

NGU Rapport 99.059

Kartlegging av larvikitt mellom Sandefjord og
Porsgrunn

Rapport nr.: 99.059		ISSN 0800-3416	Gradering: ÅPEN	
Tittel: Kartlegging av larvikitt mellom Sandefjord og Porsgrunn				
Forfatter: Tom Heldal, Idunn Kjølle, Les P. Beard, Christian Tegner & Rolf Lynum		Oppdragsgiver: Vestfold Fylkeskommune, Larvik kommune, Porsgrunn kommune		
Fylke: Vestfold, Telemark		Kommune: Larvik, Porsgrunn, Sandefjord		
Kartblad (M=1:250.000) Oslo, Skien		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1712-1, 1713-2, 1812-4, 1813-3		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 68	Pris: kr. 374.-	
Feltarbeid utført: 1997-1998		Rapportdato: 01.07.1999	Prosjektnr.: 274800	Ansvarlig: <i>Arne Bjørloyle</i>
Sammendrag: <p>Regionale undersøkelser av larvikittforekomster mellom Sandefjord og Porsgrunn har blitt utført 1997 – 1999. Undersøkelsene har omfattet typekartlegging av larvikitt i felt, geofysiske målinger fra helikopter (magnetiske og radiometriske egenskaper samt VLF-målinger), tolkning av sprekke- og forkastningssoner samt undersøkelser av problemstillinger knyttet til omvandling av larvikittene.</p> <p>De ulike data er samtolket og sammenstilt i et geologisk kart. Totalt er 14 typer larvikitt kartlagt, vesentlig på basis i larvikittenes variasjoner i farge og tekstur. I rapporten vises utstrekningen til de ulike larvikittypene, og det gis en vurdering av reservegrunlaget for de ulike typene. Videre beskrives også hvordan oppsprekning og omvandling fordeler seg i området, og det gis til slutt en kortfattet oppsummering av hvilke aspekter som er av stor betydning i prospektering etter larvikittforekomster.</p>				
Emneord: Naturstein		Bygningsstein		Larvikitt
Fagrapport		Mineralressurser		

INNHOOLD

1.	INNLEDNING	6
1.1	Bakgrunn for prosjektet.....	6
1.2	Annet geologisk arbeid i larvikittene	7
1.3	Gjennomføring og metoder	8
1.4	Resultater.....	8
2.	GEOFYSISKE MÅLINGER	11
2.1	Generelt	11
2.2	Magnetisk kart over larvikittene	11
2.3	Strålingskart	12
2.4	VLF-kart.....	13
2.5	Magnetiske susceptibilitetsmålinger i felt.....	13
3.	LARVIKITTYPER I DET UNDERSØKTE OMRÅDET.....	18
3.1	Larvikittenes interne variasjoner og struktur	18
3.1.1	Larvikittkompleksets oppbygging.....	18
3.1.2	Mineralogi	20
3.1.3	Tekstur og struktur	20
3.1.4	Farge.....	21
3.1.5	Fargespill.....	25
3.1.6	Pegmatitter og gangbergarter	25
3.1.7	Forekomstenes geometri	27
3.1.8	Inndeling i soner og undertyper	27
3.2	Kjerringvik-Sandefjord sonen	28
3.2.1	Utstrekning og hovedtrekk.....	28
3.2.2	Type 1: lys grå larvikitt med svakt fargespill.....	28
3.3	Rekkevik-Jåberg-sonen	28
3.3.1	Utstrekning og hovedtrekk.....	28
3.3.2	Type 2: Lys, grov larvikitt rik på mørke mineraler.....	29
3.3.3	Type 3: Mørk, middelskornet larvikitt med blått fargespill (Bergan-type).....	29
3.3.4	Type 4: Mørk grå, grov larvikitt med kraftig fargespill (Klåstad-type).....	30
3.3.5	Type 5: Lys grå, grov larvikitt med blått fargespill (Stålaker-type)	31
3.4	Helgeroa-Stavern-sonen	31
3.4.1	Utstrekning og hovedtrekk.....	31
3.5	Larvik-Porsgrunns-sonen	32
3.5.1	Utstrekning og hovedtrekk.....	32
3.5.2	Type 6: Lys grå larvikitt med moderat til svakt fargespill.....	32
3.5.3	Type 7: Lys grå, grov larvikitt med spredt, blått fargespill.....	33
3.5.4	Type 8: Lys grå larvikitt med moderat til sterkt, blått fargespill	33
3.6	Tvedalen-sonen	34
3.6.1	Utstrekning og hovedtrekk.....	34
3.6.2	Type 9: Grå larvikitt med sterkt, blått fargespill (Tvedalen-type) med østlig overgang mot svakere fargespill	34

3.7	Malerød-sonen.....	35
3.7.1	Utstrekning og hovedtrekk.....	35
3.7.2	Type 10: Lys grå, grov larvikitt med sterkt, blått fargespill	35
3.8	Kjose-Holmen-sonen.....	36
3.8.1	Utstrekning og hovedtrekk.....	36
3.8.2	Type 11: Stålgrå larvikitt med svakt fargespill	36
3.8.3	Type 12: Mørk grå larvikitt med sterkt, blått fargespill.....	36
3.9	Larvikittenes vestlige grensesone.....	37
3.9.1	Type 13: Lys grå larvikitt med blått fargespill, vekslende.....	37
3.10	Finkornet og porfyrisk larvikitt - grensesoner.....	37
4.	OMVANDLING AV LARVIKITTENE OG IMPLIKASJONER FOR DRIFT	38
4.1	Omvandling som mekanisme	38
4.2	Blekete partier – serisittisering.....	38
4.3	Grønne partier	38
4.4	Rød omvandling.....	39
4.5	Omvandlingens opptreden og betydning for blokkdrift.....	39
5.	SPREKKER OG FORKASTNINGER	44
5.1	Oppsprekning som mekanisme	44
5.2	Store forkastninger	45
5.3	Skjærsoner.....	46
5.4	Mindre sprekke- og forkastningssoner.....	46
5.5	Åpen kløv	47
5.6	Sprekkes opptreden og sammenhenger	48
6.	KONKLUSJONER	54
6.1	Reservegrunnlaget.....	54
6.2	Reserver av kjente kommersielle larvikittyper.....	54
	Tvedalen-type.....	54
	Malerød-type	55
	Bergan-type	55
	Klåstadtype.....	55
	Stålaker-type.....	55
6.3	Forekomster av andre larvikittyper	56
6.4	Larvikittyper av antatt ingen økonomisk verdi	56
6.5	Anbefalinger.....	57
6.6	Viktige aspekter innen forekomstundersøkelser	57
7.	REFERANSER	59
8.	PLANSJER.....	60

FIGURER

		Side
Figur 1	Geologisk oversiktskart over larvikittyper	7
Figur 2	Magnetisk totalfelt	14
Figur 3	Total stråling	15
Figur 4	Stråling thorium	16
Figur 5	VLf-kart	17
Figur 6	Geologisk kart over larvikittyper	19
Figur 7	Mikroskopbilder av larvikitt	22
Figur 8	Larvikittenes struktur og tekstur (bilder)	23
Figur 9	Strukturkart	24
Figur 10	Pegmatitter og ganger (bilder)	26
Figur 11	Omvandling (bilder)	41
Figur 12	Bleking – bilder av polerte prøver	42
Figur 13	Bleking – mikroskopbilder	43
Figur 14	Regional topografimodell	44
Figur 15	Detaljert topografimodell 1	45
Figur 16	Detaljert topografimodell 2	46
Figur 17	Detaljert topografimodell 3	47
Figur 18	Oppsprekning (bilder)	48

PLANSJER

Plansje 1 – 7	Bilder av polerte typeprøver av larvikitt	60
---------------	---	----

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn for prosjektet

Larvikittforekomstene har vært utnyttet til blokkstein i mer enn 100 år. Bergartens unike karakter gjør den til en av verdens mest attraktive natursteinstyper, og det er stor sannsynlighet at forekomsten er unik på verdensbasis.

Ca. 20 brudd opererer i området, og eksporterer årlig blokker for mer enn 400 millioner kroner. Samlet utgjør altså larvikittdriften Norges viktigste bergverk. Samtidig er det et faktum at detaljeringsgraden i tidligere utført geologisk kartlegging er langt ifra tilfredsstillende, og lite tilpasset de behov næringen har. Man kan trygt si at i forhold til økonomisk betydning er larvikittforekomstene de minst undersøkte i Norge.

Forberedelsene til prosjektet "Kartlegging av larvikittforekomster" startet i 1996, og det ble holdt flere forberedende møter der NGU, de to fylkeskommunene, berørte kommuner og representanter for steinindustrien deltok. Tidlig 1997 ble det besluttet å starte opp prosjektet med finansiering fra NGU, Vestfold fylkeskommune, Larvik kommune og Porsgrunn kommune. Prosjektets totalramme var budsjettert til 1,3 millioner kroner, hvorav 550 000 ble skaffet til veie fra våre eksterne samarbeidspartnere fordelt på 2 år. Oppstart var sommeren 1997 og beregnet avslutning i løpet av første kvartal 1999.

Samarbeidet var tuftet på følgende hovedmålsetning:

Fremstille geologiske kartverk over larvikittforekomster i Vestfold og deler av Telemark egnet for planlegging og forvaltning av fremtidig blokksteinsdrift. Prosjektet skal bidra til å løse nåværende og fremtidige konflikter knyttet til utnyttelse av larvikittforekomstene. Prosjektet skal munne ut i ressurskart med f.eks. inndeling i type larvikitt og i områder med «sikre fremtidige reserver», «mulige fremtidige reserver» og «ikke drivverdige ressurser».

I tillegg ble følgende delmål spesifisert:

- *Utvikle egnete geologiske kart over larvikittyper i området, med spesiell vektlegging av typer med utpreget fargespill*
- *Utvikle kart/modeller over oppsprekning og forkastninger i området og relatere dette til områders egnethet til fremtidig drift*

1.3 Gjennomføring og metoder

Feltarbeid ble gjennomført somrene 1997 og 1998. Dette omfattet kartlegging av atskillbare larvikittyper, innsamling av prøver, samt registrering av brudd og lokaliteter for fremstilling av en lokalitetsdatabase. I tillegg til egen prøvetaking har en typeprøvesamling blitt utlånt av konsulent Reid Kvien. Det er fremstilt digitale bilder av samlingen som er vedlagt rapporten (plansje 1-7).

Det er videre foretatt en vurdering av sprekke- og forkastningssystemer. Dette er dels tolket ut ifra digitale terrengmodeller og flyfoto og dels fra feltarbeidet.

I tillegg til den geologiske kartleggingen ble det i 1997 utført geofysiske helikoptermålinger i en korridor øst for Larvik by (Mogaard 1998). Hensikten med dette var å teste hvorvidt geofysiske metoder var egnet til å påvise interne variasjoner i larvikittkomplekset. Forsøket var vellykket, og høsten 1998 ble slike målinger foretatt over store deler av prosjektområdet (Beard 1999). Dette representerte en betydelig utvidelse av prosjektet fra NGUs side. Utvidelsen har også medført en utvidelse av arbeidet med bearbeiding og sammenstilling av data, og vi har derfor måttet utsette rapportering med tre måneder i forhold til den opprinnelige planen.

Under etterarbeidet er resultatene fra typekartlegging, registrering, sprekkekartlegging og geofysikk sammenstilt til et tolkningskart, der totalt 13 forskjellige typer larvikitt er vist. Kartene er fremstilt i ArcView. Tolkning av terrengmodeller er på den annen side gjort ved hjelp av Bentley Microstation og SiteWorks. Totalt er data fra rundt 500 lokaliteter lagt inn i en database som er plottbar i geografiske informasjonssystemer.

1.4 Resultater

I prosjektforslaget var det oppgitt at det skulle utføres typekartlegging i henhold til følgende:

- *Avgrensning av hovedsoner med larvikitt*
- *Typekartlegging og avgrensning av undersoner (atskillbare, karakteristiske soner innen f.eks. Blue Pearl-sonen)*
- *Litologisk og mineralogisk karakteristikk av larvikittene*

I prosjektet er det skilt ut 7 hovedsoner av larvikitt mellom Sandefjord og Porsgrunn, med til sammen 14 undertyper (varianter). Beskrivelser av typene er samlet i kapittel 3. En tolkning av disse typenes geografiske opptreden er gitt i Figur 6 og kartbilag 99.059-01. Ordet tolkning er bevisst valgt. Variasjonsmønsteret mellom larvikittyper har vist seg å være mer komplekst enn antatt. Dels er grenseforhold oftest ”flytende”, og kan være problematisk å definere. Videre har

forvitring og omvandling (se kapittel 4) i mange områder ”visket ut” larvikittenes opprinnelige trekk, slik at vi har måttet tolke de enkelte typenes geometri med god hjelp av strukturmålinger og geofysikk. Omvandling er et fenomen som til dels ødelegger larvikittens økonomiske potensiale og gir et annet utseende på bergarten enn i frisk tilstand, og omvandlingssoner opptrer i stor grad uavhengig av larvikittenes opprinnelige struktur. Med andre ord, innen de enkelte typene forekommer soner som er ødelagt eller endret av omvandling. Vi har valgt å henvise til teksten for beskrivelser av hvilke partier som er mer omvandlet enn andre.

I tillegg til de gradvise overgangene mellom larvikittyper kan også forekomme raske variasjoner innen små områder. Dette medfører at det kan være små forekomster av undertyper som vi har oversett. Det er også et faktum at kartleggingen i stor grad har basert seg på forvitrete overflateprøver. Heldigvis har det vist seg at diagnostiske trekk slik som fargespillets intensitet og fargetone overlever selv betydelig forvitring. Men siden graden av forvitring er meget variabel, blant annet som følge av topografiske variasjoner, kan det forekomme feiltolkninger.

I prosjektbeskrivelsen ble det påpekt følgende trekk som relevant for kartlegging av sprekker og forkastninger:

- *Kartlegge utbredelse/forskyvning av større forkastningssystemer i området*
- *Undersøke kompleks oppsprekning knyttet til forkastningssonene*
- *Vurdere sprekkesystemene i området og områdevisse variasjoner i retninger og frekvens*
- *Undersøke sekundær omvandling av larvikitten i forbindelse med sprekker/forkastninger og grenser mellom intrusive enheter*
- *Undersøke «åpen kløv»-problematikken, og søke å gi en vurdering av områdevisse/typetilknyttete variasjoner*

Feltkartleggingen og de geofysiske undersøkelsene har uavhengig av hverandre påvist to større forkastninger innen området. Langs disse synes larvikittkomplekset i hovedsak å være forskjøvet vertikalt. Dette gir implikasjoner både mht. typevariasjon på tvers av forkastningene og sprekkemønster/omvandling i nærheten av dem. Oppsprekning for øvrig er kontrollert ikke bare av forkastninger og tektonikk, men også av larvikittenes kornstørrelse, kornbinding og tekstur, som kan variere sterkt fra type til type. Forkastninger og sprekker er beskrevet i kapittel 5, omvandling i kapittel 4. Åpen kløv som fenomen er knyttet til undertyper av larvikitt, og er beskrevet i kapittel 5.

Under forarbeidet ble det antydnet at følgende områder/soner skulle gis høyest prioritet:

- *«Blue-Pearl»-sonen; Tvedalen og fortsettelsen av denne mot øst og mot vest*
- *«Emerald Pearl»-sonen; bl.a. Tjølling*
- *«Malerød»-sonen*

Dette har vi tatt hensyn til under prosjektarbeidet.

Videre ble det forventet:

Prosjektet kan gi bedre kunnskap om forekomstenes geometri og utbredelse, og dermed gi grunnlag for målrettet prospektering f.eks. i områder som er overdekket av løsmasser. Det er lite trolig at prosjektet vil gi kortsiktige gevinster for daglig drift i det enkelte brudd. Det kan... ..fremkomme viktige sammenhenger av generell interesse for driften, som f.eks. forholdet mellom forkastningssystemer og oppsprekning. Videre kan prosjektet bidra til utvikling av bedre metoder for forekomstevaluering.

Vi mener vi kan bidra med en del ny kunnskap om disse aspektene, både mht. hvor det er mest interessant å lete etter forekomster, og ikke minst hvordan. I kapittel 6 har vi følgelig gitt vårt syn på hvilke aspekter en forekomstundersøkelse bør inneholde, en slags huskeliste på trekk som bør sjekkes i de enkelte tilfellene.

2. GEOFYSISKE MÅLINGER

2.1 Generelt

Geofysiske helikoptermålinger i det undersøkte området ble hovedsakelig utført høsten 1998. I tillegg kommer en testkorridor i feltets østlige del som ble fløyet i 1997. Tre typer målinger ble foretatt. Magnetiske målinger detekterer bergartenes magnetiske egenskaper, radiometriske målinger gir radioaktiv bakgrunnsstråling, mens VLF/EM viser elektrisk ledningsevne. Alle disse tre metodene brukes samtidig under flyvningen.

Området er fløyet langs profillinjer med 100 – 150 meters avstand. Linjenes orientering varierer på hver side av Larvikfjorden-Farris, siden det er fordelaktig å fly med høyest mulig vinkel til bergartenes struktur. Totalt er det fløyet 3684 kilometer med 150 meters avstand (ca. 553 kvadratkilometer) og 640 kilometer med 100 meters avstand (ca. 64 kvadratkilometer). Helikopteret har holdt en gjennomsnittlig høyde over bakken på 80 meter, og har så langt som mulig fulgt topografien.

Magnetiske og radiometriske data regnes å være av høy kvalitet, lite påvirket av eksterne faktorer. I noen tilfeller er VLF-dataene ikke tilfredsstillende (vekslende eller manglende signaler). Dette har sin årsak i at man er avhengig av signaler fra sjøforsvarets sendere for ubåtkommunikasjon, sendere vi ikke har muligheter til å kontrollere under en undersøkelse.

Dataene er i ettertid prosessert og kalibrert, og det er fremstilt kart over magnetisk totalfelt, vertikalavvik for magnetisk totalfelt, radiometrisk totalfelt, radiometrisk kalium, radiometrisk thorium, radiometrisk uran, VLF ortogonal, VLF "in-line" og kombinasjon av de to siste. I denne rapporten har vi tatt med magnetisk og radiometrisk totalfelt, bakgrunnsstråling thorium samt VLF ortogonal (Figur 2, 3, 4 og 5). De resterende kartene kan fås fra NGU. Videre henvises til egen delrapport (Beard 1999) for mer inngående beskrivelser av metoder.

2.2 Magnetisk kart over larvikittene

Et kart over magnetisk totalfelt (Figur 2) viser i hovedsak bergartens innhold av jernoksydet magnetitt. Normalt gir høyt magnetittinnhold høy magnetisk anomali. Imidlertid inneholder larvikittene ilmenitt i tillegg til magnetitt, noe som kompliserer bildet. Ilmenitt kan ha en "lagret" magnetisme i seg fra det felt som eksisterte da larvikittene ble dannet. Denne lagrete magnetismen kan motvirke magnetittens signatur, slik at vi ikke kan se på det magnetiske kartet som et kart over magnetittinnholdet.

Ilmenitt opptrer ofte som avblandete nåler i magnetittkornene. Både kornstørrelse og det interne mengdeforholdet mellom disse to kan dermed påvirke kartet. I tillegg har vi indikasjoner på at magnetitten noen ganger er forsvunnet grunnet omvandling, noe som selvsagt gir en entydig negativ anomali.

Vi kan kalle de røde til fiolette sonene for høymagnetisk, de gule til grønne for intermediære og de blå for lavmagnetisk. En overgang fra det ene til det andre trenger ikke representere grenser mellom larvikittyper, selv om det ofte sammenfaller. Vi kan nemlig også ha larvikittyper som har et sonert innhold av magnetiske mineraler. Kartet kan derfor ikke alene brukes til å tegne grenser mellom larvikittyper, men vi kan sammenholde det med felldata og derav få ut betydelig med informasjon.

Vi ser at kartet viser godt de ringformete strukturene som larvikittene beskriver. I tillegg ser vi at anomaliene forskyves langs to soner; den ene følger Larvikfjorden og Farrisvann, den andre Langangen-fjorden. Dette tolkes til å representere store forkastninger. I og langs Langangenfjorden ser vi en langstrakt positiv anomali; ifølge Dahlgren (personlig kommentar) kan denne representere en nefelinsyenitt som har trengt inn langs forkastningen.

Et annet interessant trekk er en serie NV-SØ til N-S orienterte, tynne positive anomalier, som skjærer hovedstrukturene radiært. Disse kan representere soner som er spesielt rike på pegmatittganger, hvilket vi også har feltmessige observasjoner som støtter. Vi vil komme tilbake til dette under typebeskrivelsene.

Det magnetiske kartet er samtolket med feltobservasjoner før fremstilling av det geologiske kartet. Ofte er det meget bra samsvar mellom anomalier og feltobservasjoner. Som eksempler kan nevnes Tvedalen-sonens avgrensning, Malerød-sonen, Stålakeer-typen, Bergan-typen og Tjølling-typen.

2.3 Strålingskart

I Figur 3 og 4 er vist kart over radiometrisk bakgrunnsstråling, henholdsvis totalfelt og thorium. Metoden er følsom for overdekning av løsmasser og ikke minst vann, og vi får følgelig lave anomalier i fjorder/vann og under løsmasseoverdekning.

Kartetets største nytteverdi har vært å få verifisert grensene mellom larvikitt og de nordenførliggende bergartene, lardalitt og alkalisyenitt.

2.4 VLF-kart

VLF ortogonalkart er vist i Figur 5. I teorien skal slike målinger kunne fortelle oss noe om hovedsprekkesoner, da større, vannførende sprekkesoner skulle fremkommet som anomalier.

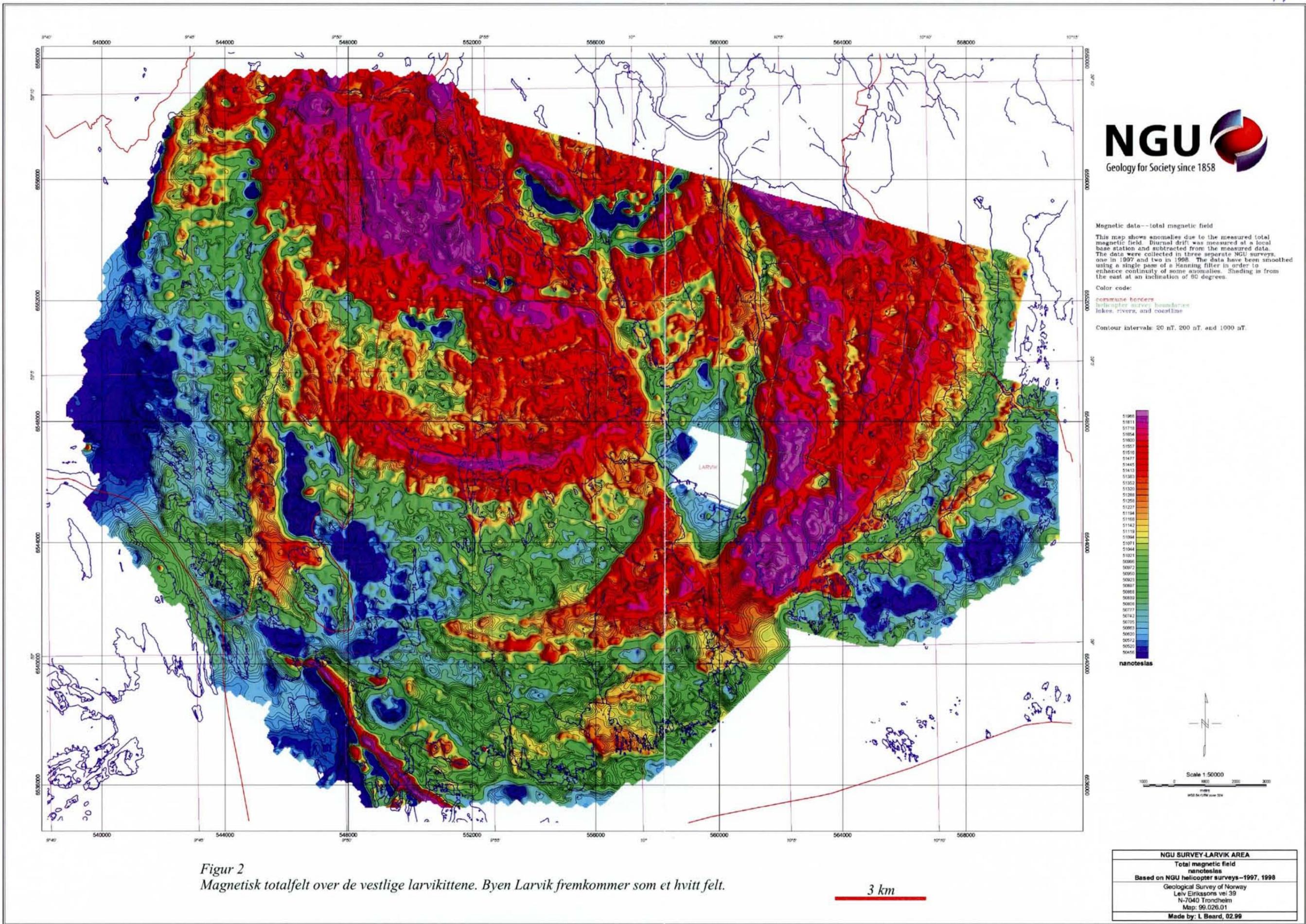
Imidlertid synes anomaliene på kartet mer å være koblet til flyveretning enn forhold i berggrunnen; på begge sider av Larvikfjorden-Farrisvann (skifte mellom flyveretninger) opptrer anomaliene rundt 60-70 grader på flyveretningen, noe som harmonerer ganske dårlig med feltobservasjoner. I nordvest ser vi en meget tydelig øst-vest gående anomali; dette er en høyspentlinje, som for øvrig forsvinner øst for Farris, der flyveretningen ligger mer parallell med linjas orientering.

Alt i alt er det grunn til å stille seg kritisk til VLF-kartet, og vi har i det etterfølgende ikke gjort bruk av disse dataene.

2.5 Magnetiske susceptibilitetsmålinger i felt

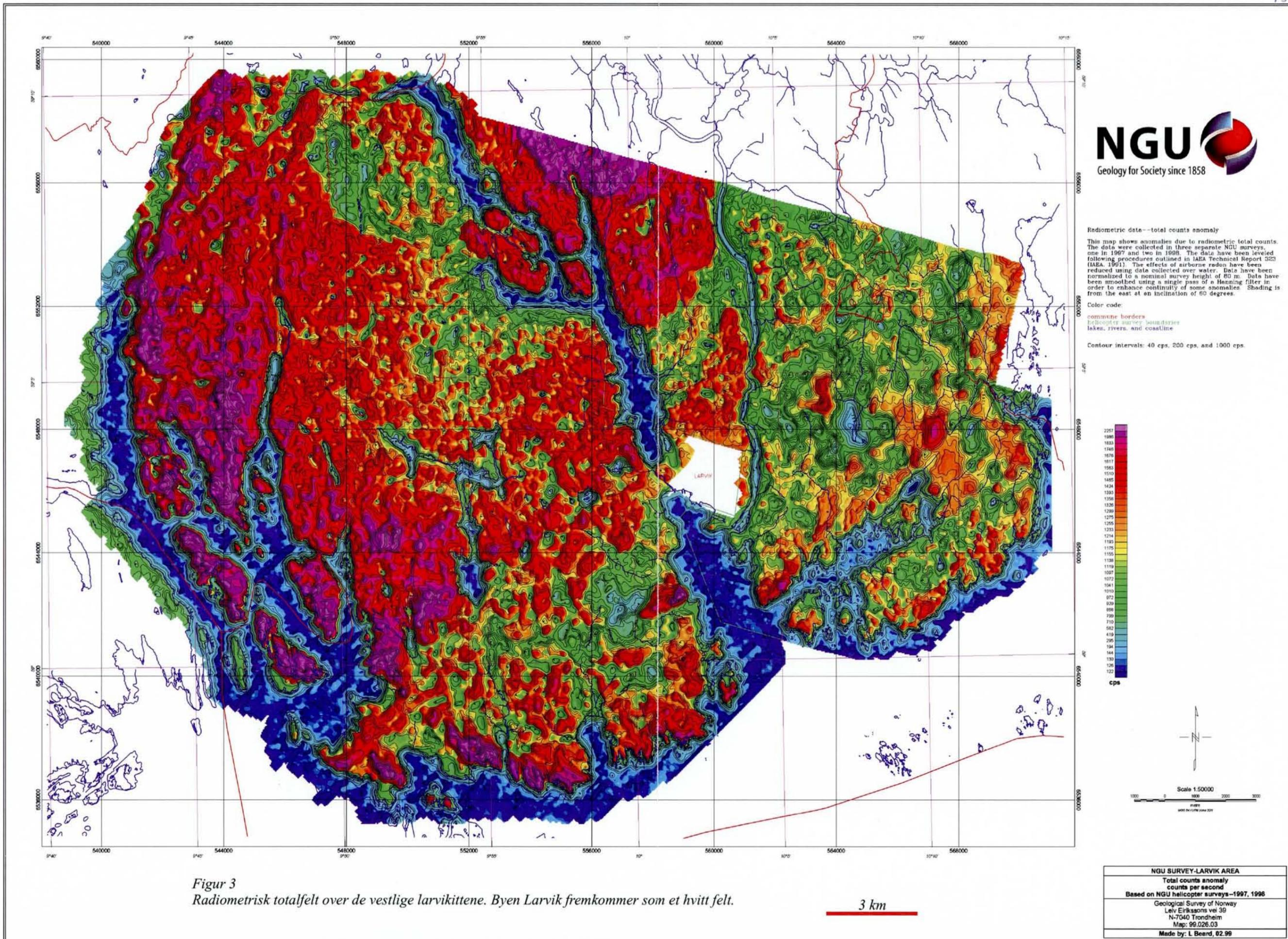
Det ble gjort forsøk med å måle magnetiske egenskaper i felt, ved å bruke et lite, håndholdt instrument som måler direkte på bergflaten. Hensikten var å kunne gå langs profiler for å sammenholde resultatene med helikoptermålinger, samt forsøke om metoden kunne brukes til å skille undertyper av larvikitt.

Imidlertid viste forsøk på henholdsvis sagete, sprengte og forvitrete flater av samme type larvikitt store variasjoner knyttet til hvor stor flatekontakt det var mellom instrument og stein. Måling på saget flate kunne gi opptil 50% høyere verdier enn sprengflate eller forvitret flate. Metoden ble følgelig forlatt.



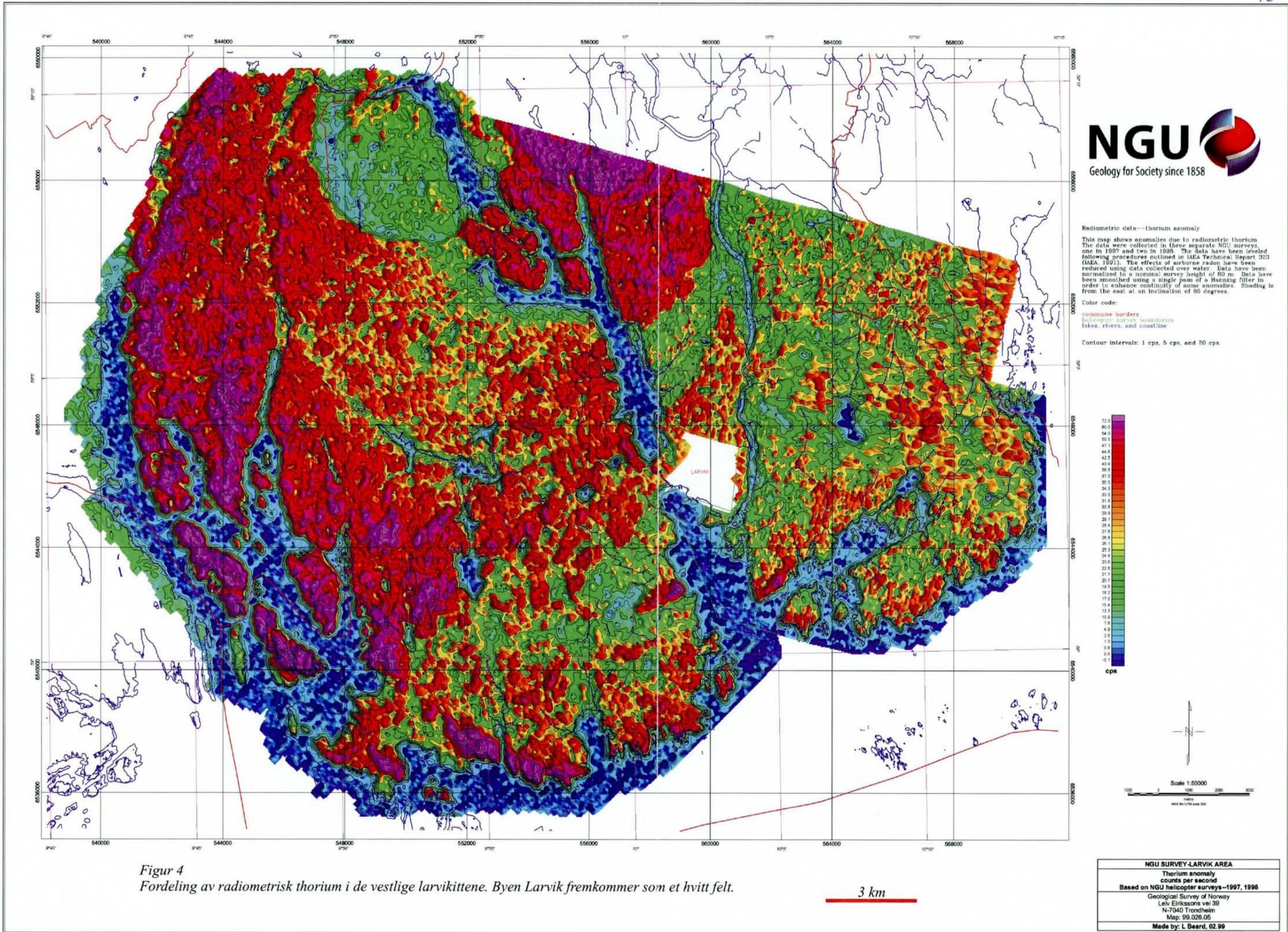
Figur 2
Magnetisk totalfelt over de vestlige larvikittene. Byen Larvik fremkommer som et hvitt felt.

3 km



Figur 3
Radiometrisk totalfelt over de vestlige larvikittene. Byen Larvik fremkommer som et hvitt felt.

3 km



Figur 4
Fordeling av radiometrisk thorium i de vestlige larvikittene. Byen Larvik fremkommer som et hvitt felt.

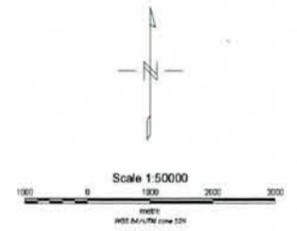
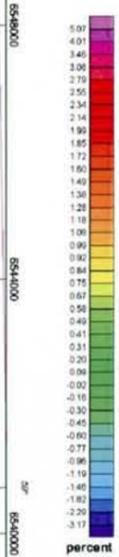


VLF data--anomaly from orthogonal receiver (NAA)

This map shows anomalies caused by electrical currents channeled into conductors. The sources of the VLF (Very Low Frequency electromagnetic) fields are powerful transmitters used for global communication with submarines. The data are measured in percent change from a background field. The data were collected in three separate NGU surveys, one in 1997 and two in 1998. The transmitter used for the orthogonal receiver was NAA (Cutler, Maine, USA, 24 kHz). Data have been smoothed using a single pass of a Hanning filter in order to enhance continuity of some anomalies. Shading is from the east at an inclination of 60 degrees.

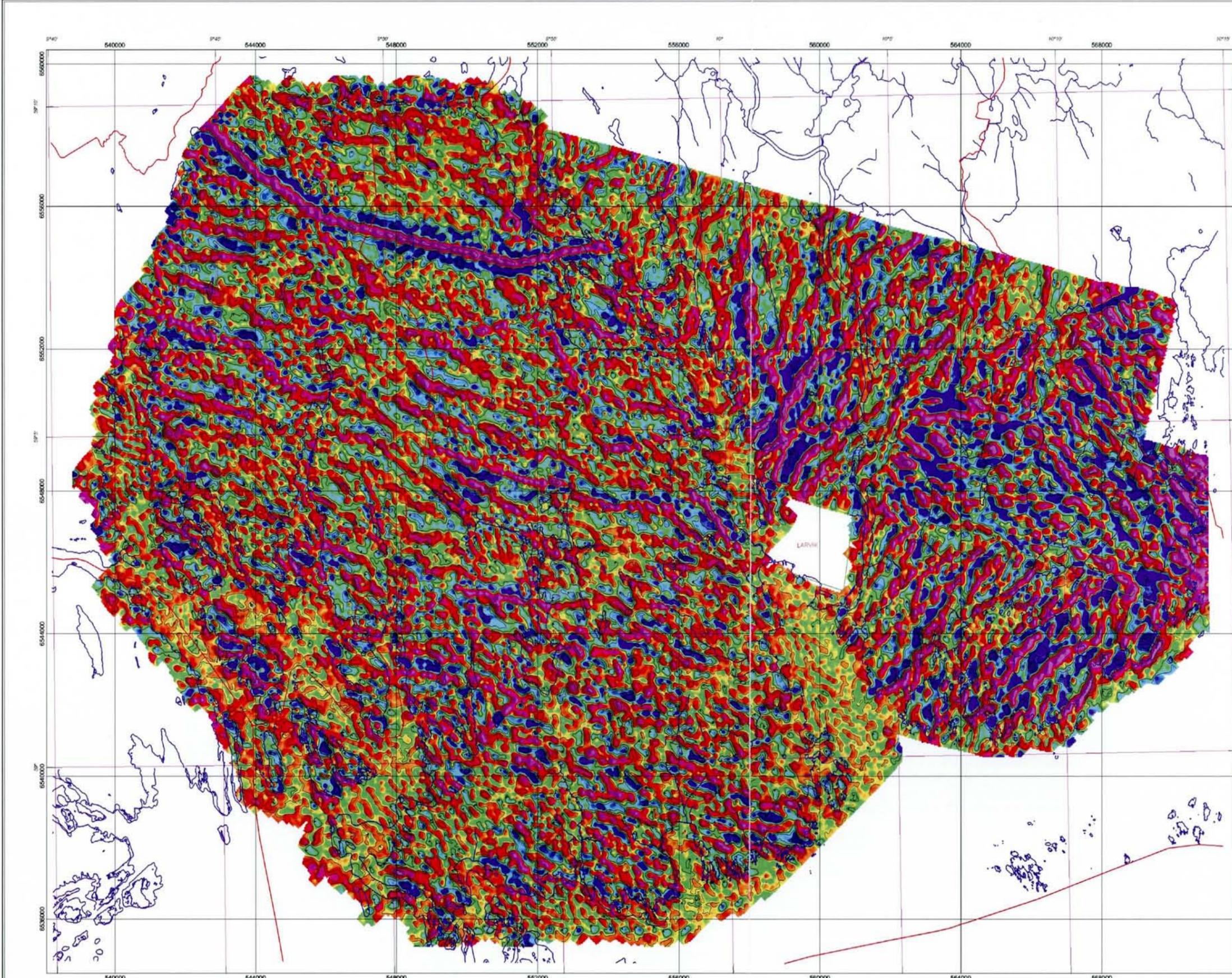
Color code:
 commune borders
 helicopter survey boundaries
 lakes, rivers, and coastline

Contour intervals: 0.2 pct, 1 pct, and 10 pct.



NGU SURVEY-LARVIK AREA
 VLF anomaly-orthogonal receiver (NAA)
 percent change over background
 Based on NGU helicopter surveys-1997, 1998
 Geological Survey of Norway
 Leiv Eirikssons vei 39
 N-7040 Trondheim
 Map: 99.026.09
 Made by: L Beard, 02.99

Figur 5
 VLF-kart (ortogonalt) over de vestlige larvikittene. Byen Larvik fremkommer som et hvitt felt.



3. LARVIKITTYPER I DET UNDERSØKTE OMRÅDET

3.1 Larvikittenes interne variasjoner og struktur

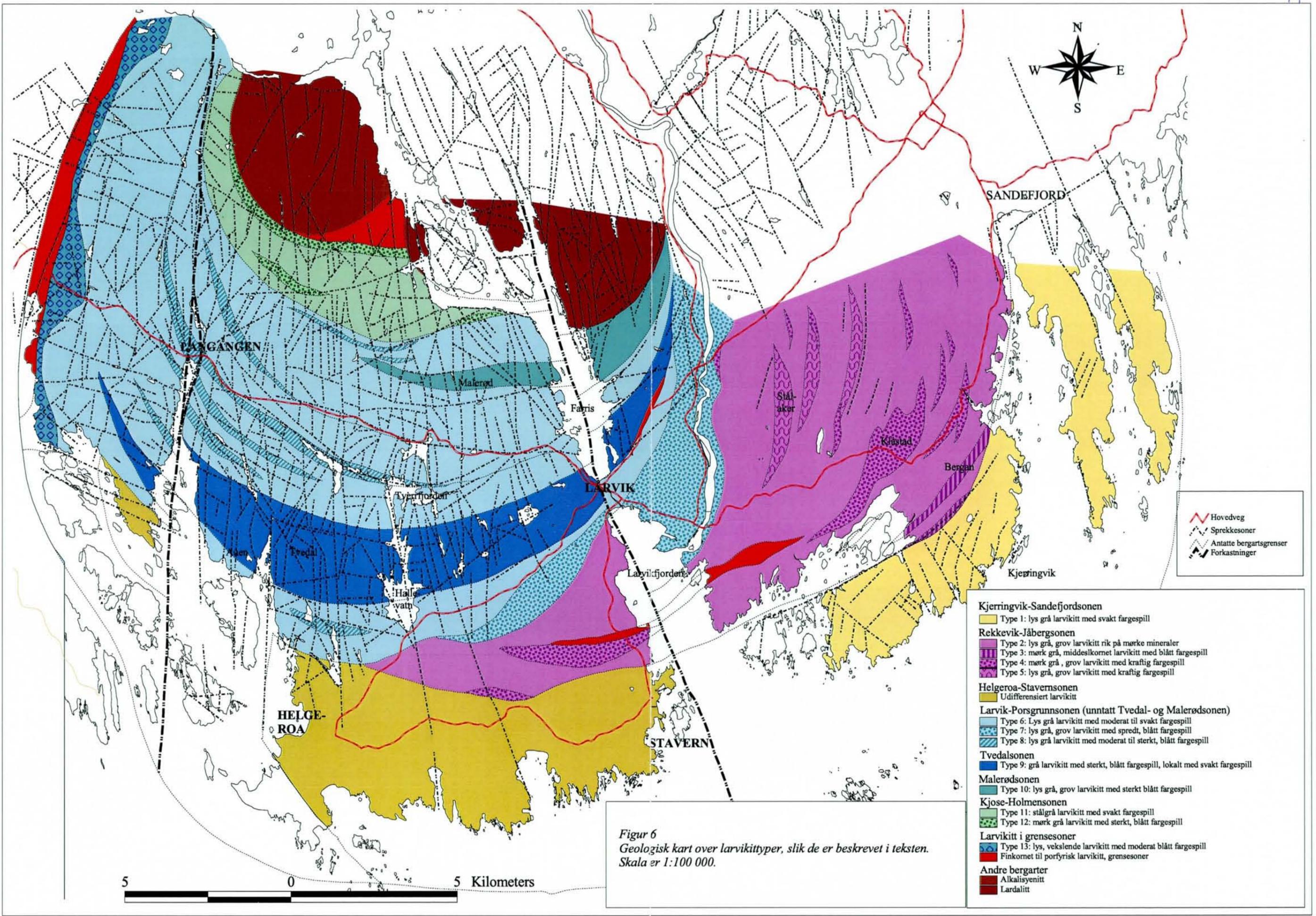
3.1.1 Larvikittkompleksets oppbygging

Larvikittkomplekset består av flere intrusjoner, det vil si selvstendige enheter av magma som har trengt inn i jordskorpa (Petersen 1978). Disse intrusjonene er halvsirkelformete, og viser en gradvis utvikling fra øst mot vest/nordvest fra kvartsførende larvikitt via nefelinførende, kvartsfri larvikitt til lardalitt og nefelinsyenitt (Figur 1). De østlige intrusjonene er eldst, og nefelinsyenittene yngst. Totalt har hele denne pakken med intrusjoner kommet på plass over en periode på 8 millioner år (Dahlgren m. fl. 1998). Dette prosjektet omfatter i vesentlig grad de nefelinførende larvikittene, som i dag er de som har størst økonomisk verdi.

Petersens modell er vist i fig. 1, og geologisk kart over prosjektområdet i Figur 6 og kartbilag 99.059-01. Vi ser at sistnevnte er mer detaljert enn Petersens regionale kart, og avviker i tillegg noe. Dette skyldes blant annet ny og mer detaljert informasjon om typevariasjoner, påvisning av to store forkastninger som forårsaker interne forskyvninger i larvikitten, samt det faktum at mens Petersen gjorde en regional studie av mineralogiske variasjoner og påviste grenser mellom intrusjoner har vi fokusert mer på aspekter knyttet til larvikittenes utseende og farge og vært mindre opptatt av den mer akademiske siden. På det geologiske kartet har vi derfor valgt å ikke foreta tolkninger av intrusjonsgrenser, men heller presentere typene.

Det er også et moment at intrusjonsgrenser ikke er spesielt lett å påvise. I noen tilfeller kan vi se avkjølingsmarginer, det vil si mer finkornet larvikitt som indikerer hurtig avkjøling langs intrusjonskontaktene, og enkelte av disse sonene er merket av på kartet. I andre tilfeller ser vi ikke slike.

Larvikittene innehar en mer eller mindre velutviklet orientering av feltspatmineralene. Dette samsvarer med det som industrien kaller "kløv" eller "fargeplan". Denne orienteringen følger i grove trekk de nevnte ringstrukturene. Lokalt ser vi en bånding i larvikittene, definert ved båndvise variasjoner i innhold av mørke mineraler. Båndingen samsvarer stort sett med mineralorienteringen, men kan lokalt avvike opp til 15 grader. Helningsvinkel på både mineralorienteringen og båndingen varierer hovedsakelig fra 45 til 90 grader.



3.1.2 Mineralogi

Larvikittenes mineralogi er grovt sett identisk over hele det undersøkte området, med små variasjoner i innhold av mafiske mineraler og nefelin.

Larvikittene består vesentlig av feltspat med en svært spesiell sammensetning; Ca-Na feltspat (plagioklas) og K-feltspat veksler i mikroskopiske lameller internt i feltspatkornene. En slik avblandingsfeltspat kalles for kryptopertitt (Rosenqvist 1965), og ved refraksjon av lys inne i krystallene oppstår en optisk effekt som gir det velkjente fargespillet – eller *schiller-effekt*.

I tillegg til feltspat er de mørke mineralene augitt-pyroksen, biotitt og amfibol vanlig, i noen av sonene opptrer et par prosent nefelin, og i tillegg forekommer små mengder av olivin, apatitt og titanitt. Normalt inneholder bergarten noen prosenter av jernoksydene magnetitt og ilmenitt. I tillegg kan mineraler dannet ved omvandling av larvikitten opptre, noe vi kommer tilbake til i kapittel 4. I Figur 7 har vi vist noen eksempler på mikroskopbilder av ulike larvikitter.

3.1.3 Tekstur og struktur

Feltspatkrystallene er i larvikittene grovkornet, vekslende fra 1-2 cm til 5-6 cm, der ulike larvikittyper kan ha ulik normalfordeling av krystallstørrelse. Andre mineraler er i regelen fin- til middelskornet eller mindre grovkornet enn feltspat.

Feltspatkrystallene har normalt en rombisk krystallform, men vi kan for enkelhets skyld se for oss krystallene som rektangulære. Krystallene viser en mer eller mindre klar orientering med største flate parallelt med kløven eller fargeplanet. Som nevnt definerer denne kløven ringstrukturene i larvikittkomplekset, og målinger av den er plottet på det geologiske kartet. Naturlig nok er kløven den letteste retningen å splitte larvikittene. I noen av typene (for eksempel Tvedalen) er feltspatorienteringen sterk, det vil si at de fleste krystallene opptrer parallelt eller sub-parallelt med den. I slike tilfeller får vi en larvikitt med god kløv og et strengt definert fargeplan (Figur 8b).

I andre typer (for eksempel Klåstad; Figur 8a) er variasjonen i fordelingen av feltspatorienteringer større, men den vanligste orienteringen ligger i kløven. Disse typene har en mindre utpreget hovedkløv og mindre strengt definert fargeplan. Dette medfører at sageretning kan ligge inntil 30-40 grader på kløven og likevel gi et tilfredsstillende fargespill.

Feltspatens lengste akse peker i stor grad nedover langs kløven. Dette gir en sekundær kløv – ”bust” - vinkelrett på hovedkløven, altså snitt langs feltspatens nest største flate. Den tredje retningen – snitt langs feltspatens minste flate – gir den dårligste kløven. Imidlertid er denne

(i tilfeller med steiltstående hovedkløv) tilnærmet horisontal og kan bli ”hjulpel” av terrengparallell trykkavlastning (benkning).

I deler av larvikittkomplekset ser vi en tilnærmet kløvparallel veksling mellom lyse og mørke bånd (Figur 8c og 8d). Ofte er de mørke båndene tynnere enn 10 cm. Båndingen er et resultat av differensiering mellom lyse (feltspat-) og mørke mineraler – det vil si at de mørke båndene inneholder mer mørke mineraler enn lyse bånd og homogene partier innenfor en bestemt larvikitttype. Båndingen har ingen annen praktisk konsekvens enn at man kan få utseendevariasjoner – oftest representert med vekselvis mørk og lys grunnfarge innen råblokker. Det er en tendens til at båndingen korresponderer med grad av mineralorientering, det vil si at vi finner soner med slik bånding i varianter med sterkt definert fargeplan. Bånding er for eksempel relativt vanlig i Tvedalensonen. I Figur 9 har vi vist hvordan larvikittenes mineralorientering varierer gjennom området ved hjelp av strøklinjer.

Larvikittenes tekstur omfatter også hvordan mineralene, og særskilt feltspatene, er bundet til hverandre. Hvis korngrensene er rette, får vi lett sprekkdannelser mellom kornene. Hvis de derimot er uregelmessige, vil kornbindingene være bedre og larvikitten får et annet oppsprekningsmønster. Dette har konsekvenser for forvittringsbestandighet/misfarging, blokkstørrelse og bergartens sprøhet. Vi vil komme tilbake til dette i de senere kapitlene.

3.1.4 Farge

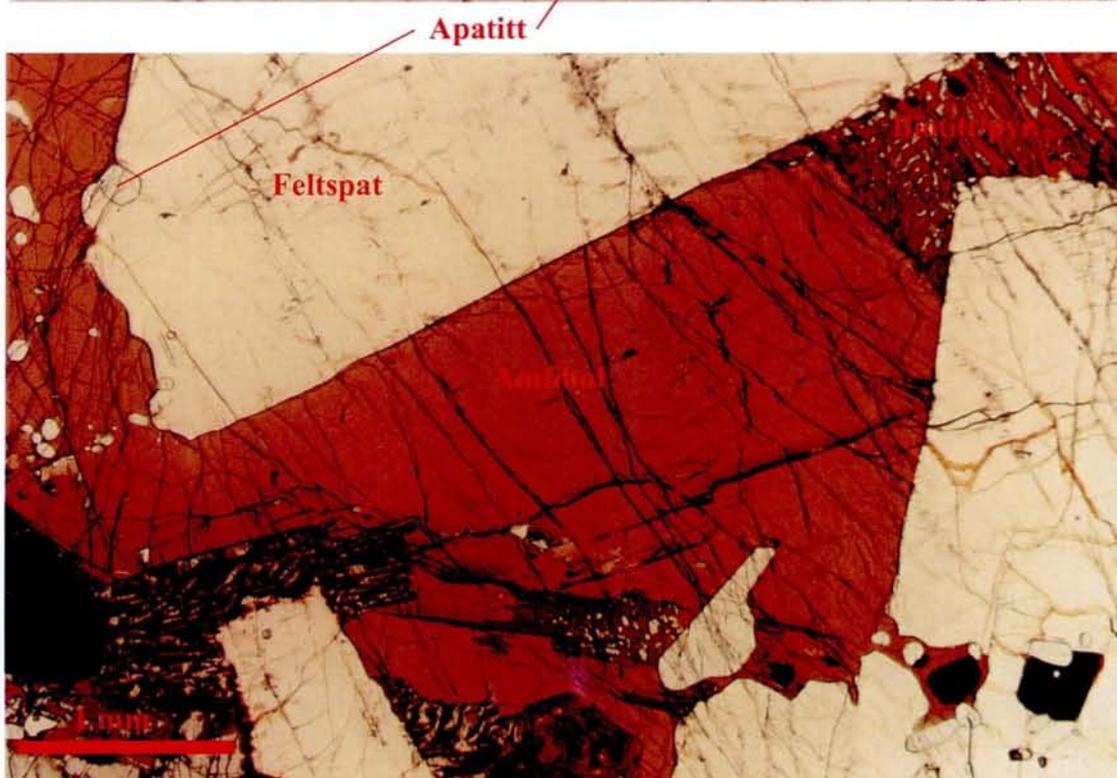
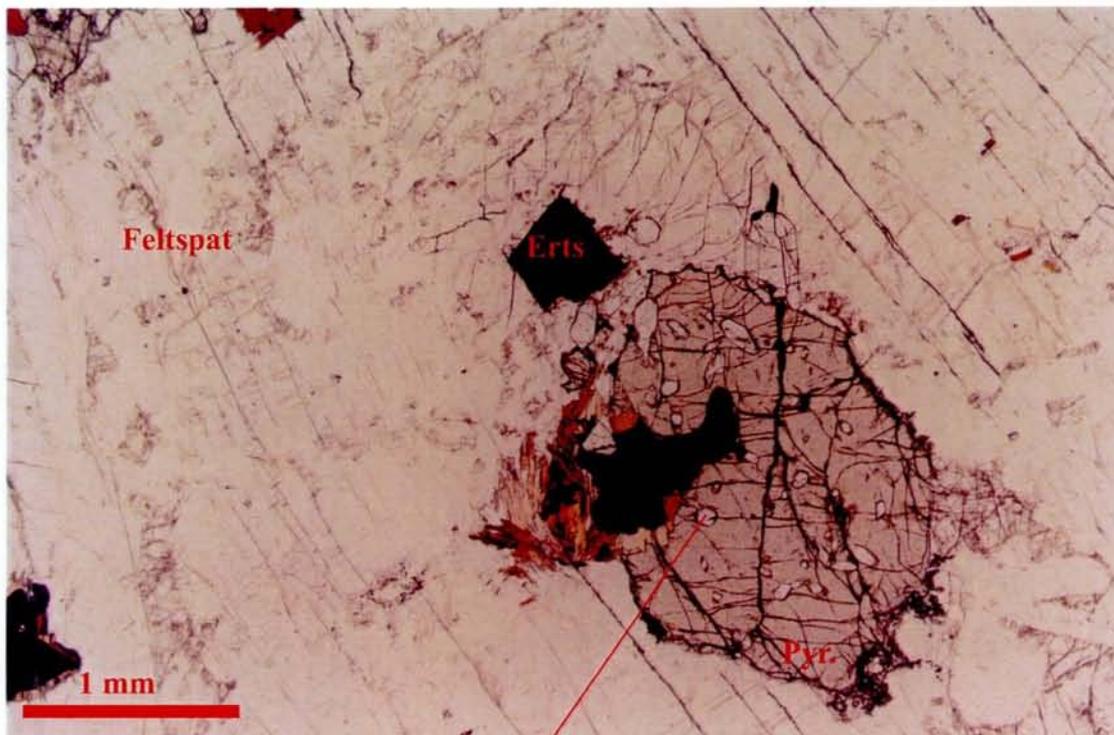
Larvikittenes egenfarge, eller bunnfarge, er stort sett regulert av feltspatenes egenfarge og innhold av mørke mineraler.

Feltspatens farge varierer fra mørk grå, nesten sort, til lys grå. Den lyseste feltspaten finner vi i Malerødsonen og nærliggende soner, mens Klåstad-typen er representativ for den mørkeste feltspaten. I noen tilfeller blir feltspaten nesten hvit; dette skyldes omvandling og vil bli beskrevet i kapittel 4. Det samme gjelder grønn- og rødfarget feltspat.

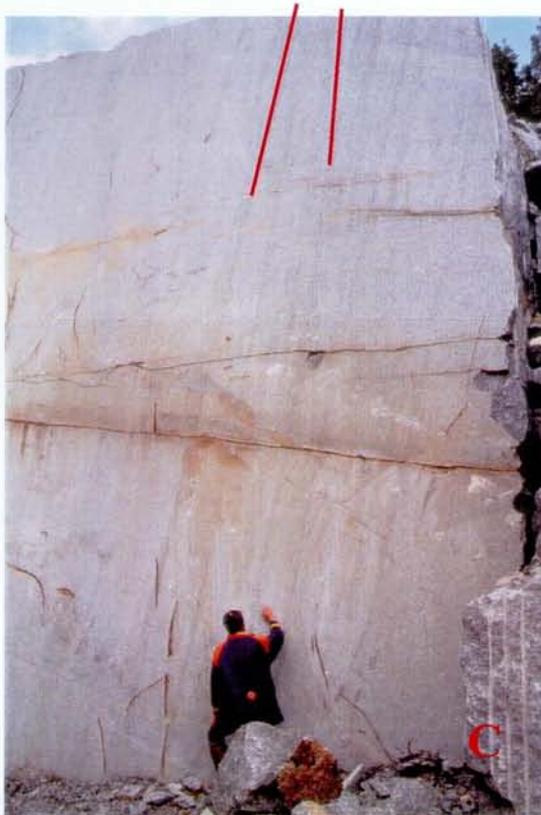
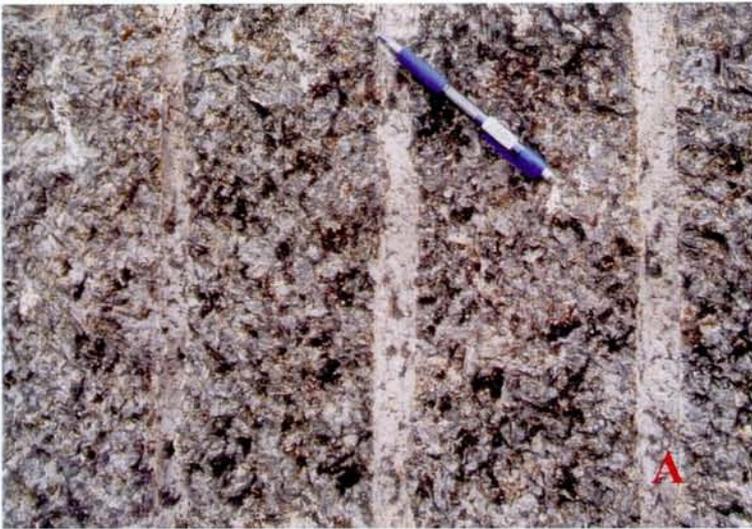
Feltspatens egenfarge er avhengig av flere faktorer i tillegg til omvandling. Vi har ikke undersøkt dette i detalj, men vil nevne at ekstremt fine nåler av ertsmineraler opptrer i krystallgitteret. Innhold og sammensetning av disse nålene kan være en viktig faktor.

Mørke mineraler opptrer som varierende grad av sorte spetter i larvikittene. Dette er selvsagt mest tydelig i lyse larvikitttyper og typer som inneholder mye mørke mineraler. Stålaker-typen har for eksempel ofte mørke mineraler som en ”krans” rundt feltspatkornene.

Under kartleggingen er larvikittenes egenfarge registrert og brukt i sammenstilling av kartet. Det er for øvrig mulig å få ut data for dette fra 3-400 lokaliteter ved henvendelse til NGU.



Figur 7
 Mikroskopbilder (tynnslip, planpolarisert lys) av Tvedalen-type (øverst) og Klåstad-type larvikitt (nederst). Amf = amfibol, Pyr = pyroksen, Erts = oksydene magnetitt/ilmenitt. I det nederste bildet ser vi "ormelignende" sammenvoksinger mellom biotitt og pyroksen.



Figur 8

Larvikittenes tekstur og struktur.

A) Mørk larvikitt, Huseby-Klåstad.

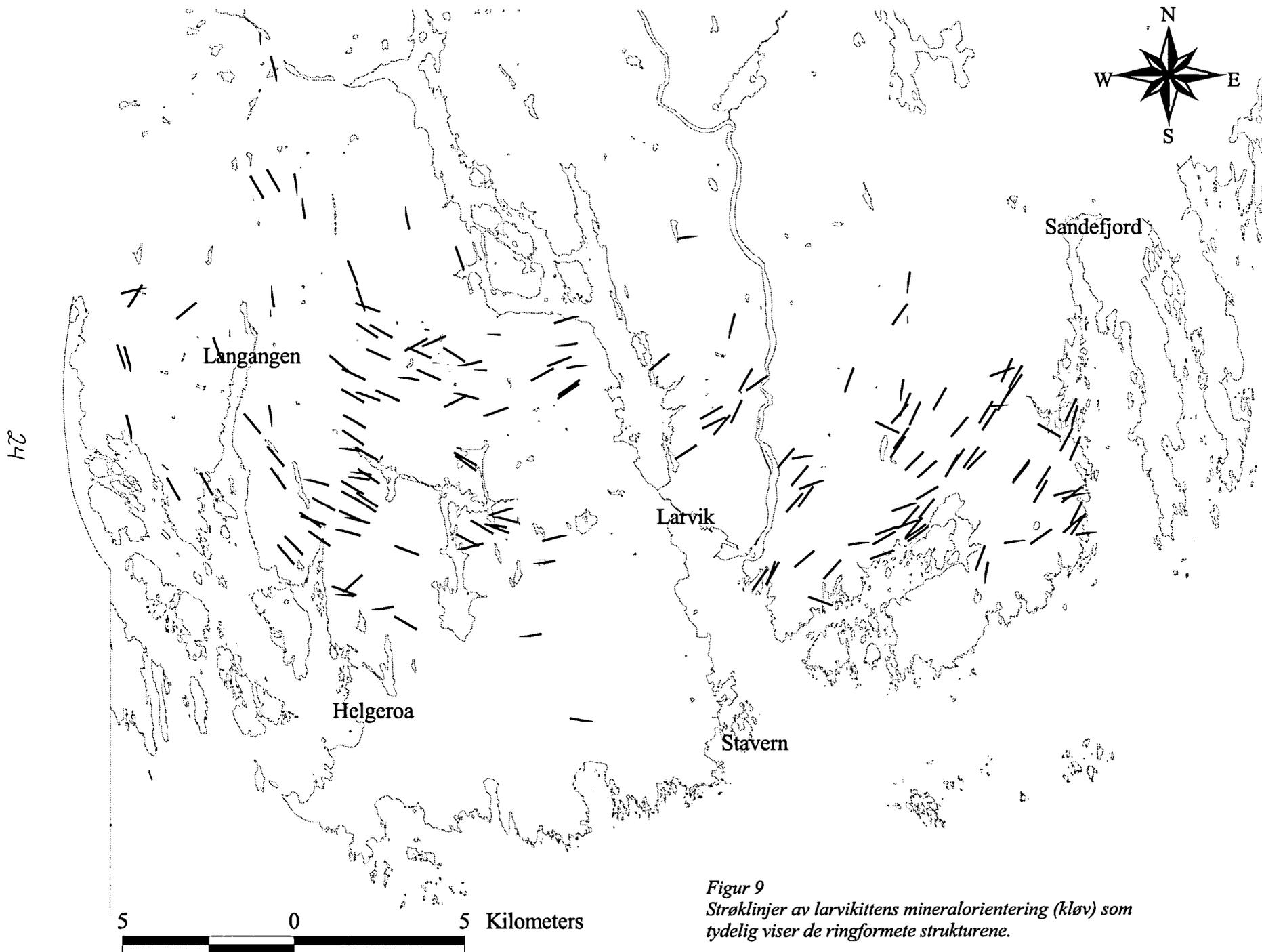
Bildet er tatt i forvittringssonen, og vi kan se misfarging langs korn grensene, dels et resultat av bergartens "åpne" tekstur.

Mineralorienteringen er parallelt med blyanten, men vanskelig å se.

B) Lys larvikitt fra Tvedalen-sonen. Vi ser tydelig mineralorienteringen parallelt med blyanten.

C) Lagdeling i larvikitt fra Malerød. Vi ser to retninger på de mørke båndene (se markeringer på bildet).

D) Nærbilde av lagning og mineralorientering i larvikitt fra Malerød. Vi ser bånd rik på mørke mineraler ved pennen, og tydelig krystallorientering.



Figur 9
Strøklinjer av larvikittens mineralorientering (kløv) som tydelig viser de ringformete strukturene.

3.1.5 Fargespill

Under kartleggingen har vi registrert både type fargespill i feltspaten (blå, sølvaktig, gulaktig) og intensiteten (skala fra 0 (ikke fargespill) til 4 (sterkt fargespill)). Spesielt sistnevnte er selvsagt en svært subjektiv vurdering, og må behandles med et kritisk øye. Imidlertid har vi erfart en ganske bra sonevis konsistens i disse observasjonene, noe som tyder på at de har relevans.

Vi har også erfart at fargespillet overlever selv betydelig forvitring, og følgelig har fargespillet vært et sentralt holdepunkt for kartlegging av områder hvor utsprengte blotninger ikke finnes.

Ved enkelte typer omvandling ødelegges fargespillet. Dette er behandlet i kapittel 4.

3.1.6 Pegmatitter og gangbergarter

I varierende grad er larvikittene infiltrert av pegmatittlommer og –årer (Figur 10a). Pegmatittene representerer restsmelte fra siste stadium av størkningsprosessen. Vi har funnet det hensiktsmessig å skille mellom to generasjoner pegmatitter. De eldste opptrer som uregelmessige lommer, ofte av meget varierende tykkelse og utstrekning. De er ofte beheftet med hvite stikk og generell bleking av tilgrensende larvikitt, og er de som er mest problematisk for driften. Det er en tendens til at denne generasjonen pegmatitter har en orientering nær horisontalplanet.

Den yngre generasjon av pegmatitter har infiltrert sprekker, og opptrer dermed langs hovedsprekkeretninger (se kapittel 5). De er ofte av jevn tykkelse og utholdende, og relativt sjelden assosiert med omvandling. Denne generasjonen er lettere å forholde seg til i en driftsfase.

Pegmatitter opptrer i hele larvikittområdet, men enkelte steder kan det finnes mer av dem enn andre. Dette er meget vanskelig å kartlegge, og kan variere sterkt innenfor selv så små områder som et brudd. Det vil derfor være nærmest misvisende å prøve å fremstille et regionalt kart over frekvens av pegmatitter. Enkelte steder har vi imidlertid både geofysiske og geologiske indikasjoner på områder som har gjennomgående høyt pegmatittinnhold, og vi kommer tilbake til det under typebeskrivelsene.

Andre typer ganger som opptrer i larvikittene inkluderer rombeporfyr, diabas og finkornet larvikitt (Figur 10b). De to førstnevnte er gjerne steilt orientert og følger normalt en nord-syd sprekkeretning. Disse har kun unntaksvis implikasjoner for drift, men opptrer sporadisk i for eksempel Tvedalen.



Figur 10

Øverst: Pegmatittgang i lys larvikitt (nedre del av bildet). Vi ser bleket larvikitt med hvite årer i umiddelbar nærhet til pegmatitten. Vi ser også deformert (mylonitisert) kontaktsone. Nederst: Finkornet larvikittgang som kutter vinkelrett til larvikittens mineralorientering, Tvedalen.

Finkornete larvikittganger følger gjerne grensesoner mellom larvikitter, men kan også opptre som ansamlinger inne i de enkelte sonene. Her har de ofte en horisontal til slakt hellende orientering. Slike ansamlinger finnes blant annet i Tvedalen.

3.1.7 Forekomstenes geometri

Som nevnt opptre larvikittene som flere måneformete intrusjoner, som suksessivt blir yngre (kutter hverandre) i vest-nordvestlig retning (kartbilag 99.059-1).

Både geofysikk, geologisk kartlegging og målinger av mineralorienteringen viser entydig at disse måneformete kroppene innenfor området samlet definerer en halvsirkel. I det store bildet er det også en tendens til at mineralorienteringen heller innover mot de sentrale deler av komplekset, det vil si lardalittene nord på kartet. Vi mener det er rimelig å anta at de enkelte undertypenes geometri i store trekk følger mineralorienteringen. Dette vil i så fall implisere at grensene mellom forekomstene vesentlig står steilere enn 60 grader, lokalt (Klåstadorrådet) ned imot 45 grader. Dette vil videre medføre at de enkelte typenes dybde i de aller fleste tilfeller strekker seg langt under det som vil være realistiske driftsnivåer for brudd.

3.1.8 Inndeling i soner og undertyper

Vi har valgt å dele larvikittene inn i soner, eller hovedtyper, som videre er inndelt i undertyper. Sonene kjennetegnes av å være relativt klart avgrensede, og har gjentakende trekk som kan følges gjennom de enkelte sonene, som for eksempel at en bestemt undertype opptre regelmessig over hele sonens utstrekning. Det kan i noen tilfeller være sammenfall mellom sonegrenser og intrusjonsgrenser, men vi understreker at det ikke nødvendigvis er slik. Vi ser på en sone som et område med klare likhetstrekk. Totalt har vi valgt å skille ut 7 soner.

Undertypene kjennetegnes av å være mindre klart avgrenset, og viser ofte gradvise overganger til hverandre. Vi kan si at undertypene representerer soneringer innen sonene. Samlet har vi kartlagt 14 undertyper av larvikitt innen området.

3.2 Kjerringvik-Sandefjord sonen

3.2.1 Utstrekning og hovedtrekk

Sonen definerer en ytre, østlig ”ring” i den undersøkte del av larvikittkomplekset. På kartbilaget ser vi den strekker seg fra Sandefjord og sydover på Vesterøya og Østerøya, før den dreier vestover langs halvøya Kjerringvik – Ula – Rønningen. Gamle brudd finnes i Massåsen like nordvest for Kjerringvik. Sonen gir en lavmagnetisk signatur (blått i figur 2), og kløven har en gjennomgående helning innover i larvikittkomplekset, det vil si mot henholdsvis vest og nordvest.

3.2.2 Type 1: lys grå larvikitt med svakt fargespill

Utstrekning: Denne typen opptrer i hele Kjerringvik-Sandefjordsonen.

Utseende: Lys grå bunnfarge, fargespill sølvaktig til lys blå, svak intensitet (A1 i plansje 1).

Tekstur/kornstørrelse: Jevnkornet, feltspatkrystaller maksimalt 3-4 cm. Uregelmessige korngrenser gir sterke bindinger mellom mineralkornene.

Kløv/mineralorientering: Variabel, svært tydelig i partier. Magmatisk lagning (fargebånding) er vanlig. Retning dreier fra nord-syd til nordøst-sydvest innenfor sonen, helningsvinkel 40-80 grader.

Homogenitet: Ganske homogen larvikitt, men noe variasjon i grad av lagning og fargespill.

Forekomster/potensiale: Det finnes gamle brudd i Massåsen. I nærområdene er det fremdeles muligheter for å finne reserver, men vi vil anta at larvikittypen ikke er blant de mest attraktive.

3.3 Rekkevik-Jåberg-sonen

3.3.1 Utstrekning og hovedtrekk

Denne sonen har en stor utbredelse i området, og er av de mest heterogene larvikittsonene. På det bredeste utgjør sonen berggrunnen mellom vestlige del av Sandefjord og Verningen, mens

den smalner av i sydvestlig retning og møter Larvikfjorden rundt Østre Halsen – Hummerberget. Både ut ifra geofysikk og feltrelasjoner synes det fornuftig å korrelere sonen med bergarter på vestsiden av Farris-Larvikfjord-forkastningen. Her antar vi sonen tynner ut i vestlig retning mot Helgeroa.

Sonen gir en markert høymagnetisk signatur (Figur 2), med unntak av de sydlige og østlige deler, der det magnetiske bildet er mer variabelt. Sonen inneholder flere forskjellige larvikittyper, derav flere klassiske: Klåstatype, Stålakertype og Bergantype. De forskjellige typenes opptreden er til dels svært kompleks, og vi ser ofte overganger mellom dem og ”blandingstyper”.

3.3.2 Type 2: Lys, grov larvikitt rik på mørke mineraler

Utstrekning: Denne typen utgjør ”grunnstammen” i sonen, og opptrer i hele dens utbredelse.

Utseende: Lys grå bunnfarge, ganske høyt innhold av mørke mineraler, og med grovkornete magnetitt-ilmenitt-aggregater. Fargespill er sølvaktig til lys blått med variabel intensitet.

Tekstur/kornstørrelse: Feltspatkornene varierer fra 2-4 cm. Ofte ser vi rette korn grenser, som gir en ganske åpen struktur og gjør at larvikitten forvitrer lett.

Kløv/mineralorientering: Sterkt variabel orientering, men i gjennomsnitt nordøst-sydvest med 40-70 grader helning mot nordvest. Mineralorienteringen er som regel ganske utydelig.

Homogenitet: Svært variabel, til dels sterkt omvandlet nær Larvikfjorden.

Forekomster/potensiale: Det høye innholdet av mafiske mineraler og oksyder i særdeleshet tilsier at typen ikke regnes som særlig interessant, og det har heller ikke vært brutt noe på den. Topografien er slak, og mye av berggrunnen er overdekket av løsmasser.

3.3.3 Type 3: Mørk, middelskornet larvikitt med blått fargespill (Bergan-type)

Utstrekning: Typen opptrer som to smale, parallelle soner mellom Spervik og Skisaker.

Utseende: Mørk grå til nesten sort bunnfarge, spredt, dypt blått fargespill med middels intensitet, (plansje 1, bilde D1).

Tekstur/kornstørrelse: Feltspatkornene er sjelden over 2 cm, så typen er mer finkornet enn normalt for larvikittene. Kornene er klart avgrenset og har normalt rette korn grenser.

Kløv/mineralorientering: Mineralorienteringen er meget tydelig, og heller 40 – 70 grader mot nordvest.

Homogenitet: Homogen sone, men kan ha diffuse overgangssoner til de tilgrensende larvikittypene.

Forekomster/potensiale: Det drives i dag brudd ved Bergan, og for øvrig finnes et gammelt brudd i en liten forekomst ved Skisaker. Ellers er typen stort sett dekt av bebyggelse eller dyrket mark. Vi har følgelig vanskelig for å se noe særlig utvidelse av driften utenfor det området som drives i dag.

3.3.4 Type 4: Mørk grå, grov larvikitt med kraftig fargespill (Klåstad-type)

Utstrekning: Typen opptrer i flere avgrensede partier som vist i kartbilaget. Kontaktene mot andre typer er oftest diffuse og overgangsmessige.

Utseende: Bunnfarge er mørk grå til svart, mens fargespill varierer mellom klar blå og vekslende klar blå og sølvaktig. Nær dagoverflaten har fargespill et tendens til å bli bronseaktig grunnet forvitring. Intensiteten er overveiende meget god. De sterkeste blå typene finnes i de sentrale deler av partiet ved Klåstad, der den største bruddaktiviteten finnes, samt i partiet ved Hem. I plansje 1 (bilde F1-F3) og plansje 2 (bilde G4, H1 og H2) er vist et utvalg bilder av denne typen.

Tekstur/kornstørrelse: Feltspat måler sjelden mer enn 4 cm. Korngrensene er oftest rette, noe som fører til korngrensesprekker i forvitringssonen. Disse sprekkene leder vann, og jern fra løste, jernholdige mineraler avsettes langs disse korngrensene. Følgelig får bergarten en brunlig patina ved eksponering i fri luft over tid. Teksturen medfører også at denne larvikittypen betegnes som mer ”åpen” enn andre typer.

Kløv/mineralorientering: Diffus mineralorientering som heller 40-60 grader mot nordvest. Den svake orienteringen muliggjør sagsnitt opp til 40 grader på kløven og likevel oppnå akseptabelt fargespill.

Homogenitet: Homogen i mindre, sentrale partier, men inhomogene grensesoner.

Forekomster/potensiale: Det største partiet (rundt Klåstad – Brattås – Huseby) utgjør den største reserven og er allerede gjenstand for betydelig drift og prospektering. Partiet ved Hem har vakkert fargespill, men er i stor grad dekt av bebyggelse og dyrket mark. Flere små partier i nordlige del av området kan representere et fremtidig potensiale. På vestsiden av Larvikfjorden finnes tilsvarende typer, til dels sterkt overdekket, og de små blotninger som finnes der gjør nærmere vurdering av forekomstgrunnlaget vanskelig.

3.3.5 Type 5: Lys grå, grov larvikitt med blått fargespill (Stålaker-type)

Utstrekning: Denne typen opptrer som flere parallelle belter i den nordlige del av sonen.

Utseende: Normalt grå bunnfarge med høyt innhold av mørke mineraler, som ofte omkranser feltspatkornene. Fargespill er lyst blått, har god intensitet men er ofte noe spredt. Lokalt finner vi små partier med mørkere farge som tenderer mot type 4 i utseende. Disse partiene er imidlertid vanskelig å skille ut på kartet. Bilder (H3, J1-J5, K1-K3) er vist i plansje 2, 3 og 4.

Tekstur/kornstørrelse: Feltspatkornene er opp til 4 cm. Korngrensene er som regel uregelmessige, og bergarten er noe mer "fast" enn type 4.

Kløv/mineralorientering: Normalt diffus kløv som heller ca. 50 grader mot nordvest.

Homogenitet: Ganske inhomogen type, med overgang mot type 4 og 3.

Forekomster/potensiale: Det finnes brudd i Håkestadområdet og nedlagte brudd i de andre partiene avmerket i figur 6 / kartbilag 01. Begrenset utviklingspotensiale for nye forekomster.

3.4 Helgeroa-Stavern-sonen

3.4.1 Utstrekning og hovedtrekk

Denne sonen utgjør et bredt belte langs larvikittkompleksets ytterrand mellom Stavern og Helgeroa. Vi har en korrelerbar sone som dukker fram ved Bjønnes vest for Langangenfjorden, og vi vil heller ikke utelukke at denne sonen kan korreleres med Kjerringvik-Sandefjordsonen.

Sonen er meget inhomogen i karakter, og vi finner det vanskelig å foreta noe detaljert skille mellom undertyper.

Larvikittene veksler mellom lysegrå og mørkegrå typer, fargespillet er oftest en blanding av sølvaktig og lys blå, med en middels til fraværende, oftest svak intensitet. Kornstørrelsen er også sterkt variabel, og store deler av det vestlige området består av fin- til middelskornet larvikitt uten noen som helst økonomisk interesse. Det finnes et par nedlagte brudd i området, og vi har lagt ved et bilde av en relativt finkornet type fra Hummerbakken (F4, plansje 1).

Bebyggelse, dyrket mark og rekreasjonsområder preger store deler av området, og vi ser det som svært vanskelig både å finne forekomster som rent teknisk lar seg drive og forekomster som ikke kommer i konflikt med annen arealutnyttelse.

3.5 Larvik-Porsgrunnsønen

3.5.1 Utstrekning og hovedtrekk

Denne sonen, eller rettere sagt disse sonene, utgjør store deler av de vestlige larvikittene unntatt Tvedalen og Malerødsonene. Dette er i stor grad lys grå larvikitter med varierende fargespill. Vi har på basis av fargespillets karakter og intensitet skilt ut undertyper, men vil gjøre oppmerksom på at det er meget diffuse overganger mellom disse undertypene.

3.5.2 Type 6: Lys grå larvikitt med moderat til svakt fargespill

Uttrekning: Utgjør ”grunnstammen” i berggrunnen mellom Larvik og Porsgrunn nord for vegen til Helgeroa.

Utseende: Lys grå til mellomgrå med sølvaktig til lys blått fargespill. Intensiteten er middels til god mellom Tvedalensønen og Tverrfjorden (i dette området er typen kalt ”Bassebusønen” av Kvien), og vi ser tendenser til at bruddvirksomheten i Tvedalen ”spiser” seg nordover inn i denne typen. Nord for Tverrfjorden samt i store deler av området vest for Langangen er intensiteten svak, med unntak av partier som grenser til Malerødsonen. Bildene N1 og N2 i plansje 7 viser eksempler.

Tekstur/kornstørrelse: Feltspatkornene er normalt mindre enn 3 cm, korngransene uregelmessige, og larvikitten danner høye koller i terrenget grunnet sterk motstand mot forvitring.

Kløv/mineralorientering: Normalt er mineralorienteringen god til middels, med unntak av partier vest for Langangen. Orienteringen er normalt steil og følger ringstrukturene.

Homogenitet: Normalt er homogeniteten god innen mindre områder, men som nevnt ser vi regionale variasjoner.

Forekomster/potensiale: Vi ser et bra potensiale for denne typen mellom Tvedalensønen og Tverrfjorden. Et mulig potensiale eksisterer også i de partiene med noe svakere farge nord for E 18 og vest for Langangenfjorden, men pr. i dag regnes ikke disse varianter som attraktive.

3.5.3 Type 7: Lys grå, grov larvikitt med spredt, blått fargespill

Utstrekning: Denne typen opptrer som et belte som strekker seg fra Hedrum Pukkverk i nord, via Larvik by og videre vestover på sydsiden av vegen til Helgeroa.

Utseende: Lys til mellomgrå med spredt, blått fargespill, stort sett god intensitet. Dog varierer utseendet en del, spesielt i Larvik by. Feltspatkorn er ofte omkranset av mørke mineraler, og typen er ikke ulik Stålaker-typen.

Tekstur/kornstørrelse: Feltspatkornene måler opptil 4-5cm, korn grensene er uregelmessige. Typen er relativt motstandsdyktig mot forvitring.

Klov/mineralorientering: Diffus mineralorientering, ofte meget vanskelig å måle. Dette gir også fargespill i flere sagretninger.

Homogenitet: Homogen i nordøstlige del, mer inhomogen lengre syd, blant annet i Larvik.

Forekomster/potensiale: Det er få områder som ikke er bebygd eller dekt av dyrket mark. Enkelte partier mellom pukkverket og Larvik kan dog være av mulig fremtidig interesse. Larvikittypen er ikke tidligere produsert som blokkstein, og markedsmulighetene er derfor uvisse. Imidlertid antar vi at typen på dette punkt kan sammenlignes med Stålaker-type.

3.5.4 Type 8: Lys grå larvikitt med moderat til sterkt, blått fargespill

Utstrekning: Typen opptrer som flere parallelle ”bånd” i type 6. Kontakten mot sistnevnte er diffus og definitivt vanskelig å markere eksakt. Kun ett sted (Tvedalen - Løkosen) kjenner vi til steinbrudd i denne typen.

Utseende: Lys grå til grå bunnfarge, lyst blått til dypt blått fargespill, god intensitet. Typen viser store likheter med Tvedalen-sonen.

Tekstur/kornstørrelse: Feltspatkornene er normalt mindre enn 3 cm. Korn grensene er uregelmessige.

Klov/mineralorientering: Mineralorientering er middels til god, ofte steil (lokalt ned til 35 grader), og følger ringstrukturene.

Homogenitet: Homogen innenfor forekomstområder, men som nevnt er det gradvise overganger til type 6.

Forekomster/potensiale: Typen opptrer i ganske tynne soner, og utbredelse på tvers av kløven er følgelig noe begrenset. Vi tror likevel at typen kan representere et interessant potensiale av ”blå” larvikitt i deler av området nord for Tvedalensonen.

3.6 Tvedalen-sonen

3.6.1 Utstrekning og hovedtrekk

Den sentrale delen av Tvedalensonen strekker seg fra Auen-området og østover via Tvedalen og videre mot sydlige del av Farrisvann. Øst for Farris-Larvikfjord-forkastningen mener vi den fortsetter og tynner ut opp mot Hedrum. Vi mener også å kunne spore sonens vestlige fortsettelse vest for Langangen-forkastningen, men den er her atskillig smalere enn på andre siden av fjorden og ser ut til å tynne ut raskt mot nordvest. Vi bør fremheve at sonens fargespill blekner raskt i østlig retning fra Tanum og østover.

Pr. i dag er sonen den økonomisk viktigste av larvikittene, med driftsområder i Tvedalen-Auen, mens vi har gamle brudd mellom Hallevatnet og Tanum.

3.6.2 Type 9: Grå larvikitt med sterkt, blått fargespill (Tvedalen-type) med østlig overgang mot svakere fargespill

Uttrekning: Som Tvedalen-sonen.

Utseende: Grå til lys grå med blått fargespill av god intensitet vest for Tanum. Svakere intensitet og mer sølvaktig fargespill øst for Tanum. Overgangen mellom disse to kjennetegnes ved at partiene med best farge splittes opp og går gradvis over i svakere fargekvaliteter mot øst. Overgangen er så diffus at vi ikke har våget å avmerke denne på kartet. Bildene M1-M6 i plansje 5 og 6 viser eksempler fra Tvedalen, mens M7 og M8 i plansje 6 er fra Auen i Porsgrunn.

Tekstur/kornstørrelse: Feltspatkornene er normalt mindre enn 3 cm. Korngrensene er uregelmessige, og larvikitten er motstandsdyktig mot forvitring.

Kløv/mineralorientering: Moderat til tydelig mineralorientering, sporadisk magmatisk bånding. Kløvorientering er steil med nordlig helning.

Homogenitet: Noe vekslende i fargespill, og de fleste brudd har kun deler av produksjonen i absolutt toppkvalitet. Som nevnt blir fargespillet sterkt variabelt til svakt øst for Tanum.

Forekomster/potensiale: Stort potensiale innenfor de etablerte driftsområdene i Tvedalen og Auen. Et mulig potensiale eksisterer mellom Hallevatnet og Tanum, og vest for Langangenfjorden.

3.7 Malerød-sonen

3.7.1 Utstrekning og hovedtrekk

Malerødsonen er en klart avgrenset sone i de nordlige deler av larvikittkomplekset. Vest for Farrisvann finner vi den ved Skautvet og kan følge den vestover forbi Malerød og dagens bruddområde, videre over Kjosedalen til den tynner ut noe lengre mot vest. Øst for Farrisvann er sonen atskillig bredere, men tynner ut opp mot Hedrum.

3.7.2 Type 10: Lys grå, grov larvikitt med sterkt, blått fargespill

Utsprekning: Som Malerødsonen.

Utseende: Lys grå farge med lyst blått fargespill av god intensitet. Innhold av mørke mineraler er moderat (bilder O1 og O3 i plansje 7).

Tekstur/kornstørrelse: Blant de mest grovkornete larvikitter, der feltspaten normalt ligger opp mot 4 cm. Uregelmessige kornrensere, og bergarten er motstandsdyktig mot forvitring.

Kløv/mineralorientering: Relativt tydelig mineralorientering, som heller 60 – 80 grader mot nord.

Homogenitet: Meget homogen larvikitt i farge og tekstur.

Forekomster/potensiale: Stort potensiale vest for Farrisvann. Forekomsten er atskillig mer oppsprukket øst for Farrisvann, og det kan være vanskelig å oppnå gode driftsforhold der.

3.8 Kjose-Holmen-sonen

3.8.1 Utstrekning og hovedtrekk

Sonen strekker seg fra Farrisvannet rundt Kjose og vestover Engane, til den dreier nordover i retning Holmen. Vi finner den ikke øst for Farrisvannet, noe vi antar skyldes at den er kuttet av lardalitter i dette området. Nord for sonen finner vi alkalisyenitt. Det er ikke kjent noen form for bruddaktivitet eller prøvedrift i sonen.

3.8.2 Type 11: Stålgrå larvikitt med svakt fargespill

Utstrekning: Typen utgjør de vesentlige deler av Kjose-Holmen-sonen.

Utseende: Stålgrå med meget svakt, sølvaktig fargespill.

Tekstur/kornstørrelse: Kornstørrelse opp til 3 cm, korngrenser er som regel uregelmessige.

Kløv/mineralorientering: Variabel grad av mineralorientering. Helningsvinkel varierer fra steil til 45 grader.

Homogenitet: Noe vekslende i kornstørrelse og struktur.

Forekomster/potensiale: Typen har meget svakt fargespill, og som regel kun sølvaktig. Vi vil ikke utelukke noen form for fremtidig interesse for denne typen, men pr. i dag er den ikke betraktet som markedsinteressant.

3.8.3 Type 12: Mørk grå larvikitt med sterkt, blått fargespill

Utstrekning: Flere smale bånd i type 11. Vi har avgrenset disse på kartet, men vi vil ikke utelukke at andre smale bånd i området kan forekomme. Størst utbredelse synes det nordlige beltet å ha, og dette har form av å representere en yttergrense mot de nordlige alkalisyenittene.

Utseende: Grå til mørk grå med dypt blått fargespill, god intensitet.

Tekstur/kornstørrelse: Feltspatkornene måler opp til 4 cm. Korngrensene er uregelmessige.

Kløv/mineralorientering: Mineralorientering er middels god, helningen steil.

Homogenitet: Innenfor små partier er homogeniteten god, men det kan være raske overganger mot type 11.

Forekomster/potensiale: Fargen på denne type larvikitt er meget god, og forekomstene bør underlegges nærmere undersøkelser.

3.9 Larvikittenes vestlige grensesone

3.9.1 Type 13: Lys grå larvikitt med blått fargespill, vekslende

Utstrekning: Typen opptrer som en uregelmessig sone nær larvikittens vestgrense.

Utseende: Lys grå med blått fargespill, god til variabel intensitet. Hvit omvandling av denne typen er fremtredende i store områder.

Tekstur/kornstørrelse: Sterkt variabel

Kløv/mineralorientering: Sterkt variabel, som regel diffus mineralorientering. I partier er mineralorienteringen tilnærmet horisontal, og til dels sterkt foldet.

Homogenitet: Meget inhomogen

Forekomster/potensiale: Sporadisk kan man møte på god farge, men i grove trekk er omvandlingen (bleking) av larvikitten så omfattende at vi ikke tror det er muligheter til å finne drivverdige forekomster.

3.10 Finkornet og porfyrisk larvikitt - grensesoner

I partier er larvikitten finkornet til variabel i kornstørrelse (porfyrisk). Dette er tolket til å representere grensesoner mellom ulike intrusiver i larvikittkomplekset, der larvikitten er avkjølt fortere enn i de sentrale deler av intrusivene. Vi finner mye av denne typen i Stavern-Helgeroa-sonen. I tillegg opptrer de som tynne bånd rundt om i det undersøkte området, og vi har avmerket de mest fremtredende av disse sonene. Selv om vi finner små lommer av slike larvikitttyper med fremragende fargespill, er sonene såpass inhomogene og vekslende at vi ikke kan se noe økonomisk potensiale i dem.

4. OMVANDLING AV LARVIKITTENE OG IMPLIKASJONER FOR DRIFT

4.1 Omvandling som mekanisme

I de siste faser under størkning av magmatiske bergarter, samt etter størkningen, kan bergartene omvandles under påvirkning av gasser og løsninger som infiltrerer langs sprekker eller mellom mineralkorn, og til og med langs mikrosprekker inne i mineralkornene. Dette kan føre til dannelse av sekundære mineraler og/eller reduksjon/oksydasjon av jern i bergarten; begge trekk som påvirker bergartens utseende.

Vi har merket oss under kartleggingen at omvandling av larvikittene stedvis er betydelig, og at dette er en særdeles viktig faktor for larvikittenes utseende, og dermed kvalitet og pris. Vi vil skille mellom tre typer av omvandling etter hvilken fargepåvirkning det gir: bleking (serisittisering), grønnomvandling og rødromvandling (Figur 11).

4.2 Blekede partier – serisittisering

Denne type omvandling stammer fra et seint stadium under størkningen av larvikittene, og synes tidsmessig å være nært assosiert med den tidlige fasen av pegmatitter (kapittel 3.1.6.).

Omvandlingen gir seg utslag i en generell bleking av larvikittene, der vi ser hvite partier som ”spiser” seg innover fra korn grensene og fra kløvplan internt i kornene (hvite striper). Vi har vist noen eksempler i figur 12. I figur 13 har vi vist mikroskopbilde av en ubleket og graderinger av bleket larvikitt, der vi i sistnevnte ser et fint ”støv” av mineraler (serisitt og zoisitt) som dannes på bekostning av feltspat. Omvandlingen bidrar også til å ”spise opp” larvikittens fargespill. Vi ser at blekingen følger dels langs tynne sprekker (hvite stikk) som ofte springer ut fra pegmatitter, eller den har karakter av å være en mer uregelmessig infiltrasjon av hele bergarten.

Bleking opptrer i varierende grad i hele området, ofte på en svært usystematisk måte. Følgelig er dette et fenomen som kan forventes å opptre i ethvert bruddområde. Likevel aner vi en viss sammenheng mellom hyppigheten av pegmatitter og omvandling, og vi ser tendenser til økt omvandling langs grensesoner. Vi vil spesielt bemerke at graden av bleking er særskilt betydelig vest for Langangen.

4.3 Grønne partier

Grønnomvandlete partier er atskillig enklere å forholde seg til enn bleking, siden dette fenomenet følger markerte sprekkeretninger i larvikitten. Vi ser ofte økende grønnomvandling

inn mot sprekkeflatene. Avvikende fra dette er tilsvarende grønnomvandling av den mørke Klåstad-type larvikitt som opptrer i uregelmessige lommer i bergarten, og dermed er noe mer problematisk for driften.

I motsetning til blekingen klarer vi ikke å spore grønnomvandlingen under mikroskopet. En ikke altfor suspekt fortolkning av fenomenet ville være at denne omvandlingen representerer reduksjon av ørsmå ertsnåler internt i feltspaten som følge av at reduserende væsker infiltrerte sprekker på et meget seint stadium av størkningsprosessen. De mer uregelmessige lommene i Klåstadtypen kan forklares ved at denne typen er mer ”åpen” (mindre sprø) enn de øvrige larvikittyper, slik at vi får en jevn infiltrasjon i bergarten. Noen nærmere undersøkelse av fenomenets årsak har vi imidlertid oppfattet faller utenfor rammene av dette prosjektet.

Grønnomvandlingen sees i alle brudd- og forekomstområder. Med unntak av Klåstad-typen, kan den lett spores til sprekker, der store sprekkesoner medfører brede, omvandlete partier. Følgelig ser vi ofte at larvikittene langs dalsider er sterkt omvandlet, siden dalene gjenspeiler større sprekkesoner.

Larvikittens fargespill påvirkes ikke av grønnomvandlingen, og prøver med kraftig fargespill på grønn bakgrunn kan synes svært attraktive. Imidlertid gjør omvandlingens nære tilknytning til sprekkesoner at denne ”typen” larvikitt neppe kan forekomme i økonomisk interessante partier.

4.4 Rød omvandling

Vi ser ofte at larvikitten blir rødfarget. Dette skyldes oksydering og ”omfordeling” av jernet i bergarten, som ”avsettes” som rødt pigment i feltspaten. Fargespillet brytes ned i en slik form for omvandling. Innenfor det undersøkte området ser vi den røde omvandlingen først og fremst knyttet til større bruddsoner. En lignende form for omvandling kan imidlertid ha en regional utbredelse, og er årsaken til at den rødfiolette larvikittvariant Tønsbergitt, som tidligere var drevet som naturstein, avviker i farge fra andre larvikitter.

4.5 Omvandlingens opptreden og betydning for blokkdrift

Hvitomvandling, eller bleking, forekommer mer eller mindre usystematisk i larvikittene. Likevel er det en tendens til at omvandlingstypen i stor grad kan knyttes til grensesoner mellom intrusiver og områder med mye pegmatitter. Typisk er at vi finner blekingen både i og langs tynne stikk og som en generell misfarging av bergarten i større partier. Vi finner alle graderinger representert – fra svak bleking langs korngransene og spalteplan i feltspaten til hvitfarging av hele bergarten. Blekingen har stor betydning for drift, særlig i de lyse

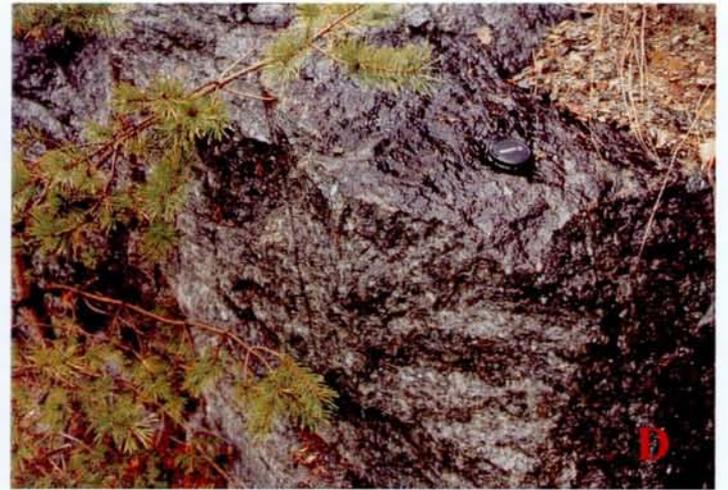
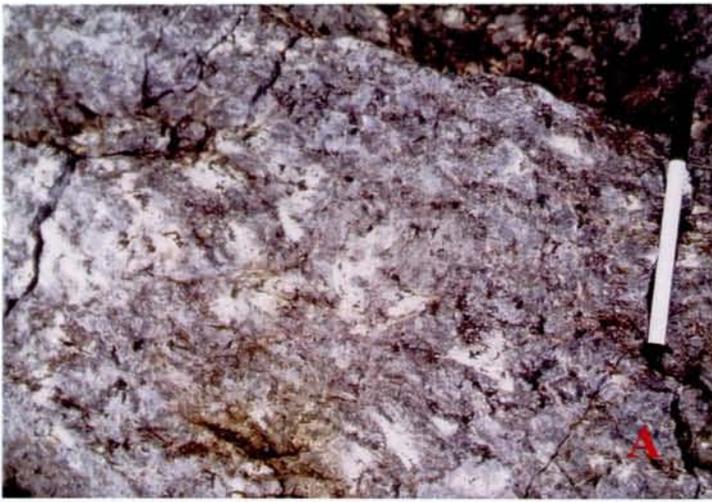
larvikittene. Både de hvite stikkene og generell bleking ødelegger eller reduserer blokkkvaliteten, hovedsakelig av estetiske grunner, siden fargespillet reduseres og fargen lysner.

Fenomenet opptrer såpass usystematisk at det er vanskelig å fremstille et kart som viser klare områdevariasjoner. Vi vil likevel nevne at vi i området vest for Langangen ser en tiltakende bleking i vestlig retning mot larvikittens vestlige yttergrense. Vi har inntrykk av at vi langs denne grensen har et belte ca. 2-4 km bredt der blekingen er såpass betydelig at vi kan avskrive økonomiske forekomster.

Den beste måten å unngå denne type omvandling i forbindelse med drift synes å være å drive i områder der det finnes lite av den tidlige generasjon med pegmatitter.

Grønn og rød omvandling er i de fleste tilfeller relatert til sprekker og sprekkesoner. Den beste måte å unngå dette på er å unngå svært oppsprukket forekomster og dalsider ut mot større sprekkesoner. I Klåstad er observert grønn omvandling som mer usystematisk infiltrerer bergarten, men det er en viss sannsynlighet for at dette fortrinnsvis foregår i nærheten av sprekkesoner.

Det er i alle tilfeller viktig å være klar over at omvandling påvirker fargen på larvikittene, og at variasjonsmønsteret i dels er uavhengig av typevariasjonen som er vist på det geologiske kartet.



Figur 11

Omvandling av larvikitt.

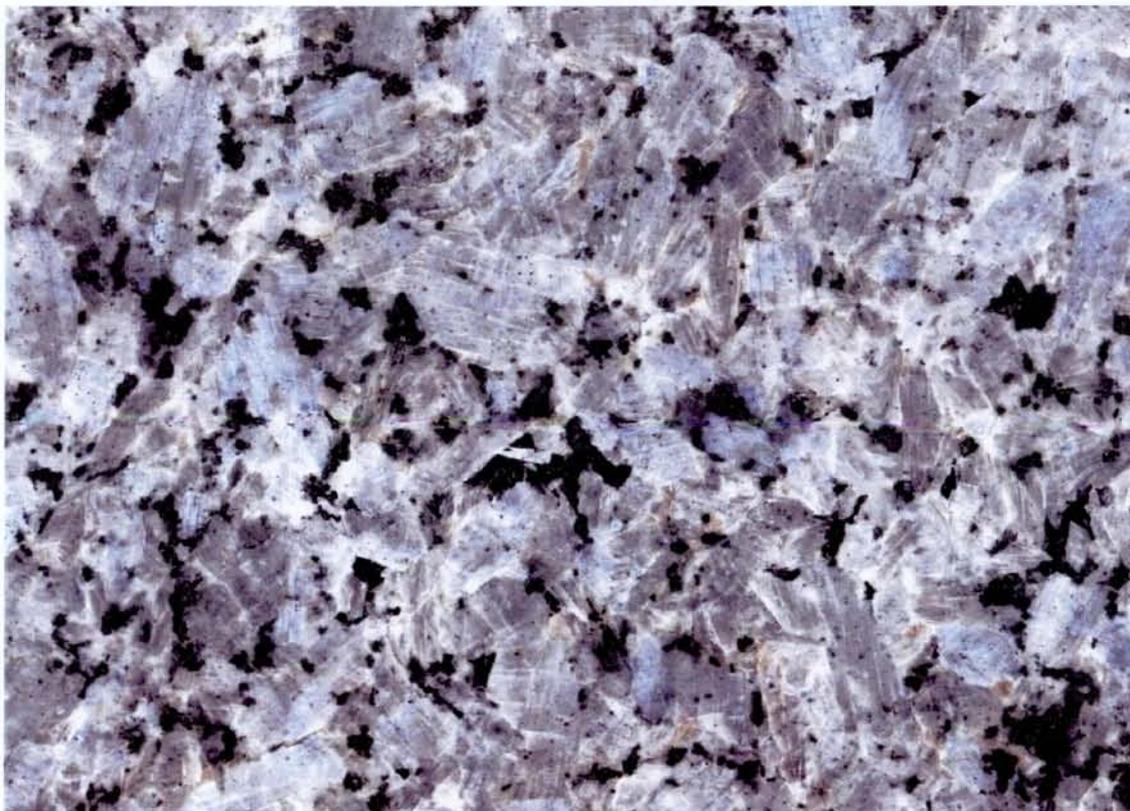
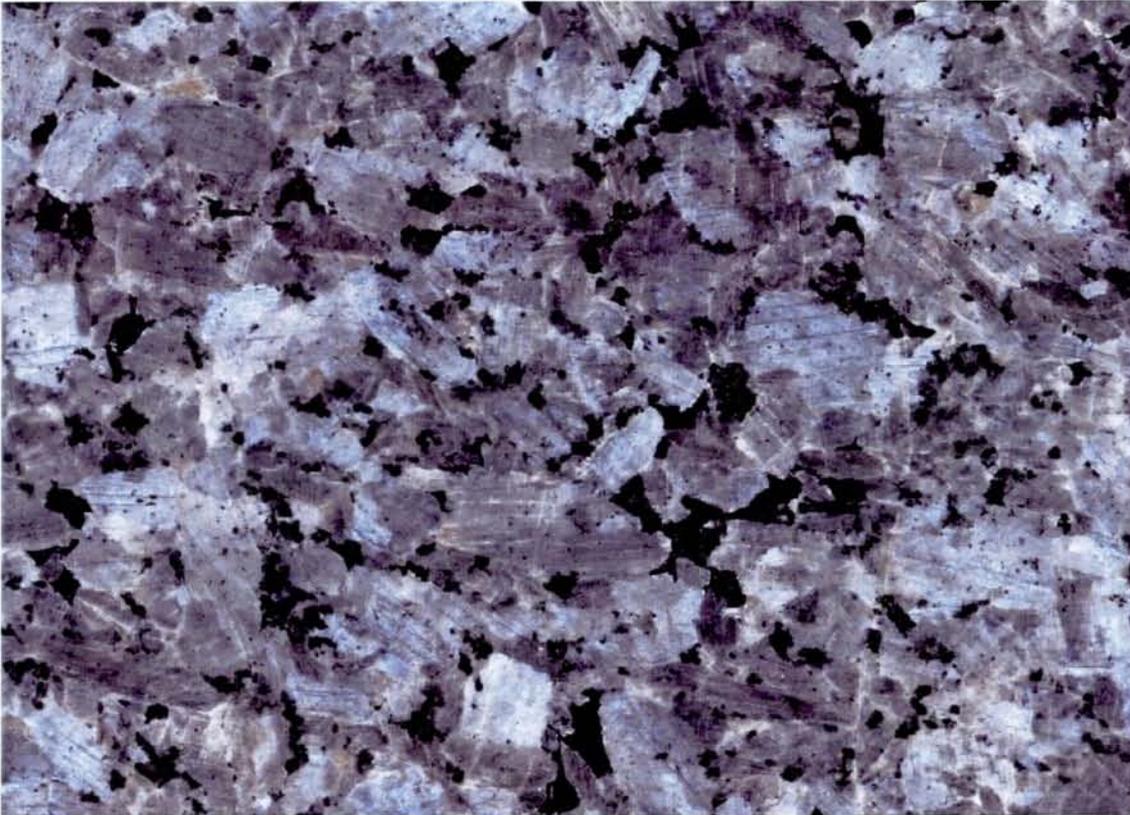
A) flekkvis bleking i lys larvikitt, begynnende langs korngrenser.

B) omvandling langs sprekk i mørk larvikitt.

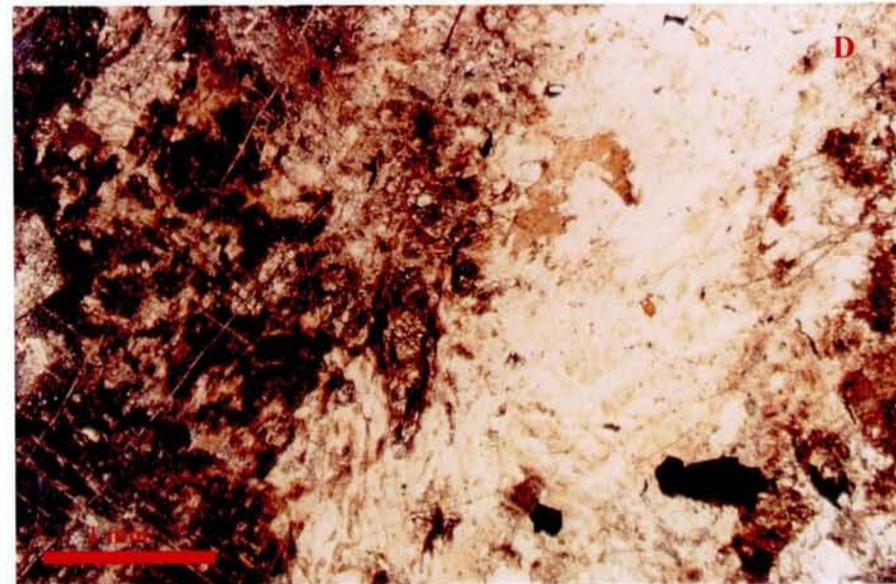
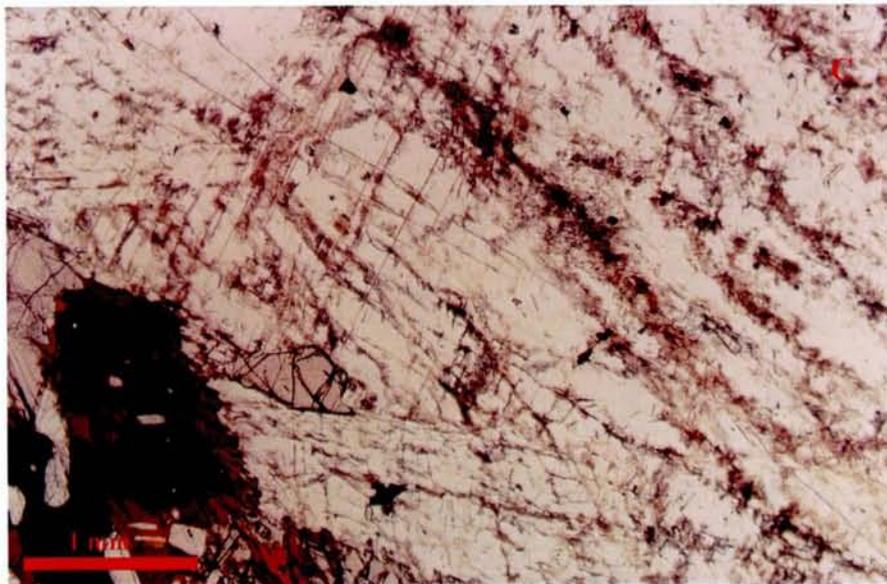
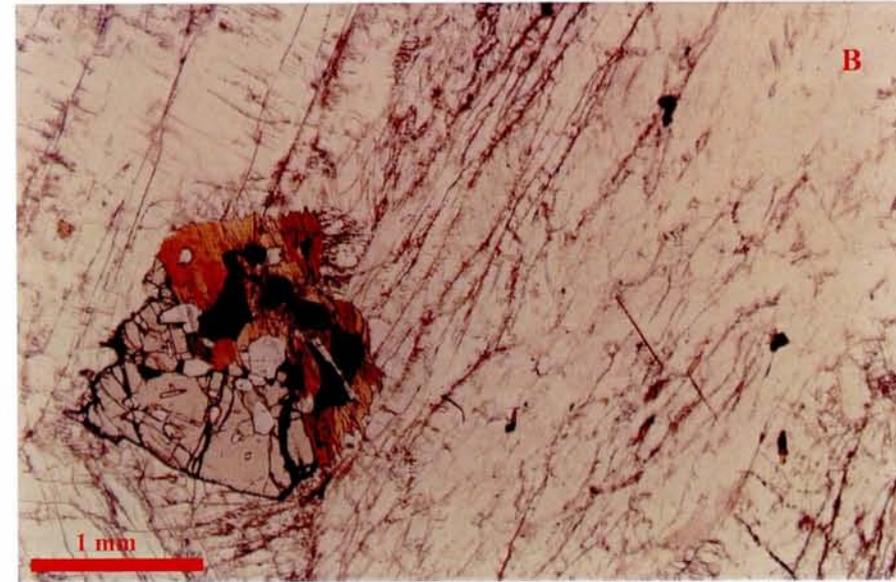
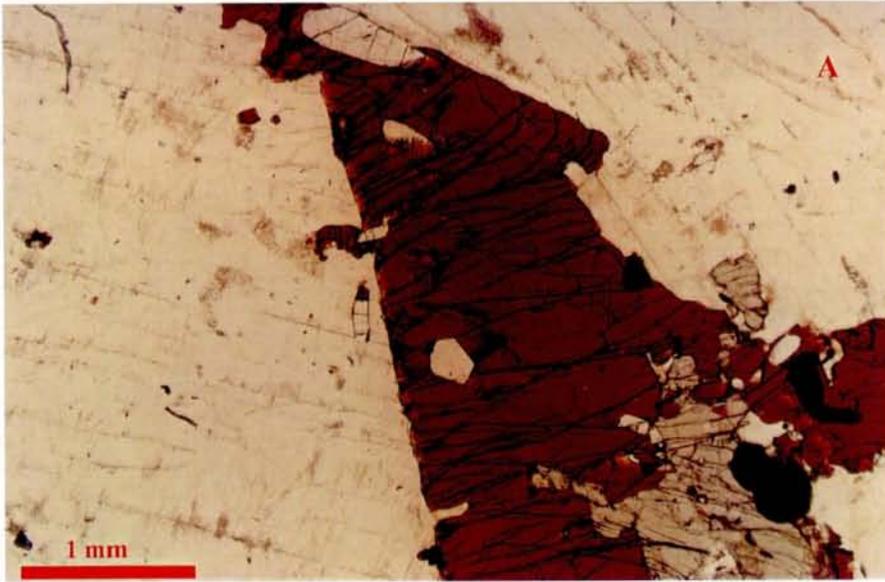
C) sprekkesone i Malerød (midt på bildet) med kraftig grønnomvandling.

D) grønnomvandling i lys larvikitt; venstre del av bildet er "frisk", mens høyre del er grønnfarget.

E) blekede sprekker og rødombvandling i lys larvikitt langs en større sprekkesone.



Figur 12
Polerte plater av larvikitt fra Malerød. På det øverste bildet ser vi uomvandlet larvikitt, mens bildet nederst viser hvitomvandlet larvikitt. Vi ser her blekede partier langs kornenes yttergrenser og internt i feltspatkornene, langs mineralets kløvplan. Skala på bildene er 60% av normalstørrelse.



Figur 13

Mikroskopbilder (tynnslip, planpolarisert lys) av hvitomvandling (bleking) i larvikitter. Feltspat (lys grå til hvit på bildene) omvandles til serisitt og klinozoisitt. I mikroskop tar dette seg ut som "støv" langs kløvplan og korngrenser. Vi ser tydelig en progressiv utvikling fra frisk larvikitt i A til sterkt bleket larvikitt i D.

A) uomvandlet, lys larvikitt, B) svakt bleket larvikitt, C) bleket larvikitt og D) sterkt bleket larvikitt.

5. SPREKKER OG FORKASTNINGER

5.1 Oppsprekning som mekanisme

Når vi ser sprekker i fjellet, er disse et resultat av et komplekst samspill av prosesser over lang tid. For magmatiske bergarter i berggrunnen rundt Oslofjorden, kan vi dele disse prosessene inn i følgende:

1. oppsprekning knyttet til volumendringer og bevegelser i bergarten under størkning
2. oppsprekning knyttet til forkastningsaktivitet (tektonikk)
3. oppsprekning knyttet til landhevning etter istiden
4. oppsprekning knyttet til stabilisering av berggrunnen etter erosjon

Hvorvidt larvikittene er mye eller lite oppsprukket avhenger følgelig av hovedsakelig to faktorer: bergartens mekaniske egenskaper og grad av tektonisk påvirkning.

De mekaniske egenskapene avhenger av aspekter slik som kornbindinger/korngrenser, mineralorientering, mineralogi og kornstørrelse. Larvikitter som har uregelmessige korngrenser er ofte best ”sammenkittet” og ”sprø”, det vil si at de lett sprekker opp og har jevnt over høy sprekketetthet. Samtidig danner de bratte koller i terrenget, atskilt av større sprekkesoner. Mange av de lyse larvikittypene har slike egenskaper.

På den andre enden av skalaen står den mørke Klåstadtypen, der vi har svakere bindinger mellom mineralkornene. Tektonisk påvirkning og spenningsavlastning fører her til dannelse av sprekker langs korngrensene, bergarten får en mer porøs tekstur og er ”åpnere”. Med andre ord, påvirkningene er tatt opp i bergartens mikrotekstur fremfor dannelse av tette sprekker. Dette fører til at den mørke larvikitten normalt er mindre oppsprukket (større avstand mellom sprekke) enn den lyse, men har en høyere porøsitet som fører til at den lettere forvitrer og får et dypere forvittringsprofil.

Et annet viktig trekk vedrørende de mekaniske egenskapene er at vi ofte ser at sprekkeretninger gjenspeiler krystallografiske retninger i bergarten. For eksempel har sprekker og forkastninger en tendens til å plassere seg enten langs larvikittens kløv eller vinkelrett på denne (bust), i tilfeller der disse retningene grovt samsvarer med de sprekkdannende stress-systemene.

I områder med sterk tektonisk aktivitet vil vi få generert høy frekvens av sprekker langs for eksempel forkastninger. I Larvikområdet har vi hatt aktiv forkastningstektonikk langs en nord-syd akse, forårsaket av øst-vest strekning av jordskorpa. Vi finner nord-syd gående forkastninger i området som spenner fra regional skala til blotningskala. I nærheten av

forkastninger får vi vesentlig høyere sprekketetthet enn i god avstand fra slike. Videre vil de remanente stressfelt i bergartene, og dermed lokal fordeling av sprekkeretninger, kunne veksle fra en side av en forkastning til den andre. Følgelig ser vi ofte at to koller atskilt av en forkastning kan vise helt forskjellig spenningsforhold og grad av oppsprekning.

Landhevingen har på nytt ført til oppsprekning, gjerne ved å forsterke allerede etablerte sprekkeretninger i berggrunnen. Videre vil vi, etter isens erosjon, få spenninger rettet utover mot terrengoverflaten, noe som ideelt sett fører til terrengparallelle sprekker. I den mørke larvikitten, hvor vi har lavt terrengrelieff og en ”åpen” tekstur, ser vi den mest markerte ”benkningen”. I den ”sprøere”, lyse larvikitten får vi et større terrengrelieff, og benkningen er atskillig mer uregelmessig. I tillegg er det tendenser til at disse spenningsavlastningene i stedet for å følge den ideelle retningen langs terrenget, ”hopper” inn i naturlige svakhetsretninger i bergarten, som oftest er hovedkløven (mineralorienteringsplanet). Dette kan føre til det problemet som kalles ”åpen kløv”. Det er også mulig at dette fenomenet også kan opptre under dagoverflaten, trolig i soner hvor spenningen er ”forløst” i forbindelse med forkastningsblokker.

I figur 14 har vi vist en terrengmodell for hele det undersøkte området og litt til. Vi ser antydninger til fordeling av motstandsdyktige og mindre motstandsdyktige larvikitter, og vi ser fordelingen av hovedsprekkesoner. Disse gir seg utslag i en markert retning omtrent nord-syd, med en svakt radiær form der sprekkesonene fremtrer vinkelrett til larvikittens kløv. Dette er tilfellet i de midtre delene av området, mens vi på østlig og vestlig flanke får et noe annet bilde. Dette tolker vi dithen at disse ”bustsprekkene” er mest fremtredende der hvor de grovt sett sammenfaller med den nord-syd orienterte forkastningsretningen.

Eksempler på hvordan sprekke mønster kan ”leses” fra mer detaljerte terrengmodeller er vist i figur 15, 16 og 17. Her fremkommer det et mer komplekst system enn på det regionale bildet. De markante nord-syd sprekkesonene er fremtredende regionalt, mens vi lokalt får ulik dominans av andre retninger mellom de større systemene, der lokale spenningsforhold kan forårsake at mens en kolle har markant øst-vest oppsprekning, kan nabokollen ha nordøst-sydvest som dominerende retning.

5.2 Store forkastninger

Ut ifra geologiske feltobservasjoner og geofysiske målinger kan vi med rimelig sannsynlighet fastslå eksistensen av to større forkastninger i området. Den mest iøynefallende går langs Farrisvannet – Larvikfjorden (se begge kartbilag). Langs denne har vi hatt en ganske betydelig vertikal forskyvning av larvikittene, noe som medfører at vi kan møte forskjeller i kvalitet mens vi beveger oss over forkastningen. Dette kan gi seg utslag i variasjoner både i utseende og mineralogi, siden vi betrakter ulike nivåer i larvikittene, og det kan ha betydning for oppsprekning. Dette kan dels medføre et skifte i oppsprekningsregimet så vel som en

gradvis økende grad av oppsprekning og omvandling etter hvert som man nærmer seg forkastningen.

En tilsvarende utvikling kan vi spore ved den andre større forkastningen, som sannsynligvis forekommer langs Langangsfjorden og nordover langs dalen.

Når det gjelder Farris – Larvikfjord-forkastningen, ser vi tydelig av kartene en forskyvning av larvikittyper langs denne. For eksempel ser vi at Malerød-sonen er bredere øst for forkastningen enn i vest. Vi aner også en tendens til større grad av oppsprekning øst for forkastningen enn vest for den.

For Langangen-forkastningens vedkommende ser vi derimot en tendens til økende grad av hvitomvandling på vestsiden enn østsiden. Videre ser vi at Tvedalsonen er atskillig tynnere i vest enn øst for forkastningen. Vi ser også en generell, betydelig oppsprekning langs fjorden og dalsidene lengre nord.

Selv om påvisningen av disse store forkastningene ikke medfører betydelige endringer i en eventuell prospekteringsstrategi i området, må vi ta høyde for at de kvaliteter vi finner på den ene siden av en forkastning ikke nødvendigvis kan sammenlignes med den andre siden, selv om larvikittsonene som sådan finnes på begge sider.

5.3 Skjærsoner

Flere steder i larvikitten ser vi duktile (plastiske) skjærsoner. Larvikitten kan her være sterkt deformert, og til dels ugjenkjennelig (figur 18e). Slike skjærsoner har liten influens på blokkdriften, siden vi først og fremst finner dem i tilknytning til kontaktsoner mellom intrusiver.

5.4 Mindre sprekke- og forkastningssoner

Den viktigste retningen på mindre forkastninger og hovedsprekkesoner er tilnærmet nord-syd. Dette er særlig fremtredende i de områder der larvikittens mineralorientering er tilnærmet øst-vest, og der hovedsprekkeretningene sammenfaller omtrentlig med larvikittens sekundærkløv – eller ”bust”.

En annen viktig retning er langs larvikittens hovedkløv, dvs. sprekkesoner som definerer det samme ringmønsteret som larvikittypene. Kløvsprekker er også ytterst vanlig i mindre skala.

I tillegg til disse to retningene er sprekker som er orientert rundt 45 grader på disse vanlig.

Samlet gir oppsprekningsmønsteret en morfologi karakterisert av nord-syd-gående rygger i terrenget (atskilt av nord-syd hovedsprekker) som dels blir brutt i øst-vest retning av kløvsprekker.

Mellom hovedsprekkesoner kan bildet, som tidligere nevnt, være meget komplekst, der dominerende sprekeretning kan veksle fra en rygg til en annen. Til tross for dette, sier frekvensen av hovedsprekker oss en god del om frekvensen av sprekker imellom disse. Dess tettere mellom hovedsprekker ("smale koller"), dess tettere er oppsprekningen imellom.

I tillegg til disse systematiske retningene opptrer terrengparallele avlastningssprekker som i gjennomsnitt følger terrengoverflaten (Figur 18b), men som kan vise komplekse variasjoner der terrenget er svært uregelmessig.

5.5 Åpen kløv

Dette fenomenet er vanlig i flere bruddområder, og kan kort beskrives som korte, tynne sprekker langs larvikittens kløv, gjerne dekket av en hvitaktig hinne av leirmineraler (figur 18c og 18d). Vi tror fenomenet skyldes spenningsutløsning i steinen, og at dette fører til små sprekkdannelse langs larvikittens svakeste retninger. Slik spenningsutløsning forekommer nær overflaten og/eller i lokale "lommer" inne i fjellet.

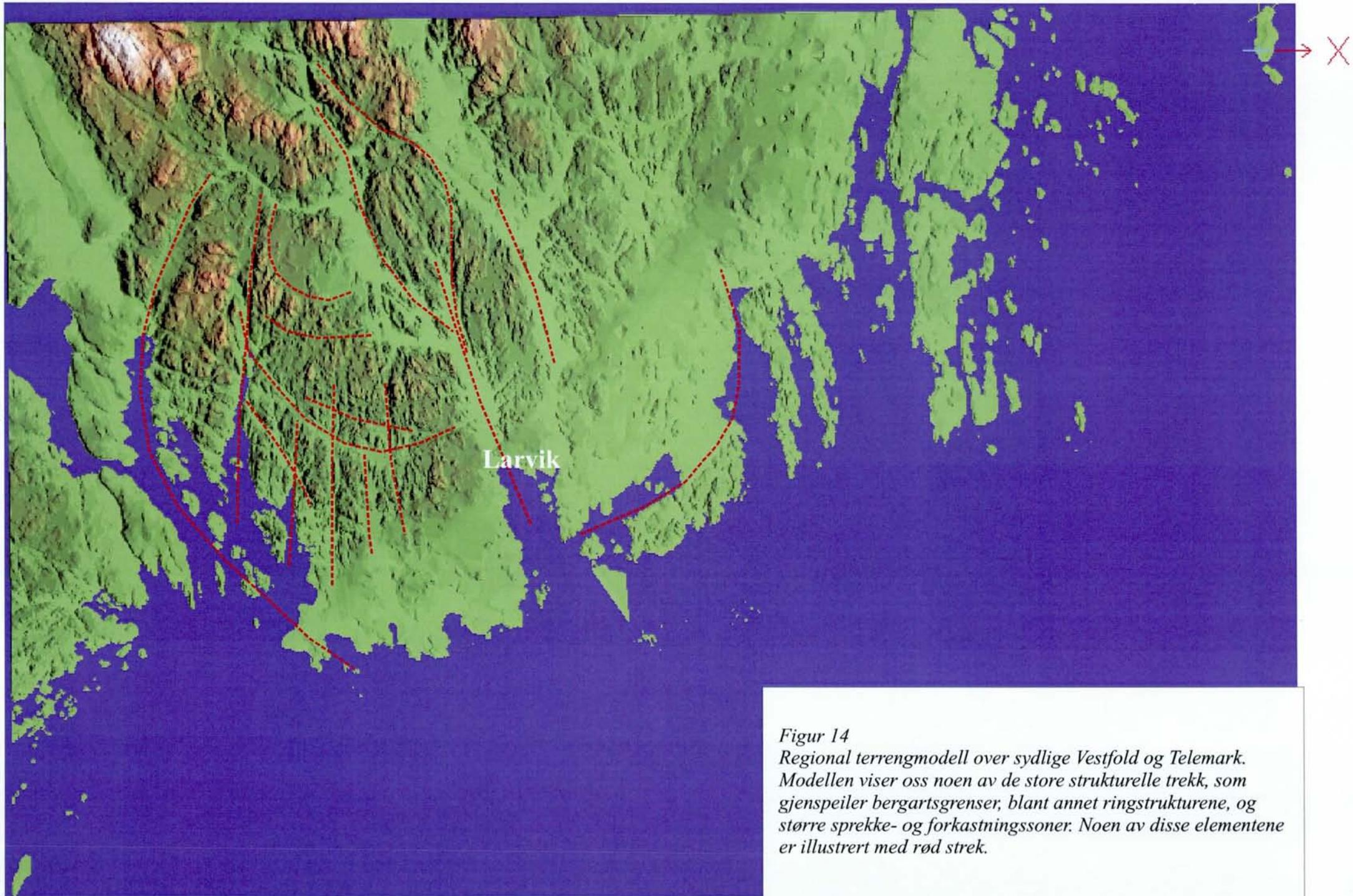
Det er kun noen av larvikittypene som er "infisert" av åpen kløv, i første rekke type 7, 8 og 9. Vi tror dette skyldes at disse larvikittene er "sprøere" enn andre typer. Videre ser vi klare antydninger til at det først og fremst er de mest massive partiene i disse larvikittene som har mest åpen kløv. Dette er for så vidt logisk, siden trykkavlastning i en tett oppsprukket larvikitt justeres gjennom den eksisterende oppsprekningen, mens spenningen i en mer massiv larvikitt utløses gjennom nye sprekkdannelse.

Overflatenær åpen kløv kan forekomme ned til 10-15 meter, og slike partier er ikke anvendelig til polerte plater. Siden det neppe er særlig hensiktsmessig eller lurt å anbefale larvikittpodusenter å drive på sterkt oppsprukket larvikitt, må vi kun erkjenne at ved inndrift i massive forekomster av enkelte typer larvikitt må man beregne å fjerne slike partier. Dog vil vi nevne at tilstedeværelsen av åpen kløv lett kan sees på forvitret steinoverflate, og at man følgelig kan forutse problemet (figur 18e).

5.6 Sprekkesenes opptreden og sammenhenger

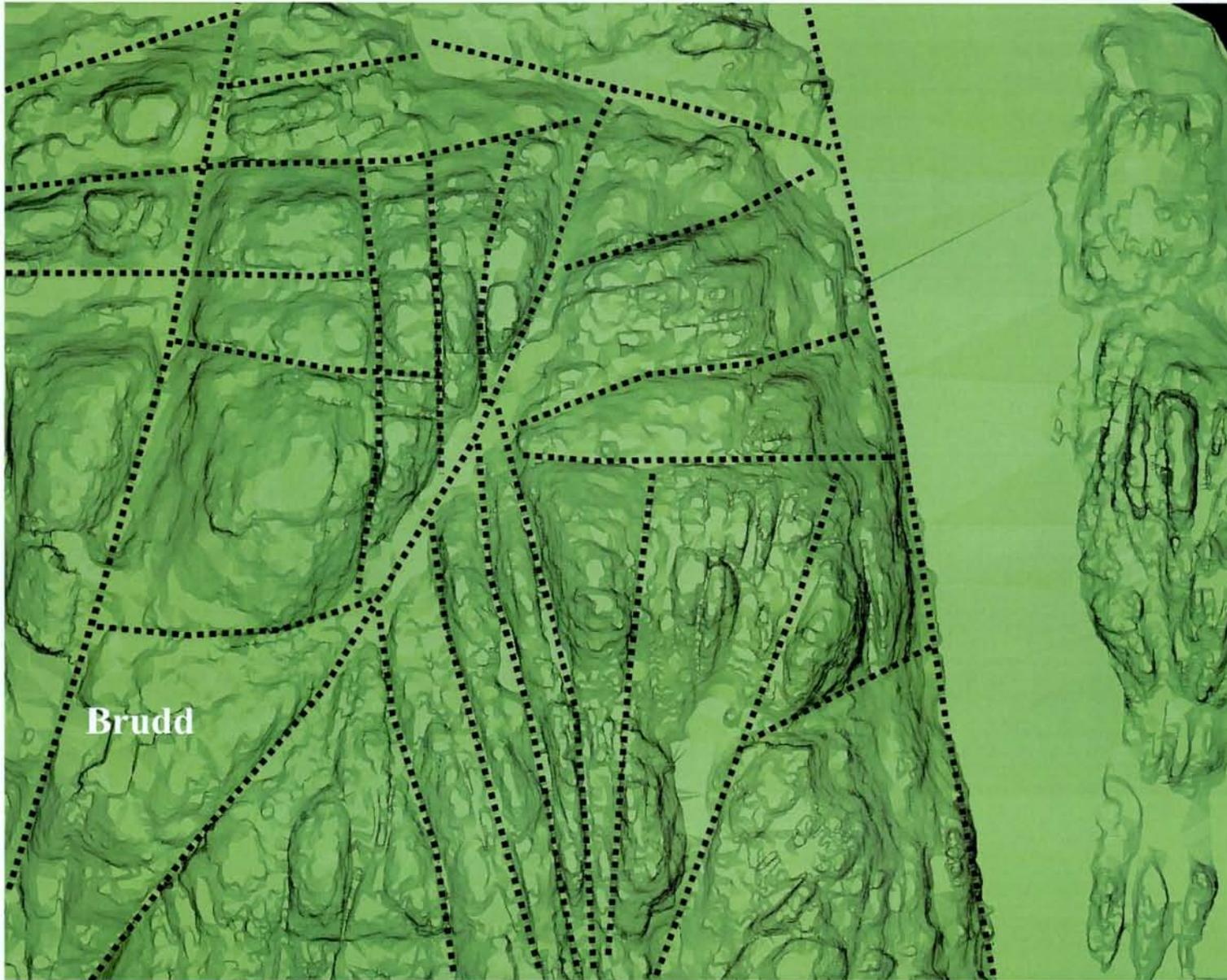
Vi vil her ikke gå i store detaljer på oppsprekningens natur, men heller oppsummere noen viktige sammenhenger:

- De lyse larvikittene er generelt mer oppsprukket enn de mørke, på grunn av reologiske forskjeller mellom typene (de lyse larvikittene er "sprøere" enn de mørke).
- Sprekkesetettheten er høy nær de store forkastningene.
- Sprekkesetettheten i de nordlige deler av området er generelt høyere øst for Farrisvann enn vest for det.
- Sprekkesetetthet i forekomstene synes nært knyttet til morfologi; daler og søkk i terrenget går langs sprekkesoner, mens massive partier utgjør de topografiske høydetrak.
- Dess bredere høydetrakene er, dess mer massiv larvikitt.
- Åpen kløv er utbredt i type 7, 8 og 9, og kan forventes å opptre i alle massive forekomster.



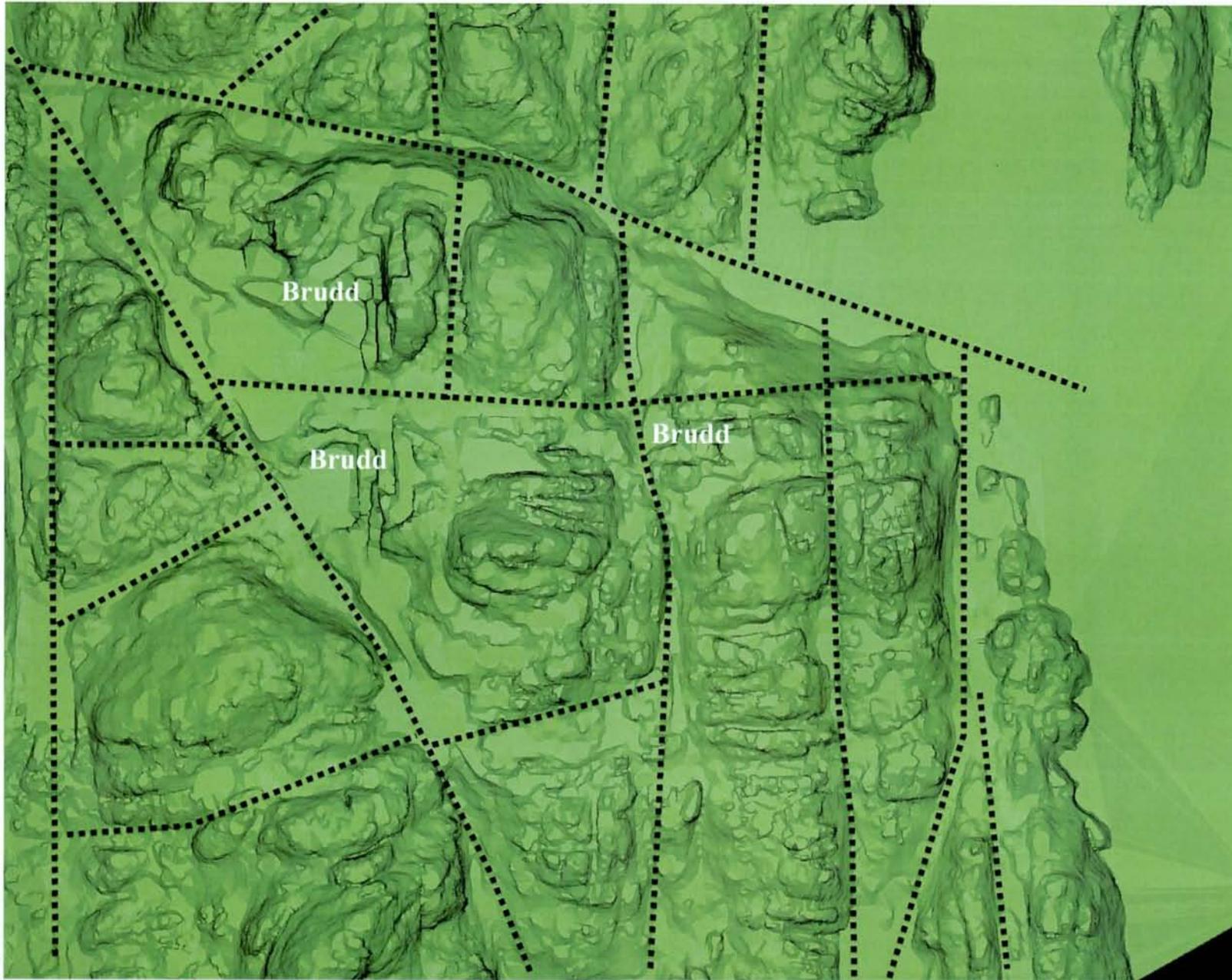
Figur 14
Regional terrengmodell over sydlige Vestfold og Telemark. Modellen viser oss noen av de store strukturelle trekk, som gjenspeiler bergartsgrenser, blant annet ringstrukturene, og større sprekke- og forkastningssoner. Noen av disse elementene er illustrert med rød strek.

50



Ca. 1km

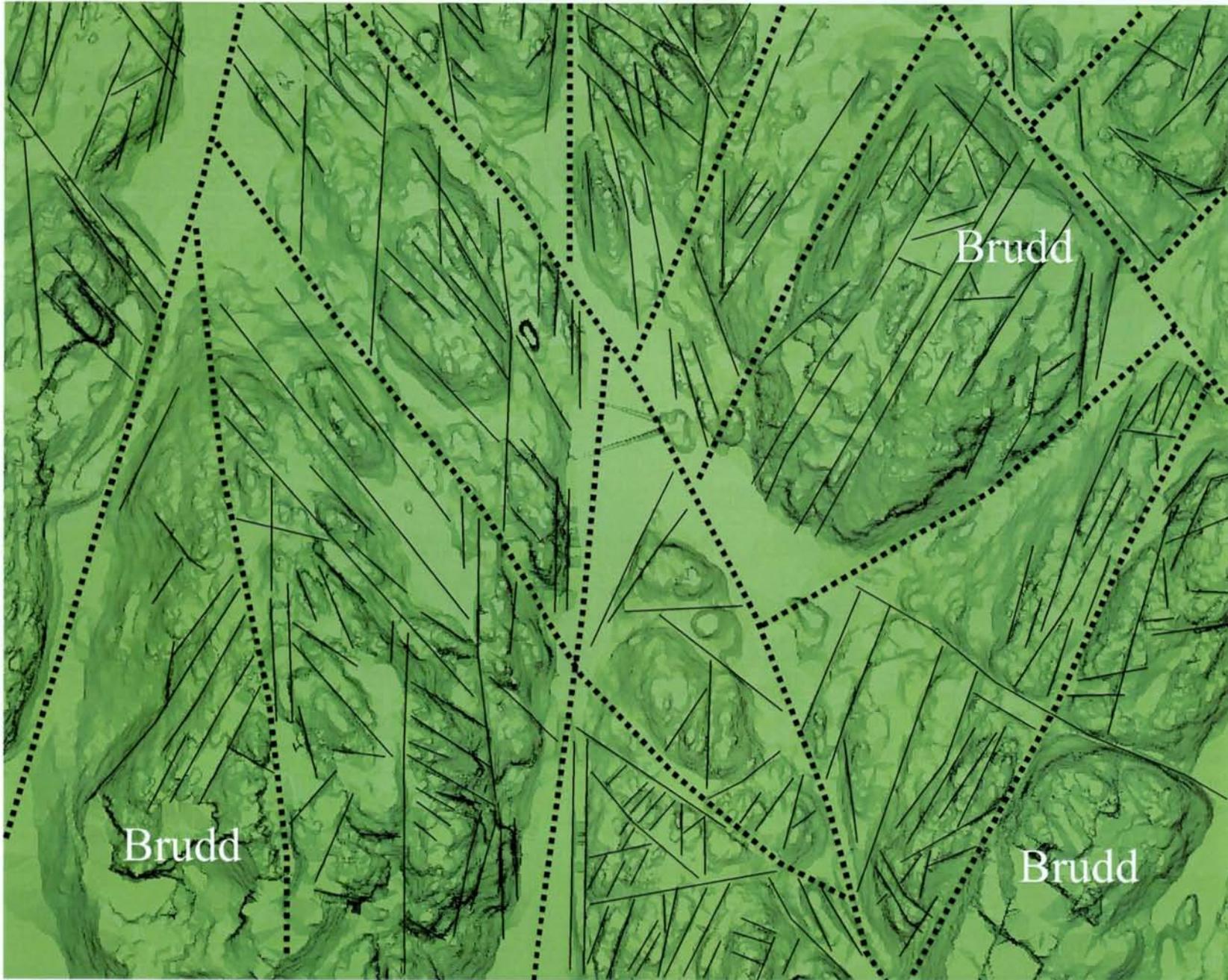
Figur 15
Topografisk modell av et område i Tvedalen (Hallevatnet til høyre på bildet). Markerte, større sprekkesoner deler terrenget inn i "blokker" (merket med stiptet linje). Mindre sprekkesoner sees som topografiske linjer. Vi ser markerte nordøst-sydvest og nord-syd gående soner, samt partier med til dels sterk oppsprekning både nord-syd og øst-vest. Det er meget sterke vekslinger i sprekketetthet fra blokk til blokk.



Figur 16
Topografisk modell av et område
i Tvedalen (Hallevatnet til høyre
på bildet). Markerte, større
sprekkesoner deler terrenget inn
i "blokker" (merket med stiptet
linje). Mindre sprekkesoner sees
som topografiske linjer.
Vi ser en vekslende øst-vest og
nord-syd dominans av
sprekkeretninger, og at
oppsprekningsgraden også kan
veksle mye fra blokk til blokk.

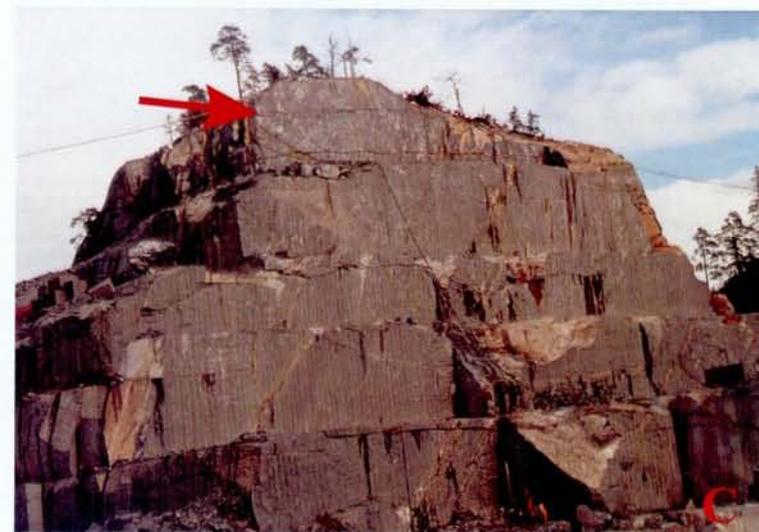
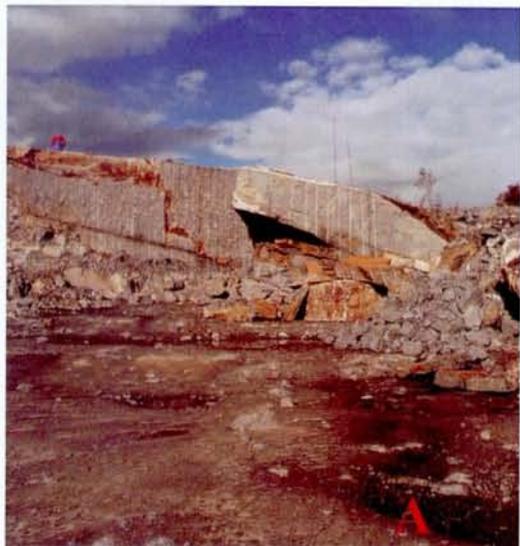
Ca. 1 km

52



Figur 17
Topografimodell fra
Tvedalen-området. Merk
komplisert variasjon i
hovedsprekkeretninger
som veksler fra den ene
haugen til den andre.
Større sprekker og skille
mellom sprekkeregimer er
tegnert med stiplet linje,
tolkning av mindre
sprekkesoner med
heltrukken, tynn linje.

Ca. 1 km



Figur 18
Oppsprekning i larvikittene.
A) terrengparallele benker (avlastningssprekker) i lys larvikitt, B) parti med "åpen kløv", som fremtrer som lyse flekker på kløvflaten, C) Brudd i Tvedalen med tydelig "åpen kløv" i kollens øvre del (se pil), D) "åpen kløv" slik fenomenet fremkommer på forvitret bergoverflate. Merk de tynne, regelmessige sprekkene parallelt med hammerens orientering E) Skjærsone i larvikitt med mylonittisk struktur (se pil)

6. KONKLUSJONER

6.1 Reservegrunnlaget

Under følger konkluderende betraktninger vedrørende hvor vi mener det finnes reserver av ulike larvikittyper. Vi har valgt å dele inn i følgende grupper:

- *Sikre reserver* – områder hvor det er vist gjennom regulær drift at det med stor sannsynlighet finnes reserver av god kvalitet
- *Mulige reserver* – områder hvor det er mulig å lokalisere forekomster av kjente kommersielle typer eller nye typer
- *Usikre reserver* – områder hvor vi ikke vil utelukke at det finnes muligheter for nye forekomster

Reservegrunnlaget for hver av de kartlagte larvikittypene vurderes i henhold til dette. Dette impliserer at vi ikke "tar stilling til" hvilke av typene som pr. i dag har høyere kommersiell verdi (pris) enn andre, selv om det er relativt innlysende at en larvikitt med sterkt, blått fargespill pr. i dag er mer attraktiv enn en med moderat til svakt, sølvaktig fargespill. Men det er her viktig å ta innover seg at typer som for 20 år siden ikke ble ansett som kommersielt attraktiv i dag er det, og at vi kan forvente også i fremtiden at industrien vil forflytte seg til nye kommersielle typer. Et godt eksempel er hvordan Tvedalen-feltet "spiser seg" nordover inn i typer som ikke har like utpreget blått fargespill som Tvedalen-typen.

Viktig er det også å være oppmerksom på at forekomstene utgjør høydedrag i terrenget, slik at dalsøkk selv innenfor de beskrevne områdene i stor grad fører sterkt oppsprukket og til dels sterkt omvandlet larvikitt.

6.2 Reserver av kjente kommersielle larvikittyper

Tvedalen-type

Sonen antas å ha en steil orientering, slik at eksisterende forekomster synes å fortsette i dybden under ethvert realistisk driftsnivå.

Tvedalen mellom Hallevatnet og Sildevika står fremdeles som det viktigste reserveområdet der vi har *sikre reserver*. Kvaliteten er klart best og forekomstene har her størst utstrekning.

Mellom Hallevatnet og Tanum, samt området Auen-Saga-Barlindåsen finnes også *mulige reserver*, men ikke av så god kvalitet som Tvedalen; i disse to områdene har vi mer pegmatitter innblandet i larvikitten.

Vest for Langangsfjorden (Bjønnnes-Gampedalsåsen) har vi den antatte fortsettelsen av Tvedalensonen. Fargen synes overveiende god og blå, men sonen er langt tynnere enn øst for fjorden. Det finnes dog muligheter for å lokalisere drivverdige forekomster, og området kan betegnes som *usikre reserver*.

Malerød-type

Sikre reserver forekommer langs hele sonens utstrekning vest for Farrisvann. Øst for Farrisvann er fargen god, men sprekketettheten større, og vi vil klassifisere området som *usikre reserver*.

Bergan-type

I realiteten er det kun dagens bruddområde som inneholder *sikre reserver*. *Usikre reserver* kan forekomme under løsmassene i forlengelsen av bruddområdet. Vi anser imidlertid resten av forekomstens utstrekning til å være svært vanskelig å utvikle, dels på grunn av den store løsmasseoverdekningen og dels på grunn av det lave topografiske relieffet.

Klåstadtype

Sikre reserver finnes i det partiet på kartbilaget som omringer dagens driftsområde. *Mulige reserver* opptrer innenfor de andre, mindre partiene der denne typen forekommer. Vi ser små muligheter til gevinst ved å prospektere større områder dekket av løsmasser.

Stålaker-type

Sikre reserver opptrer omkring og i forlengelsen av dagens driftsområde ved Stålaker. *Mulige reserver*, dog av variabel karakter, opptrer i flere avlange partier øst for dette feltet.

6.3 Forekomster av andre larvikittyper

Herunder kommer larvikittyper som med noen unntak tidligere ikke har vært drevet i særlig grad, noen ikke i det hele tatt. Vi henviser igjen til kartbilaget for de forskjellige typenes utstrekning.

Type 1 – lys grå larvikitt med svakt fargespill (Kjerringvik-Sandefjordsonen) har *mulige reserver* rundt Massåsen-området. Resten av sonen er til dels sterkt bebygget eller meget oppsprukket.

Type 6 – Lys grå larvikitt med sølvaktig til blått, moderat til svakt fargespill opptrer i store deler av de vestlige larvikittsonene. *Sikre reserver* av larvikitt med moderat fargespill, ofte med dominans av sølv, finner vi mellom Tvedalsonen og Tverrfjorden. Dette inkluderer de nordligste bruddene i Tvedalen og de gamle bruddene ved Bassebu. *Mulige reserver*, dog med noe svakere fargespill, finnes i typens utstrekning nord for Tverrfjorden, avgrenset av Langangen i vest og Farrisvann i øst. *Usikre reserver* opptrer øst for Farrisvann og vest for Langangen, i sistnevnte er det til dels store partier som er bleket, og vi antar at mulighetene til å finne nye forekomster er små.

Type 7 – Lys grå, grov larvikitt med spredt, blått fargespill opptrer sydvest for Hedrum pukkverk. *Mulige reserver* forekommer mellom pukkverket og E18. Andre områder innenfor typens utstrekning er stort sett bebygget.

Type 8 – Lys grå larvikitt med blått, moderat til sterkt fargespill opptrer som flere tynne soner i de vestlige deler av området, og inkluderer gamle brudd ved Løkosen, syd i Tvedalen. Innenfor alle disse avmerkete partiene finnes *mulige reserver*.

Type 12 – Mørk grå larvikitt med sterkt, blått fargespill opptrer kun i de nordligste deler av larvikittkomplekset. *Mulige reserver* opptrer i avgrensete, tynne partier.

6.4 Larvikittyper av antatt ingen økonomisk verdi

Enkelte av larvikittypene vil vi anta ikke har noen økonomisk verdi. Det kan være fordi typen(e) er uten fargespill, er svært variabel (inhomogen) i karakter, opptrer kun i sterkt bebyggete områder eller er betydelig omvandlet. Dette gjelder type 2 (lys, grov larvikitt rik på mørke mineraler), type 11 (stålgrå larvikitt med svakt fargespill), type 13 (vekslende larvikitt med blått fargespill langs larvikittenes vestlige grense), samt finkornete og porfyriske partier og hele Stavern-Helgeroasonen.

6.5 Anbefalinger

Innenfor det undersøkte området:

Larvikittyper i området er kartlagt regionalt, og det er skilt mellom totalt 14 typer larvikitt. Kartbildet er komplekst, med til dels diffuse overganger mellom larvikittyper, tidligere ukjente, større forkastninger og ikke minst, raske variasjoner i både sprekketetthet og omvandling.

En naturlig oppfølging av dette arbeidet vil være mer detaljerte undersøkelser og vurderinger av forekomstenes kvalitet. Dette er trolig en oppgave for industrien, men det er viktig at områder med sikre reserver ivaretas som driftsområder. Områder med mulige reserver bør ikke båndlegges til andre formål før det er sikkerhet for at forekomstkvaliteten ikke er god nok for drift, og dette bør også helst gjelde usikre reserveområder. Vi har mulighet til å detaljere dette bildet, men ønsker en oppsummering av resultatene fra kartleggingen med fylker, kommuner og industrien før vi evt. kartfester denne informasjonen.

Utenfor det undersøkte området

Det har, etter vår mening, vist seg at både geofysiske undersøkelser og regional kartlegging har sin misjon i Oslofeltets bergarter. Vi ser derfor for oss oppfølgende regionale råstoffundersøkelser lengre nord og øst, gjerne i samarbeid med fylkesgeologen for Buskerud, Vestfold og Telemark.

6.6 Viktige aspekter innen forekomstundersøkelser

Vi mener prosjektet har høstet en del lærdom om larvikittenes natur, variasjoner og mulige metoder for oppfølgende undersøkelser av prospekter. Vi håper å kunne bidra med noen nyttige tips i den sammenheng, og vil oppsummere følgende:

- Farge/fargespill: selv fra overflateprøver er det mulig å få et godt inntrykk av larvikittens fargespill. Det er derfor mulig å foreta overflatekartlegging som gir et godt førsteinntrykk av fargefordeling.
- Ganger og pegmatitter: kan delvis kartlegges fra overflaten, men spesielt horisontale pegmatitter, som synes å ha størst påvirkning på larvikittens kvalitet, er mer vanskelig. Strategisk innrettet kjerneboring vil her være den beste løsningen.
- Bleking: sees ganske lett ved overflatekartlegging, i hvert fall der denne type omvandling er et gjennomgående trekk. Fremkommer meget godt i borkjerner. Er ofte knyttet til pegmatitter, enten som utspringende tynne årer eller som en jevnere misfarging, men kan også opptre i større områder nær grensesoner.

- Grønn- og rød omvandling: opptrer langs sprekkesoner, og følger dermed ofte brattkanter i terrenget. Er lett å kartlegge i overflaten.
- Sprekker: detaljerte topografiske kart og flyfoto er særdeles nyttig for å skaffe en oversikt over et område. Oppfølging med overflatekartlegging vil gi en videre god indikasjon på oppsprekningsmønster/blokkstørrelse. En hovedregel er at hvis tettheten mellom systematiske hovedsprekker i et område er høy, er sjansen for tett, mellomliggende oppsprekning stor.
- Åpen kløv: tilstedeværelsen av åpen kløv er lett å se på forvitret flate. Hvor dypt det stikker er vanskeligere å forutse. Det er klare indikasjoner på at fenomenet følger enkelte typer larvikitt og opptrer spesielt i partier som for øvrig er massive.

Oppsummert kan vi si at overflatekartlegging kombinert med detaljerte topografiske kart gir et godt førsteinntrykk av en forekomst. Dyrere metoder, slik som kjerneboring og prøveuttak, vil være nyttig som en strategisk oppfølging av overflatekartleggingen hvis denne gir positive resultater.

7. REFERANSER

Beard, L. P. 1999: Data acquisition and processing - Helicopter geophysical surveys, Larvik, 1998. Norges geologiske undersøkelse rapport 99.026, 13s.

Berthelsen, A., Olerud, S. & Sigmond, E. 1996: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart Oslo 1:250 000. Norges geologiske undersøkelse.

Dons, J. A. & Jorde, K. 1978: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart Skien 1:250 000. Norges geologiske undersøkelse.

Dahlgren, S., Corfu, F. & Heaman, L. 1998: Datering av plutoner og pegmatitter i Larvik pluton-kompleks, sydlige Oslo Graben, ved hjelp av U-Pb isotoper i zirkon og baddeleyitt. Norsk Bergverksmuseum Skrift nr. 14, Kongsberg mineralsymposium 1998, s 32-39.

Heldal, T. & Herrevold, T. 1995: Larvikittforekomster mellom Farris og Langangen. Norges geologiske undersøkelse rapport 95.122,10 s.

Mogaard, J. O. 1998: Geofysiske målinger fra helikopter ved Larvik, Vestfold, teknisk rapport. Norges geologiske undersøkelse rapport 98.021. 11 s.

Oftedahl, C., Petersen, J. S. 1978: Exursion 6. Southern part of the Oslo Rift. Norges geologiske undersøkelse 337, s. 163-182.

Petersen J. S. 1978: Structure of the larvikite-lardalite complex, Oslo-region, Norway, and its evolution. Geologische Rundschau. 67; 1, s. 330-342.

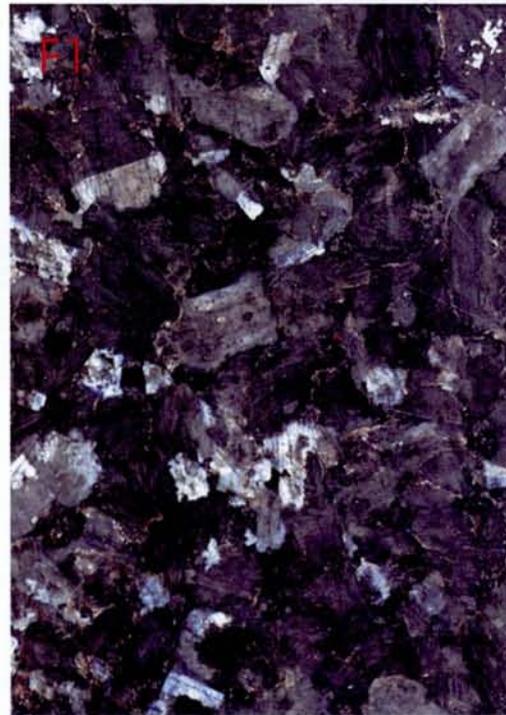
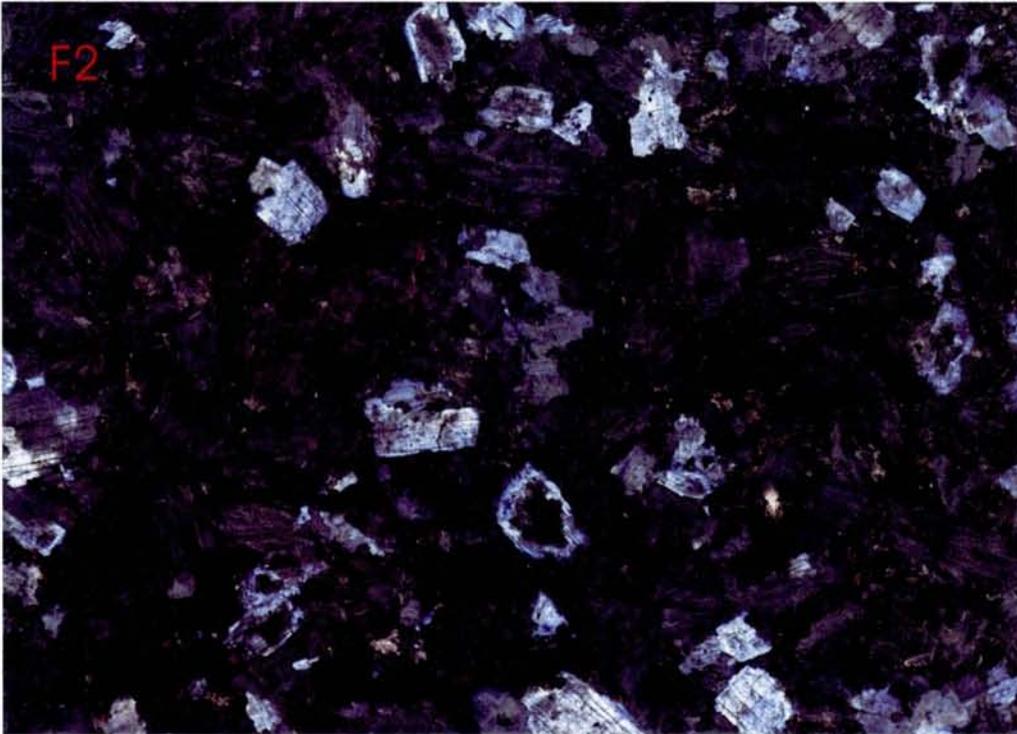
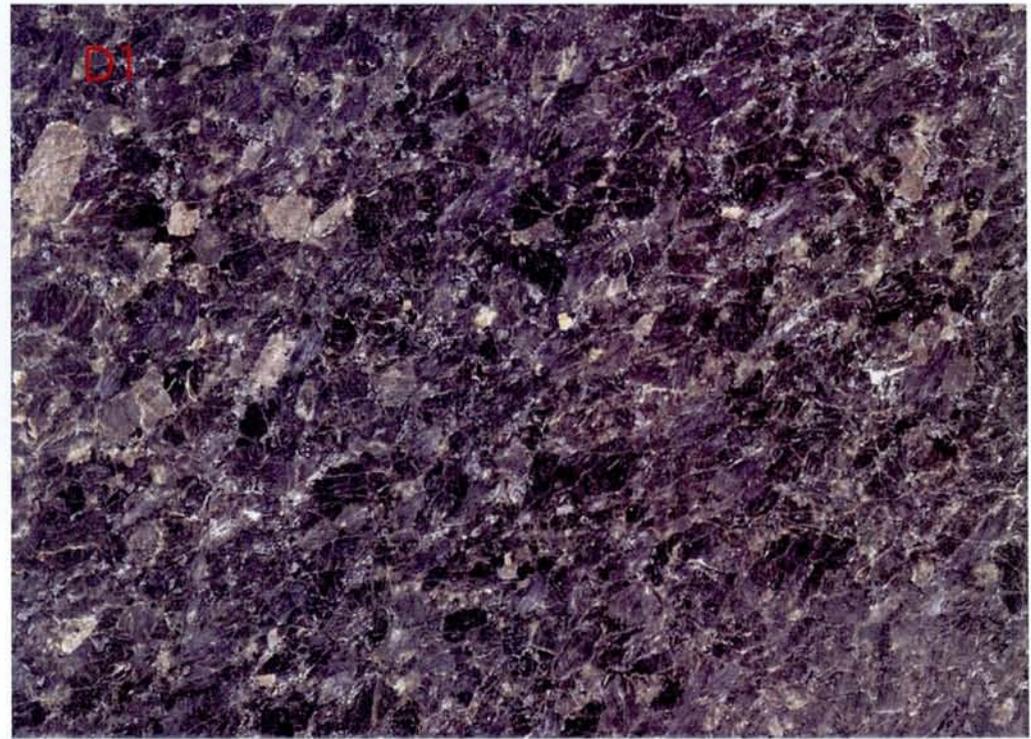
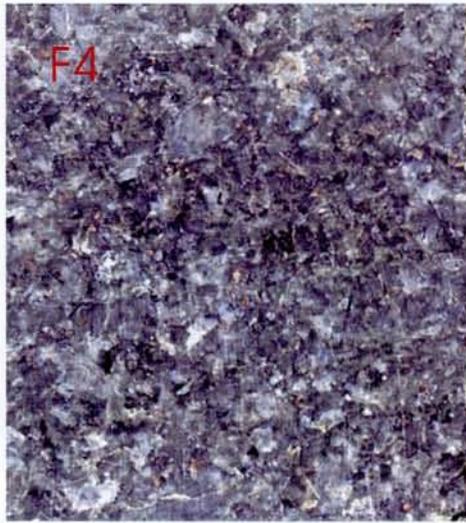
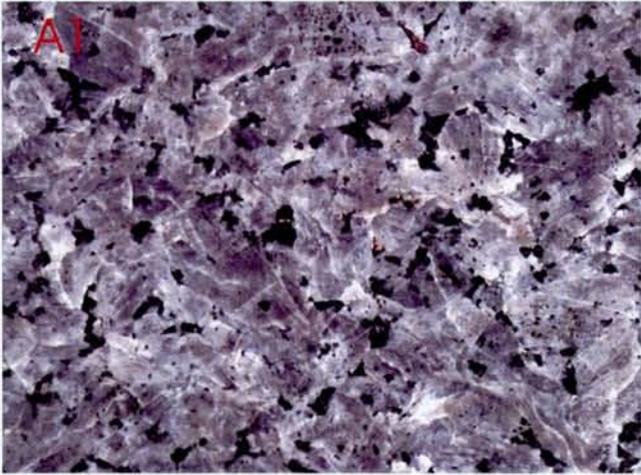
Rosenqvist, I.T. 1965: Electron-microscope investigation of larvikite and tønbergite feldspars. Norsk geol. Tidsskr. 45, s. 69-71.

8. PLANSJER

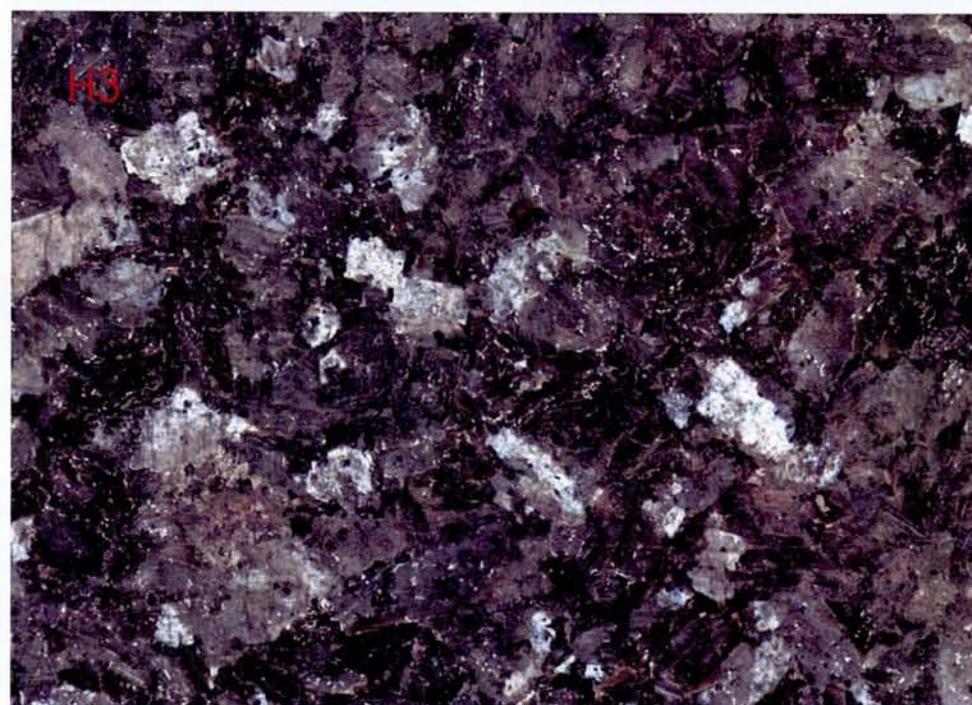
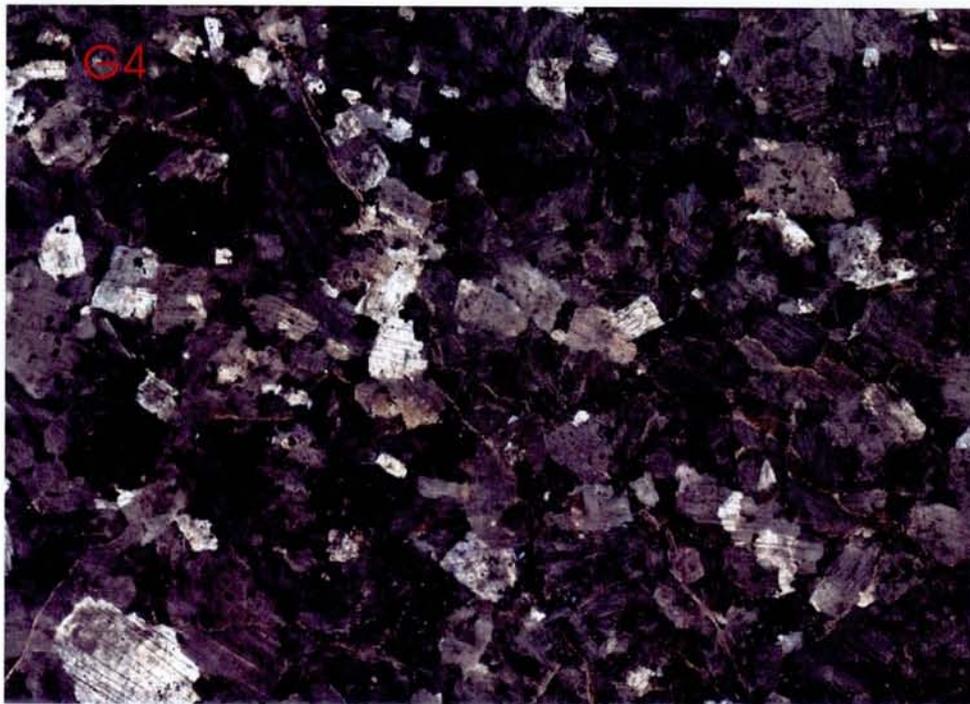
De følgende 7 sider inneholder bilder av polerte larvikittplater. Platene stammer fra en typeprøvesamling som er innsamlet av Reid Kvien, og velvillig utlånt til NGU for scanning. Merk at normal fargekopiering ikke yter full rettferdighet for bilde kvaliteten, og fargene kan derfor avvike noe fra prøvene. Både høyoppløselige og lavoppløselige digitale bilder er imidlertid tilgjengelig på NGU.

Forklaring til bildene:

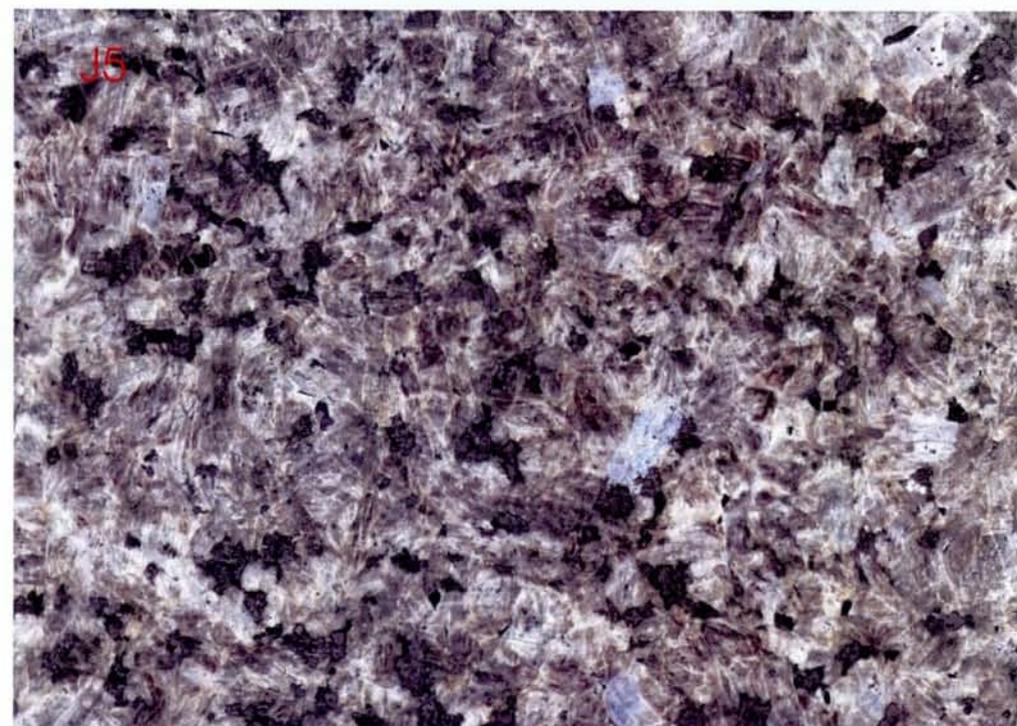
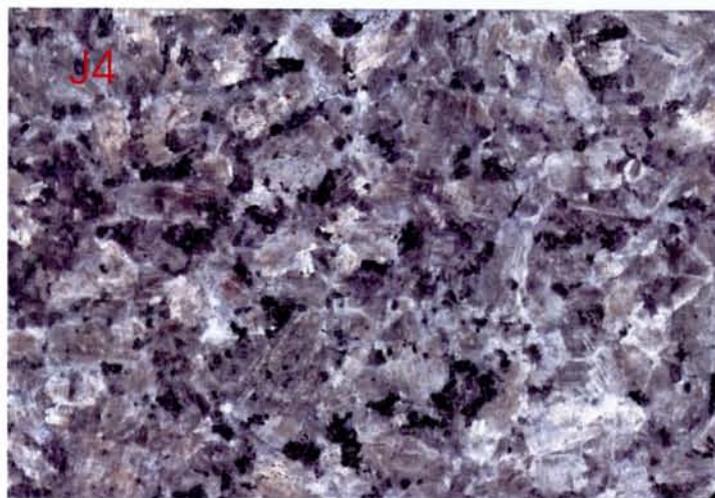
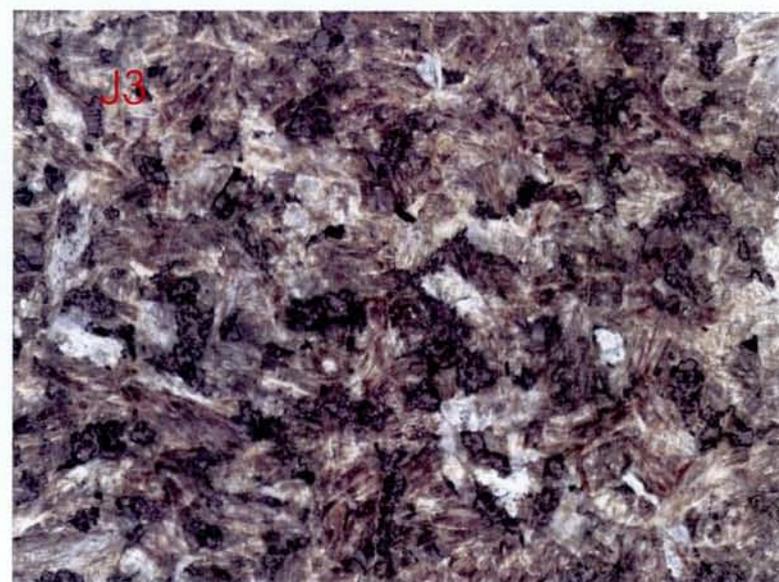
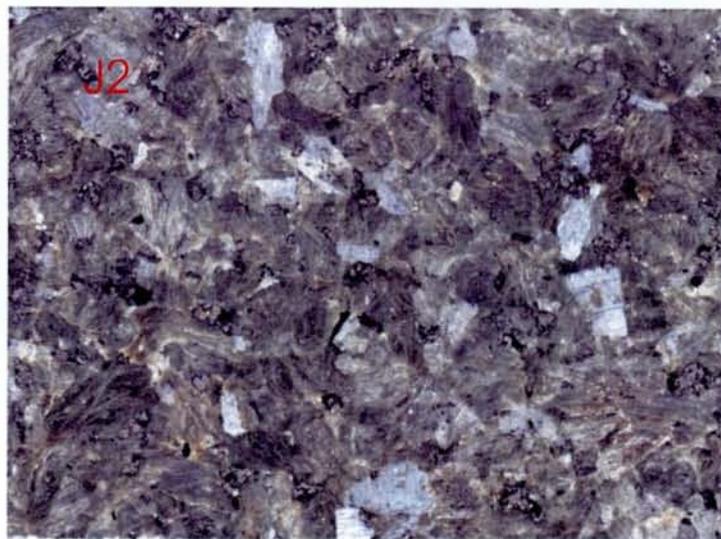
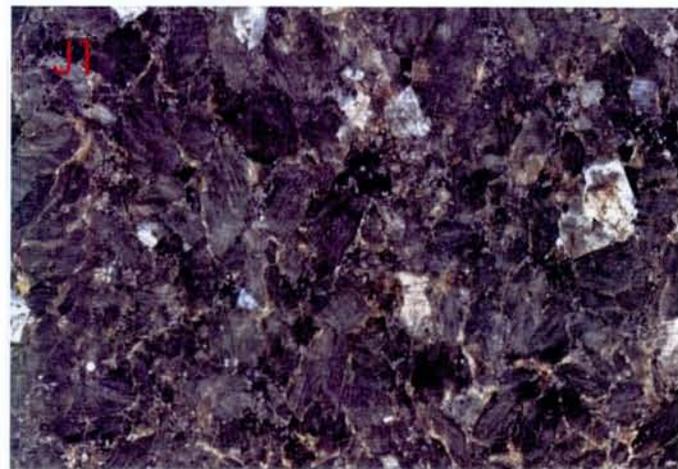
A1	Martaholmen (type 1, Kjerringvik-Sandefjordsonen) PLANSJE 1
D1	Bergan (type 3, Rekkevik-Jåbergsonen) PLANSJE 1
F1 – F3	Varianter fra Klåstadbruddene (type 4, Rekkevik-Jåbergsonen) PLANSJE 1
G4	Liafjell, Klåstad (type 4, Rekkevik-Jåbergsonen) PLANSJE 2
H1 – H2	Tjølling (type 4, Rekkevik-Jåbergsonen) PLANSJE 2
H3	Skara (type 5, Rekkevik-Jåbergsonen) PLANSJE 2
J1 – J5	Krukås (type 5, Rekkevik-Jåbergsonen) PLANSJE 3
K1 - K3	Stålaker (type 5, Rekkevik-Jåbergsonen) PLANSJE 4
M1 – M6	Varianter fra Tvedalbruddene (type 9, Tvedalensonen) PLANSJE 5-6
M7 – M8	Varianter fra Auenbruddene (type 9, Tvedalensonen) PLANSJE 6
N1 – N2	Bassebu (type 6, Larvik-Porsgrunnsonen) PLANSJE 7
O1, O2	Malerød (type 10, Malerødsonen) PLANSJE 7



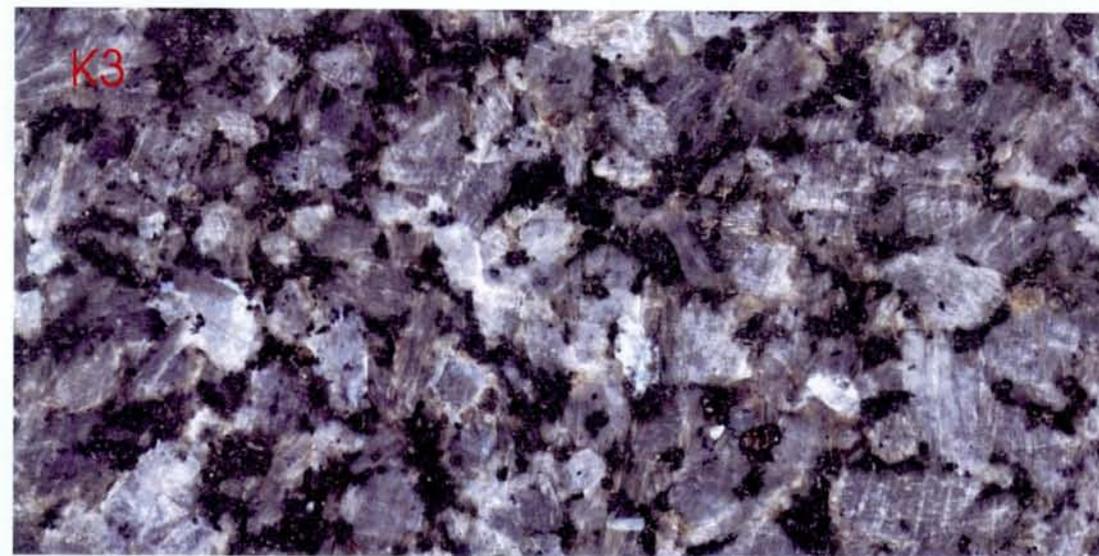
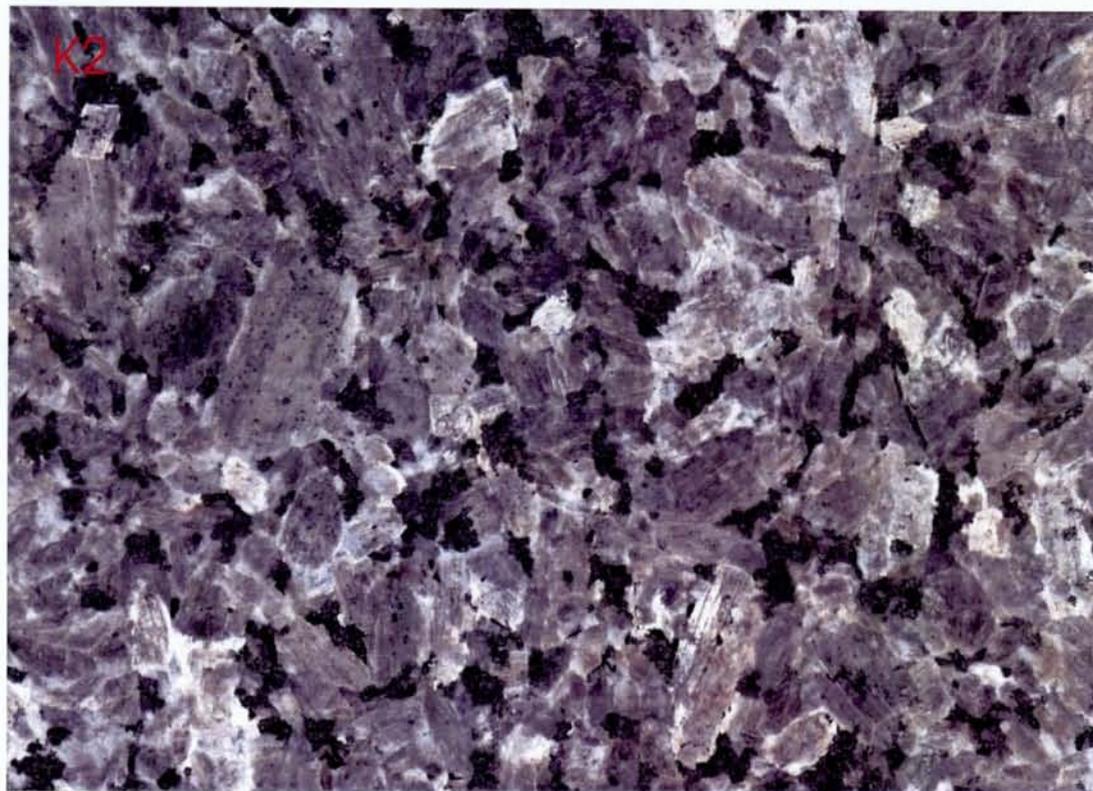
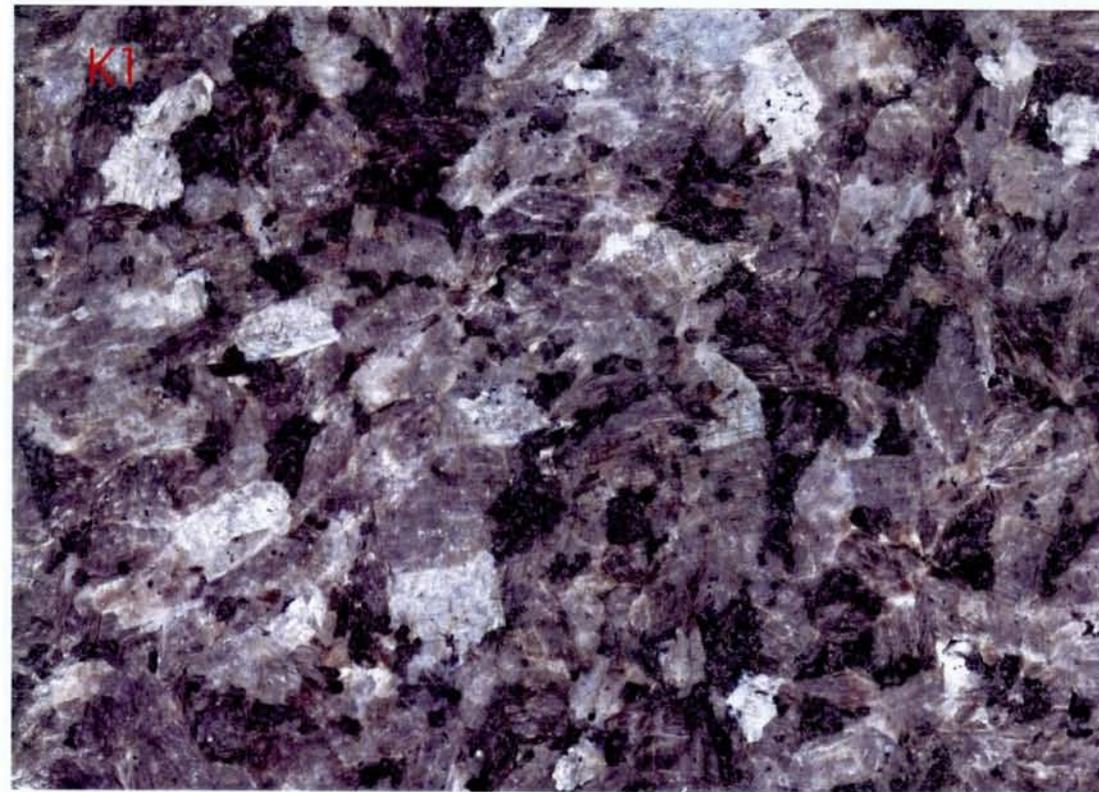
Plansje 1
Polerte plater av larvikittyper (se omslags-
ark og tekst for forklaring). Skala er 70%
av normal størrelse.



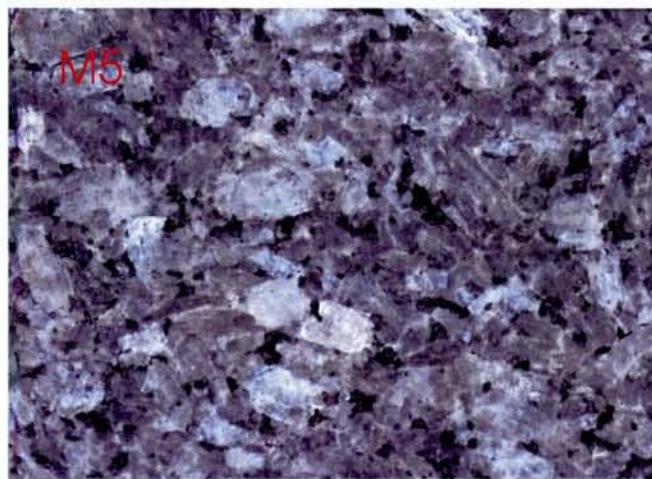
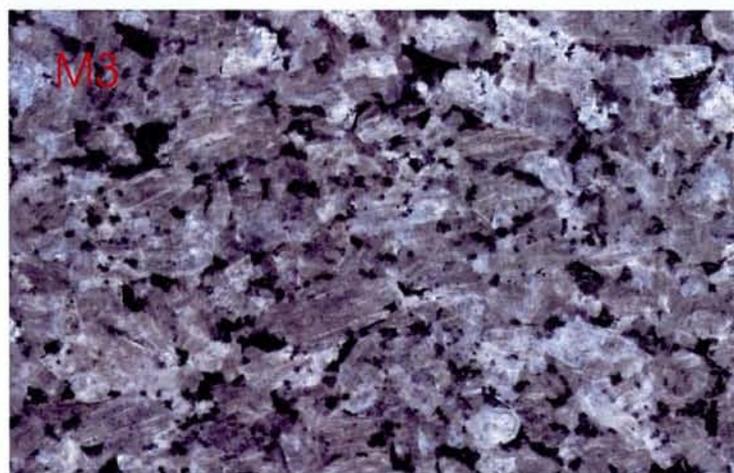
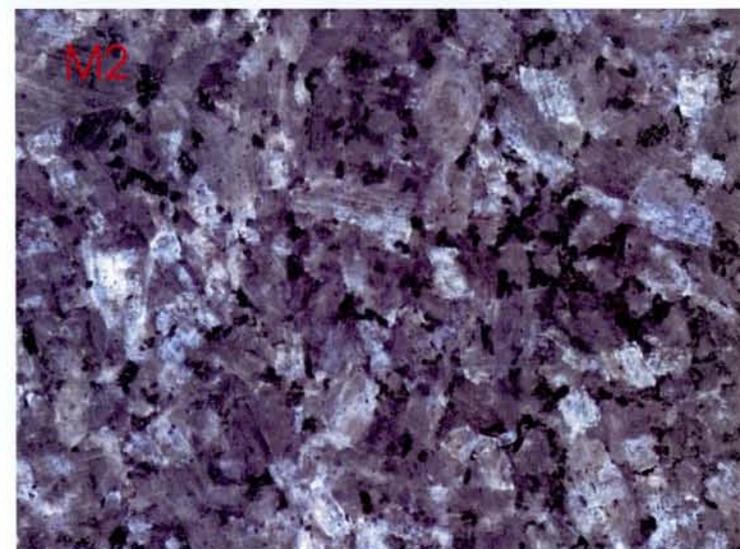
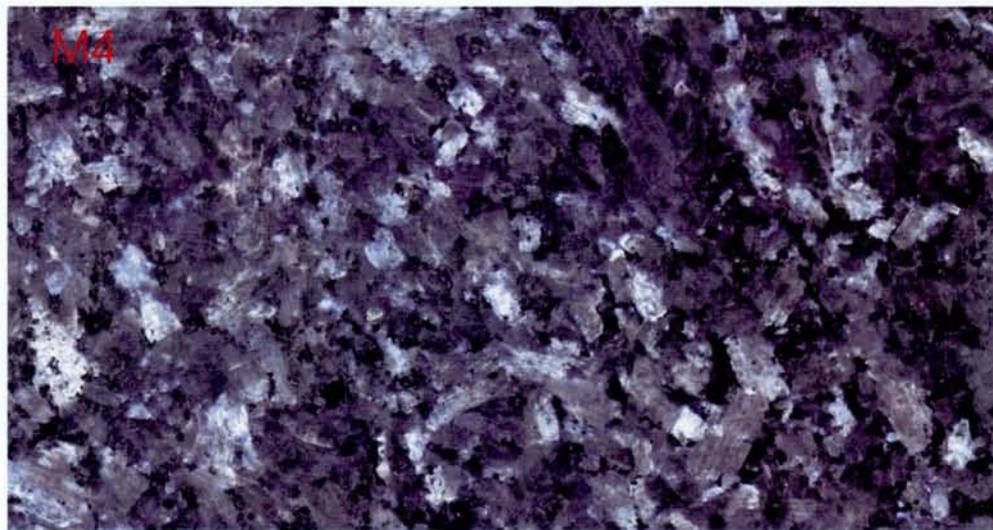
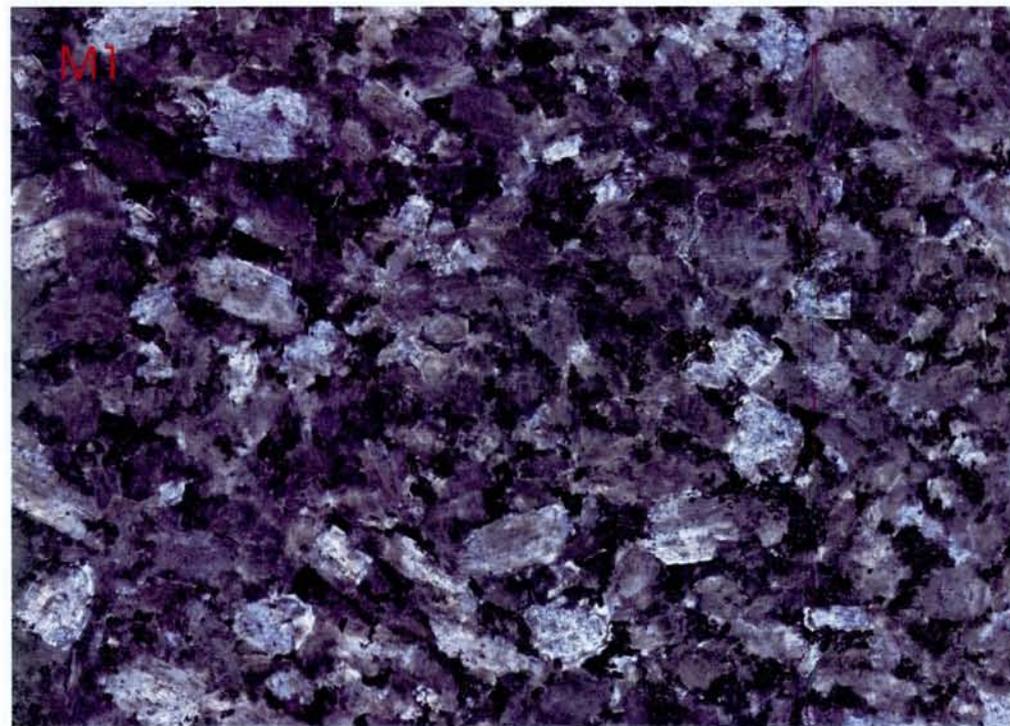
Plansje 2: Polerte plater av larvikittyper (se omslagsark og tekst for forklaring). Skala er 70% av normal størrelse.



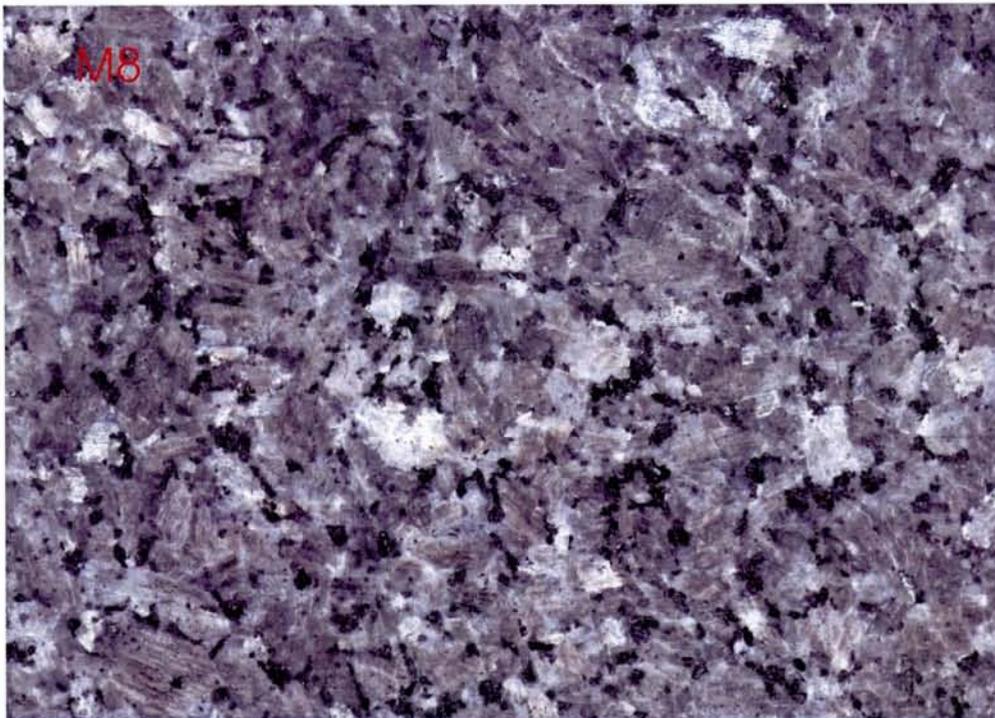
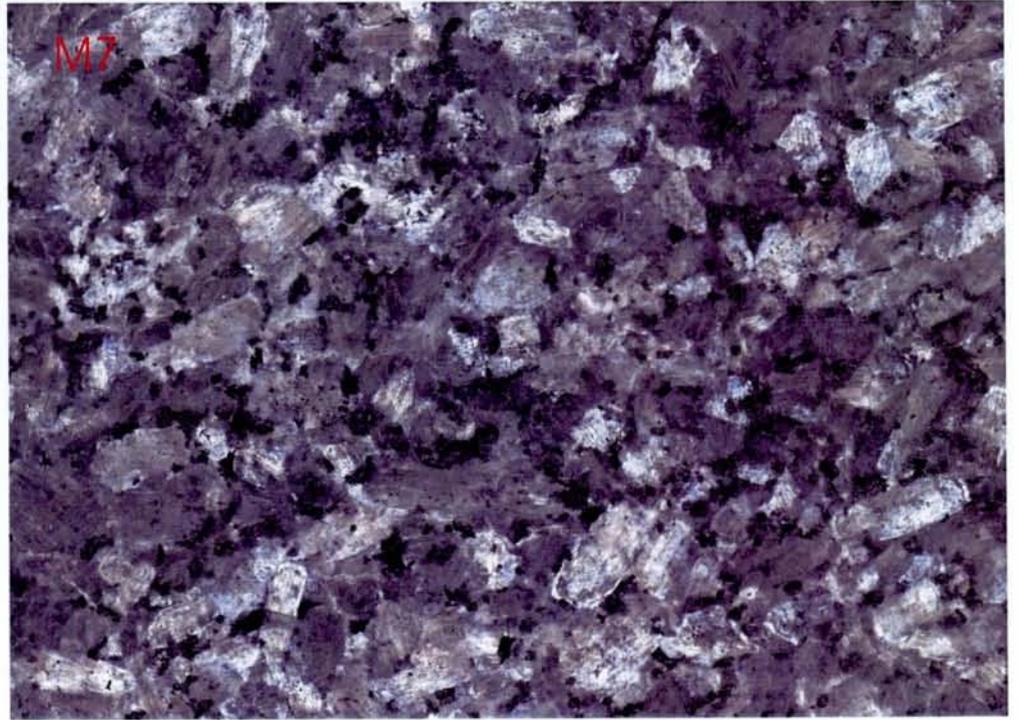
Plansje 3
Polerte plater av larvikittyper (se omslags-
ark og tekst for forklaring). Skala er 70%
av normal størrelse.



*Plansje 4
Polerte plater av larvikittyper (se omslags-
ark og tekst for forklaring). Skala er 70%
av normal størrelse.*

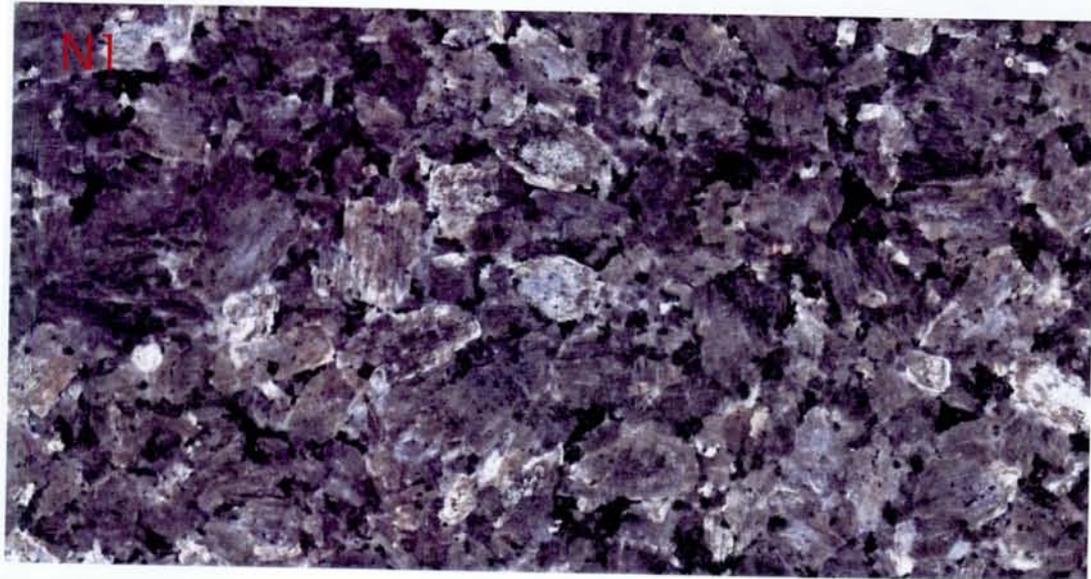


Plansje 5
Polerte plater av larvikittyper (se omslagsark og tekst for forklaringer).
Skala er 70% av normal størrelse.

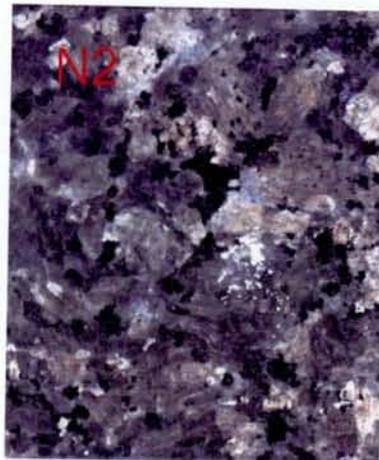


*Plansje 6
Polerte plater av larvikittyper (se omslagsark og tekst
for forklaringer). Skala er 70% av normal størrelse.*

N1

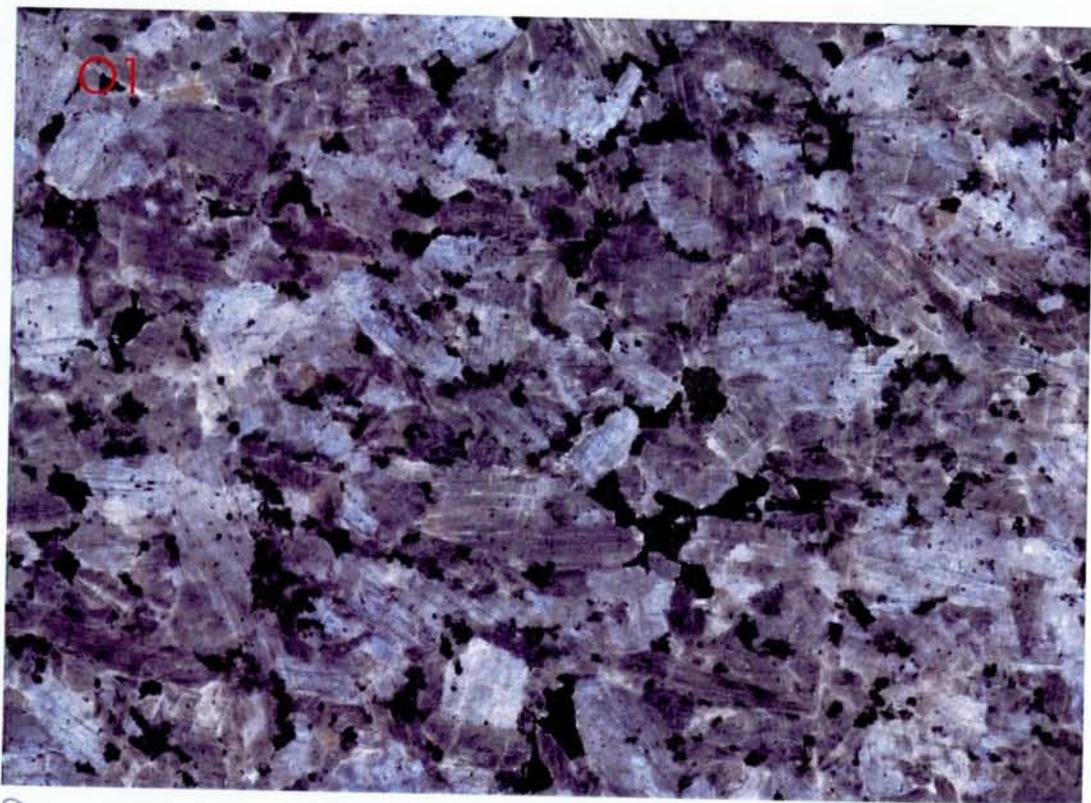


N2



Plansje 7
Polerte plater av larvikittyper (se omslagsark
og tekst for forklaringer). Skala
er 70% av normal størrelse.

O1



O3

