innerst i Båstøbukta (Fig. 3). Her får vi klebersteinen inn igjen som en



smal sone i liggen av listwaenitten. Etter å ha passert borhull 7 (Bh 7) blir sonen mer kompleks og samtidig smalere, og den opptrer kun i noen ytterst få blotninger i dagen. Mektigheten snevres gradvis så sterkt inn videre mot NØ at den på lok 86 (Fig. 6) bare er på knappe 5 meter. Men deretter løper sonen rett på den SV-lige av de to parallelle Hallarhaug-forkastningene som kutter sonen med omtrent rett vinkel.

Hele Hallarhaug-segmentet som består vesentlig av listwaenitt er en forkastningsbundet blokk av hydrotermalsonen hvor bredden (og mektigheten) øker formidabelt (jfr. Vedlegg 1 og Fig. 6 - 11). Blokken er forkastet opp i NV i forhold til tilstøtende deler av sonen, og vi får derfor her det flateste fallet langs hele sonen med bare ca.  $20^{\circ}$  –  $25^{\circ}$  fallvinkel. Dette er det segmentet langs sonen som har det største potensialet som Mg-råstoff når vi ser isolert på tonnasjene. På NØ-siden av segmentet er sonen igjen smal og løper her i en bue vesentlig av kleberstein med underornede mengder listwaenitt (Fig. 12). Oppe på Merkesbekkmyra vider sonen seg ut igjen, men nå som en hybrid og ufullstendig karbonatomvandlet hydrotermalgabbro (Fig. 13). Denne er mekanisk svak, motstår erosjonen dårlig og står derfor hele veien under myra. Videre mot NØ snevres sonen nok en gang sterkt inn, løper gjennom et kort og smalt passpunkt med hhv. gabbro og serpentinit på hver side før den atter en gang utvider seg langs Merkesbekkens øvre løp (Fig. 13). Nederst har vi her en kompleks samling av gabbro, listwaenitt, kleber og serpentinit som vist i Bh 5 (Fig. 15), men lenger opp (mot NØ) støter vi snart på en rygg av listwaenitt som reiser seg bratt over myra (Fig. 16). Vi kommer nå opp i Rypsnargrubba.

Videre mot ØNØ får vi en mer intim sammenblanding av fluid gabbro, listwaenitt, kleberstein og serpentinit (Fig. 16 – 19). Her oppe har kleberstein sitt største utgående langs hele sonen, og den har dessuten en meget fin kvalitet med et attraktivt mønster samt at den er nesten helt fri for fibrige (asbestiforme) mineraler. Klebersteinspotensialet (som blokkstein) er derfor her det største langs sonen sammen med klebersteinen i Båtstø eller ”Rotvelt” segmentet nede ved Grønningen. Umiddelbart nord for Rypsnargrubba smalner sonen sterkt inn, og den ansees ikke å ha noe økonomisk potensiale på de siste 700 - 900 m før den løper ut i Søndre Stokktjøna, den siste delen nærmest bare som en tynn strek (jfr. Vedlegg 1).

På hengsiden (NV-siden) går listwaenitten over i en hydrotermalomvandlet gabbro eller ”fluid gabbro” som vi bruker som arbeidsbetegnelse. Denne varierer noe fra sted til sted når det gjelder sammensetning, kornstørrelse og tekstur. Vi har ulike varianter som smaragditt-gabbro (kjennetegnet ved en smaragdgrønn amfibol), numitt (hvor amfibolen viser et markert fargespill), olivengrønn til gressgrønn aktinolit-gabbro, osv. Fluid-gabbroen går på hengsiden brått eller gradvis over i en ordinær ofiolittisk gabbro upåvirket av løsningsene fra hydrotermalsonen. Dette er enten en massiv, ”*varietextured*” eller lagdelt metagabbro med et varierende innhold av mørke mineraler, men stort sett med en typisk sub-ofittisk tekstur. Med ”gabbro” forstås derfor i det følgende en regionalmetamorf metagabbro med alt fra leucogabbroid/anortosittisk sammensetning til sterkt melanokratiske ledd med opptil 80 – 90 % mafiske silikater. Mektigheten på det hydrotermalomvandlete partiet varierer meget sterkt: fra kun et par meter til mange timetre eller mer.

På liggsiden går klebersteinen over til massiv serpentinit over en overgangssone på bare et par meter. Denne er kjennetegnet særlig ved opptreden av store uorienterte talkporfyroblaster i en meget finkornet lys sjøgrønn serpentin-matriks. Mot liggen taper den typiske lyse grønnfargen seg gradvis og bergarten blir gråsvart til grønnsvart. Videre har vi på liggsiden enkelte årer eller ganger av fin kleberstein som ”skyter” ned i serpentinit-liggen fra hovedsonen (jfr. Vedlegg 1 samt Fig. 13 og 16).

I de følgende kapitlene blir hydrotermalsonen beskrevet *segmentvis*. Hvert enkelt segment blir først inngående beskrevet. Det henvises hele veien i teksten til detaljkartene og profilene i Fig. 1 – 19. Deretter følger estimater over tonnasje og til slutt kommentarer på kvalitetssiden.

### **3 UNDERSØKELSE AV LISTWAENITTEN SOM MULIG RÅSTOFF FOR Mg-METALL, MAGNESIA OG ANDRE MAGNESITTBASERTE PRODUKTER**

#### **3.1 Innledning**

Da vi i fjor startet arbeidet på Raudfjellet betraktet vi listwaenitten kun som vertsbergart for mulige gullkonsentrasjoner, og da på et generelt grunnlag ut fra litteraturstudier. Vi hadde ved rekognoseringsarbeidets start ingen kunnskap om sammensetningen av listwaenitten utenom formuleringen ”*kvarts-karbonat bergart av ukjent opprinnelse*” i tegnforklaringen til det geologiske 1:50 000 kartet (Sjöström & Roberts 1992). Allerede etter en kort stund i felt så vi at karbonatet klart dominerte over kvartsen rent volummessig, men det var ikke før vi senere på høsten fikk analyseresultatene at vi ble fullt klar over at karbonatet vesentlig var magnesitt/breunneritt kun med spredte og som regel helt underordnede dolomittiske partier. Det tok derfor noen tid før vi erkjente at listwaenitten kanskje kunne representere en mulig kilde som råstoff for magnesium metall, magnesia og andre magnesitt-baserte produkter og begynte å arbeide med denne problemstillingen. Gullproblematikken ble da også etter hvert skjøvet tilsvarende i bakgrunnen, særlig etter at verken fastfjellsprøver eller vaskekonsentrater hadde gitt anomale gullopplag. Ved rapportering i desember –99 (Nilsson m. fl. 1999, side 21-22) gir vi en vurdering av positive og negative faktorer ved listwaenitten som mulig Mg-råstoff, men vi har på det tidspunktet f. eks. ennå ikke komplette analyser med syreløselig Mg og Ca. Dette kom først ved analyseringen av borkjernematerialet som førte til at vi nå har begynt å få en viss oversikt over fordelingen av Mg og Ca mellom karbonater og silikater. Når det gjelder fordelingen av Fe mellom karbonater, silikater og oksyder er vi ennå bare helt i starten av utredningen.

Etter fjorårets korte rekognosering regnet vi med at listwaenitten kunne være mulig økonomisk interessant mer eller mindre sammenhengende over en strøklengde på hele 3,5 km fra øverst i Rypsnargrubba i nord til Holdesbekken i syd. Videre regnet vi med en maksimal mektighet på rundt 150 m på Hallarhaugen. Etter diamantboringene og siste sommers detaljkartlegging må bildet justeres en god del på begge punkter. Boringene viste klart at vi ikke kunne interpolere i myrområdene mellom oppstikkende rygger og hauger av god, karbonatrik listwaenitt. Disse lavområdene eller terrengdepresjonene var uten unntak ”fylt opp” av ”sekunda vare”, nemlig av en bare delvis karbonatomvandlet heng-gabbro/fluid gabbro. Det merkelige er at denne hybride bergarten (pseudo-listwaenitt med en blanding av silikater og karbonat) har vært mye svakere mot iserosjon enn både den rene karbonatrike og ”fullendte” listwaenitten og hydrotermal-gabbroen som jo er utgangspunkt for førstnevnte. Hybridbergarten er jo nettopp et metasomatisk mellomstadium mellom disse to mekanisk sett aller sterkeste bergartene som fins i Raudfjellet og en sterkt medvirkende årsak til hallardannelsen. Dette naturens lune gir oss i hvert fall den muligheten at vi kan lese direkte ut fra terrengformene hvor vi har de største og beste forekomstene av listwaenitt. Og det er uten unntak den listwaenitten som opptrer i markante hauger og rygger og dermed som regel er meget godt blottet.

Dette gir oss et naturgitt fortrinn med muligheten til detaljert kartlegging og prøvetaking av utgående av de beste delene av hydrotermalsonen. Vi har partier med brukbar listwaenitt stedvis også under myrområdene, men da som regel blandet opp med enda større mengder ”uferdig” listwaenitt, dvs. hybride blandingsbergarter med variabelt silikat/karbonat forhold, jfr. borhullsloggene i Bilag 2. Vi har foreløpig mer enn nok listwaenitt i godt blottede forekomster til at vi nå trenger å ofre tid og oppmerksomhet på hva som i tillegg måtte finnes av god, karbonatrik listwaenitt med utgående under de sterkt overdekkede delene av hydrotermalsonen. Vi antar at dette stort sett vil dreie seg om marginale tilleggskvanta i forhold til tonnasje i de største haugene og ryggene. En helt annen ting er hva som måtte finnes på dypet. Hydrotermalsonens natur er slik at listwaenittforekomstene brått dukker opp for like brått å forsvinne når man går langs strøket. På samme måte må vi regne med at de opptrer også mot dypet. Potensialet mot dypet er derfor ennå en praktisk talt ukjent faktor.

Når det gjelder de store mektighetene (150 m på Hallarhaugen og tilsvarende tolkede mektigheter andre steder) må bildet også korrigeres. Dette dels på grunn av det slake fallet på Hallarhaugen hvor selve haugen (som opptrer som et isolert segment begrenset av to parallelle forkastninger tvers på hydrotermalsonen) er forkastet opp i NV i forhold til resten av hydrotermalsonen (se detaljert beskrivelse avsnitt 3.4). Videre er grensen mellom hva som er fluid-gabbro og hva som er ordentlig, karbonatrik listwaenitt justert betydelig på en rekke steder. Til slutt er vi også blitt klar over at fluid-gabbroen ligger som et tynt beskyttende ”dekke” eller *cap rock* over listwaenitten over størstedelen av Hallarhaugens toppflate (jfr. Fig. 6 - 8). Alle disse tre faktorene har gjort at vi har måttet justere ned den maksimale mektigheten på listwaenitten til bare ca. tredjedelen av de 150 m vi opererte med innledningsvis etter rekognoseringen (se detaljer i avsnitt 3.5).

På grunn av det nyvunne kjennskapet til listwaenittens feltopptreden gjennom diamantboringene og den senere detaljkartleggingen er det mest tjenlig å operere med fire vel avgrensede og adskilte blokker eller segmenter i den videre detaljbeskrivelsen. Dette fordi de mellomliggende delene samt de ytterste delene i syd og nord per i dag kun ser ut til å ha et marginalt økonomisk potensiale.

### **3.2 Segment 1: Holdesmoen**

#### ***Segmentets form og størrelse***

Listwaenitt-segmentet på Holdesmoen er vanskelig både å beskrive og estimere størrelsen av fordi forekomsten nesten er totalt begravd under den store grusterrassen. Denne har bare noen meget få gjennomskjærende ”furer” i form av typiske postglasiale (sene) ravinedaler og spor av gamle elveløp. Foruten de store og instruktive blotningene som fins konsentrert rett på SØ-siden av 490-m-høyden er det ikke noe mer å se i området før nede i bunnen av den markerte ravinedalen 150 m ØSØ for 490-m-høyden, jfr. Fig. 2. Der nede står typisk ligg-serpentinitt som lengst mot nord er noe talkomvandet og som følger bunnen av ravinen ut til møtet med Grønningselva ca. på kote 460 m. Den store høydeforskjellen mellom toppen av 490-m-

høyden og bunnen av ravinedalen på ca. 460 m gir en antydning om listwaenittvolumet som kan være dekket av grusterrassen.

Nordvestover fra 490-m-høyden er det først 150 m med slett terrasseoverflate (grus med skogbunn over) før vi plutselig står på kanten av en relativt stor nedskjæring på ca. 12 – 15 m dybde. Nedskjæringen her har til dels et tydelig avrundet forløp. Den er trolig rester etter et tidligere elveleie for Grønningselva. Det er imidlertid ingen synlige blotninger verken oppe på kanten, i selve rasskråningen eller langs bekkesiget i bunnen av den dype nedskjæringen. Vi har derfor ingen annen kontroll på bredden av dette listwaenitt-segmetet enn blotningene på SØ siden av 490-m-høyden, blotningene i vannkanten like på vestsiden av Grønningens utløp samt den trenden eller tendensen på bredden vi kan ekstrapolere sydvestover fra ”Båtplass-segmetet” på motsatt side av vannet. Disse tre til sammen antyder en mulig bredde på ca. 80 – 90 m. Blotningene ved 490-m-høyden gir isolert sett en bredde på minimum ca. 70 m.

Segmetet er trolig mer enn 125 m langt, dvs. fra bredden av Grønningen til sydligste enkeltblotning som ligger nesten øverst i den buktende ravinedalen (Fig. 2). Men enda kan segmetet strekke seg ca. 200 – 225 m videre sydover helt til Holdesbekken, slik at maksimum mulig lengde blir rundt 300 – 350 m. Når det gjelder formen vet vi bare at kroppen stikker opp (som en slags ”nunatak”) gjennom terrassen på ett enkelt sted. Det er med andre ord lett å tenke seg at kroppen som er skjult i terrassen har haug- eller ryggform. Den maksimale høyden haugen eller ryggen kan ha er differensen mellom toppen (ca. 490 m) og blotningene av ligg-serpentinitt nede i ravinedalen på ca. kote 460 m. Ved bruk av georadar eller hammerseismikk vil vi sannsynligvis kunne få fastslått fjelltopografien godt. Før dette er prøvd har det ingen hensikt å spekulere ytterligere over detaljene. For estimering av tonnasjen (avsnitt 3.7) er det nok å forutsette at formen og overflaten er noenlunde jevn.

### ***Blotningene på SØ-siden av 490-m-høyden***

Umiddelbart på SØ-siden av 490-m-høyden fins flere gode blotninger av listwaenitt (Fig. 2). Den største enkeltblotningen strekker seg i retning NV – SØ og er ca. 55 – 60 m lang. Her står hele veien en meget kvartsrik listwaenitt hvor kvartsinnholdet til dels overstiger karbonatinnholdet. Det er ingen nevneverdig mengde kleberstein sammen med listwaenitten slik vi har antydnet tidligere (Nilsson m. fl. 1999). Vi har en situasjon tilsvarende den på lok. 35 (NØ for Bh 7) hvor analysen viste hele 65 % SiO<sub>2</sub> (jfr. tabell 2 i Nilsson m. fl. 1999). Hittil har vi kun observert disse to lokalitetene (nr. 30 og 35) hvor kvartsinnholdet er like høyt som eller overstiger karbonatinnholdet. Kvartsen på lok. 30 står ut som tette parallelle ribber. Dette gir en meget hard bergart, motstandsdyktig mot erosjon og kan være forklaringen på hvorfor listwaenitten nettopp her står opp som en nunatak gjennom terrassen.

Det er vanskelig å ha noen formening om utbredelsen av den kvartsrike listwaenitten innenfor Holdesmoen-segmetet. Feltobservasjoner andre steder langs hydrotermalsonen (f. eks. lok. 35 i Båstø-segmetet samt flere steder i Rypsnargrubba) indikerer at svært kvartsrik listwaenitt (kvarts > karbonat) kun opptrer som et lokalt fenomen. Feltobservasjoner og analyser av overflateprøver gir inntrykk av en nærmest bimodal fordeling mellom normal listwaenitt med ca. 10 – 15 % kvarts på den ene siden og kvartsrik listwaenitt med anslagsvis

mellom 30 og 70 % kvarts på den andre siden. Analyser av borkjernene (Tabell 2) viser imidlertid at vi kan ha alle overganger fra kvartsfattig listwaenitt med under 10 % SiO<sub>2</sub> til kvartsrik listwaenitt hvor innholdet av kvarts lokalt overskrider karbonat-innholdet. Den kvartsrike varianten er uinteressant som økonomisk råstoff.

Hvis prosjektet fortsetter er det viktig å få satt ned ett eller flere borhull gjennom segmentet etter at geofysikken har klarlagt fjelloverflaten under terrassen. Ved boring får vi både en oversikt over kvartsinnholdet og en ide om segmentets mektighet (jfr. kapittel 9). Borhullet/hullene bør ideelt sett settes på slik at de går inn i listwaenitten like over henggrensen mot gabbroen og bores med et fall mellom 45° og 60° mot SØ - ØSØ. Det trengs derfor seismikk/georadar for å få best mulige påsett av hull uten unødig mange meter med casing. Antakelig vil et hullpåsett lengst mot NV innenfor 490-m-høydekoten være et godt nok punkt, jfr. Fig. 2.

### ***Delkonklusjon***

Den kjente (oppstikkende) toppdelen av Holdesmoen-segmentet er i seg selv verdiløs som Mg-råstoff på grunn av det høye kvartsinnholdet. Hvis prosjektet går videre på grunn av kvaliteten til de andre delforekomstene (segmentene) blir imidlertid listwaenitt-segmentet på Holdesmoen uvilkårlig trukket inn den samlede vurderingen av råstofftilgangen. I det tilfellet må forekomsten bores opp for å få bedre klarhet i både kvalitet og kvantitet.

## **3.3 Segment 2: Båtstøa**

### ***Innledning***

Fra Båtstøa og et stykke mot NØ er listwaenitt-sonen nøyaktig avmerket på det geologiske 1:50 000 kartet (Sjöström & Roberts 1992). Ellers er sonens mektighet og lokalisering bare meget omtrentlig angitt på dette geologiske oversiktskartet. Listwaenittens feltopptreden er meget tydelig med klare og instruktive grenser til sidebergartene på begge sider. Samtidig er dette segmentet det lettest tilgjengelige. Videre har listwaenitten her den beste og jevneste råstoff-kvaliteten vi så langt har klart å oppvise med jevnt lavt innhold av kvarts og silikater, og ingen synlige inneslutninger av "fluid-gabbro" eller andre bergarter. Den utsprengte prøven fra lok. 62 (jfr. Fig. 3) antas å være representativ for råstoff-kvaliteten. Ca. 250 kg av denne prøven er transportert til Trondheim for kvalitetsundersøkelser (separasjonsforsøk, mineralanalyser, etc.) ved NTNU/SINTEF. NØ for toppunktet (496 m) blir sonen mer kompleks både morfologisk og med hensyn til sammensetningen (sterkere silikatinnblanding).

### ***Segmentets form og størrelse***

Listwaenitten løper som en rett og regelmessig rygg fra innerenden av Båtstøbukta i retning NV opp mot 496-m-høyden og videre i samme retning forbi denne, jfr. Fig. 3. Oppe ved 496-m-punktet begynner segmentet å smalne betydelig inn, og ved Bh 2 (like etter siste blotning før myra) er det klart at vi har å gjøre med en linse som enten avsluttes helt, eller smalner meget sterkt inn, videre mot NV. Dette er begrunnelsen for å betrakte denne ryggen som et eget og veldefinert segment i ressursammenheng. Før boringene antok vi at listwaenitten sto

sammenhengende under myra helt fram til sydkanten av 511-m-høyden i NV. Denne tolkningen var gjort på grunnlag av noen få listwaenitt-blotninger langs kanten av myra rundt lok 35. Det kan hende det står listwaenitt sammenhengende helt fram til sydkanten (sydstupet) av 511-m-høyden, men dette er ennå en usikker forbindelse, og vi kan foreløpig ikke kalkulere med noe potensiale her i ressursammenheng.

Da den karbonatrike listwaenitten i tillegg er en hardere bergart enn både normal heng-gabbro og ligg-serpentinitt og derfor som regel danner et markert relieff (rygg) i terrenget, kan man også på grunnlag av relieffet (i dette tilfellet: fravær av et markert relieff) anta at det ikke står særlig mye god, karbonatrik listwaenitt med utgående under myra. Myrområdet bør imidlertid bores opp med flere hull hvis prosjektet går videre, særlig i området ved ”495-m-tjernet”, men dette bør ha svært lav prioritet inntil videre (jfr. kapittel 9). Ut fra loggen til Bh 2 ser det nemlig ut til at listwaenitten har dårligere kvalitet (høyt silikatinhold) under myra sammenlignet med hovedryggen fra 496-m-punktet ned til Båtstøbukta. Rundt ”495-m-tjernet” mangler det helt blotninger, og vi har ingen eksakt informasjon før ”flaskehalsen” 100 m rett øst for 511-m-punktet. Her løper nemlig hele hydrotermalsonen sammen til bare 4-5 m bredde før den støter på den SV-lige Hallarhaugforkastningen.

Når det gjelder størrelse av segmentet gjorde jeg følgende profilmålinger tvers over sonen (NV – SØ) med laserkikkert (jfr. Fig. 3):

Profil 1: Nede ved vannkanten (retn. 137°). Synlig bredde 49 m.

Profil 2: Ved lok 62 (retn. 135°). Synlig bredde ca. 60 m (justert ned fra målte 63 m pga. relieffet).

Profil 3: Gjennom toppunktet (=496 m punktet) (retn. 135°). Synlig bredde 48 m.

Profil 4: Langs etter myrdraget NØ for 496 m punktet (retn. 144°), synlig bredde ut fra blotningene på begge sider av myra 25 m, men sannsynligvis ytterligere ca. 5 m på liggsiden ut fra resultatene fra Bh 7.

Profil 5: I vertikalprofilet til borhull 7 (retn. 132°). Blotninger i heng av hullpåsett gir ca. 20 m bredde. I tillegg får vi ca. 5 m bredde i ligg av hullpåsett beregnet ut fra 3,5 m listwaenitt logget i toppen av Bh 7, dvs. til sammen ca. 25 m bredde.

Profil 6: I vertikalprofilet til borhull 2 (retn. 130°). Profilet går ute på myra NØ for siste blotning, men bredden og lokaliseringen av utgående under myra kan beregnes ut fra borhullsskjæringen (ca. 19 – 33 m hulldyp). Utregningen gir en bredde av listwaenittens utgående på 20 m med hengkontakt 27 m fra hullpåsett Bh 2 (forutsetter 45° fall på listwaenittsonen).

Ovenstående viser at segmentet spisser ut jevnt mot NØ. De lasermålte breddene samt breddene av utgående konstruert ut fra borhullsskjæringene brukes videre til å beregne arealet av utgående av listwaenitt-segmentet samt estimering av tonnasje, se avsnitt 3.7.

### 3.4 Segment 3: Hallarhaugen

Hallarhaugen er som navnet antyder kjennetegnet ved flere imponerende hallare (overheng). Oppe på kanten av disse er det flere steder fine blotninger, men det advares på det sterkeste mot å utforske enkelte av disse, særlig blotningene ytterst på kanten av NØ-stupet! Enkelte hallare vokser det sågar store grantrær innunder, og flere av dem har fungert som faste møteplasser for handelsfolk som har krysset grensen og drevet byttehandel i uminnelige tider. Det er derfor kulturverninteresser knyttet til disse.

I ressursammenheng har vi så langt betraktet Hallarhaug-segmentet som selve bærebjelken ved et ”magnesiumforetagende”, jfr. tonnasje-estimatene (avsnitt 3.7). Vår foreløpige arbeidsfilosofi har vært at Hallarhaugen måtte kunne stå for minst halvparten av foretagendets samlede tonnasje av listwaenitt. Denne måtte til å begynne med lett kunne brytes i dagbrudd og da med et så høyt malm/gråberg forhold som mulig, dvs. helt vanlige ønskemål/forutsetninger ved åpning av en helt ny forekomst, og forekomst-type, på et sted hvor det aldri har vært drift tidligere langt inne i fjellet. I tillegg har vi også forutsatt, eller i det minste håpet på, at listwaenitten skulle være av jevn og god kvalitet uten for mye av problemskapende silikater som kloritt, talk, etc. eller sporelementer som B, As, Ni, Cu, etc.

Den sterke fokuseringen på Hallarhaug-segmentet eller ”Hallarhaug-skalken” har nettopp vært fordi segmentets synlige volum her står i en særklasse i forhold til de øvrige segmentene. Forekomsten har også brytningstekniske fortrinn. Det er en stor kolle eller skalk som rager over tilstøtende terreng på alle fire sider, Fig. 6 – 9. Mot NØ og SV er forekomsten begrenset av bratte skråninger eller vertikale stup og hallare ned mot myrdrag. Mot SØ er den hele veien begrenset av et noe mindre overheng. Kun mot NV (dvs. sektoren V – NV – N) skråner den jevnt nedover mot myrlende. Toppen av haugen (542 m o. h.) rager 54 m over vannspeilet på Litj-Hallartjønna i myra på NØ-siden av haugen. På grunn av Hallarhaug-forekomstens særstilling rent kvantitativt, men også mulig kvalitativt er forekomsten kartlagt i så stor detalj som blotningsgraden tillater. Dermed har vi, sammen med borhullsloggen for Bh 3, et godt grunnlag for å si litt om kvalitet og tonnasje for dette segmentet. Det blir selvfølgelig ikke et reserveanslag kun med ett enkelt borhull pluss kartet, men likevel et ressursanslag eller i det minste en god indikasjon på hvilken størrelsesorden vi kan forvente ved videre detaljoppboring.

Ved sammenstilling av analyseresultater på borkjerner fra Bh 3 er vi imidlertid blitt oppmerksom på at listwaenitten i Hallarhaugen i hvert fall stedvis på langt nær er et så homogent og prima rågods som først antatt ut fra feltobservasjonene, jfr. analysene i Tabell 1 og 4. Hele tankegangen med Hallarhaugen som det definitivt viktigste segmentet både med hensyn til kvalitet og kvantitet må derfor opp til revurdering. Det er derfor behov for ytterligere overflateprøvetaking for analyser over hele haugen med tanke på kvalitetsvurdering (jfr. avsnitt 3.8).



### *Segmentets form og størrelse*

Hallarhaug-segmentet er en forkastningsbetinget og klart anomal fortykkelse av hydrotermalsonen begrenset av helt eller nesten parallelle NV – SØ gående steile forkastninger på to sider (Fig. 6). Selve haugen utgjør derfor et meget veldefinert segment, tilsynelatende med totalt fravær av listwaenitt på utsiden av forkastningene som på begge sider følger myrdrag. Forkastningene har vært aktive på et tidspunkt lenge etter dannelsen av hydrotermalsonen. Langs den SV-lige forkastningen har vi f. eks. langt inne i heng-gabbroen et dunittlegeme, minst 25x 150 m stort, som er orientert med lengste akse *langs* etter forkastningen. Det er tektonisk forskjøvet fra sin opprinnelige posisjon på liggssiden av hydrotermalsonen. I det meste av Hallarhaugens overflate har vi ikke listwaenitt, men et tynt dekke eller en *cap rock* av en særdeles hard hydrotermalomvandlet gabbro ("fluid-gabbro") med litt forskjellig mineralselskap fra sted til sted (Fig. 6). Det er den definitivt hardeste av alle bergarter innenfor ofiolitten som helhet og derfor en sterkt medvirkende årsak til de stedvis meget store overhengene. Fra SV-hjørnet av Hallarhaug-segmentet løper en hallar først mot øst og deretter mot ØNØ. Dette er ligggen mot klebersteinen som imidlertid bare er sporadisk blottet. I selve avrundingen ved SV-hjørnet står en meget fin og karbonatrik listwaenitt med lavt kvartsinnhold. Men bare ca. 10 m høyere begynner "fluid-gabbroen" å gjøre sin entre, og over det aller meste av topplataet ligger fluid-gabbroen som en beskyttende "kake" over listwaenitten. Borhull 3 (Fig. 7) viser imidlertid at vi snart kommer ned på ensartet listwaenitt under denne gabbroen; fra ca. 7 til 50 m hulldyp har vi relativt ensartet listwaenitt før vi kommer inn i ligg-kleberstein, jfr. borhulls-loggen i Bilag 2.

Når vi står ute på myra litt syd for Litj-Hallartjønna har vi det beste utgangspunkt for å beskue et stort stykke av Hallarhaugens listwaenittlegeme. Vi ser her i den ca. 20 m høye loddrette veggen en ensartet lys og ren listwaenitt som for det meste er uten den karakteristiske kanelbrune vitringshuden. Dette kan skyldes at nedfallet av kjempeblokkene i ura nedenunder ikke er så langt tilbake i tid. I tillegg til den loddrette veggen står det listwaenitt i deler av den gjenstående skalken ovenfor slik at den samlede synlige høyden er over 20 m. Listwaenitten står i hele den loddrette veggen, og vi ser ikke bunnen (liggen) av den noe sted her. Det neste vi ser fra vår standplass er at listwaenittkroppen hele veien faller med et helt jevnt og svakt fall mot NV ( $25^{\circ}$  –  $30^{\circ}$ ) slik at siste blotning før den stikker ned under myra er ved NØ-hjørnet av segmentet, like ved bredden av Litj-Hallartjønna. Hele veien har vi det overliggende dekket av "fluid-gabbro".

Ved hjelp av laser-kikkerten målte jeg opp bredden på listwaenitten i nerkant mot myra på begge sider (dvs. langs forkastningene) samt langs V-profilet gjennom Bh 3:

Profil 1: Fra SV-hjørnet mot NV til stor furu litt ute på myra som markerer siste listwaenitt-blotning mot NV (retning:  $135^{\circ}$  –  $315^{\circ}$ ): 65 m (myrdraget ligger omtrent på kote 505 m o h).

Profil 2: I vertikalprofilet til borhull 3 (retn.  $135^{\circ}$  –  $315^{\circ}$ ): 130 m.

Profil 3: Fra SØ-hjørnet mot NV til siste blotning nær bredden av Litj-Hallartjønna ( $135^{\circ}$  –  $315^{\circ}$ ): 200 m (myrdraget ligger på høydenivå mellom 500 og 488 m o h).

## *Samlet vurdering av Hallarhaugen*

Store volumer av tilsynelatende ensartet, ren og frisk listwaenitt, og uten innslag av ”fluid-gabbro”, kan sees under hallaren (loddveggen) på NØ-siden av segmentet. Borkjernene fra Bh 3 støtter inntrykket fra denne hallaren om en mektig og relativt ensartet listwaenitt uten innslag av ”fluid-gabbro”. Kjernene gir imidlertid ikke det samme inntrykket av en ren, dvs. kvartsfattig, listwaenitt som de store flatene i loddveggen gir inntrykk av. Analysene av kjernene (jfr. Tabell 4) viser da også en høy andel SiO<sub>2</sub> (dvs. vesentlig kvarts) i listwaenitten.

Det aller meste av overflaten i Hallarhaugen er dekket av gabbro. Denne er karakterisert ved flere varianter av en fullstendig hydrotermalomvandlet gabbro (”fluid gabbro”). Varianter av ”fluid gabbro” har en eller flere av komponentene sonert, smaragdgrønn amfibol (som stedvis er kritthvit bleket i overflaten), mørk grønn aktinolit, svart amfibol, videre fri kvarts samt matriksmineraler som talk, kloritt eller sammenvokst talk-kloritt (uadskillelig). Helt sporadisk inngår også turmalin i mineralselskapet.

Det vi vet i dag om form, helling (stupning), mektighet og regelmessighet på listwaenitt-legemet gjør det enkelt å legge opp et borprogram der reserveanslaget med stor sannsynlighet vil kunne flerdobles (jfr. spesielt Fig. 9). Selv om vi per i dag har en viss oppfatning av listwaenitt-kroppens form og utstrekning mot dypet ut fra ovenstående samt terrengformene er selvfølgelig ikke ett enkelt borhull nok for noe pålitelig reserveanslag. Hullet gir vesentlig en indikasjon om sonens videre forløp og er et bidrag ved estimering av tonnasje.

Listwaenitt-kroppen ser ut til å ha form som en linjal eller et langstrakt prisme som er litt tykkere i NØ enn i SV (jfr. Fig. 8). Den antas å være ca. 40 – 50 m mektig i gjennomsnitt, ca. 250 m bred og ligger på flasken med et svak fall (mellom 20° og 30°) mot NV (retning ca. 315°). Den har et ca. 200 m langt og helt regelmessig forløp (forløpet av hengkontakten) som kan iakttas sammenhengende fra NØ-siden av kroppen. Utstrekningen mot dypet vet vi foreløpig ikke noe om. Da de to forkastningene som begrenser forekomsten begge gir inntrykk av å være vertikale og parallelle får vi det forhold at fallvinkelen blir identisk med aksestupningen for kroppen. Malmaksens retning blir da sammenfallende med retningen for forkastningene. Hele segmentet eller blokken er svakt forkastet (rotert) opp mot NV (ca. 10° – 20°) i forhold til de tilstøtende deler av hydrotermalsonen som faller med ca. 35° – 45° vinkel mot NV. Konstruksjon av fallvinkelen ut fra Bh 3 og utgående av ligg-grensen i SØ gir en vinkel på bare 19° (Fig. 6), altså litt mindre enn det vi har observert og målt på NØ-siden av segmentet.

Malmarealet (arealet av utgående, sett bort fra den tynne cap rock'en) anslås meget grovt å være på  $250 \times 130 = 32\,500 \text{ m}^2$ . Lengden av utgående (retn. SV – NØ) er entydig 250 m mellom forkastningene, mens bredden av utgående (retn. SØ – NV) avtar fra NØ mot SV. På 488-m-nivået (det laveste nivået hvor vi kan gjøre observasjoner) er bredden anslagsvis 200 m (terrenget stiger mot SØ og blotningsgraden er ikke helt god ved SØ-hjørnet). På SV-siden av forekomsten derimot er bredden kun 65 m (målt på ca. 505 m nivået), jfr. Fig. 6.

Loggen fra Bh 3 samt observasjoner i brattskrentene, loddveggene og overhengene gir ikke indikasjoner om mange og store inneslutninger av "fluid-gabbro" eller bare delvis karbonatomvandlet "fluid-gabbro" i listwaenittkroppen. Jeg antar derfor at "fluid-gabbroen" i det store og hele holder seg til hengsiden av listwaenittkroppen. Det må likevel bemerkes at det er svært kort avstand fra "fluid-gabbroens" grenselinje mot SØ til klebersteinen i listwaenittkroppen (jfr. Fig. 6 og 7). Det ser vi flere steder langs den SØ-lige hallaren. Nesten hele haugen er derfor i realiteten "kledd med et tynt lag av "fluid-gabbro" omtrent som sukkerglasuren på en kake. Bare her og der på toppflaten samt i bratthengene kommer listwaenittkroppen til syne.

En mulig tolkning av Fig. 6 og 7 er at listwaenittkroppen her avsluttes mot SØ, og at den smale "listwaenitt-remsen" som har utgående i selve hallaren (Fig. 6) ligger like NV for kroppens opprinnelige avslutning (Fig. 7). Utkilingen av kroppen mot SØ er i så fall mye mer markant i vertikalplanet enn i horisontalplanet. I vertikalplanet får vi en meget spiss avslutning mellom "fluid-gabbroen" i toppområdet og klebersteinen som her er tolket til å ha et jevnt fall mot NV på bare  $19^\circ$  (Fig. 7). Listwaenittkroppens avslutning eller avrundning i horisontalplanet er mye mer butt eller stump som det framgår av Fig. 6. Dette er selvfølgelig bare en rent topografisk betinget avrundning ved at listwaenittkroppens utgående hele veien følger avrundingen av haugen i SØ. Alt tyder på at listwaenittkroppens avslutning i horisontalplanet (dvs. før erosjonen nådde SØ-enden av kroppen) har vært fullstendig styrt, eller bundet, av de steile, parallelle forkastningene på hver side av haugen. Avslutningen av kroppen mot SØ kan etter en slik tolkning nærmest sammenlignes med eggen på en skifermeisel eller ei kløyvøks.

### **3.5 Segment 4: Rypsnargrubba**

Den synlige del av listwaenitt-segmentet i Rypsnargrubba har form som en rygg som trer meget godt fram i terrenget. Ryggen er begrenset både på heng og liggsiden samt i lengderetningen på begge sider av markerte forsenkninger i terrenget. Står man på litt avstand, så vel på heng som på liggsiden, får man et meget godt inntrykk av forekomstens utgående. Blotningsgraden over ryggen er meget god. Den kan sammenlignes med Båtstø-segmentets sentrale deler.

Forekomsten spisser ut i begge ender: Bh 1 (Fig. 17) sentralt gjennom kroppen viser listwaenitt fra 22 til 40 m hulldyp. Bh 6 (Fig. 18) i NØ som ble påsatt litt inne i selve sonen (i ligg av "fluid-gabbro" blotninger) viser ingen ren listwaenitt, kun en overgangsbergart (karbonatrik "kleber-listwaenitt") fra 16 til 20 m. Bh 8 (Fig. 19) øverst i Grubba viser kun ubetydelige lengder med god listwaenitt: fra 30,30 til 32,50 m og fra 37,15 til 39,10 m. Det øvrige i Bh 8 er blandingsbergarter mot hhv. kleber og smaragditt-gabbro. Segmentet gjennomskjæres altså av 3 borhull (Bh 1, 6 og 8). Bh 1 skjærer midt gjennom den bredeste og beste delen av segmentet og bidrar til å gi mektigheten og vise gjennomsnittskvalitet. Bh 6 viser overhode ikke god listwaenitt, mens Bh 8 viser to adskilte partier, men begge bare på rundt 2 m. Den økonomisk interessante delen av segmentet stanser derfor mot NØ ett eller annet sted under det lille tjernet syd for grensevardene. Ut fra borhullsloggene og kartbildet i dagen er fallvinkelen til listwaenittkroppen beregnet å være bare ca.  $28^\circ$  mot NV.

Innholdet av silikatmineraler ser ut til å være høyere enn for de øvrige segmentene, og er til dels urovekkende høyt. Silikatene består av kloritt, talk eller blandet talk-kloritt på tynne stikk og årer parallelt folisjonen i listwaenitten. Videre opptrer meget finkornet og finfordelt talk stedvis som en del av bergartsmassen. Silikatmineralene er yngre enn en del av kvartsen i listwaenitten. Inneslutninger av ”fluid-gabbro” (smaragditt-gabbro) opptrer bare unntaksvis og da som små kropper helt i den SV-lige delen av segmentet (Fig. 16).

I tillegg til kjernematerialet fra Bh 1 vil det kreves en del videre prøvetaking for å få brakt på det rene hvorvidt listwaenitten i dette segmentet er brukbar som råstoff for produksjon av Mg metall, eventuelt om den kan ha andre anvendelsesområder.

### **3.6 Øvrig listwaenitt-opptreden**

Utenom de fire hovedsegmentene behandlet over er det ikke kjent nevneverdig listwaenitt-potensiale noe sted langs sonen. I sydområdet (syd for Holdesbekken) opptrer listwaenitt kun sporadisk sammen med klebersteinen. Dette er forøvrig et rent klebersteinsområde. Ellers påtreffes litt listwaenitt langs med den store hallaren nordøstover fra Litj-Hallartjønnen og over passpunktet til Merkesbekken og oppover langs denne henimot sydenden av Merkesbekkmyra. Også dette er kun småforekomster med ubetydelig utbredelse. Dette er også et delområde med mer kleberstein enn listwaenitt. Kleberen har oftest direkte hengkontakt med ”fluid-gabbroen”, uten mellomliggende listwaenittdannelse som er det vanlige ellers.

Nordover fra Rypsnargrubba, over passpunktet og langs bekken ned til søndre Stokktjønnen opptrer også listwaenitt i hydrotermalsonen, men mektighetene er maksimalt 3 – 5 m hele veien langs den 900 m lange strekningen, og for en stor del enda mindre (variabel blotningsgrad lengst i nord).

### 3.7 Estimering av tonnasje

Spesifikk vekt for ren magnesitt er  $3,00 \text{ kg/dm}^3$ . På grunn av innhold av kvarts (sp.v.: 2,65), dolomitt (sp.v. 2,85-2,95), etc., regner vi med en gjennomsnittlig sp.v. =  $2,9 \text{ kg/dm}^3$  for listwaenitten i alle utregningene heretter.

#### **Holdesmoen** (jfr. Fig. 2)

Antatt maksimal tonnasje for haugen eller ryggen ned til kote 460 m o. h. (jfr. avsnitt 3.2) blir: lengde (l) x bredde (b) x høyde (h) x spesifikk vekt (sp.v.) =  $350 \times 60 \times 15 \times 2,9 = 913\,500$  tonn eller ca. 900 000 tonn. Før vi får mer eksakte data om form og størrelse har det liten verdi å regne ut noen tonnasje per meter avsenkning av forekomsten.

#### Forutsetninger:

Sikker lengde (dvs. med sikkerhet i observasjoner) er bare 130 m, mens mulig maksimal lengde mot syd er helt til Holdesbekken, dvs. ca. 350 m. Synlig bredde ved 490-m-koten er ca. 60 m, og antatt bredde her er ca. 80 m. Middelhøyden på listwaenitt-haugen (hvis vi tenker oss grusen fjernet) blir  $(490-460)/2 = 15$  m. Kote 460 m o. h. er nivået for bunnen av ravinedalen SØ for blotningsområdet. For en haug med en noenlunde jevn og regelmessig form kan vi regne slik. (Om mesteparten av massen (haugen) hadde ligget som en kake i bunnen med en tynn spiss stikkende opp f. eks. fra 475 til 490 m kunne vi selvsagt ikke ha regnet slik. Da ville middelhøyden ha blitt mye mindre enn 15 m). Der hvor listwaenitt-haugene i sin helhet står opp over omkringliggende terreng går det an å regne seg fram nøyaktig til middelhøyden, men dette er ikke nødvendig her på estimerings-stadiet.

#### **Båtstøa** (jfr. Fig. 3 - 5)

Båtstø-segmentet er i denne sammenheng regnet fra innerenden av Båtstø-bukta til 496-m-punktet og videre fram til V-profilet gjennom Bh 2. Tonnasjen er regnet ned til Grønningens nivå på kote 466 m o. h. Vi regner ned til dette nivået fordi vi har god visuell kontroll på segmentet ned til Grønningens overflate.

Delsegment 1: opp til 496-m-punktet:  $l \times b \times h \times \text{sp.v.} = 100 \times 55 \times 15 \times 2,9 = 239\,250$  tonn.

Delsegment 2: fra 496-m-punktet fram til Bh. 7:  $l \times b \times h \times \text{sp.v.} = 110 \times 35 \times 24 \times 2,9 = 267\,960$  tonn.

Dette gir til sammen: ca. 510 000 tonn regnet ned til Grønningens nivå. Videre mot dypet kan vi anta en tonnasje på 27 115 tonn per meter avsenkning for segmentet som helhet ved å legge til grunn de samme tallene for lengde og bredde. Vi må ta med her at kvaliteten er vesentlig dårligere i Bh 2 (pga. høyere silikatinnblanding) enn i den SV-lige og synlige delen av segmentet.

#### Forutsetninger:

Lengden er entydig gitt for begge delsegmentene. Bredden for delsegment 1 settes til middel av de lasermålte profilene 1 og 2 (jfr. Fig. 3). Bredden for delsegment 2 settes til middel av

profilene 3 og 6. Høyden for delsegment 1 settes til middelhøyden mellom 496-m-punktet og Grønningens nivå (466 m o. h.), dvs.  $(496-466)/2 = 15$  m. Dette kan gjøres fordi stigningen oppover fra bukta til toppunktet er noenlunde jevn. Høyden for delsegment 2 settes til 490 m koten minus koten for Grønningens nivå ( $490-466 = 24$  m).

For det siste tallet (27 115 tonn per m avsenkning) forutsettes at malmarealet holder seg konstant videre mot dypet. Dette er kanskje en noe tvilsom forutsetning, i hvert fall på et dyp på mer enn 10 – 20 m under Grønningens flate. Vi må huske på at de to borhullene (Bh 2 og Bh 7) penetrerer kun den aller NØ-ligste delen av segmentet der kvaliteten ser ut til å være dårligst, og at vi ikke har borhullsinformasjon for den sydlige, kvalitetsmessig beste delen av segmentet.

### **Hallarhaugen** (jfr. Fig. 6 - 11)

For Hallarhaugen regner vi først med kun den synlige haugen eller ”skalken”, dvs. regnet ned til nivå for Litj-Hallartjønna (488 m o. h.) og begrenset av de steile forkastningene mot NØ og SV. Deretter prøver vi oss videre mot dypet:

For den synlige skalken har vi:  $l \times b \times h \times \text{sp.v.} = 250 \times 130 \times 27 \times 2,9 = 2\,544\,750$  tonn eller ca. 2,5 mill. tonn. Fra nivå 488 m o. h. og videre mot dypet kan vi forsøksvis anta en tonnasje på  $250 \times 130 \times 2,9 = 94\,250$  tonn eller grovt regnet 100 000 tonn per meter avsenkning. Vi antar pga. dimensjonene generelt at dette er ganske trygge tall i hvert fall flere ti-metre under Litj-Hallartjønna (488 m o. h.). Regner vi f. eks. nok en gang ned til Grønningens overflate på 466 m o. h. får vi en total tonnasje på  $2\,500\,000 + (100\,000 \times 22) = 4\,700\,000$  tonn, dvs. en tonnasje som begynner å bli stor nok til å bære hovedtyngden av et magnesiumforetagende rent kvantitativt sett. Det er mulig at vi kan regne ennå dypere, men usikkerheten blir da etter hvert meget stor på grunnlag av den begrensede informasjonen vi har fra ett borhull, overflateobservasjoner samt terrengformene i Hallarhaugens NV-lige del.

Tar vi utgangspunkt i feltlengden på 250 m, gjennomsnittlig feltbredden på 130 m som gir et malmareal på  $250 \times 130 = 32\,500 \text{ m}^2$ , virker det rimelig å regne ned til et dyp på f. eks. 100 m under Litj-Hallartjønna (488 m o. h.), dvs. ned til kote 388 m o. h. Dette gir en total tonnasje på  $2,5 + (0,1 \times 100) = 12,5$  mill. tonn som isolert sett er mer enn stort nok for et magnesiumforetagende. Omtrent på nivå 440 m mister vi imidlertid den meget fordelaktige terrengeffekten vi så langt har hatt ved at terrenget på kote 480 m (korresponderende overkant av et dagbrudd med såle på 440 m) gjør en knekk og flater ut helt videre mot NV (jfr. Fig. 9 og 10). Derved blir gråbergsandelen som hittil har vært relativt meget lav, raskt økende ved drift mot større dyp (sml. Fig. 10 og 11). Vi forutsetter her dagbruddsdrift på hele forekomsten som vist på de nevnte figurene. Den ”terrenggevinsten” vi har med relativt lite overfjell ned til kote 440 m i sålen av et dagbrudd er et betydelig pluss i evalueringen av forekomsten. Som det framgår av Fig. 9 og 10 vil det sannsynligvis trengs relativt korte borhull for å bekrefte/avkrefte disse estimatene.

### Forutsetninger:

For utregningen av skalken på 2,5 mill. tonn har vi feltlengden i retning SV – NØ på 250 m. Dette er en sikker lengde bestemt av avstanden mellom forkastningene. Feltebredden derimot er mindre sikker. Den settes forsøksvis til gjennomsnittslengden for profilene P1 og P3 på hver sin side av segmentet hvor listwaenitten har sitt utgående under cap rock'en. Dette gir  $(65 + 200) / 2 = \text{ca. } 130 \text{ m}$  som feltlengde og derved  $250 \times 130 = 32\,500 \text{ m}^2$  som malmareal. Høyden i utregningen settes som halve høyden på skalken, d.v.s. differansen mellom toppens høyde og høyden for Litj-Hallartjønnen (laveste observerte listwaenitt-blotning) hvilket gir  $(542 - 488) / 2 = 27 \text{ m}$ . Haugen er totalt sett så regulær i formen at vi grovt sett kan regne slik. Effekten av hallarene påvirker imidlertid også regnestykket slik som det framgår særlig av SV – NØ profilet i Fig. 8. Den største hallaren på NØ-siden av segmentet gir en markert "kakeeffekt" som gir noen ekstra høydemeter slik at vi nok kunne ha øket høyden en del meter over de 27 m. Det er imidlertid ikke så lett å estimere nøyaktig hvor mange meter denne effekten utgjør. Ved å bli stående med 27 m er vi i hvert fall på den sikre siden. Malmarealet øker altså i noe ujevn takt fra  $0 \text{ m}^2$  på kote 542 m o. h. til  $32\,500 \text{ m}^2$  på kote 488 m o. h. Derfra mot dypet regner vi med at malmarealet holder seg konstant på  $32\,500 \text{ m}^2$  med en konstant mektighet på listwaenitt-legemet på ca. 40 – 45 m og et fall (helning) på rundt  $20^\circ$ . Vi har på nåværende stadium ikke grunnlag for å endre på dette bildet verken i den ene eller annen retning. Det er derfor disse antagelsene som ligger til grunn ved tonnasje-estimatene ovenfor og som i tillegg er vist på Fig. 9 og 10. Om det virkelig forholder seg noenlunde slik kan kun boringer vise. Fallet på bare ca.  $20^\circ$  er f. eks. beregnet kun ut ifra overflatekartleggingen og informasjonen fra Bh 3. Målinger av foliasjonen (og samtidig også av tilsynelatende henggrense) på NØ-siden av segmentet antyder imidlertid et fall på listwaenitt-legemet på rundt  $25 - 30^\circ$ . Her må derfor flere borhullsskjæringer til både for å gi et sikrere tall for den gjennomsnittlige helningen på kroppen mot NV samt for å få vite hvorvidt det opptrer lokale variasjoner i denne fallvinkelen innenfor segmentet.

Det må presiseres her at ovenstående langt på vei er temmelig spekulativt og innebærer en del geologiske og tekniske forutsetninger som vi ikke har kontroll over (jfr. Fig. 10). Den viktigste forutsetningen, den at listwaenittkroppens form og mektighet holder seg konstant mot dypet, er den mest usikre. Estimaten er derfor først og fremst tatt med som eksempel på hva et antatt *best case* vil gi av malm/gråberg-forhold ved dagbruddsdrift (Fig. 10) samt hvor stort et slikt dagbrudd antydningssvis kan komme til å bli (Fig. 11). Det er ingen ting som tyder på at listwaenittkroppen begynner å kile ut i vertikalplanet allerede omkring 480 – 460 m o. h. selv om det ikke kan utelukkes. I horisontalplanet er det lite sannsynlig at kroppen kiler ut så raskt på grunn av forholdet til de steile og gjennomgående forkastningene på hver side av segmentet. Disse styrer i meget sterk grad listwaenittkroppens form i horisontalplanet og antas å stikke meget dypt i forhold til de dimensjoner og tonnasjer som diskuteres her (jfr. argumentasjonen til slutt i avsnitt 3.4 samt se også Sjöström og Roberts (1992)).

### **Rypsnargrubba** (jfr. Fig. 16 – 19)

Regnet ned til laveste blotning i øvre ende av Merkesbekkmyra omtrent på kote 605 m o. h. får vi fra Fig. 16 og 17 følgende tonnasje for den synlige delen av segmentet:  $l \times b \times h \times \text{sp.v.}$

=  $200 \times 50 \times 15 \times 2,9 = 435\,000$  tonn. Går vi videre ut fra et malmareal på  $200 \times 38 = 7600$  m<sup>2</sup> ved 30 m hulldyp i Bh 1 får vi i dette området av segmentet (mellom kote 600 og 620) en tonnasje på  $7600 \times 2,9 = 22\,040 = \text{ca. } 22\,000$  tonn per meter avsenkning.

#### Forutsetninger:

Feltlengden (l) som er lengden av det ryggformede segmentet er entydig gitt og lik 200 m. Feltbredden (b) varierer derimot fordi utgående er svakt linseformet. Videre indikerer Bh 1 at feltbredden muligens avtar litt mot dypet, i hvert fall mellom dagoverflaten og 610-m-nivået som er nivået ved 30 m hulldyp i Bh 1 (Fig. 17). I utgående varierer bredden for størstedelen av segmentet mellom ca. 55 og 65 m, mens feltbredden ved 30 m hulldyp i Bh 1 er ca. 38 m. Vi setter derfor anslagsvis feltbredden til 50 m ved utregningen av den synlige delen av segmentet. Laveste observerte listwaenitt-blotning ligger på kote ca. 610 m, men formen på ryggen indikerer klart at listwaenitten står i ryggen hele veien ned til overgangen mot myra på kote ca. 605 m. Ca. 80 % av den synlige delen av segmentet ligger over kote 620 m og nær halvparten ligger over kote 630 m. Ryggens høyeste punkt anslås å ligge like over kote 630 m. Ut fra dette anslås h å ligge et sted mellom 15 og 20 m, og vi regner konservativt med 15 m i oppstillingen ovenfor.

#### ***Kommentarer til tonnasje-estimatene***

Dette er for en stor del konservative (sikre) estimater som ikke inkluderer annet enn tonnasjen av oppstikkende hauger og rygger i terrenget. Det er i flere tilfeller ikke regnet med noen fortsettelse mot dypet ut over det som er synlig eller klart indikert av terrengformene ved disse anslagene. Vi må imidlertid ta et betydelig forbehold når det gjelder Holdesmoen (som heller ikke ble kjerneboret i vinteren 2000) fordi det aller meste av forekomsten her ligger under grusterrassen. Regner vi med at kroppene stikker på dypet i samme utstrekning (med samme proporsjoner) som dimensjonene i dagen kan høyden (h) i utregningene flerdobles.

### **3.8 Estimering av gehalter**

Når det gjelder gehalter som et mål for råstoffets kvalitet har vi bulkanalyser (dvs. analyse av hel bergart) av noen få overflateprøver, men først og fremst analysene av borkjernene å bygge på (jfr. Tabell 1 og 4). MgO-innholdet i den analyserte prøven er den viktigste parameteren som indikasjon på magnesittinnholdet totalt sett samt magnesittens (dvs. mineralets) magnesium-innhold, og det var de oppløftende høye MgO-verdiene fra prøvetakingen sommeren 1999 som fikk oss til å gå videre med listwaenitten som mulig Mg-råstoff. Forventningene var derfor store til analysene av borkjernene.

Listwaenittens kvalitet eller egnethet som Mg-råstoff kan i første omgang beregnes ved å bruke bulkanalysene. Når vi analyserer både totalt MgO-innhold (ved XRF-analyse), syreløselig MgO-innhold (dvs. karbonatbundet MgO) og derved kan regne ut MgO<sub>différens</sub> som er silikatbundet MgO får vi allerede her en god innledende oversikt over listwaenittens kvalitet som Mg-råstoff.



Innledningsvis oppnådde vi etter den rekognoserende prøvetakingen sommeren 1999  $MgO_{total}$ -verdier som i fire av sju analyser lå i området 36 – 40 %. En av de øvrige tre prøvene hadde en høy CaO-komponent (dolomitt-komponent), mens de siste to inneholdt mye kvarts. Vi la til å begynne med ikke noe spesiell vekt på de høye MgO-gehaltene, men konsentrerte oss heller om å forsøke å finne ut om det var noe gull i listwaenitten og hvor gullet eventuelt var konsentrert (jfr. innledningen i dette kapitlet, se også Nilsson m. fl. 1999). Derfor ble heller ikke de første listwaenittprøvene (knakkprøver slått i overflaten) analysert på syreløselig CaO og MgO.

De utvalgte borkjernene ble derimot analysert både på totalinnhold av CaO, MgO og flere elementer ved XRF, samt syreløselig CaO og MgO. Disse analysene viser i mange tilfeller lavere MgO-verdier enn forventet etter overflateprøvetakingen. Høyeste MgO-verdi fra Bh 3 på Hallarhaugen er bare 30,0 %, laveste verdi 20,1 % og gjennomsnitt av 15 analyser fra til sammen 37 m borkjerne er 25,4 % MgO (jfr. Tabell 4). Dette står i skarp kontrast til de ovenfor nevnte overflateprøvene. Tilsvarende avvik mellom overflateprøver og borhullsprøver er funnet i de øvrige segmentene. Helt unntaksvis har vi en meget god listwaenitt i Bh 8 øverst i Rypsnargrubba (Tabell 4, analyse 40). Denne analysen tilsvarer de beste overflateprøvene (jfr. Tabell 4).

Det er nærliggende å spørre om det kan være en prosess som anriker karbonat i listwaenitten i overflaten. Det er imidlertid vanskelig å tenke seg at en slik supergen anrikningsprosess skulle ha virket all den stund andre mineraler som f. eks. kvarts står ut som ribber på overflaten av bergarten. I klebersteinen f. eks. er det typisk nok karbonatet som er utlutet og danner groper med rygger av mekanisk bløtere talk på sidene. Det er derfor svært vanskelig å forestille seg at karbonatet skulle være postglasialt, supergent anrikt på bekostning av kvarts, talk og eventuelt andre silikater i selve overflaten eller helt overflatenært.

Vi ser også bort fra selektiv prøvetaking der vi bevisst eller ubevisst skulle ha unngått å ta representative prøver av listwaenitten, men isteden har tatt særlig karbonatrike prøver. Store, tykke, sene kvartsårer og ganger ble riktignok bevisst unngått i prøvematerialet, men disse ligger ikke særlig tett. Vi prøvde derimot ikke å unngå de fine (mm-tykke) kvartsstrengene (ribbekvartsen) ved prøvetakingen. Disse opptrer over alt i listwaenitten med variabel tetthet.

Borkjernene i kjerne-kassene (Bilag 5) viser at listwaenitten f. eks. i Bh 3 (fra 10 til 50 m hulldyp) ikke er helt homogen og ensartet, men har en del striper av kvarts, skiktsilikater, m.m. Korresponderende  $SiO_2$ -verdier samt verdier for  $MgO_{\text{différens}}$  i Tabell 4 forteller også at det er mye kvarts samt talk/kloritt og eventuelt øvrige silikater, m.m. i de analyserte borkjerneintervallene. Det er derfor et paradoks at vi ikke umiddelbart får det samme inntrykket av "urent råstoff" i dagoverflaten. Karbonatets brune vitringshud kan ikke alene forklare forskjellen. Kvartsen står alltid litt ut i overflaten, og det samme gjelder talk og kloritt som også opptrer med klar og tydelig kontrast til magnesittens gulbrune til kanelbrune vitringshud. Problemet kan muligens ha med matrikskvarts og matrikssilikater å gjøre, mineraler som ikke er fremtredende eller overhode synlige på vitret dagoverflate. Men vi kan likevel ikke se at eventuell kvarts, talk, kloritt og øvrige silikater selektivt skulle vitre ut og

derved anrike karbonatet i overflaten. Tvert imot, man skulle forvente det motsatte, nemlig at karbonatet selektivt skulle vitre/lutes ut i overflaten i forhold til de omgivende mineralene slik man ser på den ru og furete overflaten av klebersteinen.

Forskjellene i gehalter mellom overflateprøver og borhullsprøver er så store at dette må undersøkes videre. Det må klargjøres hvorfor de analyserte overflateprøvene tatt med hammer i gjennomsnitt viser betydelig høyere MgO-gehalter enn borkjerneprøvene. Dette har følger for hvor godt overflateprøvetaking med hammer er egnet å benytte i det videre arbeidet med kvalitetsvurdering av listwaenitten. I den forbindelse anbefales at det sprenges ut et begrenset antall større overflateprøver fra Båtstø- og Hallarhaugen-segmentene slik at man får med både det synlig vitrede, rødgule til kanelbrune overlateskiktet (varierer fra i tykkelse fra ca. 1 til > 10 cm), den mer eller mindre skarpe overgangen fra vitringsskiktet til frisk listwaenitt samt opptil ca. en halv meter tilsynelatende helt frisk listwaenitt. Ved siden av den begrensede prøvetakingen er dette i hovedsak laboratoriearbeid.

### **3.9 Samlet vurdering**

De estimerte tonnasjene er isolert sett store nok til at listwaenitten i hydrotermalsonen i Raudfjellet er økonomisk interessant. Selv om det kun er boret 579 m totalt i hydrotermalsonen har vi bra tredimensjonal kontroll på volumene innenfor enkelte av segmentene på grunn av viktig tilleggsinformasjon gjennom terrengrelieffet. I særlig grad gjelder dette Hallarhaugen hvor de laveste estimatene (dvs. ned til kote 466 m o. h.) anses å være relativt sikre.

Når det gjelder kvaliteten eller gehaltene har vi langt fra noen fullgod oversikt. De resultatene vi har fra bulkanalyser av 2- eller 3-meters borkjernesegmenter er imidlertid såpass dårlige og/eller usikre at det her i det alt vesentlige vil være snakk om rågods som må anrikes ved oppredning. Det er derfor viktig å prioritere arbeid på kvalitetssiden (mineralkarakterisering, etc.) før man eventuelt planlegger å påvise ytterligere tonnasjer ved oppboring. Det er som nevnt i avsnitt 3.4 meget kulant å lage et godt borprogram for mulig påvisning av ytterligere reserver i Hallarhaug-segmentets fortsettelse mot NV (jfr. også Fig. 6 – 11), men dette bør utstå til man har fått bedre kunnskaper på kvalitetssiden og løst problemene med overflateprøvene vis a vis borkjerneprøvene når det gjelder forskjellene i analyseverdier (jfr. avsnitt 3.8).

## **4 UNDERSØKELSE AV KLEBERSTEINEN SOM RÅSTOFF FOR NEDMALT TALK OG BLOKKSTEIN**

### **4.1 Innledning**

Beskrivelsen av de økonomisk interessante segmentene av kleberstein gjøres her fra syd mot nord på samme måte som for listwaenittens vedkommende. I motsetning til hva som er tilfelle for listwaenitt som er meget godt blottet, er forholdene mye vanskeligere å anslå og beskrive for klebersteinens del. Dette fordi den bløte steinen overalt er sterkt nedslitt (erodert) i forhold til omgivende bergarter av alle slag og derfor som regel også sterkt overdekket av løsmasser, myr, vann, etc. Klebersteinen på kartskissene i Fig. 1 til 19 er i stor grad tegnet inn på grunnlag av interpolering og ekstrapolering ut fra observerte blotninger og ut fra borhullsskjæringene.

### **4.2 Segmentet Raudbergstjønnå – Holdesbekken**

Raudbergstjønnå – Holdesbekken er det sydligste av alle de økonomisk interessante delsegmentene innenfor hydrotermalsonen. Detaljene er vist i Fig. 1 og lokaliseringen av segmentet i Vedlegg 1. Mot syd kuttet sonen av inkonformiteten, og yngre bergarter (Köli sekvansen) hviler her på ofiolitten med avsetningskontakt. Sonen er her mye mer komplekst oppbygget enn ved den nordlige avslutningen hvor sonen nærmest ender opp som en lang ”tynn strek” til slutt. Av Fig. 1 ser vi at klebereren fingrer ut i flere grener, som antagelig henger delvis sammen mot dypet som deler av et større hydrotermalt nettverk. Det spesielle her helt i syd er det nesten totale fraværet av listwaenitt assosiert med klebereren. Kun sporadisk sees litt listwaenitt, og da i så små mengder at det er helt utenkelig at den i seg selv kan være økonomisk interessant, men samtidig vil den da sannsynligvis heller ikke representere noe nevneverdig problem ved eventuell drift på klebersteinen. En del av denne sparsomt forekommende listwaenitt er heller ikke listwaenitt i vanlig forstand (dvs. en veldefinert kvartsholdig karbonatbergart skarpt adskilt fra klebersteinen), men heller talkførende karbonatbånd eller rene karbonatbånd i klebersteinen. Den bløte klebersteinen er i hovedsak dekket av myr, og det er derfor vanskelig å få en formening om det samlede potensialet innenfor segmentet, samtidig som det er vanskelig å finne steder der både heng og ligg av sonen er blottet slik at det kan gjøres målinger av bredden. Det ble gjort 3 lasermålinger av bredden i den øverste og bratteste delen av den største grenen hvor blotningsforholdene var best egnet (jfr. Fig. 1):

Profil 1: 14 m (både heng og ligg er tilfredsstillende blottet)

Profil 2: >13 m (mulig ca. 15 m, selve hengkontakten ikke blottet)

Profil 3: ca. 17 m (liggkontakten ikke blottet)

Målt fallvinkel i heng og ligg i dette området er omkring 45° slik at tilhørende mektigheter av talken blir:

Profil 1: ca 10 m

Profil 2: >9 m (mulig 10 – 11 m)

Profil 3: ca. 12 m

Vi ønsket opprinnelig å ha med et borhull som skar klebersonen i retning Ø – V ca. 80 m nord for lok 50 for å få kunnskap om hvorvidt hovedgrenen av kleberer fortsatte rett nordover og over Holdesbekken og der forente seg med listwaenitten eller om den kun bøyer rundt mot øst og tilbake igjen 180° slik som påvist ved kartleggingen og vist på Fig. 1. Av tekniske og værmessige årsaker (isforholdene) gikk det imidlertid ikke an å komme til med et borhull syd for Grønningselva (jfr. Bilag 1).

Hele den sydligste delen av Holdesmoen og strekningen videre mot syd til et stykke over Holdesbekken er i det hele tatt et nøkkelområde hvor listwaenitten ser ut til å forsvinne helt, samtidig som kleberer tar til å forgrene seg mye sterkere enn vi har sett noe annet sted langs hydrotermalsonen. I dette nøkkelområdet mangler vi dessverre observasjoner og data innenfor selve sonen. Forløpet av selve henggrensen er også relativt usikker her.

### 4.3 Rotvelt-sonen

For å unngå å blande navnene på segmentene for mye sammen reserverer vi *Båtstø-* betegnelsen for listwaenitt-segmentet og bruker heller betegnelsen *Rotvelt-sonen* for den tilstøtende parallelle klebersonen etter den store rotvelten på lok 45 (Fig. 3). Forbindelsen fra kleberer i området syd for Holdesbekken helt fram til lok 34 i liggen av listwaenitten i Båtstø-segmentet er meget lang og usikker. Langs den 850 m lange strekningen har vi bare en blotning langs denne forbindelsen, og den er nede i ravinedalen like ved utløpet i Grønningselva (Fig. 2). Det er imidlertid ikke sikkert at denne lokaliteten hører til kleberens hovednivå på liggssiden av listwaenitten innenfor hydrotermalsonen. Den aktuelle blotningen kan like gjerne representere en isolert liten forekomst et stykke nede i selve liggserpentinitten. I tillegg har vi lok 33C på nordsiden av Båtstøbukta (Fig. 3), men dette er sannsynligvis en helt lokal og isolert klebersteins-mineralisering helt i kontakten av listwaenitten mot henggbroen og definitivt ikke tilhørende klebersteinens hovednivå. Vi ser derfor bort fra denne ene lille forekomsten i den videre beskrivelsen av sonen nedenfor.

Den egentlige **Rotvelt-sonen** starter derfor ca. 35 m rett nord for Båtstøa (Fig. 3) og løper mot NØ i ligg av listaenitt-hallaren hele veien oppover det svake bekkesiget/myrdraget helt opp på flata med Bh 7 og Bh 2. På den 230 m lange strekningen mellom Båtstøbukta og Bh 2 har vi følgende sikre blotningsobservasjoner: Nederst har vi lok 34 direkte i liggen av listwaenitt-hallaren. Her står kleberer nærmest ”påklisset” listwaenitten over noen få meters lengde og maksimalt tre dm ut fra den skarpe kontakten til listwaenitten. Dernest har vi selve **Rotvelten** (lok. 45) som trolig ligger et ørlite stykke nede i serpentiniten på liggssiden av hovedklebersonen, jfr. Fig. 3 og 4. Det hele er ikke fullstendig klart ennå her på grunn av den dårlige blotningsgraden umiddelbart på nedsiden av rotvelten. Borhull 7 og 2 (jfr. hhv. Fig. 4 og 5) viser videre kleberens mektigheter og kvalitet i disse to hullene. I begge hull markeres overgangen til den mørk grønnsvarte ligg-serpentinitten av en massiv til svakt breksjert, tett

og finkornet, lys sjøgrønn serpentinit med disseminasjon av store gråhvite talk-porfyrobaster. Dette har vi derfor kalt *nek-talk horisonten*. Det er en meget fin og karakteristisk bergart, og det var først i borkjernene vi lærte å kjenne dens natur og spesielle opptreden. Vi håper selvfølgelig at det kan finnes en liten nisje for den på natursteinsmarkedet eller som "husflidstein", men dens eventuelle økonomiske potensiale må ses fullstendig i sammenheng med eventuelt uttak av kleberstein (jfr. avsnitt 4.8 og kapittel 8). Det spesielle med talk-*nek horisonten* er at den alltid holder seg til den umiddelbare ligg av klebersteinen (i grensesonen kleberstein/serpentinit) innenfor hovedsonen. Den er derfor en meget pålitelig "ligg-markør" i borkjernene. Isolerte forekomster av kleber lavere enn dette markør-nivået representerer alltid isolerte kleberpartier innesluttet i serpentiniten. Videre kan vi ha opptreden av talk-rike årer eller svermer av samme som skyter et stykke ned i serpentiniten fra ligg-kontakten, men heller ikke disse er kjennetegnet ved den spesielle teksturen som altså ser ut til å være eksklusivt forbeholdt ligg av hovedsonen. Lengden av Rotvelt-sonen fra Båtstø-bukta opp til Bh 2 og videre helt til den SV-lige av Hallarhaugforkastningene er fram til Bh 2: ca. 230 m, og videre fra Bh 2 fram til SV-lige Hallarhaugforkastning: ca. 350 m.

Mektigheten på klebersonen kan imidlertid variere mye selv innenfor korte avstander hvilket Bh 2 og 7 indikerer (jfr. Fig. 3, 4 og 5). Mens Bh 7 viser en mektighet på ca. 10 – 11 m gir Bh 2 som ligger bare 35 m unna, en mektighet på kun ca. 3 m etter borloggene. Dette skyldes at kleberstein og listwaenitt begynner å bli blandet opp med hverandre i Bh 2. Mens den egentlige ligg-kleberer i Bh 2 kun er ca. 3 m mektig har vi i tillegg kleber inne i listwaenitten nærmere hengen og denne kleberer er ca. 9 m mektig når vi tar med små inneslutninger av talk-klorittførende listwaenitt (Fig. 5). Ut fra dette ser vi klart at det ikke er lett å forutsi kleberens opptreden (forløp) og dermed tonnasje innenfor Rotvelt-sonen selv om sonen i det store og hele (ut fra de få støttepunkter vi har) virker å ha et forholdsvis regulært forløp fra Båtstøbukta og opp til Bh 2. Fra Bh 2 og videre mot NØ løper sonen gjennom myrområder. Med kun ett støttepunkt, nemlig "flaskehalsen" ved lok 86 (jfr. Fig. 6), blir det her helt umulig å vurdere kvalitet og potensiale på dette 350 m lange siste stykket. Se for øvrig avsnitt 4.9 og 4.10 om tonnasjer og kvalitet.

#### **4.4 Hallarhaugen**

Kleberensteinene på Hallarhaugen er volummessig forsvinnende liten i forhold til listwaenittkroppen her, og hele segmentet betraktes som et rent listwaenittsegment (jfr. Fig. 6 – 11, særlig Fig. 7). Ifølge borloggen skjærer Bh 3 "kleber" fra 50,10 til 58,80 m (dvs. i listwaenittkroppens umiddelbare ligg), men bare den ubetydelige seksjonen fra 55,50 til 56,00 m er regnet som "praktkleber" eller "silkekleber". Resten er stort sett "sekunda vare" i klebersammenheng, nemlig: "kleber med smaragditt" (50,10 – 52,50 m), karbonatrik, uren kleber samt klorittskifer med talk (52,50 – 55,50 m) og "hybrid magnesitt-kloritt bergart" (56,00 – 58,80 m). Det er derfor tvilsomt om noe av dette har økonomisk interesse. Den maksimalt 0,5 m mektige høykvalitetskleberer er definitivt for tynn for utnyttelse, og resten av sonen er for uren som råstoff for talkdrift. Ovenstående betraktning er gjort kun ut fra

loggen til Bh 3 som selvfølgelig langt fra behøver å være representativ for hele segmentet. Kleberen i listwaenittkroppens ligg har utgående hele veien i foten av den SØ-lige hallaren, men blotningsgraden er for dårlig til at man kan få noe godt inntrykk av mektighet og kvalitet (jfr. Fig. 6 samt Bilag 6 Fig 1). Den kontinuerlige kleberen i utgående er en viktig indikasjon på at det kan være kleberstein hele veien i listwaenittkroppens ligg.

Det må videre tas med i vurderingen at kleberstein, i hvert fall sporadisk, også opptrer i hengsonen mellom listwaenitten og ”fluid-gabbroen”. Dette ble iaktatt to steder oppe på plataået av Hallarhaugen som vist på Fig. 6, men opptrøden av slik heng-kleber kan vøre mer vanlig enn kartet indikerer pga. kleberens generelt dårlige blotningsgrad. Vi observerte videre at ”fluid-gabbroen” flere steder er markert karbonatomvandlet og samtidig ledsaget av rikelig talkdannelse, dvs. et mellomstadium mellom god, karbonatrik listwaenitt og ”fluid-gabbro”. Dette ble bl. a. iaktatt på nordsiden av 520-m-koten over en 150 m lang strekning samt i skaret på SV-siden av den lille 510-m-haugen, 50 m vest for bredden av Litj-Hallartjønna (Fig. 6). Den rikelige talkdannelsen kan vøre en indikasjon på mer heng-kleber enn det vi så langt har observert.

Foreløpig må vi regne klebersteins-potensialet i Hallarhaugen for nesten helt ukjent på grunn av utilstrekkelig informasjon om kleberens mektighet og kvalitet. Vi betrakter derfor hydrotermalsonen innenfor det forkastningsbundne segmentet foreløpig (dvs. når det gjelder tonnasje-estimaten) som en ren listwaenitt-forekomst, dog med forekomster av smaragdittgabbro i hengen, jfr. kapittel 5.

#### **4.5 Merkesbekk-segmentet**

Segmentet strekker seg fra hallaren NØ for Litj-Hallartjønna til sydenden av Merkesbekkmyra (Fig. 12 og 13). Segmentet starter under den mer enn 10 m høye og overhengende hallaren lokalisert 70 m nordøst for Litj-Hallartjønna (Fig. 12). Klebersteinen løper her i en bue langs med foten av den svært harde ”fluid-gabbro” hallaren, først mot ØSØ, siden mot Ø og så mot ØNØ oppover den lille bekkedalen mellom lok 75 og lok 24. Strekningen er på ca. 300 – 350 m. Videre mot NØ fra lok 24 går sonen over et lokalt lite passpunkt og følger deretter Merkesbekkens leie minst 150 m videre oppover, muligens så mye som 300 – 500 m. De to øverste blotningene er riktignok ikke kleber, men begge listwaenitt slik at det er mulig sonen skifter karakter fra kleber til listwaenitt langs den siste delen før vi kommer opp til sydenden av Merkesbekkmyra (Fig. 12 og 13). De øverste 210 m langs bekket før vi når myra er imidlertid fri for blotninger av selve hydrotermalsonen. Her er kun to blotninger av ”fluid-gabbro” fra hengen av sonen i selve bekkeleiet (Fig.12). Selve sonen, hva enten den består vesentlig av listwaenitt eller kleber på det aktuelle stykket, må løpe stort sett rett på SØ-siden av Merkesbekken fram til myrkanten ca. 100 m ØSØ for 590 m høyden på Fig 13. Fortsettelsen av kleberen fra Merkesbekken til Rypsnargrubba er imidlertid på ingen måte klar (jfr. avsnitt 4.6).

Vi har altså først 300 – 350 m kleber langs hallaren opp til lok 24 (blotninger opptrer innenfor en 300 m lang strekning) og deretter minst 120 m med kleber videre mot NØ, til sammen 420 – 470 m kleberstein innenfor segmentet. Selv om blotningsgraden samlet sett er langt fra god, kan vi ut fra blotningenes opptreden langs etter sonen (jfr. Fig. 12) anta at dette i hovedsak er sammenhengene kleberstein.

Mektigheten til dette kleberstein-segmentet er ennå lite kjent. Vi har ingen borhull gjennom sonen og ingen blotning i umiddelbar i nærhet av liggen. De blotningene som er å se lengst mot SV (dvs. under hallaren) opptrer nærmest som et tynt lag av kleber ”påklisset” fluid-gabbroen i nerkant av hallaren, og vi ser derfor ikke mer enn høyst 1 – 2 m av kleberens mektighet her, selv om mektigheten sannsynligvis er flere ganger større. Ligg-serpentinitten er blottet bare i fossen på lok 78 (Fig. 13) samt flere steder oppover langs Merkesbekken hvor sonen ser ut til å smalne inn. Mulig bredde kan på det meste (dvs. lengst mot syd og sydvest) være omkring 15 – 20 m, hvilket tilsvarer mektigheter rundt 10 – 14 m. Det helt spesielle ved dette segmentet av hydrotermalsonen er at vi i det alt vesentlige ser ut til å ha kleberstein direkte i kontakt med fluid-gabbro i hengen. Kun helt underordnet har vi observert partier med listwaenittdannelse mellom gabbroen og kleberen. På lok 26 ser vi også kleber ”skyter inn” som en liten sidegang i gabbroen. Det er kun lokalt en 5 - 10 cm bred reaksjonsrand av grønn aktinolitisk amfibol mellom de to. Det hele er et meget særegent og sjeldent eksempel på *metasomatisk fortrenkning*, hvor gabbro er direkte omvandlet til kleberstein med en helt knivskarp omvandlingsfront.

For å få bedre oversikt over kleberens kvalitet og kvantitet innenfor dette segmentet anbefales pack-sack boring (loddhull) hele veien langs etter hallaren. Vi får da bestemt mektighet og kvalitet samtidig som vi slipper avdekking av mye myr og annet overdekke for å få til påsett av hullene. Dette gjelder østover fra lok 75. Like vest for lok 75 forsvinner den ”påklistrede” kleber langs randen av hallaren og videre mot vest ser vi bare fluid gabbro (her: smaragditt-gabbro eller nummitt) som står loddrett eller med overheng like ned til myroverdekket. På denne 200 m lange strekningen må det vurderes avdekkingsarbeider først. Dypet til fjell rett under den store hallaren er ukjent slik at georadar/hammerseismikk også bør vurderes i dette tilfellet.

En annet og like viktig moment som også må med i vurderingen, er hvorvidt det er teknisk og økonomisk mulig å drive på kleber rett under hallaren. Det går definitivt ikke an å drive dagbrudd her, da kleber stikker inn under den veldige hallaren med ca. 30° – 45° vinkel mot NV. Det kan kun bli snakk om underjordsdrift på talk. Først lenger opp i bekkedalen omkring lok 26 hvor hallaren dør ut kan det bli snakk om ett eller flere små dagbrudd på kleber som blokkstein.

Vi vet heller ennå ikke hva det har å si for kvaliteten at kleberen er dannet direkte i kontakt med fluid-gabbroen. Vi må i dette området derfor være spesielt oppmerksom på mulig dannelse av reaksjonsprodukter av silikater, særlig i selve kontaktsonen, men også i resten av kleberen. Vi tenker da spesielt på vekst av stenglige og spisse amfiboler av alle slags sammensetninger og størrelser i en bløt matriks av talk. I teknisk og økonomisk sammenheng

bør drift på talk og/eller kleberstein i dette segmentet selvsagt også vurderes sammen drift på blokkstein av den grønne og visuelt attraktive fluid-gabbroen (smaragditt-gabbroen eller numitten) som står hele veien i selve hallaren (jfr. kapittel 5).

#### 4.6 Merkesbekkmyra

Intensjonen med borhull 4 og 5 på Merkesbekkmyra var at disse skulle bidra til å klarlegge forbindelsen mellom øvre del Merkesbekk-området (nedstrøms myra) og nedre del av Rypsnargrubba (Fig. 13). Her er nemlig et stykke av hydrotermalsonen på hele 640 m uten blotninger. Borhullene viste imidlertid flere uventede forhold. For det første er listwaenitten i begge hull av meget dårlig kvalitet som Mg-råstoff, med en silikatandel som stort sett overstiger karbonatinnholdet. Dernest opptrer klebersteinen i Bh 4 først langt nede i serpentiniten, langt under liggrensen av hovedsonen eller den antatte hovedsonen. På kartskissen (Fig. 13) har jeg stiplet et mulig utgående av denne kleberersonen, men dette er ikke bekreftet i blotninger. Fallvinkelen på sonen er ikke entydig gitt, men vi har estimert med  $33^\circ$  som ga den beste tilpasningen både for Bh 4 og 5 (jfr. Fig. 14 og 15). Lok 73 i bekkeleiet til sidebekk til Merkesbekken viser en massiv og lys sjøgrønn serpentin (nærmest edelserpentin) hvor fargen, teksturen og hele habitus for øvrig sterkt indikerer at vi her befinner oss umiddelbart under kleberens liggkontakt. Ved å anvende en fallvinkel på  $33^\circ$  mot NV for hydrotermalsonen i Bh 5 får vi også et utgående av kleberens stratigrafisk like under lok 73.

Videre mot NØ har vi blotning av kleberstein i ligg av listwaenitt-kroppen i Rypsnargrubba. Dette klebernivået som er hovedklebernivået i hydrotermalsonens ligg må korrespondere med kleberens vi har omkring 60 m hulldyp i Bh 5 og som vi altså antar har utgående omkring 610-m-koten i borhullets plan. Sonens fortsettelse herfra mot SV er imidlertid usikker, og dette området bør kartlegges i stor detalj for å se om det er noe hold i tolkningen på Fig. 13. Fortsetter sonen både lateralt og mot dypet med en slik mektighet som vist i Bh 4, Fig. 14 (13 m skjæring, vesentlig med en talkrik kleberstein) kan dette delsegmentet ha et betydelig potensiale for talk/kleberstein.

Det er også et helt åpent spørsmål hvor og hvordan denne kleberens til slutt stopper opp i sydlig retning, dvs. i området umiddelbart syd for det kartutsnittet som dekkes på Fig. 13. Videre er det en mulighet for at den ca. 13 m mektige kleberens i Bh 4 overhodet ikke har noe utgående i dagen, men er et lokalt fenomen på dypet som dør ut før det når dagoverflaten. Dersom ytterligere detaljkartlegging viser at det fins en kleberstein med et betydelig utgående oppe i fjellsiden, bør det planlegges flere borhull med hullpåsett helt i kanten av myra på dennes SØ-lige side. Dette for å få mest mulig dagnære opplysninger både om kvalitet og mektighet på klebersteinen. Overført på profilet gjennom Bh 4 (jfr. Fig. 14) vil det si et hullpåsett i knekkpunktet 100 m fra påsett Bh 4, med mulig skjæring av kleber i området 30 – 50 m hulldyp ved  $45^\circ$  fall på hullet.



## 4.7 Rypsnargrubba

Med Rypsnargrubba kleberstein-segment menes strekningen fra nederste kleberblotning før Merkesbekkmyra i SV til øverste blotning ved "Grubbtjønnå" (Fig. 16). Fordi både listwaenitten, fluid-gabbroen og klebereren kan være økonomisk interessante her oppe har vi hele 3 borhull gjennom dette segmentet (Fig. 17 – 19). Klebereren er i store deler av den ca. 350 m lange strekningen relativt godt blottet (Fig. 16). Hovedklebereren står på liggsiden av listwaenitten med moderat fall mot NV opp gjennom den trange "klypa" som i overkant ender ved lok 7. Akkurat her skyter en gren av klebereren ned i ligg-serpentinitten med en uvanlig stor vinkel (ca. 60°) til hovedsonen.

Videre mot NØ blir blotningsgraden dårligere inntil vi får en hel hammer med kleberstein inn på lok 6. Denne ble behørig prøvetatt i 1999, men det var mest nedfallsblokk av noe variabel kvalitet med misfarging av karbonatet langt inn fra overflaten. Lokaliteten ble derfor prøvetatt på nytt med motorsag etter påske 2000 for å få ut en prima prøve (et prisme på ca. 30 x 30 x 70(?) cm). Prøvepunktet fikk arbeidsnavnet "Galleriet". Fra lok 6 kan vi følge klebereren i heng av serpentinitten kontinuerlig fram til utløpet av Grubbtjønnå ved lok 8. Videre mot NØ blir klebereren snart borte, og vi får den ikke igjen før oppe på hovedpasspunktet mot nord (lok 5 på Fig 21) hvor hele hydrotermalsonen smalner inn til under 20 m mektighet (inkludert også fluid-gabbroen i hengen). Virkelig mektighet av listwaenitt + kleber oppe i passpunktet er derfor ikke mer enn ca. 8 – 10 m, og videre mot nord er hele sonen tilsynelatende neglisjerbar i økonomisk henseende.

Det samlede potensialet av kleberstein i området mellom lok 6 og 46 kan muligens være stort nok for etablering av et dagbrudd på blokkstein, men som kartet og profilene i Fig. 16 – 19 viser har klebereren her et nokså komplisert forløp med tanke på brytning. Av profilet gjennom Bh 6 (Fig. 18) ser vi at rester av fluid-gabbro er overrepresentert i overflaten (p.g.a. hardheten) og at vi under disse harde skalkene har innslag av god kleberstein (f. eks. 11,5 m skjæring øverst i Bh 6). Bh 8 ble satt på primært for å få en god skjæring gjennom fluid-gabbroen som akkurat her er utviklet som en praktfull grønnspettet smaragditt-gabbro. Hullet penetrerer ikke klebersteinen, så klebereren må være begrenset dagnært til området omkring og rett under Grubbtjønnå (Fig. 19). Kleber-potensialet avtar derfor tilsynelatende meget brått videre i retning NØ – N ved Grubbtjønnå. Nordover fra nordbredden av tjønnå er terrenget totalt overdekket samtidig som den mulige mektigheten på sonen ut fra blotninger i heng og ligg blir sterkt innskrenket som det kan sees av Fig. 16. Vi kan derfor anta at hele hydrotermalsonen i økonomisk henseende stopper mot nord oppe ved Grubbtjønnå.

De utsagede prøvene av kleberstein både fra lok 6 ("Galleriet") og lok 46 (arbeidsnavn: "Grubba") viser en stein av meget høy kvalitet med en meget attraktiv struktur. Industrien er interessert i en slik blokkstein om det kan skaffes til veie tilstrekkelige mengder av den. Hele området fra lok 7 i SV til lok 46 i NØ bør derfor undersøkes med pack-sack borer. Eventuelt bør også Grubbtjønnå tømmes ved å senke utløpet ved lok 8 for å få bedre rede på kleberens innsnevring og videre forløp mot nord.

#### 4.8 Nek-talk horisonten i ligg av hovednivået for klebersteinen

*Nek-talk horisonten* er den karakteristiske 1 – 2 m mektige horisonten i klebersteinens kontaktzone mot liggserpentinitten, hvor talken er utviklet som 2 – 3 cm gråhvite ”nek” (porfyroblaster) i en finkornig, lys sjøgrønn serpentinmatriks. På liggssiden av denne horisonten dør talk-porfyroblastene ut samtidig som en meget markert impregnasjon av kromitt og stedvis magnetitt starter. Dette skiftet er ikke skarpt i alle borhullene, men nek-talk horisonten ser ut til å være helt fri for kromitt og magnetitt. På hengssiden går nek-talk horisonten over i normal kleberstein. Nek-talk horisonten er ikke lett å erkjenne i felt, men oppdages lettere i borkjernene. Sonen opptrer kun i ligg av hoved-klebersteinsnivået under hoved-listwaenittnivået. Den var derfor en meget verdifull markør ved kjerneloggingen. Overgang fra kleber til serpentinit uten denne horisonten til stede (f. eks. mellom 18 og 20 m hulldyp i Bh 8) markerer at vi ikke har den endelige serpentinitliggen, men kun et lokalt serpentinitflak. Ellers viser Bh 8 at den opprinnelige stratigrafien lokalt kan være tektonisk forstyrret slik at bergartene ligger i en noe annen rekkefølge enn det normale (se borhullslogg, Bilag 2).

Foruten å være en utmerket stratigrafisk markørhorisont er nek-talk horisonten meget spesiell og mulig attraktiv som prydstein. Det ble derfor sprengt ut en prøve fra en liten knaus på lok 86 SV for Hallarhaugen (Fig. 6), men denne overflateprøven tok tydelig skade av selve sprengningen slik at den ikke kunne vurderes ordentlig prydsteinsråstoff. Mektigheten av horisonten er ikke stor. På lok 86 registrerte vi bare et sted mellom 0,5 og 1 m mektighet, mens den i borkjernene varierer stort sett mellom 1 og 2 m. Ved eventuell drift må nek-talk steinen derfor tas ut sammen med den ordinære klebersteinen. Steinen vil kanskje kunne bli et nisjeprodukt, men er trolig for bløt og lite homogen til gulvflis og annen bruk som vil kunne gi belastnings- og ripeskader.

En lys sjøgrønn serpentinit som ligner på mellommassen i nek-talk horisonten opptrer på lok 73 i SØ-skråningen til Merkesbekkmyras øvre del. Den ligger like under hoved-klebersteinsnivået (jfr. diskusjonen i avsnitt 4.6), men er mer homogen og inneholder ikke de karakteristiske talk-nekene. En større flakformet prøve fra lok 73 ble tatt med for prøvesaging og polering på Solberg Steinindustri, Sparbu, men den kom visuelt sett ikke noe spesielt heldig ut med en litt for monoton og kjedelig struktur til tross for den fine og typiske ”sparbufargen”.

#### 4.9 Estimering av tonnasje

##### ***Området Raudbergstjønnå – Holdesmoen*** (jfr. Fig. 1)

Det samlede potensialet er vanskelig å anslå fordi så mye av klebersten stikker under vann, myr og løsmasser, men vi kan gjøre noen estimater for utvalgte, representative deler av området. Det er lettest å starte med hovedgrenen hvor vi dessuten har profilmålingene å bygge på (Fig. 1). Lengden fra sydligste blotning (like syd for profil P1) til nordligste blotning (N for lok 50)

er 180 m. Gjennomsnittslengden for profilene P1 – P3 er  $(14+14+17)/3 = 15$  m. Klebersteinens spesifikke vekt settes videre til  $2,9 \text{ kg/dm}^3$  (talk: ca.  $2,8 \text{ kg/dm}^3$  og magnesitt:  $3,0 \text{ kg/dm}^3$ ). Dette gir  $180 \times 15 \times 2,9 = 7830$  tonn eller ca. 8000 tonn per m avsenkning for dette nordlige delsegmentet.

Klebersteinssonen faller med ca.  $45^\circ$  vinkel mot vest – nordvest inn under den bratte dunittskråningen i vest. Det er derfor ikke aktuelt å gå særlig dypt med et eventuelt dagbrudd her hvor man får problemer med store mengder hengfjell allerede helt i starten. Syd for P1 avtar hengproblemet raskt, men her tiltar samtidig usikkerheten pga. overdekket. Ut fra kartet i Fig. 1 ser man imidlertid raskt at potensialet her sannsynligvis er større enn det utregnede potensiale lenger nord. Lengden for dette delsegmentet fra avslutning like syd for lok 27 til første blotning like syd for P1 er ca. 310 m, mens bredden i gjennomsnitt anslagsvis er ca. 7 m. Lengden av observerte og tolkede forgreninger av kleber ut fra ”hovedgrenen” er til sammen på 300 m. I sum får vi da for det sydlige delsegmentet:  $(310 + 300) \times 7 \times 2,9 = 12\,383$  eller ca. 12 000 tonn kleberstein per m avsenkning. Det kan imidlertid ennå være forgreninger av kleber under myrene i sydområdet samt under selve Raudbergstjønnen (som indikert på Fig. 1) som vi ikke har fått ”napp på” ennå. Potensialet er definitivt til stede for ytterligere kleberstein her hvor vi ser at hydrotermalsonen er kjennetegnet nettopp ved et nett av forgreninger og hvor bare litt av kleberer står fram i blotninger. Den mest usikre faktor i de 12 000 tonn utregnet ovenfor er som antyd det bredden på forgreningene, fordi vi kun helt i syd kan følge forgreningene med sidesteinen på begge sider. Det mest sannsynlige er at bredden på klebersteinsgrenene lengst i syd stort sett varierer i området 5 – 10 m med lokale utvidelser opptil ca. 15(?) m.

### ***Rotvelt-sonen (fra Båtstøa til Bh 2)*** (jfr. Fig 3 – 6)

Rotvelt-sonen eller Rotvelt-segmentet starter ved Båtstøa og løper i liggen av listwaenitten opp til Bh 2, en strekning på 230 m. Fra Bh 2 videre fram til Hallarhaugen (dvs. fram til SV-lige forkastning, Fig. 6) fins ingen blotninger, slik at vi foreløpig ser bort fra disse 350 m av segmentet. Vi vet at sonen løper gjennom flaskehalsen umiddelbart i hengen av lok. 86 med bare et par tre meters bredde (Fig. 6), men selve kleberer er ikke blottet her. Sonens forløp og mektighet er derfor for lite kjent til å gi estimer over tonnasje og gehalter på dette 350 m lange stykket. Hvis resten av sonen (dvs. de 230 m fra Bh 2 ned til Grønningen) skulle bli interessant for drift bør også de siste 350 m fram til Hallarhaugen etter hvert også undersøkes ved røsking og grunne boringer.

Estimert tonnasje mellom Båtstøa og Bh 2: lengde (l) x bredde (b) x spesifikk vekt (sp.v.) =  $230 \times 10 \times 2,9 = 6670$  tonn per m avsenkning av segmentet. Lengden er entydig gitt, mens bredden forsøksvis settes til middel av bredden av utgående regnet ut fra skjæringene i Bh 2 og Bh 7, dvs.  $(4 + 16)/2 = 10$  m (jfr. Fig. 4 og 5). I tillegg kommer det som måtte finnes av isolerte kleberfelter litt inne på liggsiden som f. eks. selve Rotvelt-lokaliteten, m.m. Estimert på ca. 6500 tonn per m må tas med et betydelig forbehold ennå fordi mektigheten kan variere svært mye selv innenfor korte distanser (sml. Fig. 3, 4 og 5), og det er få støttepunkter i blotninger langs sonen.

### **Hallarhaugen** (jfr. Fig. 6 –9)

Klebersteinspotensialet i Hallarhaugen settes foreløpig som ukjent pga. utilstrekkelig informasjon om kleberens forløp, mektighet og kvalitet først og fremst i liggen, men også i hengen av listwaenitt-segmentet (jfr. avsnitt 4.4).

### **Merkesbekken** (jfr. Fig. 12)

Antatt maks. potensiale:  $l \times b \times \text{sp.v.} = 550 \times 10 \times 2,9 = 15\,950$  tonn  $\approx 16\,000$  tonn per m avsenkning. Den gjennomsnittlige bredden kan være enda større i SV, mens den definitivt er mindre på de siste 150 m mot NØ (dvs. fra lok 24 og videre oppover langs Merkesbekken). Det meste av sonen, særlig i S og SV, er sterkt overdekket slik at den estimerte tonnasje derfor må tas med et betydelig forbehold.

### **Merkesbekkmyra** (jfr. Fig. 13 - 15)

Klebersteinspotensialet kan være stort, jfr. Fig. 14, men det trengs ytterligere detaljkartlegging og diamantboringer for å kunne gi tonnasje-estimer. I første omgang bør det aktuelle området oppe i fjellsiden på SØ-siden av myra detaljkartlegges for å se om klebereren som ble gjennomskåret i Bh 4 har utgående i dagen som antydnet på Fig. 13 (jfr. avsnitt 4.6).

### **Rypsnargrubba** (jfr. Fig. 16 – 19)

Estimert tonnasje:  $l \times b \times \text{sp.v.} = 220 \times 15 \times 2,9 = 9570$  tonn  $\approx 10\,000$  tonn per m avsenkning regnet fra lok 7 i SV fram til Grubbtjønna i NØ (Fig. 16). Utgående av klebereren har sannsynligvis lokalt en god del større bredde enn de 15 m som er brukt i regnestykket over, noe som Bh 6 (Fig 18) indikerer. Særlig området umiddelbart på SV-siden av Bh 6 bør undersøkes ved røsking og grunne boringer. Klebereren her har høy kvalitet og er interessant i blokksteinsmarkedet, jfr. de store utsagede prøvene fra lok 6 ("Galleriet") og lok. 46 ("Grubba"). Derfor burde det samlede utgående samt tonnasjonen ned til 15 – 20 m dyp bestemmes for dette klebersteins-segmentet. Et brudd med sentrum mellom påsett for Bh 6 og lok 6 kan få et maksimalt areal på  $80 \times 40$  m om hele dette området skulle vise seg å være kleberstein. Et slikt brudd ville gi  $80 \times 40 \times 2,9 = 9280$  tonn per m avsenkning eller  $80 \times 40 \times 2,9 \times 15 = 139\,200$  tonn regnet ned til 15 m dyp. En del av dette vil sikkert ikke være god nok stein for blokkproduksjon, men tallene gir et perspektiv på potensialet for dette segmentet, som så langt er det best kjente pga. den relativt gode blotningsgraden og de 3 borhullene gjennom sonen. Et minus-moment er selvfølgelig det flate fallet (rundt  $30^\circ$  mot NV) som vil gi problemer ved driften allerede på meget grunt dyp, ved at vi umiddelbart får en del hengfjell å ta hensyn til.

#### **4.10 Estimering av kvalitet**

Det er helt andre kvalitetsparametre som er viktige for klebersteinen enn for listwaenitten. For klebersteinen gjelder det særlig at fiberinnholdet (asbestinnholdet) er tilfredsstillende lavt, og det gjelder enten kleberer skal brukes som blokkstein eller den skal gå til nedmaling (talkutvinning). Når det gjelder øvrige parametre varierer disse noe med bruken av klebersteinen.

##### ***Kleberstein til blokkstein***

Kleber til blokkstein bør være så homogen som mulig, men likevel ha markerte strukturer som mineralbånding eller lignende. Det er viktig med ”levende” flater med en viss struktur og et visst fargespill i disse. Hovedmineralene bør være talk og karbonater (magnesitt pluss eventuelt noe dolomitt). Kloritt forekommer hyppig i mange klebersteiner. Den gir steinen et markert grønnskjær. Samtidig representerer kloritten ofte svakhetsflater. Derfor er kloritt som regel ikke noe ønsket mineral i blokksteinen, men finnes tross alt i rikelige mengder i det som produseres. I kleberer i Raudfjellet er det meget lite kloritt.

Til helt spesielle anvendelser, som for eksempel restaurering av Nidarosdomen, kreves stein som tilfredsstiller kravene til emner for ornamenter, statuer og tilsvarende. Her er det *hogge- eller skulpturerings-egenskapene* som er viktigst, og en god kleberstein til dette behøver ikke å inneholde talk i det hele tatt, men en isotrop blanding av f. eks. kloritt og amfiboler som gir bergarten lik styrke i alle retninger. Kleberstein fra Raudfjellet ble vurdert av geolog Per Storemyr ved Nidaros Domkirkes Restaureringsarbeider (NDR) høsten 1999. Steinen ble saget og ”prøvespikket”, men konklusjonen var at den ikke var tilstrekkelig isotrop, og at talkinnholdet dessuten var for høyt for deres bruk.

Klebersteinen i Raudfjellet er en fast, relativt homogen og relativt karbonatrik talk-karbonatbergart med fin struktur og et fint fargespill og svært lite kloritt og fibrige mineraler. Den inneholder ikke sulfider som kan gi rustdannelse og misfarging. Det er få synlige sprekker i overflaten, og den har jevnt over lite silikater (tremolitt, etc.). En foreløpig vurdering tyder derfor på at klebersteinen har en kvalitet som i de fleste segmentene er god nok for anvendelse som blokkstein. Den burde være særlig godt egnet som råstoff for ovner, peiser, etc. pga. strukturer, fargenyanser og fasthet.

##### ***Kleberstein til nedmaling (talkutvinning)***

Når det gjelder kleberstein til vanlig nedmaling eller superfin nedmaling (mikronisering) samt utvinning av rene talkkonsentrater er det råstoffets hvithet som er en av de viktigste parametrene. Jo høyere hvithet man kan oppnå, jo bedre blir produktet betalt. Kloritt i kleberer er med på å nedsette hvitheten. Her har klebersteinen i Raudfjellet et fortrinn pga. sitt lave klorittinnhold, på samme måte som f. eks. kleberer i Altermark talkgruve (sml. Karlsen m. fl. 2000). En annen viktig faktor er innholdet av øvrige silikater, særlig amfiboler

som tremolitt, cummingtonitt, antofyllitt, som ikke må være for høyt. På dette punktet har vi ikke god nok oversikt over den samlede hydrotermalsonen (jfr. bl. a. kapittel 8).

#### **4.11 Samlet vurdering**

##### ***Raudbergstjønna – Holdesbekken***

Det samlede potensialet innenfor segmentet Raudbergstjønna – Holdesbekken (Fig. 1), er på rundt 20 000 tonn per m avsenkning, men pga. det sterke overdekket ikke fullgodt avdekket. Ytterligere avrøsning og diamantboringer (grunne hull) må til før segmentets hele og fulle klebersteins-potensiale kan fastslås. Kvaliteten er også her mer varierende enn på nordsiden av Grønningen. I flere av prøvene har vi observert amfibol (tremolitt) og andre silikater i steinen.

##### ***Rotvelt-segmentet***

Rotvelt-segmentets (Fig. 3 – 5) største aktivum er lokaliseringen i nærheten til Grønningen, den høye kvaliteten av steinen på lok 45 ("Rotvelten") samt kvalitet og mektighet påvist i Bh 7 (ca. 10 – 11 m). Asbest-testen ga også et meget godt resultat på prøvemateriale fra lok. 45. En minus-faktor ved segmentet er den svært beskjedne mektigheten påvist i Bh 2 (ca. 3 m). Mektigheten viser for øvrig store variasjoner over korte strekninger, og gjennomsnittlig mektighet fra Båstøa opp til Bh 2 er svært usikker.

Segmentet bør undersøkes videre for å få klarlagt potensialet bedre, fordi det er her man bør starte en eventuell forsøksdrift kleberstein (blokkstein) i Raudfjellet. Terrenget er så sterkt overdekket over det aller meste av Rotvelt-segmentet (> 99 % overdekket) at avrøsning og grunne boringer må til for å få bedre opplysninger om sonen før man eventuelt planlegger drift. Til slutt må tas med at også de siste 350 m av sonen fra Bh 2 fram til Hallarhaugen etter hvert også bør undersøkes videre ved røsning og grunne boringer, men dette arbeidet bør foreløpig ikke gis høy prioritet. For dette kan man i et relativt kort tidsperspektiv tenke seg en drift som etter hvert når en størrelsesorden som tilsvarende skiferdriften i Imsdalen.

Underjordsdrift på talk innenfor den samlede hydrotermalsonen samt drift på listwaenitten som Mg-råstoff, er prosjekter som kan, om de er økonomisk realiserbare, bli meget store i forhold til blokksteinsdrift på kleber. Tidspunkt for eventuell oppstart av slike store foretagender kan derfor skyte langt fram i tid. Derfor er det viktig i første omgang å legge vekt på de prosjektene som kan realiseres innenfor et kortere tidsperspektiv slik som blokksteinsdrift på kleber.

Det 80 m lange partiet mellom lok 34 og Bh 7 ser ut til å være det mest aktuelle stedet å starte et kleberdagbrudd på, da vi her i størst mulig grad unngår "hallareffekten" (effekten av store mengder overfjell på hengsiden). Fra lok 34 er det 110 m lengde og ca. 20 – 22 høydemeter ned til Grønningen, jfr. Fig. 3. Rent driftsteknisk vil det sikkert by på utfordringer å drive et

så langt og smalt dagbrudd som det her lett kan bli snakk om, men detaljene kan først vurderes etter at boringer og avrøsking er gjennomført.

Fra Rotvelt-segmentet kan man ta ut blokker som deretter fraktes på flåte/lekter de 7 – 8 km over Grønningen fram til bilveg i Grønningsgrubba ved vannets nordende. En annen mulighet er å frakte ut kleberblokker på vinterføre ved hjelp av snøskuter eller beltegående traktor, men man må da ta med i regnestykket at Grønningen ikke er kjent for å ha gode og sikre isforhold.

### ***Hallarhaugen***

Potensialet er foreløpig uavklart, men det er ingen indikasjoner på at forekomstene her er spesielt store eller lette å utnytte (Fig. 6 – 8). Det har ingen hast med å avklare potensialet her fordi det er sannsynlig at flere av de andre segmentene er både større og mer lettdrevne.

### ***Merkesbekken***

Potensialet kan være stort (16 000 tonn/m avsenkning er antydnet), men svært mye av segmentet er sterkt overdekket (Fig. 12) og det vil kreve en god del arbeid å klarlegge det samlede potensialet. Vi har også for lite prøvemateriale (kun enkelte håndstykker) til å kunne bedømme kvaliteten godt nok. Videre undersøkelser anbefales, men bør foreløpig ikke gis høyeste prioritet.

Når det først blir aktuelt å gå videre med dette segmentet, anbefales pack-sack boring (loddhull) hele veien langs etter hallaren for å få bedre oversikt over kleberens kvalitet og kvantitet. Vi får da mektighet og kvalitet samtidig som vi slipper avdekking av mye myr og annet overdekke for å få til påsett av hullene. Dette gjelder østover fra lok 75. Like vest for lok 75 forsvinner den ”påklitrede” kleberens langs randen av hallaren og videre mot vest ser vi bare ”fluid-gabbro” (her: smaragditt-gabbro eller numitt) som står loddrett eller med overheng like ned til myroverdekket. På denne 200 m lange strekningen må det vurderes avdekkingsarbeider først. Dypet til fjell her rett under den store hallaren er ukjent, slik at georadar/hammerseismikk også bør vurderes i dette tilfellet.

### ***Merkesbekkmyra***

Potensialet er ukjent, men dersom sonen fortsetter både lateralt og mot dypet med en slik mektighet som vist i Bh 4, Fig. 14 (13 m skjæring, vesentlig med en talkrik kleberstein) kan dette delsegmentet ha et betydelig potensiale for god talk/kleberstein. I første omgang bør det aktuelle området oppe i fjellsiden på SØ-siden av myra detaljkartlegges for å se om kleberens som ble gjennomskåret i Bh 4 har utgående i dagen som antydnet på Fig. 13 (jfr. avsnitt 4.6). Hvis kartleggingen skulle avdekke kleberstein med et stort utgående oppe i skråningen bør ytterligere boringer foretas fra standplasser i SØ-kanten av myra så langt inn mot skråningen som mulig. Dette for å få mest mulig dagnære opplysninger både om kvalitet og mektighet på klebersteinen. Overført på profilet gjennom Bh 4 (jfr. Fig. 14) vil det si et hullpåsett i knekkpunktet 100 m fra påsett Bh 4 og mulig skjæring av kleber i området 30 – 50 m hulldyp

ved 45° fall på hullet. Hvis kartleggingen ikke avdekker signifikante mengder kleberstein i det aktuelle området avsluttes arbeidet innenfor dette segmentet.

### ***Rypsnargrubba***

Potensialet av dagnær kleberstein av høy kvalitet kan være betydelig (Fig. 16 – 19). Steinen både fra lok 6 ”Galleriet” og fra lok 46 ”Grubba” viser en meget attraktiv struktur og sammensetning. Prøver fra disse to lokalitetene ble derfor analysert med hensyn på fiberinnhold (asbest), og kom meget fordelaktig ut med et svært lavt innhold av fibrige mineraler (jfr. separat rapport fra SINTEF).

Særlig området umiddelbart på SV-siden av Bh 6 bør undersøkes ved røsking og grunne boringer, for å få fastslått arealet av utgående og tonnasjene av dagnær kleber (ned til 10 – 15 m dyp) her hvor terrenget er så sterkt overdekket. Videre bør hele området fra lok 7 i SV til lok 46 i NØ undersøkes med pack-sack boringer. Eventuelt bør også Grubbtjønna tømmes ved å senke utløpet ved lok 8 for å få bedre rede på kleberens innsnevring og videre forløp mot nord.



## **5 HYDROTHERMALOMVANDLET GABBRO ("FLUID-GABBRO") SOM NATURSTEIN**

### **5.1 Innledning**

Hydrotermalomvandlet gabbro eller "fluid-gabbro" opptrer nesten hele veien fra Båtstøa til Rypsnargrubba som hengbergart til listwaenitten i hydrotermalsonen. Vi har i de fleste sammenhenger bare regnet listwaenitten og klebersteinen med til den egentlige hydrotermalsonen, mens fluid gabbroen på hengsiden og innslag av variabelt fortalket serpentinit på liggsiden er blitt karakterisert som "sidestein" til hydrotermalsonen. Dette er fordi de to sistnevnte ofte gradvis, over mange meter, går over i normal gabbro og normal ufortalket serpentinit på hhv. heng og liggsiden. Fluid-gabbroen har heller ikke vært trukket inn som mulig økonomisk objekt før. Interessante blotninger av fluid-gabbro øverst i Rypsnargrubba førte imidlertid til at det ble satt et borhull for å vurdere potensialet som naturstein (Bh. 8, Fig. 19). Videre er det gjort overflateundersøkelser også flere andre steder med samme siktemål (jfr. avsnitt 5.4).

### **5.2 Dannelsen av "fluid-gabbro"**

"Fluid-gabbroen" er en ordinær regionalmetamorf ofiolittisk gabbro som i tilknytning til en skjærson (=bruddsone) på dypet er hydrotermalt omvandlet av varme vanddige løsninger samt andre tilhørende lettflyktige stoffer. I motsetning til klebersteinen og listwaenitten er imidlertid fluid-gabbroen ikke påvirket av CO<sub>2</sub>-rike løsninger. Skjærsonen har gått langs grensen mellom den mafiske (dvs. gabbroide) og den ultramafiske (dvs. hovedsakelig dunittiske) blokken i Raudfjellet. Etter vanngjennomstrømningen har det vært en episode med CO<sub>2</sub>-omvandling langs den samme bruddsonen. CO<sub>2</sub>-omvandlingen har imidlertid ikke rukket å nå så langt ut fra skjærsonens akse som vanngjennomtrekkingen på forhånd hadde gjort, før hele prosessen stoppet opp. Der CO<sub>2</sub>-omvandlingen har vært fullstendig (dvs. nær akse midt gjennom bruddsonen) har vi fått dannet ren listwaenitt av fluid-gabbroen på hengsiden (dvs. en ren kvartsholdig karbonatbergart) og samtidig prima kleberstein av serpentiniten på liggsiden av bruddsonen. Der CO<sub>2</sub>-omvandlingen bare har vært ufullstendig har vi på hengsiden fått dannet en uren (hybrid) silikat-karbonat bergart (karbonat > silikater), og der den bare har vært meget svak kun en karbonatholdig silikatbergart (karbonat < silikater). Ingen av de to mellomformene kan brukes til naturstein, og det er ennå et åpent spørsmål hvor høy silikat-andel en listwaenitt kan inneholde før den mister sin verdi som Mg-råstoff. Mange steder ser vi at CO<sub>2</sub>-omvandlingsfronten er meget skarp. Andre steder ser vi ikke noe klart skille i det hele tatt, men kun mange timetre med svakt eller ufullstendig CO<sub>2</sub>-omvandlet overgangsbergart, som f. eks. i Bh 4 på Merkesbekkmyra (jfr. Fig. 13 og 14).

### 5.3 Beskrivelse av varianter av fluid-gabbro

Fluid-gabbroen er i velutviklet tilstand en grovkornet til pegmatittisk, tilnærmet monomineralsk bergart bestående i det alt vesentlige av amfibolkorn av varierende farge og størrelse. Foruten amfibol kan vi ha små mengder talk og kloritt til stede samt gjerne enkelte lyse årer av karbonat. Fargespennet er stort, fra lys grønnhvitt til beksvart med diverse gressgrønne til olivengrønne nyanser som det vanligste. En del av denne amfibolen viser en påtagelig og effektiv ”schillereffekt” (fargespill) fra gressgrønt til dyp blålig. Særlig når vi holder en råsaget eller saget og polert flate opp mot lyset ser vi dette fargespillet godt. Det minner mye om fargespillet i feltspaten i larvikitt. Hvor vanlig dette fenomenet er eller hvor store forekomstene kan bli vet vi ikke, men bergarter som har godt utviklet fargespill av denne typen betegnes som smykkestein/halvedelstein og har fått smykkesteins-navnet **numitt eller nummitt(?)**. En perfekt numitt har gjerne en kilopris på markedet som svarer til en fin ”lakserød” thulitt, en glassaktig sukatgrønn peridot, glassklare kvartskrystaller og andre samlerminerale/smykkesteinsemner. Kvaliteten og mengden av numitt i Raudfjellet er imidlertid ikke godt nok undersøkt ennå til å si noe om potensialet for råemner til smykkestein.

Ved siden av numitten har vi **smaragditt** som kun betegner en smaragdgrønn amfibol. Smaragditten er altså et mineral, mens numitten er en bergart med et spesielt interessant mineral, og i begge tilfeller gjelder det en amfibol. Varianter av fluid-gabbro med mye smaragditt kaller vi derfor gjerne smaragditt-gabbro. Smaragditt-gabbro og numitt viser gradvis overgang flere steder.

### 5.4 Beskrivelse av utvalgte lokaliteter

Etter rekognosering ble det valgt å ta ut noen prøver til natursteinstest fra hallar’n NØ for Litj-Hallartjønna (lok. 74, Fig. 12) samt på en avflekket lokalitet på NØ-kanten av Hallarhaugen (lok 23, Fig. 6). Avflekkingen av mosen på lok 23 ble gjort under rekognoseringen sommeren 1999, og en vinters ”vær-og-vind behandling” av den nyeksponerte flaten gjorde at alle nyanser i overflaten kom perfekt fram. I overflaten er bergarten nær kritthvit og gressgrønn spettet. På saget flate er derimot hvitfargen helt borte og erstattet med nyanser fra meget blekt grønt til smaragdgrønt, og da gjerne i form av en karakteristisk sonering av krystallene (blekgrønn ytterst og smaragdgrønn i kjernen). Den kritthvite fargen på forvitret overflate skyldes en kraftig bleking av smaragditten i overflaten, og denne blekingen forsvinner på noen få cm dyp inn fra steinens overflate. Soneeringen av amfibolkrystallene som vi kan se på friske bruddflater eller på polerte skiver og som varierer fra blekgrønn i randsonen til smaragdgrønn i kjernen av kornene skyldes kjemiske forskjeller i sammensetningen fra rand til kjerne.

Vi valgte ut en *in-situ* utvitret/frostsprengt(?), men ellers helt frisk blokk for testing på lok 23. Blokken er identisk med bergarten i den avflekke lokalitet beskrevet ovenfor, og ble transportert ut hel med helikopter for videre undersøkelser. På lok 74 valgte vi ut et

avskallingsflak (ca. 1 x 2 m stort og ca. 10 – 15 cm på det tykkeste) som hadde løsnet (trolig ved frostsprengning) og som ble delt i mindre stykker ved hjelp av slegge. Steinen på lok 74 er en god del forskjellig fra den på lok 23.

## **5.5 Samlet vurdering**

Det fins store mengder med grønn fluid-gabbro i hengen av listwaenitten langs størstedelen av hydrotermalsonen. De lett tilgjengelige kvanta er mange ganger større enn de små tonnasjer som det kan bli aktuelt å ta ut ved drift på en slik ressurs. På Hallarhaugen må fluid-gabbroen dessuten tas ut som heng-gråberg ved en eventuell brytning av listwaenitten for Mg-formål (jfr. Fig. 6 – 11). Det samme kan også tenkes å bli tilfelle ved andre listwaenitt-segmenter, f. eks. både i Båtstøa (Fig. 3) og i Rypsnargrubba (Fig. 16). Bryting av store mengder gråberg av fluid-gabbro for deponi på stedet er derfor en fremtidig mulighet. Det er imidlertid ikke noen aktuell problemstilling å gå videre med denne vraksteinen i natursteinsammenheng. Fluid-gabbro som naturstein må brytes fra urørt grunn. Arealet av utgående bør være på minst 2 mål (f. eks. 30 x 70 m) med tilfredsstillende homogen bergart.

## 6 DUNITTEN PÅ RAUDFJELLET SOM MULIG OLIVIN-RÅSTOFF

Ifølge Kautsky (1975, s. 33-34) er peridotitten i de sentrale deler av Raudfjellet meget olivinrik og bare i liten grad serpentinisert: .... ”I massivets inre delar består bergarten till ca. 90 % olivin, dvs dunitisk. Stråliga prismor av serpentinmineral utgör resterande del. De är huvudsakligen orienterade til sprickor”.

Forekomsten har ikke vært vurdert som olivinråstoff etter Kautskys undersøkelse. I denne sammenheng er det særlig viktig å få kunnskap om det fins partier med større renhet enn 90 % olivin og i tilfelle hvor store disse er. En olivinforekomst vil, isolert sett, neppe ha noen verdi i dag pga. beliggenheten og dermed transportkostnadene. Dette gjelder også en stor forekomst av tilfredsstillende renhet. Det er imidlertid ikke utenkelig at et olivinråstoff fra Raudfjellet vil kunne ha økonomisk interesse i et langt tidsperspektiv, særlig sett i sammenheng med ressurspotensialet i listwaenitt, kleberstein og eventuelt annen blokkstein.

På denne bakgrunn er det gjort sonderende undersøkelser, i første omgang ved å ta fem spredte prøver over topplataet. Hver prøve var 5 – 10 kg stor. Analysene viste at to av de fem prøvene har interessante MgO- og glødetapsverdier (jfr. Tabell 7). Begge prøvene er tatt sentralt i dunittmassivet hvor også Kautsky ifølge rapporten tok sine prøver. Det ser derfor foreløpig ut til at den minst omvandlede dunitten opptrer i et belte i retning SV – NØ innenfor dunittkroppen (dvs. den ultramafiske blokken) som antydnet på Fig. 20. Vi har imidlertid ingen kunnskap om hvor bredt dette beltet er eller nøyaktig hvor vi kan forvente å finne det beste rågodset (høyest mulig MgO-gehalt og lavest mulig glødetapstall). Kun en utvidet prøvetaking, f. eks. langs 5 profiler i retning SØ – NV med til sammen 50 prøver på 5 – 10 kg hver, vil gi oss sikrere holdepunkter. Videre kan man i en viss grad vurdere kvaliteten ved å banke fram friske flater og studere fargen og teksturen (kornigheten). Den friske dunitten har gjerne en lysere, eplegrønn farge og god kornighet (mer ”sukkerkornet”) sammenlignet med den mørkere grågrønne til blåsvarte, rene serpentinitten som også er mye mer finkornet og ofte har en glatt overflate.

Produktspesifikasjoner fra A/S Olivin er ifølge Olerud (1995) 48-50 % MgO og 0,7-1,5 % glødetap for ”standard grade olivine” og 49-51% MgO og 0,2 – 0,5 % glødetap for ”refractory grade olivine”. Våre to beste analyser viste hhv. 47,0 % MgO og 2,39 % glødetap (pr. 80) og 46,40 % MgO og 4,18 % glødetap (pr. 81). Det må imidlertid anmerkes at i enkelte anvendelser kan det være en fordel med en bergart med større seighet enn en helt frisk olivinstein. Dette gjør at en svakt serpentinisert olivinstein, som i Raudfjellet, også kan være interessant, da en slik bergart er seigere og i mindre grad vil males til støv under lagring og transport.

## 7 RESULTATER AV ØVRIGE UNDERSØKELSER PÅ RAUDFJELLET

### *Nye momenter til belysning av Raudfjell-ofiolittens geologi*

Lagningen i gabbro og pyroksenitt i bunnen av gabbroblokken er gjennomgående sub-parallell med hydrotermalsonen og dermed med grensen til den ultramafiske blokken. Det er derfor ikke sikkert den gabbroide og den ultramafiske blokken har rotert særlig mye i forhold til hverandre likevel som tidligere antatt.

I den lagdelte serien i gabbroblokken opptrer også omvandlete peridotittiske partier. De er ikke horisontbestandige. De er vanskelige å kartlegge; de dukker opp her og der sammen med pyroksenitt- og gabbrolag, og de forsvinner like raskt og diffust som de starter. Metaperidotitten kjennetegnes av grålig til rødbrun vitringsflate, men først og fremst av en bruddflate som viser nesten ren serpentinit. Den må derfor primært ha vært rik på olivin, muligens også ortopyroksen. Tilsvarende lag er også rapportert fra gabbroen i Leka-ofiolitten.

I bunnen av den lagdelte gabbro–pyroksenitt serien har løsningene fra hydrotermalsonen trengt fram med en meget sterk selektiv preferanse for pyroksenittlagene. Pyroksenitten er som hovedregel sterkt eller totalt rekrystallisert og fører ikke sjelden en stor andel av karbonat. I liten skala er ren in-situ listwaenitt-omvandling av pyroksenitt observert. Bergarten er også kjemisk lettforvitrende og finnes stedvis som bare grus i overflaten. Dette i motsetning til gabbroen som tilsynelatende har vært helt tett for gjennomstrømming av hydrotermale løsninger, også der hvor gabbro og pyroksenitt opptrer i vekslende lag. Hvor det derimot bare er gabbro tilstede mot hydrotermalsonen er også gabbroen hydrotermalt omvandlet. Langt fremskreden omvandling har ført til fullstendig rekrystallisering til smaragditt-gabbro, mørk grønn aktinolitt-gabbro, numitt, svart amfibol gabbro samt diverse andre varianter av ”fluid gabbro”.

Det fins tektonisk plasserte lag- og linseformete partier av metadunitt inne i gabbroen. Et slikt legeme av minimum 30x170 m størrelse opptrer med lengste akse NV – SØ på SV-siden av Hallarhaugen (vinkelrett på hydrotermalsonens retning) (jfr. Fig. 6), og et større legeme opptrer vest for søndre Stokktjønnna. Det siste ser ut til å ligge mer konformt med lagningen i den omkringliggende gabbroen. Det er trolig dette siste legemet Törnebohm (1896) har traversert og gjengir et profil gjennom i ”Centrala Skandinavien”, side 77.

I bunnen av den ultramafiske (dunittiske) blokken opptrer likeledes enkelte tektonisk plasserte legemer av gabbro og pyroksenitt, til dels begge deler sammen. Disse er orientert langs etter bunn-kontakten (Seve-kontakten), men formen på kroppene er temmelig variabel. Helt i syd har vi vekslende metadunitt (serpentinit) og gabbro. Det påfallende her er at serpentiniten har tatt opp absolutt all deformasjon og blitt en ren mylonitt, mens gabbroen er forblitt helt massiv eller bare svakt foliert.

Et spesielt trekk i syd er at ofiolitten har ”kjørt over seg selv” i fronten (”ramped up”). Et lite stykke metagabbro fins her i sålen av serpentinit-mylonitten over Seve metasedimentene. Nord for nordre Stokktjønna kan det muligens være en analog situasjon. Disse gabbro-tektonittene i ligg av serpentinit-mylonitten kan være meget sterkt deformert og rekrystallisert, og det kan være vanskelig å skille dem fra de sterkt deformerte amfibolittene som opptrer hyppig i Seve-enheten.

Dunitten i den ultramafiske blokken i ligg av hydrotermalsonen opptrer som ett stort legeme med areal på minst en 2 – 3 km<sup>2</sup>. Arealet har trolig vært enda større idet vi kun har med en erosjonsrest å gjøre. Dunitten inneholder en god del kromitt som opptrer enten som små ”pods” (klumper) som stedvis går over i årer, eller som 1 – 2 cm tykke lag i veksellagring med like tynne lag av dunitt. Dette er en typisk opptreden av dunitt-kromitt kumulater. Disse opptrer spredt innenfor dunitten på alle nivåer. Hver enkelt forekomst kan være på noen få m<sup>2</sup>, unntaksvis kan de følges 10 – 20 m lateralt. Stedvis ser vi at disse kumulatene er forkastet noen cm. De kan videre være ganske kraftig plastisk deformert (nærmest isoklinalfoldet), og lokalt ser vi at en kumulat-sekvens på 1 – 2 m mektighet helt knivskarpt blir kuttet av dunitt på den ene siden mens den motsatt vei dør ut gradvis.

Et ca. 0,1 km<sup>2</sup> stort felt med vekslende dunitt og peridotitt er påvist i kontakt med hydrotermalsonen i Rypsnargrubba (Nilsson m. fl. 1999). Det er tidligere antatt at dette var mantel-peridotitt (harzburgitt eller lherzolitt), fordi de enkelte lag var litt for uregelmessige både i form og forløp til å være typiske ultramafiske kumulater. Det har imidlertid vist seg at peridotitten er full av svarte krystaller som trolig er augitt (klinopyroksen) eller en amfibol omvandlet fra augitt. I matriksen finnes serpentin etter olivin eller ortopyroksen. Dette tyder på at bergarten opprinnelig har vært en wehrlitt eller en olivin-websteritt, eventuelt en olivinfri websteritt. Dette er ikke mantel-bergarter, men bergarter som er vanlige i overliggende ultramafiske kumulater i en ofiolitt.

Det kan derfor være at vi har en situasjon med både mafiske og ultramafiske kumulater til stede i Raudfjellet, og at løsningene i hydrotermalsonen stedvis har trengt inn langs grensen mellom disse og stedvis langs grensen mellom mafiske kumulater og et høytliggende stort dunittlegeme.

## 8 KONKLUSJONER

### 8.1 Listwaenitt

#### 8.1.1 *positive momenter:*

- Store volumer listwaenitt er påvist ved overflatekartlaggning og begrenset boring i enkelte segmenter. Særlig gjelder dette Hallarhaugen som er inngående behandlet i rapporten.
- Listwaenitten opptrer i store hauger og rygger i terrenget, noe som brytningsteknisk er en fordel.
- Hallarhaugen er så stor at den kvantitativt sett trolig vil kunne bære hovedtyngden av et ”magnesium-foretagende”, som totalt vil kreve i størrelsesorden 6 mill. tonn magnesitt (f. eks. 300 000 tonn hvert år over 20 år). Ved et brudd som rekker ned til 100 m under basis av haugen, dvs. ned til kote 388 m o.h., er tonnasjen estimert til 12,5 mill. tonn forutsatt at listwaenittkroppen beholder regelmessig form og forløp mot dypet (jfr. Fig. 9-11). Allerede ned til ca. kote 438 m o. h. (dvs. 50 m lavere enn basis av haugen) er det en estimert tonnasje på ca. 7,5 mill. tonn, og da med et malm/gråberg forhold som hele veien vil være større enn 1. Under kote 438 m o. h. vil malm/gråberg forholdet ved brytningen bli mindre enn 1. Disse beregningene forutsetter dagbruddsdrift hele veien.
- I tillegg til Hallarhaugen er det flere andre delområder (segmenter) med middels store volumer listwaenitt: Båstø-segmentet er estimert til å gi ca. 27 000 tonn per m avsenkning og Rypsnargrubba vil gi ca. 22 000 tonn per m avsenkning.
- Overflateprøvetakingen har gitt knakkprøver med opptil 40 vekt-%  $MgO_{total}$  og bare 11 %  $SiO_2$ . Representative overflateprøver inneholder 36-40 %  $MgO_{total}$ , 9-12 %  $SiO_2$  (vesentlig som tynne kvartsårer) og 0,4-7,7 %  $CaO_{total}$  (vesentlig som dolomitt).

#### 8.1.2 *negative momenter:*

- Borkjerneloggingen og analyser av kjernene har vist at listwaenitten stedvis er blandet opp med en god del vanlige silikater (talk, kloritt og amfibol). Dette gjelder også Hallarhaug-segmentet. Beste analyse fra Bh 3 som skjærer gjennom hele segmentet viser 30,0 %  $MgO_{total}$ , 28,2 % syreløselig MgO, 1,7 % syreløselig CaO og 21,5 %  $SiO_2$ . Hvis analysene fra Bh 3 skulle vise seg å være representative for Mg-råstoffet i Hallarhaugen trenger rågodset oppredning før det kan nyttes.
- Lokalt opptrer dolomitt i varierende mengde sammen med magnesitten. Unntaksvis er dolomitt-andelen høyere enn magnesitt-andelen, og helt lokalt er magnesitt fullstendig underordnet dolomitt. Små mengder kalkspat er også identifisert i form av sene og meget tynne årer i serpentiniten.

#### 8.1.3 *uavklarte faktorer:*

- Råstoffkvaliteten er for lite kjent. Den store uoverensstemmelsen mellom analyser av overflateprøver og borkjerner må også oppklares. Det trengs ytterligere prøvetaking av store prøver i overflaten.

- Det foreligger for lite informasjon så langt om mineralkjemi i listwaenitten. Foreløpige vurderinger av råstoffets mineralogi er basert på vurderinger av listwaenittens totalkjemi.
- Enkelte listwaenitt-segmenter, som f. eks. Holdesmoen sydøst for Grønningselva, er nesten helt ukjent både med hensyn til kvalitet og dimensjoner pga. den sterke overdekningen.

## 8.2 Kleberstein som råstoff for nedmalt talk

### 8.2.1 *positive momenter:*

- Det er påvist store volumer (tonnasjer) av kleberstein som har potensiale som talkråstoff for mange års drift. Estimering av tonnasjer antyder ca. 50 000 tonn per meter avsenkning, sonen sett under ett. Dette tallet kan trolig økes fordi ennå usikre delområder som Holdesmoen, området fra Bh 2 til Hallarhaugen, selve Hallarhaug-segmentet samt Merkesbekkmyr-området ennå ikke er tatt med i estimatene.
- Mektighetene er gjennomgående store nok for underjordsdrift på talk og tilsvarende i hovedtrekk mektighetene i Altermark talkgruve (Karlsen m. fl. 2000, s. 97-98) (mektheter under 4 m regnes som vanskelige å drive på (Karlsen 1995, s. IV-6)).
- Det er dokumentert meget lavt fiberinnhold (asbest-innhold) i rågods fra to viktige delforekomster ”Rotvelten” og Rypsnargrubba (jfr. SINTEF-dokumentasjon).
- Den enkle bergarts-sammensetningen, med kun talk og karbonater som hovedmineraler, vil være fordelaktig ved en oppredningsprosess (flotasjon). Det talkproduktet som fremstilles f. eks. ved Mondo Minerals i Finland samt andre talkprodusenter er nettopp ved flotasjon av talk-karbonat bergarter (Karlsen m. fl. 2000, s. 101).
- Det lave innholdet av kloritt er meget positivt med hensyn til den hvithetsgraden som et talkprodukt vil kunne oppnå (Karlsen m. fl. 2000, s. 101), ettersom kloritt vanskelig kan skilles ut ved oppredning. Rent kvalitetsmessig vil Raudfjellet antagelig best kunne sammenlignes med Altermark-forekomsten samt flere av de finske forekomstene som i dag er i produksjon.

### 8.2.2 *negative momenter:*

- Talkandelen i klebersteinen når meget sjelden over 50 – 60 %. Dette fordi steinen alltid inneholder rikelig med karbonater (magnesitt/breunneritt samt underordnet dolomitt). Her må imidlertid bemerkes at dette i store trekk tilsvarende sammensetningen av den klebersteinen som i dag brytes i Altermark (Karlsen m. fl. 2000, s. 99).
- Det gjennomgående slake fallet på sonen ( $30^{\circ}$ – $45^{\circ}$ ) er driftsteknisk ikke det mest gunstige, men igjen er dette i høy grad sammenlignbart med forholdene i Altermark (Karlsen m. fl. 2000, s. 98).
- Deler av klebersteinen (bl. a. ved Bh 2) har så små mektigheter ( $< 4$  m) at den rent driftsteknisk vil representere et stort problem dersom man skal unngå stor gråbergsinnblanding.



### 8.2.3 uavklarte faktorer:

- Det fins flere store segmenter med meget usikre mektigheter og derved også meget usikre estimater når det gjelder tonnasje.
- Fordeling og innhold av silikater generelt og av gruppen ”fiberminerale” spesielt er for lite kjent. Særlig der klebersteinen har hengkontakt mot fluid-gabbro er det en fare for at det kan være en del silikater (tremolitt, etc.) med i mineralselskapet.
- Det er utført forsøk med nedmaling av overflateprøver av klebersteinen for å se om den kan brukes som fyllstoff uten oppredning. Hvithetstallene er her en kritisk parameter. Til undersøkelsene ble det brukt overflateprøver som var noe oksyderte, og resultatet ble negativt. Overflateprøvene er ikke representative, og det må derfor gjøres nye forsøk og da på borkjernemateriale.

## 8.3 Kleberstein som blokkstein

### 8.3.1 positive momenter:

- Det er påvist relativt store volumer av god, massiv kleberstein i flere delsegmenter langs hydrotermalsonen (bl. a. i Rotvelt-sonen, Rypsnargrubba og Merkesbekken).
- Øverst i Rypsnargrubba fins en helt lokal utvidelse av klebersteinen som kanskje kan muliggjøre et brudd med opptil 40 x 80 m grunnflate i utgående (delvis overdekket område).
- Det er et potensiale også i områder hvor vi ikke nøyaktig kjenner forløpet av utgående på grunn av overdekket, men har gode indikasjoner fra borhullene (for eksempel Merkesbekkmyra og SØ-skråningen opp fra denne).
- SINTEF har testet klebersteinsprøver fra Rypsnargrubba og Båtstøa for asbest-innhold med meget positivt resultat (fiberinnholdet var på 1/3 av merkingskravet på 0,1 vekt-% og 1/30 av absoluttkravet på maks. 1 vekt-%).
- Klebersteinen består hovedsakelig av talk og magnesitt/breunneritt, og mineralene opptrer på en måte som gir en attraktiv og ”levende” struktur i steinen samtidig som steinen derved blir fast og fin å bearbeide. Antall sprekker er lavt i overflaten, hvilket er en god indikasjon med hensyn til vrakgodsandelen og derved driftsøkonomien.
- Innholdet av kloritt og andre uønskede silikatminerale som kan gi slepper og andre svakhetssoner i steinen er lavt; det samme gjelder innholdet av sulfider som kan gi ruststriper og misfarging.
- ”Nek-talk” horisonten i liggen av klebersteinen på overgangen mot serpentiniten er visuelt sett en helt uvanlig attraktiv bergart. Den har store disseminerte gråhvite talkporfyroblaster i en matriks av finkornet lys sjøgrønn til mørk serpentin. Bergarten er særlig fin i sagede borkjerner.

### 8.3.2 negative momenter:

- I begrensede deler av sonen, bl. a. syd for Holdesbekken, er det en del silikater (hovedsakelig tremolitt) i klebersteinen.
- Klebersteinen er bare unntaksvis mektigere enn 10 – 12 m for de kjente deler av sonen. Mektigheter på 10 – 12 m må karakteriseres som marginale. ”Nek-talk” horisonten i

liggen av klebersteinen kan pga. de små mektighetene (0,5 – 2 m) ikke betraktes som en egen forekomst, men mer som en kuriositet. Den kan kanskje utnyttes i forbindelse med eventuell drift på klebersteinen, men i tilfelle kun som et helt underordnet biprodukt.

- Klebersteinen har gjennomgående et fall omkring 30° – 45° mot NV og hengkontakt mot listwaenitt eller fluid gabbro. Dette gir ofte svært mye overfjell pga. *hallar*-dannelsen og kan vanskeliggjøre ordinær dagbruddsdrift. Trolig vil det være nødvendig med ganske smale og langstrakte brudd for blokksteinsdrift. Dette vil utvilsomt bli problematisk og en stor utfordring rent driftsteknisk.
- Det gjennomgående slake fallet kombinert med relativt små mektigheter tilsier at man snart etter driftsoppstart må håndtere en del hengfjell. Fra klebersteinsdrift andre steder i landet har man erfaringer for at det kan være problematisk å skyte og transportere bort hengfjellet. Sprekker og riss fra sprengningene vil kunne gi skadevirkninger på klebersteinen og dermed høy skrotandel.

### **8.3.3 uavklarte faktorer:**

- Klebersteinens mektigheter er fremdeles såpass dårlig kjent at omfattende boringer (pack sack boringer) og avrøskinger må til for å finne områder med kombinasjonen av størst mulig mektighet, minst mulig *hallar*-dannelse (overfjell) på hengsiden og samtidig høyest mulig kvalitet. Hittil er det bare området øverst i Rypsnargrubba samt Rotvelt-sonen som peker seg ut som opplagte delområder. Ingen av dem er imidlertid godt nok kjent i detalj.

## **8.4 Serpentinitt**

### **8.4.1 negative momenter:**

- Det som er observert av typisk sjøgrønn serpentinitt samt andre serpentinitt-varianter nærmest opp mot klebersteinen, både i dagen og i borkjerner, har ikke tilstrekkelig attraktive teksturer eller mineralfordeling (karbonatårer og -flekker, etc.) som natursteinsråstoff.

### **8.4.2 uavklarte faktorer:**

- Potensialet av serpentinitt som kan være egnet til naturstein i Raudfjell-ultramafitten totalt sett er nesten ukjent. Dette er samme stratigrafiske nivå som Sparbuforekomsten, og det er derfor ikke utenkelig at det fins ”Sparbu-type serpentinitt” andre steder i Raudfjellet, for eksempel langs periferien av dunitten i grensesonen mot Seve-sekvensen i øst.

## **8.5 Hydrotermalomvandlet gabbro (”fluid-gabbro”)**

### **8.5.1 positive momenter:**

- Fluid-gabbroen er en spennende grønn bergart som ikke har så mange analoger innenfor det samlede spekter av norsk naturstein.

- Det fins et stort spekter av amfiboldominerte undertyper, fra smaragditt-gabbro via numitt (smykkestein med schillereffekt) til varianter av aktinolitgabbro og hornblendegabbro. Det er store variasjoner i farge, tekstur og amfibolopptreden.
- Det samlede volumet er meget stort, og en trenger bare å ta ut den lettest tilgjengelige steinen som stikker opp i terrenget langs store deler av hydrotermalsonens heng.
- Fluid-gabbroen opptrer oppå de typiske ”hallarane” og kan kartlegges bra på overflaten etter avdekning.
- Numitt kan muligens brukes som råstoff for smykkestein eller ”husflidsstein” i småindustri. Dette kan også tas fra avgang fra eventuell annen blokksteinproduksjon.

### **8.5.2 negative momenter:**

- Stedvis har fluid-gabbroen mye talk og kloritt i matriksen mellom amfibolkrystallene. Talk og kloritt nedsetter både poleregenskapene og bruksområdet, bl. a. pga. liten hardhet.
- Bergarten er totalt sett relativt inhomogen i farge og tekstur. Ved utnyttelse må en av variantene brukes som er homogen over størst mulig volum. Som minstekrav kreves at det må være et tilstrekkelig homogent parti med et areal av utgående på minst 2 mål (f. eks. 20 x 50 m) tilgjengelig.

### **8.5.3 uavklarte faktorer:**

- Det er ikke kjent om det fins tilfredsstillende homogene partier med et areal på minst 2 mål innenfor den samlede sonen.
- Fluid-gabbroen er en helt ukjent og ikke utprøvd stein på markedet.

## **8.6 Dunitt**

### **8.6.1 positive momenter:**

- Arealet av dunitt/metadunitt-kroppen i Raudfjellet er på ca. 3 km<sup>2</sup>, og det kan dermed være store volumer med økonomisk interessant olivinstein.
- De minst omvandlete partiene av dunitten holder bare ca. 10 % serpentin og andre sekundærminerale.
- Ca. 10 % serpentin i form av en ”nett-tekstur” (*mesh texture*) vil kunne virke positivt som en ”armering”, som ved transport, omlasting og annen håndtering av rågodset kan gi en mindre støvfraksjon enn annen kommersiell olivinstein.
- Kjemiske analyser av et begrenset antall foreløpige prøver viser relativt god kvalitet.

### **8.6.2 negative momenter:**

- Beliggenheten og derved transportkostnadene til havn er ugunstig.
- Det er vanskelig å komme inn på et marked som domineres av allerede etablerte firmaer som er store operatører både på det norske og utenlandske markedet.

### **8.6.3 uavklarte faktorer:**

- Kjemisk og mineralogisk kvalitet, samt størrelse av eventuelt interessante forekomster, er lite kjent etter de rekognoserende undersøkelsene som hittil er gjort.

- Betydningen av mekanisk styrke og finkornighet.

## 9 ANBEFALINGER FOR VIDERE ARBEIDER

Arbeidet med å utvikle forekomstene av listwaenitt og kleberstein i hydrotermalsonen i Raudfjellet fram til eventuelt økonomisk drivverdige forekomster bør fortsette. Arbeidet med de øvrige forekomstene i randsonen av hydrotermalsonen ("fluid-gabbro" i hengen av listwaenitten) bør også fortsette. En begrenset innsats bør gjøres for å karakterisere dunitten på høyderyggen av Raudfjellet som en mulig fremtidig olivinressurs. Arbeidsopplegget for de forskjellige forekomstene vil måtte bli meget forskjellig fra forekomst til forekomst og ha ulik prioritet når det gjelder framdrift og tidsperspektiver.

### 9.1 Listwaenitt

Utvikling av listwaenitten fram til en eller flere eventuelt drivverdige forekomster på magnesium metall eller magnesia krever ytterligere arbeidsinnsats. Så langt er det estimert en viss listwaenitt-tonnasje innenfor en rekke delsegenter langs hydrotermalsonen gjennom detaljert overflate-kartlegging og et relativt beskjedent borprogram. I begrenset omfang er kvaliteten undersøkt gjennom bulkanalyser av borkjerneprøver og et lite utvalg overflateprøver, mens nødvendig mineralkarakterisering mangler (petrografi, modalanalyser, mineralkjemi, teksturer, kornform, kornstørrelse, kornfordeling, etc.). Det er særlig viktig å få oversikt over interne variasjoner for disse parametrene.

Det må videre klargjøres hvorfor de analyserte overflateprøvene tatt med hammer i gjennomsnitt viser betydelig høyere MgO-gehalter enn borkjerneprøvene. Dette har følger for hvor godt overflateprøvetaking med hammer er egnet å benytte i det videre arbeidet med kvalitetsvurdering av listwaenitten. I den forbindelse anbefales at det sprenges ut et begrenset antall større overflateprøver fra Båttstø- og Hallarhaugen-segmentene slik at man får med både det synlig vitrede overflateskiktet, den mer eller mindre skarpe overgangen fra vitringsskiktet til frisk listwaenitt samt opptil ca. en halv meter tilsynelatende helt frisk listwaenitt.

Det anbefales å gjøre oppredningsforsøk med listwaenitten for å se hvor rene magnesittkonsentrater det går an å lage samt å få en oversikt over hoved- og sporelementinnholdet i konsentratene. Kvalitetsvurderinger basert på mineralkarakterisering bør prioriteres foran arbeidet med å påvise større listwaenitt-tonnasjer gjennom ytterligere diamantboring. Den sterkt overdekkede listwaenittkroppen på Holdesmoen bør imidlertid undersøkes ved hjelp av geofysikk (hammerseismikk/georadar) for å få kunnskap om fjelltopografien under grusterrassen slik at dette er brakt på det rene før en eventuell ny runde med kjerneboring.

### 9.2 Kleberstein som råstoff for nedmalt talk

Som for listwaenitten har vi ved detaljert overflatekartlegging samt noe kjerneboring estimert en viss tonnasje av kleberstein som opptrer i forskjellige delsegenter langs etter hydrotermalsonen. Dette tallet er naturlig nok mer usikkert enn for listwaenittens vedkommende, fordi klebersteinen totalt sett er mye sterkere overdekket enn listwaenitten.

Likevel er det også i dette tilfellet viktigere nå å prioritere mineralkarakterisering enn å påvise ytterligere tonnasje ved kjerneboring.

Foreløpige undersøkelser tyder på at klebersteinen over alt er relativt karbonatrik samtidig som den de fleste steder inneholder lite kloritt og andre ikke ønskelige silikater. Det er viktig på dette stadiet å få bekreftet antydningene om den høye kvaliteten av den klebersteinen vi har tilgjengelig i borkjerner og overflateprøver før fokus eventuelt flyttes over på påvisning av ytterligere tonnasje mot dypet. Som en del av mineralkarakteriseringen bør det tas ut større og helt friske prøver for flotasjonsforsøk. Det er like viktig å få f. eks. hvithetstall samt hoved- og sporelementinnhold for flotasjonsprodukter som for rågodset. Først da kan man få evaluert forekomstens fulle og hele potensiale på kvalitetssiden.

### **9.3 Kleberstein som blokkstein**

Klebersteinens feltopptreden og utgående er kjent i store trekk gjennom detaljkartleggingen og diamantboringene, men viktig detaljinformasjon mangler. Blokksteinsdrift må skje i dagbrudd, og sonen må ha en viss mektighet/bredde for å få til et fornuftig driftsopplegg. Det er også viktig at man slipper å fjerne for mye overfjell (hengfjell) ved sprengning, noe som kan ødelegge klebersteinen ved påført sprekke dannelse. Man må derfor få bedre kjennskap til mektighet/bredde av kleberens utgående på steder uten store overheng av listwaenitt eller hydrotermal-omvandlet gabbro. Dette kan gjøres f. eks. ved pack-sack borer eller avrøsning ved hjelp av traktorgraver. Det bør fremskaffes en del prøveblokker for å teste hvordan disse oppfører seg mekanisk, termisk, etc. samt se hvordan denne kleberen blir mottatt ute på markedet. Dette arbeidet bør påbegynnes allerede førstkommande barmarksesong og i nært samarbeid med den eller de aktuelle industripartnere som Statskog velger å knytte til seg.

Kleberens beskaffenhet i utgående må undersøkes nøye før man velger lokaliteter for prøveuttak av blokkstein. Det er nemlig ikke sikkert kleberen under myrområdene er like frisk og fin helt opp til overflaten som den klebersteinen som har utgående på tørre rabber, etc. Minst ett borhull (Bh 7) viser sprekke dannelse, vitring og rustdannelse i klebersteinen flere meter under dens utgående under myrdekke.

Den spesielle nek-talk horisonten i kleberens umiddelbare ligg har så marginale mektigheter at det ikke anbefales noen separat oppfølging på denne. Vurdering av eventuelt uttak av denne spesielle varianten må sees i sammenheng med uttak av ordinær, massiv kleberstein.

### **9.4 Serpentinitt**

Den sjøgrønne variant av serpentinitt i ligg av klebersteinen er finkornet og ensartet massiv og derfor kanskje ikke interessant nok i markedet som naturstein. Det anbefales ikke videre separat oppfølging på denne om man ikke gjennom de øvrige undersøkelsene finner sterkere breksjerte og mer interessante partier enn det som hittil er kjent.

### **9.5 Hydrotermalomvandlet gabbro ("fluid gabbro")**

Hydrotermalomvandlet gabbro ("fluid-gabbro") opptrer i meget store volumer på hengsiden av listwaenitten i hydrotermalsonen. De volumene det kan være aktuelt å ta ut som blokkstein for polering er så små i forhold til det som er påvist. Det viktigste er å velge ut de beste lokalitetene av de ulike interessante variantene. Det anbefales å ta ut prøveblokker av petrografisk og teksturelt forskjellige typer på forskjellige steder langs hengen av hydrotermalsonen. Prøveblokkene sages så i standardformater og poleres før de går til "visning" og vurdering hos en eller flere aktuelle partnere i natursteinsindustrien.

### **9.6 Dunitt**

Olivin er generelt sett et produkt med lav pris per tonn, og som derfor ikke tåler store transportkostnader. Forekomstene i Raudfjellet vil ha problemer i konkurranse med de kystnære forekomstene som er i produksjon i Norge i dag. På lang sikt kan det likevel tenkes at dunitten i Raudfjellet kan gi spesielle nisjeprodukter hvor innholdet av ca. 10 % nett-tekstur serpentiner som "armering" vil være en fordel. I de sentrale deler av dunittkroppen, langs den høyeste ryggen på Raudfjellet, er serpentineringsgraden relativt lav. Vi anbefaler derfor at det tas friske overflateprøver for analyse langs en serie profiler tvers på ryggen slik at det kan lages et kart som viser de olivinrike delene av dunittkroppen.

## 10 LITTERATURREFERANSER

- Foslie, S.** 1959: Geologisk kart JÆVVSJØEN (Rektangel 51C). M 1:100 000. Norges geologiske undersøkelse
- Håbrekke, H.** 1982: Geofysiske målinger fra helikopter over et område nord for svenskegrensen i Lierne og Snåsa, Nord-Trøndelag. NGU rapport 1898, 12 sider + 8 kartbilag.
- Karlsen, T.A.** 1995: Geological and geophysical studies of ultramafite associated talc deposits, Altermark, Northern Norway. Doc. Ing. thesis 1995:49, University of Trondheim. 229 sider.
- Karlsen, T.A., Rian, E. & Olesen, O.** 2000: Overview of talc resources and reserves in the Altermark talc province, northern Norway and possible uses of the talc ore. Norges geologiske undersøkelse Bulletin 436, 93-102.
- Kautsky, F.** 1977: Berggrundsbeskrivning över Jäfsjön – Langvatnet – Heggsjöfjellområdet. NGU geol. avd. Kartarkivet, original nr. 179/85.055D, 58 sider + kartbilag (180/85.055D).
- Nilsson, L.P., Sturt, B.A. & Ramsay, D. M.** 1999: Ofiolittundersøkelser i Snåsa og Lierne: en rekognosering for å påvise mulig økonomisk interessante forekomster av malm, industrimineraler og naturstein. NGU Rapport 99.114, 92 sider + 1 kartbilag
- Olerud, S.** 1995: Norway's industrial minerals. Changing ownership & increased export. Industrial Minerals, December 1995, side 23 – 31.
- Sjöström, H. & Roberts, D.** 1992: GJEVVSJØEN berggrunnskart 1823-2, 1:50 000, foreløpig utgave. Norges geologiske undersøkelse.
- Törnebohm, A.E.** 1896: Grunddragen af det centrala Skandinaviens bergbyggnad. Kgl. Svenska Vet.-Ak. Hdl. 28, No. 5. Stockholm, 210 sider + 4 bilag.



**Figurer**

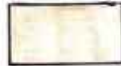
**Figur 1 - 21**

## Tegnforklaring til detaljsskisser fra hydrotermalsonen i Raudfjellet ofiolittfragment, Snåsa

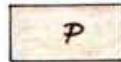
observasjon

tolkning

*hengsiden (stratigrafisk øverst)*



**metagabbro**, middelskornet, massiv til foliert



område med **lagdelt metagabbro + metapyroksenitt** + underordnet metaperidotitt



hydrotermalomvandlet grovkornet gabbro "**fluid gabbro**" i kontaktområdet mot hydrotermalsonen (flere varianter opptrer, f. eks. "smaragditt-gabbro", "aktinolitt-gabbro", etc.)



ufullstendig karbonatomvandlet "fluid gabbro" (= "**pseudo-listwaenitt**"): hybrid silikat-karbonat bergart, silikater > karbonat)



uren, **silikatrik listwaenitt** (karbonat-silikatbergart, karbonat > silikater)



**listwaenitt** (ordinær karbonatrik, silikatfattig listwaenitt); representerer en fullstendig karbonatomvandlet "fluid gabbro"; hovedbestanddeler magnesitt/breunneritt med underordnede mengder dolomitt samt kvarts



**kleberstein**, massiv til foliert, vesentlig en talk + karbonat bergart



**talkrik "nek-serpentinitt"** i liggkontakten (lys sjøgrønn, massiv til svakt breksjert serpentinititt med disseminasjon av store gråhvite nekformete talkindivider)



**serpentinitt til serpentinisert dunitt**, mørk grønn til grønnsvart, stadig mørkere bort fra klebersteinskontakten

*liggsiden (stratigrafisk nederst)*

(fortsettelse)



forkastning



bergartsgrense, observert



bergartsgrense, tolket



omriss/begrensning av blotning eller blotningsfelt



strøk og fall av foliasjon



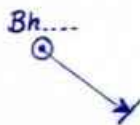
lasermålt profil



prøvelokalitet for uttak av større prøve for diverse tester og analyser



prøvelokalitet (mindre prøve: "håndstykke") / lokalitet med detaljinformasjon



diamantborhull med angivelse av retning (hullene er boret med h.h.v., 45° fall (Bh 1 - 6) og 50° fall (Bh 7)).



strøk og fall av modal lagning (magmatisk lagning) i lagdelt gabbro

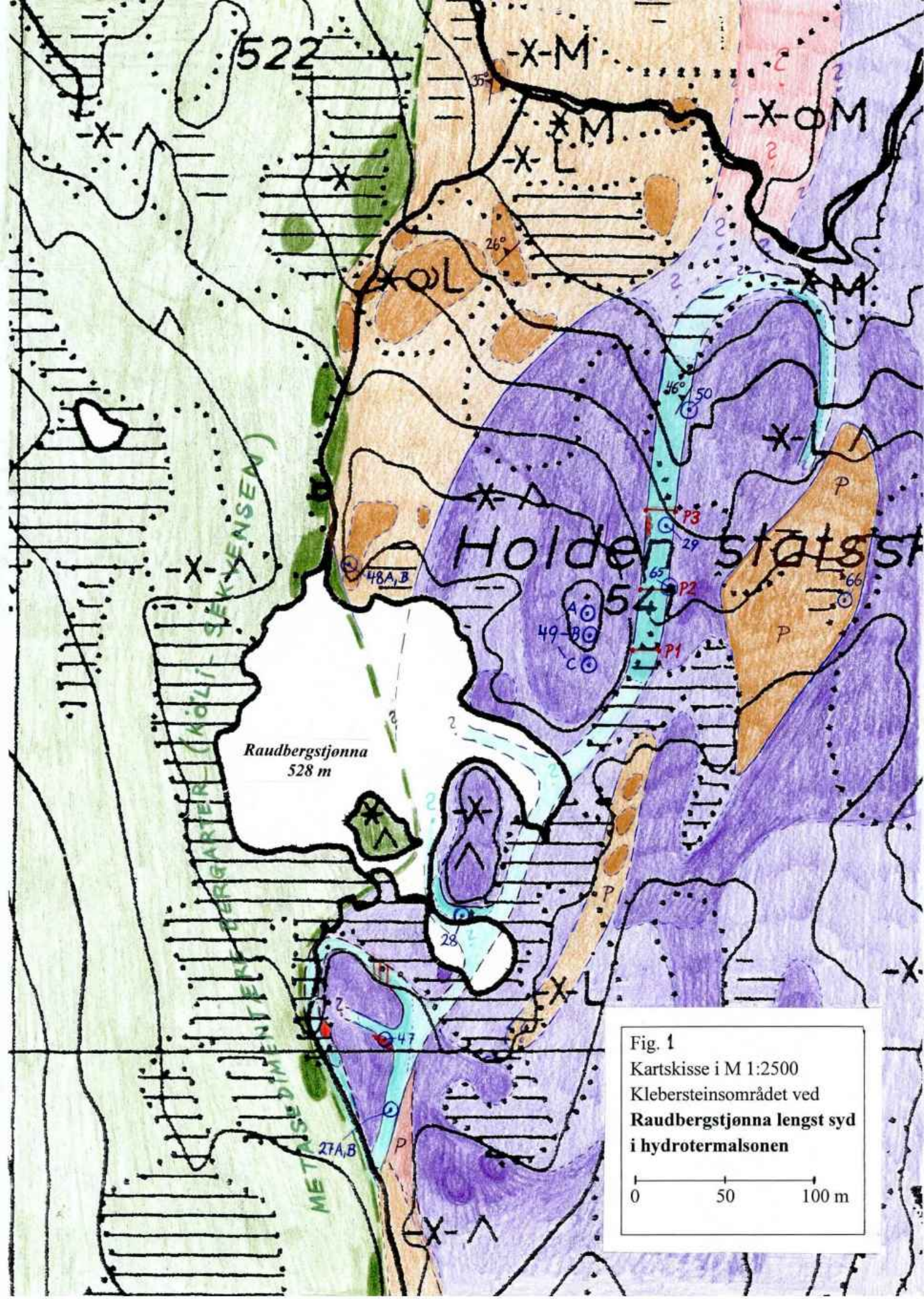
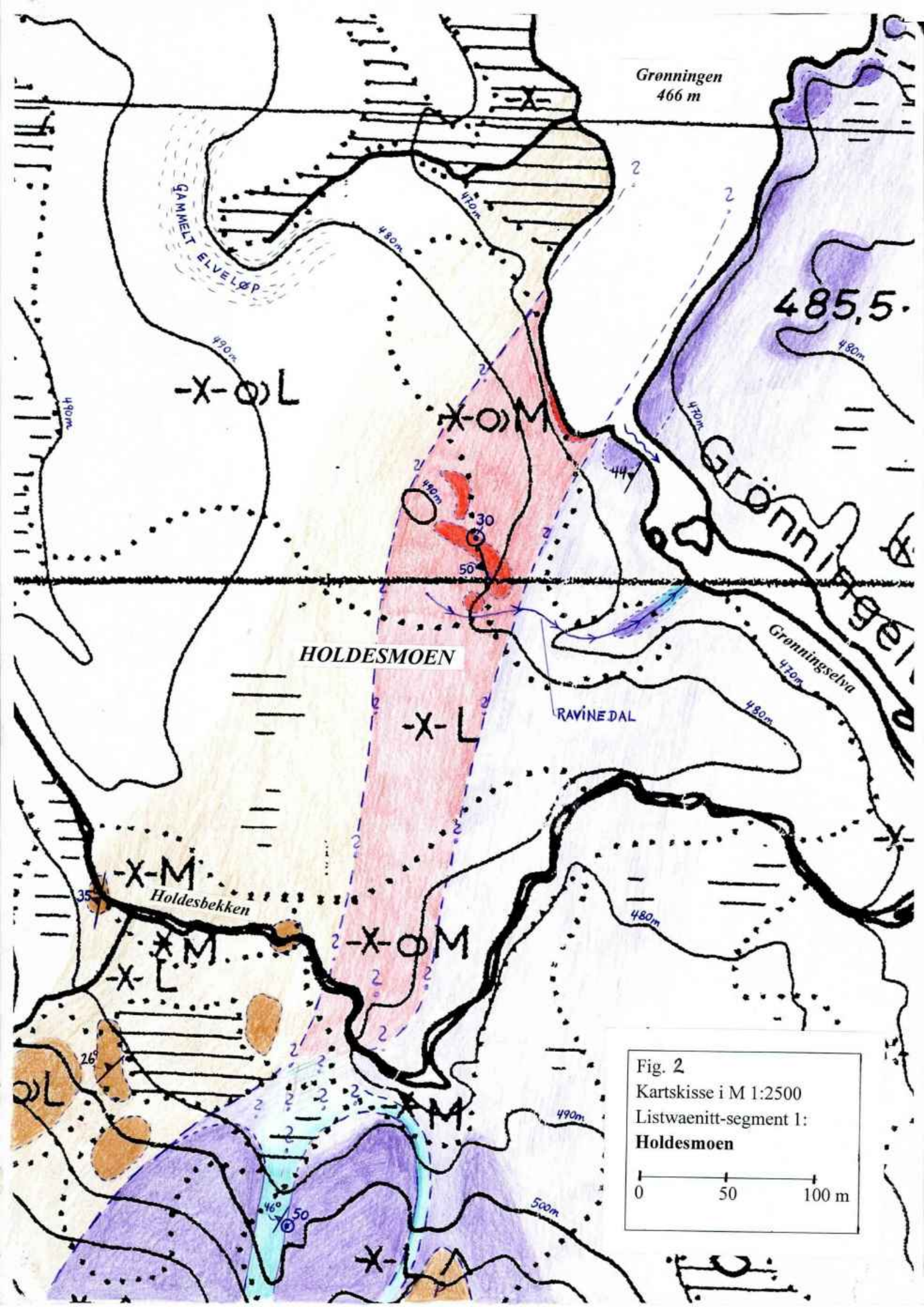


Fig. 1  
 Kartskisse i M 1:2500  
 Klebersteinsområdet ved  
 Raudbergstjønna lengst syd  
 i hydrotermalsonen

0 50 100 m



Grønningen  
466 m

485,5

-X-O-L

X-O-M

HOLDESMOEN

-X-L

RAVINE DAL

-X-M

Holdesbekken

-X-O-M

X-M

-X-L

X-M

X-L

Fig. 2  
Kartskisse i M 1:2500  
Listwaenitt-segment 1:  
**Holdesmoen**

0 50 100 m

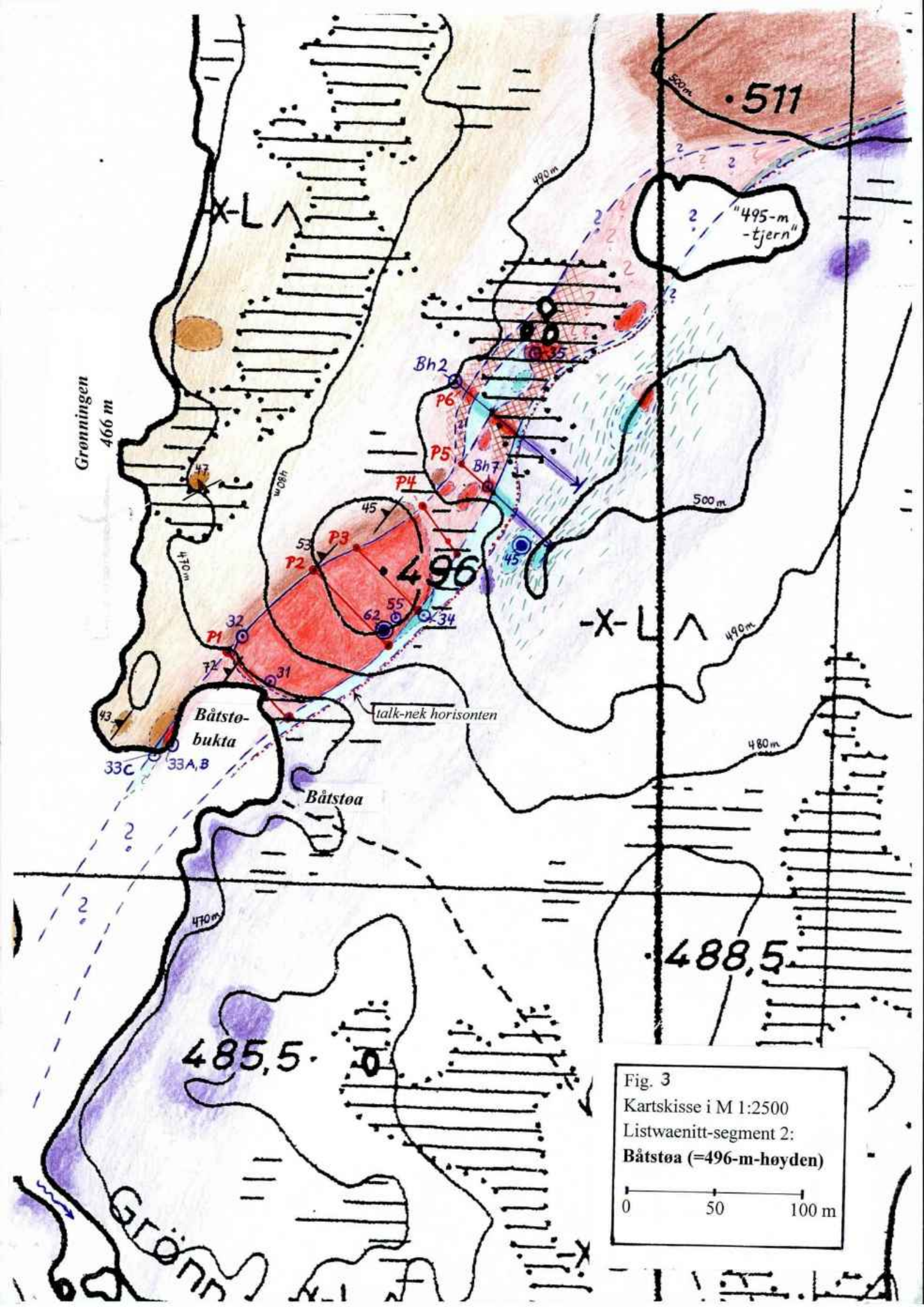


Fig. 3  
 Kartskisse i M 1:2500  
 Listwaenitt-segment 2:  
 Båtstøa (=496-m-høyden)

0 50 100 m

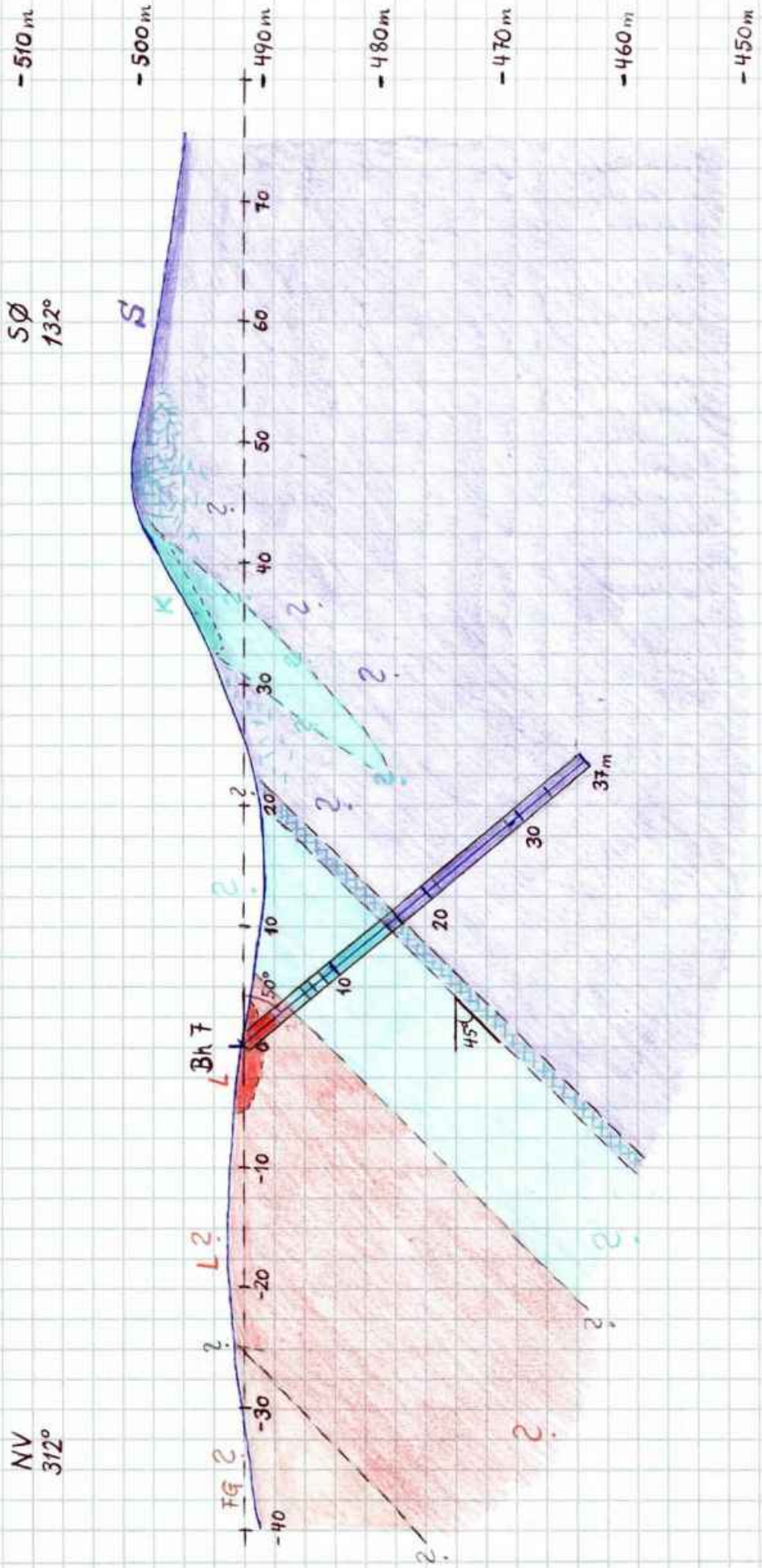


Fig. 4  
 Profil gjennom Bh 7  
 M 1:500  
 Båstø-segmentet

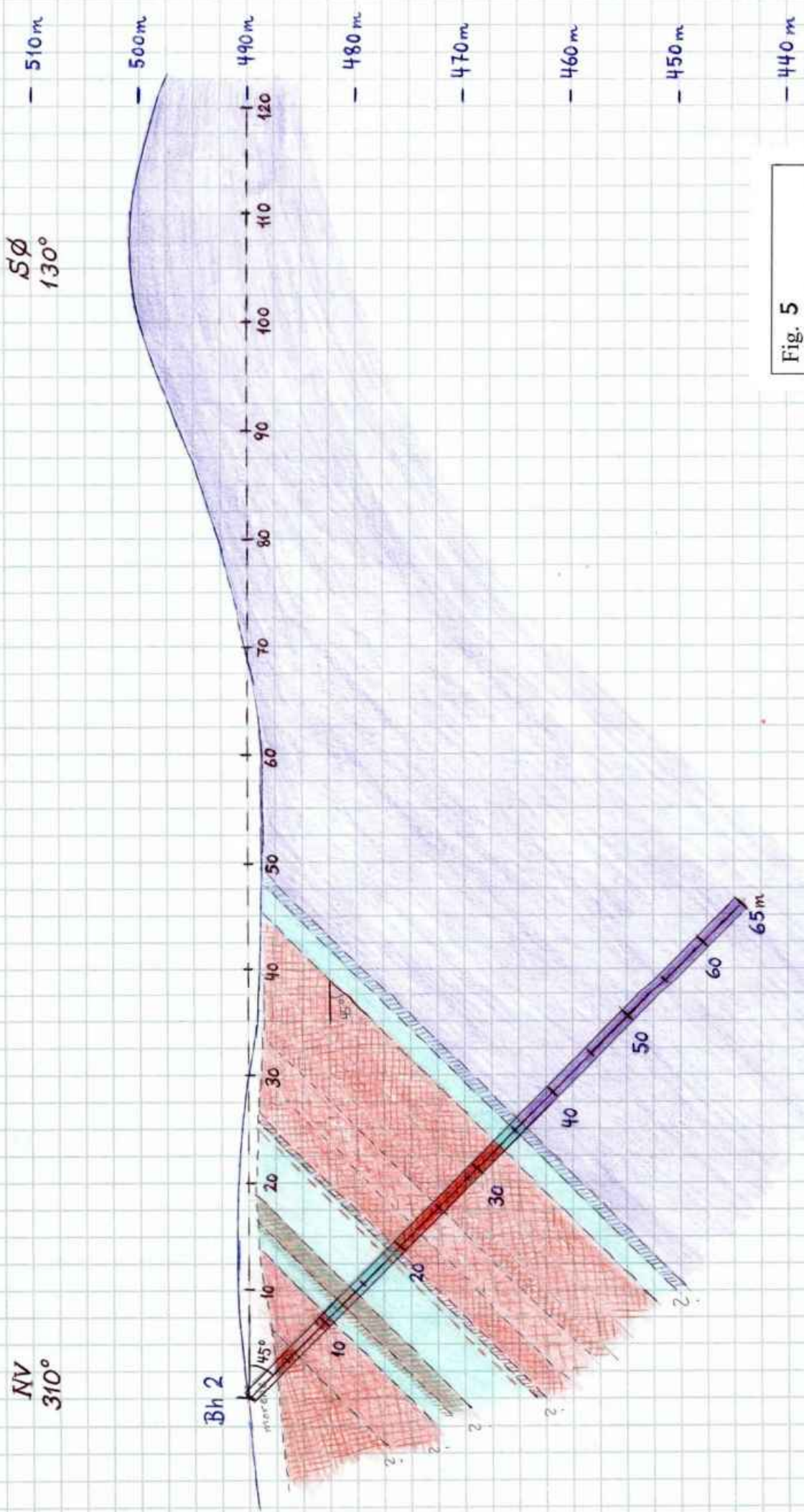


Fig. 5  
 Profil gjennom Bh 2  
 M 1:500  
 Båstø-segmentet



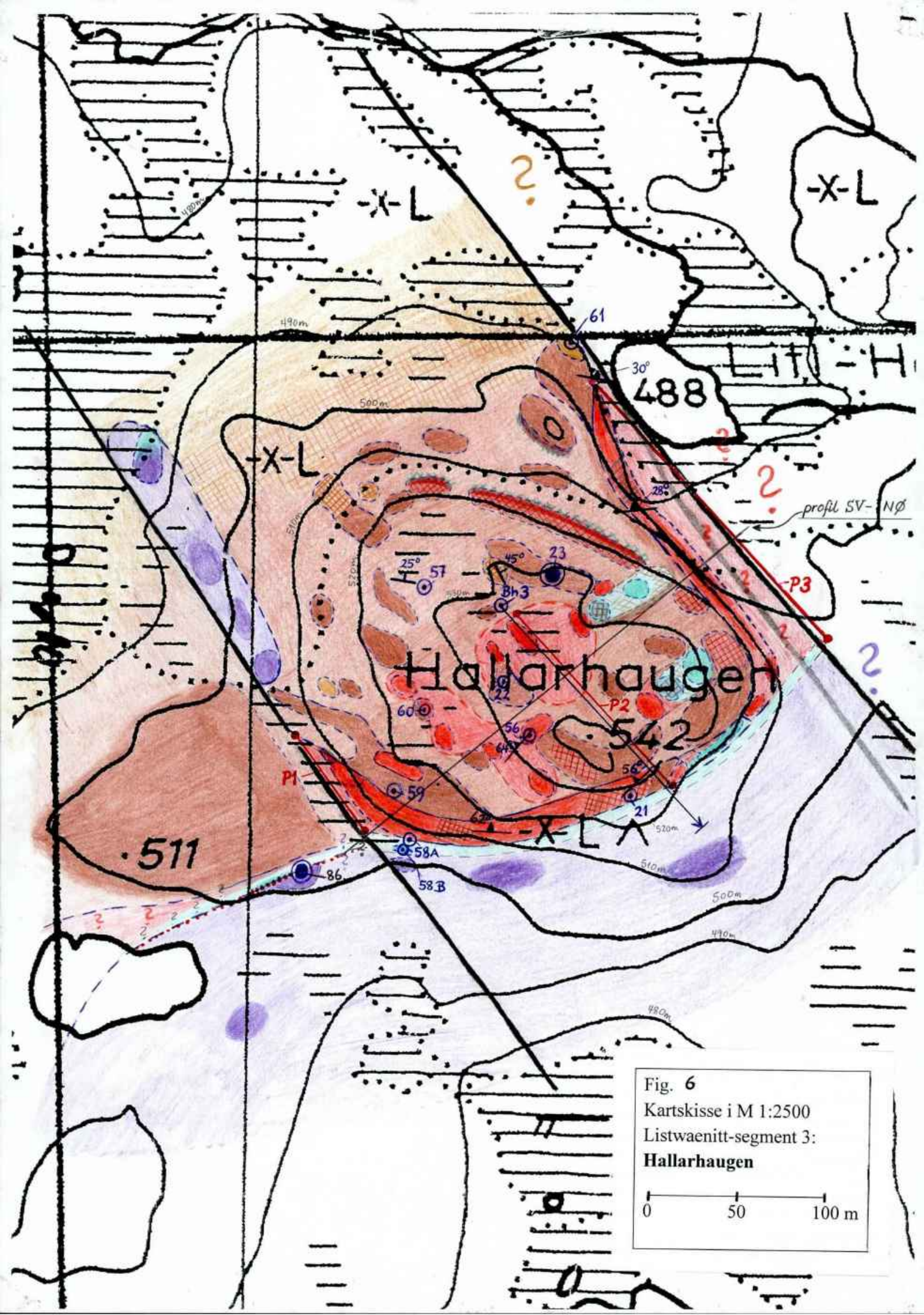


Fig. 6  
 Kartskisse i M 1:2500  
 Listwaenitt-segment 3:  
**Hallarhaugen**  
 0 50 100 m

NV  
3/5°

SØ  
135°

- 550 m  
- 540 m  
- 530 m  
- 520 m  
- 510 m  
- 500 m  
- 490 m  
- 480 m  
- 470 m  
- 460 m  
- 450 m  
- 440 m

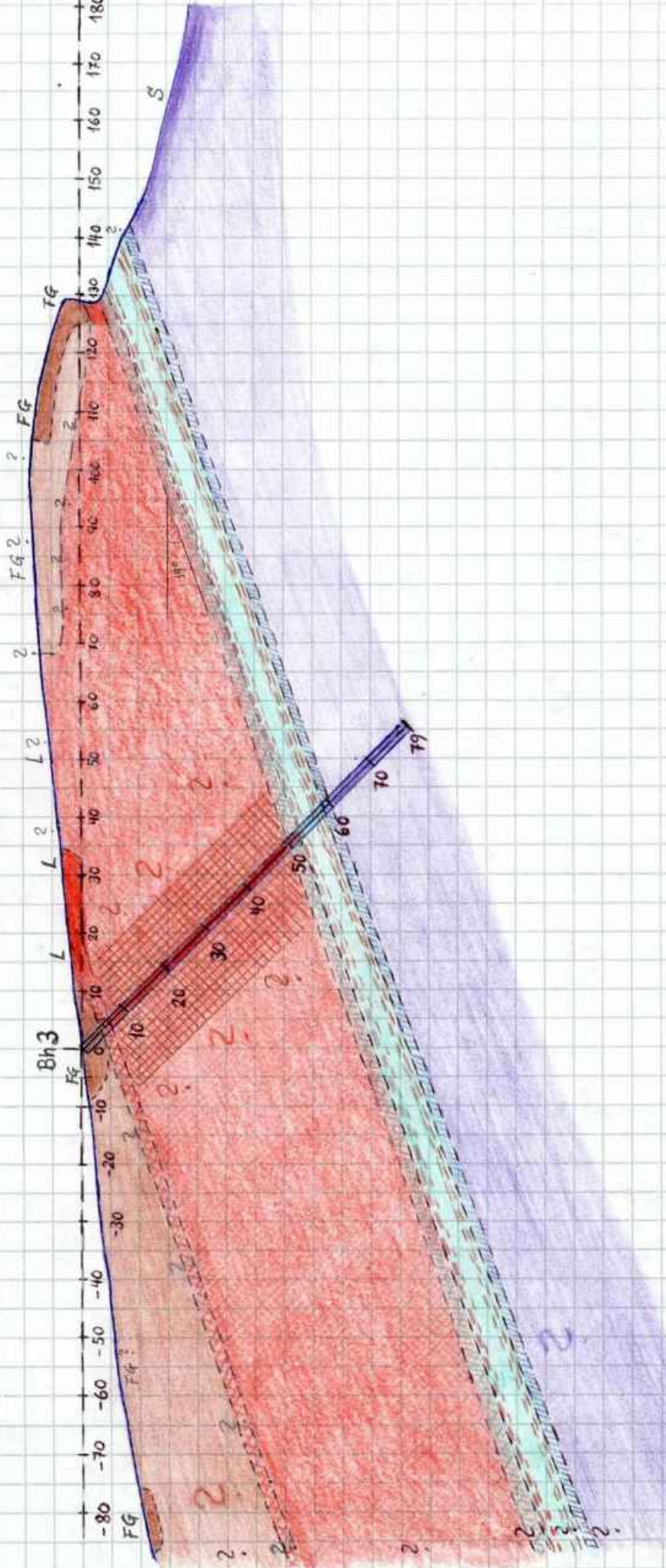


Fig. 7  
Profil gjennom Bh 3  
M 1:1000  
Hallarhaugen

SV  
230°

NØ  
50°

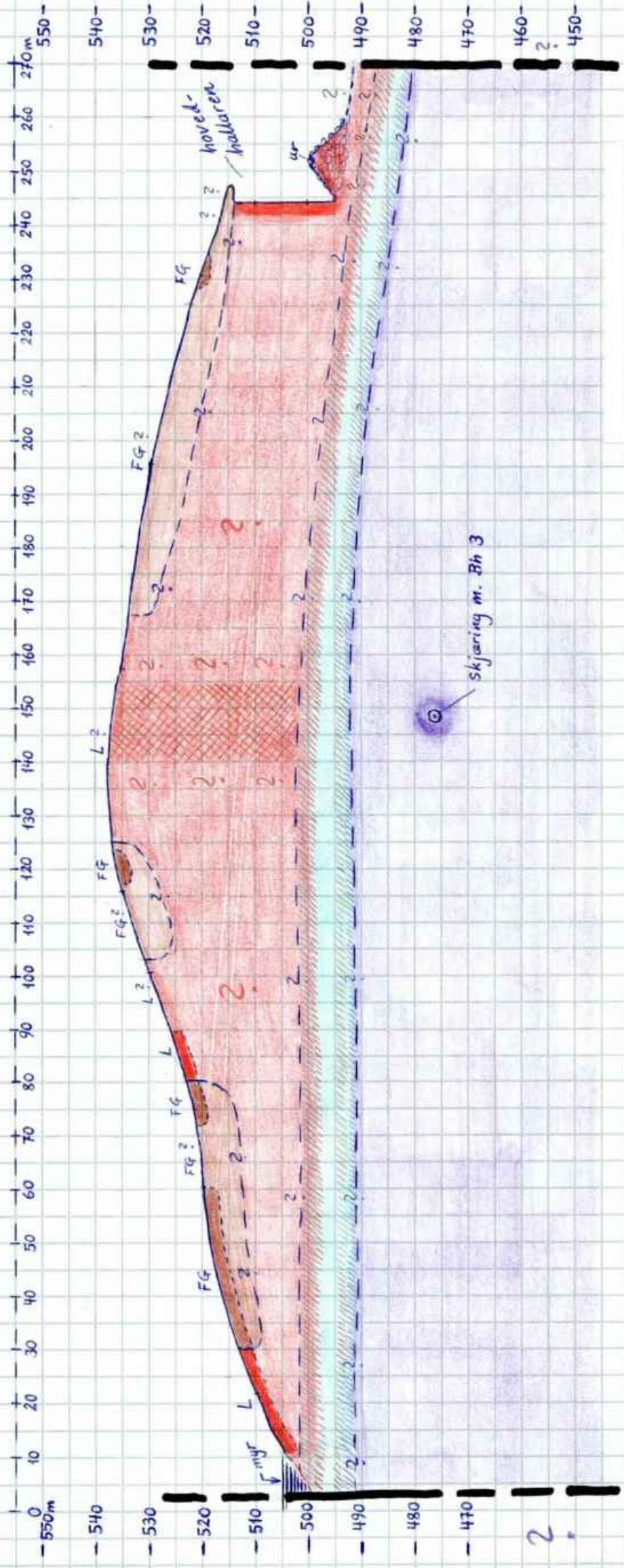
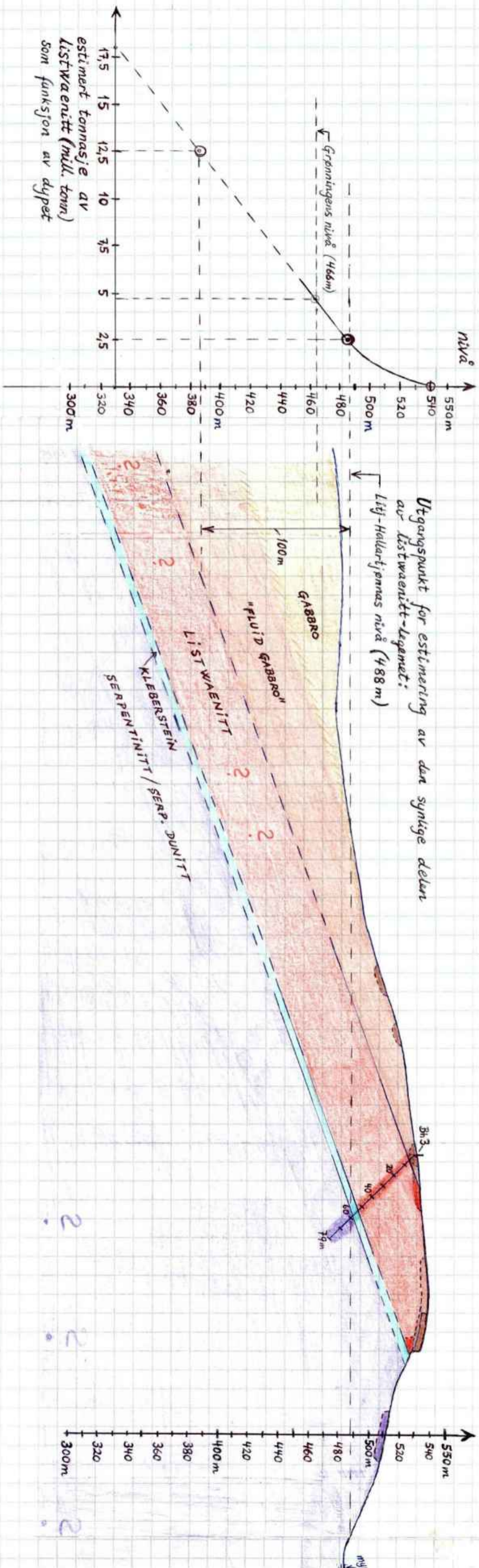


Fig. 8  
M 1:1000  
Profil SV - NØ gjennom  
Hallarhaugen,  
(85° vinkel med profilet  
gjennom Bh 3)

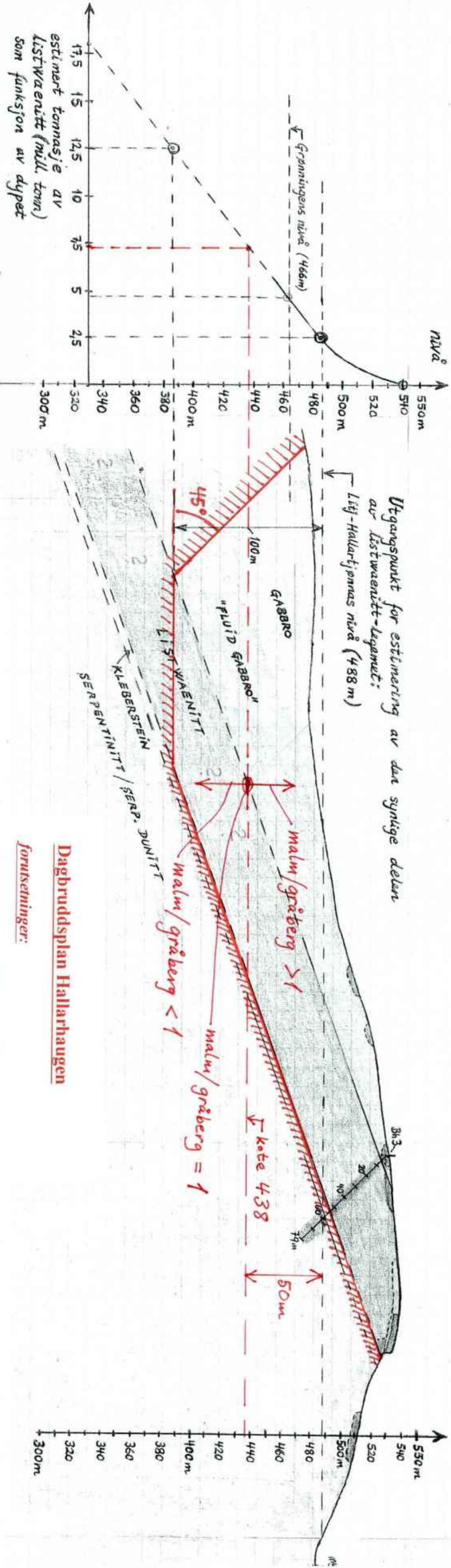
NV  
315°

SØ  
135°



bergartsinndelingen er her noe forenklet ved at overgangsbergarter er slått sammen med hovedbergartene

Fig. 9  
M 1:2500  
Profil gjennom Bh 3 samt estimert tomnasje av listwaenitt som funksjon av dyppet på Hallarhaugen



Estimering av maln/gråberg-forholdet:

De første ca. 7 - 8 mill. tonn maln (listwaenitt) drives ut med et maln/gråberg-forhold  $> 1$

De neste ca. 4,5 - 5,5 mill. tonn maln drives ut med et maln/gråberg-forhold  $< 1$

NB! Malnbelegget er her misbrukt. Det er her kun benyttet for å vise volumforholdet mellom listwaenitt (flg-risogflet) og gråbergandelen ved brytning

bergartsindelingen er her noe forenklet ved at overgangsbergarter er slått sammen med hovedbergartene

Dagbruddsplan Hallarhaugen

forutsetninger:

- forutsetter jevnt fall på ca. 20° mot NV
- forekomsten er begrenset av de to parallelle steile forkastningene mot h. v. SV og NO
- drift langs etter liggplanet (teoretisk) fram til utgaende i SO
- den viktigste, men samtidig også mest usikre faktor: at listwaenittkroppens form og mektighet holder seg konstant mot dypet

(Jfr. også Fig. 11)

Fig. 10  
M 1:2500  
Profil gjennom Bh 3 samt estimert tonnasje av listwaenitt som funksjon av dypet på Hallarhaugen

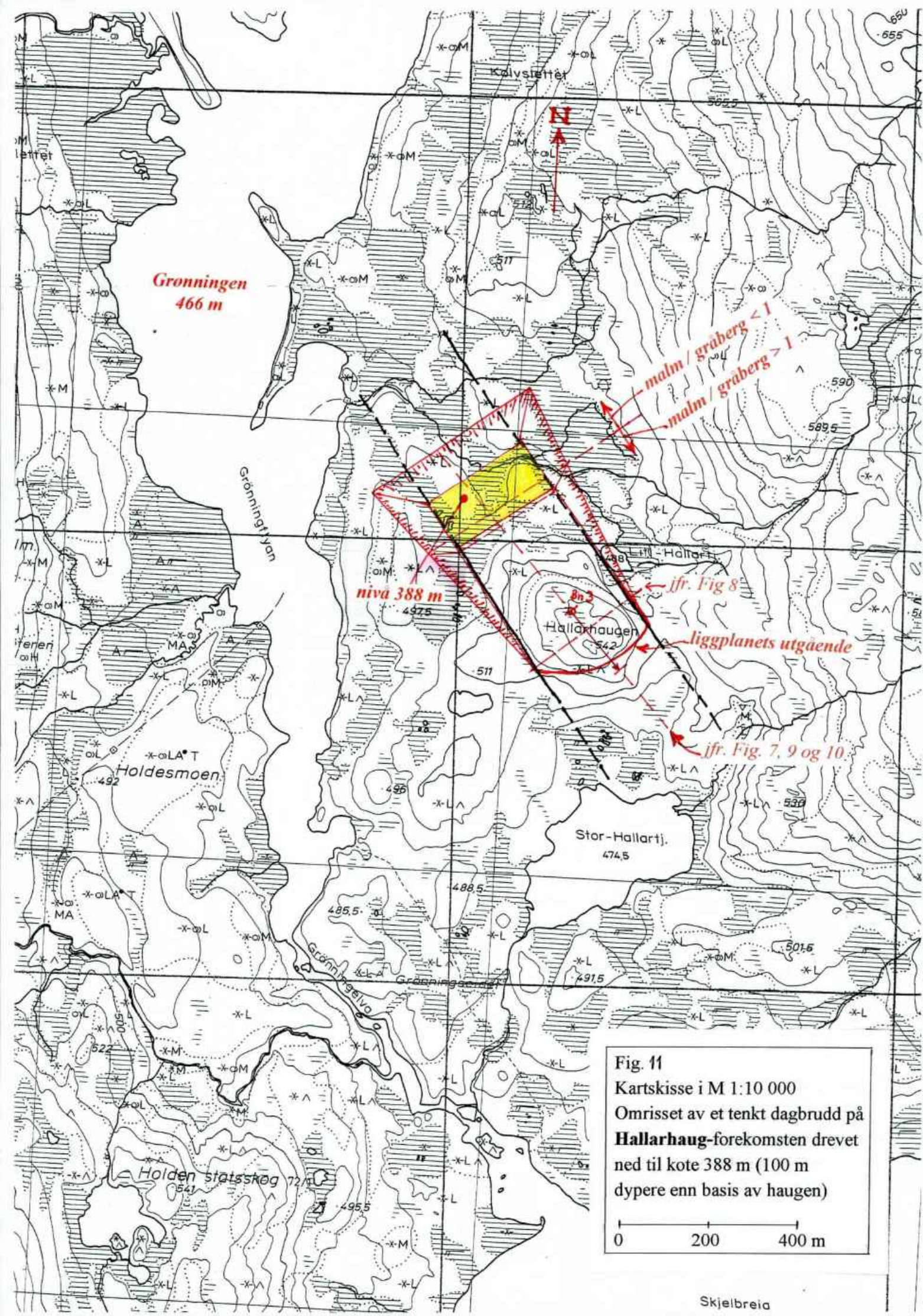


Fig. 11

Kartskisse i M 1:10 000

Omrisset av et tenkt dagbrudd på Hallarhaug-forekomsten drevet ned til kote 388 m (100 m dypere enn basis av haugen)

0 200 400 m

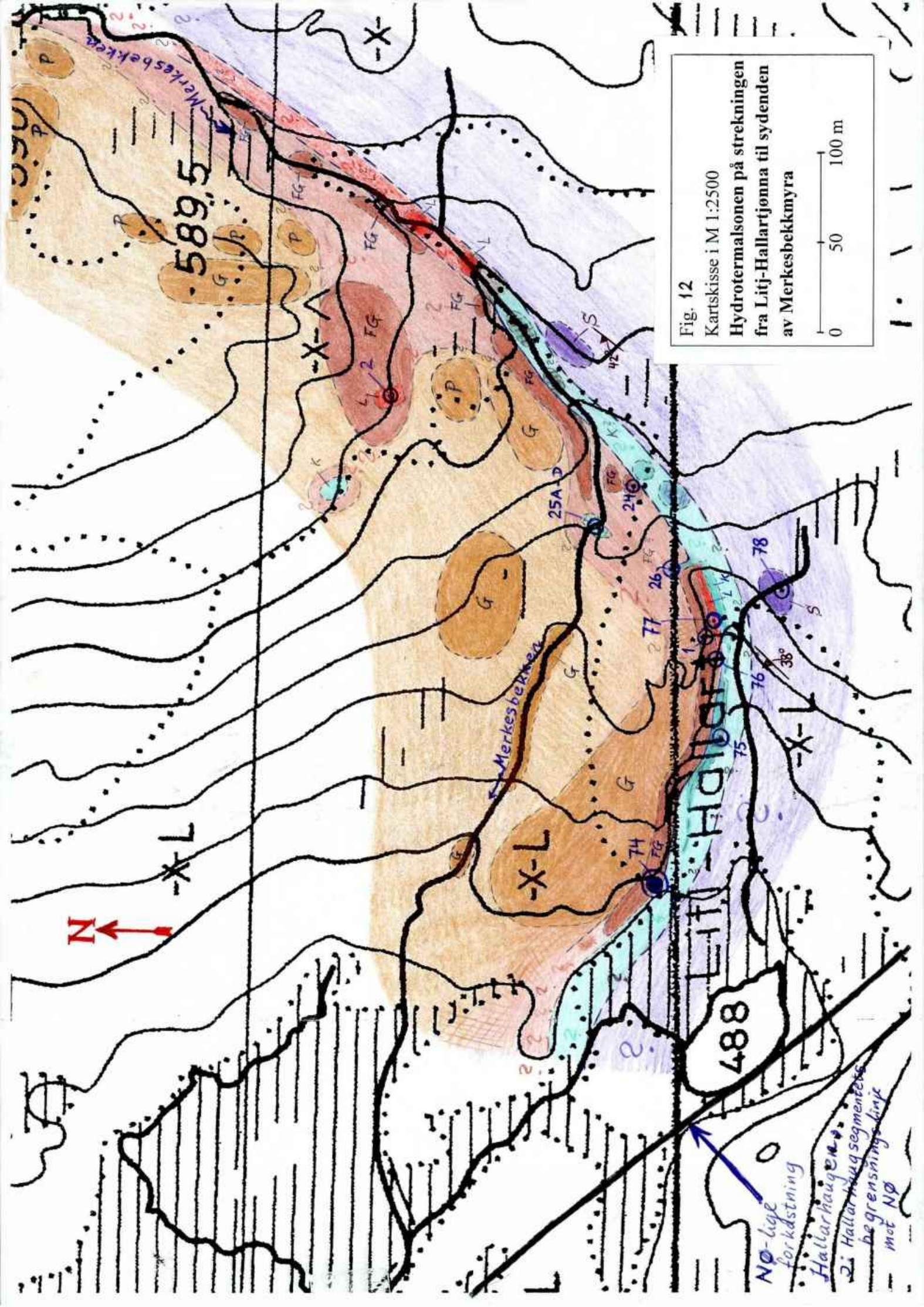


Fig. 12

Kartskisse i M 1:2500

Hydrotermalsonen på strekningen fra Litj-Hallartjønna til sydden av Merkesbekkmyra



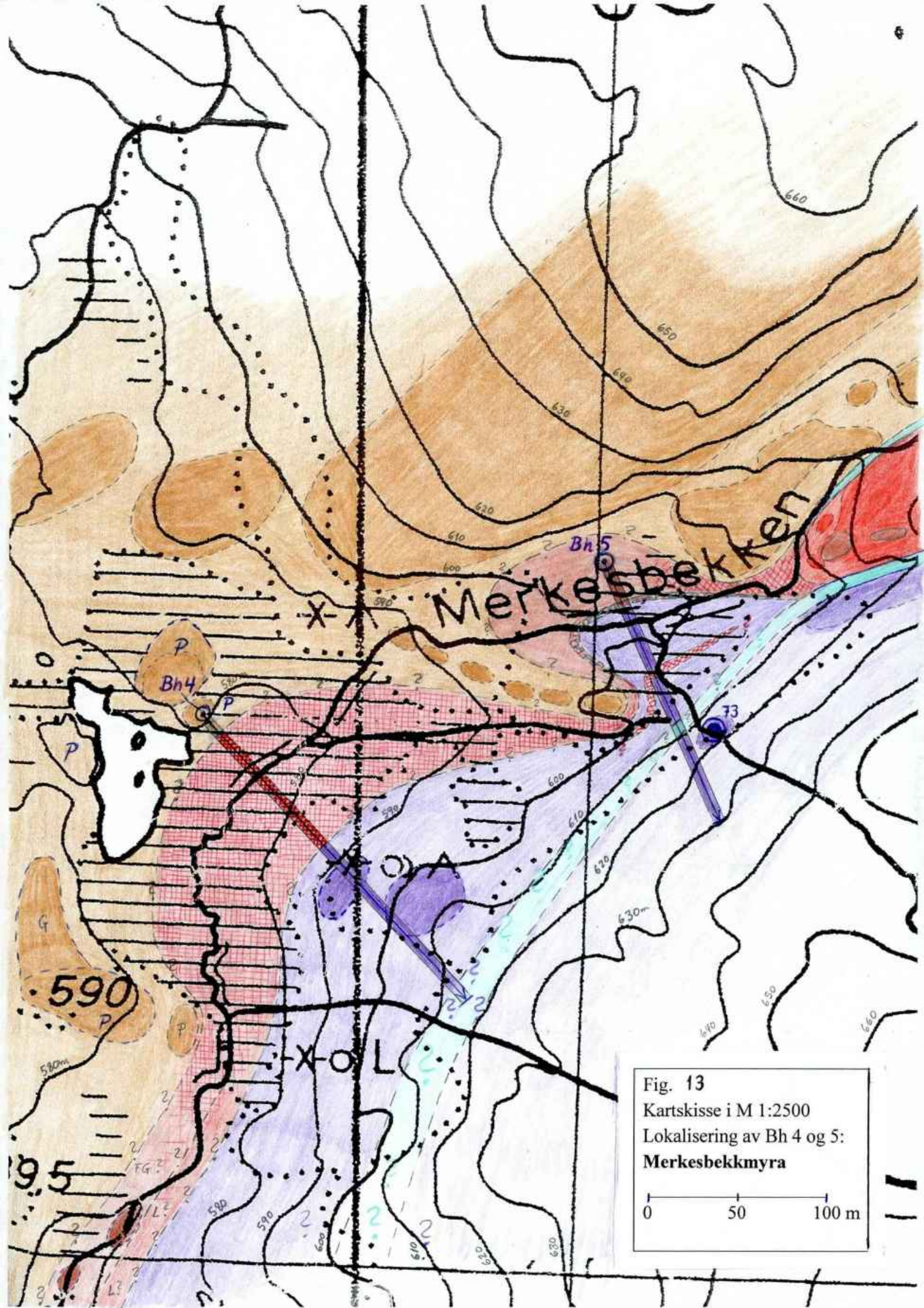


Fig. 13  
Kartskisse i M 1:2500  
Lokalisering av Bh 4 og 5:  
**Merkesbekkmyra**

0 50 100 m



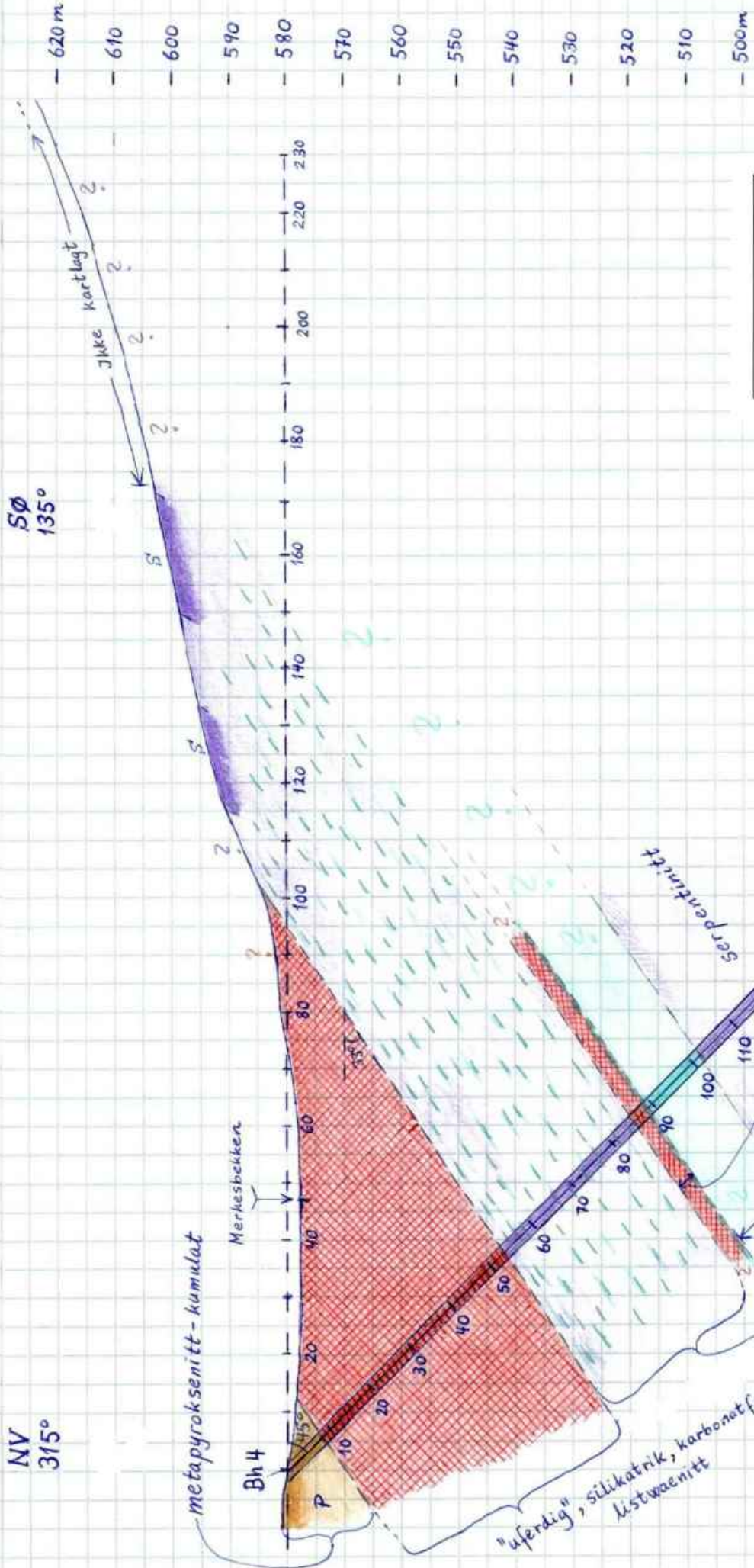


Fig. 14  
 Profil gjennom Bh 4  
 M 1:1000  
 Merkesbekkmyra

metapyroksenitt-kumulat  
 Merkesbekken  
 "uferdig", silikatrik, karbonatfattig listwaenitt  
 Serpentinitt med varierende grad av hydrotermal omvandling. Noe talk og karbonat  
 Vesentlig en talkrik, god kleberstein  
 Svakt listwaenitt-omvandlet gabbro

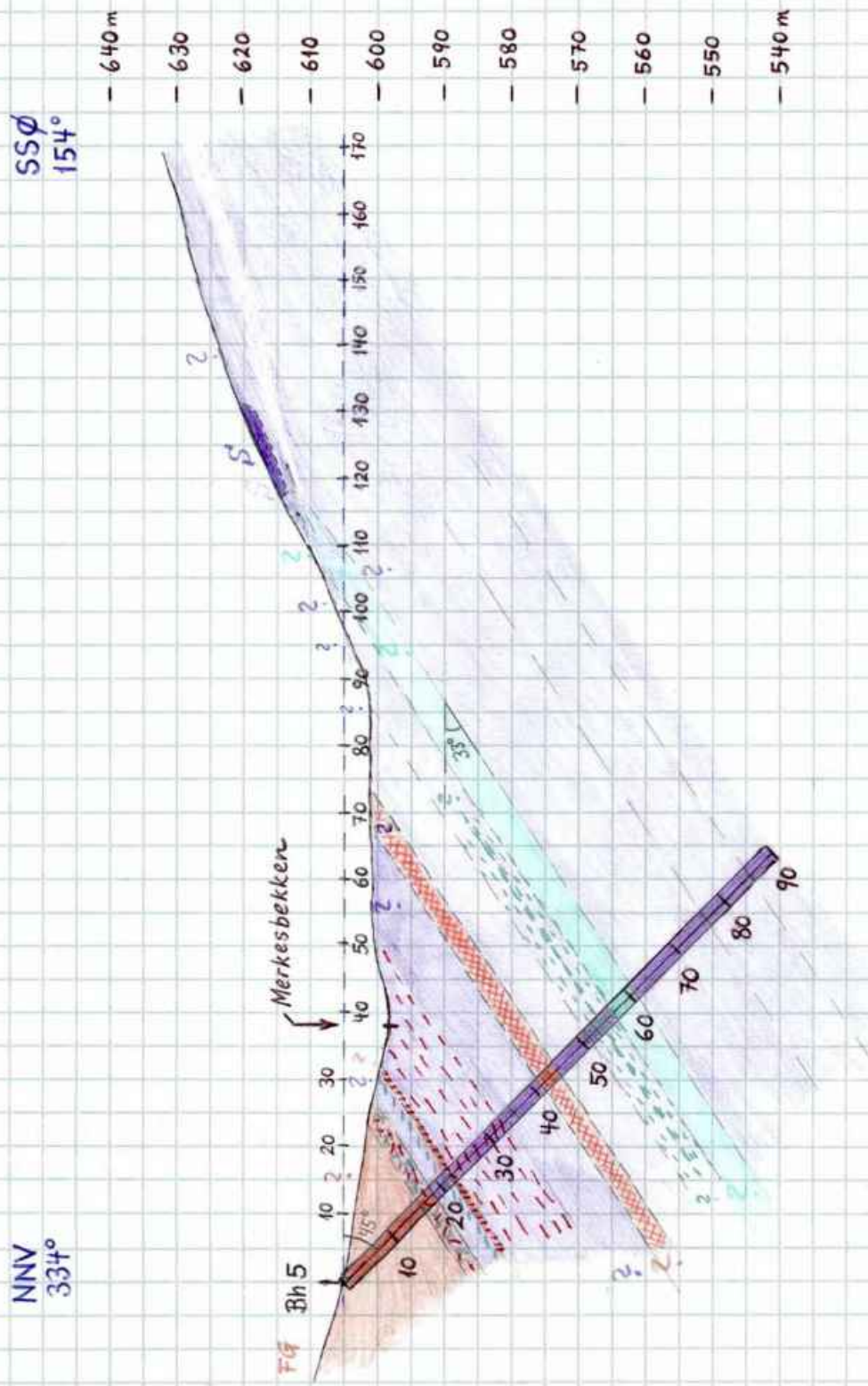


Fig. 15  
 Profil gjennom Bh 5  
 M 1:1000  
 Merkesbekkmyra

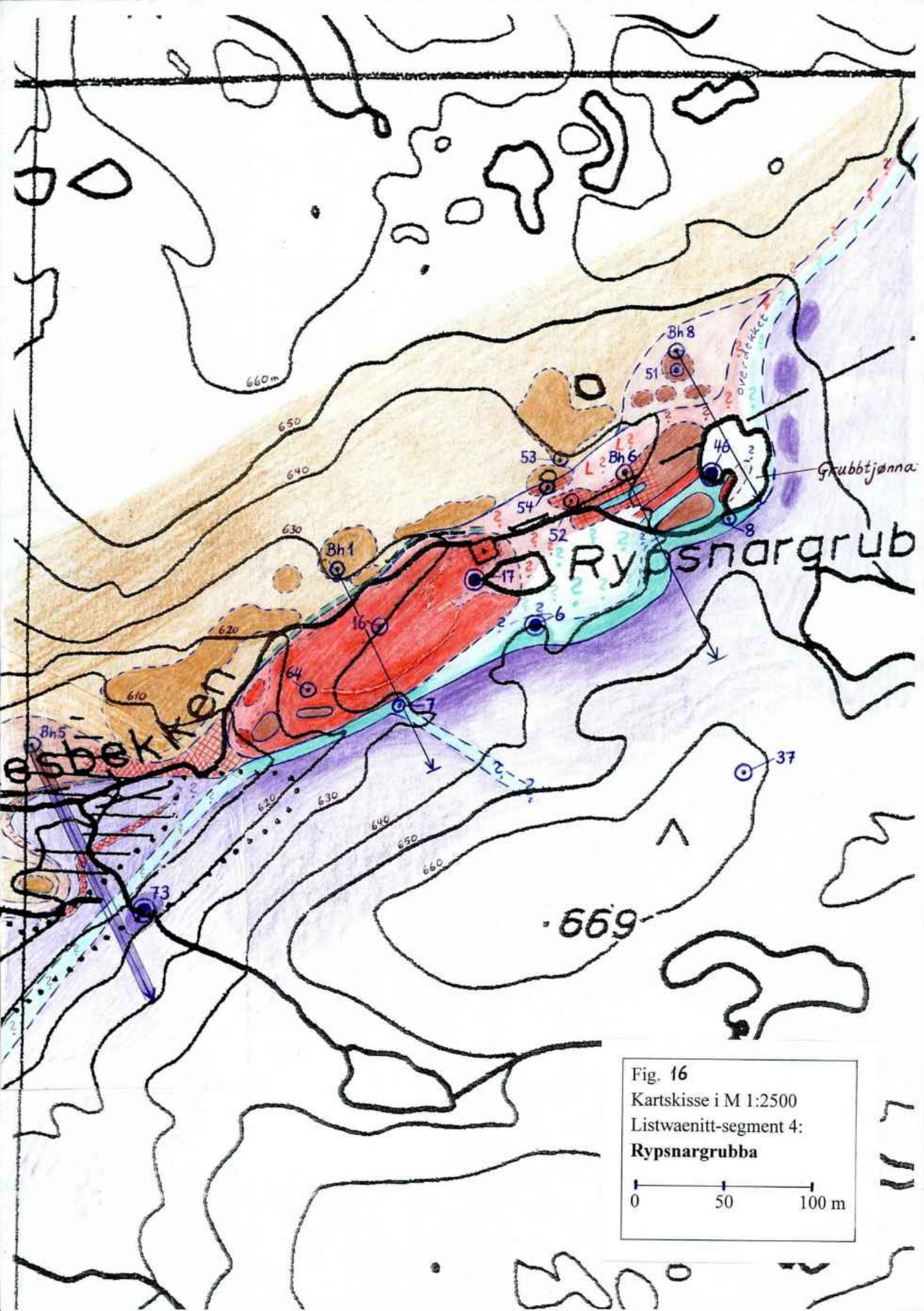


Fig. 16  
 Kartskisse i M 1:2500  
 Listwaenitt-segment 4:  
**Rypsnargrubba**

0 50 100 m

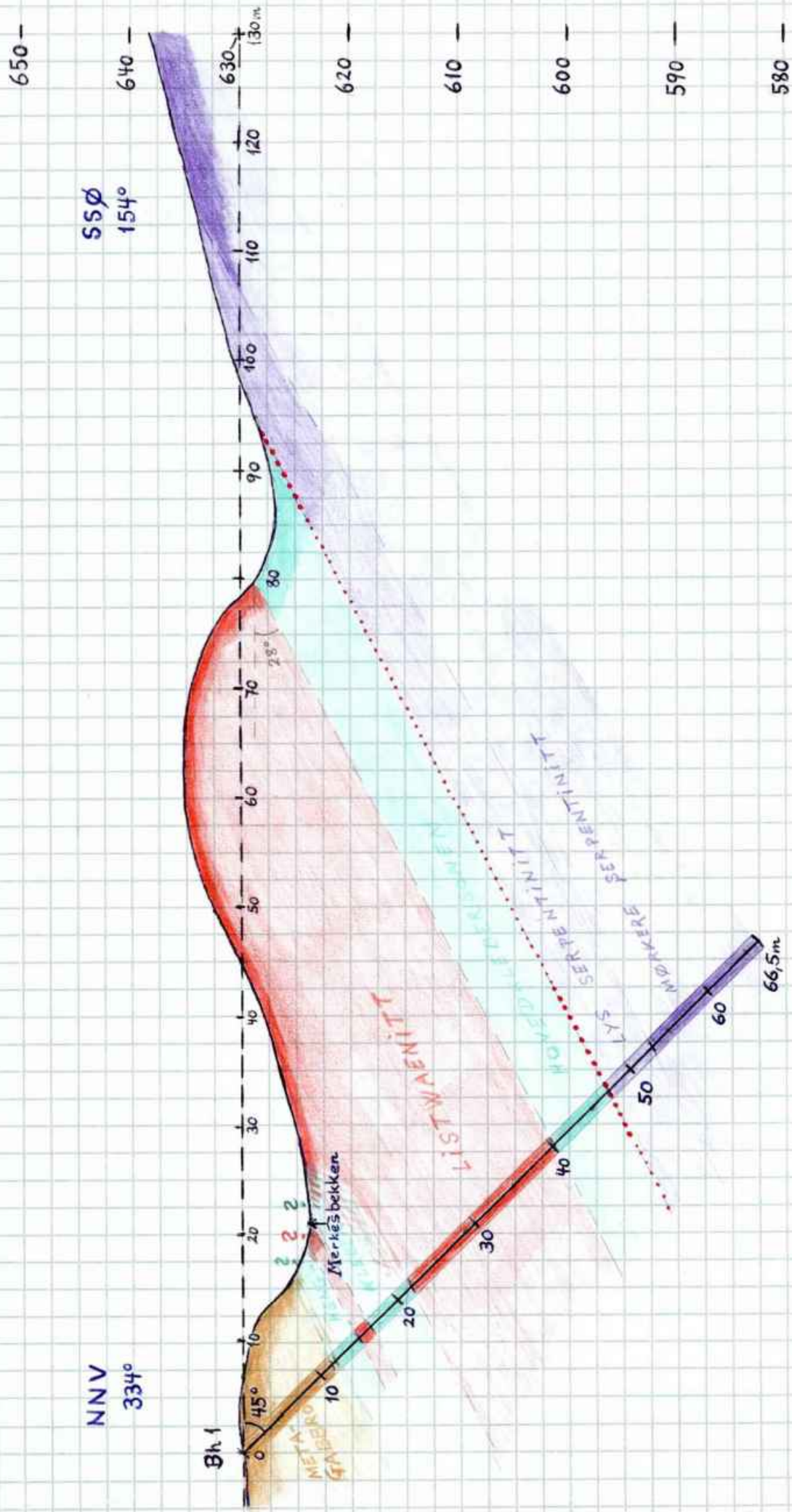
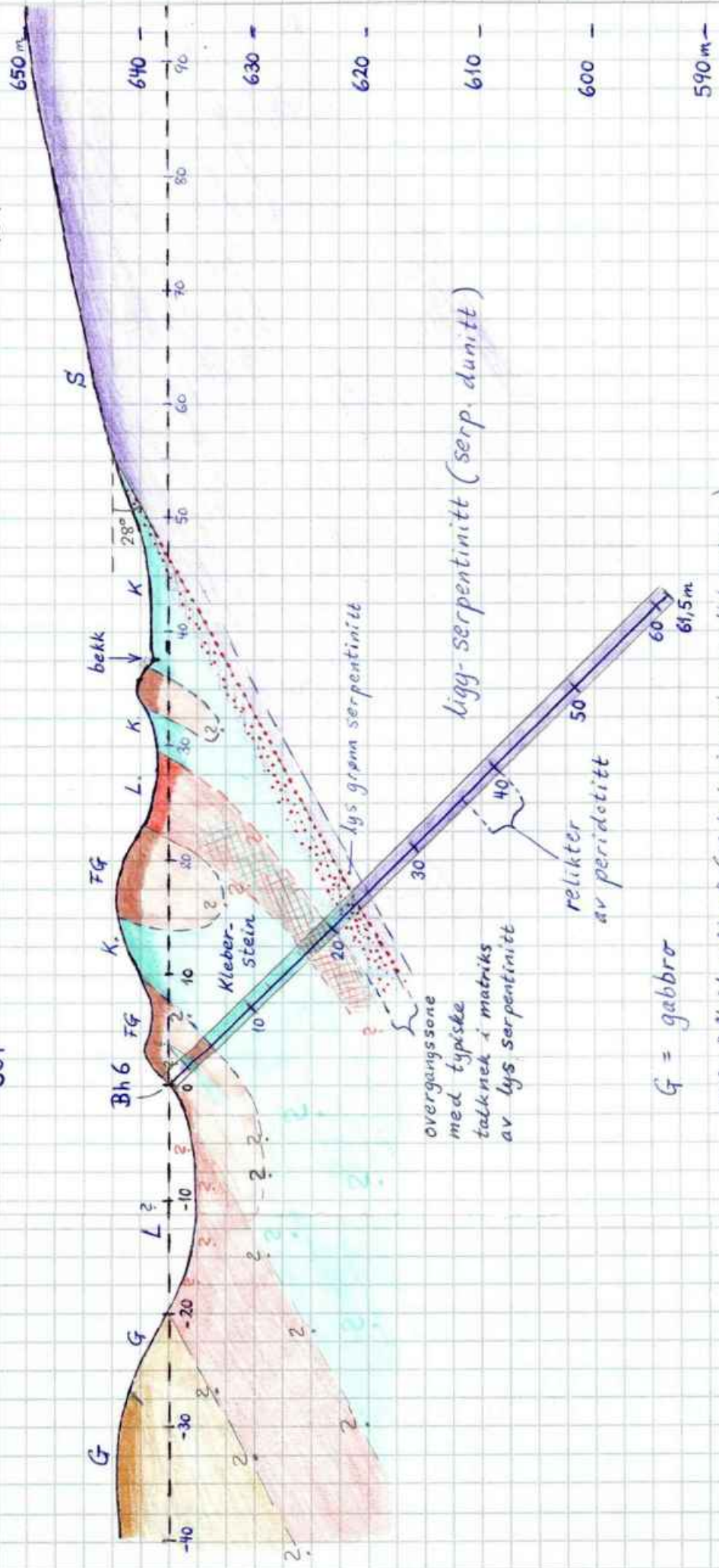


Fig. 17  
 Profil gjennom Bh 1  
 M 1:500  
 Listwaenitt-segment 4  
**Rypsnargrubba**

NNV  
334°

SSØ  
154°



**Fig. 18**  
 Profil gjennom Bh 6  
 M 1:500  
 Midtre del av  
 klebersteinsområdet i  
**Rypsnargrubba**

G = gabbro

FG = "fluid gabbro" (?: hydrotermalomvandlet gabbro)

L = listvaenitt

K = kleberstein

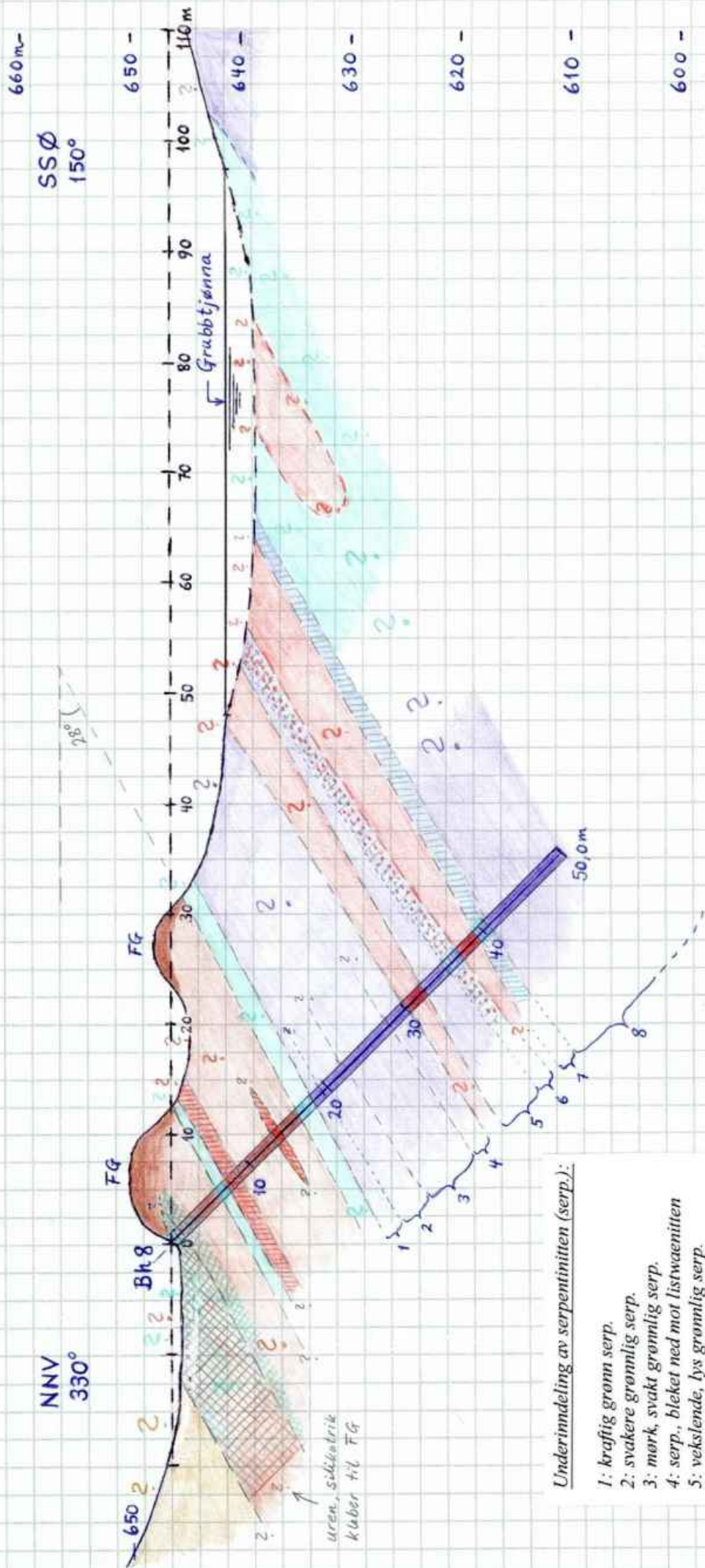


Fig. 19  
 Profil gjennom Bh 8  
 M 1:500  
 Øverste del av  
 klebersteinsområdet i  
**Rypsnargrubba**

Underinndeling av serpentiniten (serp.):

- 1: kraftig grønn serp.
- 2: svakere grønnlig serp.
- 3: mørk, svakt grønnlig serp.
- 4: serp., bleket ned mot listwaenitten
- 5: vekslende, lys grønnlig serp.
- 6: serp. m. talknek, typisk ligg-serp.
- 7: lys serp. m. talk
- 8: mørk ligg-serp., tegn til hydrotermal påvirkning helt ned til 49,60 m

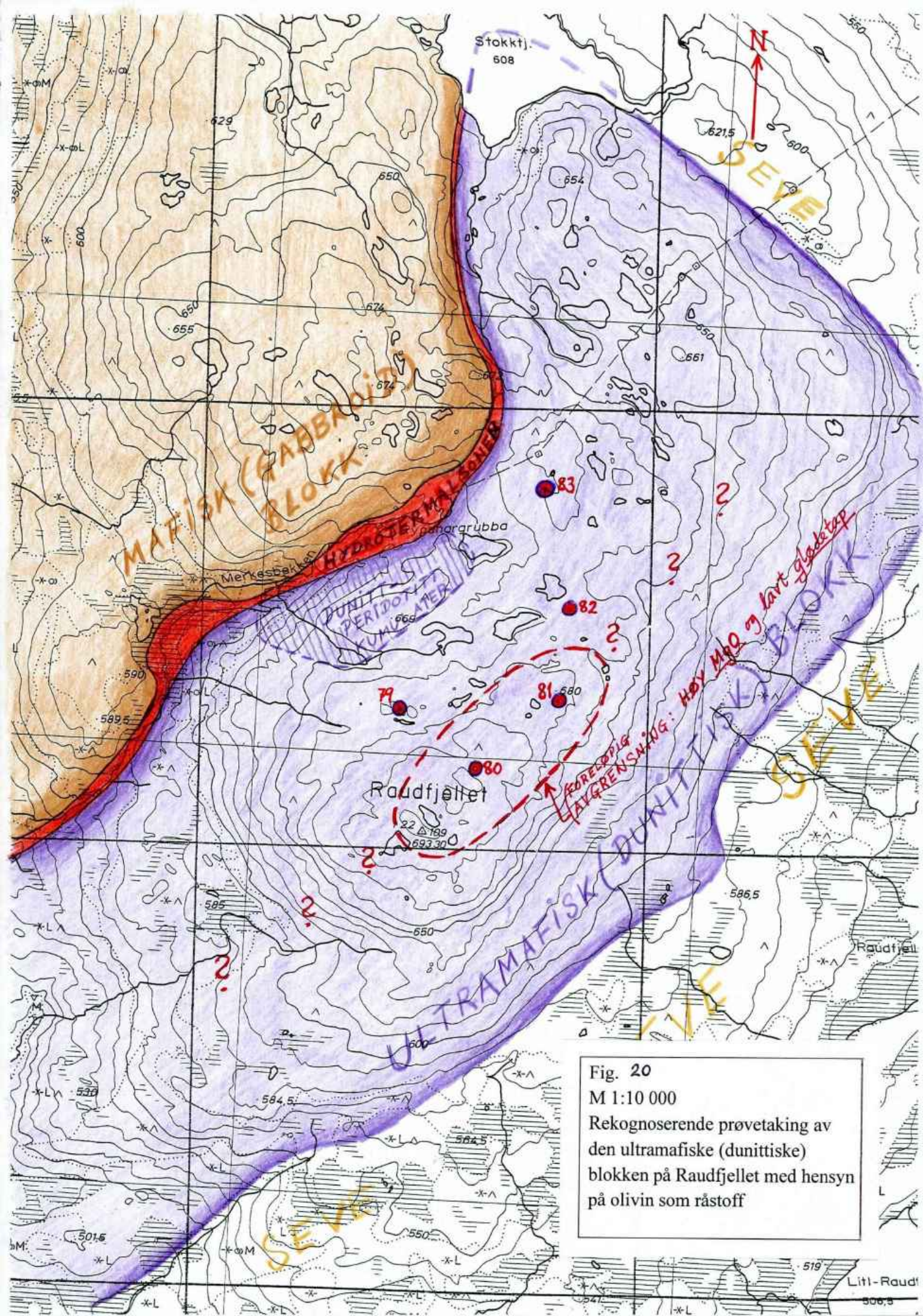
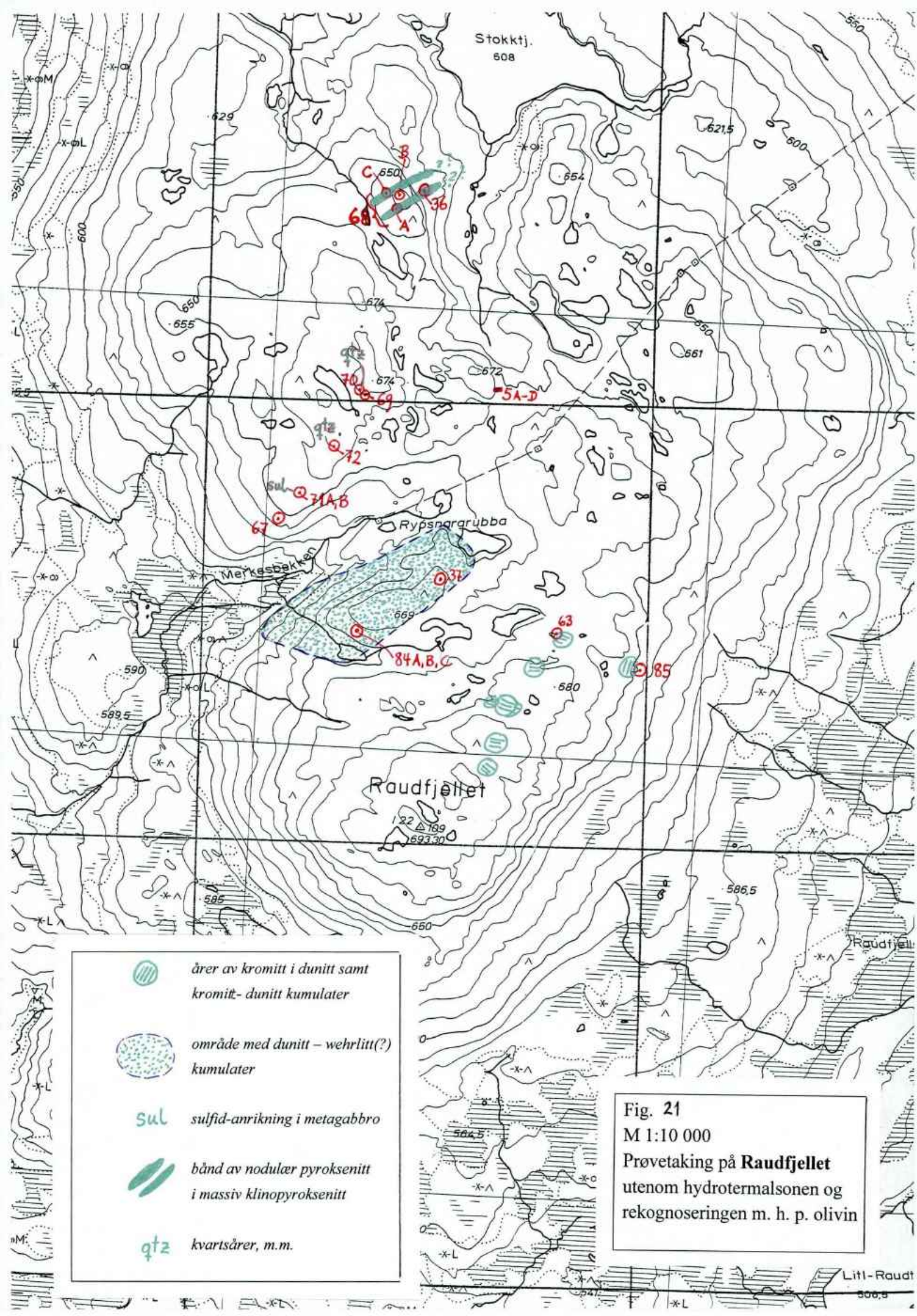


Fig. 20  
 M 1:10 000  
 Rekognoserende prøvetaking av  
 den ultramafiske (dunittske)  
 blokken på Raudfjellet med hensyn  
 på olivin som råstoff



-  årer av kromitt i dunitt samt kromitt- dunitt kumulater
-  område med dunitt – wehrlitt(?) kumulater
- sul* sulfid-anrikning i metagabbro
-  bånd av nodulær pyroksenitt i massiv klinopyroksenitt
- qtz* kvartsårer, m.m.

Fig. 21  
 M 1:10 000  
 Prøvetaking på Raudfjellet  
 utenom hydrotermalsonen og  
 rekognoseringen m. h. p. olivin



**Tabell 1 Prøvelliste over 40 utvalgte borkjerneprøver for diverse analyser**

Løpenr.	Bergart	Borhull - intervall	Kartbl. nr. (UTM:M711)	Koordinater		
				Øst	Nord	Sone
1	listwaenitt	Bh1-21,70-24,00m	1823-2	397300	7109730	33
2	listwaenitt	Bh1-24,00-27,00m	1823-2	397300	7109730	33
3	listwaenitt	Bh1-27,00-30,00m	1823-2	397300	7109730	33
4	listwaenitt	Bh1-30,00-32,00m	1823-2	397300	7109730	33
5	listwaenitt	Bh1-32,00-34,00m	1823-2	397300	7109730	33
6	listwaenitt	Bh1-34,00-36,00m	1823-2	397300	7109730	33
7	listwaenitt	Bh1-36,00-39,00m	1823-2	397300	7109730	33
8	listwaenitt	Bh1-39,00-40,00m	1823-2	397300	7109730	33
9	listwaenitt	Bh2-19,30-22,00m	1823-2	395865	7108555	33
10	listwaenitt	Bh2-22,00-25,00m	1823-2	395865	7108555	33
11	listwaenitt	Bh2-25,00-26,60m	1823-2	395865	7108555	33
12	listwaenitt	Bh2-26,60-29,25m	1823-2	395865	7108555	33
13	listwaenitt	Bh2-29,25-32,85m	1823-2	395865	7108555	33
14	listwaenitt	Bh3-10,00-13,00m	1823-2	396250	7108845	33
15	listwaenitt	Bh3-13,00-15,20m	1823-2	396250	7108845	33
16	listwaenitt	Bh3-15,20-18,00m	1823-2	396250	7108845	33
17	listwaenitt	Bh3-18,00-21,00m	1823-2	396250	7108845	33
18	listwaenitt	Bh3-21,00-24,00m	1823-2	396250	7108845	33
19	listwaenitt	Bh3-24,00-27,00m	1823-2	396250	7108845	33
20	listwaenitt	Bh3-27,00-30,00m	1823-2	396250	7108845	33
21	listwaenitt	Bh3-30,00-33,00m	1823-2	396250	7108845	33
22	listwaenitt	Bh3-33,00-35,00m	1823-2	396250	7108845	33
23	listwaenitt	Bh3-35,00-37,10m	1823-2	396250	7108845	33
24	listwaenitt	Bh3-37,10-40,00m	1823-2	396250	7108845	33
25	listwaenitt	Bh3-40,00-43,00m	1823-2	396250	7108845	33
26	listwaenitt	Bh3-43,00-45,00m	1823-2	396250	7108845	33
27	listwaenitt	Bh3-45,00-47,10m	1823-2	396250	7108845	33
28	listwaenitt	Bh3-47,10-48,80m	1823-2	396250	7108845	33
29	listwaenitt	Bh3-48,80-50,10m	1823-2	396250	7108845	33
30	fink. grønn omv. ba.	Bh4-15,00-18,00m	1823-2	396915	7109530	33
31	fink. grønn omv. ba.	Bh4-27,00-30,00m	1823-2	396915	7109530	33
32	fink. grønn omv. ba.	Bh4-36,00-39,00m	1823-2	396915	7109530	33
33	fink. grønn omv. ba.	Bh4-51,50-53,50m	1823-2	396915	7109530	33
34	kleberstein	Bh4-90,00-91,00m	1823-2	396915	7109530	33
35	kleberstein	Bh4-98,00-100,00m	1823-2	396915	7109530	33
36	kleberstein	Bh5-57,00-59,00m	1823-2	397130	7109625	33
37	kleberstein	Bh6-14,00-16,00m	1823-2	397465	7109770	33
38	kleberstein	Bh6-17,00-17,85m	1823-2	397465	7109770	33
39	kleberstein	Bh7-11,00-12,00m	1823-2	395890	7108490	33
40	listwaenitt	Bh8-30,30-32,50m	1823-2	397500	7109815	33

**Tabell 2 XRF-analyse av hovedelementer**

Innhold i vekt-%

L.nr.	Borhull - intervall	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	MgO	CaO	Na2O	K2O	MnO	P2O5	Gl,tap	Sum
1	Bh1-21,70-24,00m	32,69	0,49	6,81	0,01	27,28	0,87	<0,10	<0,01	0,10	<0,01	31,54	99,75
2	Bh1-24,00-27,00m	25,29	2,31	7,66	0,04	28,65	2,94	<0,10	<0,01	0,11	0,02	32,58	99,54
3	Bh1-27,00-30,00m	30,06	1,92	6,99	0,03	26,03	3,18	<0,10	<0,01	0,10	0,02	30,85	99,14
4	Bh1-30,00-32,00m	24,78	2,35	7,62	0,03	27,50	3,39	<0,10	<0,01	0,11	0,02	33,33	99,09
5	Bh1-32,00-34,00m	37,08	0,35	6,73	0,01	24,80	2,28	<0,10	<0,01	0,08	0,01	29,70	99,81
6	Bh1-34,00-36,00m	28,52	0,45	6,50	0,01	29,40	1,77	<0,10	<0,01	0,10	<0,01	33,03	99,77
7	Bh1-36,00-39,00m	27,79	0,46	7,09	0,01	32,43	3,38	<0,10	<0,01	0,10	0,02	28,23	99,46
8	Bh1-39,00-40,00m	29,72	0,46	7,95	0,01	34,26	1,35	<0,10	<0,01	0,10	<0,01	25,63	99,45
9	Bh2-19,30-22,00m	27,27	1,50	5,91	0,04	22,40	11,00	<0,10	<0,01	0,10	0,10	30,44	98,68
10	Bh2-22,00-25,00m	21,90	1,39	6,82	0,03	27,30	6,71	<0,10	<0,01	0,11	0,05	35,16	99,42
11	Bh2-25,00-26,60m	37,83	1,14	6,13	0,03	24,15	5,01	<0,10	<0,01	0,10	0,03	25,10	99,48
12	Bh2-26,60-29,25m	31,25	8,96	5,46	0,06	16,59	11,67	0,33	0,69	0,08	0,10	23,92	99,10
13	Bh2-29,25-32,85m	33,75	0,71	6,40	0,02	25,96	4,86	<0,10	<0,01	0,11	0,03	27,29	99,13
14	Bh3-10,00-13,00m	37,19	12,61	5,02	0,08	11,77	10,88	0,23	0,70	0,09	0,09	21,03	99,71
15	Bh3-13,00-15,20m	42,29	0,80	6,75	0,02	23,01	1,16	<0,10	<0,01	0,10	<0,01	26,18	100,29
16	Bh3-15,20-18,00m	27,95	3,88	7,68	0,03	25,48	4,19	<0,10	<0,01	0,11	0,03	30,31	99,45
17	Bh3-18,00-21,00m	30,55	0,86	7,96	0,02	26,98	1,12	<0,10	<0,01	0,12	<0,01	32,35	99,92
18	Bh3-21,00-24,00m	34,80	1,74	6,73	0,03	24,88	1,76	<0,10	0,08	0,11	<0,01	29,57	99,73
19	Bh3-24,00-27,00m	28,94	2,84	8,21	0,03	26,88	3,14	<0,10	0,02	0,12	0,02	31,95	99,95
20	Bh3-27,00-30,00m	28,71	0,75	7,99	0,02	28,59	1,06	<0,10	<0,01	0,12	<0,01	33,10	100,36
21	Bh3-30,00-33,00m	32,25	0,57	7,06	0,02	26,09	2,18	<0,10	<0,01	0,11	0,01	31,50	99,78
22	Bh3-33,00-35,00m	22,91	0,59	8,34	0,02	28,18	3,92	<0,10	<0,01	0,13	0,03	35,57	99,69
23	Bh3-35,00-37,10m	21,70	0,61	8,57	0,03	30,31	1,90	<0,10	0,02	0,13	<0,01	38,58	99,84
24	Bh3-37,10-40,00m	28,32	1,94	5,92	0,05	20,17	11,22	<0,10	<0,01	0,10	0,10	30,43	98,20
25	Bh3-40,00-43,00m	23,28	1,41	6,63	0,04	22,75	10,24	<0,10	0,02	0,12	0,08	34,03	98,56
26	Bh3-43,00-45,00m	26,44	0,91	7,53	0,02	24,22	7,07	<0,10	<0,01	0,12	0,05	33,19	99,53
27	Bh3-45,00-47,10m	33,37	1,92	7,78	0,02	24,92	5,00	<0,10	<0,01	0,12	0,03	26,27	99,46
28	Bh3-47,10-48,80m	30,74	3,77	6,71	0,03	27,14	3,74	<0,10	<0,01	0,12	0,02	25,55	99,92
29	Bh3-48,80-50,10m	28,39	0,58	9,22	0,01	27,32	2,59	<0,10	<0,01	0,14	0,01	31,69	99,92
30	Bh4-15,00-18,00m	44,38	19,90	4,38	0,08	10,55	15,28	1,03	0,02	0,07	0,13	2,49	98,33
31	Bh4-27,00-30,00m	44,95	19,35	5,13	0,11	10,39	15,16	1,09	0,02	0,09	0,13	2,30	98,72
32	Bh4-36,00-39,00m	44,85	19,17	5,26	0,11	11,32	15,28	1,01	0,03	0,09	0,14	2,30	99,52
33	Bh4-51,50-53,50m	40,93	17,23	5,35	0,12	12,97	18,41	<0,10	<0,01	0,08	0,16	3,88	99,11
34	Bh4-90,00-91,00m	32,14	2,65	8,58	0,04	31,11	1,96	<0,10	<0,01	0,11	<0,01	21,70	98,29
35	Bh4-98,00-100,00m	32,34	11,70	6,43	0,05	22,35	9,65	0,83	0,24	0,09	0,08	15,15	98,91
36	Bh5-57,00-59,00m	20,61	0,86	8,38	0,02	34,52	2,77	<0,10	<0,01	0,14	0,01	30,88	98,21
37	Bh6-14,00-16,00m	30,21	0,42	7,01	0,01	33,52	1,62	<0,10	<0,01	0,10	<0,01	26,48	99,36
38	Bh6-17,00-17,85m	36,82	0,60	6,44	0,02	29,59	5,06	<0,10	<0,01	0,10	0,03	20,16	98,83
39	Bh7-11,00-12,00m	30,83	0,51	7,11	0,01	33,78	0,94	<0,10	<0,01	0,10	<0,01	25,50	98,75
40	Bh8-30,30-32,50m	5,37	0,33	7,78	0,01	34,72	5,46	<0,10	<0,01	0,12	0,04	44,25	98,04

**Tabell 3 Syreløselig CaO og MgO**

Innhold i vekt-%

Løpenr.	Borhull - intervall	CaO	MgO
1	Bh1-21,70-24,00m	0,70	25,37
2	Bh1-24,00-27,00m	2,64	24,43
3	Bh1-27,00-30,00m	2,97	22,87
4	Bh1-30,00-32,00m	3,08	24,66
5	Bh1-32,00-34,00m	1,99	23,36
6	Bh1-34,00-36,00m	1,49	26,08
7	Bh1-36,00-39,00m	3,08	20,01
8	Bh1-39,00-40,00m	0,84	19,42
9	Bh2-19,30-22,00m	10,68	17,56
10	Bh2-22,00-25,00m	6,14	24,72
11	Bh2-25,00-26,60m	4,77	16,69
12	Bh2-26,60-29,25m	11,24	11,05
13	Bh2-29,25-32,85m	4,37	18,70
14	Bh3-10,00-13,00m	10,37	9,98
15	Bh3-13,00-15,20m	1,07	20,24
16	Bh3-15,20-18,00m	3,79	21,07
17	Bh3-18,00-21,00m	0,81	25,35
18	Bh3-21,00-24,00m	1,63	22,83
19	Bh3-24,00-27,00m	2,75	23,05
20	Bh3-27,00-30,00m	0,73	26,15
21	Bh3-30,00-33,00m	1,99	24,06
22	Bh3-33,00-35,00m	3,62	25,95
23	Bh3-35,00-37,10m	1,71	28,21
24	Bh3-37,10-40,00m	10,88	16,53
25	Bh3-40,00-43,00m	9,73	21,54
26	Bh3-43,00-45,00m	6,50	22,49
27	Bh3-45,00-47,10m	4,96	16,65
28	Bh3-47,10-48,80m	3,36	16,68
29	Bh3-48,80-50,10m	2,10	23,45
30	Bh4-15,00-18,00m	1,15	0,87
31	Bh4-27,00-30,00m	1,23	0,93
32	Bh4-36,00-39,00m	1,40	0,85
33	Bh4-51,50-53,50m	1,40	2,10
34	Bh4-90,00-91,00m	1,63	14,43
35	Bh4-98,00-100,00m	6,50	7,48
36	Bh5-57,00-59,00m	1,57	22,92
37	Bh6-14,00-16,00m	1,40	19,61
38	Bh6-17,00-17,85m	4,57	11,73
39	Bh7-11,00-12,00m	0,87	18,36
40	Bh8-30,30-32,50m	5,07	32,55

**Tabell 4 Listwaenittanalyser**

Kombinasjon av ulike analyser primært for å vise fordelingen av Mg og Ca på karbonat- og silikafaser

Løpenr.	Prøvenr./ Bortfallsintervall	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO total	<sup>1</sup> MgO syreløs.	<sup>2</sup> MgO diff.	CaO total	<sup>3</sup> CaO syreløs.	<sup>4</sup> CaO diff.	<sup>5</sup> Gløde- tap	Total karbon	<sup>6</sup> CO <sub>2</sub>
	LPN99-16A	34,30	1,88	25,71			1,46			28,29	7,60	27,69
	LPN99-17B	11,56	1,45	36,12			1,89			39,79	10,97	40,26
	LPN99-17C	8,61	1,14	36,56			2,73			42,63	11,72	43,01
	LPN99-31	16,12	0,43	28,01			7,73			39,34	11,08	40,66
	LPN99-33A	10,08	0,73	36,77			0,38			41,48	11,41	41,87
	LPN99-33B	11,05	0,81	39,92			0,40			35,96	9,97	36,59
	LPN99-35	65,25	0,16	14,04			0,73			15,90	4,28	15,63
1	BH1 21.70-24.00	33,79	0,55	26,53	25,37	1,16	0,80	0,70	0,10	30,82	8,77	32,19
2	BH1 24.00-27.00	25,22	2,49	28,21	24,43	3,78	2,83	2,64	0,19	32,38	8,77	32,19
3	BH1 27.00-30.00	29,85	2,13	26,09	22,87	3,22	3,07	2,97	0,10	30,94	8,38	30,76
4	BH1 30.00-32.00	24,62	2,45	27,75	24,66	3,09	3,32	3,08	0,24	33,33	8,94	32,82
5	BH1 32.00-34.00	37,75	0,43	23,73	23,36	0,37	2,25	1,99	0,26	29,04	8,26	30,30
6	BH1 34.00-36.00	27,78	0,54	29,36	26,08	3,28	1,62	1,49	0,13	33,11	9,11	33,44
7	BH1 36.00-39.00	27,04	0,49	32,47	20,01	12,46	3,14	3,08	0,06	28,53	7,35	26,98
8	BH1 39.00-40.00	28,69	0,57	34,06	19,42	14,64	1,33	0,84	0,49	25,90	6,52	23,94
9	BH2 19.30-22.00	27,45	1,61	22,93	17,56	5,37	10,71	10,68	0,03	30,44	8,20	30,08
10	BH2 22.00-25.00	22,12	1,45	27,20	24,72	2,48	6,51	6,14	0,37	34,88	9,64	35,36
11	BH2 25.00-26.80	37,72	1,29	24,10	16,69	7,41	5,01	4,77	0,24	25,04	6,57	24,12
12	BH2 26.60-29.25	31,48	8,89	16,44	11,05	5,39	11,75	11,24	0,51	24,21	5,86	21,51
13	BH2 29.25-32.85	33,93	0,69	25,85	18,70	7,15	4,88	4,37	0,51	27,50	7,30	26,79
14	BH3 10.00-13.00	37,43	13,48	11,42	9,98	1,44	10,63	10,37	0,26	20,67	5,52	20,24
15	BH3 13.00-15.20	42,11	0,88	22,50	20,24	2,26	1,19	1,07	0,12	25,93	7,14	26,20
16	BH3 15.20-18.00	27,82	3,92	25,23	21,07	4,16	4,05	3,79	0,26	30,17	8,01	29,39
17	BH3 18.00-21.00	29,92	0,87	26,25	25,35	0,90	1,10	0,81	0,29	32,00	8,98	32,95
18	BH3 21.00-24.00	34,50	1,94	24,50	22,83	1,67	1,83	1,63	0,20	29,56	8,04	29,51
19	BH3 24.00-27.00	26,17	2,78	26,62	23,05	3,57	3,06	2,75	0,31	31,85	8,67	31,81
20	BH3 27.00-30.00	28,35	0,81	27,90	26,15	1,75	1,11	0,73	0,38	32,88	9,20	33,77
21	BH3 30.00-33.00	31,90	0,64	25,64	24,08	1,56	2,26	1,99	0,27	31,15	8,71	31,98
22	BH3 33.00-35.00	22,42	0,63	27,78	25,95	1,83	3,99	3,62	0,37	35,56	9,85	36,13
23	BH3 35.00-37.10	21,46	0,63	29,96	28,21	1,75	1,91	1,71	0,20	36,08	10,10	37,07
24	BH3 37.10-40.00	28,99	2,10	20,11	16,53	3,58	11,38	10,88	0,50	30,27	8,29	30,42
25	BH3 40.00-43.00	23,75	1,59	22,52	21,54	0,98	10,84	9,73	0,91	33,72	9,43	34,60
26	BH3 43.00-45.00	26,61	0,98	23,90	22,49	1,41	7,03	6,50	0,53	32,93	9,13	33,51
27	BH3 45.00-47.10	33,49	2,06	24,54	16,65	7,89	5,03	4,96	0,07	26,10	6,90	25,23
28	BH3 47.10-48.80	30,12	4,01	26,72	16,68	10,04	3,76	3,36	0,40	25,54	6,44	23,63
29	BH3 48.80-50.10	28,10	0,68	27,05	23,45	3,60	2,63	2,10	0,53	31,55	8,69	31,91
30	BH4 15.00-18.00	44,52	19,64	11,05	0,87	10,18	15,00	1,75	13,00	3,30	0,07	0,27
31	BH4 27.00-30.00	45,27	19,29	10,56	0,93	9,63	15,18	1,23	15,15	2,60	0,07	0,75
32	BH4 36.00-39.00	44,72	18,94	11,28	0,85	10,43	15,18	1,10	13,70	2,85	0,07	0,25
33	BH4 51.50-53.50	41,13	17,12	12,68	2,10	10,58	18,76	1,10	17,66	3,00	0,07	0,75
34	BH4 90.00-91.00	33,00	2,71	30,72	14,43	16,29	2,01	1,83	0,18	27,75	9,76	19,02
35	BH4 98.00-100.0	32,83	11,76	22,04	7,48	14,56	9,60	6,50	3,10	15,19	2,70	10,08
36	BH5 57.00-59.00	21,52	0,83	34,33	22,92	11,41	2,57	1,57	1,00	31,34	8,28	30,39
37	BH6 14.00-16.00	29,70	0,57	33,38	19,61	13,77	1,67	1,40	0,27	26,57	7,24	25,24
38	BH6 17.00-17.85	36,20	0,64	29,42	11,73	17,69	5,01	4,57	0,44	21,00	5,07	18,40
39	BH7 17.00-12.00	31,07	0,60	33,65	18,36	15,29	0,97	0,87	0,10	26,36	6,45	23,63
40	BH8 30.30-32.50	5,51	0,37	36,41	32,55	3,86	5,71	5,07	0,64	42,63	11,51	42,24

De sju listwaenitt-prøvene som er ilstet opp først er håndstykker tatt sommeren 1999 (nr. 16 og 17 i Grubba, nr. 31-35 i Båtstø-segmentet)

Løpenr. 30 - 33 er finkornete, silikatrike omvandlingsbergarter, mens løpenr. 34 - 39 er kleberstein. De øvrige løpenr. er listwaenitt.

 1) MgO syreløselig, dvs. magnesitt- og dolomittbundet, 2) MgO total - MgO syreløs., dvs. silikatbundet MgO, 3) CaO syreløselig, dvs. dolomittbundet, 4) CaO total - CaO syreløs., dvs. silikatbundet CaO, 5) hovedsakelig H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub>, 6) beregnet fra total karbon.

**Tabell 5 XRF-analyse av sporelementer**

Løpnr.	Borhull - intervall	Zr	Y	Sr	Rb	U	Pb	Cr	V	As	Sc	Ba	Ga	Zn	Cu	Ni	Co	Ce
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	Bh1-21,70-24,00m	6	<5	<5	<5	<10	<10	2105	19	<10	12	13	6	128	<10	1100	122	<15
2	Bh1-24,00-27,00m	10	<5	41	<5	<10	<10	3151	41	<10	12	<10	6	150	24	1326	121	<15
3	Bh1-27,00-30,00m	6	<5	34	<5	<10	<10	3789	32	<10	13	<10	5	157	19	1404	105	<15
4	Bh1-30,00-32,00m	6	<5	31	<5	11	<10	2759	31	<10	17	<10	7	86	54	1319	117	<15
5	Bh1-32,00-34,00m	10	<5	16	<5	<10	<10	2323	20	<10	<10	<10	7	63	<10	944	95	<15
6	Bh1-34,00-36,00m	6	<5	14	<5	11	<10	2609	20	<10	17	13	6	59	16	1278	118	<15
7	Bh1-36,00-39,00m	7	<5	27	<5	<10	<10	3497	23	<10	13	12	<5	20	<10	1533	112	<15
8	Bh1-39,00-40,00m	7	<5	5	<5	<10	<10	3953	28	<10	11	<10	8	67	<10	1573	133	<15
9	Bh2-19,30-22,00m	7	5	90	<5	21	<10	2951	79	<10	34	15	<5	57	51	1031	85	<15
10	Bh2-22,00-25,00m	8	5	44	<5	16	<10	3019	59	<10	28	<10	8	184	<10	1104	113	<15
11	Bh2-25,00-26,60m	9	<5	36	<5	<10	<10	2688	50	<10	25	<10	5	161	<10	904	95	<15
12	Bh2-26,60-29,25m	8	<5	142	10	21	11	2006	108	<10	33	254	10	65	11	822	69	<15
13	Bh2-29,25-32,85m	8	<5	30	<5	<10	<10	2308	30	<10	18	11	6	105	<10	1330	100	<15
14	Bh3-10,00-13,00m	7	<5	170	28	25	10	646	86	<10	33	63	9	54	20	285	52	<15
15	Bh3-13,00-15,20m	10	<5	<5	<5	<10	<10	1580	27	<10	<10	<10	5	235	<10	952	109	<15
16	Bh3-15,20-18,00m	6	<5	36	<5	<10	<10	1945	35	<10	12	13	7	195	<10	1172	135	<15
17	Bh3-18,00-21,00m	5	<5	<5	<5	<10	<10	1748	24	<10	14	11	5	166	<10	1213	136	<15
18	Bh3-21,00-24,00m	7	<5	13	5	<10	<10	1780	30	<10	16	19	8	177	<10	1013	117	<15
19	Bh3-24,00-27,00m	8	<5	21	<5	<10	<10	1935	33	<10	13	16	6	375	<10	1053	130	<15
20	Bh3-27,00-30,00m	8	<5	<5	<5	<10	<10	1830	28	<10	19	12	6	251	<10	1133	137	<15
21	Bh3-30,00-33,00m	9	<5	7	<5	<10	<10	1775	28	<10	<10	<10	6	148	<10	1050	126	<15
22	Bh3-33,00-35,00m	6	5	15	<5	11	<10	2322	33	<10	<10	12	6	152	<10	1213	130	<15
23	Bh3-35,00-37,10m	8	<5	5	<5	<10	<10	1879	29	<10	10	<10	5	140	<10	1284	148	<15
24	Bh3-37,10-40,00m	9	5	82	<5	24	<10	3693	81	<10	30	<10	7	151	<10	1154	74	<15
25	Bh3-40,00-43,00m	9	6	69	<5	12	<10	3159	59	<10	23	11	<5	146	<10	1183	92	<15
26	Bh3-43,00-45,00m	8	<5	36	<5	<10	<10	1962	39	<10	<10	11	7	168	<10	1245	113	<15
27	Bh3-45,00-47,10m	6	<5	41	<5	<10	<10	1830	26	<10	20	<10	5	176	<10	967	121	<15
28	Bh3-47,10-48,80m	10	<5	31	<5	<10	<10	2111	35	<10	16	<10	8	321	<10	1311	126	<15
29	Bh3-48,80-50,10m	7	<5	17	<5	<10	<10	847	15	<10	<10	<10	8	281	<10	906	151	<15
30	Bh4-15,00-18,00m	7	7	181	<5	22	<10	661	72	<10	33	20	12	13	234	259	46	15
31	Bh4-27,00-30,00m	8	5	159	<5	28	<10	522	94	<10	34	17	14	18	124	176	45	15
32	Bh4-36,00-39,00m	8	<5	185	<5	18	<10	621	90	<10	30	23	17	16	86	198	46	17
33	Bh4-51,50-53,50m	8	6	136	<5	20	<10	568	110	<10	38	17	13	10	<10	207	49	<15
34	Bh4-60,00-61,00m	5	<5	33	<5	<10	<10	3207	37	<10	18	15	6	37	116	1056	126	<15
35	Bh4-68,00-100,00m	7	<5	167	7	10	<10	1481	55	<10	27	88	12	125	12	772	85	<15
36	Bh5-57,00-59,00m	8	<5	22	<5	<10	<10	4131	33	<10	<10	14	9	204	62	982	129	<15
37	Bh6-14,00-16,00m	5	<5	11	<5	<10	<10	3440	18	<10	12	13	5	89	<10	1251	125	<15
38	Bh6-17,00-17,85m	6	<5	50	<5	<10	<10	2401	37	<10	19	10	5	14	28	997	115	<15
39	Bh7-11,00-12,00m	8	<5	<5	<5	<10	<10	2805	22	<10	<10	<10	<5	19	27	1787	105	<15
40	Bh8-30,30-32,50m	8	<5	51	<5	<10	<10	4335	20	10	13	10	8	21	10	1378	131	<15

Alle prøver er under deteksjonsgrensen for følgende elementer:

Mo og Nb (<5 ppm); Th, Sb, Sn, Cd, Ag, La, Nd og W (<10 ppm); Yb (<16 ppm); S, Cl og F (<0,1 %).

**Tabell 6A ICP / MS analyse av sporelementer**

Analysert ved ACME Analytical Laboratories, Vancouver, BC, Canada

Løpnr.	Borhull - Intervall	Ba ppm	Co ppm	Cs ppm	Ga ppm	Hf ppm	Nb ppm	Rb ppm	Sn ppm	Sr ppm	Ta ppm	Th ppm	Tl ppm	U ppm	V ppm
1	Bh1-21.70-24.00m	<0,1	83,5	<0,1	0,8	<0,5	<0,5	<0,5	< 1	10,6	0,8	<0,1	0,3	<0,1	14
2	Bh1-24.00-27.00m	<0,1	89,2	<0,1	2,2	<0,5	<0,5	0,5	< 1	44,4	0,2	<0,1	0,2	<0,1	38
3	Bh1-27.00-30.00m	<0,1	84,7	<0,1	2,1	<0,5	<0,5	<0,5	2	34,3	0,1	<0,1	0,3	<0,1	29
4	Bh1-30.00-32.00m	<0,1	80,0	<0,1	2,1	<0,5	<0,5	<0,5	< 1	33,7	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	23
5	Bh1-32.00-34.00m	<0,1	89,1	<0,1	0,8	<0,5	<0,5	<0,5	< 1	19,6	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	15
6	Bh1-34.00-36.00m	<0,1	89,9	<0,1	0,8	<0,5	<0,5	<0,5	< 1	19,9	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	18
7	Bh1-36.00-39.00m	<0,1	97,3	<0,1	0,8	<0,5	<0,5	<0,5	< 1	27,0	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	21
8	Bh1-39.00-40.00m	<0,1	104,7	<0,1	1,1	<0,5	<0,5	<0,5	< 1	10,6	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	35
9	Bh2-19.30-22.00m	<0,1	81,3	<0,1	2,1	<0,5	<0,5	<0,5	< 1	89,9	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	68
10	Bh2-22.00-25.00m	<0,1	86,6	<0,1	1,7	<0,5	<0,5	<0,5	3	49,3	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	53
11	Bh2-25.00-26.60m	<0,1	72,8	<0,1	1,5	<0,5	<0,5	<0,5	< 1	44,5	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	45
12	Bh2-26.60-29.25m	249	59,0	0,3	4,8	<0,5	<0,5	11,9	< 1	144,6	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	85
13	Bh2-29.25-32.85m	<0,1	84,0	<0,1	1,2	<0,5	<0,5	0,8	< 1	37,2	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	27
14	Bh3-10.00-13.00m	58	42,2	1,4	8,2	<0,5	<0,5	31,2	< 1	172,9	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	71
15	Bh3-13.00-15.20m	<0,1	81,0	0,2	1,0	<0,5	<0,5	0,9	< 1	10,3	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	24
16	Bh3-15.20-18.00m	<0,1	102,0	0,2	2,9	<0,5	<0,5	1,2	< 1	41,0	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	29
17	Bh3-18.00-21.00m	<0,1	91,2	<0,1	1,1	<0,5	<0,5	<0,5	< 1	9,2	<0,1	<0,1	0,7	<0,1	22
18	Bh3-21.00-24.00m	<0,1	82,5	0,4	2,0	<0,5	<0,5	3,4	< 1	20,1	<0,1	<0,1	0,8	<0,1	30
19	Bh3-24.00-27.00m	0	84,8	0,1	2,6	<0,5	<0,5	1,2	< 1	28,8	<0,1	<0,1	0,6	<0,1	32
20	Bh3-27.00-30.00m	<0,1	93,6	0,2	1,1	<0,5	<0,5	0,7	< 1	9,5	<0,1	<0,1	0,6	<0,1	28
21	Bh3-30.00-33.00m	<0,1	86,4	0,3	1,2	<0,5	<0,5	0,9	< 1	13,5	<0,1	<0,1	0,5	<0,1	23
22	Bh3-33.00-35.00m	<0,1	96,7	0,3	1,9	<0,5	<0,5	1,1	2	21,9	0,7	<0,1	0,5	<0,1	32
23	Bh3-35.00-37.10m	<0,1	102,7	0,9	1,4	<0,5	<0,5	3,1	< 1	11,8	0,1	<0,1	0,4	<0,1	28
24	Bh3-37.10-40.00m	<0,1	65,4	0,2	2,4	<0,5	<0,5	1,4	< 1	82,7	<0,1	<0,1	0,5	<0,1	71
25	Bh3-40.00-43.00m	<0,1	72,3	0,6	1,9	<0,5	<0,5	2,8	< 1	71,4	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	55
26	Bh3-43.00-45.00m	<0,1	89,5	0,2	1,8	<0,5	<0,5	1,7	1	45,1	0,1	0,6	0,4	0,5	37
27	Bh3-45.00-47.10m	<0,1	83,0	0,2	1,7	<0,5	<0,5	0,8	< 1	47,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	24
28	Bh3-47.10-48.80m	<0,1	102,6	0,2	3,1	<0,5	<0,5	0,9	< 1	38,4	<0,1	<0,1	0,4	<0,1	39
29	Bh3-48.80-50.10m	<0,1	95,6	<0,5	0,6	<0,5	<0,5	0,6	< 1	20,4	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	12
30	Bh4-15.00-18.00m	2	38,7	0,1	10,7	<0,5	<0,5	0,7	< 1	188,6	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	67
31	Bh4-27.00-30.00m	2	38,8	<0,5	11,7	<0,5	<0,5	<0,5	< 1	175,7	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	93
32	Bh4-36.00-39.00m	1	40,6	0,2	10,8	<0,5	<0,5	1,3	< 1	179,7	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	85
33	Bh4-51.50-53.50m	5	43,0	0,5	10,5	<0,5	<0,5	0,7	2	158,0	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	118
34	Bh4-90.00-91.00m	<0,1	110,5	0,4	2,5	<0,5	<0,5	1,2	1	41,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	34
35	Bh4-98.00-100.00m	68	73,3	2,1	5,6	<0,5	<0,5	10,1	3	163,4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	46
36	Bh5-67.00-69.00m	<0,1	111,4	0,5	1,4	<0,5	<0,5	1,0	3	28,1	<0,1	<0,1	0,4	<0,1	30
37	Bh6-14.00-16.00m	<0,1	88,4	0,3	0,9	<0,5	<0,5	<0,5	4	19,0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	18
38	Bh6-17.00-17.85m	<0,1	84,4	1,2	0,9	<0,5	<0,5	2,9	4	55,2	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	36
39	Bh7-11.00-12.00m	<0,1	86,7	0,8	0,9	<0,5	<0,5	1,5	6	8,5	<0,1	0,3	<0,1	0,2	18
40	Bh8-30.30-32.50m	<0,1	107,1	1,1	0,6	<0,5	<0,5	1,6	3	54,0	<0,1	<0,1	0,2	0,1	13

(LiBO<sub>2</sub> smelting + ICP / MS analyse)



**Tabell 6B ICP / ES analyse av sporelementer (B ved ICP assay)**

Analysert ved ACME Analytical Laboratories, Vancouver, BC, Canada

Løpenr.	Borhull -intervall	Mo ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ni ppm	As ppm	Cd ppm	Sb ppm	Bi ppm	B %
1	Bh1-21.70-24.00m	1	15	4	43	759	<2	0,2	<0,5	0,6	<0,01
2	Bh1-24.00-27.00m	1	30	5	51	823	<2	<0,2	<0,5	0,7	<0,01
3	Bh1-27.00-30.00m	<1	27	5	49	846	<2	<0,2	<0,5	0,9	<0,01
4	Bh1-30.00-32.00m	1	67	4	45	768	<2	<0,2	<0,5	0,7	<0,01
5	Bh1-32.00-34.00m	1	6	3	20	664	<2	<0,2	<0,5	0,8	<0,01
6	Bh1-34.00-36.00m	1	17	3	21	690	<2	0,2	<0,5	<0,5	<0,01
7	Bh1-36.00-39.00m	<1	1	5	8	257	2,0	<0,2	<0,5	0,9	<0,01
8	Bh1-39.00-40.00m	<1	<1	<3	21	235	<2	<0,2	<0,5	0,8	<0,01
9	Bh2-19.30-22.00m	<1	42	6	17	412	<2	0,2	<0,5	0,8	<0,01
10	Bh2-22.00-25.00m	<1	2	6	33	415	<2	0,2	2,2	1,0	<0,01
11	Bh2-25.00-26.80m	<1	1	3	10	89	<2	0,2	1,8	1,3	<0,01
12	Bh2-26.60-29.25m	<1	29	7	38	490	<2	0,2	<0,5	0,7	0,01
13	Bh2-29.25-32.85m	<1	2	4	21	379	4,0	0,5	2,7	1,2	<0,01
14	Bh3-10.00-13.00m	<1	31	6	33	197	<2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,01
15	Bh3-13.00-15.20m	<1	2	<3	94	590	<2	<0,2	<0,5	0,8	<0,01
16	Bh3-15.20-18.00m	<1	<1	3	112	688	<2	<0,2	0,6	0,7	<0,01
17	Bh3-18.00-21.00m	1	1	<3	77	833	<2	<0,2	<0,5	0,5	<0,01
18	Bh3-21.00-24.00m	1	3	<3	77	698	<2	<0,2	<0,5	0,8	<0,01
19	Bh3-24.00-27.00m	<1	2	3	161	631	<2	<0,2	0,5	0,9	<0,01
20	Bh3-27.00-30.00m	1	1	<3	113	729	<2	<0,2	<0,5	0,8	<0,01
21	Bh3-30.00-33.00m	<1	4	<3	63	645	<2	<0,2	<0,5	0,7	<0,01
22	Bh3-33.00-35.00m	1	10	5	60	738	2,0	0,2	1,8	0,6	<0,01
23	Bh3-35.00-37.10m	<1	3	<3	62	747	<2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,01
24	Bh3-37.10-40.00m	<1	2	7	42	665	<2	0,2	<0,5	0,7	<0,01
25	Bh3-40.00-43.00m	<1	<1	5	50	690	<2	0,2	<0,5	0,9	<0,01
26	Bh3-43.00-45.00m	<1	1	4	71	786	<2	<0,2	0,8	0,9	<0,01
27	Bh3-45.00-47.10m	<1	18	4	65	466	<2	0,2	2,1	1,0	<0,01
28	Bh3-47.10-48.80m	<1	4	3	121	493	<2	0,2	1,5	1,2	<0,01
29	Bh3-48.80-50.10m	<1	2	3	133	453	<2	<0,2	<0,5	0,8	<0,01
30	Bh4-15.00-18.00m	<1	271	<3	10	89	<2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,01
31	Bh4-27.00-30.00m	<1	159	<3	6	55	<2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,01
32	Bh4-36.00-39.00m	<1	85	<3	5	48	<2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,01
33	Bh4-51.50-53.50m	1	9	<3	7	89	<2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,01
34	Bh4-80.00-91.00m	<1	151	<3	15	534	<2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,01
35	Bh4-98.00-100.00m	<1	28	6	38	283	<2	<0,2	1,0	<0,5	<0,01
36	Bh5-57.00-59.00m	<1	70	3	53	925	<2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,01
37	Bh6-14.00-16.00m	<1	1	<3	27	360	<2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,01
38	Bh6-17.00-17.85m	<1	26	3	5	106	2,0	<0,2	2,5	<0,5	<0,01
39	Bh7-11.00-12.00m	<1	25	<3	8	250	<2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,01
40	Bh8-30.30-32.50m	<1	8	3	12	854	7,0	<0,2	2,8	<0,5	<0,01

Analysen av basemetallene: opplutning i HCl-HNO<sub>3</sub> + ICP / ES analyse, 0,5 g innvekt.

Analysen av bor (B): opplutning i flussyre + ICP assay.



**Tabell 7 Rekognoserende analyser av dunitt fra Raudfjellet**

Innhold i vekt-%

Prøvenummer	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Gl.tap	Sum
LPN2000-79	38,38	0,38	8,78	0,01	42,42	0,48	<0,10	<0,01	0,13	<0,01	7,29	98,76
LPN2000-80	38,28	0,29	10,73	0,01	46,99	0,68	<0,10	<0,01	0,16	<0,01	2,39	100,45
LPN2000-81	38,15	0,20	10,69	0,01	46,40	0,10	<0,10	<0,01	0,14	<0,01	4,18	99,83
LPN2000-82	36,10	0,39	8,88	0,02	44,61	0,09	<0,10	<0,01	0,14	<0,01	9,27	99,43
LPN2000-83	39,41	0,55	7,79	0,02	41,10	1,00	<0,10	<0,01	0,13	<0,01	9,14	99,08

*Jfr. Fig. 20 for lokalisering av prøvepunktene*

**NGU Rapport 2000.127**

**Oppfølgingsarbeider på magnesitt, talk  
og kleberstein i Raudfjellet, Snåsa**

**Bind 2**

## Bind 1

<b>INNHold</b>	<b>side</b>
1 INNLEDNING.....	6
2 KORT OVERBLIKK OVER HYDROTHERMALSONEN.....	9
3 UNDERSØKELSE AV LISTWAENITTEN SOM MULIG RÅSTOFF FOR Mg-METALL, MAGNESIA OG ANDRE MAGNESITTBASERTE PRODUKTER.....	12
3.1 Innledning.....	12
3.2 Segment 1: Holdesmoen.....	13
3.3 Segment 2: Båtstøa.....	15
3.4 Segment 3: Hallarhaugen.....	17
3.5 Segment 4: Rypsnargrubba.....	20
3.6 Øvrig listwaenitt-opptreden.....	21
3.7 Estimering av tonnasje.....	22
3.8 Estimering av gehalter.....	25
3.9 Samlet vurdering .....	27
4 UNDERSØKELSE AV KLEBERSTEINEN SOM RÅSTOFF FOR NEDMALT TALK OG BLOKKSTEIN.....	28
4.1 Innledning.....	28
4.2 Segmentet Raudbergstjøna – Holdesbekken.....	28
4.3 Rotvelt-sonen.....	29
4.4 Hallarhaugen.....	30
4.5 Merkesbekk-segmentet.....	31
4.6 Merkesbekkmyra.....	33
4.7 Rypsnargrubba.....	34
4.8 Nek-talk horisonten i ligg av hovednivået for klebersteinen.....	35
4.9 Estimering av tonnasje.....	35
4.10 Estimering av kvalitet.....	38
4.11 Samlet vurdering .....	39
5 HYDROTHERMALOMVANDLET GABBRO ("FLUID-GABBRO") SOM NATURSTEIN.....	42
5.1 Innledning.....	42
5.2 Dannelsen av "fluid-gabbro".....	42
5.3 Beskrivelse av varianter av "fluid-gabbro".....	43
5.2 Beskrivelse av utvalgte lokaliteter.....	43
5.3 Samlet vurdering.....	44
6 DUNITTEN PÅ RAUDFJELLET SOM MULIG OLIVIN-RÅSTOFF.....	45
7 RESULTATER AV ØVRIGE UNDERSØKELSER PÅ RAUDFJELLET .....	46
8 KONKLUSJONER.....	48
8.1 Listwaenitt.....	48
8.2 Kleberstein som råstoff for nedmalt talk.....	49
8.3 Kleberstein som blokkstein.....	50
8.4 Serpentinitt.....	51
8.5 Hydrotermalomvandlet gabbro ("fluid-gabbro").....	51
8.6 Dunit som mulig råstoff for olivin.....	52

<b>9 ANBEFALINGER FOR VIDERE ARBEIDER.....</b>	<b>54</b>
9.1 Listwaenitt.....	54
9.2 Kleberstein som råstoff for nedmalt talk.....	54
9.3 Kleberstein som blokkstein.....	55
9.4 Serpentinitt.....	55
9.5 Hydrotermalomvandet gabbro ("fluid-gabbro").....	56
9.6 Dunitt.....	56
<b>10 LITTERATURREFERANSER.....</b>	<b>57</b>

## **FIGURER**

- Figur 1 Kartskisse i M 1:2500 Klebersteinsområdet ved Raudbergstjønnå lengst syd i hydrotermalsonen
- Figur 2 Kartskisse i M 1:2500 Listwaenitt-segment 1: Holdesmoen
- Figur 3 Kartskisse i M 1:2500 Listwaenitt-segment 2: Båstøå (=496-m-høyden)
- Figur 4 Profil gjennom Bh 7 M 1:500 Båstø-segmentet
- Figur 5 Profil gjennom Bh 2 M 1:500 Båstø-segmentet
- Figur 6 Kartskisse i M 1:2500 Listwaenitt-segment 3: Hallarhaugen
- Figur 7 Profil gjennom Bh 3 M 1:1000 Hallarhaugen
- Figur 8 M 1:1000 Profil SV – NØ gjennom Hallarhaugen (85° vinkel med profilet gjennom Bh 3)
- Figur 9 M 1:2500 Profil gjennom Bh 3 samt estimert tonnasje av listwaenitt som funksjon av dypet på Hallarhaugen
- Figur 10 M 1:2500 Profil gjennom Bh 3 samt estimert tonnasje av listwaenitt som funksjon av dypet på Hallarhaugen (med dagbruddsplan for Hallarhaugen)
- Figur 11 Kartskisse i M 1:10 000 Omrisset av et tenkt dagbrudd på hallarhaugforekomsten
- Figur 12 Kartskisse i M 1:2500 Hydrotermalsonen på strekningen fra Litj-Hallartjønnå til sydenden av Merkesbekkmyra
- Figur 13 Kartskisse i M 1:2500 Lokalisering av Bh 4 og 5: Merkesbekkmyra
- Figur 14 Profil gjennom Bh 4 M 1:1000 Merkesbekkmyra
- Figur 15 Profil gjennom Bh 5 M 1:1000 Merkesbekkmyra
- Figur 16 Kartskisse i M 1:2500 Listwaenitt-segment 4: Rypsnargrubba
- Figur 17 Profil gjennom Bh 1 M 1:500 Listwaenitt-segment 4 Rypsnargrubba
- Figur 18 Profil gjennom Bh 6 M 1:500 Midtre del av klebersteinsområdet i Rypsnargrubba
- Figur 19 Profil gjennom Bh 8 M 1:500 Øverste del av klebersteinsområdet i Rypsnargrubba
- Figur 20 M 1:10 000 Rekognoserende prøvetaking av den ultramafiske (dunittiske) blokken på Raudfjellet med hensyn på olivin som råstoff
- Figur 21 M 1:10 000 Prøvetaking på Raudfjellet utenom hydrotermalsonen og rekognoseringen mhp. olivin

## **TABELLER**

- Tabell 1** Prøveliste over 40 borkjernepøver for diverse analyser
- Tabell 2** XRF-analyse av hovedelementer
- Tabell 3** Syreløselig Ca og Mg
- Tabell 4** Listwaenittanalyser
- Tabell 5** XRF analyse av sporelementer
- Tabell 6A** ICP/MS analyse av sporelementer
- Tabell 6B** ICP/ES analyse av sporelementer (B ved ICP assay)
- Tabell 7** Rekognoserende analyser av dunitt fra Raudfjellet

## **Bind 2**

## **TEKSTBILAG**

- Bilag 1** Feltrapport fra diamantboringer i hydrotermalsonen i Raudfjellet
- Bilag 2:** Borhullslogg fra diamantboringer i hydrotermalsonen i Raudfjellet
- Bilag 3:** Kort kronologisk oversikt over møter og andre aktiviteter i prosjektet i år 2000
- Bilag 4:** Målinger av magnetisk susceptibilitet
- Bilag 5:** Fotografier av borkjerner fra hydrotermalsonen i Raudfjellet
- Bilag 6:** Feltfotos fra kjerneboringene med kommentarer

## **VEDLEGG**

- Vedlegg 1** Hydrotermalsonen gjennom Raudfjellet ofiolittfragment i Snåsafjellene. Nøkkelkart (M. 1:10 000) med lokalisering av detaljkart i M. 1:2500

## **Bilag 1**

### **Feltrapport fra diamantboringer i hydrotermalsonen i Raudfjellet**

## **Innledning**

Hoveddelen av denne feltrapporten fra kjerneboringene ble skrevet i mai 2000. Den omtaler planlegging og utsetting av hullene samt førsteinntrykket av borkjernene. Detaljer fra hovedloggingen i juni er tilføyd senere, sammen med kommentarer og henvisninger til kartene og profilene i Fig. 1 – 19 som ble tegnet opp etter feltarbeidet i august. Noe av hensikten med dette bilaget er å redegjøre for hva vi gjorde og hvorfor, i forbindelse med boringene, slik at man ved en eventuelt ny runde med borer kan ha dette som bakgrunnsinformasjon. En god del av kommentarene til bergartsfordelingen i kjernene er dessuten informasjon som ikke lett kan leses direkte ut fra borhullsloggene i Bilag 2.

Borprogrammet ble planlagt ut fra ca. 600 - 650 bormeter til rådighet. Borhullenes fordeling, plassering, retning og fallvinkel ble deretter planlagt i detalj på bakgrunn av rekognosering sommeren 1999 og merket av på en forstørret utgave av kartvedlegget (vedlegg 1) til statusrapporten fra rekognoseringen (Nilsson m. fl. 1999).

Det ble benyttet kompass og laserkikkert for posisjonering og utsetting av hullene, og utstikking fra basislinje i terrenget der dette var mest tjenlig. Basislinjen i området fra øvre del av Merkesbekkmyra til Rypsnargrubba ble stukket mellom de to murte steinvardene i Grubba og videre i forlengelsen mot VSV. Ut fra denne basislinjen ble så posisjonene for Bh 5, 1, 6 og 8 stukket ut. For de øvrige hullenes vedkommende benyttet vi kun kompass, laserkikkert og terrenggjenkjenning fra foregående sommers rekognosering. Målet for de fleste hullenes vedkommende var et påsett et lite stykke på NV-siden av hengkontakten slik at det ble med ca. 10 m av hengbergarten før vi gikk inn i hydrotermalsonen. Dette viste seg i ettertid å stemme meget bra for alle de aktuelle hullenes vedkommende (jfr. borhullsloggen i Bilag 2).

Utsetting av seks borhull ble gjort i dagene 3. og 4. april, og boringen ble påbegynt 8. april etter en del tekniske problemer. Seks ordinære hull med samlet lengde på 620 m samt et 7. reservehull ble planlagt. Det viste seg imidlertid at det ville bli svært vanskelig å slepe strømaggregatet over den åpne Grønningselva for å bore i den SV-lige delen av hydrotermalsonen. Det eneste planlagte hullet på denne siden av elva ble derfor strøket av lista. De planlagte 110 bormeter ble isteden besluttet fordelt på to hull i den NØ-lige delen av hydrotermalsonen (hull nr. 1 og 8).

Nedenfor gjennomgås hvert enkelt borhull fra SV mot NØ. Til slutt er tatt med en tabell med hullenes retning, lengde og fallvinkel samt UTM-koordinater.

### **Hull nr. 2 (jfr. Fig. 3 og 5 i rapportens hoveddel)**

Lokaliseringen av hullet ble valgt ut fra ønsket om å se hvordan fortsettelsen av den lange listwaenittryggen i Båtstø-segmentet artet seg videre mot NØ i et totalt overdekket område. Det var videre viktig å få undersøkt hvorvidt fraværet av et markert terrengrelieff var forårsaket av en relativt større andel av kleberstein enn ellers langs hydrotermalsonen. Hullet viste at hydrotermalsonen her er langt mer kompleks enn den enkle oppbygningen man har i den synlige delen av sonen mot Båtstøbukta (Fig. 3). Det kom uventet at hydrotermalsonen så raskt kunne endre karakter langs strøket som vist i de refererte figurene.

Når det gjelder petrografen er heller ikke bildet fullt så enkelt som tidligere antatt med en inndeling fra heng til ligg: hydrotermalpåvirket gabbro ("fluid-gabbro"), karbonatrik listwaenitt, kleberstein og serpentinit. Vi får riktignok inn listwaenitt rett under "fluid-

gabbroen", men forholdet mellom listwaenitt og kleber er noe mer komplekst. Det viser seg at vi både kan ha relativt smale listwaenittpartier inne i klebesteinen og omvent tynne talk-karbonat linser innesluttet i listwaenitt, før vi passerer inn i hovedkleberensonen over serpentinit-kontakten. Selve listwaenitten kan også opptre som en mye mer kompleks mineralassosiasjon enn bare en enkel kvarts-karbonat bergart. Smaragditt, mørk grønn aktinolit samt tremolit og talk/kloritt utgjør stedvis også deler av listwaenittsonen eller det diffuse overgangspartiet mellom "fluid-gabbro" og ren kvarts-karbonat listwaenitt. Det virker som om den rene kvarts-karbonatbergarten har vært den mekanisk sterkeste (dvs. sterkeste mot iserosjon) og at vi derfor har denne enkleste sammensetningen i de store kolle- og ryggformete blotningene som vist på Fig. 3. Der hvor mineralsammensetningen blir mer kompleks blir bergarten samtidig mindre motstandsdyktig mot iserosjon og "stikker under torva" akkurat som det meste av kleberensonen.

#### **Hull nr. 7 (jfr. Fig. 3 og 4)**

Hull nr. 7 var første ekstrahull i tillegg til de seks første planlagte hullene. Lokaliseringen ble valgt slik at vi skulle få mest mulig informasjon om kleberensonen omkring "Rotvelt-lokaliteten" (lok. 45) og dennes sammenheng med den kontinuerlige kleberensonen (hovedkleberensonen) i ligger av listwaenitten (Fig. 3). Hullet indikerer at Rotvelt-lokaliteten ikke tilhører hovedsonen, men representerer en egen liten kleberflekk inne i serpentiniten isolert fra hovedsonen og et stykke på liggsiden av denne (Fig. 4). Dette tyder på at kleberensonen kan kile ut fort både mot dypet og langs strøket. Den relativt store mengden rusten (misfarget) karbonat i kleberensonen øverst i hullet (ned til 8 m hulldyp) viser at en må være spesielt forberedt på dette i myrlendte områder.

#### **Hull nr. 3 (jfr. Fig. 6 – 11)**

Lokaliseringen av hullet ble valgt ut fra ønsket om å få en mest mulig representativ skjæring sentralt gjennom Hallarhaugens mektige listwaenittkropp, dvs. midt mellom de to steile forkastningene på hver side av haugen. Det slake fallet på listwaenittkroppen (ca. 20°-30°) medførte at mektigheten på listwaenitten var betydelig mindre enn forventet fra blotningene, men den er i samsvar med sonen for øvrig.

#### **Hull nr. 4 (jfr. 13 og 14)**

Hull nr. 4 ble planlagt og boret som et relativt langt hull for å få med hele hydrotermalsonen under Merkesbekkmyra. Sonens sammensetning var på forhånd helt ukjent i dette relativt store myrområdet på grunn av det totale fravær av blotninger mellom siste gabbro/pyroksenitt-blotning på hengsiden ved myrkanten i NV og første blotning av ligg-serpentinit et lite stykke oppe i bakken ovenfor myra i SØ (Fig. 13). På forhånd ble det antatt at det kunne stå en del kleberstein under myra. Etter de forventede ca. 10 m hengbergart kom vi imidlertid inn i en hybrid og hittil ukjent overgangsbergart, en uren listwaenitt med en meget høy silikatandel. På litt over 50 m hulldyp gikk "hybridbergarten" brått over i ligg-serpentinit uten noen ordentlig kleberensone imellom (kun en halv meters overgangssone). Den egentlige kleberensonen kom først på 89 – 102 m hulldyp, og dette var stedvis en praktfull og talkrik kleberstein. Kleberensonen går på liggsiden igjen over i en normal serpentinit. På Fig. 14 ser vi imidlertid at denne kleberensonen har et tynt lag med listwaenittomvandlet gabbro umiddelbart på hengsiden. Vi har derfor her en mulig tektonisk forstyrret situasjon med overskyvning og repetisjon av sekvensen mot SØ, eller en primær forgrening av sonen i to parallelle grener på dypet (jfr. også kartet i Vedlegg 1).



#### **Hull nr. 5 (jfr. Fig. 13 og 15)**

Etter erfaringen med Bh 4 var det ikke forventet spesielt gode resultater i Bh 5 som også skulle skjære hele hydrotermalsonen i et myrområde uten bløtninger. Fra 16 til 18 m hulldyp gikk vi fra "fluid-gabbro" i hengen over i serpentinititt uten egentlig å ha passert noen fullt utviklet hydrotermalson-bergart i det hele tatt. De to meter overgangssone består vesentlig av en finkornet, silikatrik bergart som stedvis fører noe talk og karbonat. Videre nedover i hullet ble det påtruffet tynne soner med dårlig utviklet listwaenitt flere steder inne i serpentinititten (Fig. 15). Ved 41 m hulldyp får vi inn en 3 m mektig "fluid-gabbro" (analog til hengbergarten) med stedvis omvandling til listwaenitt. Deretter får vi igjen et parti med serpentinititt før 4,5 m god kleberstein kommer inn ved 56 m hulldyp. Situasjonen er altså nesten helt analog med forholdene i Bh 4. Det er åpenbart at vi her har forstyrrelser av den enkle todelte oppbygningen av sonen med listwaenitt øverst og kleberstein nederst. Den tynne sonen av "fluid-gabbro" inne i serpentinititten i både Bh 4 og 5 (sml. Fig. 14 og 15) har sannsynligvis en tektonisk og ikke en primær årsak (repetisjon av sekvensen ved en lokal overskyvning mot SØ).

#### **Hull nr. 1 (jfr. Fig. 16 og 17)**

Hullet var det siste som ble boret, som erstatning for det opprinnelig planlagte hull nr. 1 (syd for Grønningen) som ikke ble boret på grunn av den åpne Grønningselva. Lokalisering av hullet ble valgt slik at det ga en best mulig skjæring av listwaenittlegemet i Rypsnargrubba og klebersteinen i ligg av listwaenitten. Etter et noe uventet parti med kleberstein helt i hengen av hydrotermalsonen, var hullet helt som forventet med inndelingen listwaenitt, kleberstein, en tynn "nek-talk" markørhorisont, lys serpentinititt og til slutt typisk mørk ligg-serpentinititt (Fig. 17). På grunn av den gode feltkontrollen i dagen kunne vi senere også bestemme fallvinkelen på listwaenittlegemet og på klebersteinen i ligg av dette, med relativt god nøyaktighet. Fallvinkelen ble ved opptegningen (konstruksjonen) av profilet gjennom Bh 1 funnet å være bare 28° mot NNV som vist på Fig 17.

#### **Hull nr. 6 (jfr. Fig. 16 og 18)**

Lokalisering av hullet ble valgt for å få bedre detaljkunnskap særlig om kleberen, her oppe hvor hydrotermalsonen brått blir mer kompleks igjen etter den enkle oppbygningen omkring Bh 1 (Fig. 16). Bh 6 ble satt på i en skalk av "fluid-gabbro", men vi kom inn i kleberstein allerede ved 2 m hulldyp. "Fluid-gabbroen" ligger altså bare som en skalk eller kake øverst som vist på Fig. 18. Rett under denne kommer så hoved-kleberen inn med hele 14 m dagnær skjæring i borhullet. Det må også bemerkes at vi i ligg-kleberen har nærmere to meter av "nek-talk" horisonten (Fig. 18).

#### **Hull nr. 8 (jfr. Fig. 16 og 19)**

Hull nr. 8 ble satt på øverst i Rypsnargrubba i nerkant av en skalk som over deler av overflaten viste eksepsjonelt fine og utvitrede smaragditt-krystaller. Det primære ønsket var å få en skjæring gjennom en slik fin bergart som muligens kan være interessant som naturstein. Videre ønsket vi å få bedre kunnskap om hydrotermalsonen her i innsnevringen ved Grubbtjønnna. Vi fikk inn "fluid-gabbro" i den øvre del av hullet, men ikke med mye smaragditt slik som observert på overflaten. Fordelingen av "fluid-gabbro" og øvrige bergarter øverst i hullet korresponderer også meget godt med de to skalkene av "fluid-gabbro"

i overflaten som vist på Fig. 19. Under "fluid-gabbroen" kommer det inn flere tynne soner av både kleberstein, listwaenitt, "fluid-gabbro" og serpentinit, samt overgangsformer mellom disse, før hullet avsluttes på 50 m dyp i sikker ligg-serpentinit. Avslutningen av hullet korresponderer med klebersteinen i kanten av og antatt under selve Grubbtjønnna, men den forbindelsen er ikke helt enkel å forstå som det framgår av Fig. 19. I dette området smalner dessuten hele hydrotermalsonen sterkt inn som Fig.16 viser.

### Oppsummering

Hydrotermalsonen er mye mer kompleks, både rent geometrisk og med hensyn til variasjoner i sammensetning, enn det relativt enkle bildet vi hadde etter den korte feltrekognoseringen i 1999 (jfr. kartet i vedlegg 1 i Nilsson m. fl. 1999). Interpolering mellom blotninger i terrenget blir derfor beheftet med mye større usikkerhet enn hva som ellers er vanlig.

Hull nr.	Lok. navn	Lengde meter	UTM-koordinater		Hullretning 360° inndeling	Fallvinkel 90° inndeling
			WGS 84 = EUREF89			
			Øst	Nord		
1	Øverst i Merkesbekken	66,5	397300	7109720	154	45
2	NØ-enden av Båstøsegmentet	65,0	395880	7108540	130	45
3	Hallarhaugen	79,0	396250	7108845	135	45
4	Merkesbekktjønnna (-myra)	130,0	396915	7109530	135	45
5	Merkesbekken, ovenfor myra	90,0	397130	7109625	154	45
6	Sentralt i Rypsnargrubba	61,5	397465	7109770	154	45
7	Ved rotvelt NV for båtstøa	37,0	395900	7108485	132	50
8	Øverst i Rypsnargrubba	50,0	397495	7109840	150	45
	Sum bormeter	579,0				

## **Bilag 2**

# **Borhullslogg fra diamantboringer i hydrotermalsonen i Raudfjellet**

*av*

*Ingvar Lindahl & Lars Petter Nilsson*

**Bh 1**

Koordinat (WGS 84): 397300 / 7109720

Retning: 154°

Helning: 45°

Lok. Grubba (øverst i Merkesbekken)

Lengde: 66.50 m

Dybde	Beskrivelse	Slip	Sag	Anal
0.00- 9.30	Relativt massiv metagabbro			
9.30-11.20	Forskifret metagabbro, dels med mye kloritt			
11.20-11.50	Finkornig overgangsbergart med kloritt-talk og magnesitt-krystaller. Begynnende karbonatvekst.			
11.50-13.60	Ekte talk-karbonat bergart. Opptil 2 cm store magnesitt-krystaller.			
13.60-14.50	Som 11.20-11.50			
11.20-14.50	Kleber.	v/11.40	x	
14.50-15.80	Listwaenitt – vekslende overgangsbergart. Partier med fluid-gabbro. Svak smaragdittutvikling.			
15.80-21.70	Halv meters overgangsbergart fra 15.70 Kleber av god kvalitet, relativt lite karbonat, silkefarget. Noe foldet.			
21.70-24.00	Grålig til hvit listwaenitt		x	x
24.00-27.00	Grålig til hvit listwaenitt		x	x
27.00-30.00	Grålig til hvit listwaenitt		x	x
30.00-32.00	Grålig til svakt grønnlig listwaenitt		x	x
32.00-34.00	Hvit listwaenitt, kvartsrik og sliret		x	x
34.00-36.00	Hvit listwaenitt, kvartsrik og sliret	v/35.20	x	x
36.00-39.00	Gradvis fargeendring fra lys til mørkere listwaenitt Hybrid klebersone, ikke silkekleber.		x	x
39.00- 40.00	Mørkere listwaenitt	v/39.80	x	x
40.00-40.20	Overgang til kleber			
40.20-46.80	Klebersone. Skifrig og karbonatrik kleber. Klorittrike soner. Diffuse partier i kleberen mot listwaenitt.			
46.80-47.70	Overgang fra kleber til serpentin. Typiske uorienterte nek av talk.			
47.70-52.40	Finkornet lys grågrønn serpentin omvandlet fra dunitt Oksydimpregnasjon av magnetitt og kromitt. Porfyroblaster av magnesitt.			
52.40-66.50	Omvandlet peridotitt. Delvis relikte magmatisk tekstur. Dels finkornet metadunitt.			

**Bh 2**

Koordinat (WGS 84): 395880 / 7108540

Retning: 130°

Helning: 45°

Lengde: 65.0 m

Lok. "Rotvelt" (Båstø-segmetet)

Profil	Beskrivelse	Slip	Sau	mal
0.00-3.80	Morene – kjernetap			
3.80-6.00	Overgang smaragdittgabbro til listwaenitt. 70% kjernetap.			
6.00-9.50	Kjernetap – morenegrus?			
9.50-10.40	Talk-kloritt holdig grågrønn listwaenitt. Lite kvarts. Overgangssone.			
10.40-11.60	Skifrig kleber, dels meget talkrik. Dels oksydert. Tynne klorittlag.			
11.60-12.30	Kloritt og amfibolførende kleber. Relativt massiv.			
12.30-14.00	Talk-kloritt-smaragditt bergart. Relikt av henggabbro			
14.00-18.95	Kleber-talk bergart, fra 18.25-18.60 fluid gabbro med grovkrystallin nydannet amfibol.			
18.95-19.30	Overgangssone til listwaenitt			
19.30-22.00	Grålig listwaenitt med 2-3 cm årenett av kvarts		x	x
22.00-25.00	Grålig listwaenitt med 2-3 cm årenett av kvarts	v/23.40	x	x
25.00-26.60	Grålig listwaenitt med 2-3 cm årenett av kvarts		x	x
26.60-29.25	Blandet smaragditt-førende listwaenitt med grønne nydannede (amfibol-fuchsitt) krystaller	v/27.50	x	x
29.25-32.85	Listwaenitt med talk i varierende mengde	v/32.05	x	x
32.85-34.90	Massiv kleber – talk.			
34.90-36.00	Overgangssone til serpentin. Noen talknek.			
36.00-65.00	Serpentin omvandlet fra dunitt. Oksyder som sannsynligvis er magnetitt og kromitt. Lokalt litt talk.			

**Bh 3**

Dublett av første 10 m. Problem påsett).

Lok. Hallarhaugen

Koordinat (WGS 84): 396250 / 7108845

Retning: 135°

Helning: 45°

Lengde: 79.0 m

Dybde	Beskrivelse	Slip	Sag	Anal
0.00-2.60	Kjernetap			
2.60-4.40	Casing kjerne. Grovkornig hydrotermalt omvandlet gabbro. Grovkornig nydannet amfibol.			
4.40-6.60	Fluidisert gabbro. Gradvis overgang mot listwaenitt			
6.60-10.00	Listwaenitt med nydannede 1 cm store amfibolkrystaller Smaragditt i mindre definerte krystaller. Bra listwaenitt fra 10.00 m.			
(5.00-7.00	Fra dublettkasse som sages)		x	
10.00-13.00	Lys listwaenitt. Typisk bergart	v/10.50	x	x
13.00-15.20	Lys listwaenitt. Typisk bergart		x	x
15.20-18.00	Delvis listwaenittisert xenolitt. Kloritrik i partier. Andre deler typisk listwaenitt.		x	x
18.00-21.00	Listwaenitt lokalt med bånd av grønne silikater – kloritt	v/19.50	x	x
21.00-24.00	Listwaenitt lokalt med bånd av grønne silikater – kloritt	v/22.75	x	x
24.00-27.00	Listwaenitt lokalt med bånd av grønne silikater – kloritt		x	x
27.00-30.00	Listwaenitt lokalt med bånd av grønne silikater – kloritt		x	x
30.00-33.00	Listwaenitt lokalt med bånd av grønne silikater – kloritt		x	x
33.00-35.00	Listwaenitt lokalt med bånd av grønne silikater – kloritt	v/34.40	x	x
35.00-37.10	Listwaenitt lokalt med bånd av grønne silikater – kloritt		x	x
37.10-40.00	Mørkere listwaenitt. Lokalt med talk og kloritt	v/39.95	x	x
40.00-43.00	Mørk og lys listwaenitt. Noe kloritt og noe talk		x	x
43.00-45.00	Mørk og lys listwaenitt. Noe kloritt og noe talk		x	x
45.00-47.10	Mørk og lys listwaenitt. Noe kloritt og noe talk		x	x
47.10-48.80	Skifrig listwaenitt med talk og kloritt bånd		x	x
48.80-50.10	Skifrig listwaenitt med talk og kloritt bånd	v/49.95	x	x
50.10-52.50	Overgang fra listwaenitt til kleber med smaragditt			
52.50-55.50	Karbonatrik uren kleber. Lokalt klorittskifer med talk			
55.50-56.00	Praktkleber. Silkekleber. Meget talkrik.			
56.00-58.80	Hybrid magnesitt-kloritt bergart			
58.80-60.00	Overgang til serpentin.			
60.00-79.00	Serpentin med oksyder (magnetitt og kromitt). Bergarten holder 2-3 % oksyder. Typisk metadunitt. Grønnlig serpentin ned til 64 meter, deretter mørkere			

# Bh 4

Koordinat (WGS 84): 396915 / 7109530

Retning: 135°

Helning: 45°

Lengde: 130.0 m

Lok. Merkesbektjønna (-myra)

Dybde	Beskrivelse	Slip	Sag	Anal.
0.00-2.50	Kjernetap			
2.50-3.00	Casing kjerne – metapyroksenitt.			
3.00-8.20	Kumulat av metapyroksenitt. Grønn matriks med mørke pyroksener.			
5.00-6.00	Pen tekstur. Naturstein	v/5.50	x	
8.20-8.40	Grovkornet pegmatittisk magnesitt			
8.40-39.40	Finkornet, omvandlingsbergart med mye grågrønne silikater. Amfibol og kloritt synes dels å utgjøre opp mot 50% av bergarten. Grønn og finkornet i heng og ved 9.50-9.70, 19.10-19.30 og 22.80-23.30. Analyse av utvalgte deler av sekvensen			
15.00-18.00	Se ovenfor.	v/17.50	x	x
27.00-30.00	Se ovenfor.	v/28.40	x	x
36.00-39.00	Se ovenfor.	v/38.50	x	x
39.40-51.50	Omvandlet heng-gabbro. Grå og rik på mørke mineraler.			
51.50-53.50	Relativt lys omvandlingsbergart	v/52.30	x	x
53.50-54.00	Klorittrik overgangssone mot serpentin. Noe talk.			
54.00-85.60	Serpentin fra metadunitt med svak oksydimpregnasjon. Serpentinitt med varierende grad av hydrotermal omvandling. Noe talk og karbonat negativt korrelert.			
85.60-89.00	Svakt listwaenitt-omvandlet gabbro som mot ligg går over mot kleber.			
89.00-102.0	Kleber. Meget talkrik kleber – lite karbonat. Dels karbonatfri (92-93 m). Grafitt på glideplan. Svak kleber midt i sonen, mens den er meget god ved 100 m. Grovkornet (1-2 cm) mørk kortprismatisk amfibol ved 89-90 m. De store krystallene er sonerte. I området 95-98 m er det lokalt utviklet nålformet grønn smaragditt amfibol kanskje av en annen generasjon enn den som er vanlig i smaragdittgabbroen.			
90.00-91.00	Kleber	v/90.95	x	x
96.60	Kleber	v/96.60		
96.60-101.00	Kleber		x	
98.00-100.00	Kleber	v/99.95	x	x
102.00-130.00	Serpentinitt omvandlet fra dunitt. Oksydimpregnasjon. Varierende fargenyanser fra ujevn hydrotermal påvirkning. Litt karbonat og lite talk.			

**Bh 5**

Koordinat (WGS 84): 397130 / 7109625

Retning: 154°

Helning: 45°

Lengde: 90.0 m

Lok. Merkesbekken

Dybde	Beskrivelse	Slipp	Sag	Anal
0.00-5.10	Kjernetap.			
5.10-6.50	Casing kjerne. Grågrønn fluidgabbro.			
6.50-16.00	Grågrønn fluidgabbro.			
16.00-18.30	Overgang fra fluidgabbro til serpentin, dels med noe talk og karbonat. Dels finkornet bergart. Dels omvandlet til grå listwaenitt.			
18.30-20.10	Serpentinitt med rester av kumulatsekvensen over. Kan være fra harzburgitt.			
20.10-21.80	Serpentinitt med krystaller av magnesitt og talk. Også impregnasjon av oksyder.			
21.80-22.40	Listwaenitt av dårlig kvalitet.			
22.40-33.90	Hydrotermalt omvandlet serpentinit. Lokalt mulige kumulater, dels dunitt. Soner med uren listwaenitt som ikke har økonomisk relevans			
33.90-35.20	Serpentin med mulige rester av harzburgitt.			
35.20-40.85	Mørk serpentinit uten fortalkning			
40.85-44.20	Hydrotermalt omvandlet gabbro. Lokalt omvandling over mot listwaenitt.			
44.20-50.00	Serpentinitt. Uten omvandling til talk. Flekker og smale bånd av kromitt.			
50.00-51.50	Harzburgittisk serpentinit med begynnede fortalkning.			
51.50-53.00	Som forrige. Mer kloritt + talk + karbonat. Mer grønn med nydannet amfibol.			
53.00-56.20	Finkornet serpentin fra metadunitt. Lys grønnlig med svak talk-karbonat omvandling.			
56.20	Skarpt skille mot god kleber.			
56.20-60.65	God kleber. Noe mørkere mot ligg.		x	
57.00-59.00	God kleber	v/58.50	x	x
60.65-76.25	Serpentin fra dunitt. Ensartet med kromitt impregnasjon. Massiv kromitt ved 64.40 m (1.5x3 cm)			
76.25-85.30	Serpentinitt. Omvandlet fra pyroksenitt.			
85.30-90.00	Mørk serpentinit.			



**Bh 6**

Koordinat (WGS 84): 397465 / 7109770

Retning: 154°

Helning: 45°

Lengde: 61,5 m

Lok. Rypsnargrubba

Dybde	Beskrivelse	Slip	Sag	Anal
0.00-1.95	Kjernetap			
1.95-2.25	Mørk serpentinit. Skarp kontakt til kleber under.			
2.25-3.00	God kleber.			
3.00-5.30	Finkornig omvandlingsbergart med amfibol og kloritt.			
5.30-5.60	Magnesitt, opptil 0.5 cm store krystaller i talk kloritt matriks.			
5.60-6.10	Finkornig omvandlingsbergart med amfibol og kloritt.			
6.10-12.50	Kleber. Oksydert karbonat de første to metrene. Overgang mot kleber/listwaenitt er gradvis.			
12.50-14.00	God kleber – dels karbonatrik			
14.00-16.00	God kleber – silkekleber	v/15.90	x	x
16.00-16.30	God kleber – silkekleber			
16.30-16.40	Grovkornet kloritt-karbonat bergart			
16.40-20.10	Kleber, noe over mot listwaenitt (karbonatrik). 0.5 cm store magnesitt-krystaller. Kjernetap 18.20-19.20.	v/18.15		
17.00-17.85	Kleber		x	x
20.30-23.00	Overgang mot ligg-serpentinit. Talknek hyppigst mot kleber i serpentiniten. 50 % talknek på det meste. Avtakende talkmengde nedover.			
23.00-24.15	Lys grønn serpentinit uten talk. Litt oksyder.			
20.00-24.00	Saging av serpentinit for natursteinstest		x	
24.15-61.50	Ligg-serpentinit. Noe variert i farge. Rester av peridotitt mellom 36 og 40 meter. Spredte årer med karbonat med mm til cm tykkelse.			

**Bh 7**

Koordinat (WGS 84): 395900 / 7108485

Retning: 132°

Helning: 50°

Lengde: 37.0 m

Lok. "Rotvelt" (Båstø-segmentet)

Dybde	Beskrivelse	Slip	Sag	Anal
0.00-0.80	Kjernetap			
0.80-1.00	Listwaenitt med smaragditt			
1.00-3.50	Listwaenitt, karbonatrik uten kvarts			
3.50-6.80	Kjernetap			
6.80-7.80	Kleber, karbonatrik ved 7 meter			
7.80-8.80	Kjernetap			
8.80-11.00	Silkekleber, lys og massiv		x	
10.00-11.00	Silkekleber, lys og massiv		x	
11.00-12.00	Silkekleber, lys og massiv		x	x
12.00-15.60	Silkekleber, lys og massiv	v/12.60		
15.60-16.00	Serpentinitt med talknek		x	
16.00-17.00	Serpentinitt med mindre mengde talknek. Litt oksyder			
17.00-21.00	Lys serpentinit. Typisk liggserpentinitt			
21.00-28.75	Finkornet middels mørk serpentinit med litt oksyder. Litt vekslende farge			
28.75-33.00	Lys grønnlig finkornet massiv serpentinit. Dels grov- kornet kromitt.			
33.00-35.00	Mosegrønn karbonatførende serpentinit.			
35.00-37.00	Mosegrønn karbonatførende serpentinit.	v/35.90	x	

**Bh 8**

Koordinat (WGS 84): 397495 / 7109840

Retning: 150°

Helning: 45°

Lengde: 50.0 m

Lok. øverst i Rypsnargrubba

Dybde	Beskrivelse	Slip	Sag	Anal
0.00-1.10	Kleber med kloritt og amfibol. Dannet fra omvandling av heng-gabbro.			
1.10-5.85	"Fluid-gabbro". Grense mot overliggende kleber er gradvis. Smaragditt jevnt fordelt.			
5.85-6.30	Uren talkstone			
6.30-6.55	Smaragdittførende listwaenitt			
4.00-6.50	Saging for natursteinsvurdering		x	
6.55-7.10	Uren kleber med kloritt og amfibol.			
7.10-8.60	Karbonat-kloritt bergart – uren listwaenitt. Finkornig, dels skifrig med noe talk.			
8.60-13.30	Hydrotermalt omvandlet gabbro med amfibol, kloritt, magnesitt og talk.			
13.30-14.25	Listwaenitt med kloritt- og magnesitt-krystaller			
14.25-16.20	Hydrotermalt omvandlet gabbro med amfibol, kloritt, magnesitt og talk.			
16.20-18.10	Kleber, relativt mørk.			
18.10-19.40	Kraftig grønn serpentinit. Ved 18.80 2cm stor magnetitt-krystall.			
19.40-22.50	Svakere grønnlig serpentinit			
18.00-20.00	saging for natursteinsvurdering	v/18.60	x	
22.50-28.05	Mørk svakt grønnlig serpentinit			
28.05-30.30	Serpentinit. Bleket ned mot listwaenitten.			
30.30-32.50	Listwaenitt	v/31.35	x	x
32.50-35.25	Vekslende lys grønnlig serpentinit			
35.25-37.15	Serpentinit med talknek – liggserpentinit			
37.15-39.10	Listwaenitt. Oksydert karbonat langs sprekker som sannsynligvis har kontakt med dagen. Tydelige magnesittkrystaller.			
39.10-40.50	Lys serpentinit med talk. Bunnen av hydrotermalt påvirket del.			
40.50-50.0	Mørk liggserpentinit med noen få uregelmessige sprekker med hydrotermal omvandling. Listwaenitt-åre ved 43.75 m (5 cm). Sen, 1 cm bred kalsittåre ved 49.60 m.			
38.00-41.00	Saging for natursteinsvurdering	v/39.90	x	

## **Bilag 3**

**Kort kronologisk oversikt over møter og andre aktiviteter i prosjektet i år 2000.**

## Innledning

Her er tatt med møter og aktiviteter direkte på prosjektet samt diverse møter og andre aktiviteter med noe mer varierende tilknytning til prosjektet (møter i tilknytning til nasjonalpark-problematikken, møter med industri-representanter, feltturer utenom prosjektet, o.s.v.).

Det hele er lagt opp som en kronologisk opplisting hvor velkjente deltakere/aktører kun er nevnt med initialer. "Nye" folk og litt perifere folk i prosjektsammenheng eller personer med kun sporadisk opptrøden på eller i tilknytning til prosjektet, osv. er derimot tilkjennegett ved fullt navn.

AF = Asbjørn Flaas, Statskog Trøndelag/Møre, Steinkjer

ABV = Arne B. Vaag, Statskog SF, Fauske

BAS = Brian A. Sturt, NGU, Trondheim (død 15. september 2000)

CAB = Carl A. Libach, Statskog SF

DMR = Donald M. Ramsay, Dundee, Skottland (engasjert ved NGU)

IL = Ingvar Lindahl, Statskog SF, Fauske (p. t. Trondheim)

JSS = Jan Sverre Sandstad, NGU, Trondheim

LPN = Lars Petter Nilsson, NGU, Trondheim

OSH = Ole Sivert Hembre, Nord-Trøndelag Fylkeskommune, Steinkjer

PMI = Peter M. Ihlen, NGU, Trondheim

## Kronologisk oversikt over møter og øvrige aktiviteter

### 10. januar 2000:

Brev fra Statskog TM (TM = Trøndelag/Møre) til Tore Vrålstad (Norsk Hydro) angående "undersøkelse vedrørende praktisk anvendelse av karbonatene i listwaenitten og klebersteinen i Raudfjellet i Snåsa". LPN tar med prøvemateriale til det berammede møtet på Statoil, Stjørdal 14/1 for inspeksjon. Senere sendes en representativ overflateprøve (2 kg av nedknust og splittet gods fra pr. 17C fra listwaenitt-segmentet i Rypsnargrubba) til Norsk Hydro for en første testing.

### 14. januar:

Møte på Statoil, Stjørdal i *Arbeidsgruppen Gass/Mineral-prosjektet*. Denne består av OSH, videre fylkesgeolog i Nordland Ola Torsteinsen, Håkon Rueslåtten (NTNU) og har som sekretær Vidar Natvik. For Rueslåtten møtte vararepresentant Stig Berger, ellers møtte de ovennevnte. Videre møtte Tore Vraalstad (Norsk Hydro), ABV og AF fra Statskog samt Odd Øvereng, PMI og LPN fra NGU. LPN redegjorde for arbeidet i Raudfjellet med hovedvekt på listwaenitten som mulig Mg-råstoff. Geolog Tore Vraalstad orienterte om magnesitt, magnesia og magnesium "world wide". Dette var et meget viktig møte for oss i listwaenitt-sammenheng, dvs. generelt om problematikken med listwaenitten som mulig Mg-råstoff.

### 15. januar:

BAS har klar en intern 3 siders statusrapport som punktvis og relativt detaljert oppsummerer arbeidsresultatene fra 1999 både på det praktisk geologiske og det mer akademiske området (om ofiolittfragmentenes geologi, m.m.), og både for Raudfjellets og Nordlis vedkommende. Videre kommer BAS med forslag til oppfølgingsarbeider for år 2000.

### 17. januar:

IL og LPN diskuterer telefonisk om geofysiske bakkemålinger kan være et hjelpemiddel til å få vite mer om hydrotermalsonens forløp mot dypet. Anomalibildet fra de magnetiske helikoptermålingene som også dekker Raudfjellet er definitivt verken lett å tolke eller benytte videre i detaljskala. For å få en peiling på forhånd om bakkegeofysikk (mag. målinger eller andre målinger) kan ha noe for seg blir det besluttet at LPN skal måle magnetisk susceptibilitet på alle innsamlende håndstykker fra 1999 (stuffer med LPN og BAS prøvenumre). Angående resultatene av målingene, osv. henvises til Bilag 4 i foreliggende rapport.

### 6.(?) februar:

Etablering av arbeidsgruppe med forslag og forespørsel fra Statskog TM v/AF: "Statskog har i sin planlegging vedrørende kleber, talk og magnesitt i tilknytning til verneplan i Snåsa og Lierne besluttet at det settes ned en arbeidsgruppe, og følgende personer foreslås, og samtidig forespørres, som medlemmer av denne": OSH, BAS, LPN, IL og AF. Angående arbeidsgruppens mandat og ansvarsfordeling, m. m. henvises til Statskogs brev v/AF.

#### **8. februar:**

Arbeidsgruppen har sitt første og konstituerende møte på NGU i forbindelse med NGU-dagen. Tilstede på møtet: AF, OSH, IL og LPN (BAS er forhindret fra å være til stede). Vi planlegger aktiviteten på prosjektet i tiden framover, bl.a. med diamantboringer i hydrotermalsonen i Raudfjellet. Videre diskuteres framdriften i verneplanprosessen og vårt forhold til denne. AF sender 18. februar ut et fylldig møtereferat samt kostnadsoverslag for undersøkelsene i Raudfjellet til arbeidsgruppa samt til ABV og Carl A. Libach. Etter gjennomgang av arbeidsgruppen foreligger en oppjustert versjon av referat med kostnadsoverslag den 22. februar samt en endelig versjon av 28. februar. Det henvises til denne siste versjonen som det offisielle referatet og kostnadsoverslaget i den videre arbeidssammenheng.

#### **8. februar:**

Det er flere interessante foredrag på NGU-dagen med stor aktualitet i forhold til "våre" forekomster, bl. a. Einar Gjertsen's foredrag om firma *Granit 1893 A/S* som han er leder for (foredragets tittel er: *Marked og utviklingspotensiale for norsk naturstein*). Firmaet har som kjent ovner og peiser av kleberstein i sitt produktspekter. Firma Granit kjøpte for 20 år siden opp det gamle, velrenommerte firmaet *A/S Østlandske Stenexport* på Oita i Gudbrandsdalen som til da både hadde drevet talkgruve og flere kleberblokksteinsbrudd i trakten i mer enn 60 år. Videre hørte vi OSH's foredrag om *Gass og mineraler, et stort næringsmessig potensiale* med store fremtidsperspektiver. Foredraget berørte også problematikken rundt listwaenitten i Raudfjellet som Mg råstoff.

#### **8. februar:**

Om kvelden møte i Statskogs lokaler i Haakon VII's gt. i Trondheim. Til stede: ABV, IL, AF, Einar Gjertsen samt LPN. Orientering og samtaler omkring klebersteinsforekomstene i Raudfjellet og Nordli.

#### **18. februar:**

JSS har klart et utkast for NGUs innsats (inkl. budsjettforslag for NGUs deltagelse) i Raudfjellet, Snåsa og i Nordli i år 2000.

#### **23. februar:**

Arbeidsmøte på Værnes. Tilstede: AF, BAS, IL, LPN og OSH. Status oppsummeres og detaljerte planer legges. Det legges opp til separate budsjetter for undersøkelsene i Raudfjellet og i Nordli. IL har klart et utkast til referat fra møtet, inkl. et detaljert budsjettforslag, den 28/2. Endelig referat godkjent 2/3 med kopi til CAB og ABV. Det henvises til dette.

#### **29. februar:**

Statskog v/AF sender ut anbudsinnbydelse til boroperatører på kjerneboringene i Raudfjellet. Anbudsåpning settes til 24. mars. Det tas med et klart forbehold om finansiering av boringene fra Statskogs side.

#### **2. mars:**

Arbeidsgruppen representert ved IL oversender sitt forslag til budsjett for undersøkelsene i Snåsa og Lierne til Statskog v/ CAB og ABV.

#### **14. mars:**

LPN har klar en oversikt over alle aktuelle flybilde-serier som dekker klebersteinsområdene i Nordli. Det skal vurderes om vi skal få laget et eget topografisk kart over det aktuelle området mellom Fjellraudberget og Hestkjældalen på oppdrag eller om vi skal benytte forstørrede flyfotos. Det hele ender med at vi går for det siste p.g.a. kostnadene, og det hele fungerer utmerket.

#### **22. mars:**

AF orienterer arbeidsgruppen om fremdriften i praktiske oppgaver, osv. i forbindelse med de forestående diamantboringene i Raudfjellet. Budsjettet for boringene er imidlertid ikke fastslått ennå med hensyn til fordeling fra de forskjellige bidragsytere.

#### **22. mars:**

AF orienterer NGU v/LPN om de innkomne anbudene på diamantboringene per telefax. LPN orienterer videre BAS og JSS. AF lager en sammenstilling av de innkomne anbudene og sender ut på E-mail til IL, OSH, BAS, JSS og LPN.

**24. mars:**

Telefonmøte (AF, BAS, IL, JSS, OSH og LPN) om valg av entreprenør. Tekobor AS, Storås i Meldal får oppdraget.

**24. mars:**

AF har klart et budsjett med spesifisert fordeling på hver enkelt bidragsyter. Diverse justeringer av budsjettet foretas av JSS 29/3 og 30/3.

**27. mars:**

Statskog v/AF sender søknad om økonomisk støtte til SND.

**30. mars:**

De bevilgende myndigheter har redusert bevilgningen til boringene. AF og IL gikk sammen og slanket de forskjellige utgiftspostene deretter (reduisert total borchengde, lavere pris per analyse og antall analyser betydelig ned). Revidert budsjett framlagt av Statskog v/AF og IL.

**3. april – 1. mai:**

Diamantboringer i Raudfjellet. LPN følger boringene i felt i fire korte, adskilte perioder og IL i en periode. Dette p.g.a. flere avbrudd som skyldes diverse tekniske problemer under boringene. Det børes til sammen 579 m fordelt på 8 hull. Om detaljene ved boringene henvises til feltrapporten i Bilag 1 og når det gjelder resultatene til borchullsløggene i Bilag 2.

**5. april:**

Møte på NGU mellom AF og JSS angående avtaleutkast med budsjett for NGUs innsats på prosjektet.

**6. april:**

Telefonmøte (AF, IL, OSH og LPN) vesentlig om de praktiske sidene ved boringene i Raudfjellet (jfr. AF's møtereferat).

**10. – 11. april:**

Arbeidsmøte på Holden samt effektive feltbefaringer med raske snøskutere (IL, OSH, AF og LPN).

**14. april:**

Nytt revidert avtaleutkast fra Statskog v/AF til NGU v/JSS.

**mai:**

AF besørger transport av borchjernene med snøskuter fra borchplassene fram til bilvei ved Grønninggrubba. De siste lassene ut får en skikkelig langtur rundt hele Langvatnet fordi isen både på Grønningen og Langvasselva nå er gått opp. Vi kan være glad det gikk så bra som det gjorde. Etter at veien er brøytet det siste stykket besørger AF biltransport av borchjernene fra Grønningen til Løkken.

**mai:**

AF sager ut med motorsag en større kleberprøve fra "galleriet" (=lok. 6) i Rypsnargrubba samt enda en kleberprøve fra samme område (blokkene er på ca. 30 kg hver, jfr. notat fra AF til ABV av 29/6). Det viser seg senere (etter snøsmelting) at den lille nisjen (ca. 30 x 30 x 70 cm) som blir igjen i veggen etter sagingen blir værende ca. 5 m over bakken i overkant av den loddrette fjellveggen. Derav navnet. AF tar også ut en ca. 200 – 300 kg stor prøve av listwaenitt fra kroppen ved Båtstøa.

**30. mai:**

Endelig avtale mellom Statskog SF og NGU i prosjektet: *Oppfølgende undersøkelser i Snåsa Lierne, Nord-Trøndelag* underskrives av Carl A. Libach for Statskog SF og av Helge Hugdahl for NGU.

**6. – 8. juni:**

IL og LPN logger borchjernene på NGU, Løkken (579 m kjerne fordelt på 8 hull): BAS var med 1½ dag for selv å se kjernene samt å bli orientert. IL og LPN rekvirerer spesifisert arbeid med kjernematerialet: saging med tanke på naturstein samt uttak av prøver til slip og analyser, osv.

**primo juni:**

Odd Sagegg og Elin B. Sagvoll, NGU, Løkken utfører alt arbeidet med saging av borchjerner, uttak av kjernemateriale til analyser og slip, preparering av prøvematerialet for samme samt fotografering av det samlede

kjernematerialet både i tørr og våt tilstand (fotografering av hele kjernebatterier). Slipemner og materiale til kjemisk analyse blir sendt til NGU, Trondheim (Gudmund Grammelvedt forsikrer seg, midt i ferien, om at LPN er orientert om forsendelsen). Alt arbeidet blir fyldestgjørende utført. Alt restmaterialet etter prøveprepareringen oppbevares på Løkken (3 – 4 kasser restmateriale).

*primo juni:*

LPN arbeider med å få til et best mulig tjenlig analyseopplegg som tar hensyn til de reduserte bevilgningene.

*21. juni:*

AF har klart et notat/flyttdiagram: *Fremdriftsplan – Raudfjellet og Skograudberget.*

*22. juni:*

*"Grong-Olden møte"* på Værnes (PML, JSS, IL, OSH og LPN). Fokus på malm-mineraliseringer i Grong-Olden granitt-korridoren og den nærmeste randsonen på begge sider av korridoren. Viktig med hensyn til nasjonalparken og arbeidet med denne. Det blir besluttet at vi tar befaringer både til Roktdalen og til Jævsjøtraktene.

*4. – 5. juli:*

AF inspiserer borstandplassene i Raudfjellet og tilkjørselsveiene helt til Bjørkede på barmark for å se om det lå igjen noe søppel eller utslipp fra boringene og om det var skader på naturen. AF hadde intet negativt å bemerke. *Casing'ene* (jernrørene) som sto igjen fra boringene i vinter ble kappet ca. 20 cm over bakken. AF har nå transportert ned til Snåsa ca. 200 kg av den uttatte listwaenittprøven fra Båttstø-segmentet.

*ultimo juli – primo august:*

Feltarbeidet på kleberstein i Nordli gjennomføres kort og konsentrert av to feltgrupper: AF og IL arbeider lengst i syd (Hestkjøldalen, etc.), mens BAS & DMR arbeider lengst i nord (på strekningen fra Seterbekken/Storbekken i vest til selve Fjellraudberget i øst).

*4. august – 23. august:*

Feltarbeid i Raudfjellet (LPN). Til å begynne med sinkes arbeidet betydelig p.g.a. mye elendig feltvær, men mot slutten av perioden bedrer været seg såpass at feltprogrammets volum blir gjennomført etter planene (vesentlig detaljkartlegging med tilhørende prøvetaking).

*14. august:*

AF gir i et kort notat en oversikt over fremdriften på prosjektet og en oversikt over økonomien. Notatet går til CAB, ABV, IL, BAS, OSH, JSS og LPN.

*15. august:*

Arbeidsgruppen har feltmøte på Holden om kvelden (IL, AF, OSH og LPN). Status for aktivitetene oppsummeres og kursen framover stokes ut.

*16. august:*

Feltmøtet fortsetter om morgenen. Deretter tar LPN en grundig ekskursjon med arbeidsgruppen på hele strekningen fra Båttstø ved Grønningens sydende (Båttstø listwaenitt-segment) mot NV til og med hele Hallarhaugen. Vi studerer selve hydrotermalsonen, dennes umiddelbare heng- og liggbergarter samt deres innbyrdes forhold. Vi bruker ganske mye tid på Hallarhaugen da denne både er viktig i listwaenitt-sammenheng samt også som mulig naturstein. Vi velger ut en større løsblokk av grønn-hvit spettet "fluid-gabbro" fra NØ-kanten av Hallarhaugen med sikte på helikopteruttak (lok. 23 på Fig. 6). Videre bruker vi en del tid på en lokalitet med helt lyse talknek i relativt lys serpentinit i liggeren av hydrotermalsonen øst for 511-m-høyden (lok. 86 på Fig. 6). Vi planlegger at AF tar ut en prøve fra denne lokaliteten.

*17. august:*

LPN tar en ny ekskursjon med i hovedtrekk samme gangrute som 16/8. Deltakere er nå OSH, tidligere bergmester Ole Nordsteien samt rådmann i Snåsa Truls Eggen med sønn.

Befaringene foregår begge dagene under optimale værforhold. Deltakerne får dermed sett så mye som mulig av nøkkellokaliteter under de beste forhold og får muligheten til å danne seg et inntrykk av hydrotermalsonens potensiale både med hensyn til kvalitet og kvantitet. Videre får de som ikke har vært her tidligere et inntrykk av logistikk og andre feltforhold.



**22. august:**

AF bistår LPN med prøvetaking med slegge av større natursteins-prøver. Det ble prøvetatt "fluid-gabbro" (= numitt med blå/grønn schillereffekt i amfibolen) fra hallaren rett nord for Litj-Hallartjøna (prøve 74) og grønn, massiv edelserpentin fra kanten av Merkesbekk-myra (pr. 73). Videre tok vi 5 dunitprøver fra selve Raudfjell-ryggen for olivin-test, dvs. primært for en test av innhold av MgO og glødetap (pr. 79 – 83). De største enkeltprøvene av numitt ble først planlagt tatt ned til Snåsa ved leilighetstransport med helikopter, men det endte likevel med at AF tok alt sammen på ryggen i 3 vendinger (største enkeltbør 90 kg!). Prosjektet sparte derved en del helikopterkroner på bekostning av AF's rygg.

**28. august:**

LPN har klar en fersk 10 siders feltrapport som sendes ut til arbeidsgruppa. Stoffet i denne rapporten integreres senere i foreliggende rapport.

**september:**

AF sammen med Gunnar Elvseth tar ut prøver fra lokalitetene ved Storbekken, Sæterbekken, Køytjøna og Murusjøen på grunnlag av kartreferanser fra kartleggingen i sommer.

**5. september:**

Møte med Fylkesmannens miljøvernavdeling i Steinkjer (Statens hus). Fra Fylkesmannen møtte Miljøvernssjef Svein Karlsen og Tor Egil Kaspersen. Fra arbeidsgruppen møtte AF, IL, OSH og LPN. Møtet var lagt opp som en gjensidig orientering.

**13. september:**

Fagsjef Nigel Cook, NGU etterlyser kommentarer til næringsminister Grete Knudsens utspill i GEO/Bergverksnytt nr. 4, 2000 angående mineralforekomster og nasjonalparker. LPN formulerer noen kommentarer som forårsaker at vi får opprettet et nytt lite prosjekt på NGU: *Geologi i nasjonalparker* for å arbeide spesifikt med denne problematikken.

**15. september:**

IL har klar en fersk 6 siders feltrapport fra arbeidet i Nordli.

**15. september:**

Prosjektleder i 1999 og prosjektets faglige ansvarlige i år 2000, Brian A. Sturt dør plutselig av akutt hjertesvikt ved sitt hjem nær Trondheim. Dette kom naturlig nok som et sjokk på alle. Nå faller hele BAS & DMR's Nordli-arbeid på DMR. I tiden som kommer ordner og systematiserer DMR feltmaterialet på best mulig måte.

**25. september:**

AF har klart et forslag til møtereferat fra feltmøtet på Holden 15.-16. august (jfr.4/10).

**26. september:**

Nigel Cook varsler LPN om et viktig møte i Victoria, BC, Canada i mai 2001: *37<sup>th</sup> Forum on the Geology of Industrial Minerals* som har spesisesjoner som går akkurat på våre problemstillinger slik som bl. a. sesjonene *Natural Stone Deposits, Market, Evaluation* og *Magnesite, Magnesia and Mg metal*.

**primo oktober:**

Et parti av den uttatte listwaenittprøven fra Båtstø-segmentet (brutto 280 kg med pallen) sendes til testing i prosessindustrien. En del restmateriale ligger imidlertid ennå igjen både på Snåsa (i trygg forvaring hos AF) samt også på uttaksplassen for eventuelt senere benyttelse.

**4. oktober:**

AF sender ut til CAB og ABV tre rapporter/notater: LPN's feltrapport av 28/8, IL's feltrapport av 15/9 samt en bearbeidet 4 siders versjon av AF's forslag til møtereferat fra 25/9 som omhandler feltmøtet 15. – 16. august på Holden. Det henvises til alle disse tre.

**5. oktober:**

AF tar ut en prøve av grønn-hvit spettet fluid-gabbro fra lok. 23 på Hallarhaug-plataet samt en prøve av serpentinit med talknek fra lok. 86 (se 16/8).

**6. oktober:**

Helikoptertransport av smaragdittgabbro-blokkene fra lok. 23 på Hallarhaugen ut til Grønningsgrubba (jfr. 16/8).

**11. oktober:**

LPN snakker om temaet *Mineralforekomster og arealforvaltning* på faggruppemøtet på NGU ut fra erfaringene i Nord-Trøndelag.

**16. oktober:**

Møte på Værnes (AF, IL, OSH, DMR og LPN). Møtet har hovedvekt på gjennomgang av feltarbeidet i Nordli og hva som skal gjøres videre med Nordli-materialet på prosjektet etter Brians død (asbest-tester, etc.).

**ca. 18. oktober:**

DMR har klar en håndskrevet feltrapport bilagt med detaljkarter fra BAS & DMR's feltarbeid i Nordli. Teksten blir skrevet inn på PC av Gunn Sandvik ved NGU. Den endelige NGU-rapporten fra arbeidene i Nordli planlegges derfor å bestå av en del på engelsk (BAS & DMR's bidrag) og en del på norsk (IL & AF's bidrag) samt med en sammenfattende tekst på norsk (IL).

**20. – 22. oktober:**

OSH & LPN tar en kort rekognoseringsstur til Gjevsjøen (egentlig heter det: *Gjevsjøen*) for å studere metalliske mineraliseringer rett over basementkontakten (OSH og LPN). Det meste ligger på privat grunn, men de metallførende dragene strekker seg også nordover inn på statens grunn (delvis utenfor og delvis innenfor dagens Gressåmoen nasjonalpark). Vi rekognoserer i området mellom Gjevsjø-gårdene og Livsjøen samt flere av bekkedalene mot øst herfra. Videre blir området vestover mot Gauplimyra undersøkt. Det opptrer regionalt i dette strøket et sent hydrotermalsystem (sprekkefyllinger tvers på lagningen i vertsbergartene) med årer av kvarts, grovkrystallin kalkspat samt rikelig grafitt. Lokalt i disse årene opptrer sulfid-ansamlinger med varierende styrke av blyglans, sinkblende, kobberkis, magnetkis, mulig fritt gull(?) samt diverse andre mulig interessante elementer som molybden, wolfram, etc. Knakkprøver og vaskekonsentrater blir tatt for analyse.

**oktober:**

AF får gjennom Solbergstein AS skåret opp og polert prøver både av grønn-hvit spettet smaragditgabbro (lok. 23) og numitt (lok. 74). Videre ble det saget opp blokker av edelserpentin (lok. 73), "nek-serpentinitt" fra ligger av klebersonen (lok. 86) samt kleberstein fra "Galleriet" (lok. 6), "Rotvelten" (lok. 45) og Grubbtjønn (lok. 46).

**30. oktober:**

Møte i den utvidede arbeidsgruppen på NGU med oppsummering av status og planer for den nærmeste tiden. Til stede: ABV, AF, IL, OSH, JSS og LPN. Asbestsertifikat for både Nordli og Raudfjellet er et tema. Videre gjennomgang av hvilke analysedata (dvs. bulkanalyser) som foreligger (LPN) samt orientering fra ABV vedrørende kontakter med industrien. JSS orienterer om den nye strukturen og de nye satsingsområdene på NGU i tiden som kommer. AF redegjør for nasjonalparkprosessen framover (viktige milepeler). OSH poengterer at hvis det er drivbarhet på ett element i sonen så er det nok. Det diskuteres så hva som må gjøres videre med tanke på drift, osv.

**7. november:**

AF sender 7 prøver av kleberstein fra Nordli og 3 prøver av kleberstein fra Raudfjellet til kontaktet prosessindustri for testing.

**10. november:**

LPN går igjennom hele prøvesamlingen fra Raudfjellet og ender opp med å velge ut kun 3 prøver foreløpig til asbest-testing ved SINTEF. Den 30/10 valgte IL og LPN ut 4 prøver fra Nordli til asbest-testing. De til sammen 7 prøvene sendes til SINTEF ved Tom Myran for en standardisert og internasjonalt fullverdig asbest-testing.

**21. november:**

NGU v/Hovedprosjektleder Industrimineraler JSS sender delfakturering til Statskog Trøndelag/Møre v/AF.

**20. november:**

Fylkesmannens utkast til de to nye nasjonalparkene i Nord-Trøndelag offentliggjøres, jfr. Trønder-Avisa 21. november: "...For Raudfjellet fremmer fylkesmannen to alternative forslag. Det ene trekker grensen utenfor Raudfjellet, i tilfelle mineralforekomsten der skulle være økonomisk drivverdig. Det andre forslaget tar Raudfjellet med i vernet. ..."

**1. desember:**

AF sender lett tilgjengelig restmateriale av listwaenitt fra sprengningslokaliteten ved Båtstøa (ca. 5 kg) til SINTEF v/Terje Malvik for diverse testing (det trengs ordentlig skuterføre for å hente ned resten av det utsprengte materialet).

**12. desember:**

Prosjektmøte på NGU hvor arbeidet den nærmeste tiden staves ut. Til stede: AF, IL, JSS, Peer-Richard Neeb (påtroppende programleder ved NGU) og LPN. Følgende er tema: 1) Budsjettmessige forhold og innhold i rapportene, 2) Orientering til Snåsa og Lierne kommuner samt status i forhold til industrien i dag, 3) Forventet orientering til pressen og 4) Status per i dag på Raudfjell-rapporten.

**14. desember:**

AF sender ut notat fra møtet 12/12 samt diverse korrespondanse i forbindelse med den forestående pressekonferansen i Steinkjer, etc.

**16. desember:**

De første resultatene fra asbest-testene ankommer. Disse er gjennomgående meget positive. LPN formidler de positive resultatene til de aktuelle mottakere.

**17. desember:**

Statskog holder pressekonferanse i Steinkjer om status med hensyn til undersøkelsene i Raudfjellet og i Nordli. AF gir informasjonen med oppbakking fra OSH. Fra pressen er *Trønder Avis*, *Namdals Avis* samt *Snåsnningen* tilstede.

**20. desember:**

ABV gir orientering om status med hensyn til prosessindustriens undersøkelser av tilsendte prøver av hhv. kleberstein (10 prøver) og listwaenitt (1 stor prøve), jfr. "primo oktober" og 7. november.

## **Bilag 4**

### **Målinger av magnetisk susceptibilitet**

## **Innledning**

Raudfjellet er dekket av geofysiske målinger fra helikopter (Håbrekke 1982). Utplottingsmulighetene var den gangen ikke særlig gode, og det er ikke så lett å ta seg igjen på kartene. Det er en mulighet for at det magnetiske kartbildet, som i vesentlig grad bestemmes av magnetittinnholdet i bergartene, kan brukes for lettere å finne utbredelsen av de ulike bergartene. Det ble derfor besluttet å gjøre rekognoserende målinger av magnetisk susceptibilitet på innsamlet prøvemateriale. Dette viser hvordan de enkelte bergartene bidrar til det magnetiske anomalibildet (dvs. det magnetiske mønsteret) som framkommer på kartene fra helikoptermålingene), og viser om det har noen hensikt å gjøre magnetiske bakkemålinger (profilmålinger) over hydrotermalsonen i Raudfjellet.

## **Målingenes utførelse**

Vi benyttet et håndinstrument ("Kappameter" fra GEOFYZIKA) som gir måleverdier som er tilstrekkelig nøyaktig for rekognoserende undersøkelser. Målingenes nøyaktighet begrenses imidlertid noe ved at det måles på mer eller mindre ujevne overflater av prøvene.

## **Måleresultater**

Måleresultatene er satt opp i nedenstående tabeller. Datagrunnlaget (antall prøver) er noe tynt særlig når det gjelder de viktige hengbergartene til hydrotermalsonen som metagabbro og metapyroksenitt. I Tabell A er vist måleresultatene for hver enkelt prøve. I Tabell B er enkeltprøvene slått sammen i bergartsgrupper (med fargekoding), og det er denne tabellen som er hovedgrunnlaget for tolkningen.

Måleverdiene er oppgitt i standard SI-enheter multiplisert med  $10^3$  slik som de leses av på instrumentet. Tallene vi leser av (den magnetiske susceptibiliteten) er et uttrykk for prøvens/bergartens evne til å bli magnetisert av jordfeltet, og denne evnen henger igjen sammen med mineralsammensetningen eller fordelingen av mineraler. Susceptibiliteten gjenspeiler først og fremst innholdet av magnetitt i prøven. Deretter kommer innholdet av grønne mineraler som amfiboler, og til slutt kommer de lyse mineralene som kvarts og feltspat som gir minst bidrag.

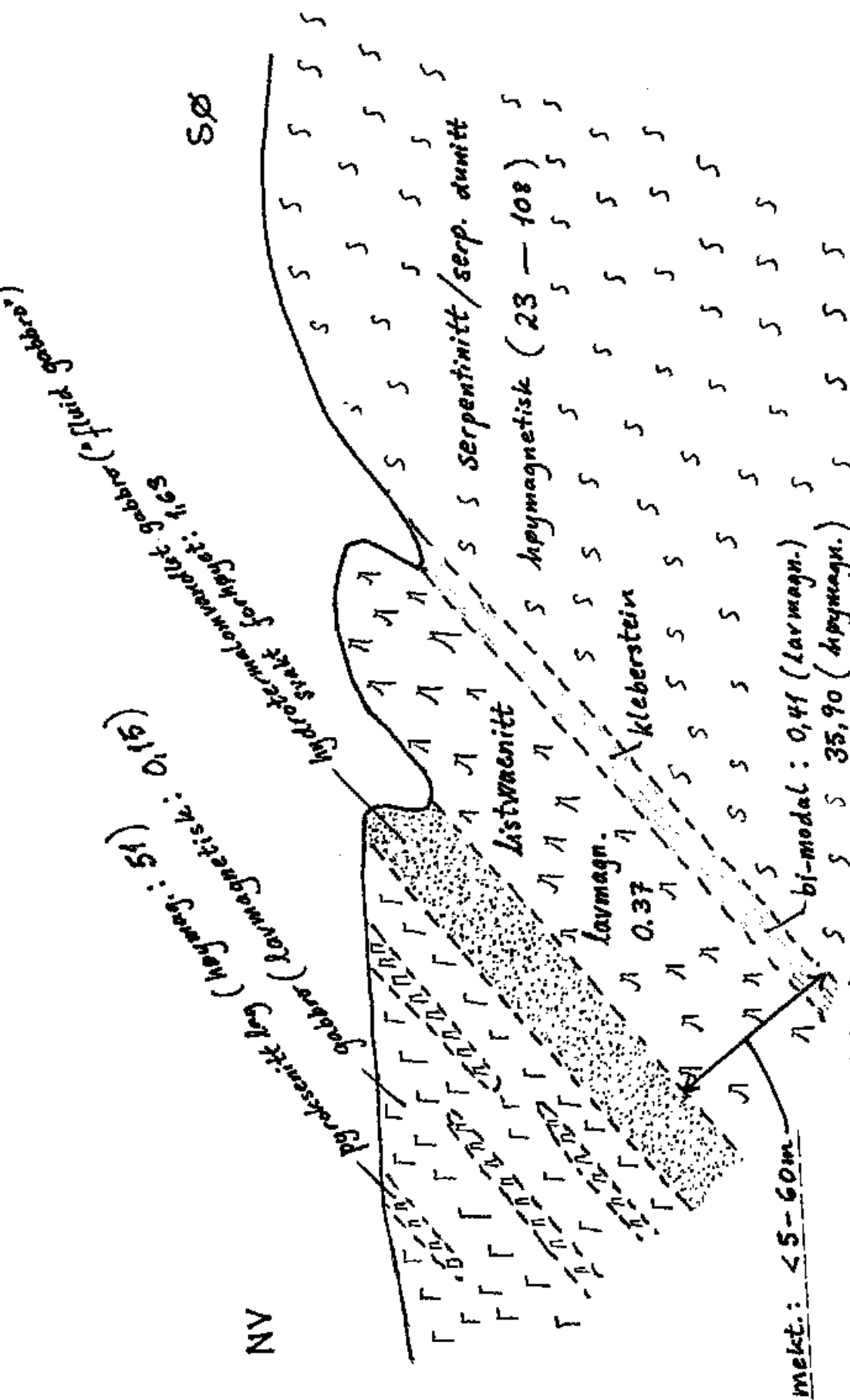
## **Tolkning**

Hydrotermalsonens heng består vesentlig av metagabbro med økende innslag av metapyroksenitt inn mot sonen. Gabbroen er lavmagnetisk, mens pyroksenitten er høymagnetisk (over 300x høyere enn gabbroen). Den hydrotermalomvandlede delen av gabbroen er ca. 10x sterkere magnetisk enn den uomvandlede gabbroen, men fremdeles langt under pyroksenitten. Listwaenitten er entydig lavmagnetisk. Klebersteinen viser en markert todeling, med en høymagnetisk type som ligger 100x over den lavmagnetiske klebersteinen. De to variantene opptrer om hverandre. Serpentinitt, peridotitt, etc. i ligger av kleberen er uten unntak høymagnetisk, men spennet i tallverdiene er relativt stort. Bergartene i heng (Meråker/Størendekken) og ligg (Sevedekken) av ofiolitten som helhet er lavmagnetiske.

Vi har altså en situasjon med svært store volumer av høymagnetiske bergarter i ligg av hydrotermalsonen samt også spredte innslag av høymagnetiske bergarter i hengen av sonen. Det er høyst sannsynlig at disse høymagnetiske bergartene vil gi magnetiske signaler (positivt magnetiske anomalier) som vil sterkt forstyrre eller helt overskygge (maskere) de overveiende svake magnetiske signalene som mesteparten av bergartene i selve hydrotermalsonen vil gi. Den høymagnetiske klebersteinen i hydrotermalsonen vil ikke kunne skilles fra serpentiniten umiddelbart i kleberens ligg hvor susceptibiliteten er den samme høye, men volumene (dvs. de volumene som bidrar til måleresultatene) svært mange ganger større.

### **Konklusjon**

Ut fra ovenstående vil vi derfor ikke tilrå magnetiske bakkemålinger for å forsøke å kartlegge hydrotermalsonens opptreden og mektighet mot dypet.



mekt.: < 5-60m

Magnetisk susceptibilitet

Raudfjeldet, Snåsa : forenklet situasjon (prinsippskisse)

Målevordier i Si-enheter x 10<sup>3</sup>.

**målinger av magnetisk susceptibilitet**  
 måleverdier oppgitt i SI-enheter x1000

**Tabell A** Måleverdier for enkeltprøver

prøvenummer	bergart	antall målinger	susceptibilitet aritm. middel
LPN99-1	skjærbåndet gabbro-listwaenitt kontakt-ba.	3	9,15
LPN99-5A	omv.sone profil: karbonatrik kleberstein	3	28,17
LPN99-5B	omv.sone profil: listwaenitt	3	0,12
LPN99-5C	omv.sone profil: listwaenitt	3	0,12
LPN99-5D	omv.sone profil: listwaenitt	3	0,13
LPN99-6	kleberstein, ca. 50/50 talk/karbonat i gj.snitt	14	18,21
LPN99-7	kleberstein	4	0,28
LPN99-8	kleberstein	5	0,69
LPN99-9	fortalket serpentinit	4	12,00
LPN99-11A	kleberstein	3	30,60
LPN99-11B	kleberstein	3	41,00
LPN99-12A	fyllt fra hengskiferen (tilhørende Selgruppen)	3	0,35
LPN99-13	serpentinit fra mylonittsonen lengst i syd	6	52,20
LPN99-14	metagabbro, tett ved mylonittsonen i syd	4	0,15
LPN99-16A	listwaenitt: karbonat- pluss kvartsdelen	5	0,11
LPN99-16B	listwaenitt: Mg-rik kloritt pluss underordnet qtz	2	0,08
LPN99-17	listwaenitt: stor karbonatdominert prøve	8	0,24
LPN99-21	fluid-gabbro/listwaenitt overgangsbergart	7	0,17
LPN99-22	fluid-gabbro/listwaenitt overgangsbergart	6	0,04
LPN99-23	fluid-gabbro	9	0,12
LPN99-25A	talkrik kleberstein	7	0,19
LPN99-25B	listwaenitt	5	0,13
LPN99-25C	grensefacies fluid-gabbro/listwaenitt	3	0,19
LPN99-25D	grensefacies fluid-gabbro/listwaenitt	9	0,10
LPN99-27A	kleberstein	6	24,68
LPN99-27B	blek grønn, fibrøs åre-serpentin	2	0,20
LPN99-28	kleberstein	6	51,10
LPN99-29	kleberstein	8	6,93
LPN99-31	listwaenitt	9	0,19
LPN99-32	silikatrik listwaenitt	4	0,22
LPN99-33A	listwaenitt	10	1,67
LPN99-33B	listwaenitt	6	1,31
LPN99-33C	kleberstein	6	0,39
LPN99-34	kleberstein	7	0,50
LPN99-35	kvartsrik listwaenitt	7	0,14
LPN99-36	nodul i nodulær pyroksenitt	4	50,98
LPN99-37	peridotitt fra lagdelt dunite/peridotite	5	108,00
LPN99-45	kleberstein fra "Rotvelten"	7	60,19
LPN99-46	kleberstein fra "Grubba"	9	62,21
BAS99-R1A	ultramafisk mylonitt (nærmest basis)	3	29,23
BAS99-R1B	ultramafisk mylonitt	4	22,98
BAS99-R1C	ultramafisk mylonitt	3	23,70
BAS99-R1D	ultramafisk mylonitt	4	41,58



fortsettelse

prøvenummer	bergart	antall målinger	susceptibilitet aritm. middel
BAS99-R1E	ultramafisk mylonitt	3	52,83
BAS99-R1F	ultramafisk mylonitt	6	57,98
BAS99-R1G	ultramafisk mylonitt	4	40,05
BAS99-R1H	ultramafisk mylonitt	5	51,86
BAS99-R1I	ultramafisk mylonitt	2	35,85
BAS99-R1J	ultramafisk mylonitt (stratigrafisk høyest)	4	70,65
BAS99-	Sevegruppen: granatamfibolitt	5	0,63
BAS99-	Selgruppen: glimmerskifer	3	0,03
BAS99-	Selgruppen: mafisk tuff	3	0,20

**Tabell B** Måleverdiene slått sammen i bergartsgrupper

stratigrafi	bergart	antall prøver	susceptibilitet aritm. middel
heng: Meråker/Størendekkene	fyllitt, glimmerskifer, mafisk tuff	3	0,19
ofiolitten	metagabbro	1	0,15
"	metapyroksenitt	1	50,98
"	div. hydrotermale overgangsbergarter	6	1,63
"	listwaenitt	12	0,37
"	kleberstein: høymagnetisk	9	35,90
"	kleberstein: lavmagnetisk	5	0,41
"	metaperidotitt fra lagdelt dunitt/peridotitt	1	108,00
"	serpentinitt-mylonitt i bunnen av ofiolitten	11	43,54
ligg: Sevedekkene	granatamfibolitt	1	0,63

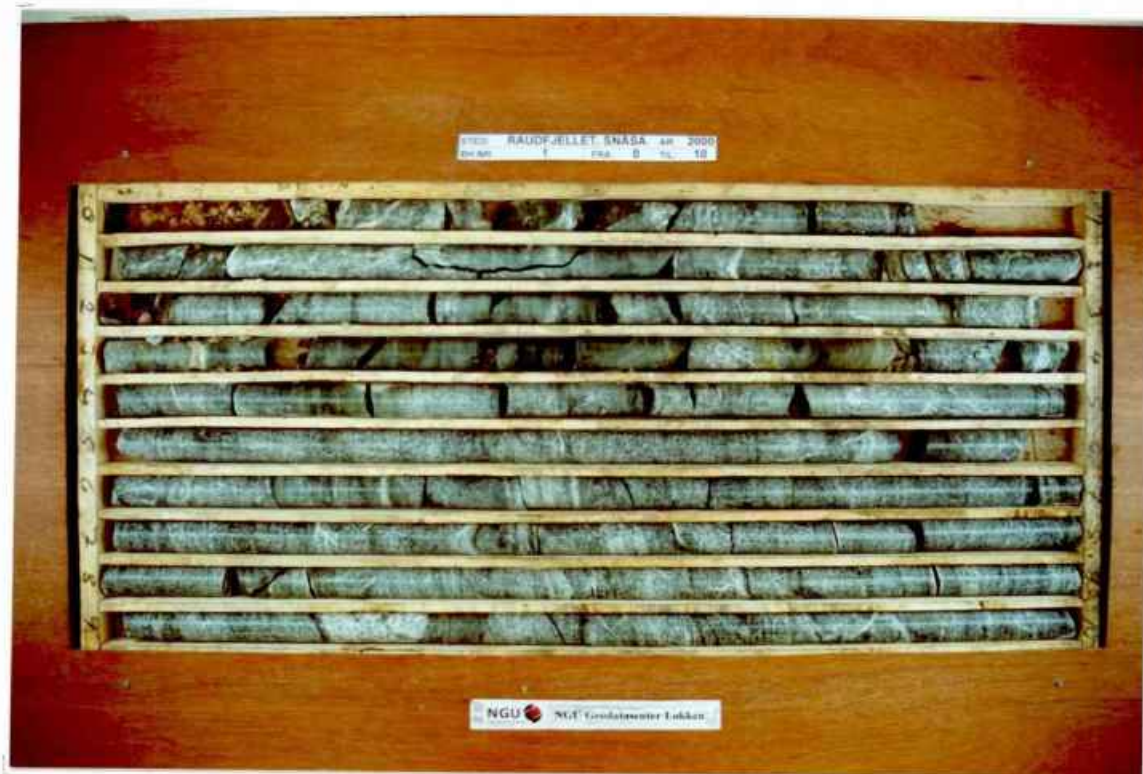
Bergarter fra selve hydrotermalsonen og dens grenseområder er gitt en egen fargekoding:

rosa farge:	diverse hydrotermale overgangsbergarter, dvs. bergarter i kontaktsonen til hydrotermalsonen slik som varianter av hydrotermalomvandlet gabbro
blå farge:	listwaenitt
grønn farge:	høymagnetisk kleberstein
gul farge:	lavmagnetisk kleberstein
ingen farge:	øvrige bergarter

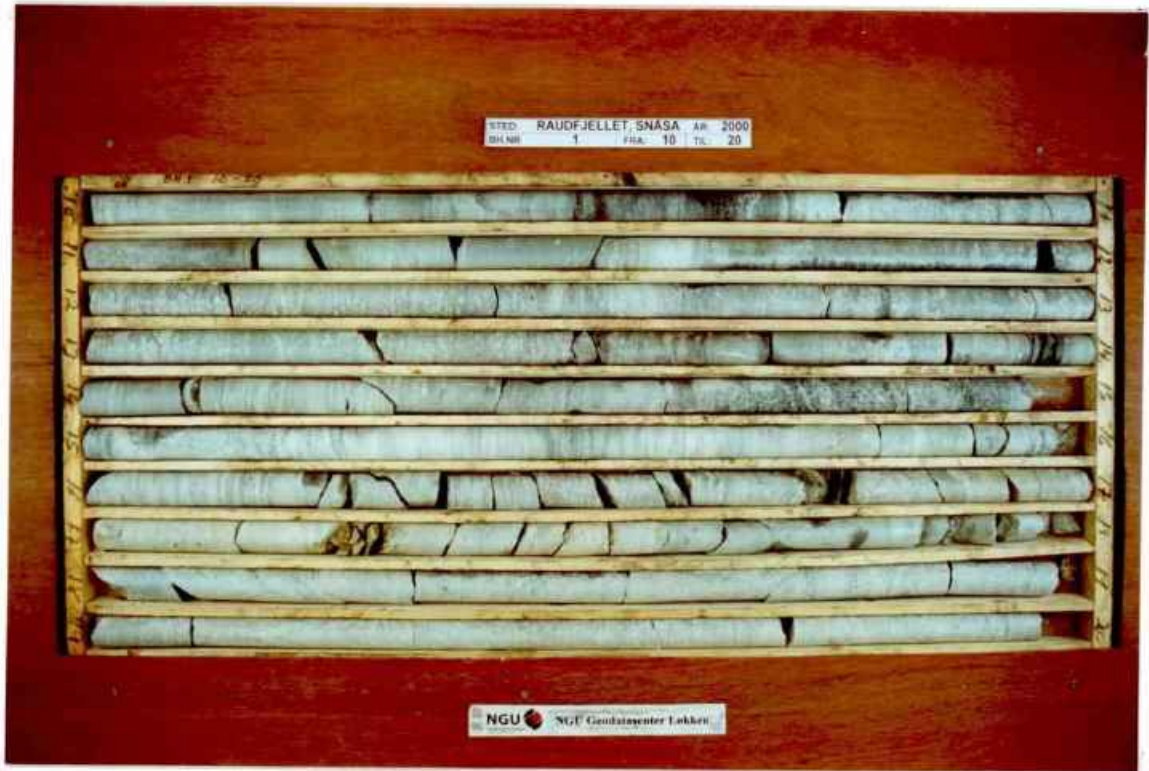
## **Bilag 5**

### **Fotograferte borkjerner fra hydrotermalsonen i Raudfjellet**

Alle borkjernene vist i hhv. tørr (øverst) og våt (nederst) tilstand. I flere tilfeller kommer detaljene best fram på tørre kjerner, mens nyansene andre ganger trer klarest fram på fuktede kjerner. Visuelt sett er overflaten av fuktede kjerner som regel det nærmeste vi kommer polerte flater, og fuktingen er derfor viktig når man skal bedømme hvilke kjernelengder som skal velges ut for polering i natursteins-sammenheng. Borkjernene er nærmere beskrevet i Bilag 2.



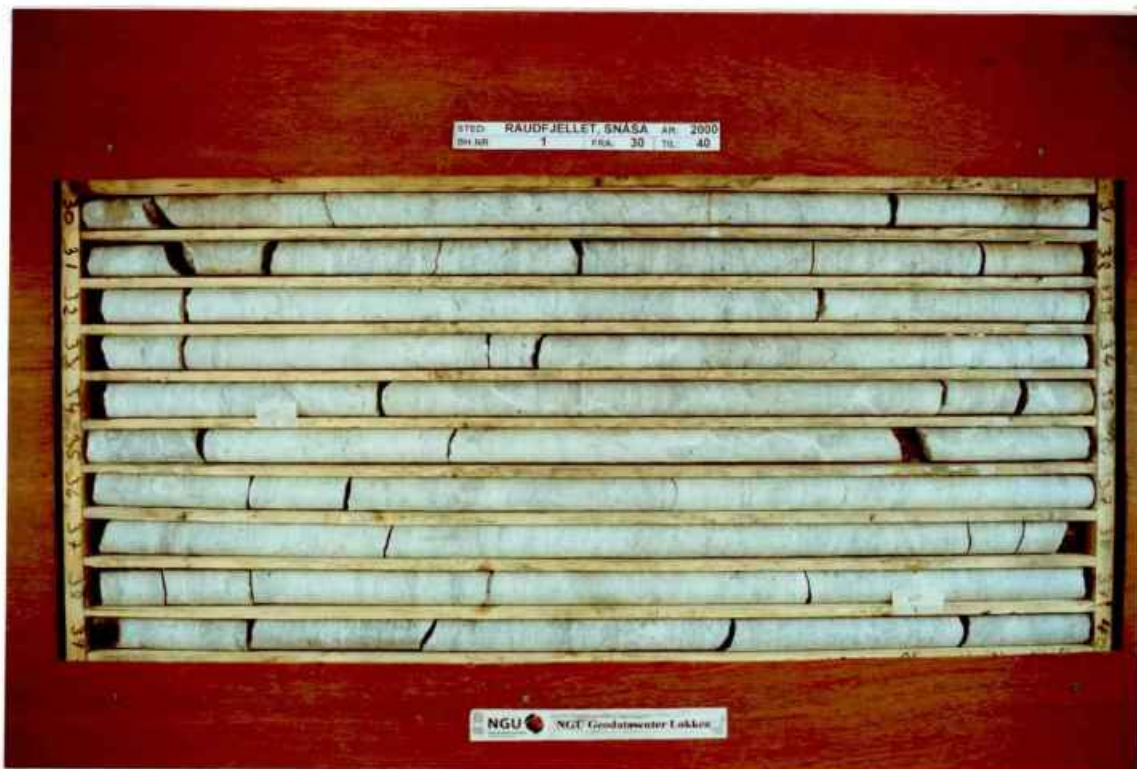
Bh 1 0 - 10 m



Bh 1 10 – 20 m



Bh 1 20 – 30 m

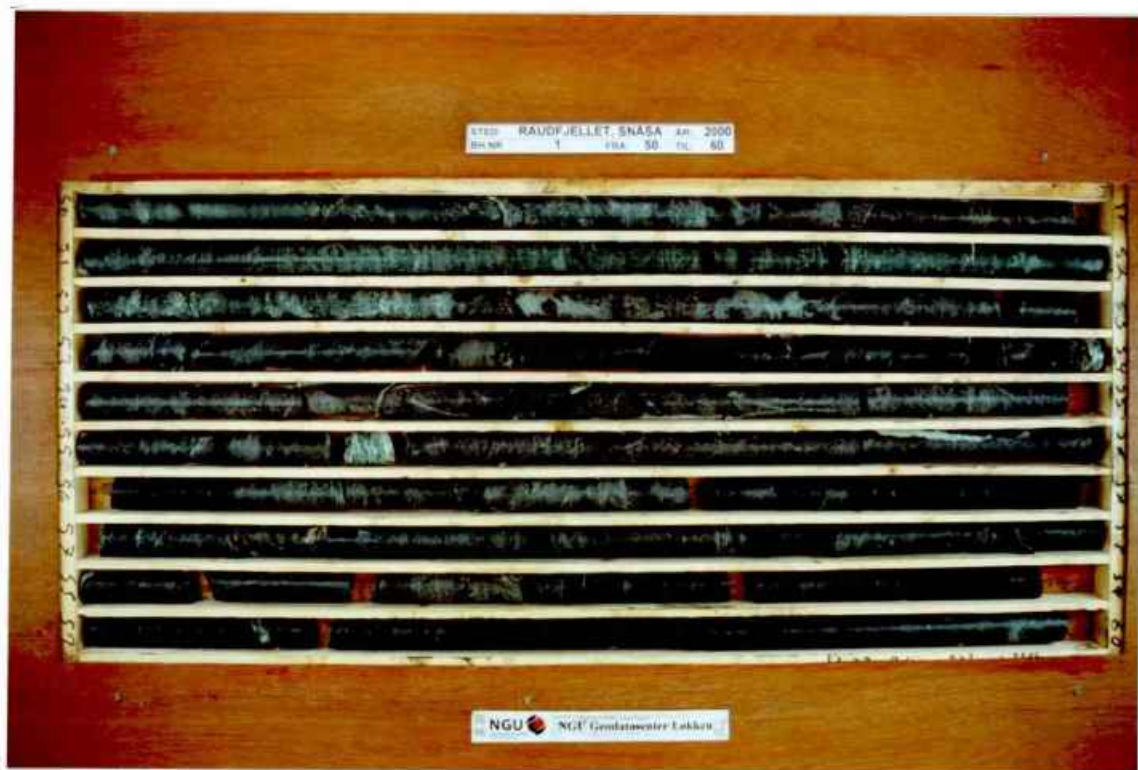
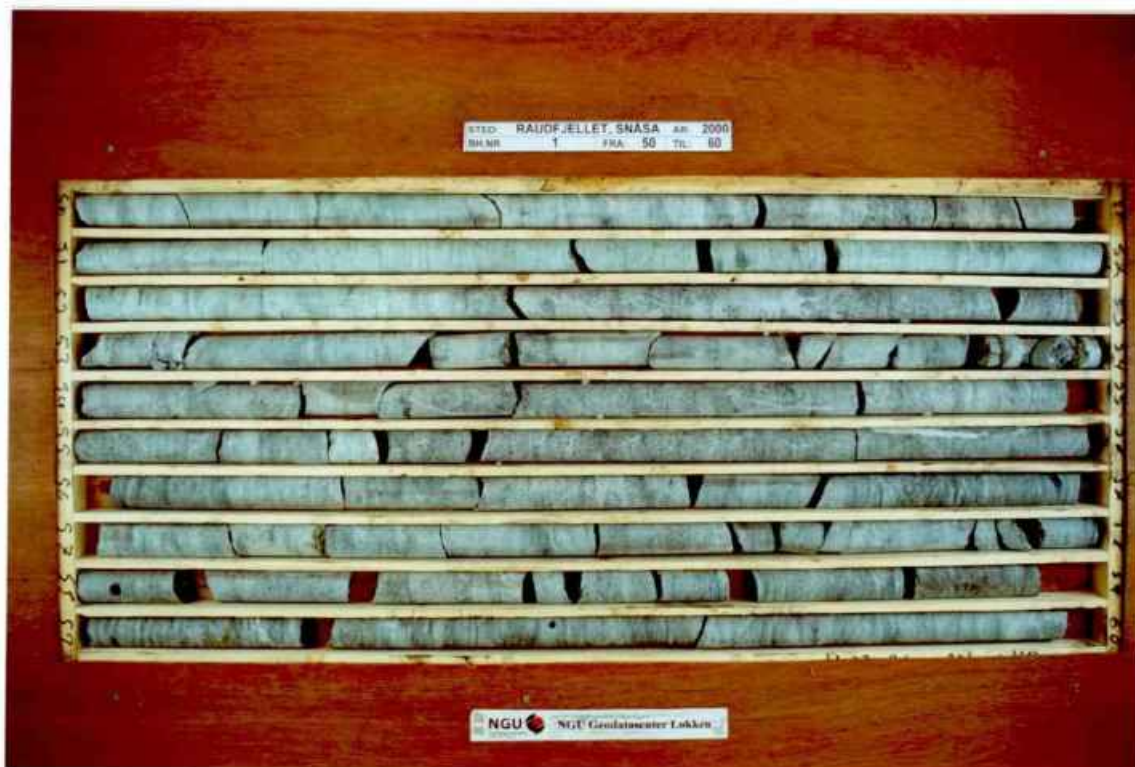


Bh 1 30 – 40 m

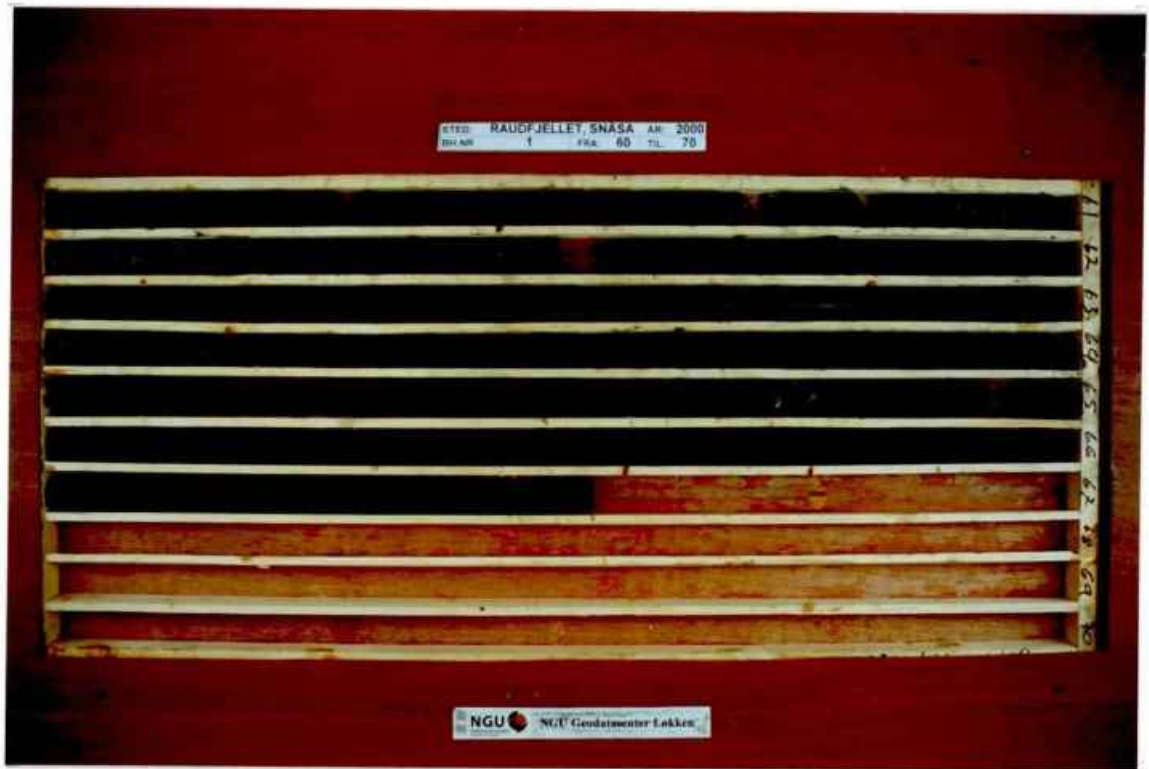
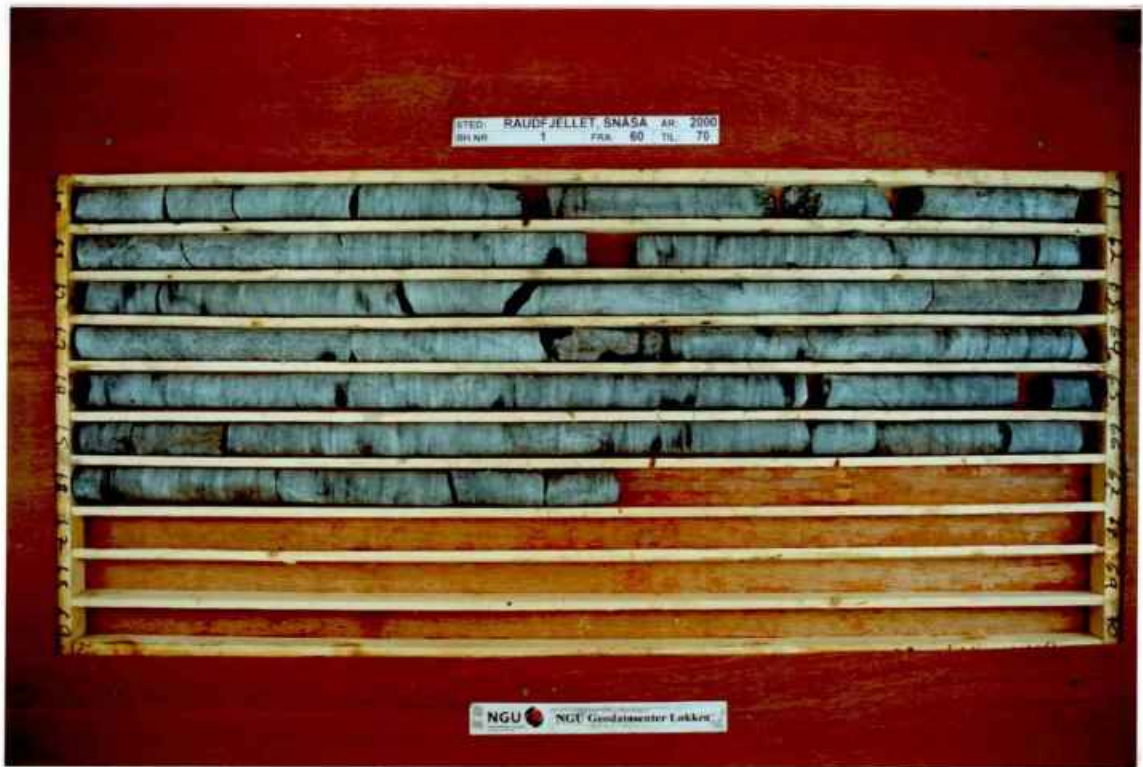


Bh 1 40 – 50 m





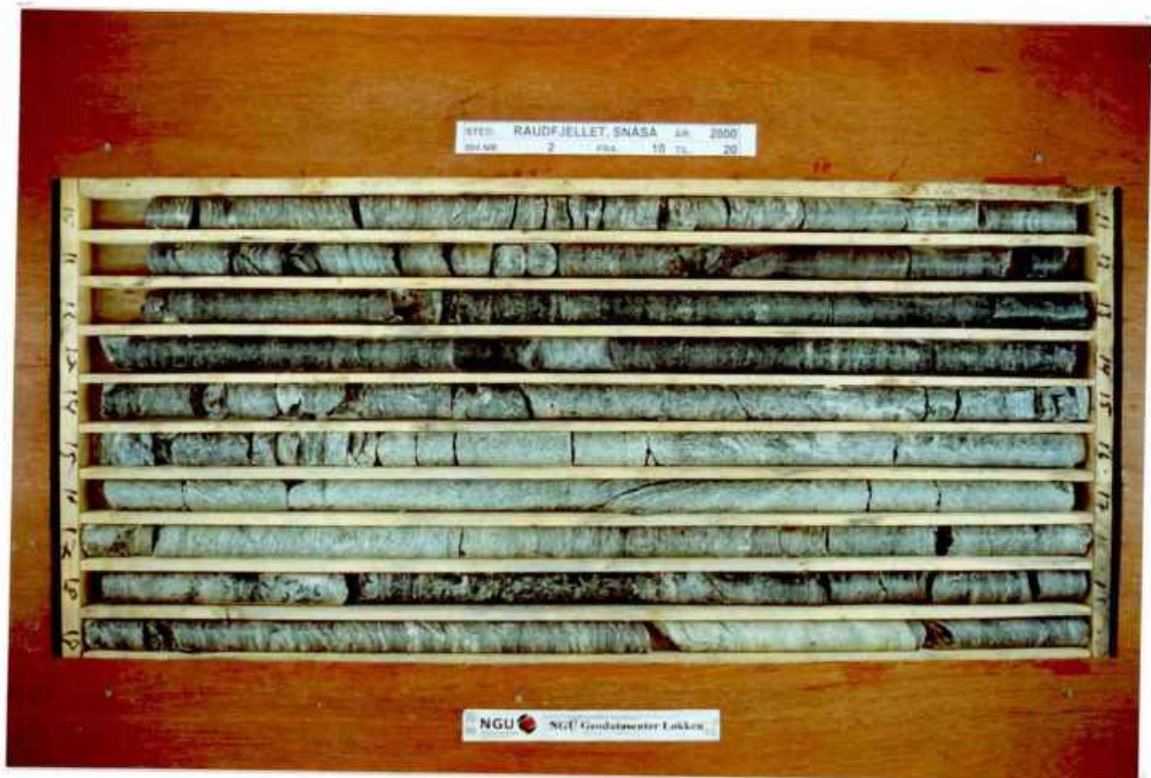
Bh 1 50 – 60 m



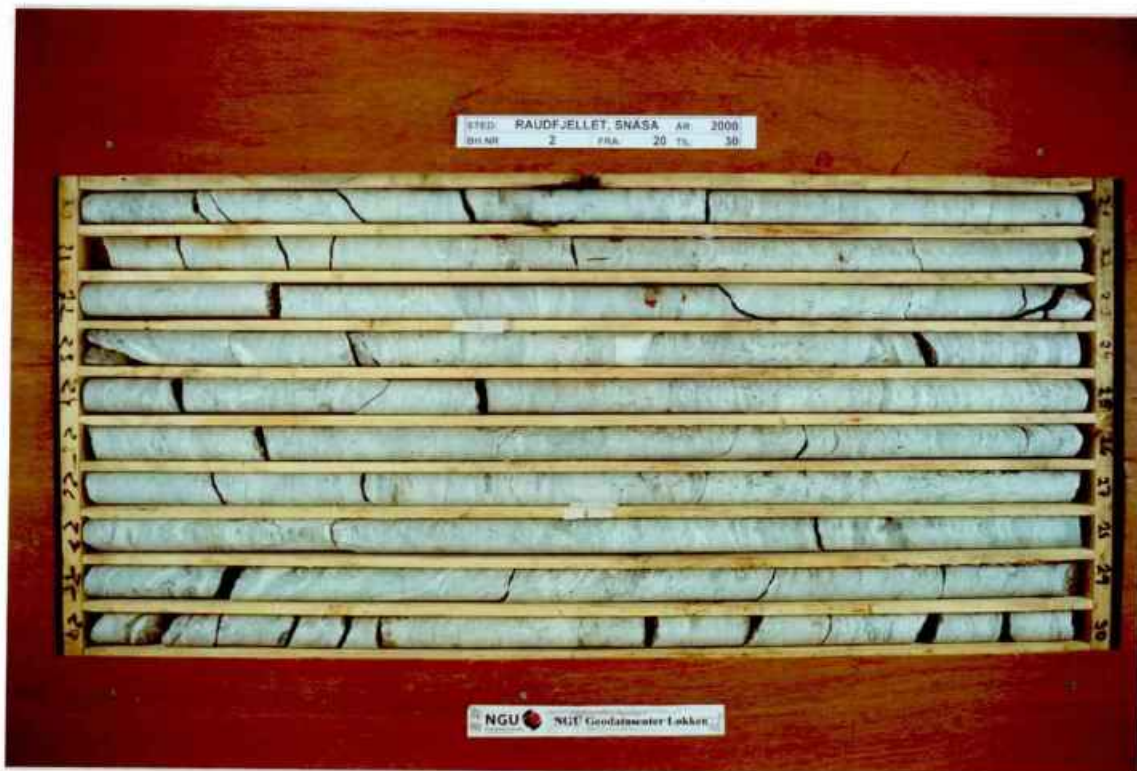
Bh 1 60 – 70 m



Bh 2 0-10 m



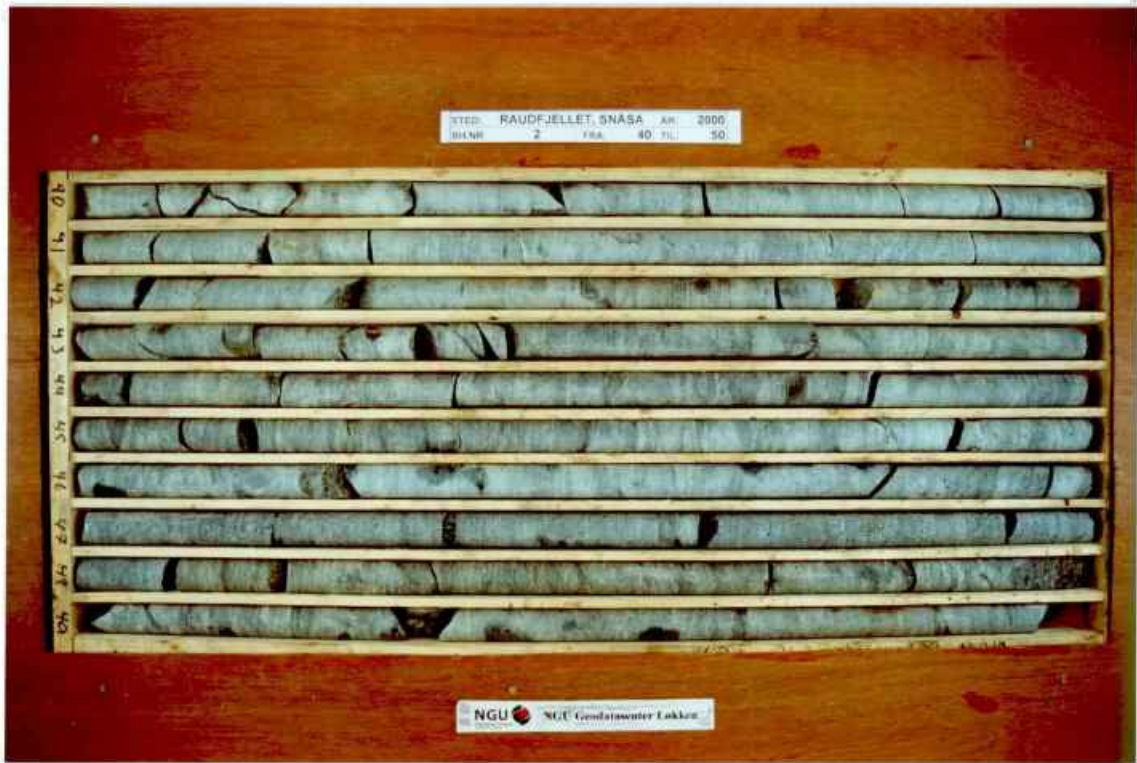
Bh 2 10 – 20 m



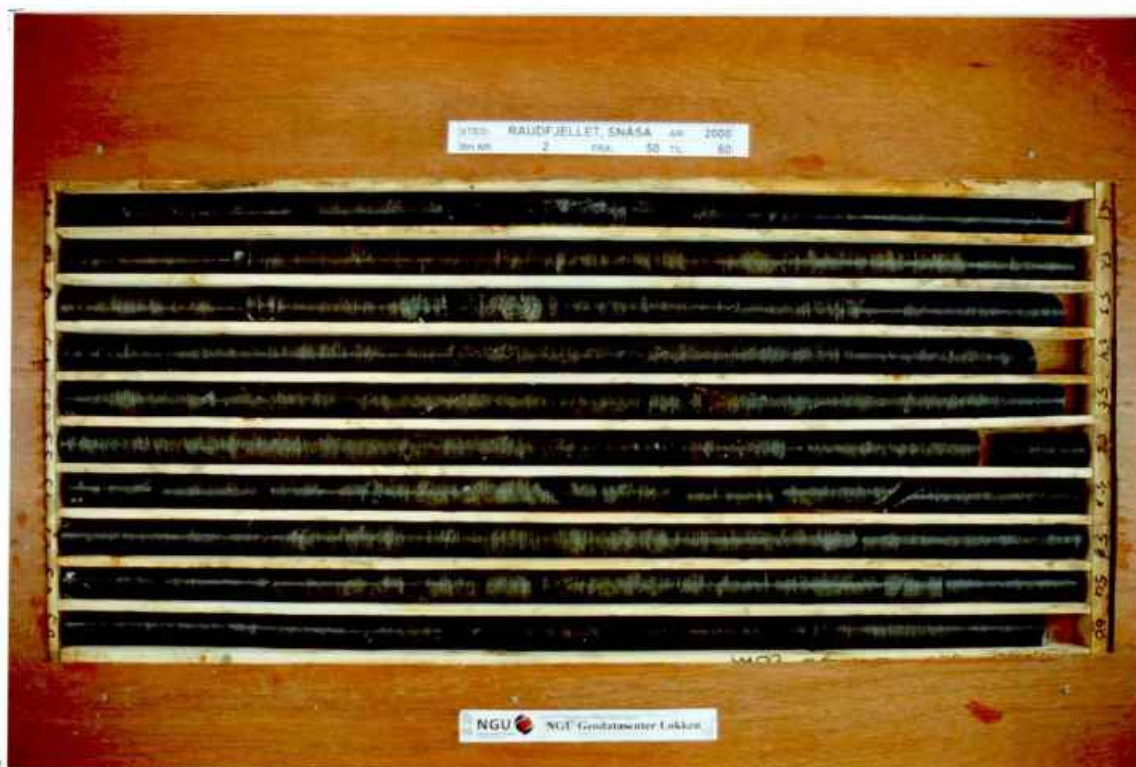
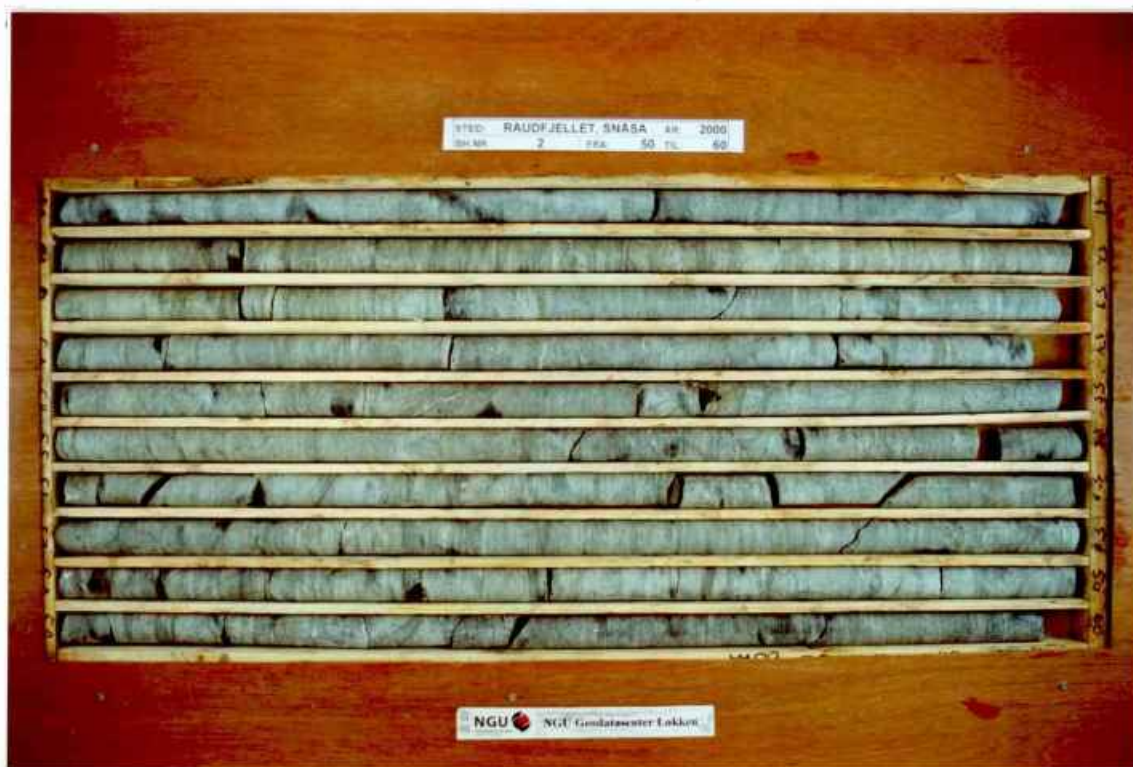
Bh 2 20 – 30 m



Bh 2 30 – 40 m

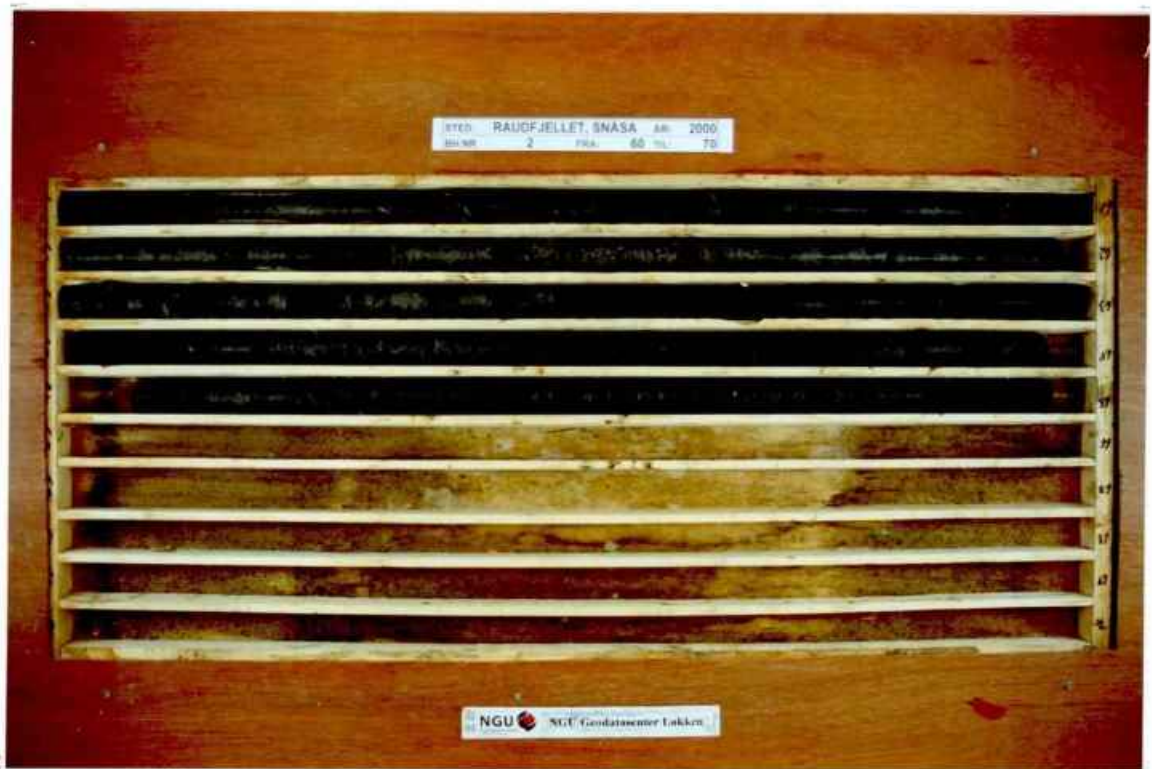


Bh 2 40 – 50 m



Bh 2 50 – 60 m





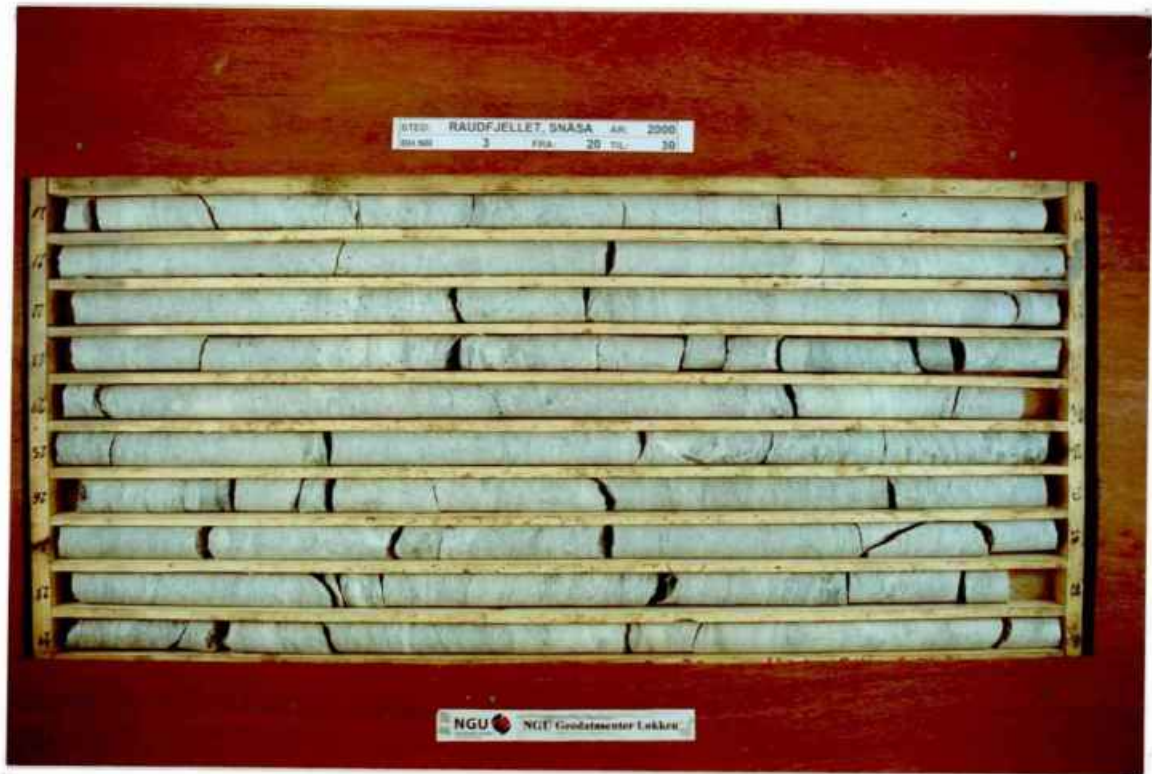
Bh 2 60 – 70 m



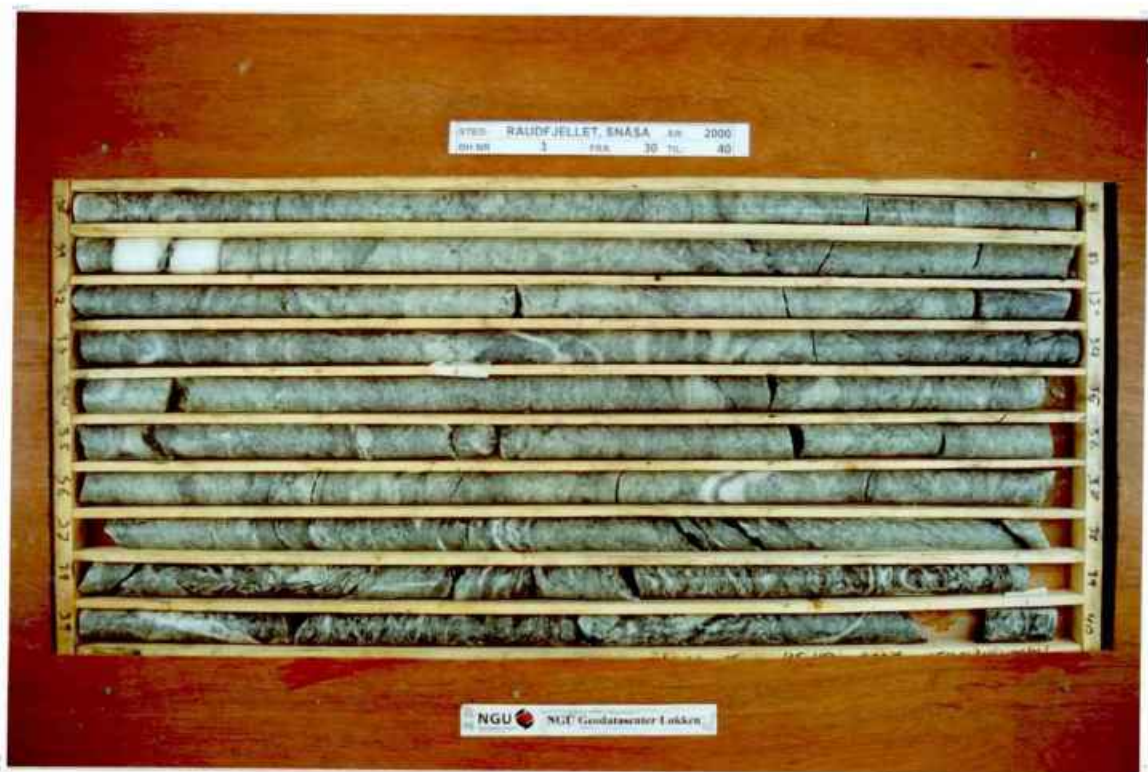
Bh 3 0 - 10 m



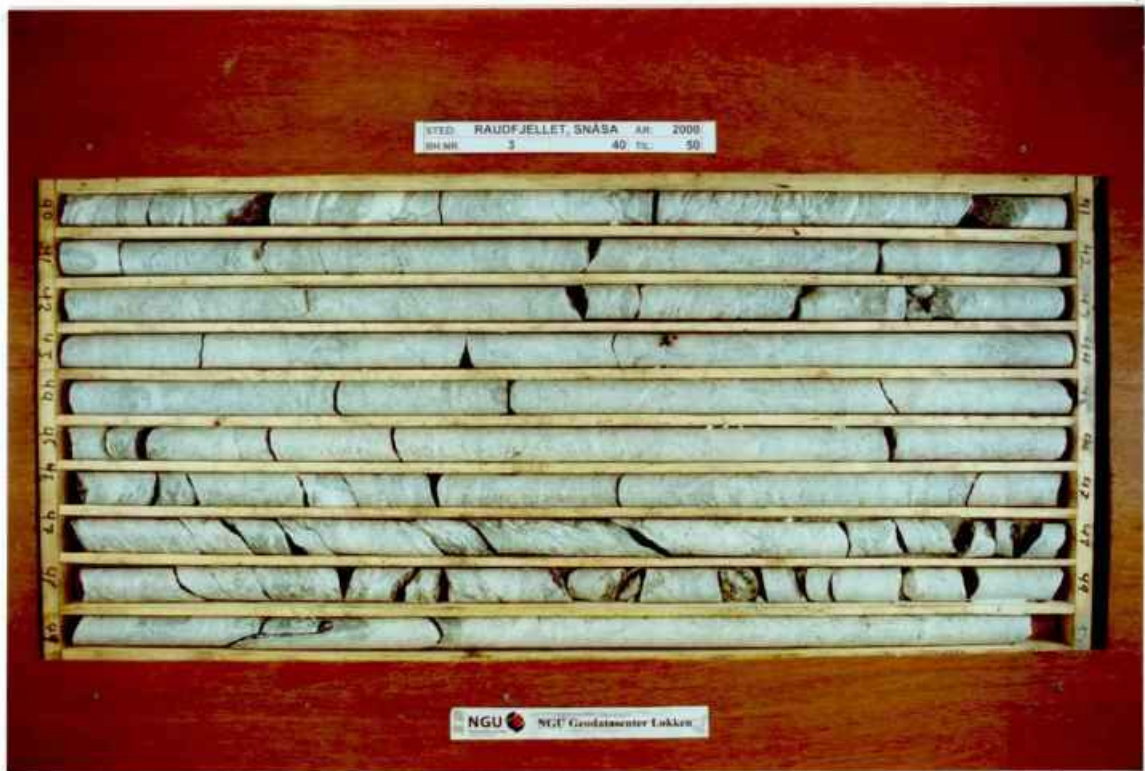
Bh 3 10 – 20 m



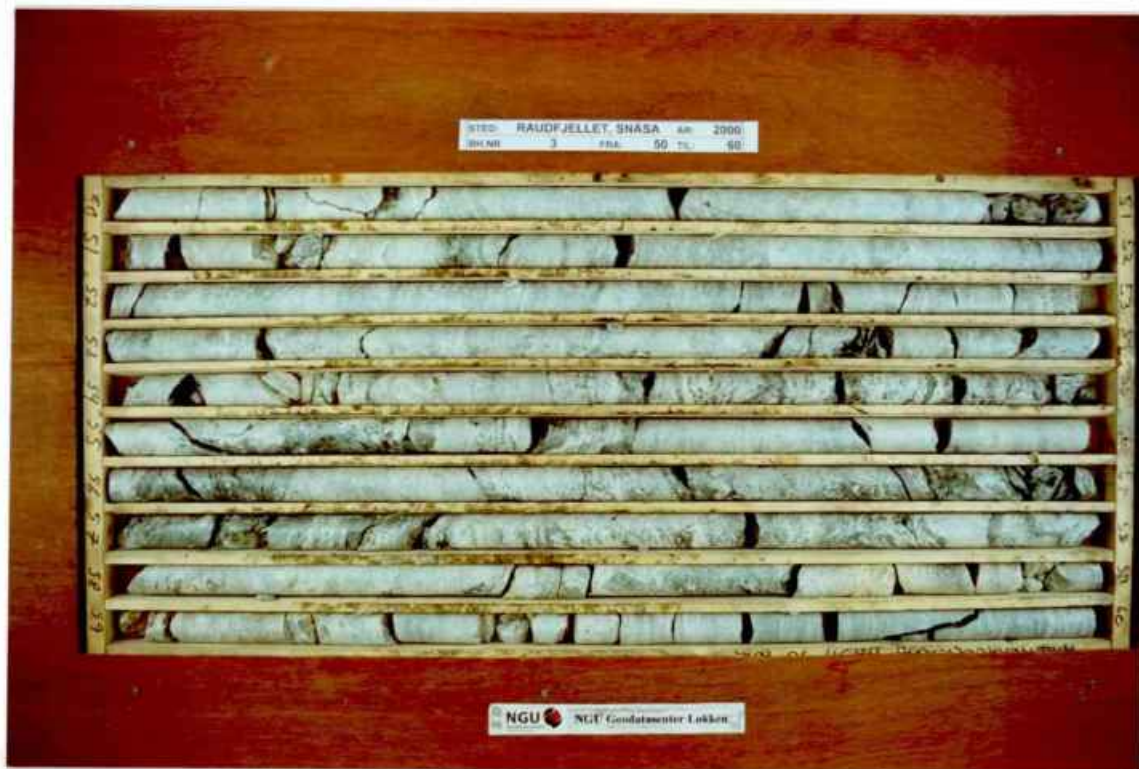
Bh 3 20 – 30 m



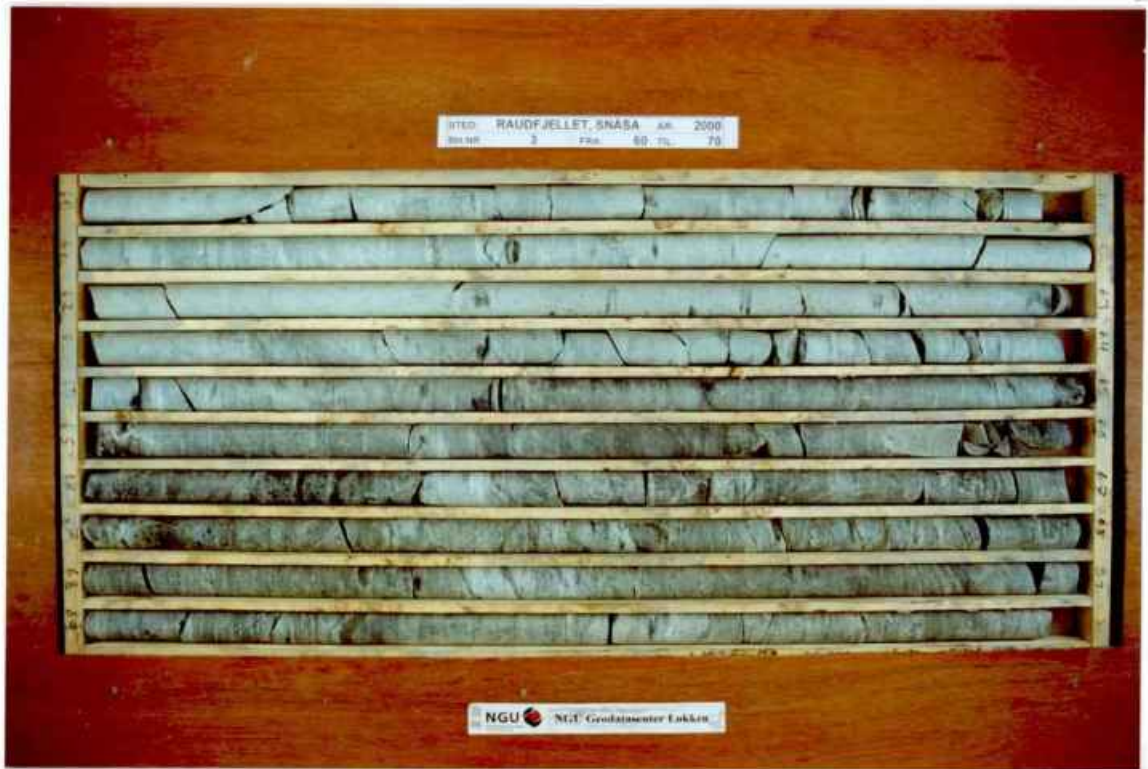
Bh 3 30 – 40 m



Bh 3 40 – 50 m



Bh 3 50 – 60 m



Bh 3 60 – 70 m

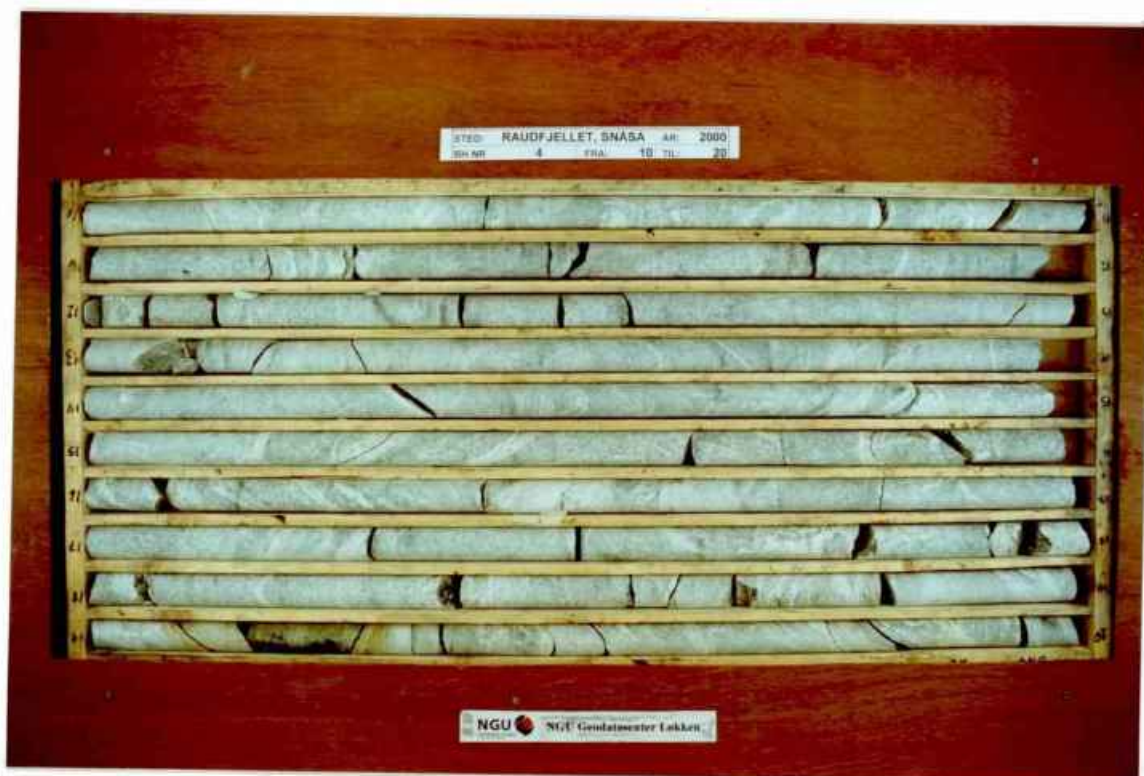




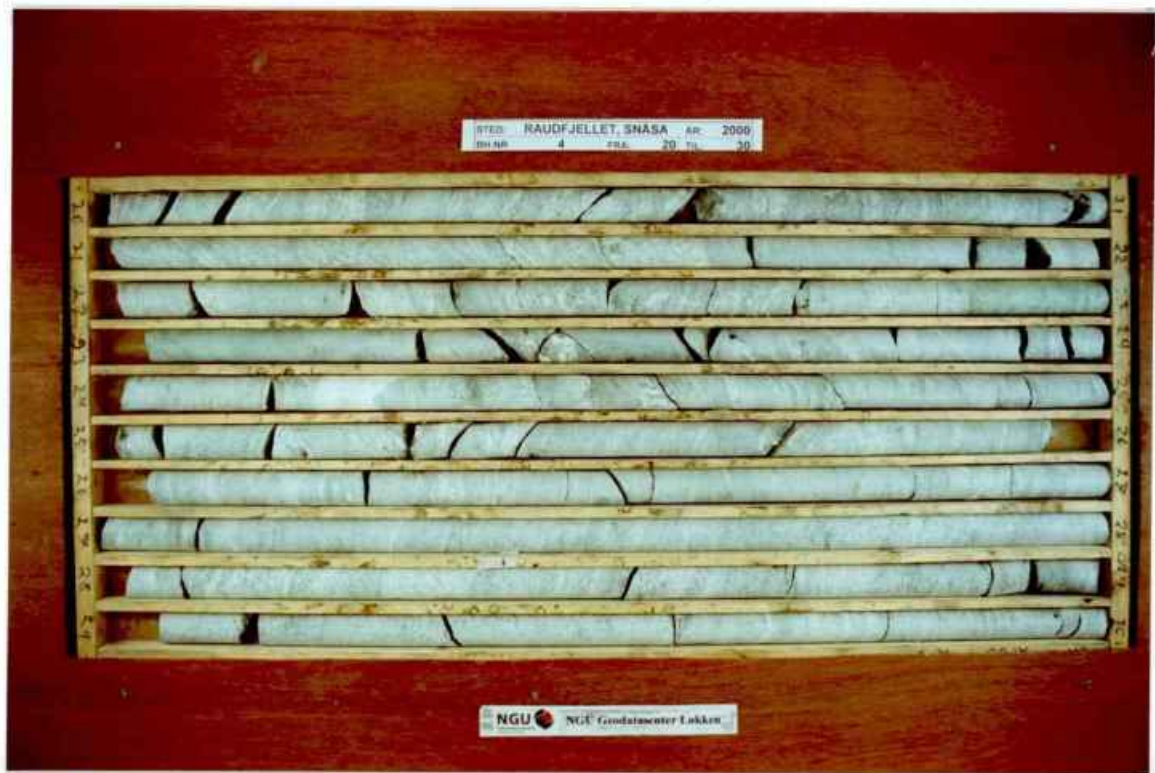
Bh 3 70 – 80 m



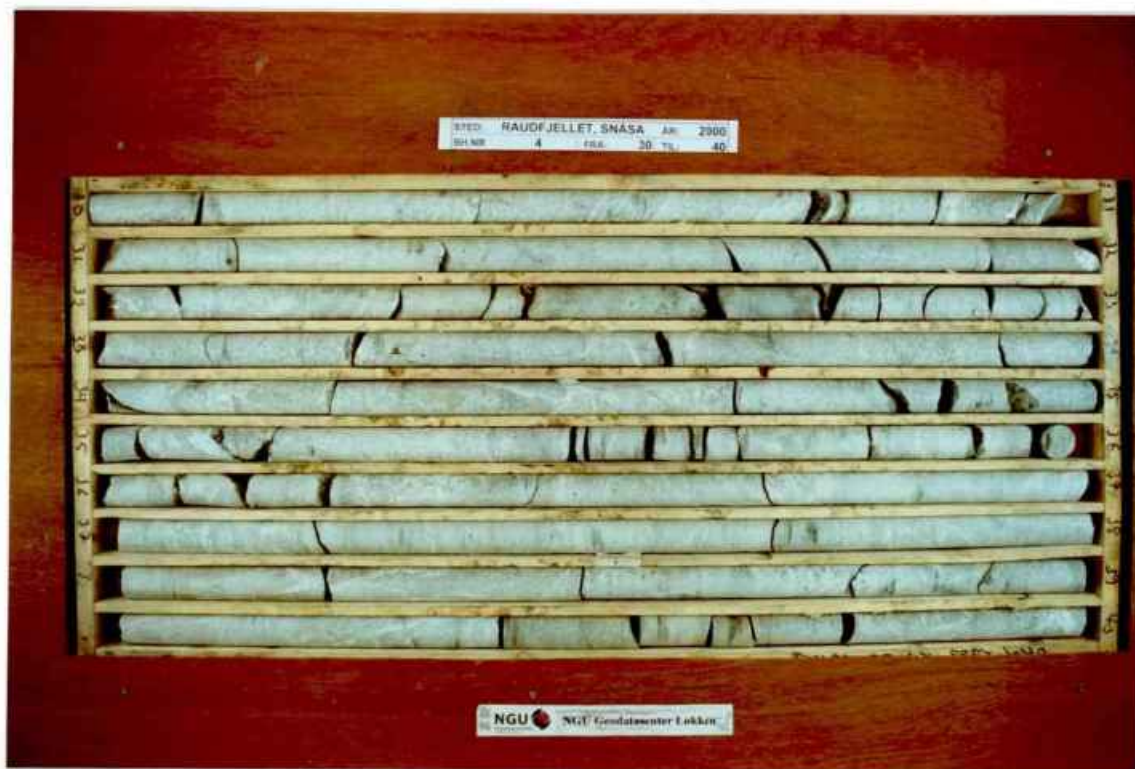
Bh 4 0 – 10 m



Bh 4 10 – 20 m



Bh 4 20 – 30 m



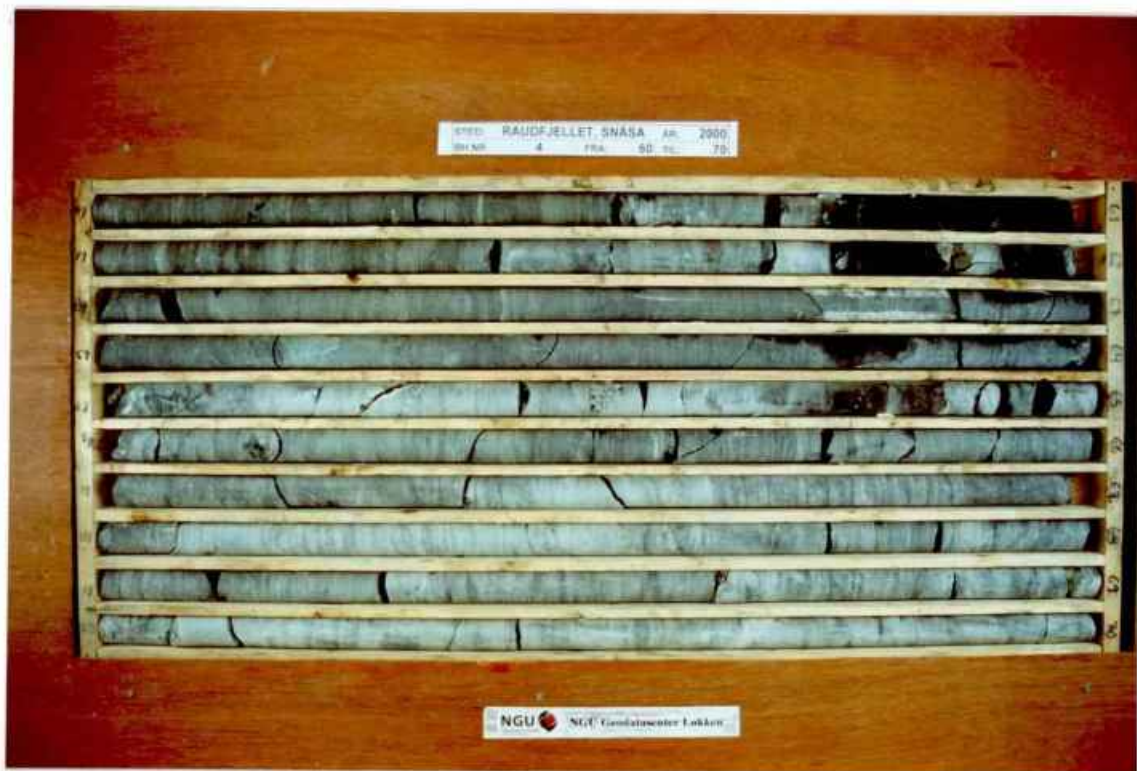
Bh 4 30 – 40 m



Bh 4 40 - 50 m

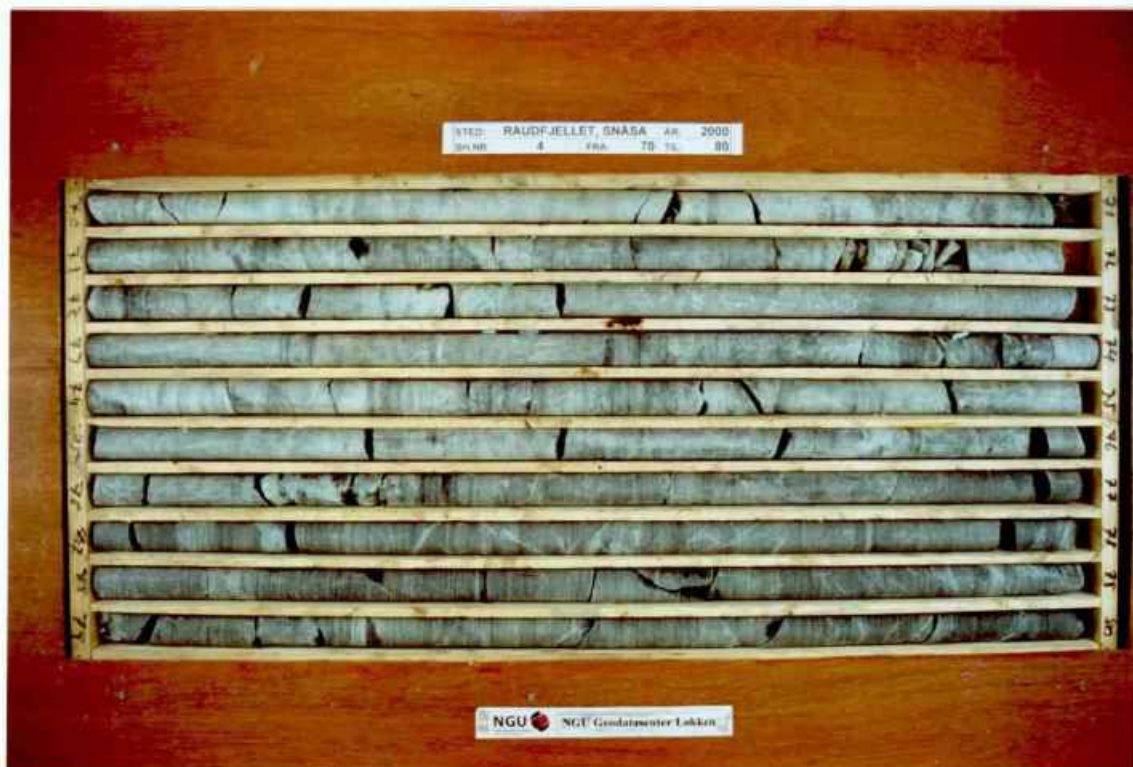


Bh 4 50 – 60 m



Bh 4 60 – 70 m

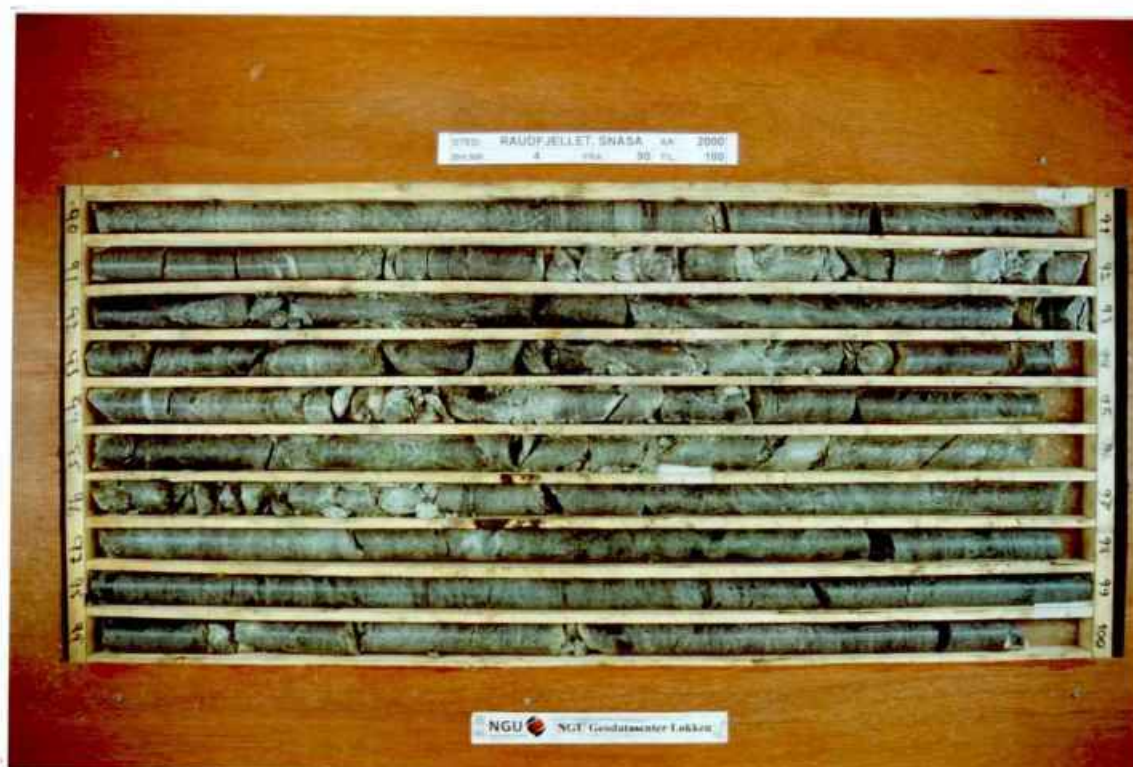




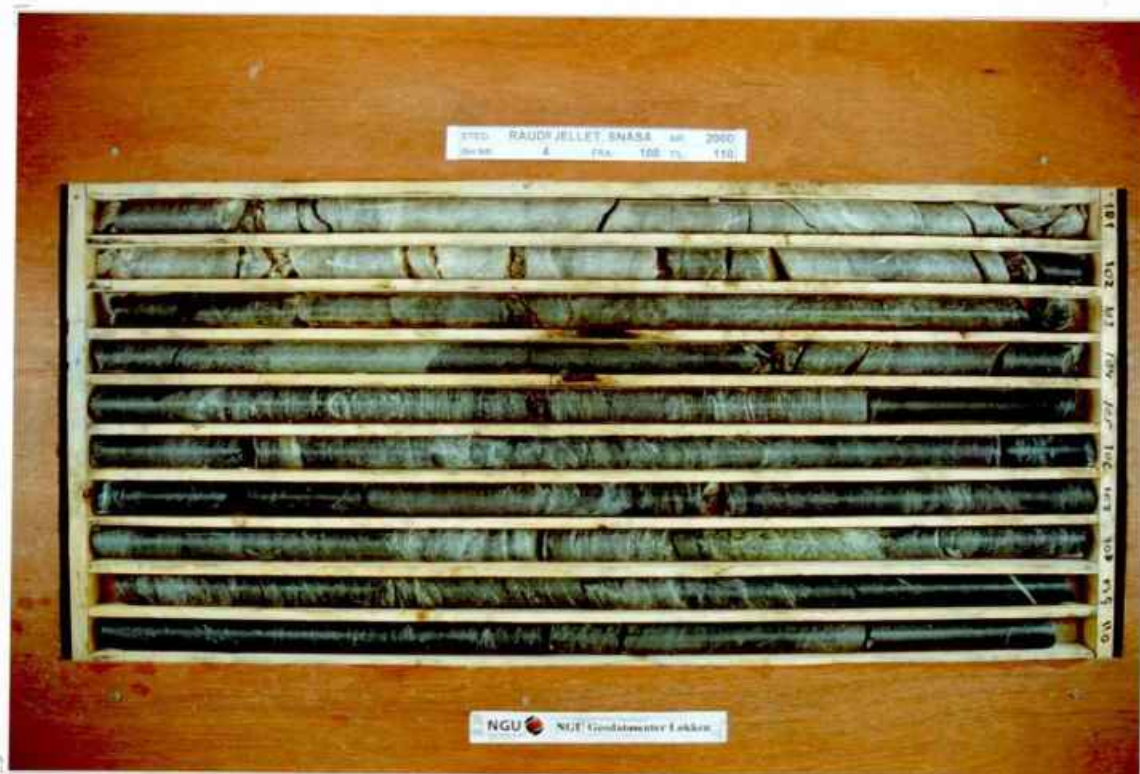
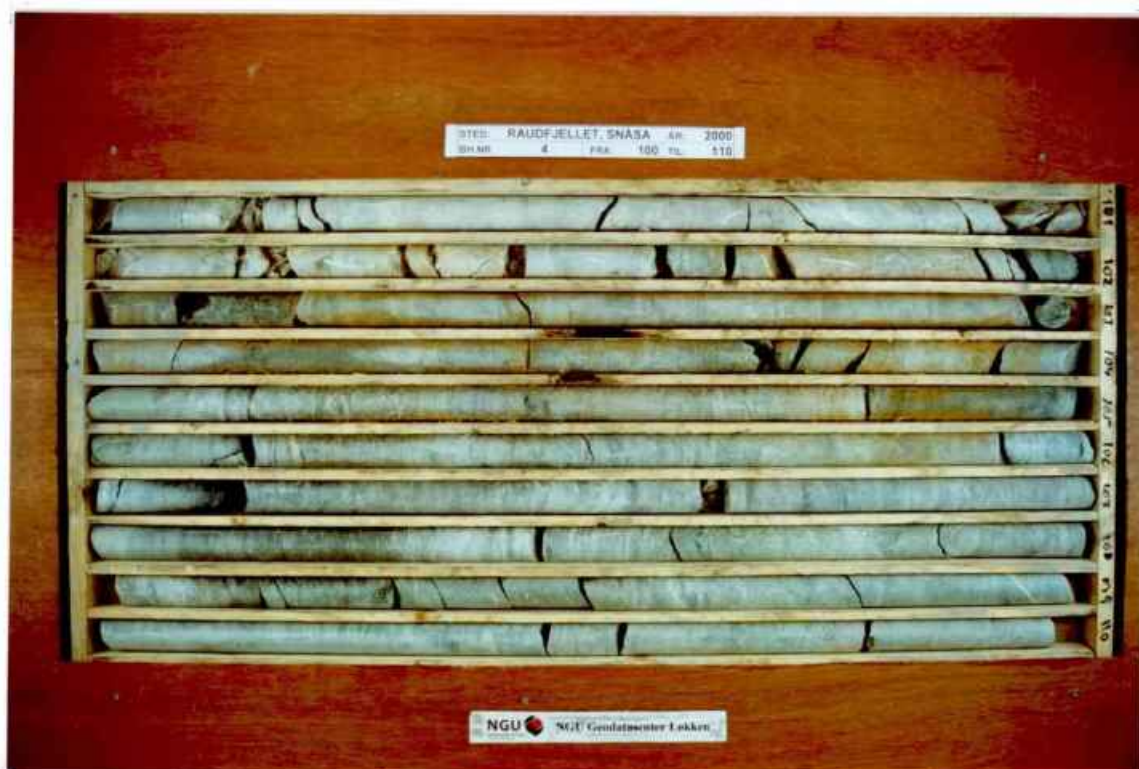
Bh 4 70 - 80 m



Bh 4 80 – 90 m



Bh 4 90 – 100 m



Bh 4 100 – 110 m



Bh 4 110 - 120 m



Bh 4 120 – 130 m

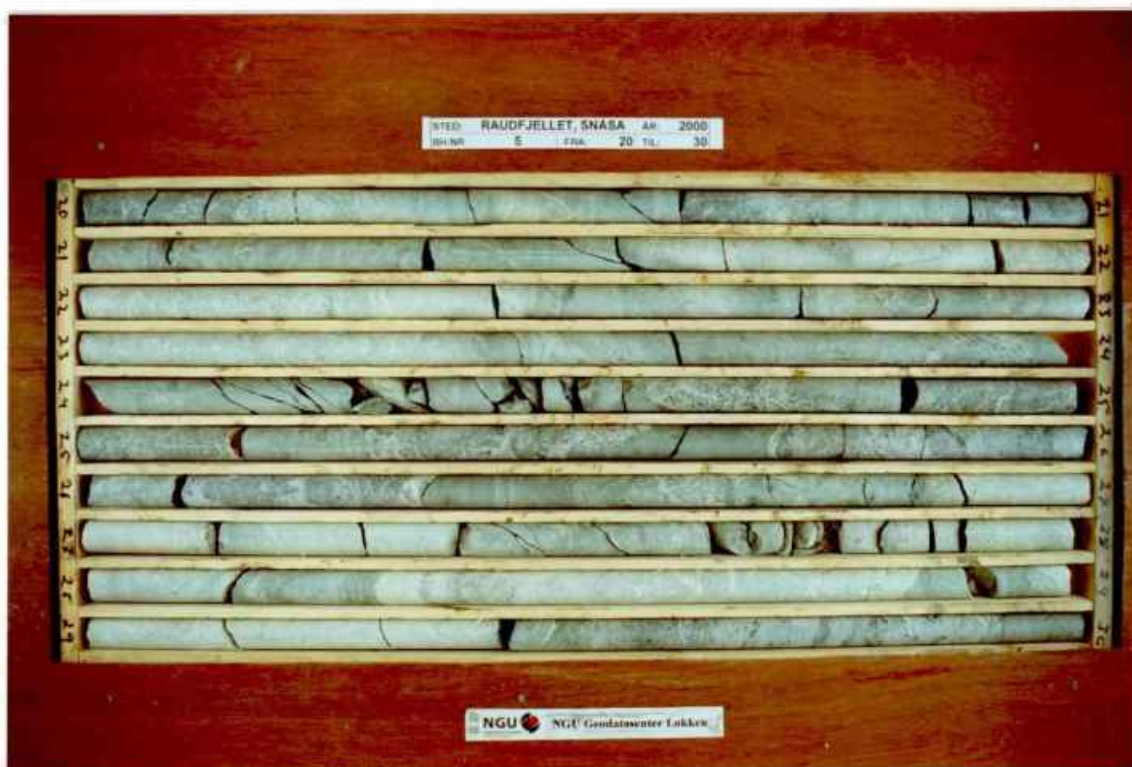


Bh 5 0 – 10 m



Bh 5 10 – 20 m

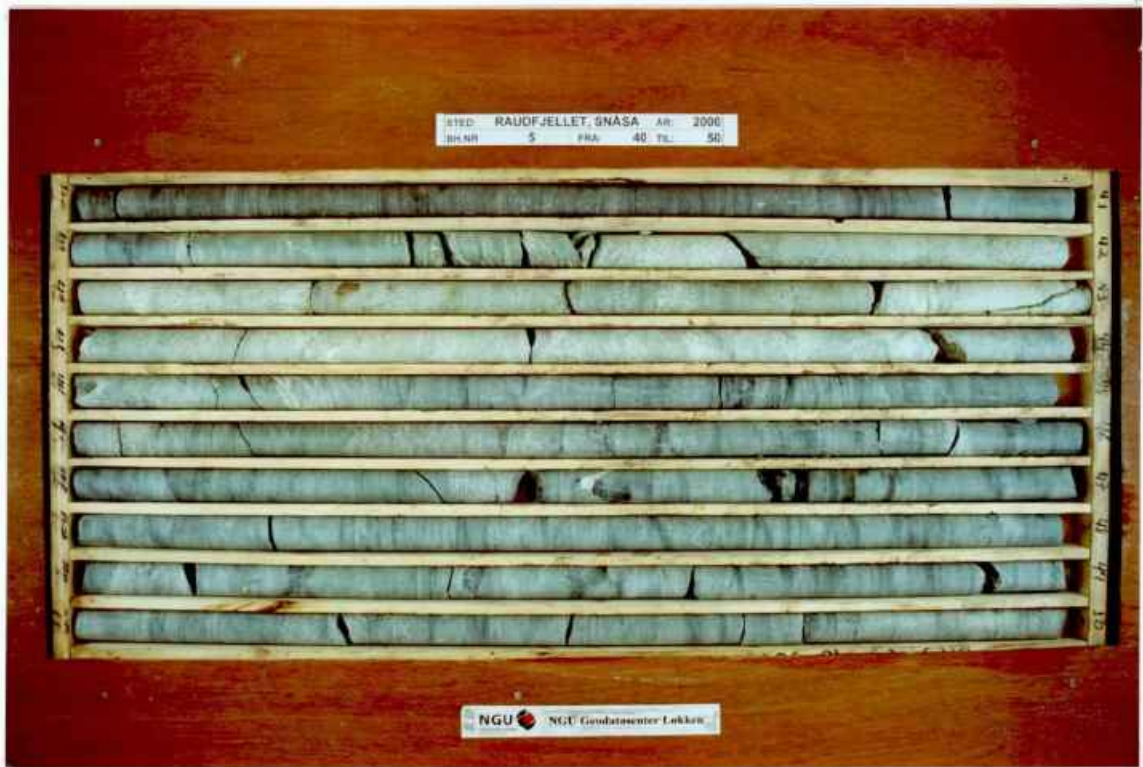




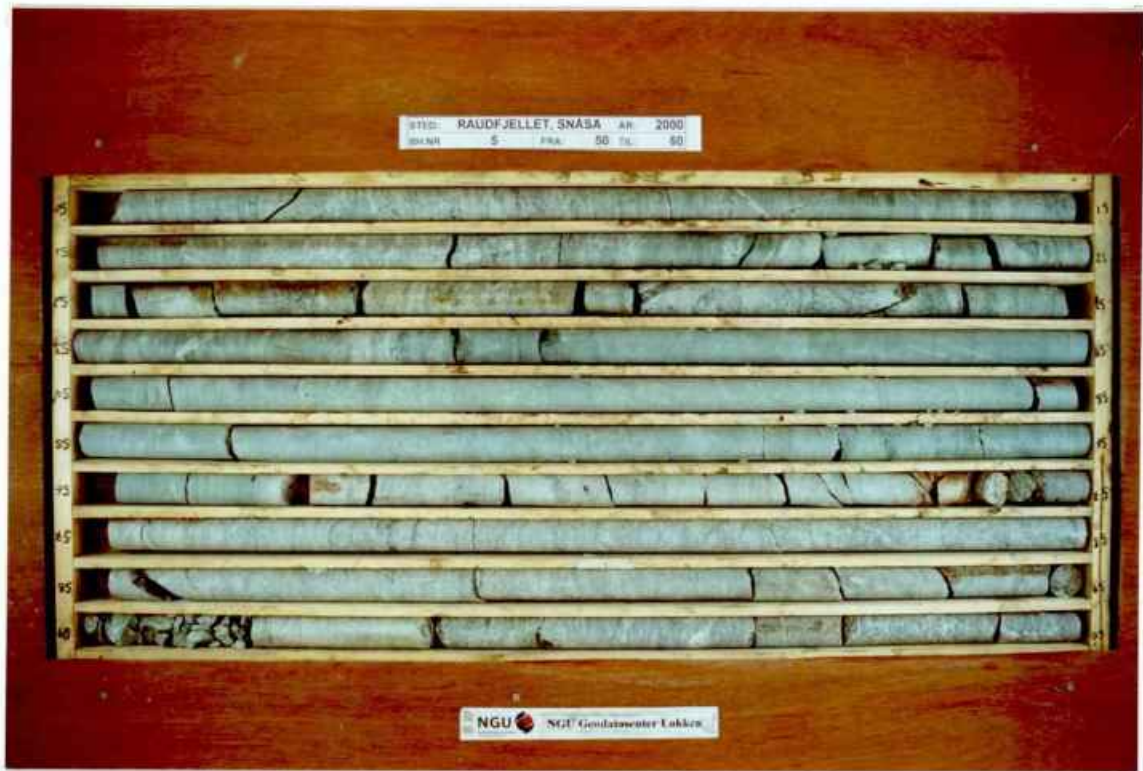
Bh 5 20 – 30 m



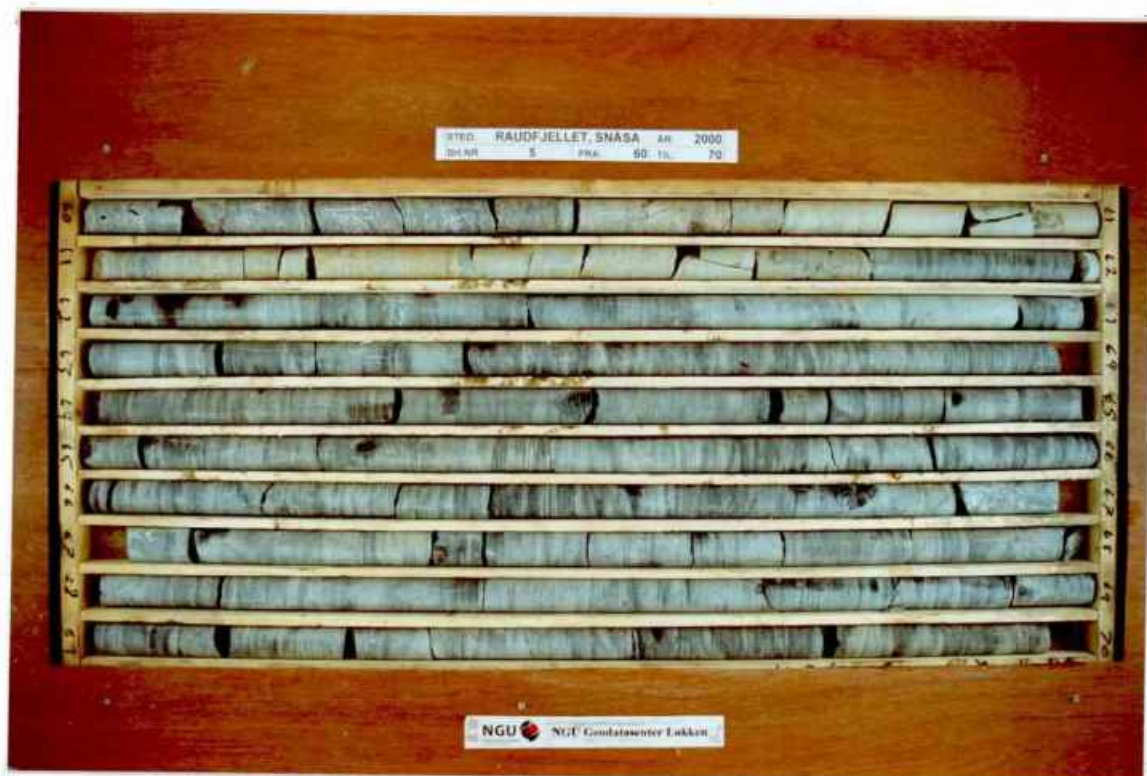
Bh 5 30 – 40 m



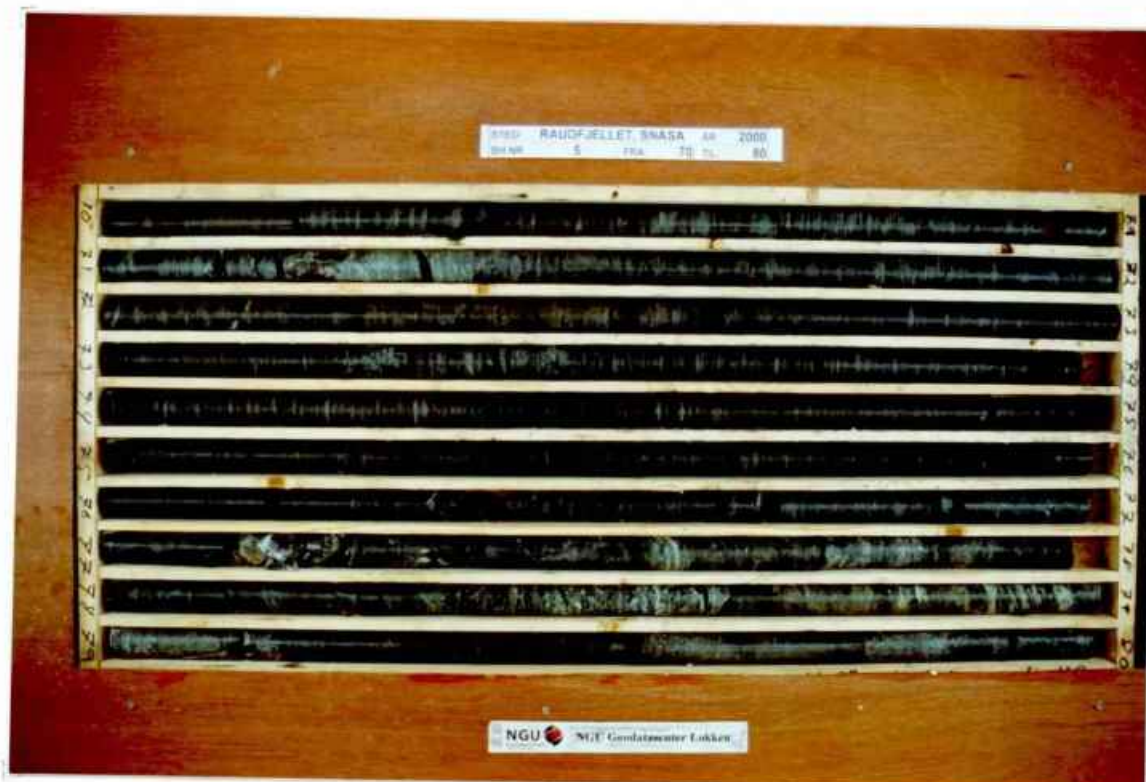
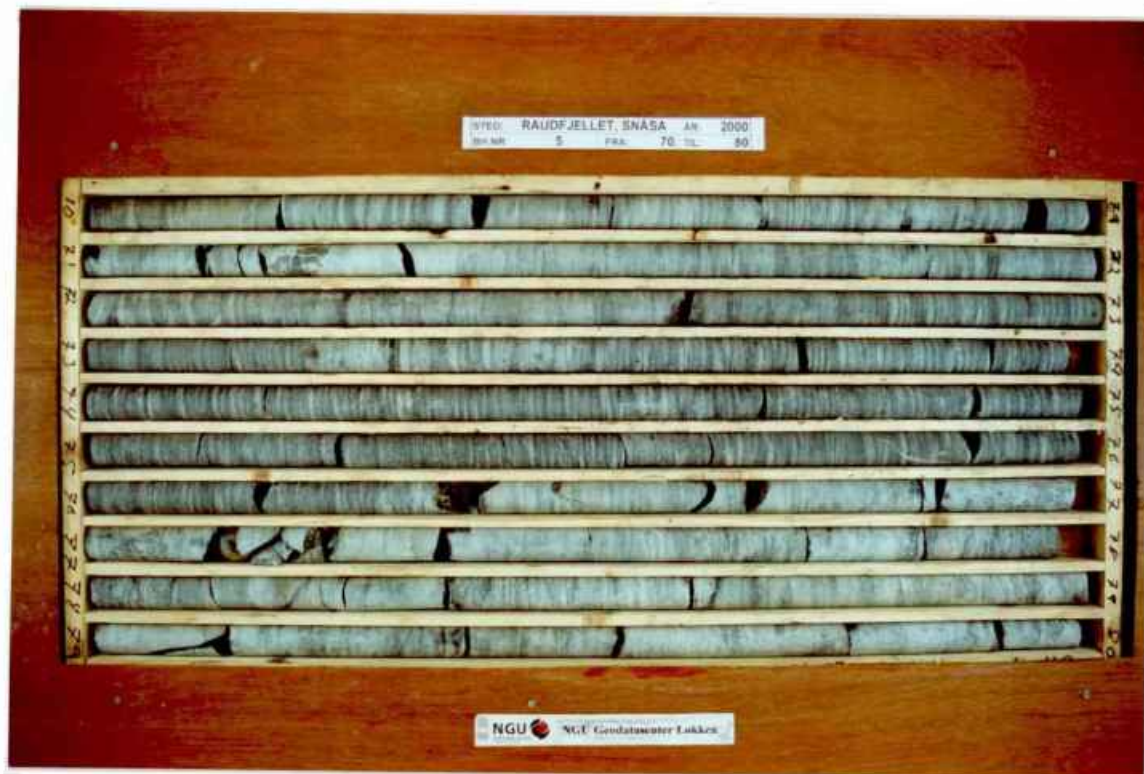
Bh 5 40 – 50 m



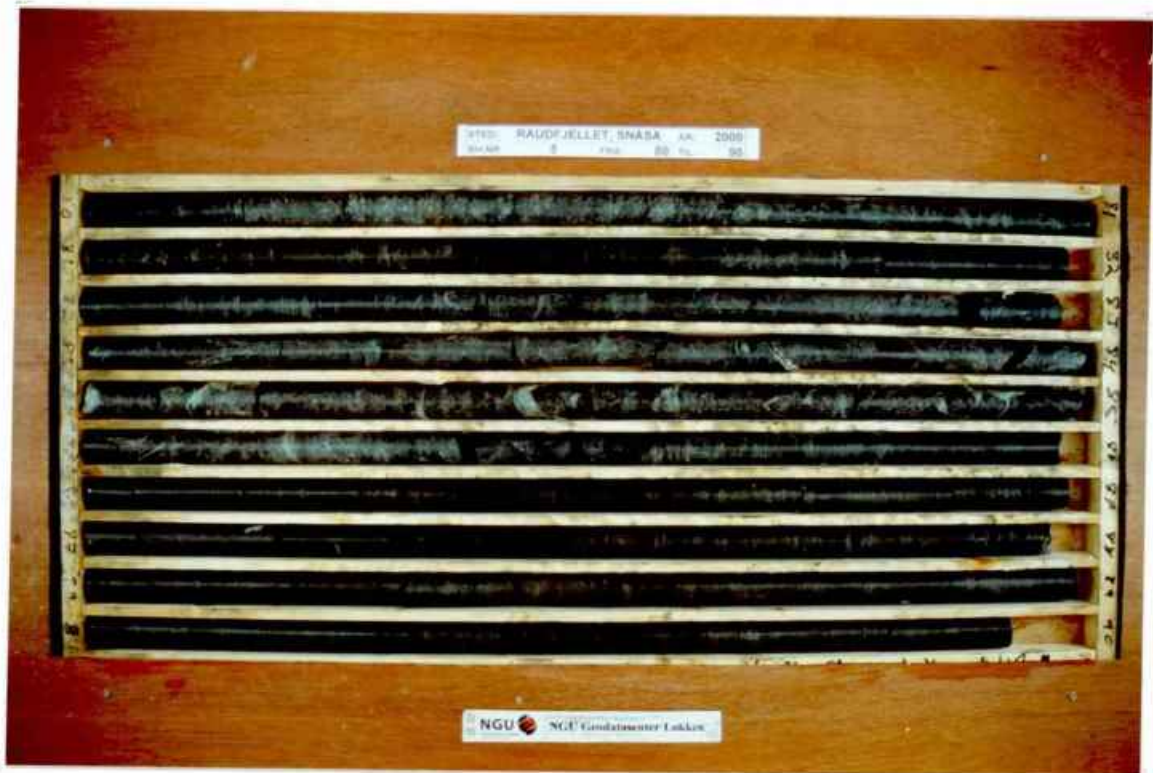
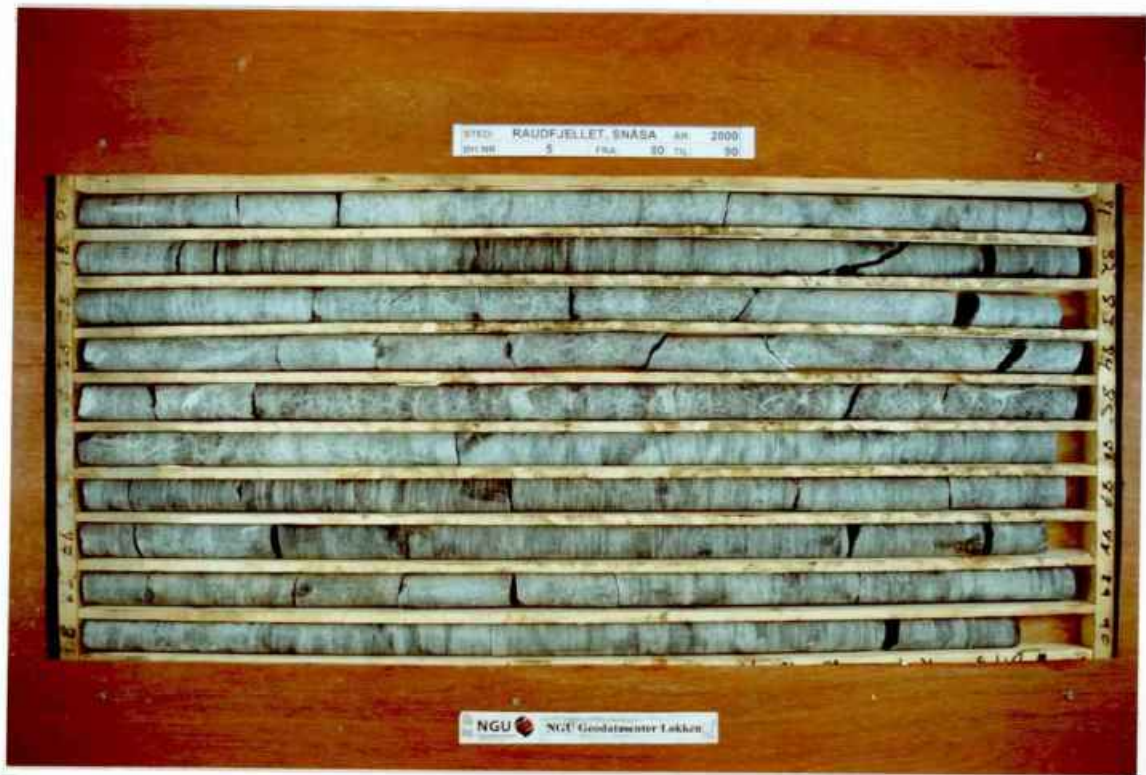
Bh 5 50 – 60 m



Bh 5 60 – 70 m



Bh 5 70 – 80 m



Bh 5 80 – 90 m



Bh 6 0 - 10 m

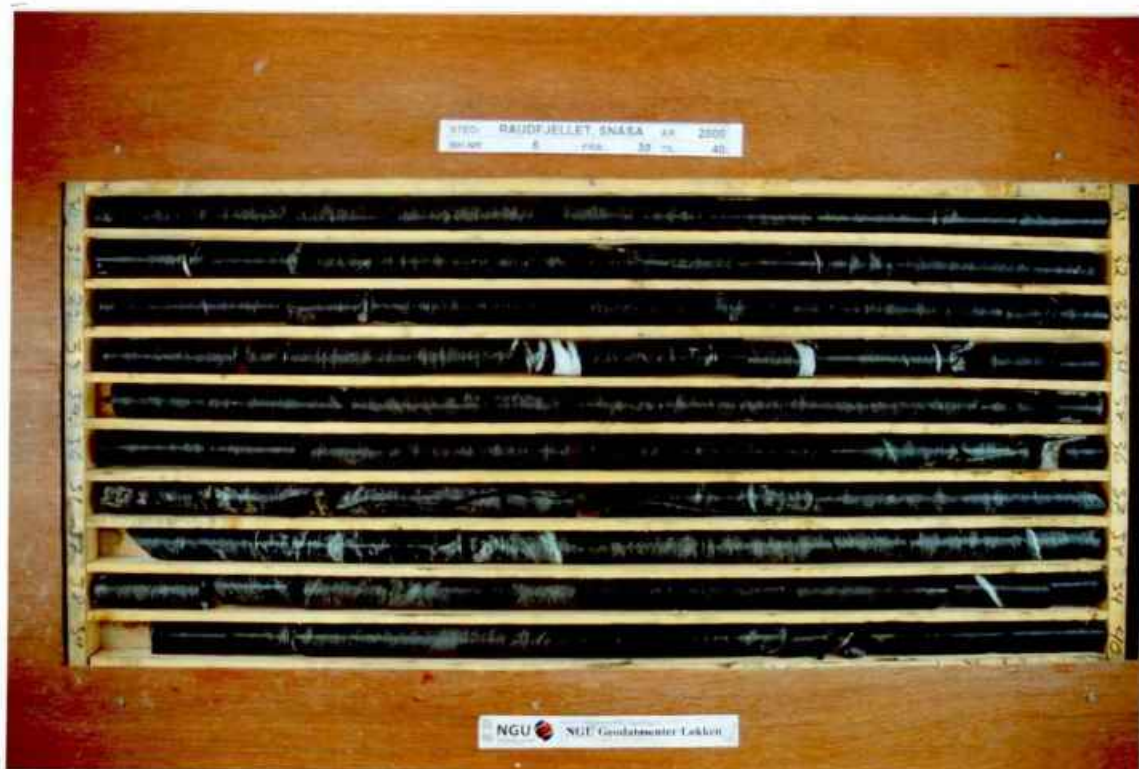
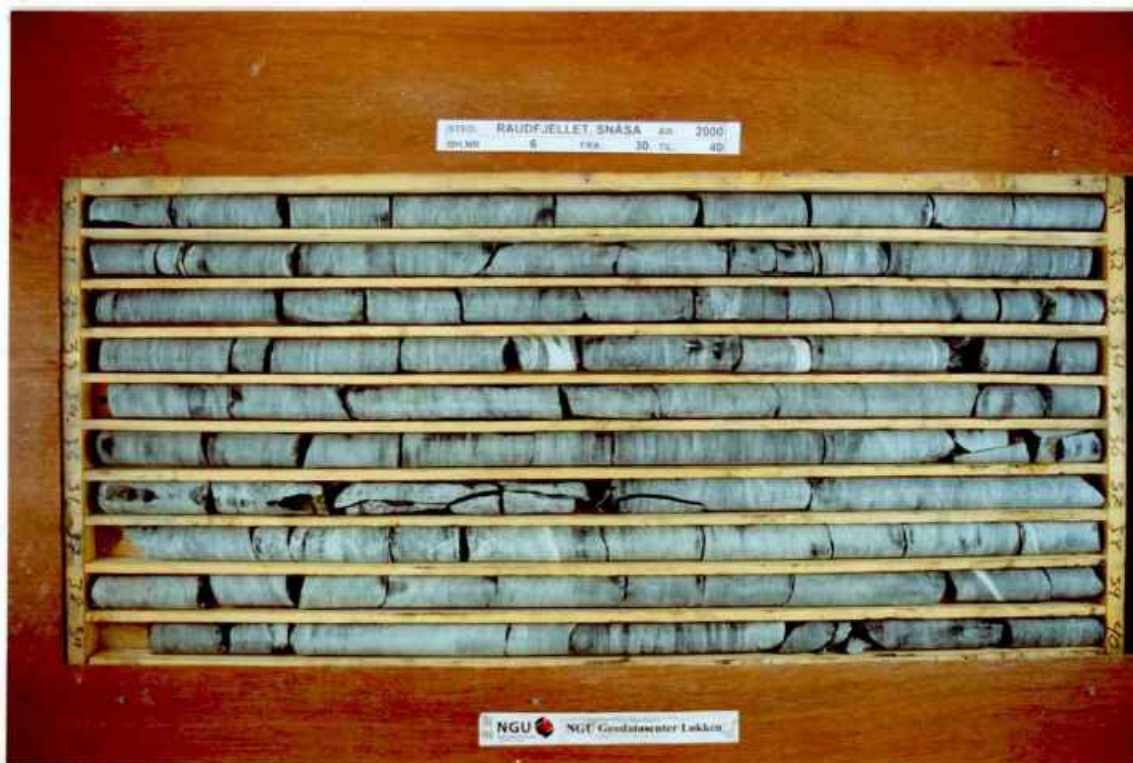




Bh 6 10 – 20 m



Bh 6 20 - 30 m



Bh 6 30 – 40 m



Bh 6 40 – 50 m



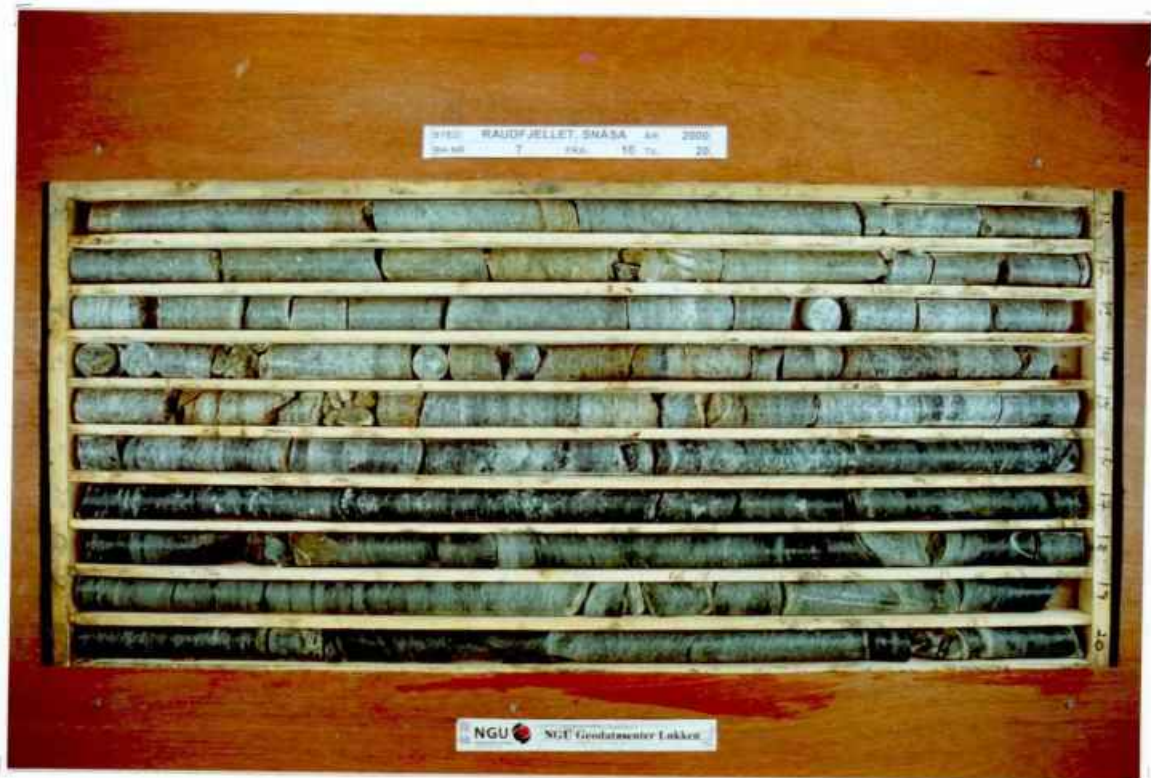
Bh 6 50 – 60 m



Bh 6 60 – 70 m



Bh 7 0-10 m

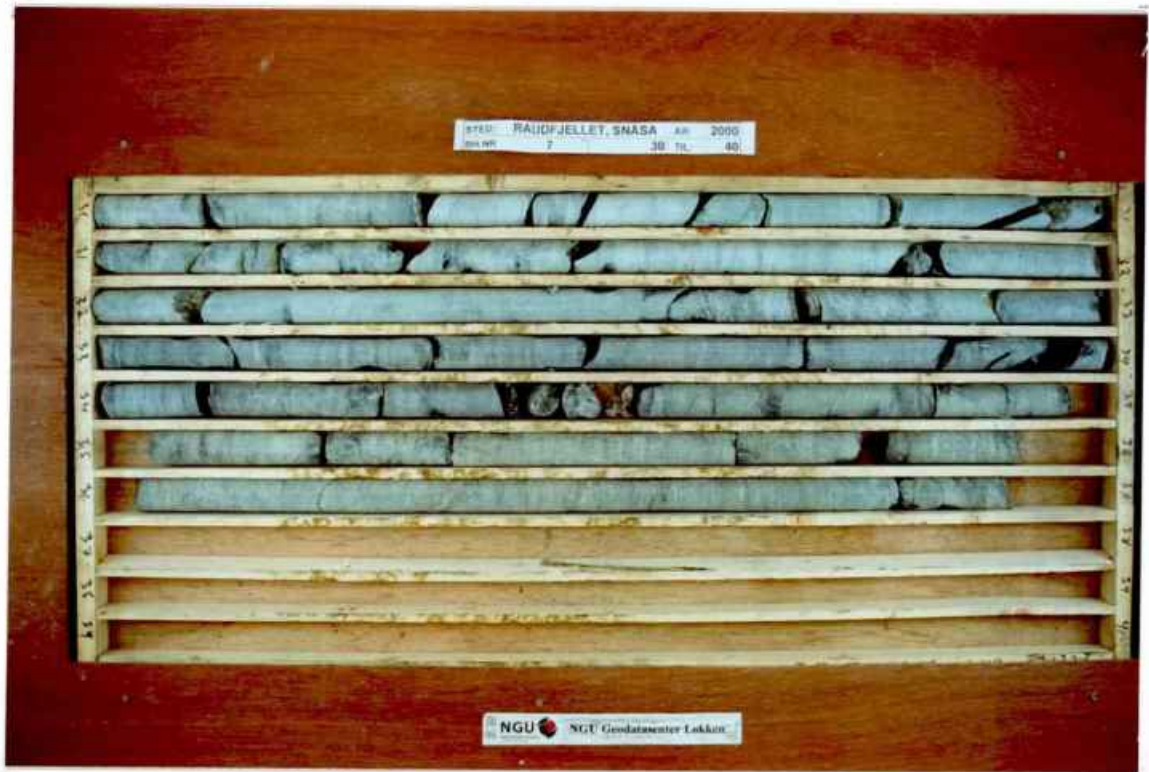


Bh 7 10 – 20 m

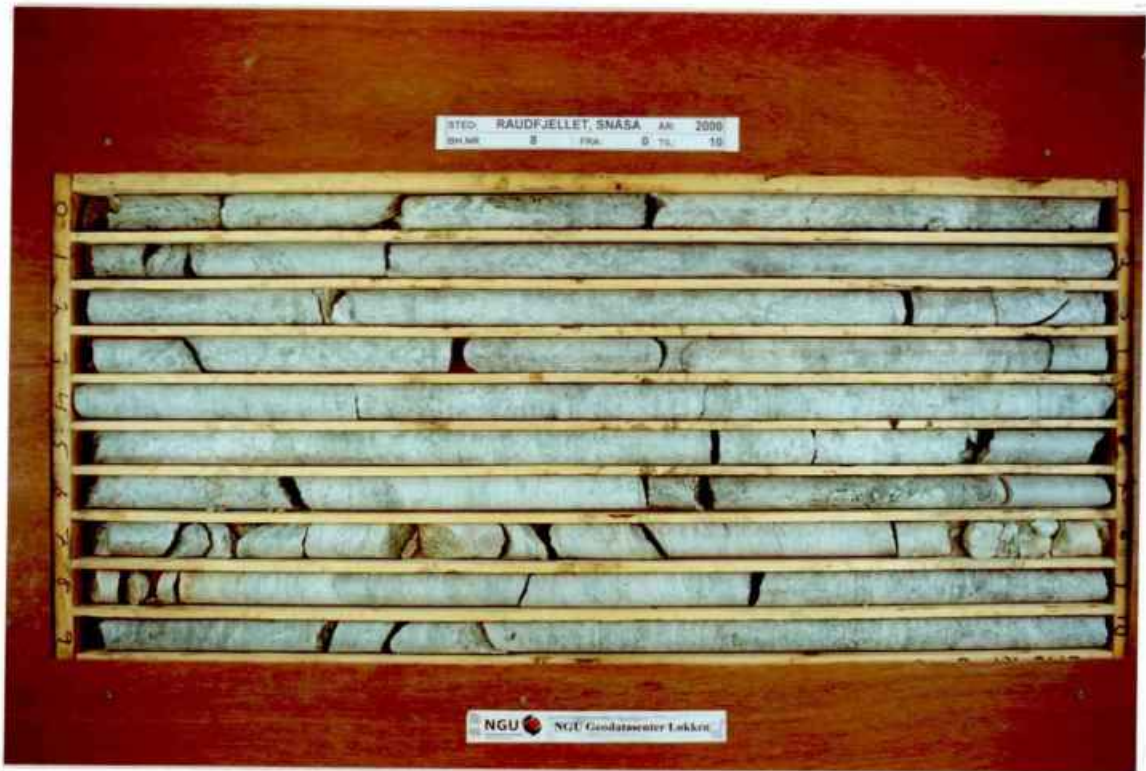




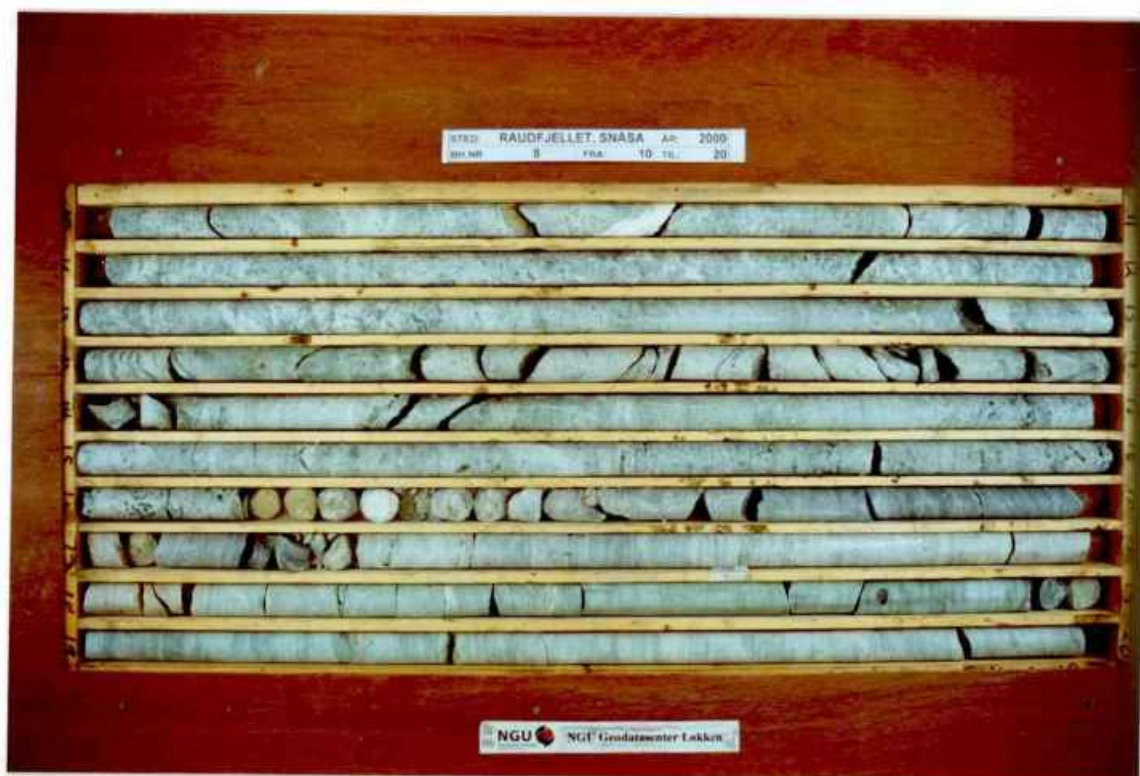
Bh 7 20 – 30 m



Bh 7 30 – 40 m



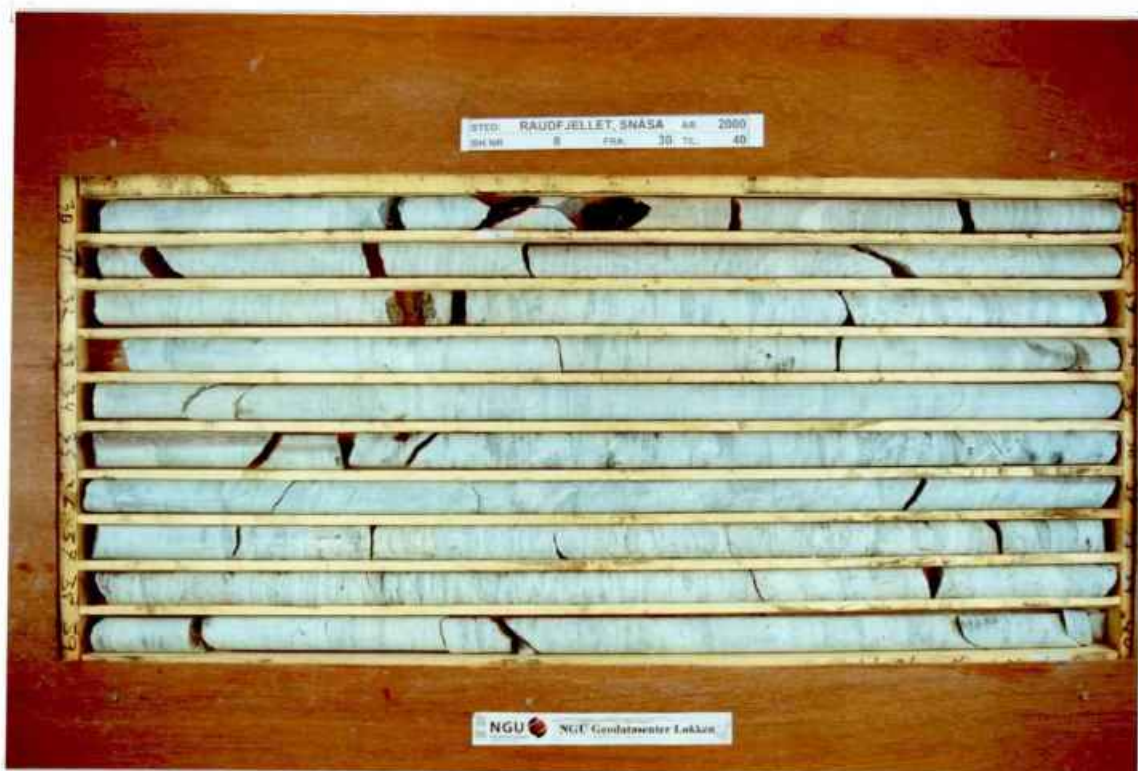
Bh 8 0 – 10 m



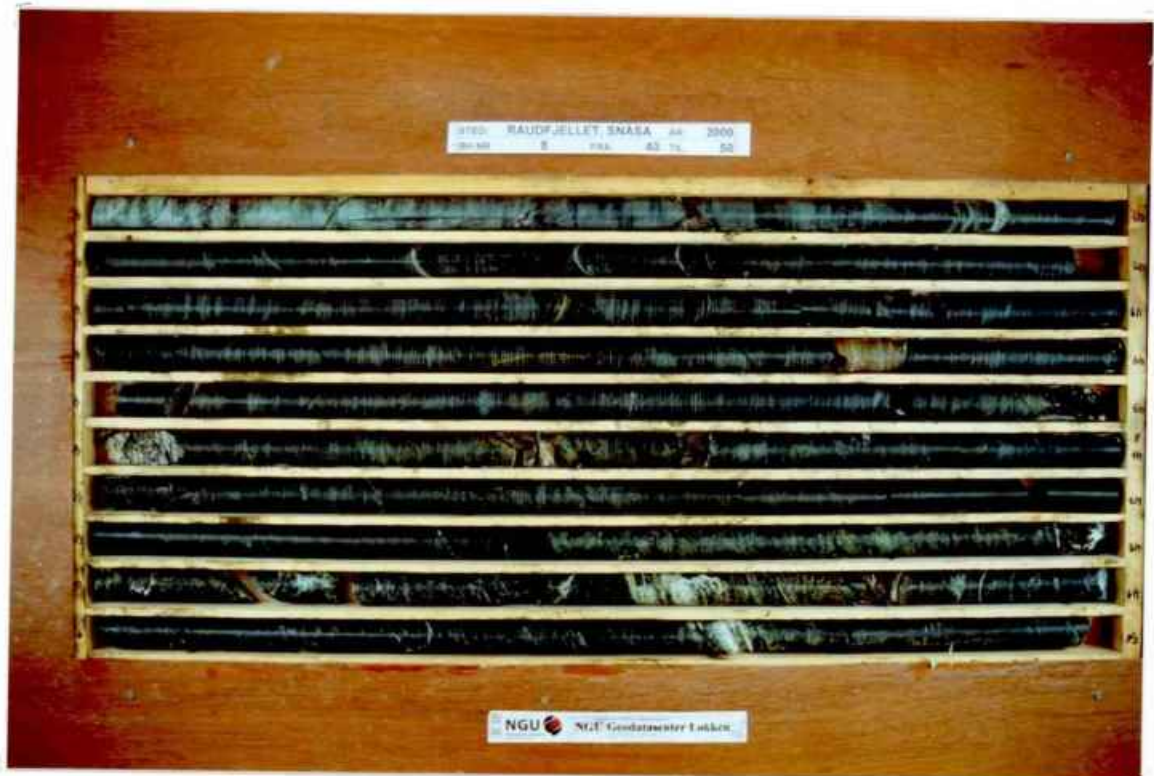
Bh 8 10 – 20 m



Bh 8 20 – 30 m



Bh 8 30 – 40 m



Bh 8 40 – 50 m

## **Bilag 6**

### **Felfotos fra kjerneboringene med kommentarer**





Bilag 6 Fig. 1

Hallarhaugen i vinterskrud sett fra Hallartjønna (475 m o.h.) rett i syd for haugen. Avstanden til toppunktet av haugen fra fotostandplass er ca. 400 m. Selve skalken av listwaenitt + "fluidgabbro" er vist med rødrosa farge; derunder ligger et tynt klebersteinslag (som forsvinner inn i haugen med svakt fall mot NV) markert med en grønn strek. Under det hele har vi serpentinit/serpentinisert dunitt/dunitt som er markert med blå farge.

Jfr. ellers kartene og profilene i Fig. 6 – 11.



Bilag 6 Fig. 2

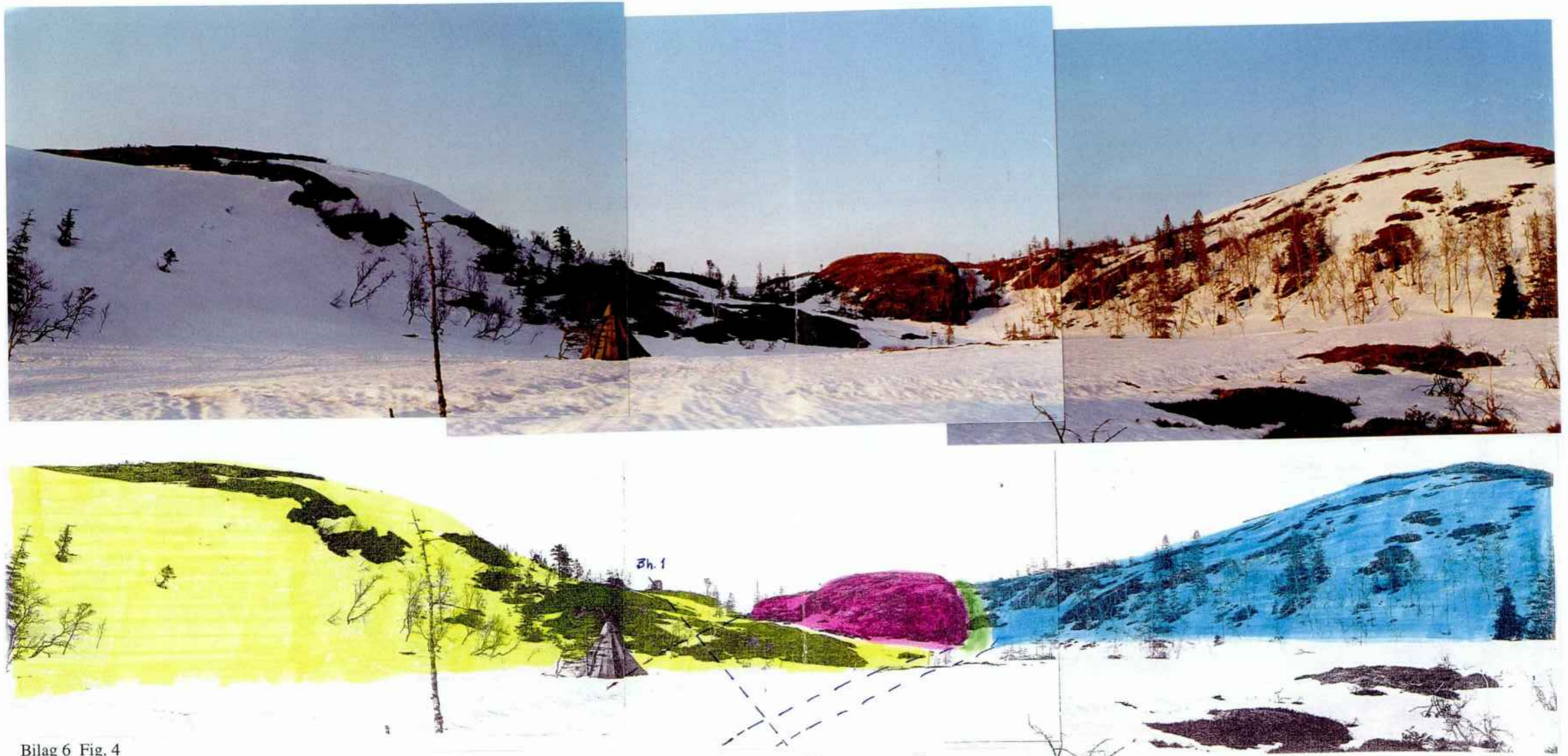
Utsikt rett mot syd fra området ved Hallartjønna. De islagte vannene er Skjelbreia (nærmest) og deretter Holden.



Bilag 6 Fig. 3

Foto tatt i området omkring standplass for Bh 5 i retning mot VSV. Terrenget her ved Bh 5 er helt overdekket av myr, og kjernene fra Bh 5 (jfr. Fig. 15) viste en meget kompleks oppbygging av hydrotermalsonen i dette snittet. Myrområdet midt på bildet (til høyre for lavvo'en og på et lavere nivå) dekker også hydrotermalsonen som her består vesentlig av en dårlig utviklet ("uferdig") listwaenitt. Bh 4 går gjennom denne delen av sonen. Se for øvrig kartene og profilene i Fig. 13 og 14.

Fjellene i bakgrunnen er Nordskarkklumpen (928 m) til venstre og Heggsjøfjellet (977 m) til høyre.

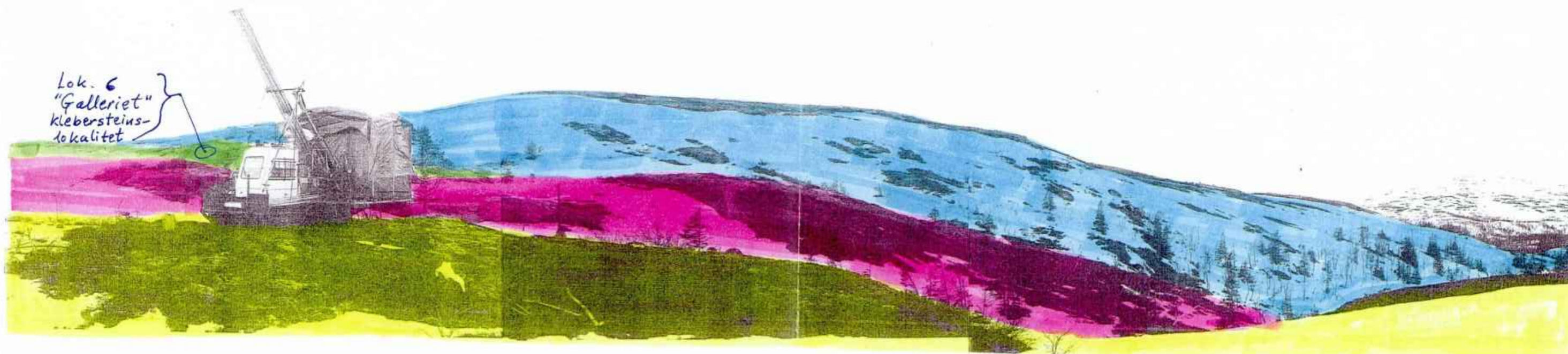


Bilag 6 Fig. 4

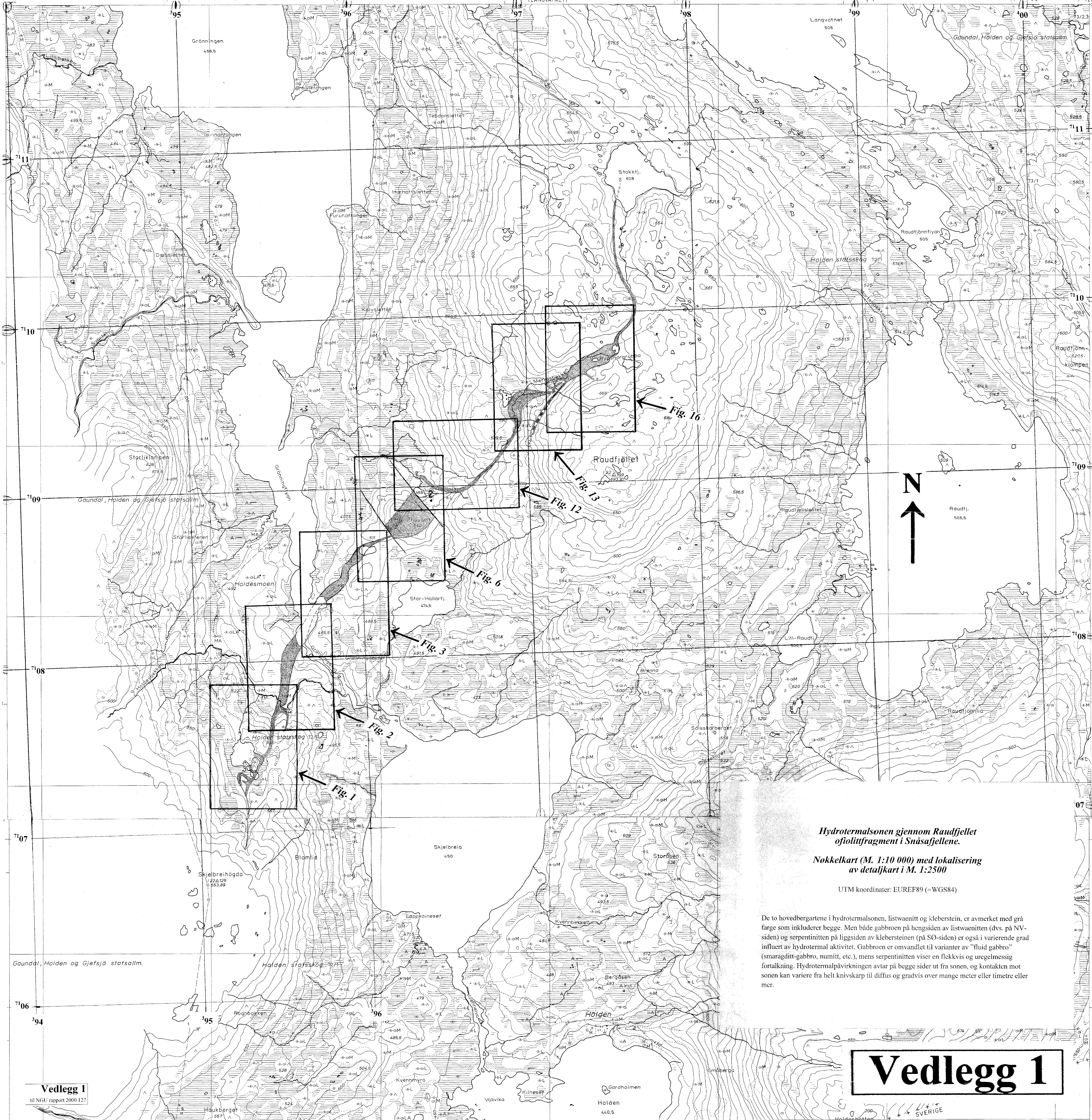
Foto tatt i området nedenfor Bh 5 i retning mot ØNØ (motsatt retning av foregående bilde). Bormaskinen oppe på knausen av ordinær henggabbro er nå klar til å bore det siste hullet som fikk nr. Bh 1 etter at det opprinnelige Bh 1 ble oppgitt pga. isløsning i Grønningselva. Hullet bores på 45° mot SSØ gjennom hydrotermalsonen (først listwaenitt og deretter kleberstein) som faller med et moderat fall (ca. 30°) mot NNW. Jfr. for øvrig kart og profil i Fig. 16 og 17.

Fargekodingen er følgende:

*Gul:* gabbro med underordnete lag av pyroksenitt i heng av hydrotermalsonen *Rødrosa:* listwaenitt med helt underordnete innslag (noen få små linser) av "fluid-gabbro" *Grønn:* kleberstein *Blå:* serpentinit, dunitt og peridotitt i liggen av hydrotermalsonen



Bilag 6 Fig. 5  
Påsett Bh 1. Bormaskinen er montert på en *Muskeg* terrenggående beltetraktor.  
Jfr. også Fig. 16 for lokalisering og Fig. 17 for profil gjennom borhullet.  
Fargekoding på bergartene som for foregående bilde.  
Foto tatt i retning SV.



**Hydrotermalsonen gjennom Raudfjellet  
ofiolittfragment i Snåsafjellene.**

**Nokkelkart (M. 1:10 000) med lokalisering  
av detaljkart i M. 1:2500**

UTM koordinater: EUREF89 (=WGS84)

De to hovedbergartene i hydrotermalsonen, listwaenitt og kleberstein, er avmerket med grå farge som inkluderer begge. Men både gabbroen på hongsiden av listwaenitten (dvs. på NV-siden) og serpentiniten på liggisiden av klebersteinen (på SO-siden) er også i varierende grad influert av hydrotermal aktivitet. Gabbroen er omvandlet til varianter av "fluid gabbro" (smaragditt-gabbro, numitt, etc.), mens serpentiniten viser en flekkvis og uregelmessig fortalkning. Hydrotermalpåvirkningen avtar på begge sider ut fra sonen, og kontakten mot sonen kan variere fra helt knivskarp til diffus og gradvis over mange meter eller timetre eller mer.

**Vedlegg 1**