

NGU Rapport 2001.024

Kartlegging av ultramafitter i området sør for  
Kvesjøen og Murusjøen, Lierne kommune,  
Nord-Trøndelag.

Rapport nr.: 2001.024		ISSN 0800-3416	Gradering: <i>Åpen</i>
Tittel: Kartlegging av ultramafitter i området sør for Kvesjøen og Murusjøen, Lierne kommune, Nord-Trøndelag.			
Forfatter: Ingvar Lindahl og Donald M. Ramsay		Oppdragsgiver: Statskog/NGU	
Fylke: Nord-Trøndelag		Kommune: Lierne	
Kartblad (M=1:250.000) Grong		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1923.1 Murusjøen og 1924.2 Limingen	
Forekomstens navn og koordinater: Mange ultramafittkropper		Sidetall: 32 Kartbilag: 2	Pris: <i>Kr. 110,-</i>
Feltarbeid utført: aug. og sept. 2000	Rapportdato: 7. mars 2001	Prosjektnr.: 283601	Ansvarlig: <i>Torgrene</i>
Sammendrag:  <p>Det ble sommeren 2000 gjennomført en kartlegging av ultramafiske kropper sør for Kvesjøen og Murusjøen i Lierne. Utgangspunktet var de geologiske kartene over området, med det preliminare kartblad Murusjøen i skala 1:50 000 og kartblad Nordli i 1:100 000 som de mest detaljerte. Hensikten var blant annet å kartlegge omvandlingsgraden av de ultramafiske kroppene for å se om de kan brukes som råstoff for talk og kleberstein. Det ble funnet flere nye kropper som ikke var avmerket på eksisterende kart. Omvandlingsgraden til de enkelte kroppene er beskrevet. Sør for Fjellraudberget er ultramafittkroppene lite omvandlet. Det samme gjelder kroppene i Hestkjøldalen, samt området Kveskallen – Skograudberget. De kroppene som har omvandling til talk og kleber i betydelig grad er de ved Kjøyta og ved Storbekken. Lokalt er disse kroppene talkomvandlet langs randsonen og i skjærsoner gjennom kroppene. Utvalgte prøver av talk/kleberbergarten er testet på fiber (asbest). Kleberen har et fiberinnhold langt under de grenseverdiene som er satt.</p> <p>Videre arbeid med talk og kleber i området anbefales konsentrert om Kjøyta-området og ved Storbekken.</p>			
Emneord: industrimineraler		kleberstein	
naturstein		fagrapport	
talk			

## INNHold

	Side
Innledning	4
Feltarbeidet	5
Utvikling og form på de ultramafiske kroppene	5
Undersøkte ultramafiske kroppar	6
Storbekken	6
Fjellraudberg-området	7
Fjellraudberget	7
Kjøyta S.	7
Kjøyttjern	7
Kjøyttjern N	8
Kjøytmyra	8
Litlefjell – Hestkjøldalen	8
Raudbergklumpen	9
Muru-området	9
Kveeidet – Murubekken (Seterbekken)	10
Raudberget	11
Uttak av større prøver	11
Testing av klebersteinen som blokkstein	12
Testing av fiber i kleberen	12
Testing av kjemi og hvithet i formalt kleber	13
Videre arbeider	13
Litteratur	15

## VEDLEGG

### Tabeller:

Tabell 1: Prøver for analyse av fiber med resultater.

Tabell 2: Prøver for analyse av hvithet med resultater

### Tegninger:

Tegn. 1: Undersøkte ultramafitt kroppar på kbl. Murusjøen – 1923.1, 1:50 000

Tegn. 2: Undersøkt ultramafitt kropp på kbl. Limingen – 1924.2, 1:50 000

## APPENDIX:

D. M. Ramsay and B. A. Sturt: Investigation of the Nordli district – Figures and detailed maps enclosed.

## INNLEDNING

Undersøkelsen i området ved og sør for Kvesjøen og Murusjøen i Lierne kommune har vært et samarbeidsprosjekt mellom Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Statskog Avdeling Trøndelag/Møre (STM) og Avdeling Energi og Miljø (SSF). De nevnte sto også for finansieringen av prosjektet.

Hensikten med prosjektet var todelt:

Den forskningsmessige delen av prosjektet besto i å kartlegge fortsettelsen av de regionalgeologiske forholdene fra Vågå – Røros traktene videre nordover, først og fremst oppfølging av en markert sedimentær diskontinuitet i avsetningen av bergartene (Nilsson et al. 1997 og Sturt et al. 1997). Disse nye opplysningene er viktige for den totale forståelse av den geologiske sammenhengen innenfor Kaledonidene og også for vurdering av områder for potensielle forekomster av mineralske ressurser som talk og kleber. De regionalgeologiske vurderingene vil ikke bli tatt med i denne rapporten men vil bli bearbeidet videre og publisert i fagtidsskrifter.

Den andre hoveddelen av prosjektet var fokusert på å gi en vurdering av potensialet for økonomisk utnyttbar talk og kleber i tilknytning til de ultramafiske kroppene i området. Området som det ble fokusert mest på var ved Kvesjøen og Murusjøen og sørover herfra. De enkelte kroppene ble befart og omvandlingen av den enkelte kropp vurdert. Der det ble funnet betydelig grad av omvandling til talk og kleber ble de enkelte kroppene detaljkartlagt. Det gjelder først og fremst i området Fjellraudberget - Køyta, samt den store ultramafiske kroppen ved Storbekken.

Det arbeides med en ny Nasjonalpark i Snåsa – Lierne. Arbeidsgrensen for denne går gjennom det undersøkte området. Det var også viktig å få vurdert de kroppene som i framtida muligens blir liggende inne i parken. Denne vurderingen var også viktig å få gjennomført på en tilfredsstillende måte. Miljøvernavdelingen hos fylkesmannen i Nord-Trøndelag er hele tiden holdt muntlig orientert om arbeidene og har underveis fått muntlig informasjon om resultatene.

I utgangspunktet var det meningen at Brian A. Sturt skulle redigere denne rapporten fra undersøkelsene i Lierne. Full av entusiasme skulle han ta fatt på dette arbeidet på høsten i fjor. Hans brå bortgang 15.9.2000 har gjort at rapporten blir annerledes og noe forsinket. Resultat fra de orienterende mineralogiske undersøkelsene på innsamlede håndstykker som var hans ansvar blir ikke med i rapporten. Noe av dette materialet vil bli bearbeidet i 2001 av D. M. Ramsay og L. P. Nilsson. Videre vil publiseringen av de regionale geologiske ideene om utviklingen i Kaledonidene som han og D. M. Ramsay arbeidet med bli publisert senere.

Sammenstillingen av denne rapporten er gjort av I. Lindahl. Rapporten er basert på et notat fra feltarbeidet som I. Lindahl sendte til B. A. Sturt. Det som D. M. Ramsay har sammenstillet ut fra sitt arbeid sammen med B. A. Sturt i feltet er engelskspråklig og vedlagt som APPENDIX. De detaljerte kartene over den ultramafiske kroppen ved Storbekken og kroppene i Køyta-området som er sammenstillet av D. M. Ramsay og B. A. Sturt finnes som vedlegg til APPENDIX. I. Lindahl har laget et oversiktskart med samtlige kroppar som er befart og vurdert innlagt.

## **FELTARBEIDET**

Utgangspunkt for feltarbeidet var Gädde like over på svensk side av grensen. Her var det mest sentralt, greitt og billig å bo for feltarbeidene. Hovedsakelig ble arbeidet i regionen gjort i løpet av de første to ukene av august. Været var ekstremt dårlig i store deler av perioden med rekordstor nedbør og mye vind.

De som deltok i feltarbeidet var B. A. Sturt og D. M. Ramsay som arbeidet sammen i team. Hovedsakelig arbeidet de med de store geologiske trekk med bruk av veiskjæringer på begge siden av riksgrensen. I tillegg gjorde de detaljkartlegging av kroppene ved Storbekken og Fjellraudberget – Køyta. I. Lindahl og A. Flaot bidro med å befare en del perifer ultramafittkropper sør for Fjellraudberget og i Hestkjøldalen.

Utgangspunktet var de berggrunnsgeologiske kartene Grong i M 1:250 000 som er av ny utgave (Roberts 1997), Nordli i M 1:100 000 (Foslie 1959) og Murusjøen i M 1:50 000, det siste i preliminær utgave (Reinsbakken og Fossen 1988). Topografiske kart som ble brukt for kartleggingen var 1:50 000 topografiske AMS-kart og økonomisk kartverk i målestokkene 1:5000 og 1:10 000. Kun deler av området er dekket av det økonomiske kartverket. Der dekning manglet ble det brukt forstørrede flyfoto. De ultramafiske kroppene kommer oftest klart fram på flyfotoene og disse var til stor hjelp for å oppdage nye, tidligere ikke registrerte kropper, og å få riktig begrenning og tektonisk sammenheng mellom de enkelte kroppene.

L. P. Nilsson har bidratt til å framskaffe det topografiske basismaterialet og den geologiske bakgrunnsinformasjonen. Sistnevnte er hovedsakelig S. Foslies dagbøker og prøvesamling, som dessverre delvis var gått tapt, samt også materiale fra svensk side av grensen.

Etter den geologiske feltinnsatsen ble det gjort en gjennomgang av prelimnære resultater på et møte i Steinkjer 14./15.8.00 med B. A. Sturt, D. M. Ramsay, A. Flaot, O. S. Hembre og I. Lindahl som deltakere. På møtet ble ytterligere undersøkelse og prøvetaking sommeren 2000 planlagt.

I. Lindahl gjennomførte de siste geologiske observasjonene i felt 11.9.00 sammen med G. Elvseth i Statskog, og samtidig ble det i felt lokalisert prøvesteder for uttak av kleber og talk. Senere på høsten gjennomførte A. Flaot og G. Elvseth prøvetakingen. Det er på dette materialet at senere analyser og tester er gjort.

## **UTVIKLING OG FORM PÅ DE ULTRAMAFISKE KROPPENE**

D. M Ramsay har gitt en utmerket beskrivelse av utviklingen av ultramafiske kropper under en fjellkjededannelse. For dette henvises til APPENDIX. Hans illustrative skisser anbefales studert for de interesserte.

D. M. Ramsay har også beskrevet hvordan ultramafittene talkomvandles, med dannelse både av kleber med talk og karbonater samt en talk-amfibol bergart som ikke er brukbart materiale for økonomisk utnyttelse.

## UNDERSØKTE ULTRAMAFISKE KROPPER

De største ultramafiske kroppene i regionen finnes like inne på svensk side av grensen mellom Kveeidet og Kvarnbergsvattnet (Zachrisson og Sjöstrand 1990). På noen av disse har det tidligere vært drift på kleber som blokkstein, blant annet på Junsternäset og ved Lermon, begge på nordsiden av Kvarnbergsvattnet (Du Riez 1935, Zachrisson og Sjöstrand 1990). Sør for Kvesjøen og Murusjøen er kroppene mindre, men opptrer i et stort antall. Likevel er størrelsen på disse kroppene tilstrekkelig stor for økonomisk utnyttelse dersom omvandlingsgraden er tilstrekkelig.

I det etterfølgende er de enkelte ultramafiske kroppene som er undersøkt beskrevet enten hver for seg eller områdevis.

### Storbekken

Den største ultramafittkroppen i området er den ved Storbekken. Se Tegn. 1 og kartene vedlagt APPENDIX. Feltet er undersøkt i detalj av D. M. Ramsay og B. A. Sturt og er beskrevet nøye i APPENDIX. Der er hver enkelt sone med talk og kleber lagt inn på det detaljerte kartet. Her gis bare en summarisk beskrivelse på norsk.

Kroppen ved Storbekken er godt blottet og har et utgående på 400x300 m. Den kan være noe større men sannsynligvis ikke mye større. Kroppen er linseformet med et tilsynelatende fall på linsen på omkring 20 grader mot NV. Inne i den ultramafiske kroppen og i randsonen av denne er det flere soner og bånd med kleberomvandling. Dette er framstilt på kart i APPENDIX. Noe av kleberen har god kvalitet.

De enkelte sonene og båndene er beskrevet i detalj i APPENDIX. Tykkelsen på disse er enkelte steder opp mot 10-15 m. Sju forskjellige soner er kartlagt ut hvorav to av dem er særlig lovende, og prøvetakingen ble derfor fokusert på disse.

Like ved den største ultramafittkroppen ved Storbekken finnes øst for denne i umiddelbar nærhet to mindre kroppene. Den største av disse kroppene, som er den østligste og med et visst volum, er dels talkomvandlet. Denne ble også fokusert på ved prøvetakingen fordi den har et visst potensiale.

Området med de ultramafiske kroppene ved Storbekken har et lavt relieff som tyder på omvandling av den opprinnelige dunittiske kroppen. Det er også flere skarpe dalsøkk i terrenget som går gjennom kroppen. Bredden på søkkene kan være 10-15 meter og representere kleber som forvitrer og eroderes lett. Det kan dermed gi en indikasjon på potensialet av kleber.

Ultramafittkroppen ved Storbekken ble besøkt 11.9.00. av I. Lindahl og G. Elvseth, med hensikt å velge ut prøvesteder for talk og kleber. (Det var en meget våt og vindfull formiddag!).

Ultramafittkroppen med lavt relieff i terrenget er detaljkartlagt av B. A. Sturt og D. M. Ramsay og beskrevet ovenfor samt mer detaljert i APPENDIX. Det er en stor kropp med betydelig omvandling langs randsonen. Det er også omvandling langs skjærsoner hvor kleberentalken er skifrig i tillegg til de mer massive omvandlede deler. En del av de

omvandlede skjærsonene er smale og kan mulig være utnyttbare som talkråstoff selv om de ikke egner seg som naturstein.

Det ble besluttet å samle inn representative prøver fra forekomsten for å teste kvaliteten som kleber blokkstein, samt innhold av fiber og hvithet på nedmalt materiale. Prøvetakingen fant sted sent på høsten 2000 og ble gjennomført av A. Flaot og G. Elvseth.

## **Fjellraudberg-området**

På og omkring toppen av Fjellraudberget og over mot toppen av Kjøyta i NV (trig.punkt)opptrer en gruppe med ultramafiske kropp. Innledende arbeider ble gjort i oktober 1999 av B.A. Sturt og D. M. Ramsay (Nilsson et al. 1999). Det ble da funnet at noen av kroppene har betydelig kleber-omvandling. Dette ble fulgt opp med ytterligere og mer detaljerte undersøkelser sommeren 2000 av B. A. Sturt og D. M. Ramsay. De forskjellige kroppene er beskrevet i detalj i APPENDIX.

## **Fjellraudberget**

De ultramafiske – mafiske linsene på Fjellraudberget er meget markerte i terrenget. De består av tre mer eller mindre adskilte kropp. Kroppene består dels av en noe serpentinisert dunitt, men har også deler som består av gabbro. Kun den vestligste av kroppene har kleber-omvandling. Sonen med kleber er smal og den ble prøvetatt i 1999 (Nilsson et al. 1999). Kleberen er lys og fin, men fører noe amfibol som kan klassifiseres som fiber i helsesammenheng. Dette ble bekreftet ved mikroskopering av B. A. Sturt (pers. komm. aug. 2000). Se for øvrig APPENDIX.

## **Kjøyta S.**

Kjøyta S. er kropp som ligger like SØ for toppen av Kjøyta. Den har et utgående på omtrent 150x150 m. Mesteparten av kroppen består av pyroksenitt og gabbro-skifer med innslag av serpentiniserte dunitt-linser. Den østligste delen av den ultramafiske kroppen er kleber-omvandlet mot sideberget. Det viste seg ved undersøkelsene sist sommer at nekformede amfiboler opptrer i kleberen på samme måte som for kroppene på Fjellraudberget og dermed gjør den umulig å utnytte økonomisk. Se for øvrig APPENDIX.

Helt i vest av kroppene på Kjøyta S. er det i en liten isolert kropp utviklet en tynn talkson. Den er for liten til å være økonomisk interessant og fører i tillegg amfibol. Like sør for det trigonometriske punktet på toppen av Kjøyta opptrer det en meget liten ultramafitt-linse som er en del av ansamlingen av linser SØ for Kjøyta. Se for øvrig APPENDIX.

## **Kjøyttjern**

Omtrent 100 m nord for Kjøyttjern (Tegn.1) opptrer en ultramafisk kropp på ca. 150 x 80 m. Kroppen er linseformet med fall mot nord. Den nordlige delen av kroppen er ikke omvandlet, mens den sørlige delen av linsen er talk-omvandlet med en betydelig mektighet. Som talkressurs kan denne omvandlingssonen ha et potensiale. Den er prøvetatt for testing som kleber

og for å teste fiberinnhold og hvithet ved nedmaling. For mer detaljert beskrivelse av linsen se APPENDIX.

## **Kjøyttjern N**

Omtrent 400 m nord for Kjøyttjern opptrer ytterligere en ultramafittkropp. Kroppen består av serpentinisert dunitt. Den har en avrundet form og randsonen hele veien rundt har kleber-omvandling. Kleber-sonen er tykkest langs den nordlige og sørlige kontakten. Stedvis er den flere meter tykk. Særlig den sørlige kontakten synes å ha en talkrik kleber. Kroppen har et mulig økonomisk potensiale, og det ble besluttet å ta ut større prøver fra både den nordlige og sørlige begrensningen av kroppen.

I Fjellraudberg-området ble det bestemt at det kun skulle tas ut større prøver fra de to ultramafittkroppene nord for Kjøyttjern. Den sørligste linsen (ca. 100 m nord for Kjøyttjern) er kartlagt av B. A. Sturt og D. M. Ramsay. A. Flaas sto her for utvelgelsen av prøvetakingsstedene. Den nordligste linsen (ca. 400 m nord for Kjøyttjern) ble befart av I. Lindahl og A. Flaas, og egnede prøvetakingssteder ble valgt i forbindelse med befaringen.

## **Kjøytmyra**

Ultramafittkroppen i østenden av Kjøytmyra ligger ca 400 m SV for Kjøyttjernet, like på sydsiden av stien (Tegn.1). I vest er kroppen avgrenset av en forkastning og kontakten mot sideberget har kun smale talk-omvandlede soner.

## **Litlefjell - Hestkjøldalen**

De ultramafiske kroppene er kartlagt av Foslie og avmerket på hans berggrunnskart Nordli i målestokk 1:100 000 (Foslie 1959). Videre er disse dels overført direkte og dels nykartlagt og avmerket på preliminært berggrunnskart Murusjøen i målestokk 1:50 000 (Reinsbakken og Fossen 1988). Befaringene som ble gjort hadde disse som grunnlagsmateriale. Videre forelå flyfotos over området i målestokk ca.1:15 000.

På ruta mot Hestkjøldalen ble det passert to små kropper av svakt serpentinisert dunitt. Disse er avmerket på Tegn. 1. Grensene til omgivende bergarter er ikke blottet, men det er sannsynligvis ikke utviklet talk og kleber i vesentlig grad. De små ultramafiske kroppene er lett synlig fra lang avstand, men er ikke avmerket på noen av de tidligere nevnte geologiske kart.

Nils-Fredriksa urda er en stor ansamling av store in-situ blokker av dunitt. Noen av dem har husstørrelse. Basis for blokkfeltet er blottet ultramafitt. Det ble registrert svak omvandling mot sidestenen selv om kontakten oftest er dårlig blottet. I hovedsak er det klorittomvandling i kontaktsonen. Mot den sørlige begrensning av blokkfeltet er det i en klorittomvandlet ultramafitt risset inn initialer og årstall for besøkende helt tilbake til først på 1900-tallet. Området er lett synlig fra lang avstand, men er ikke avmerket på de tidligere nevnte geologiske kartene.

Øverst i Hestkjøldalen opptrer det en rekke dunittkropper. Disse ble befart og er avmerket på vedlagte kart. Alle kroppene med ultramafitt er friske dunitter. Grensene til sidesteinen er



flere steder godt blottet og viser frisk dunitt helt ut mot kontakten til sidesteinen. En viss foliasjon finnes også i dunitten mot denne kontakten. På sprekker i dunitten er det funnet asbest i opptil 5 cm lange fibre som sitter vinkelrett på sprekkeretningen. De ultramafiske kroppene er plateformede og synes å representere fragmenterte deler av en opprinnelig skålformet sammenhengende plate. Dunittene ligger som store kantede fragmenter i omgivende bergart og er i langt mindre grad enn andre steder linseformede eller ellipsoider. Lokalisering og omriss av dunittene på vedlagte kart er forskjellig fra alle tidligere geologiske kart, jfr. blant annet kartutsnitt og fotomontasje av Nilsson et al. 1999 (fig. 21).

Lengre ned i Hestkjøldalen og på VSV enden av Litlefjellet er det funnet to markert ellipsoide- eller linseformede kroppar med pyroksenitt. Kontakten med sidesteinen er skarp og uten talk-omvandling.

Ingen av de ultramafiske kroppene i Hestkjøldalen har en omvandlingsgrad som gjør at de er økonomisk interessante. Som olivinråstoff er de for små for en eventuell utnyttelse. Pyroksenitt kroppene har heller ikke noe økonomisk potensiale.

Oppover lia mot sør fra Storbekken mot Hestkjøldalen opptrer to små kroppar med uomvandlet ultramafitt like NV for et lite vann (713 moh.). Kroppene kan ses på lang avstand. Mellom "Vann 713" og Hestkjøldalen er det også observert en meget liten kropp med ultramafitt. Utgående består av store frostsprengte blokker som ikke viser tegn til talkomvandling. Se Tegn 1.

## **Raudbergklumpen**

Raudbergklumpen som er mer enn 800 moh. ligger rett sør for Fjellraudberget. Fra ståsted sør for Raudbergtjønnna ses en rund kuppe med ultramafitt like sør for høyeste punkt på Raudbergklumpen. Ultramafitten er ikke avmerket på tidligere geologiske kart. Området ble befart 11.9.00. sammen med G. Elvseth.

Den ovalt formede kuppen er en tynn plate av grovkornet ultramafitt. Sidesteinen er glimmergneiser som sitter som ei kappe et stykke oppover sidene på kuppen. Kontakten mot sideberget er knivskarp og blottet rundt hele kroppen. Det er ingen signifikant omvandling av ultramafitten i kontakten. Kun i cm skala ble det funnet talk og klorittskifer.

Kroppen på Raudbergklumpen har ikke noen økonomisk interesse, og grensen til den nye nasjonalparken kan ut fra mineralressursbetraktninger legges på toppen av fjellet slik som trukket i arbeidsutkastet.

## **Muru-området**

Muru-området er undersøkt på vestsiden av Fiskeløysdalføret og videre vestover nord for Fjellraudberget. Se vedlagte kart. Det er også i dette området endret grenser på, flyttet og funnet flere kroppar med ultramafitt enn de som finnes på tidligere kart.

En liten kropp med lite omvandlet dunitt som er dårlig blottet finnes en knapp kilometer rett vest for Fiskeløysshytta. Foslie (1959) har på sitt kart inntegnet en kropp noe lengre sør for denne som ikke ble befart.

ØNØ og nord for Fjellraudberget er det funnet flere små ultramafittkropper. Disse er noe omvandlet, og tynne omvandlingssoner med talkskifer finnes i kontakten mot sidestenen. Kroppene er dels dunitter, dels peridotitter, men med overganger til rene pyroksenitter. Lokalt er det utviklet lys tremolitt i disse kroppene. I enden av den østligste av kroppene ØNØ for Fjellraudberget er det funnet amfibolnåler på opptil 15 cm som viser talkomvandling. Disse nålene er utviklet i smale glideplan og er orientert langs disse planene.

Generelt viser kroppene nord og ØNØ for Fjellraudberget betydelig større grad av omvandling enn kroppene lengre øst og sør i Fiskløysdalføret. Omriss og lokalisering er endret i forhold til tidligere geologiske kart som vist på Tegn 1.

Konklusjonen etter feltarbeidet er at det i Muru området kun er den vestligste av de undersøkte kroppene som er interessant ut fra et talk – kleber synspunkt.

### **Kveeidet – Murubekken (Seterbekken)**

Skograudbergene er de største ultramafiske kroppene i dette området. De ble ikke undersøkt sommeren 2000, men er beskrevet av Nilsson et al. (1999, side 33-35 og vist i fig. 29).

En liten ultramafisk kropp (80 X 30 m) ligger ved en skogsbilvei som går østover på sørsiden av Murusjøen fra broen på Kveeidet. Avstanden fra veikrysset på Kveeidet til kroppen er ca 600 m. Lokaliseringen er helt i veikanten på skogsbilveien slik at tilgjengeligheten er meget god. Kroppens lave relieff gjenspeiler trolig graden av omvandling hvor randsonen er kraftig omvandlet til en talk-karbonatbergart langs grensen til sideberget. Tykkelsen av denne sonen er vanskelig å bestemme på grunn av overdekningen. De sentrale deler av kroppen er mindre omvandlet. Det ble bestemt at det tas ut en større prøve fra denne kroppen blant annet på grunn av den meget gunstige beliggenheten.

Flyfoto over nærområdet til denne kroppen er studert i stereoskop uten at det ble oppdaget flere kropper med lignende lavt relieff.

Kveskallen (Tegn. 1) og en liten nabokuppe i NØ (368 moh.) er ultramafiske kropper som ble befart i 1999 og viser for liten grad av omvandling til å være av interesse med hensyn til talk og kleber (Nilsson et al 1999). I SV-hjørnet av ultramafitten på Kveskallen er kontaktsonen blottet og består her av en sterkt forskifret serpentinit (mylonittsone) nærmest sideberget som er granatglimmerskifer. Det ble ikke observert spor av talk-kleber omvandling verken i selve kontaktsonen eller i den øvrige delen av kuppen.

På det geologiske kartet i målestokk 1:100 000 av Foslie (1959) er bekken som renner østover fra Skograuberg (Tegn. 1) avmerket som Seterbekken. På de nyeste topografiske kartene heter denne bekken Murubekken. På Foslies geologiske kart er det avmerket fire små ultramafittkropper i selve bekkeleiet til Seterbekken. To av kroppene ble forsøkt lokalisert høsten 1999 av L. P. Nilsson uten at det ble funnet annet enn høymetamorf glimmerskifer (Seve-skifer) på den ene og ikke blottet fjellgrunn på den andre av de to aktuelle lokalitetene (se fig. 26 og 29 hos Nilsson et al. 1999). Ved befaringen langs Murubekken denne sommeren for å se etter den østligste av de fire kroppene ble det ikke funnet ultramafitt. Derimot ble det funnet en helt sort noe skifrig finkornig bergart. Dens mulige opprinnelse er diabas som senere er forskifret, og som har fått en foliasjon som bergartene ellers i området. Blotningen ligger i en markert sving på Murubekken nedenfor der hvor skogsbilveien krysser bekken.

Blotningsgraden i dalføret er svært begrenset utenom i selve bekkeløpet hvor noen blotninger finnes.

På Reinsbakken og Fossens (1988) kart i målestokk 1:50 000 er det også avmerket tre små kropper med ultramafitt, to langs Murubekken som er nesten identisk med det som Foslie har avmerket og en ny lokalitet i lia ca. 500 m nord for Murubekken. Den avmerkede ultramafitten i overgangen mellom myr og li på den østligste delen av Storhammarhøgda ble heller ikke funnet. I lia er det god blotningsgrad. Berggrunnen består av kvartsrik gneis. I denne gneisen ble det også funnet partier med en amfibolottisk gneis. I deler av den kvartsrike gneisen kan opp mot 50 % av bergarten bestå av små kvartsslirer som er metamorfe mobilisater.

Etter arbeidene som er gjort i dette området ble det besluttet å gjøre en prøvetaking av kleber og talk i randsonen av den lille ultramafitten ved skogsveien ca. 600 m fra Kveeidet. Større prøver er tatt ut av A. Flaas og G. Elvseth.

## **Raudberget**

Raudberget finnes avmerket på kartblad Limingen 1924.2, kartbladet nord for kartblad Murusjøen. Raudberget ligger ca. 1.5 km nord for Kvesjøen og berget er en Ø-V gående ås (se Tegn. 2). Kroppen består av en serpentinisert dunit. Spesielt med denne er at den opptrer inne i Køli-bergarter, mens de andre ligger inne i Seve-bergarter helt opp mot Køli-sekvensen. Kun meget liten grad av kleber-omvandling ble funnet. Kroppen er ikke av økonomisk interesse. Se for øvrig APPENDIX.

## **UTTAK AV STØRRE PRØVER**

Etter de kartleggingsarbeidene som er gjort av B. A. Sturt, D. M. Ramsay, I. Lindahl og A. Flaas ble det besluttet å gjennomføre en prøvetaking av de kroppene som kan ha økonomisk interessant kleber-talk omvandling. Prøvene ble innsamlet på senhøsten 2000. A. Flaas foresto denne prøvetakingen. Prøvene ble så båret fram til endepunktet på skogsveien oppover lia mot Fjellraudberget og deretter transportert videre med bil.

De tre mest lovende ultramafiske kroppene ble prøvetatt, dels med flere prøver fra samme kroppen. De tre prøvelokalitetene er:

- Kroppene ved Storbekken
- Kroppene hhv. ca. 100 og ca. 400 m nord for Kjøyttjern
- Kroppen 600 m østover langs skogsbilveien fra Kveeidet

Prøvene ble innsamlet for å bruke til testing av kvaliteten med henblikk på råstoff til kleber og talk. Denne prøvetakingen er en orienterende prøvetaking med hensikt å teste de viktigste parametrene for råstoffet som kan bestemme om det er grunnlag for et videre prosjektarbeid.

Prøver fra alle de tre områdene er forsøkt sagd for å studere sagde flater. Alle prøvene viser temmelig god kleber. En ennå mer detaljert vurdering bør gjøres etter kommende feltsesong som nevnt under avsnittet om Videre arbeid. Det samme gjelder en vurdering av reservene.

Fra Storbekken er prøver testet på hvithet etter nedmaling (2 prøver) og for innhold av fiber (asbest) (1 prøve). Se senere avsnitt og Tabellene 1 og 2.

Prøvene fra Kjøyttjern er undersøkt med hensyn testing av hvithet etter nedmaling (2 prøver). En sammenslått prøve fra begge kroppene nord for Kjøyttjern er testet for fiber. Resultatene er gitt i Tabellene 1 og 2. Se senere avsnitt for vurderinger.

Kleberprøven fra kroppen i veikanten 600 m øst for Kveeidet er senere testet på hvithet etter nedmaling (1 prøve) og for innhold av fiber (asbest) (1 prøve). Resultatene er framstilt i Tabellene 1 og 2. Se senere avsnitt for vurderinger.

## **TESTING AV KLEBERSTEINEN SOM BLOKKSTEIN**

Det er sagd og polert plater av prøvematerialet på Solberg Steinindustri i Sparbu. Alle prøvene viser temmelig god kleber. Steinen virker fast og fin med et nokså høyt innhold av karbonat. Kleberen er varierende i talkinnhold fra de forskjellige lokalitetene. Kleberen er lys og fin selv om vi hittil ikke har innhentet uttalelser om kvaliteten fra industrien.

Bryting av kleberstein krever betydelige arealer på utgående. Bredden av de omvandlede sonene bør være minst omkring 20 m blant annet for å unngå overfjell i et eventuelt brudd. En ennå mer detaljert vurdering av klebersteinens kvalitet bør gjøres etter at de beste områdene er kartlagt ut med forsikring at de utgående arealene eventuelt er store nok.

## **TESTING AV FIBER I KLEBEREN**

Tre prøver av kleber ble valgt ut for testing av fiber i bergarten. Beskrivelse av disse prøvene er gitt i Tabell 1. Prøvene ble sendt til SINTEF med Professor T. Myran som ansvarlig for undersøkelsene. Resultatet fra undersøkelsene er presentert i en egen rapport (Myran 2000).

Resultatet fra undersøkelsene viste at prøvene fra Storbekken og kroppene nord for Kjøyttjern har et fiberinnhold som er langt lavere enn det som er grenseverdiene som er satt for bearbeiding av slikt råstoff. Innhold av fiber er et uttrykk for de metamorfe prosesser bergarten har vært gjennom. Det betyr at resultatet fra ett prøvested i relativt sett små ultramafiske kroppar skulle tyde på at de metamorfe forholdene er de samme i hele kroppen og sannsynligvis i kroppar innenfor et og samme område. Råstoffet fra Storbekken og fra området nord for Kjøyttjern skulle dermed være egnet som råstoff for talk og kleberstein med hensyn til fiber eller asbest i råstoffet. Et forbehold må imidlertid tas dersom de omvandlede delene av kroppene er sonerte. I så fall kan deler av kleberen likevel ha et for høyt fiberinnhold.

Resultatet fra undersøkelsen av prøven fra kroppen langs skogsbilveien 600 m øst for krysset på Kveeidet viste et meget høyt innhold av fiber, langt over de satte grenseverdiene (Myran 2000). Det betyr at en må se bort fra utnyttelse av denne kroppen og kanskje også eventuelle andre kroppar i Kveeidet – Murubekken området.

## TESTING AV KJEMI OG HVITHET I FORMALT KLEBER

Det ble også valgt ut prøver for testing av kjemi og hvithet etter nedmaling. Oversikt over de prøvene som er testet er gitt i Tabell 2. Analysene ble utført av Norwegian Holding (Mathisen) etter deres standardmetode for nedmaling, analyse og hvithetsmåling. De utfører målingene etter samme metoden som brukes av den øvrige bergindustrien. Det er også samme analyseprosedyre som brukes for talk fra igangværende Altermark talkgruve.

Det ble rapportert tilbake at prøvematerialet var hardere enn råstoffet fra Altermark, og dette tyder på et høyere innhold av karbonater og eventuelt silikater i prøvene. Dette er ugunstig for prosessering av råstoffet, men kan samtidig være en fordel ved bruk som blokkstein. Det gir en stein med større mekanisk styrke. De kjemiske analysene av prøvematerialet støtter de samme antakelsene om et høyere innhold av karbonater og silikater.

Resultat av hvithetsmålingene viste at en direkte nedmaling av prøvene gir et produkt med for lav hvithet. Dette kan ha to årsaker. For det første er prøvene tatt nær overflaten og i denne typen bergarter kan prøvene være påvirket av overflateforvitring selv om det ikke kan ses med det blotte øye. Dels kan en imidlertid se forvitring av prøvematerialet ved at karbonatene blir svakt gul eller svakt brunlig. En annen mulighet for den lave hvitheten er at prøvene har for mye karbonater og silikater (amfibol og/eller kloritt) som reduserer hvitheten på produktet.

Ut fra hvithetsmålingene slik de foreligger kan ikke råstoffet brukes direkte som nedmalt produkt. Den prøvetakingen og den testingen som er gjort kan ikke sies å ha framskaffet noen endelig konklusjon på grunn av mistanke om overflateforvitring, selv om friskt materiale ble forsøkt framskaffet og at synlig forvitringshud ble fjernet hos Norwegian Talc AS før knusing.

De fleste talkråstoffene på markedet er floterte produkter. De undersøkelsene som er gjort sier ingenting om hvordan et flotasjonsprodukt av talk fra de enkelte forekomstene vil være. For å få et svar på dette må det gjennomføres uttak av en større frisk prøve og flotasjonsforsøk med derpå følgende hvithetsmåling på flotasjonsproduktet.

## VIDERE ARBEIDER

Generelt kan det sies at områdene med lovende kleberstein- og talkforekomster faller utenfor arbeidsgrensene for den vedtatte nye nasjonalparken i området Hartkjølen. De områdene med ultramafitter som i følge arbeidsgrensene blir liggende inne i parken er de i Hestkjøldalen. Grensen til parken går over Raudbergklumpen hvor også ultramafitten mot toppen av fjellet ikke er omvandlet til kleber. Dermed vil det ikke være noen hastesak med videre undersøkelse av kroppene innenfor arbeidsgrensen for parken.

Det er ofte slik at grenseområder for en nasjonalpark også blir ansett som vanskelig å gjøre inngrep i. Dette må ikke bli tilfelle for Storbekken-området som blir liggende kun 2-3 km fra den foreslåtte grensen til parken. Forekomsten kan være økonomisk interessant. Dette bør poengteres i den videre saksgang med hensyn til nasjonalparken.

De arbeidene som er gjort i Lierne i 1999 og 2000 viser altså at de aller fleste kroppene med ultramafiske bergarter som dunitt, peridotitt og pyroksenitt ikke er langt nok omvandlet til at

de kan anvendes som råstoff til talk og kleber. Kun to steder ser det ut til å være et potensiale for økonomisk utnyttelse. Det er området ved Storbekken og området nord for Kjøyttjern.

For å få gjort en endelig vurdering av mulighetene er det nødvendig med ytterligere undersøkelser. De videre undersøkelsene som må gjøres er en utvelgelse av soner som har en slik kvantitet og kvalitet at de kan tenkes utnyttet. De kvantitetene av talk/kleberstein man klarer å dokumentere vil sannsynligvis være en minst like kritisk faktor i dette tilfellet som steinens kvalitet. De så langt kartlagte/tolkede arealene av kleberstein er ikke meget store. Vanligvis er de undersøkte sonene smale og med relativt sett små arealer i utgående. Dette gjør at potensialet for stordrift på kleber er begrenset. Det største potensialet synes å ligge innenfor bruk av råstoffet ved Storbekken og nord for Kjøyttjern til flotasjonsråstoff for talkframstilling, eller dersom hvitheten er høy nok på helt uforvitret materiale, at det kan brukes direkte til formaling.

Det neste skritt i undersøkelsene bør være å velge hva slags soner som har det beste potensialet med hensyn til volum. Dette vil kreve en ytterligere detaljert undersøkelse med kartlegging, mer detaljert prøvetaking og råstoffkarakterisering. Neste skritt, dersom det første er positivt, vil være forsøk med flotasjon av større friske prøver. Neste skritt deretter vil være eventuelle diamantboringer med påfølgende kjemiske analyser og mengdeberegninger.

Ser en på beliggenheten så er forekomstområdet langt fra eksporthavn. Det er imidlertid ikke langt fra eksisterende skogsvei av god standard. Dette er en fordel. Det er ikke noe hytteområde eller spesielt friluftsområde akkurat der forekomstene ligger, noe som også er en fordel. Produktet som skal fraktes langt bør ha en tonnverdi som er høyest mulig. Det er derfor mest naturlig å se på muligheten av et flotert talkprodukt fra forekomsten. Likevel må en være klar over at kleberstein også fra andre forekomster som er i produksjon oftest må på bil som råblokk for å fraktes lange strekninger.

## LITTERATUR

Du Riez, T. 1935: Peridotites, serpentinites and soapstone of Northern Sweden, with special reference to some occurrences in Northern Jämtland. GFF 57, p 133-260.

Foslie, S. 1959: Berggrunnsgeologisk kart NORDLI, 1:100 000. Nor. geol. unders.

Myran, T.: 2000: Asbest i kleberstensmateriale. SINTEF Bergteknikk, Rapp. STF22 F00104 , 15 sider.

Nilsson, L. P., Sturt, B. A. & Ramsay, D. M. 1997: Ophiolitic ultramafites in the Folldal-Røros tract, and their Cr-(PGE) mineralisation. NGU-Bull. 433, p.10-11.

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 rapp. 99.114, 92 sider + kart.

Reinsbakken, A. og Fossen, H. 1988: MURUSJØEN, beggrunnskart 1923.1, 1:50 000, foreløpig utgave. Nor. geol. unders.

Roberts, D. 1997: Geologisk kart over Norge. Berggrunnsgeologisk kart GRONG, 1:250 000. Nor. geol. unders.

Sturt, B. A., Ramsay, D. M. & Bjerkgård, T. 1997: Revisions of the tectonostratigraphy of the Otta-Røros tract. NGU-Bull. 433, p.8-9.

Zachrisson, E. og Sjöstrand, T. 1990: Berggrunnskartan 22 E Frostviken SV – 22 D Portfjället SO. SGU Ser. Ai nr. 43.

## **Tabell 1: Prøver for analyse av fiber med resultater.**

### *Prøvebeskrivelse:*

Prøve 1: Sammenslått prøve for analyse:

2.7 kg fra Kjøyttjern kroppen 400 m nord for Kjøyttjern.

2.0 kg fra Kjøyttjern kroppen 100 m nord for Kjøyttjern.

Prøve 2: 1.5 kg fra Storbekken kroppen

Prøve 3: 3.3 kg fra omvandlet kropp 600 m øst for Kveidet, langs skogsbilvei.

### *Analyseresultater:*

Prøve 1: Fraksjon <0.045 mm : 0.062 vekt% asbestiforme fibre

Fraksjon 0.4-0.1 mm : 0.009 vekt% asbestiforme fibre

Prøve 2: Fraksjon <0.045 mm : 0.013 vekt% asbestiforme fibre

Fraksjon 0.4-0.1 mm : < 0.001 vekt% asbestiforme fibre

Prøve 3: Begge fraksjonene har store mengder fiber, sannsynligvis 15 – 20 %.

### *Grenseverdier:*

I Norge er grenseverdien satt til 0.1 vekt% fiber. Denne grensen er langt høyere enn de registrerte analysene for Prøvene 1 og 2. Se for øvrig Myran (2000).



## Tabell 2: Prøver for analyse av hvithet med resultater.

### Prøvebeskrivelse:

Prøve 1: Randsone av ultramafitten ved Storbekken i NV-kant av kroppen.

Prøve 2: Kjøyttjern i kropp ca. 400 m nord for Kjøyttjern.

Prøve 3: Lengste smale talkstone inne i Storbekken kroppen.

Prøve 4: Kjøyttjern i kropp ca. 400 m nord for Kjøyttjern.

Prøve 5: Kjøyttjern i kropp ca. 100 m nord for Kjøyttjern.

Prøve 6: Østligste kropp ved Storbekken like ved sti til hytte og nord for Seterbakkens begynnelse.

Prøve 7: Kropp 600 m øst for Kveeidet, langs skogsbilvei.

### Analyseresultater:

Parameter	Prøve nr.							Krav
	1	2	3	4	5	6	7	
Rx, % refleksjon	66.5	67.5	61.9	76.6	64.0	74.0	70.0	
Ry, % refleksjon	65.7	66.7	62.1	75.8	63.2	74.5	70.3	> 76.5
Rz, % refleksjon	61.3	60.7	61.2	70.5	55.0	71.1	63.4	
R457, % refleksjon	61.5	61.1	61.3	70.7	55.4	71.4	63.7	
Gul-verdi	8.2	10.57	1.22	8.26	15.3	4.48	9.88	< 3
Magnetitt %	ca. 1	0.5	ca. 4	0.5	0.5	0.5	0.5	< 5
Uopp. HCl, 1:3	52	68.3	83.9	97.1	69.3	54.2	95.6	55-65
Glødetap, % (1000 C)	23.8	18.3	10.5	5.2	17.4	23.5	5.5	< 25



Tegn. 1: Undersøkte ultramafitt kropper på kbl. Murusjøen – 1923.1, 1:50 000. De avmerkede kroppene omfatter dels omvandlet dunitt, peridotitt og pyroksenitt.



Tegn. 2: Undersøkt ultramafitt kropp på kbl. Limingen – 1924.2, 1:50 000  
 Kroppen på Raudberget består av serpentinisert dunitt.

## APPENDIX:

D. M. Ramsay and B. A. Sturt: Investigation of the Lierne district.

(Figs. in text and maps at the end of APPENDIX)

## INTRODUCTION

The general geology and setting of the Nordli area was described by Nilsson et al.(1999) and will not be repeated here. Efforts this year concentrated on a closer scrutiny of the sites thought to be most promising, e.g. Fjellraudberget, Kjøyta N and S, together with a study of the Storbekken area, which were identified last year but not studied in detail. In addition, several smaller ultramafic bodies in the area, e.g. Kjøyemyra, unnamed lake 713 and Kveeidet Bridge, are described together with Raudberget, a site north of Kvesjøen not previously visited.

Our investigations of structural relationships, on local and regional scales, rationalised the pattern of distribution and outcrop shape of the many small- and medium-sized bodies of ultramafic rock.

## STRUCTURAL AND TECTONOSTRATIGRAPHIC SETTING OF ULTRAMAFIC BODIES

In occurrences of ultramafic rocks in this area, are, at first sight, a perplexing swarm of small and large bodies, with outcrop shapes ranging from circular to ovoidal to rectangular. However, this pattern is not as random as it appears, and regional- and local-scale structural mapping reveals:

1. That clusters of separate bodies can be grouped into planar arrays, on the same general structural level.
2. The pod-like bodies on boudins of various shapes and sizes, ranging from equidimensional and sub-rectangular, circular, ellipsoidal to very inequidimensional and slab-like bodies (Fig. 1). Any one planar array represents a former ultramafic sheet disrupted by extensional strains, which operated parallel or sub-parallel to the sheet layering of the host rocks (Fig. 2), during an early phase of orogenic deformation, and prior to the later and most obvious folding. In extensional strain, separation of boudins may be extensive or small, depending on the rheology of the host rocks and levels of strain attained (Fig. 3).

The dimensions and shapes of the boudins are governed by:

- i layer thickness
- ii tensile strength of the competent layer
- iii stress levels
- iv contrast in ductility between the competent layer and the host rocks, i.e.  $\eta_1/\eta_2$ .

Commonly, in cross-section, the length to thickness ratio ranges from 1-6. The shape of individual boudins undergoes modification after formation, the amount of which is governed by the  $\eta_1/\eta_2$  ratio (Fig. 1). The lower the ductility contrast, the greater is the departure of the ultimate boudin shape from rectangular towards ellipsoidal or peanut-shaped (Fig. 1 e).

In three-dimensions, boudins are commonly cylindrical i.e. a series of parallel to sub-parallel rod-like or barrelshaped structures (Fig. 4a). However, many boudins do not exhibit this simple geometry. The extensional strains may operate in more than one direction, commonly greatest at 90° to the main splitting direction. As a result the larger segments in two directions creating equidimensional boudins rather than cylindrical rods. This has been termed chocolate-block structure (Fig. 4b) and creates individual blocks of varying size.

3. Later folding of the layering with boudins gives rise to the pattern of distribution seen in the Nordli district (Fig. 5).

In the rock sequence the ultramafic boudins represent resistant and competent inclusions which influence the attitude of the encompassing host rock in their immediate vicinity (Fig. 6). This is particularly the case when the rock sequence experienced later folding. This involved a compressive strain operating parallel to the layering, in contrast to that which generated the boudins. Thus boudins close up, and may interact with each other. In this new regime equidimensional or circular boudins may rotate like a ball, or rotate as a rigid strut if rectangular. Where they have a large long to short dimension ratio, they remain the competent larger which controls the form of small to medium-sized folds. In other situations closely-spaced boudins come together and one may be thrust over the other (Fig. 7a). Figs. 7 a-c summarise a number of potential scenarios, which may result from shortening a boudinaged sequence, some of which can be seen in the Nordli district.

### **Association of Talc with boudins**

Talc develops in ultramafic rocks as a result of the effects of hydrothermal activity in the course of metamorphism. Depending on temperature, chemistry of fluids and structural situation, different mineral assemblages will be produced, i.e. talc; talc + carbonate; talc + amphibole. In the vicinity of Fjellraudberget, talc-amphibole (asbestos) was observed in a number of situations.

Where deformation fabrics are produced in the ultramafite, i.e. schistosity, mylonite, fault-breccia, there is an enhanced potential for progression of the alteration process. Thus we found talc zones at the contact between boudin and host, reflecting the differential shear strain set up during extension. Talc formation proceeds inwards from the boudin surface, similar to common weathering in rocks. In the weak zones of boudins, a longer-parallel schistose fabric may become quite intense, due to ductile strains prior to rupture. Talc may be generated in this zone at this time or it may overgrow it at a later stage (Fig. 8).

Where later deformation creates faults, normal, wrench or thrust, with associated shear fabrics, then talc zones may result (Fig. 11).

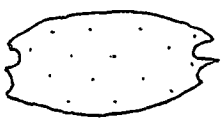
In the flattening strains attending boudinage formation the principal stress axis is normal to the layering, hence formation of boudins by failure on extension joints (Fig. 2) or shear fracture (Fig. 9). Tensile fractures normal to the layering may continue to form even when bulk extension is no longer sufficient to effect boudin separation. These joints can provide pathways for hydrothermal ingress. The steeply inclined veins, so formed, may have sharp boundaries (Fig. 10) or be highly fritted (Fig. 10), reflecting irregular penetration of the reaction into the wall rock. When increased lateral penetration occurs the steep margin of the zone may gradually spread along the schistosity (Fig. 10).



a.



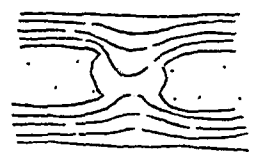
b.



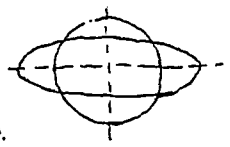
c.



d.



a.



b.

Fig. 2

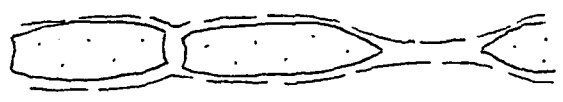
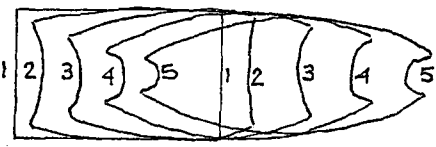
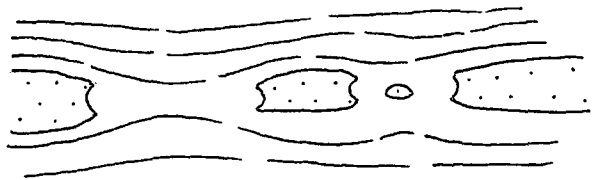


Fig. 3

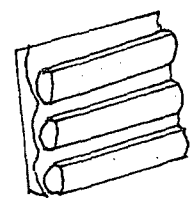


e.

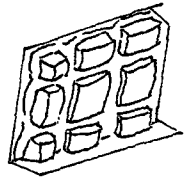


f.

Fig. 1



a.



b.

Fig. 4

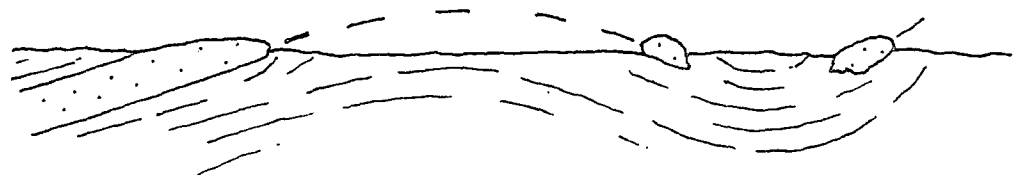


Fig. 5

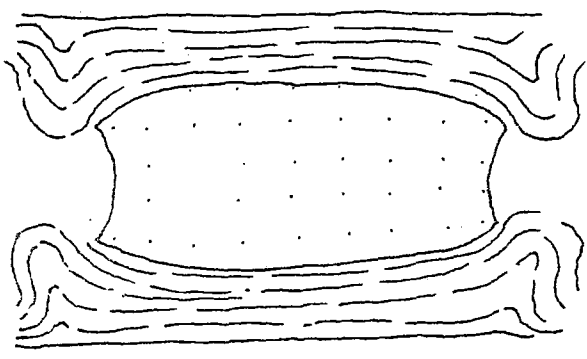


Fig. 6

Figs. 1 - 6.

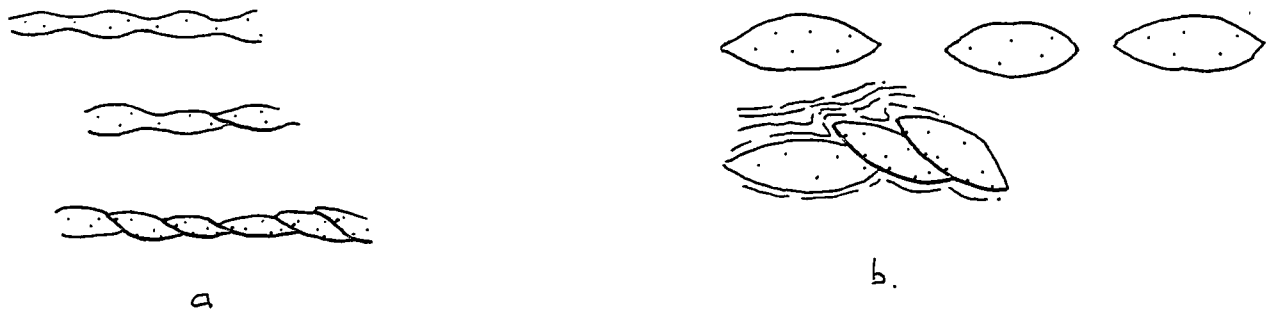


Fig. 7

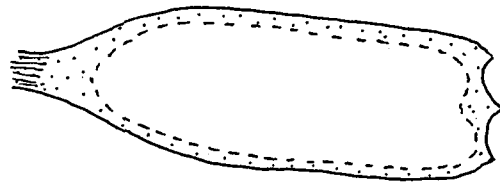


Fig. 8

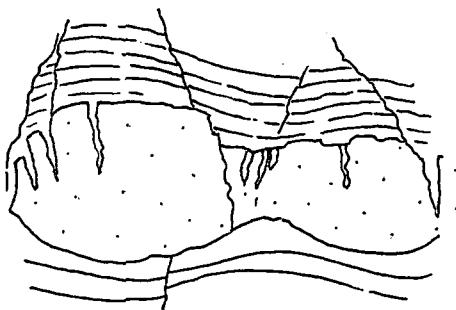


Fig. 9

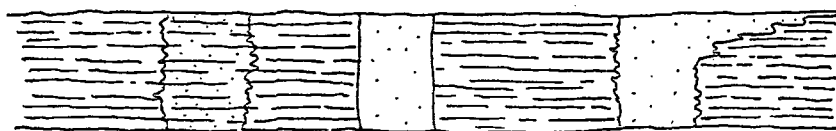


Fig. 10

Figs. 7 - 10.



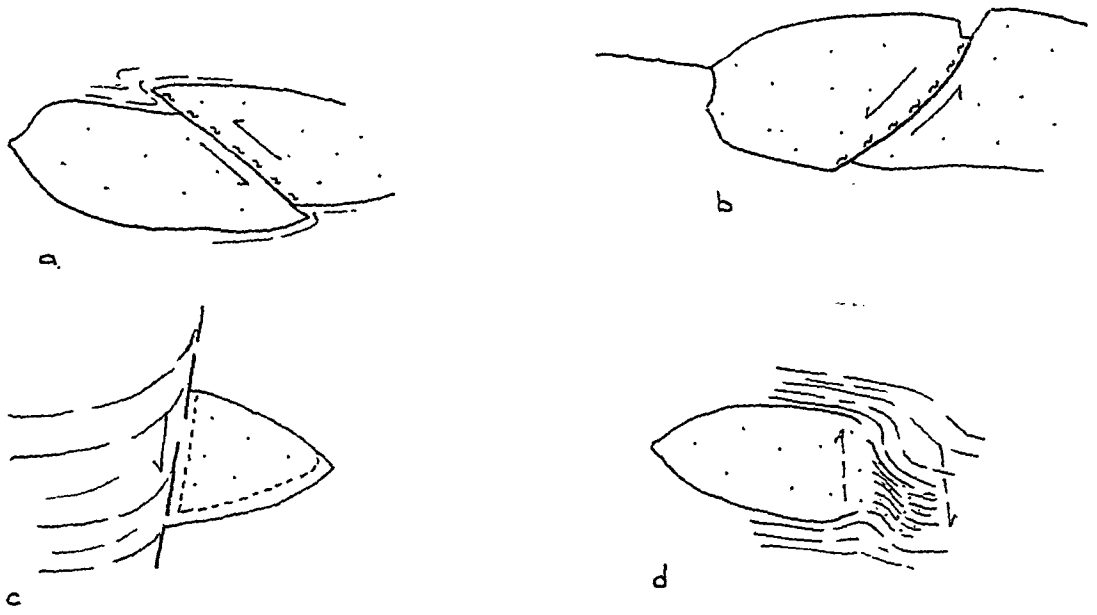


Fig. 11

## Legend for Figures 1 – 11.

Fig. 1. a - e) Change in boudin shape and spacing, with decreasing viscosity contrast ( $\eta_1/\eta_2$ ), between a competent band and host rocks. d) Structure involving no physical separation is termed pinch and swell. e) Another representation of boudin shape with decrease in  $\eta_1/\eta_2$  from 1-6 f) Variation in spacing and size of boudins.

Fig. 2. Response of rock to extension strains. b) Representation of these strains by distortion of a circle into an ellipse.

Fig. 3. Morphology of boudins and neck zones.

Fig. 4. a) Cylindrical boudins. b) Chocolate block structure.

Fig. 5. Folding of layers with boudins causing the widespread distribution of blocks across the area.

Fig.6. Effect of boudinage on the immediately adjacent host rocks.

Fig. 7. a-c) Closing-up of boudins due to later, layer-parallel compression. Heavy lines with ticks indicate break thrusts. a) A sequence of events from an initial state of pinch and swell by closing-up of the swell segments. c) A complex pattern of attitudes in situations when  $\eta_1/\eta_2$  high.

Fig. 8. Typical boudin form and the common sites of higher strain and talc development.

Fig. 9. Roll of shear fractures in creation of boudin necks.

Fig. 10. Talc veins with frittedd and sharp margins. In the right hand example the alteration is spreading along foliation from the vein.

Fig. 11. Effects of later deformation on individual boudins. a) thrusting, b) normal fault, restricted to boudin. c) normal fault affecting boudin and host rocks. d) normal faulting focussed on the foliated fabric of the neck zone. Small wavy lines represents mylonitic fabric.

## ULTRAMAFIC BODIES STUDIED

Last year (Nilsson et al. 1999, NGU Report 99.114) we (Sturt & Ramsay) emphasized location of the metamorphic bodies at the level of the Seve-Köli junction, as it is at Raudberget and elsewhere in the Trondheim region. In the course of further work it has become apparent that, in addition to this structural setting, there are several levels of ultramafic rocks located within the Seve sequence. These are thought to reflect the slicing up of Seve and ophiolite cover at an early stage in orogenic deformation, when the cratonic margin of Baltica was being forced down the early Ordovician subduction zone. Gravitational influences responded to the buoyancy instability by slicing up the downgoing plate and ejecting segments, in the form of a series of thrust slabs of Seve and ophiolite. Thus we now have in Jämtland and adjacent Norway a tectonostratigraphic repetition of these members. This all occurred prior to the Lower Ordovician unconformity. This explains, not only the several levels of ultramafic rock, but also the presence of eclogitic facies (high pressure) metamorphism, in the Seve rocks in Jämtland.

The largest bodies of ultramafite occur to the north of Nordli, in Sweden. In the Nordli district the pattern is one of numerous small to medium-sized boudins. In the Fjellraudberget area the largest body occurs to the north of Storbekken (Map 2).

### Storbekken

Map 1 shows the distribution of three closely associated bodies, one large and two much smaller, some 2 km W of Fjellraudberget (See Map 1 and 2). Last year this development was held to show promise and erected further investigation. It was suggested that the lack of positive topographic expression might be the result of considerable lateration, possible to talc. This hypothesis we can now discount. The predominant rocks are serpentinised dunite and pyroxenite.

The largest body is typically well exposed, with a surface sloping gently northwestwards, and scarred by a number of deeply incised gullies running down-slope. Towards the NW margin there is a decided dip, beyond which the ground falls rapidly in series of steps. Sited in the floor of a U-valley, between Raudfjellberget and Raudbergklumpen, this topography has a typical "roche moutonnée" aspect.

In plan this body measures 400 x 300 m. The slablike sheet dips northwestwards at ca. 20°, concordant with the host rocks of Seve type. Along the northern and southern margins, the contact with the host rocks is steep and may even be quite discordant, indicative of differential slip during the necking process of boudin formation (Fig. 9). These margins represent the limits of the boudin in a N-S direction. It is not possible to be so certain of the extension of the boudin down dip, i.e. northwestwards. If this body has chocolate block form the ultramafic rock may end abruptly, a short distance beyond the outcrop limit.

A number of talc-bearing zones were observed and numbered 1-7 (Map 2). Most of these occur within the outcrop of the boudin and have a steep to vertical attitude. Only 1 (No. 3) is located on the margin of the boudin.

### **Zone 1**

In this part of the mass the dunite is strongly foliated. The talc zone occurs in a 10 m wide, sub-vertical band, cutting the foliation of the host at high angles. The margins of this vein vary from sharp to highly frilled (Fig. 10). This zone can be followed for 90 m before pinching out. Towards its western termination the northern margin gradually penetrates northwards and becomes sub-parallel to the foliation (cf. Fig. 10). Megascopically, this zone appears to consist of good quality talc.

### **Zone 2**

This is a thin talc zone sub-parallel to the foliation and ca. 1 m thick.

### **Zone 3**

This zone is located on the sub-vertical, northern wall of a slot-like gully, some 8-10 m wide. On the gully wall a skin of talc coats the dunite, but at the western end of its outcrop extends northwards parallel to the foliation, forming a cap on the surface, 2 m thick (cf. zone 1). Marked veins were observed containing coarse talc crystals.

### **Zone 4**

The northern margin of the body is marked by a steep to vertical wall and a prominent gully extending almost the whole length of the body. Along this margin the talc zone is parallel to the surface and inclined northwards at 75°. Near the eastern end, the zone displays good talc, some 10-15 m wide. Northwestwards the visible zone reduces to a skin on good, serpentinised dunite, but locally widens to 10-12 m.

### **Zone 5**

This zone can be traced for 300 m. Only at the northwestern end can both margins be seen, where it crosses the tip of a small scarp face. Here the zone is ca. 15 m wide and composed of good quality talc. Traced southeastwards the zone is only exposed as a skin on the dunite, while the main zone underlies marshy ground. It is impossible to say from surface-examination, exactly what the dimensions of this zone really are.

### **Zone 6**

In the face of a steep step in the topographic profile, there is a conspicuous band of talc up to 12 m thick, traceable laterally for 70 m. At both ends and along its western margin this passes into marshy ground. The scarp face is up to 5 m high. The steep attitude of the zone vis-à-vis the foliation in the ultramafic host is similar to that of zone 1. From a megascopic point of view, this zone appeared to have good quality talc, although the bulk composition is talc-carbonate.

### **Zone 7**

20 m northwest of the scarp face of zone 6, and across marshy ground, a prominent rocky knoll of oval plan (40 x 20 m) develop a good kleber, with local shows of coarse crystals of talc. This 6 – 8 m high knoll is one of the more prominent talc developments. No trace of a dunite core was observed.

In a gully trending ENE-WSW from the base of the northwestern face of the knoll, there is a zone of reasonable kleber, exposed intermittently, in contact with the ultrabasic host. Most of this zone is observed in the boggy base of the gully, but it extends laterally for ca. 70 m.

### **Subsidiary bodies of Storbekken**

The two other ultramafic bodies in this group of three (Map 2), represent separate smaller boudins on the same structural level as the main one (cf. the situation depicted in Fig. 3). The first of these numbered 8 on Map 1, is sited 20 – 30 m east of the northwestern limits of the main Storbekken body. This is a conspicuous small knoll (60 – 30 m) with steep western, north and eastern margins. The northern half of the body is composed of serpentinised dunite, while the southern half is kleber.

The third body (No. 9) forms a prominent, elongate and oval-shaped ridge (Map 2) some 130 m northeast of the main Storbekken mass. The ridge measures 200 x 60 m, with a maximum elevation of 8 – 10 m. The eastern third is a treeless, semi-circular knoll at the highest point of the ridge. And around this hill good kleber can be seen. At the southeastern end the ground falls sharply into marsh. At the location marked x, a small vertical cliff preserves evidence of previous investigation, in the form of 4 horizontal bore holes, 5 – 9 cm in depth and aligned vertically. These revealed what appeared to be good kleber, and it was suggested to I. Lindahl that sample blocks be collected from here.

Towards the summit of this knoll the quality of kleber drops and patches of dunite show through, suggesting that this part of the boudin still preserves a core of unaltered ultrabasic rock.

The remainder of this ridge falls gently and northwestwards, towards the stream. Outcrop in this part of the ridge is sparse and confined to the northwestern slopes, where a few small occurrences of kleber and one of dunite were observed. The surface of this part of the ridge is covered with a conspicuous assemblage of huge, angular blocks of kleber, up to 1 m<sup>3</sup> in size, suggesting that a significant proportion of the solid geology is similar to that of the eastern end of the ridge.

## **General observations**

At several locations across the Storbekken body the zones form skins of varying thickness on the steep to vertical walls of flat-bottomed gullies, some of which can be 10 m more in width. It is quite possible that the main part of the talc zones underly the marsh in the gullies. Indeed, the siting of the gullies may be controlled by the presence of easily eroded talc.

## **Fjellraudberget area**

Another sizeable group of ultramafics is clustered in the vicinity of Fjellraudberget. This development falls into two groups separated by an open, poorly exposed valley. Last year (Nilsson et al 1999), this was thought to be fault-controlled, but no definite evidence was found to confirm this. In the lower, eastern slopes of the valley the sub-ophiolite metasediments outcrop. For description the developments west of the valley were called Køyta S. and those to the east Fjellraudberget.

## **Fjellraudberget**

The cliff-bounded and bare crag of Fjellraudberget is the most conspicuous massif in the area, and is primarily composed of ultramafic rock. The main crag is disposed in three boudins, two large and one small, overlapping each other in shingle fashion. This was the response to layer-parallel shortening, during the later folding. Each boudin has an ellipsoidal to peanut-shaped form. The western body is structurally the lowest of the group. The middle and largest boudin forms the summit of Raudfjellberget. While this is primarily serpentinised dunite, it is underlain, in the west, by a thin seam of gabbro. This body overrocks the western one on a small break-thrust (cf. Fig. 7), attended by a thin zone of mylonitised gabbro, 1 – 2 m thick, and 0.5 – 1 m mylonitic serpentine. The thrust cuts not only the lower boudin, but also some of the host metasediments (Maps 1 and 2). For several metres below the thrust these metasediments also develop a ductile mylonitic fabric. The easternmost body is a much smaller, flake-like body (85 x 50m), separated from the middle boudin by a thin septum of the host metasediments.

It is in the westernmost body that a good quality talc zone was reported last year, in the helicopter survey and by Sturt and Ramsay. As it transpires this is the only significant development on Fjellraudberget. In our rapid examination of last year we concluded that this talc zone occurred in a recumbent Z-fold, but more detailed study revealed that it formed the upper surface and in the pinched neck zone of the lensoid boudin it is truncated by the break-thrust. This talc zone has a maximum thickness of 10 m over an area of 30 x 30 m. This year we observed the presence of megascopic amphibole at several points in the zone. The limited size and possible questions over quality (i.e. amphibole) suggest that interest in this occurrence has diminished, from the expectations of last year.

## **Kjøyta S.**

The main Kjøyta S. ultramafic level has a roughly square outcrop (150 x 150 m). Most of the development is pyroxenite and gabbro schist, with three separate boudins of serpentinitised dunite. The northern and largest dunitic mass revealed only thin streaks of talc. The base of this body is exposed at the foot of the steep, northern slopes, where 50-cm of fissile serpentinite was noted, with some conspicuous overgrowth of the fabric by large biotites.

The most easterly boudin was studied last October and sawn blocks collected, so no further work was done by us this year. This boudin lies on the eastern limb of a moderately tight, later antiform with WNW-ESE axial trend. On the western limb, dunite appears again in the small, upstanding E-W ridge, as described last year. This block is a void boudin (80 x 30 m) with principal symmetry plane near vertical and with an E-W trend. This develops a skin of talc all the way round the contact surface, ranging from few cm on the southern margin to 10-14 m on the northern flank. In the pinched neck zones, extensional strains created a strong foliation, overprinted by talc formation. Close scrutiny, this year, clearly revealed the presence of radiating asbestiform amphibole.

## **Tarn / SE Kjøyta summit**

On the northern shore of the small tarn 80 m SE of Kjøyta summit and features on Fig. 28 of Rep. 99.114 (Nilsson et al 1999), there is a small development of talc, with the form of a boudin barrel of oval cross-section. This development, although apparently good talc is too small to be significant, and also contains amphibole.

## **Kjøyta summit**

Just east of the trigonometric point on Kjøyta a small, near equidimensional boudin (10 x 4 m) is exposed in a small northfacing cliff. This revealed no significant talc, but it did, however, contribute to understanding of the morphology and development of the isolated ultramafic boudins. The Western neck zone develops a highly fissile foliation, whose pattern of deflection is indicative of incipient normal faulting (cf. Fig. 11).

## **Kjøyttjern**

To the north of Kjøyttjern a prominent knoll is formed by a largely serpentinitised dunite mass. This extends westwards, as a ridge, to just north of the lake. This northward dipping boudin occupies a similar structural level to the Fjellraudberget complex and probably Storbekken. The northern half of the mass is unaltered ultramafite, but along the southern margin a prominent zone of talc is developed. Viewed from the talc, this zone makes a conspicuous band, up to 20 m thick, running diagonally uphill. Midway between the summit and the later massive talc is developed. This has been recommended for sampling.

## **Kjøytmyra**

The Kjøytmyra occurrence (No. 10 on Map 2) is a small half-boudin (50 x 30 m), located on the northern bank of Storbekken. The body is terminated abruptly on its western margin by a normal fault. Talc development was confined to a zone 1-2 m thick adjacent to the N-S fault, and a gently inclined zone 2-4-m thick, close to the lower margin of the boudin.

## **Lake 713**

To the NW and SW of lake 713 (Map 2), 450 m S of locality 10, two small bodies of ultramafic rock occur. The one to the NW of the lake, although small, forms a very conspicuous topographic feature, clearly visible from a distance. These occurrences were essentially barren with respect to talc.

## **Summary**

For this whole district, while a number of talc / kleber developments occur, there are no major deposits. Viewed separately:

Storbekken, zones 6 and 7, at the NW end show the greatest promise, but the dimensions indicate they will always be small.

Storbekken extension (No. 9). On the basis of preliminary field investigation this development appears to hold out the greatest hope, subject to proving volume and quality.

Fjellraudberget. Talc development is quite small and the role of amphibole on quality on unknown quantity.

Kjøyta S. Apart from the eastern boudin, which is relatively small, the other occurrences hold out no great promise.

Kjøyttjern. This zone has same possibilities, based on quality, but it would only have credibility as a secondary development.



## **OTHER ULTRAMAFIC BODIES**

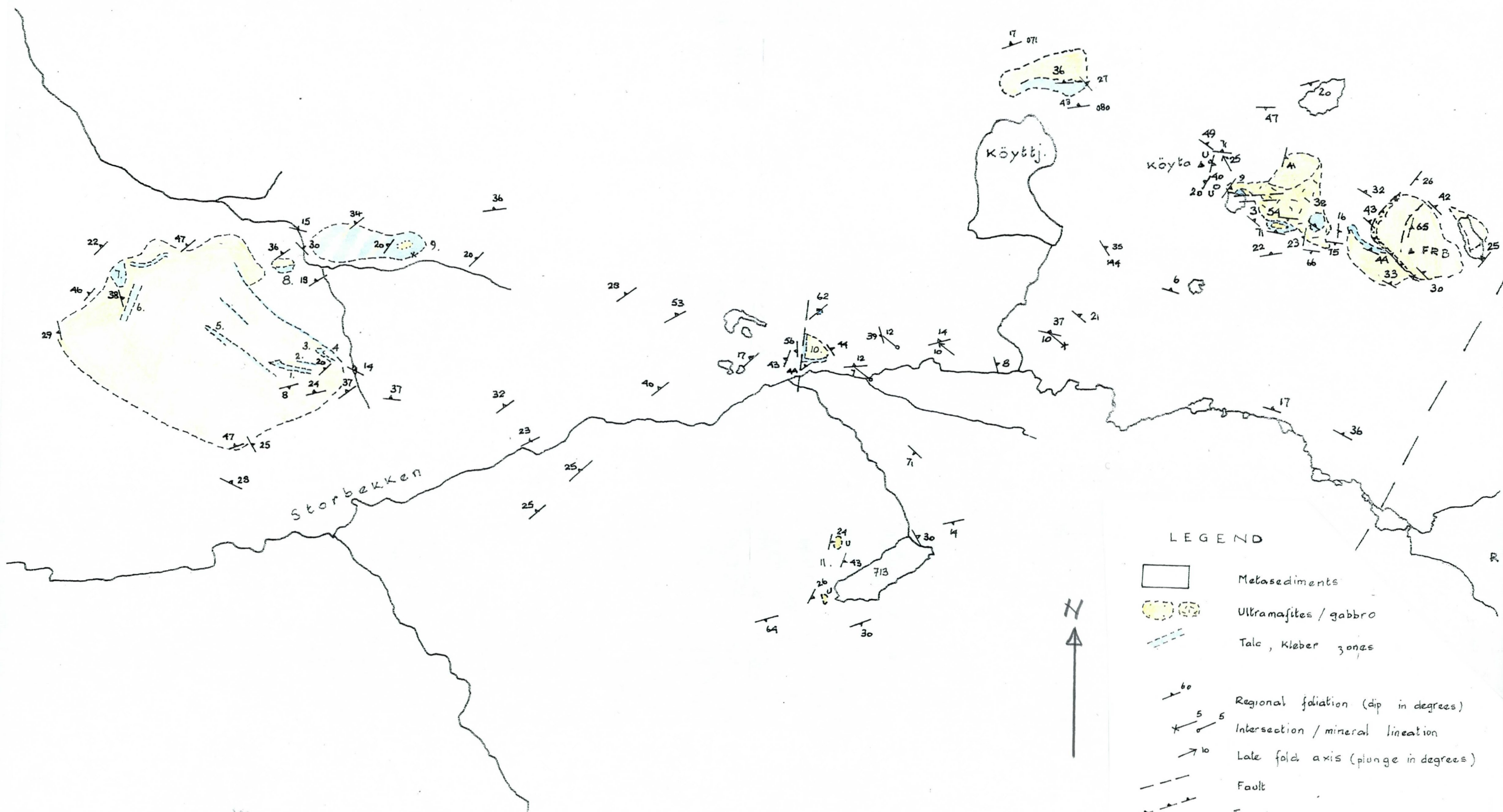
### **Kveeidet bridge**

A small body (80 x 30 m) of talc-carbonate, located 600 m E of Kveeidet Bridge was described last year, with recommendation for follow-up study. We made a brief examination this year, and we have to report that, although superficially the mass appears to be not completely altered, there were patches on the surface where dunite rock were showing through. This could be indicative of an unaltered core, with talc confined to an outer zone. Confirmation will require boring or saw cutting.

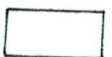
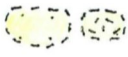

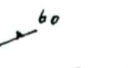
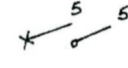



### **Raudberget**

Raudberget (not on enclosed maps), 1.5 km N of Kvesjøen, is a prominent E-W rock ridge (450 x 200 m) which dominates the landscape, when viewed from the south. This body of serpentinised dunite is unique in the Nordli district, in being the only one located entirely within the outcrop the Køli sequence.

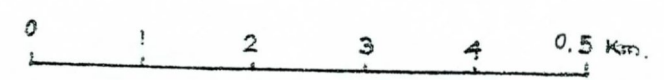
At the base of the slab the ultramafite displayed a zone (0.5 – 2 m) of fossiliferous, mylonitic serpentine. Only one thin development of kleber was identified in a N-S zone, in the western part of the slab. Old saw-blades testified to this being known, and people cutting small blocks. Poor exposure did not permit any estimate of dimensions and it was our opinion that it would not be of any commercial interest.

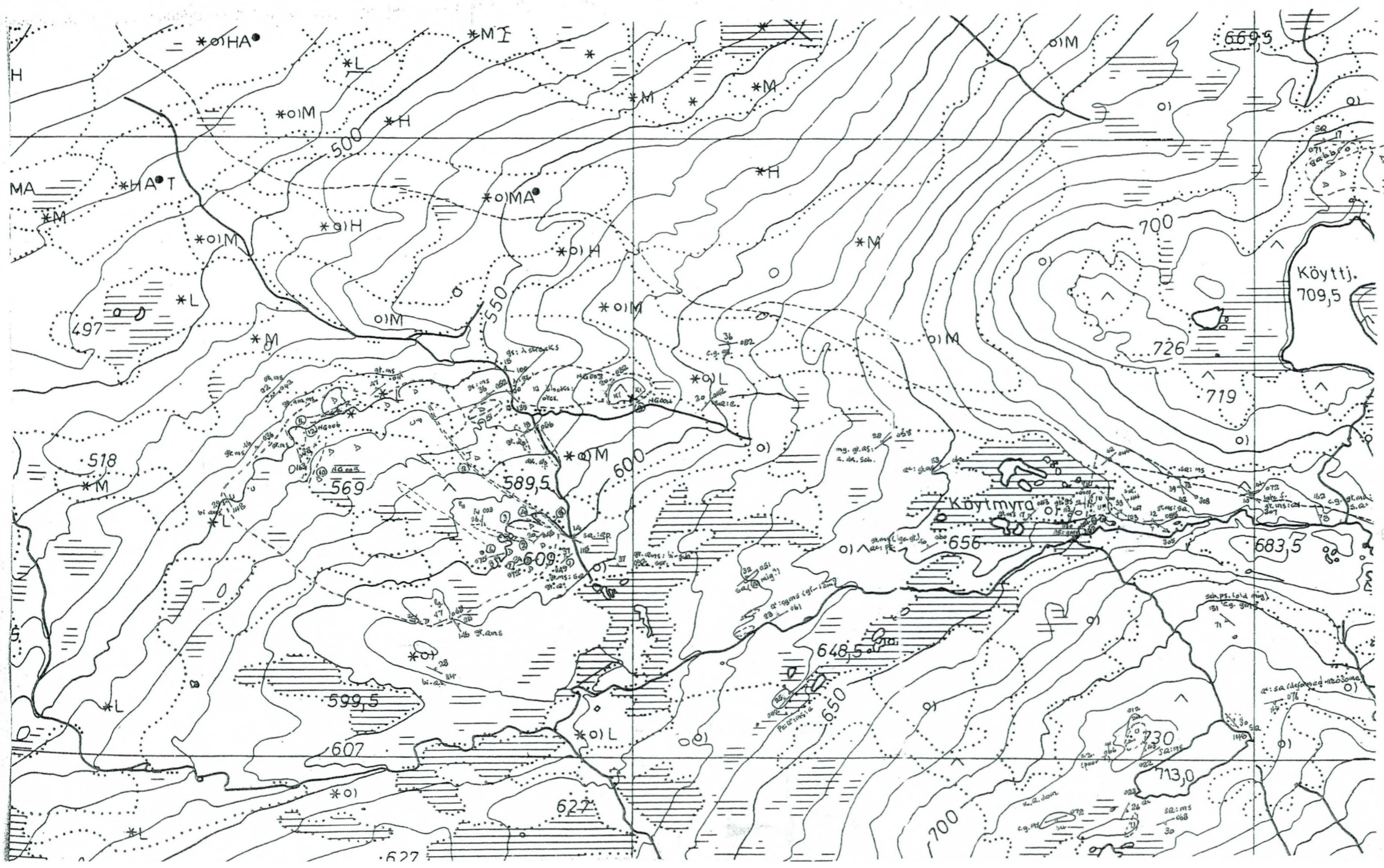


LEGEND

-  Metasediments
-  Ultramafites / gabbro
-  Talc, Kleber zones
-  Regional foliation (dip in degrees)
-  Intersection / mineral lineation
-  Late fold axis (plunge in degrees)
-  Fault
-  Thrust

FRB Fjellraudberget





- LEGEND :
- bi qms biotite quartz mica schist
  - D Donite
  - dp dark phyllite
  - dk dp dark quartz phyllite
  - a amphibolite
  - gt.ms. garnet mica schist
  - gt.qz garnet quartzite
  - gs (c.g.) gabbroschiefer (coarse-grained)
  - py pyroxenite
  - ps psammite
  - qt quartzite
  - sq schistose quartzite
  - st meta-sandstone
  - T Tala
  - K Kleber

