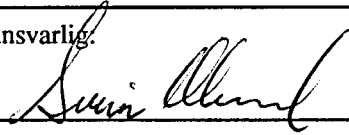


NGU Rapport 94.029

**Naturstein i Rogaland
Anortosittkompleks**

Rapport nr. 94.029		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Naturstein i Rogaland Anortosittkompleks				
Forfatter: Tom Heldal Bjørn Lund		Oppdragsgiver: Dalane Regionråd og Hå kommune		
Fylke: Rogaland		Kommune:		
Kartbladnavn (M=1:250.000) Mandal Stavanger		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 73	Pris: 260,-	
Feltarbeid utført: juni/juli 1993		Rapportdato: 25.04.94	Prosjektnr.: 67.2552.12	Ansvarlig: 
Sammendrag: Regionale natursteinsundersøkelser ble utført i Rogaland anortosittkompleks med sikte på å karakterisere og evaluere natursteinspotensialet i disse bergartene. Spesielt ble arbeidet konsentrert om forekomster av anortositt med fargespill (labradorisering). Rapporten konkluderer med at det finnes flere partier/bergartstyper som kan ha industriell interesse. I prioritert rekkefølge er dette: 1) Brunrød anortositt med fargespill i Egersund-Ogna massivet (Hellvikområdet), 2) gråblå anortositt/leuconorit med fargespill i Garsaknatt og Hidra intrusjonene (Drange, Navrestad, Hidra og Itland), 3) blåfiolett anortositt uten fargespill i Hellenen massivet (Eikjeli) og 4) blåfiolett anortositt uten fargespill i Åna-Sira massivet (Sandheia). Det pekes på tilsammen 11 lokaliteter hvor mulighetene til å videreutvikle disse typene synes best. Videre gis vurderinger av hvilke faktorer som er av stor betydning for brytning av disse bergartstypene, og det anbefales konkrete tiltak som bør være vesentlig i videre arbeid med forekomstene.				
Emneord: Naturstein		Ressurskartlegging		Fagrapport
Bygningsstein		Anortositt		

1. INNLEDNING	3
1.1. Bakgrunn	3
1.2. Målsetning	3
1.3. Prosjektets omfang.....	3
1.4. Metoder	4
1.5. Om rapporten.....	4
2. ROGALAND ANORTOSITTKOMPLEKS - GEOLOGISKE HOVEDTREKK.....	5
2.1. Generelt	5
2.2. Egersund - Oгна (EO)	5
2.2. Håland (Hå) - Hellenen (He)	6
2.4. Bjerkreim - Sokndal (BS).....	6
2.5. Åna Sira (ÅS)	6
2.6. Garsaknatt og Hidra.....	7
2.7. Topografi.....	7
3. TIDLIGERE BRYTNING AV NATURSTEIN I OMRÅDET.....	8
4. VIKTIGE ASPEKTER KNYTTET TIL NATURSTEINSPOTENSIALET.....	9
4.1. Fargespill (labradorisering)	9
4.2. Omvandling.....	10
4.3. Oppsprekning og tektonikk	11
4.4. Litologiske (bergarts-) variasjoner	12
4.5. Bergartstyper av interesse	13
5. FOREKOMSTER AV ANORTOSITT MED FARGESPILL	14
5.1. Egersund-Oгна massivet (Hellvik og omegn)	14
5.2. Garsaknatt-intrusjonen	18
5.3. Hidra-intrusjonen	20
6. ANDRE FOREKOMSTER AV ANORTOSITT OG LEUCONORITT	23
6.1. Hellenen-massivet.....	23
6.2. Åna-Sira-massivet	23
6.3. Konklusjon.....	24
7. KVALITET OG EGNETHET.....	25
7.1. Kvalitet til bruk som naturstein.....	25
7.2. Brytningsegenskaper	26
7.3. Bearbeidingssegenskaper	26
8. MARKEDSASPEKTER	27
8.1. Konkurrerende steintyper	27
8.2. Markedsattraktiv?	27
9. KONKLUSJONER	29
9.1. Hovedkonklusjoner	29
9.2. Perspektiver for bruddrift	30
9.3. Videreforedling?.....	30
9.4. Prioritering av områder	31
LITTERATURREFERANSER	33
FIGURER.....	35
VEDLEGG 1 - 2.....	66

1. INNLEDNING

1.1. Bakgrunn

Anortositt med fargespill¹ nær Egersund har vært kjent i lang tid blant geologer og samlere. Da natursteinsindustrien så opplevde en ny "renessanse" i slutten av 80-årene førte det bl.a. til et ønske om å øke innsatsen med tanke på å lokalisere egnede bergartstyper i Norge. I så måte er området av stor interesse siden bergarter med fargespill pga. det vakre utseendet ("liv og dybde") er høyt verdsatt i natursteinsmarkedet.

NGUs hovedstrategi når det gjelder naturstein er gjennom regionale undersøkelser å øke kunnskapen om geologiske provinser hvor mulighetene til å utvikle natursteinsindustri er gode. Slike undersøkelser er tidligere ikke utført i Rogaland anortosittkompleks, og på mange måter var det på høy tid å fokusere på dette feltet.

Deler av natursteinsindustrien (bl.a. Vistdal Steinindustri A/S) har også sett på feltet som interessant, noe som bl.a. resulterte i prøveuttak i gamle brudd nær Hellvik.

Høsten 1992 ble NGU kontaktet av Rogaland Næringstjeneste A/S som da hadde fått midler til et forprosjekt for å vurdere type og omfang av tiltak for å bidra til utvikling av steinindustri (Barkved, 1993). Etter en befaring i området presenterte NGU et prosjektforslag for regionale undersøkelser, som resulterte i et samarbeidsprosjekt mellom NGU og kommunene i Dalane, Hå kommune og Rogaland fylkeskommune.

1.2. Målsetning

Målsetningen med prosjektet har vært å utføre regionale undersøkelser med følgende mål:

- Karakterisere bergartene i området i henhold til deres egnethet til natursteinsproduksjon
- Identifisere områder/soner hvor natursteinspotensialet er bedre enn gjennomsnittet og evaluere disse
- Prioritere evt. videre innsats i området og foreslå videre tiltak

1.3. Prosjektets omfang

Prosjektet har inkludert forstudier våren 1993, feltundersøkelser sommeren 1993 og etterarbeid høsten 1993/vinteren 1994.

Feltundersøkelsene omfattet totalt 900 kvadratkilometer og ble utført av forfatterne i juni/juli 1993.

¹Fargespill = labradorisering forårsakes av interne refleksjoner i feltspatkrystaller med spesifikk sammensetning, og fremkommer som kraftige blå/grønne farger som varierer med vinkelen på lyset.

1.4. Metoder

Feltundersøkelsene dreiet seg først og fremst om å identifisere, evaluere og karakterisere interessante forekomster/områder. Detaljerte undersøkelser innen de enkelte forekomstene er ikke utført. Slike vil være mer aktuelt i en eventuell oppfølging av dette prosjektet.

I undersøkelsene er benyttet vanlige geologiske metoder der kart, kompass og hammer utgjør hovedhjelpemidlene. Flyfoto har vært nyttig for vurdering av sprekkesystemer. Forekomstvurderingene bygger i stor grad på prinsipper for geologisk vurdering av natursteinsforekomster gitt av Currier (1960). Til stor hjelp var også det rike grunnforskningsmaterialet som er gjort i området, spesielt av belgiske, tyske og danske geologer.

Representativt prøvemateriale er samlet, og polerte prøveplater og tynnslip til mikroskopundersøkelser er fremstilt ved NGUs geodatasenter på Løkken.

I beskrivelser av forekomster er lokaliseringen (typelokaliteter/prøvested) oppgitt i UTM-koordinater etter det gamle systemet ED50; ved bruk av helt nye 1:50.000 kart (WGS84; blått rutenett) må omregnes til gamle koordinater etter de spesifikasjoner som er gitt på kartene.

Det er lagt en del vekt på å utarbeide modeller for hvor og hvordan f.eks. fargespill i bergartene opptrer, siden dette øker mulighetene for å forstå og forutsi slike trekk.

Naturstein krever en subjektiv tilnærming; en forekomsts drivverdighet er like mye bestemt av smak og behag blant kundene som av de mer tekniske aspektene. Det er f.eks. umulig på grunnlag av kvantitative analyser å gi en objektiv vurdering av forekomsters økonomiske potensiale. Enhver vurdering av forekomster må derfor nødvendigvis bygge på en andel "synsing" ut ifra erfaringer og sammenligning med andre steintyper på markedet.

1.5. Om rapporten

I kapittel 2 er gitt en generell geologisk "innføring" i anortosittkomplekset. Kapittel 3 oppsummerer tidligere natursteinsdrift i området, mens kapittel 4 inneholder en beskrivelse av geologiske faktorer i området som er av vesentlig betydning for natursteinsdrift.

Forekomstbeskrivelser er gitt i kapittel 5 og 6, mens kapittel 7 og 8 gir vurderinger av henholdsvis kvalitet og markedsaspekter. Konklusjoner og prioriteringer er gitt i kapittel 9.

Lesere som har spesielle motforestillinger mot geologisk terminologi advares spesielt mot kapittel 2 og 4. Forøvrig er definisjoner av de mest brukte geologiske termer gitt i fotnoter eller i vedlegg 1. For dem som kun ønsker en rask innføring i prosjektets hovedresultater henvises til konklusjonskapittelet og det som er skrevet med **uthevet** skrift i teksten forøvrig.

Figurer og bilder følger etter tekstdelen, og vedlegg 2 gir en kort innføring i naturstein generelt.

2. ROGALAND ANORTOSITTKOMPLEKS - GEOLOGISKE HOVEDTREKK

2.1. Generelt

Rogaland anortosittkompleks (også kalt Rogaland Intrusivkompleks) består hovedsakelig av anortositt og lignende bergarter, dvs. bergarter som i stor grad består av plagioklas feltspat. Komplekset kan deles inn i tre større, homogene anortosittmassiver (Egersund-Ogna, Håland-Helleren og Åna-Sira), en større lagdelt intrusjon (Bjerkrheim-Sokndal) og to mindre intrusjoner av anortosittisk til leuconorittisk sammensetning (Garsaknatt og Hidra; Duchesne & Michot, 1987). Et oversiktskart som viser denne hovedinndelingen er gitt i fig. 2.1. De ulike massivene/intrusjonene har trengt inn som smelter i sidebergartene i forskjellige stadier innen en begrenset tidsperiode, anslagsvis for mellom 1000 og 920 millioner år siden (Priem & Verschure, 1982; Pasteels m.fl. 1979). Innen de tre større anortosittmassivene er det nære sammenhenger mellom intrusive faser og deformasjonsstrukturer, og bergartene viser ofte en metamorf, granoblastisk tekstur. Det antydes at dette skyldes at anortosittene har "deformert seg selv" ved oppdoming av delvis konsolidert smelte. Garsaknatt og Hidra intrusjonene viser mindre av slike deformasjonsstrukturer og en bedre bevart magmatisk (granulær til porfyrittisk) tekstur.

De dominerende bergartstypene i komplekset er anortositt, leuconoritt, monzonitt, og gradvise overganger mellom disse ². Et oversiktskart over bergartstypene innen komplekset er vist i fig. 2.2. Innen de anortosittiske og leuconorittiske bergarter finnes de spesielle variantene med fargespill (labradorisering). Det er forfatterens oppfatning at disse er nært knyttet til de seineste intrusive fasene innen de enkelte massivene og i området generelt.

Selv om de ulike massivene viser store likheter med tanke på bergartstyper, er det nyttig å beholde inndelingen i massiver basert på dannelseshistorie; hvert massiv har sin egen "signatur" som i stor grad kan være til hjelp ved vurdering av dem som natursteinsprovinser.

2.2. Egersund - Ogna (EO)

Dette massivet opptrer mellom Egersund og Ogna, og strekker seg innover i landet til Helleland og Ognadal (fig. 2.3). Massivet har en domform (omvendt skålform; Duchesne & Maquil, 1987), og er totalt ca. 20 km i diameter. Størstedelen består av homogen, grovkornet, delvis omvandlet³ anortositt (<10% pyroksen) og leuconoritt (>10% pyroksen). Den marginale delen av massivet (nær yttergrensene) domineres av foliert (båndet), omvandlet leuconoritt. I de sentrale deler finner vi en rekke mindre "kropper" av labradoriserende, uomvandlet

²Anortositt består av >90% plagioklas feltspat. Når innholdet av andre mineraler (i dette tilfellet vesentlig pyroksen) overstiger 10% betegnes bergarten som leuco (=lys) noritt. Ved økende innhold av pyroksen beveger en seg i retning av noritt, og ved innhold av alkalifeltspat og kvarts får vi monzonitt. Alle disse bergartstypene utgjør elementer i en kontinuerlig utvikling som fremkommer ved størkning av anortosittiske komplekser.

³Omvandling omfatter i denne sammenheng nedbrytning av feltspat som resulterer i nydannelse av sekundære mineraler som epidot, kloritt og leirmineraler, og er et resultat av påvirkning av væsker og gasser i ulike stadier av bergartenes utvikling. Omvandling kan foregå både under høye og lave temperaturer. Mer om dette i kapittel 4.2.

anortositt, og tilsynelatende representerer disse de seneste, anortosittiske intrusjonene i massivet.

Siden det kun er små variasjoner i pyrokseninnhold mellom anortositt og leuconoritt, er bergartene relativt like i utseende over hele området. Gjennomgående har anortosittene og leuconorittene en brunrød til fiolett farge. I soner med sterk omvandling (dannelse av glimmer, epidot og leirmineraler på bekostning av feltspat) er fargen lysere, og helt omvandlet anortositt er hvit.

2.2. Håland (Hå) - Hellenen (He)

Håland - Hellenen massivet består av to enheter (fig. 2.4; Michot, 1961); en vestlig enhet (Håland) og en østlig (Hellenen). Førstnevnte utgjøres vesentlig av sterkt foliert, tildels forgneiset anortositt og leuconoritt (Nielsen, 1992). Bergarten er generelt noe annerledes i karakter enn de ikke-folierte massivene, og er på farge mer mørk brunlig.

Hellenen enheten regnes å være yngre enn Håland-enheten, og består vesentlig av ikke-foliert, massiv anortositt og leuconoritt. Fargen er mørk blåfiolett til mørk grå i de sentrale deler, mens den er lysere fiolett og noe mer omvandlet nær den østlige grensen.

Fargespill opptrer kun i mindre pegmatitter⁴ i deler av Hellenen-massivet og langs grensen mellom de to.

2.4. Bjerkreim - Sokndal (BS)

Dette massivet skiller seg fra de mer homogene massivene ved å være sterkt lagdelt, med bergartstyper varierende fra anortositt og leuconoritt i bunn til monzonitt og kvarts-mangeritt i topp (fig. 2.5; Nielsen, 1992; Duchesne, 1987). Intrusjonens form beskriver en 40 km. lang skålform. I grensesonen mellom BS og He og ellers innen massivet finner vi monzonittiske, seine intrusjoner. Det er ikke registrert vesentlige forekomster av anortositt med fargespill innen BS.

2.5. Åna Sira (ÅS)

ÅS viser store likheter med Hellenen-massivet; også her er de sentrale deler dominert av mørk blåfiolett anortositt samt brunlig leuconoritt, mens marginale deler har en sterkere norittisk komponent og er mer folierte (Duchesne & Tobi, 1987; Krause, m.fl. 1985). Flere mindre intrusjoner av norittiske bergarter, stedvis ilmenittførende, finnes i massivets nordlige del (fig. 2.6). I likhet med Hellenen-enheten er innslag av anortositt med fargespill ubetydelig.

⁴Pegmatitt er en svært grovkornet størkningsbergart som opptrer som årer, ganger og uregelmessige linser i andre bergarter. Ofte finner vi pegmatitter i marginale soner i større intrusive massiver.

2.6. Garsaknattt og Hidra

Disse to, mindre intrusjonene opptrer utenfor hovedkomplekset; Garsaknattt-intrusjonen opptrer som en nordvest-sydøst orientert avlang kropp mellom Drange og Navrestad, mens Hidra-intrusjonen opptrer på øya Hidra og på fastlandet innenfor (fig. 2.7; Demaiffe & Hertogen, 1981). Begge består av mørk grå til svart anortositt og leuconoritt, vesentlig homogen og massiv. Typisk er en sonering fra leuconoritt og jotunitt i de marginale deler til anortositt i de sentrale. Pegmatitter finnes spesielt i marginale, men også i sentrale deler av intrusjonene. Feltspat med fargespill opptrer i varierende grad innen store deler av begge intrusjonene, spesielt i pegmatittene. Disse to intrusjonene antas å være yngre enn resten av anortosittkomplekset, noe som gjenspeiles i større grad av bevart, magmatisk tekstur i bergartene.

2.7. Topografi

Anortosittiske bergarter gir skrinn jord, og hele området domineres av nakne koller og fjell. Kun de mer mafiske bergartsvariantene (monzonitt og noritt) og omvandlet anortositt er bevoskt. En rekke steder er det småkollete terrenget gunstig for natursteinsbrytning, men uregelmessig benkning må påregnes.

På mange måter kan topografien sammenlignes med Larvik-området (Tvedalen), hvor mange brudd i larvikitt finnes. Den mest vesentlige forskjell er mangel av vegetasjon i anortosittkomplekset.

3. TIDLIGERE BRYTNING AV NATURSTEIN I OMRÅDET

Det har fra gammelt av vært mange uttak av bygningsstein fra anortosittkomplekset. Kolderup (1897), som sist foretok en vurdering av natursteinspotensialet i området, beskrev en rekke mindre brudd ved Hellvik (fig. 3.1.), Helleland, Oгна, Rekefjord og Nordfjord. Spor etter denne tidlige driften kan sees i lokale tørrmurer, bruer og som trappetrinn levert til Stavanger.

Det antas at denne spredte smådriften foregikk til langt ut i dette århundret, men en vet også at større velrenommerte firma begynte å interessere seg for anortositten. Firmaet E.A. Gude (som bl.a. hadde brudd i Drammen og Larvik og i tillegg drev med bearbeiding) var allerede godt etablert med brudd i anortositt med fargespill ved Hellvik i 1916 (Oxaal, 1916). Noe senere vet vi at Sandnesfirmaet A. Løw drev et annet sted i anortosittene.

Både Oxaal (1916) og Kolderup (1897) har fått opplysninger fra firmaene som tyder på at anortositten er lett å bryte og bearbeide (hugge/kile). Indikasjoner på dette kan vi også se i bruddene ved Hellvik, hvor det er brukt korte kilehull for deling av blokk og få lengre hull for utskyting av primærblokk⁵.

En viss (men dog liten) eksport må ha foregått - bl.a. vet vi at Hellvik-anortositt er brukt i Tyskland (Müller, personlig kommentar).

Etterhvert har steinbruddene i området gradvis blitt avviklet av samme årsaker som ellers i landet (vanskelig å konkurrere med betong og andre alternative produkter), og vi kjenner ikke til drift i særlig grad etter krigen. For noen år siden forsøkte et firma å gjenoppta driften ved Hellvik, bl.a. pga den markedsrespons de fikk på anortosittens fargespill. Et begrenset prøveparti ble tatt ut og markedsført under salgsnavnet "Labrador Opal". Firmaet gikk imidlertid konkurs og prosjektet ble avbrutt.

I mineralsamler-kretser er fargespillet i feltspat fra lokaliteter ved Hellvik og på Hidra velkjent, og spesielt de særdeles store krystallene som kan finnes er attraktive. Forekomsten på Hidra kan i utseende og kvalitet sammenlignes med den mer kjente finske "spektrolitt" - som i stor grad benyttes til smykker, souvenirer og bordplater. Til tross for relativt gode forekomster synes imidlertid ikke anortosittene i Rogaland å bli utnyttet til slike nisjeprodukter.

⁵Bergarter med "god kløv" kan deles med kortkil, slik at det trengs få bormeter til utskyting og blokkdeling. Dette gjør produksjonen rimeligere enn for vanskelig kløvbare bergarter, som fordrer lengre og tettere borhull.

4. VIKTIGE ASPEKTER KNYTTET TIL NATURSTEINSPOTENSIALET

I dette kapittelet vil det bli gitt en oversikt og generell vurdering av de geologiske forhold som har stor betydning for natursteinsbrytning i området. Eventuell drift i området krever en relativt grundig evaluering av disse faktorene, spesielt i tillegg til mer generelle forhold som infrastruktur, arealbruk, osv.

4.1. Fargespill (labradorisering)

Fargespill i feltspat forekommer i en rekke former; labradorisering, schillerisering og månestein er eksempler på termer som benyttes om ulike varianter av dette fenomenet. Felles er imidlertid at en ellers grå eller brun feltspat spiller opp i blå, gule og grønne farger når lys treffer krystallen med en bestemt vinkel. Årsakene til dette tilskrives at krystallografiske tvillingplan, inneslutninger i krystallene og/eller avblandinger mellom ulike feltspattyper innen samme krystall, gir en optisk effekt som resultat når lyset reflekteres og refrakteres i de interne "defektene" i krystallene. I anortosittmassivene i Rogaland er fargespillet relatert til labradorisering - dvs. fenomenet skyldes spesielle tvillingdannelser (Bøggild sammenvoksninger; Hurlbut & Klein, 1977) i feltspatkrystallene. Denne type fargespill finnes i plagioklas feltspat med en spesifikk sammensetning hvor andelene kalsium og natrium er omtrent lik (An 50-60⁶).

Larvikitt er en monzonittisk bergart (som brytes nær Larvik) hvor fargespill er vanlig i de jamnt over store feltspatkrystallene⁷. Dette er den viktigste faktoren som gjør larvikitt til en av de mest attraktive natursteinstyper i verden. Dette har naturlig nok å gjøre med at slike bergarter er sjeldne. Foruten larvikområdet, er kjente forekomster i verden konsentrert i et begrenset antall tilsvarende anortosittkomplekser som i Rogaland. Eksempelvis kan nevnes Labradorkysten i Kanada (hvor ordet "labradorisering" er hentet fra), Ukraina, Sibir, Madagaskar og Angola.

I denne rapporten har en tatt utgangspunkt i at tilstedeværelsen av fargespill i feltspat gjenspeiler bergartens markedsattraktivitet; dette begrunnes i gjennomgående høyt prisnivå for slike bergarter i markedet og få konkurrerende steintyper (se forøvrig kap. 8).

Innen anortosittmassivene finner vi to typer anortositt og leuconoritt med fargespill; *Hellvik-type* og *Hidra-type*. Førstnevnte (fig. 4.1. og 4.3b, samt 4.4) finner vi i rødbrun, grovkornet anortositt/leuconoritt med jevn fordeling i krystallstørrelse. Fargespillet er dominerende skarpt blått, men kan også sees i grønne og gulige nyanser. Feltspatkrystallene har variabel orientering, slik at fargespillet fremkommer i flere sagretninger. Anslagsvis kan mellom 5 og 30% av visflaten være krystaller med fargespill. Denne typen er begrenset til deler av Egersund-Ogna massivet.

⁶Plagioklas feltspat kan variere i sammensetning etter innhold av Ca og Na; ren Na-plagioklas kalles albitt (An0), mens ren Ca-plagioklas kalles anortitt (An100). Labradoritt er betegnelsen på plagioklas med omtrentlig like deler Ca og Na (An 50-65).

⁷Fargespillet i larvikitt skyldes ikke labradorisering, men avblanding av ulike feltspattyper (mikropertitt).

Hidra-typen (fig. 4.2. og 4.4) karakteriseres av dypt blått fargespill i mørk grå til gråblå anortositt/noritt. Ofte er det svært store feltspatkrystaller (megakrystaller) som har fargespill. Ved noen lokaliteter kan en sterk retningsorientering av feltspat sees, noe som medfører at kun en sagretning gir fargespill. Ved andre er dette mindre fremtredende. Hidra-typen finner vi først og fremst på Hidra, fastlandet like innenfor og i Garsaknatt-intrusjonen.

Det er et gjennomgående trekk at en ikke finner fargespill i omvandlet anortositt. Dette har sammenheng med at fargespillet "spises opp" sammen med feltspatkrystallene ved økende omvandling. I tillegg finner vi ikke fargespill i store deler av anortosittene, noe som kan tilskrives ugunstig sammensetning av feltspat og/eller omvandlingsgrad. På flere lokaliteter har anortositt med fargespill klare intrusive grenser mot delvis omvandlet anortositt, dvs. at den har trengt inn i og størknet i allerede konsoliderte anortositter.

4.2. Omvandling

Omvandling av bergarter foregår når primære mineraler brytes ned og det dannes sekundære mineraler. Når feltspat brytes ned på denne måten, dannes finkornet glimmer, epidot, zoisitt og leirmineraler. Årsak til omvandling i jordskorpa er som regel gasser og væsker som strømmer gjennom bergartene, fortrinnsvis langs sprekker. Omvandling kan foregå ved ulike temperaturforhold; albittisering av feltspat er eksempel på høytemperatur omvandling, epidotisering kan forekomme med lavere temperatur, mens kaolinisering (dannelse av leirmineraler) foregår ved lave temperaturer, også ved kjemisk forvitring av feltspat.

I anortosittmassivene kan vi skille mellom to typer (eller generasjoner) omvandling:

1. Tidlig omvandling av større bergartsenheter. Dette gjelder i prinsippet størstedelen av anortosittene/leuconorittene foruten anortositt med fargespill. Det antas at denne omvandlingen har foregått under og tett etter størkning av massivene, der de siste fasene viser mindre tegn til omvandling enn tidlige.
2. Senere omvandling langs sprekkesoner (fig. 4.5). Siden gasser og væsker i konsoliderte bergarter beveger seg langs sprekkesoner, finner vi en progressiv, økende omvandling i retning av slike soner. De omvandlete partiene finner vi i dalsøkk der det oppsprukete fjellet er erodert bort, mens de "friskere" partiene står opp i terrenget som koller.

Den progressive utviklingen fra uomvandlet til svært omvandlet anortositt sees godt nær Hellvik. Over et par meter kan en gå fra frisk, rødbrun anortositt med fargespill, via rød fiolett anortositt med hvite og grønne spetter til helt hvit anortositt. I tillegg til at svært omvandlet anortositt er særdeles oppsprukket og mangler fargespill er det også forbundet med dårlig kvalitet; dess lengre omvandlingsprosessen har gått, dess mer utsatt er bergarten for videre nedbrytning, f.eks. ved bruk som bygningsstein. Kornstørrelsen er dramatisk redusert slik at nedbrytende krefter får større overflate å arbeide på, samtidig som økt permeabilitet i bergarten gjør den utsatt for frostsprengning og misfarging.

I korte trekk kan sies at de minst omvandlete partier i anortosittene er å foretrekke både pga. fargespill, mindre oppsprekning og bedre kvalitet.

4.3. Oppsprekning og tektonikk

Innen brytning av blokkstein er en avhengig av å få ut hele, store blokker av god kvalitet. Selv små, nesten usynlige sprekker blir lett et problem når blokkene sages opp til tynne plater. Ordinære salgsblokker varierer i størrelse fra 3 til 10 kubikkmeter, og det er av vesentlig betydning at forekomsten i størst mulig grad muliggjør uttak av slike blokkstørrelser.

Vi kan skille mellom fire hovedtyper av sprekker:

1. "Avkjølingssprekker". Når magmatiske bergarter størkner, sprekker bergartene opp som et resultat av volumendringen. Mange granitter og lignende bergarter har en naturlig oppsprekning i kubiske blokker som resultat av dette. Den ideelle, kubiske oppsprekningen er et resultat av feltspatens krystallstruktur.
2. Tektoniske sprekker. Utløsning av spenninger ved bevegelser i jordskorpa fører til dannelse av sprekker og forkastninger. I Norge har vi slike systemer relatert til flere faser med deformasjon i jordskorpa. Tektoniske sprekker opptrer i systemer som er nært knyttet til retningen på de bevegelser som forårsaket dannelsen av dem.
3. Avlastningssprekker. Når trykket i bergartene avtar ved erosjon eller brudd- og tunneldrift foregår en justering mot ny likevekt. Ofte sees dette som sprekker (benkning) parallelt terrengoverflaten. Hyppigheten av slike sprekker avtar med økende dybde under overflaten (benketykkelsen øker).
4. Skytesprekker. Ved sprengning med kraftig sprengstoff og/eller overdrevne mengder av svakere sprengstoff kan en få relativt betydelig oppsprekning som kan strekke seg flere titalls meter fra sprengningspunktet. Dette er årsaken til at redusert bruk av sprengning tilstrebes innen blokksteinsbrytning, og at kun svært svake sprengstofftyper brukes når sprengning er nødvendig.

Lav sprekketetthet er en forutsetning for natursteinsdrift. I tillegg bør de sprekke som finnes ha en gunstig orientering i forhold til bruddrift; f.eks. er steile sprekker vinkelrett på hverandre bedre enn skråttstilte sprekker som skjærer diagonalt gjennom bruddet. Mest gunstig er kubisk til rektangulær oppsprekning og flattliggende benkning (slakt terreng).

I anortosittmassivene finner vi tektoniske sprekkesystemer der tykke soner med tett oppsprekning utgjør daler og søkk i terrenget. Spesielt to retninger er fremtredende; N-S og Ø-V. I tillegg finnes klare retninger NV-SØ og NØ-SV. Som nevnt er betydelig omvandling assosiert med disse retningene. Det er en generell tendens at de sentrale deler av hvert massiv/enhet er mindre oppsprukket enn marginale.

Mesteparten av berggrunnen i området synes å være for oppsprukket til moderne blokksteindrif. De partier hvor det finnes lokaliteter der sprekketettheten kan betegnes som tilfredsstillende er 1) Hellvik-området, 2) sentrale deler av Hellenen-masivet, 3) sentrale deler av Åna-Sira massivet, 4) deler av Garsaknatt intrusjonen og 5) deler av Hidra intrusjonen.

Selv om sprekketettheten er lav innen disse områdene er orienteringen til sprekke langt ifra ideell. Skråttstilte sprekker i ulike retninger er vanlig, og det småkollete terrenget har gitt grobunn for uregelmessig og vekslende orientering av benkeplanene. Regelmessig, gunstig

benkning er dog observert i høyereliggende deler av Garsaknatt-intrusjonen og i deler av Hydra-intrusjonen.

4.4. Litologiske (bergarts-) variasjoner

Med litologiske variasjoner menes variasjoner i bergartene som skyldes magmatiske prosesser, som f.eks. bånding, lagning, mineralansamlinger, årer, ganger og uregelmessige intrusive kontakter. I tillegg finnes i varierende grad deformasjonsstrukturer (foliasjon, etc.; kap. 2). Slike forhold har betydning for bergartenes ensartethet. Uønskete fargeforskjeller eller andre fenomener som avviker fra bergartens normale utseende oppfattes lett som "feilvare" i natursteinsmarkedet. Det er altså ønskelig at slike variasjoner finnes i minst mulig grad innen en forekomst.

1. Variasjoner i kornstørrelse kan forekomme innen små områder, og ofte er det diffuse overganger mellom "grovkornet" og "mer grovkornet" anortositt.
2. Fargevariasjoner kan forekomme på lignende måte uten klare grenseforhold. F.eks. i Hellvik-området finner en overganger fra dyp rødbrun anortositt til lys brunlig.
3. Intrusive kontaktforhold⁸. Noen av de interessante typene av anortositt har trengt inn som relativt små legemer i sidebergarten, og kontaktene kan ofte være uregelmessige og vanskelig å forutsi (fig. 4.6).
4. Lagning. Differensiering av mineraler under størkning har i større eller mindre grad ført til en lagning (bånding) i anortosittene, gjerne forsterket av senere deformasjon. Oftest sees pyroksenrike lag i en ellers homogen anortositt (fig. 4.7c). Hvis et slikt pyroksenlag skjærer gjennom en salgsblokk, kan en risikere at hele blokken må vrakes.
5. Mineralansamlinger. Et vanlig trekk er ansamlinger av store pyroksen- og/eller feltspatkrystaller i en ellers mer finkornet bergart. Medfører samme problemer som (4).
6. Inneslutninger. I anortosittmassivene er det vanlig med inneslutninger av anortositt i leuconoritt og vice versa. Inneslutningene kan ha forskjellig størrelse og form (fra små til kartskala) og være skarpt avgrenset eller ha mer diffuse og overgangsmessige grenser.
7. Årer/ganger. Dette representerer sprekker i bergarten som er fylt med magmatiske bergarter eller sekundære (omvandlings-) mineraler. Førstnevnte representerer ikke noe vesentlig problem i området, mens tynne, grønne (epidot- og klorittfylte) årer kan være plagsomt flere steder (fig. 4.7 a og b). Innen alle aktuelle forekomster finnes slike i større og mindre grad, gjerne konsentrert i ansamlinger.

Alle disse forholdene vil i større eller mindre grad påvirke drivbarheten i forekomstene. Ved eventuelle detaljundersøkelser bør dette kartlegges og vurderes.

⁸En intrusiv kontakt er en grense mellom en bergart som har trengt inn som smelte i en konsolidert sidebergart.

4.5. Bergartstyper av interesse

For vurdering av hvilke bergartstyper og soner som er av størst interesse i natursteinssammenheng kan hovedkriteriene markedsattraktivitet, driftsforhold og ensartethet benyttes.

Det antas at anortositt med fargespill er mest attraktivt, mens blåfiolette typer trolig også kan være aktuelle - dog i mindre grad.

Tekniske driftsforhold reguleres av oppsprekning, topografi, tilgjengelighet og transportbehov, mens ensartethet er avhengig av primære variasjoner og omvandling.

På bakgrunn av disse tre hovedkriteriene blir størstedelen av området ikke betraktet som interessant. Mindre partier kan være av interesse.

Størst mulighet for drivverdige forekomster av brunrød anortositt med fargespill finnes nær Hellvik, fortrinnsvis i et belte nordøst for jernbanelinjen mellom Hellvik og Ognå.

Massive og homogene forekomster av mørk gråblå anortositt med fargespill (dog begrenset) finnes i sydlige del av Garsaknatt-intrusjonen og i Hydra-intrusjonen på fastlandet, mens mindre og mer uensartede (men rikere på fargespill) forekomster finnes i nordlige del av Garsaknatt-intrusjonen, på Hydra og i Hellenen-massivet.

Massive og ensartete forekomster av blåfiolett anortositt uten fargespill finnes i sentrale deler av Hellenen-massivet og Åna-Sira massivet.

5. FOREKOMSTER AV ANORTOSITT MED FARGESPILL

5.1. Egersund-Ogna massivet (Hellvik og omegn)

I Egersund-Ogna massivet er befart samtlige områder som er tilgjengelig fra vei, i tillegg til at enkelte nøkkel-profiler er gått opp. Oppfatningen er at mesteparten av massivet er for oppsprukket til blokkdrift og/eller inneholder uinteressante bergartstyper. Området i nærheten av Hellvik pekte seg ut pga. hyppige forekomster av anortositt med fargespill, og ble undersøkt i noe mer detalj.

Fig. 5.1 er et kart over det aktuelle området, hvor observerte partier med fargespill er plottet inn. Det samme er lokalitetene som blir beskrevet nærmere under.

I området er det en markert veksling mellom to typer anortositt/leuconoritt:

- Rødlig fiolett, delvis omvandlet anortositt (fig. 4.6) som utgjør hoveddelen av berggrunnen.
- Brunrød til brun, grovkornet anortositt/leuconoritt med fargespill (fig. 4.1, 4.3b og 4.6) opptrer som intrusive legemer av varierende størrelse i den første typen (fig. 5.2).

Sistnevnte er interessant som naturstein. Hovedmineraler er plagioklas feltspat, hvorav en stor andel av krystallene viser fargespill ($An > 50$). Svarte korn av pyroksen opptrer i varierende mengder fra under 10% (anortositt) til nærmere 20% (leuconoritt). Underordnede mineraler er erts (oksyder) og apatitt. Mindre grad av omvandling kan sees som grønne spetter innimellom plagioklaskrystallene og i mikrosprekker som skjærer igjennom krystallene (kloritt, epidot, glimmer og leirmineraler). Teksturen er ulikekornet seriat til porfyrittisk⁹, med antydninger til en påtrykt, metamorf granoblastisk tekstur. Krystallorientering er moderat til liten - stort sett viser plagioklas liten foretrukket orientering; dette medfører at bergarten kan sages i flere retninger uten at fargespillet "mistes".

Den delvis omvandlede anortositten er mineralogisk svært lik den labradoriserende, men er noe mer finkornet, og har høyere innhold av omvandlingsprodukter. Samtidig har plagioklasen en litt forskjellig kjemisk sammensetning (lavere Ca-innhold; rundt An_{40} ; Duchesne & Michot 1987), slik at betingelsene for labradorisering ikke er tilstede.

Lokalitet 1 - Moihaugen (Eigersund kommune)

Gammelt brudd på toppen av kolle mellom RV44 og sjøen like nord for Hellvik (UTM. 316300 6486450; fig. 5.3). Tydelige spor etter eldre drift og nyere prøveuttak kan sees ca. 150 meter fra veien, 100 meter fra nærmeste hus.

Massivt parti står opp som en kolle (58 moh), mens kraftig oppsprekning og omvandling preger søkkene og de lavereliggende deler i terrenget rundt. Utgående forekomst av

⁹Seriat tekstur = kornstørrelsene varierer i en gradvis el. kontinuerlig fordeling. Porfyrittisk tekstur = større korn opptrer i en grunnmasse av mindre korn.

labradoriserende anortositt er ca. 70 x 40 meter. Innenfor dette området er sprekketettheten gunstig (overveiende mellom 1 og 3 meter; dog med begrensede, mer oppsprukket soner). Man antar at forekomstens dybde er minimum 10 meter, trolig atskillig mer, men muligheten finnes for at forekomsten ligger som et "lokk" på kollen.

Den dominerende bergartstypen er rødbrun, labradoriserende anortositt, grovkornet til svært grovkornet. En viss variasjon i retning av en noe lysere, mer brunlig type kan dog sees. Fargespillet er jevnt fordelt og opptrer i flere sagsnitt.

Det finnes spredte innslag av pyroksenlag og spredte megakrystaller, samt tynne, grønne stikk og årer (fig. 4.7). Anslagsvis er mellom 10 og 20% av bergartsmassen påvirket av slike trekk.

Blokkdeling og delvis brytning rett fra fjellet er gjort med kortkil, og det antas at kløv i flere retninger er middels god.

Forekomsten må betegnes som liten. Samtidig ligger den tett til bebyggelse, og er godt synlig fra vei og sjø. Forekomsten vil trolig kun være egnet til småskala uttak. Med tanke på kontinuerlig drift i en viss størrelsesorden regnes forekomsten som uinteressant.

Lokalitet 2 - Piggsteintjønnen (Eigersund kommune)

Gammelt brudd ved sydsiden av Piggsteintjønnen (ca. 350 meter fra RV44; UTM 316600 6487000; fig. 5.4). Det går kun sti opp til forekomsten, men det er relativt lett å anlegge vei. I det gamle bruddet ble det drevet på et par skrånstilte benker, med største pallhøyde rundt 1,5 meter. For å løsne større blokker fra benken ble boret søm med korte hull (avst. 20-30cm) som ble spendt opp med kortkiler. Ett langt skytehull ble boret midt i sømmen og ladet med krutt. Videre oppdeling av større blokker til småblokk (trolig rundt en halv kubikkmeter) foregikk med vanlig kortkiling.

Forekomstens utgående er totalt ca. 150 x 30 meter, men av meget vekslende kvalitet; forekomsten er splittet opp av sprekke- og omvandlingssoner, og det synes å være en uregelmessig utbredelse av labradoriserende type (f.eks. vanskelig å forutsi nedre grense). Det er fortrinnsvis to sprekkeretninger som er problematisk og assosiert med omvandling: en NNØ-SSV (ca. 40 graders fall mot ØSØ) og en ØNØ-VSV (steil). Små søkk i terrenget i disse retningene markerer tett oppsprekning og stor grad av omvandling. Imellom søkkene (små koller) er sprekketettheten atskillig lavere, og kan gi stor blokk.

Anortositten er svært lik den ved Moihaugen, dvs. overganger mellom svært grovkornet brunlig type og grovkornet rødbrun type. Også her finnes megakrystaller av pyroksen spredt eller konsentrert i lag. Grønne stikk opptrer fortrinnsvis nær omvandlingssoner.

Nord for hovedforekomsten (i fortsettelsen) finnes flere koller med labradoriserende anortositt; det er mulig at disse kan utnyttes, men kvaliteten er her dårligere enn i hovedforekomsten (mer uregelmessig og oppsprukket).

Forekomsten ved Piggsteintjørna er å betrakte som liten, med begrensede muligheter til anlegg av stort brudd. Nærmeste bolig ligger ca. 150 meter unna. Evt. brudd vil være synlig fra RV44 kun fra Sandarnes.

Lokalitet 3 - Skansefjell (Hå kommune)

Forekomsten utgjør nord- og vestsiden av et lite fjell kalt Skansefjellet omtrent 2,5 km rett øst for Sirevåg i Hå kommune (UTM 316400 6489500; fig. 5.6). Forekomsten er tilgjengelig fra gammel, relativt dårlig kjerrevei som passerer den på nordsiden (ca. 1,5 km syddøst for gården Hylland). I tillegg går det kjerreveier fra gården Sørskog langs begge sider av Beinskinnvatnet, men disse stopper i brattkant nedenfor forekomsten. Uansett vil et par hundre meter med ny tilkomstvei samt utbedring av kjerrevei være nødvendig.

Terenget ved Skansefjellet er preget av avlange, bare fjellknauser, stigende mot øst. Forekomsten har utgående mellom høydekote 80 og 140. De avlange "hvalformete" knausene står opp mellom markerte søkk som utgjør sprekke/omvandlingssoner. Forekomsten består trolig av to separate intrusjoner; en nordlig med utgående ca. 150 x 70 meter og høydeforskjell ca. 15 meter, samt en større sydlig intrusjon med utgående ca. 300 x 200 meter og høydeforskjell ca. 55 meter. Disse er skilt av en tynn sone med omvandlet anortositt. **Den største forekomsten må betraktes som stor i natursteinssammenheng.**

Sprekkesetettheten må gjennomgående betegnes som gunstig; flere steder er det mer enn 5 meter mellom synlige sprekker. Dog må tas i betraktning de konsentrerte sprekkesonene som opptrer i regelmessige intervaller i søkk i terrenget. Av disse synes en ØSØ-VNV (steil) retning å være fremtredende.

Også her varierer anortositten mellom de samme to typer som ved de foregående lokaliteter. Fargespill synes å være jevnt fordelt, og å opptre i flere retninger. Ansamlinger av grønne stikk, pyroksenlag og spredte megakrystaller av pyroksen finnes i varierende grad i hele forekomsten, og kan også her medføre høy vrakposent selv om massiviteten er gjennomgående svært god.

Forekomsten ligger tilstrekkelig langt fra bebyggelse, og er fra vei synlig kun fra relativt stor avstand. Dog bør bemerkes at det er godt utsyn utover mot Sirevåg og Brusand fra Skansefjell, og støy fra et evt. brudd kan bære langt.

Det foreligger planer om natursti langs den gamle kjerrevegen; omfanget av dette og hvilke konsekvenser det vil kunne få for drift må avklares nærmere.

Lokalitet 4 - Beinskinnvann syd (Hå kommune)

Syd for Beinskinnvann like under Skansefjell finnes en nord-syd gående, lav rygg omtrent midt i dalen (UTM 315650 6489000; Fig. 5.7). Gårdsveg skjærer forekomsten i nord ved Beinskinnvann. Ryggen består dominerende av labradoriserende anortositt. Anslagsvis er forekomsten ca. 200 x 50 meter i utstrekning. Den strekker seg imidlertid ikke mer enn ca. 5 meter over den delvis myrlendte dalbunnen, slik at en er henvist til å følge en pallhøyde dominerende i overflatefjell. Sprekkesoner deler ryggen på tvers med regelmessige mellomrom,

og anortositten er relativt innholdrik på grønne stikk. **Pga. den lave høyden på ryggen må forekomsten alt i alt betegnes som liten.**

I haugene øst og sydøst for denne forekomsten finnes flere mindre forekomster av labradoriserende anortositt. I noen av disse finnes sentrale partier hvor både massivitet og kvalitet ellers er god. Men sannsynligvis er disse forekomstene marginale i forhold til f.eks. Skansefjell.

Lokalitet 5 - vest for Nedra Forevatnet (Eigersund kommune)

Forekomsten består av flere koller/hauger ca. 800 meter vest for Nedra Forevatnet (nordlige del) og ca. 200 meter nord for Litlatjørna (UTM 317300 6488900; fig. 5.8). Ca 250 meter nord for forekomsten møtes samme kjerrevei som passerer Skansefjellet. På denne strekningen er veien i relativt dårlig stand. Mot vest er det ca. 3 km til gården Hylland. Mot øst er det ca. 700 meter til noe bedre kjerrevei (bl.a. til kraftstasjon), som igjen kan følges videre østover til den møter RV44 etter ca. 2,5 km ved Hegrestad.

I tillegg til utbedring av kjerrevei må beregnes ny vei ca. 250 meter i lett terreng.

Forekomsten er totalt ca. 300 x 70 meter i utstrekning¹⁰, og består av to større koller (ca. 40 meter høydeforaksjell til dalbunnen) og en lengre, lav rygg (svakt skrånende fra 60 til 80 moh.). Sprekkekettetheten må gjennomgående betegnes som lav, med muligheter for uttak av store blokker.

De samme variasjoner i bergartstype som er beskrevet ved de andre lokalitetene finner vi også her. Det samme gjelder vekslende innslag av grønne stikk og pyroksenkrystaller/lag.

I likhet med Skansefjell kan forekomsten(e) i dette området betegnes som stor(e). Samtidig vil samme vurderinger måtte gjøres med tanke på natursti-prosjektet.

Andre lokaliteter

Det finnes en rekke andre lokaliteter av anortositt med fargespill - flere av disse fremgår av fig 5.1, andre finnes utenfor dette området (eks. ved Oгна; UTM 313380 6492350). **I regelen er disse imidlertid små og/eller av sterkt varierende kvalitet, slik at ingen av dem regnes som mer interessante enn de overfor nevnte lokaliteter.** Utviklingen framover vil klarlegge hvorvidt det er aktuelt å gå videre med disse småforekomstene.

Konklusjoner

En rekke små og noen større forekomster av labradoriserende anortositt finnes i en sentral del av Egersund-Oгна anortosittmassiv. Forekomstene representerer trolig mange små og store

¹⁰Det bør bemerkes at tildels betydelige forekomster av labradoriserende anortositt finnes vest for forekomsten (dog noe mer varierende kvalitet), og trolig også syd for forekomsten.

Intrusjoner i en ellers mer omvandlet og uinteressant anortositt. Intrusjonene synes gjennomgående å ha form som uregelmessige linser.

Sprekkesetettheten er generelt lavere i disse intrusjonene enn i berggrunnen rundt, og flere steder synes det å være potensiale for store blokker. Det er en tendens til at sprekkesetettheten blir lavere dess større intrusjonene (forekomstene) er.

Av vesentlige trekk som kan øke vrakprosent i evt. drift bør nevnes spredte soner med tett oppsprekking assosiert med omvandling; slike kan resultere i opp til 5 meter brede, regelmessige partier med "ufjell". Videre finnes innslag av ansamlinger med grønne stikk, megakrystaller av pyroksen og pyroksenlag som kan medføre økt skrotprosent innen alle forekomstene.

Små, lett tilgjengelige forekomster finnes ved Hellvik (lokalitet 1 og 2) og ved Beinskinnvann (lokalitet 4). De to førstnevnte kan ligge noe nær bebyggelse. Store forekomster finnes ved Skansefjell og vest for Nedra Forevatnet; disse (spesielt sistnevnte) ligger langt fra bebyggelse og godt i skjul, men vil imidlertid kreve større grad av utbygging av vei. Disse forekomstene kan komme i konflikt med et planlagt natursti-prosjekt.

Hvis bergarten viser seg å være markedsattraktiv (prisivå opp imot larvikitt) bør området og særlig de større forekomstene i høyeste grad betraktes som interessant nok til at videre undersøkelser utføres.

Ved videre undersøkelser av forekomstene vil detaljert geologisk kartlegging av 1) sprekker og sprekke/omvandlingssoner, 2) forekomstenes utstrekning og geometri, 3) fargevariasjoner (eks. med prøvetaking i rutenett) og 4) stikk og pyroksenlag/krystaller være av meget stor betydning for vurdering av kostnadssiden ved evt. drift. Det bør utarbeides en modell for hver forekomst som tar hensyn til det relativt komplekse samspillet mellom intrusive forhold, magmatiske variasjoner, tektonikk og omvandling. En "prøve- og feile"- metode i området vil lett resultere i et mislykket resultat.

5.2. Garsaknatt-intrusjonen

Garsaknatt-intrusjonen har på kartet en avlang form (ca. 15 km lang og inntil 2,5 km bred) med NV-SØ orientering. Nordlige avgrensning finner vi ved E18 like ved Drange, mens den sydlige er like syd for Navrestad. Store deler av intrusjonen er befart, ihvertfall de deler som er rimelig tilgjengelig fra veg.

Intrusjonens marginer er leuconorittisk (>10% pyroksen) mens de sentrale deler er anortositt. Utseendemessig kan det være vanskelig å skille disse to typene. De er begge mørk gråblå på farge, middels til grovkornet og viser grovkornet seriat til subofittisk tekstur. Svært grovkornet, pegmatittisk anortositt opptrer sporadisk som små og uregelmessige partier.

Intrusjonen er i motsetning til de større massivene ikke sterkt deformert (foliert) langs marginene. Men de marginale deler er mer inhomogen enn sentrale, først og fremst grunnet hyppige pegmatitter.

Hovedmineral er naturlig nok plagioklas feltspat (80 - 95%). Pyroksen (delvis sterkt omvandlet til kloritt) opptrer som mindre, spredte korn mellom plagioklaskrystaller. Bergarten har et relativt høyt innhold av ertsmineraler (4-8%), som stort sett er jernoksyder (magnetitt og hemoilmenitt). Svovelkis opptrer i meget små mengder som små, spredte korn. Andre underordnete mineraler er biotitt, amfibol, titanitt, kloritt, epidot og lys glimmer (tre sistnevnte som omvandlingsprodukter).

Labradoriserende feltspat (dypt blått fargespill) opptrer i varierende grad (mellom 1 og 10%), både som spredte megakrystaller og jevnere fordelt. Spesielt i pegmatitter er fargespill godt utviklet, mens de dominerende bergartsmassene varierer og er gjennomgående fattigere på labradoriserende krystaller. Flere steder sees en markert retningsorientering i feltspat som medfører at fargespill kun fremkommer i ett sagsnitt.

Forvittringsprofilen er gjennomgående dypere enn i Hellviktype. Typisk er en ytre, hvit kaolinisert hinne (fig. 4.7d) og deretter en gulbrun "bark" på 10-20 cm hvor feltspatkrystallene sitter løst. Spesielt pegmatitter smuldrer lett i overflaten. Den dype barken skyldes nok vesentlig det høye innhold av oksyder. På grunn av forvittringshuden er det ofte vanskelig å vurdere fargespill på forvitret flate, samtidig som friske prøver er vanskelig å slå av med hammer.

Lokalitet 6 - Drange (Lund kommune)

Forekomsten ligger like nord for E18 (UTM 347700 6484500; fig. 5.9), og utgjør den nordlige marginen til intrusjonen. Det er lett å se avgrensningen i terrenget; forekomsten utgjør lave, delvis skogsbevokste koller nær veien, mens omkringliggende gneiser står opp som en brattkant rundt forekomsten. Totalt dekker den et areal på nærmere en kvadratkilometer.

Kvalitetsmessig varierer forekomsten mye; hurtige vekslinger mellom vanlig, homogen leuconoritt (fargespill spredt, 1-5%) og uregelmessige pegmatitter (fargespill jevnt fordelt, ca. 10%) er vanlig. Hyppige sprekkesoner og skjærsoner medfører at tildels betydelige deler av forekomsten er meget oppsprukket. Kun mindre partier av massive bergarter står opp som små koller i terrenget.

Ansamlinger av tynne, grønne stikk finnes i hele området.

Forekomsten ved Drange ligger gunstig til og i gunstig terreng, men store interne variasjoner, oppsprekning og "feil" vil trolig medføre små driftsområder og høy skrotprosent.

Området syd for E18 ble også befart, men både oppsprekking og variasjoner synes å være for omfattende sett i forhold til den vanskelige tilgjengeligheten til at området er interessant.

Lokalitet 7 - Navrestad (Lund og Sokndal kommuner)

Veien mellom Moi og Hauge går igjennom Garsaknatt-intrusjonen like etter avkjørselen til Navrestad (UTM 354250 6473800; fig. 5.10). Intrusjonen står her opp i terrenget som en NV-SØ gående fjellrygg, som er regelmessig gjennomskåret av NØ-SV gående dalsøkk

(sprekkesoner). Arealmessig er forekomsten svært stor, og anortositten er stort sett homogen og lite oppsprukket (fig. 5.11a). **Både på sør- og nordsiden av veien finnes partier som teknisk sett kan danne grunnlag for storblokkdrift.**

Beliggenhet nær vei er fordelaktig, men veien er relativt smal og delvis grusbelagt i retning Hauge. Avstand til Hauge er rundt 18 km. Store deler av vegstrekningen er lite egnet til tung trafikk.

Den leuconorittiske yttersonen er (som ved Drange) mer variabel (bl.a. flere pegmatitter) enn den anortosittiske sentrale del.

Fargespillet synes i de homogene partier å være noe begrenset (spredte krystaller; 1-5%), og er muligens for lite framtreddende til at det er et typisk og gjennomgående trekk ved bergarten. Det har imidlertid vært svært vanskelig å vurdere omfang av fargespill med basis i observasjoner på forvitret overflate. Trolig behøves en systematisk prøvetaking av forvitrete prøver ved hjelp av små skytesalver eller "Pack-sack" kjerneboring.

Innslag av "feil" som tynne, grønne stikk og pyroksenkrystaller varierer, men er sannsynligvis ikke kritisk.

Pegmatitter viser generelt bedre fargespill, men er til gjengjeld små og vanskelig å basere evt. drift på.

Konklusjoner

Garsaknatt-intrusjonen består av en sentral, homogen anortositt og en randsone av mer inhomogen leuconoritt med pegmatitter. **I deler av intrusjonen (spesielt sydlige del) er blokkpotensialet meget bra, men det er usikkert hvorvidt bergarten har tilstrekkelig innhold av labradoriserende anortositt til å være markedsattraktiv. Tilkomsten til området kan være problematisk (dårlig veg). Ved Drange finnes partier med bedre fargespill, men forekomsten er av svært varierende og tildels dårlig kvalitet.**

En nærmere undersøkelse vil måtte omfatte systematisk uttak av friske prøver ved sprengning samt detaljkartlegging av oppsprekking, homogenitet og "feil".

5.3. Hidra-intrusjonen

Hidra-intrusjonen utgjør en sydlig ekvivalent til Garsaknatt-intrusjonen, og er på alle måter svært lik. Intrusjonen opptrer på de sentrale deler av Hidra og på fastlandet nord for Hidra (fig. 2.7).

Pegmatittforekomster med store krystaller av labradoriserende feltspat på Hidra er godt kjent i samler-kretser, og er ofte blitt sammenlignet med den mer kjente finske SPEKTROLITT. I natursteinssammenheng er det imidlertid ikke nødvendigvis slike unike pegmatitter som er mest interessant, siden slike ofte er inhomogene, oppsprukne og har begrenset størrelse.

Siden dette prosjektet i prinsippet kun har omfattet Rogaland er undersøkelsene i Hidra-intrusjonen kun begrenset til korte befaringer for å kunne se denne i sammenheng med resten av anortosittkomplekset.

Lokalitet 8 - Hidra

På Hidra finnes som nevnt unike pegmatitter, men også mer finkornet, homogen anortositt og leuconoritt (fig. 4.2 og 2.7). Førstnevnte finnes i en sentral sone som bl.a. går igjennom Urstad, mens sistnevnte opptrer på begge sider av anortositten.

Sprekkesetettheten synes generelt noe høy på Hidra, slik at det kan bli problematisk å lokalisere massive og homogene partier. Bebyggelse og kulturlandskap vil også sette begrensninger for evt. drift. Videre undersøkelser er følgelig ikke særlig interessant i og nær bebyggelse/adkomst, og bør konsentreres om to avgrensede områder som vist på fig. 5.12. Begrensede undersøkelser (ca. to dagers kartlegging) med sikte på (om mulig) å lokalisere homogene og massive partier innenfor disse områdene vil være aktuelt og ønskelig hvis bergartstypen viser seg å være av industriell interesse.

Lokalitet 9 - Itland

På fastlandet nord for Hidra opptrer store, homogene partier av anortositt og leuconoritt. Førstnevnte utgjør den sentrale del som strekker seg sydover fra Itland (fig. 2.7). Det går grusvei inn i området fra hovedveien (469) slik at ihvertfall østlige deler er tilgjengelig (fig. 5.13).

Blokkpotensialet er bra - i store områder er sprekketettheten svært lav, og terrenget er gunstig med lave fjellrygger uten overdekning. Benkningen har ofte en gunstig orientering i de gjennomgående slake fjellryggene. I likhet med Navrestad er det vanskelig å vurdere omfang av labradoriserende feltspat i dette området pga. forvitring. Det antas likevel at det gjennomsnittlig er **mindre enn 5% av krystallene som viser fargespill**, hvilket trolig er i minste laget. Men det understrekes at området er stort og kan inneholde også bedre partier.

Ansamlinger med grønne stikk opptrer med regelmessige mellomrom (i likhet med de andre forekomstene).

Området bør absolutt betraktes som interessant pga. de store, massive partiene, og oppfølgende undersøkelser bør utføres i partier avmerket i fig. 5.13, forutsatt at Hidra type anortositt viser seg å være av industriell interesse. Også her vil prøvetaking av uforvitret fjell være nødvendig for å vurdere fargespill.

Konklusjoner

Hidra-intrusjonen viser store likheter med Garsaknatt-intrusjonen. Små og uregelmessige pegmatitter med tildels sterkt labradoriserende feltspat finnes i deler av intrusjonen (randsonene) og spesielt på Hidra. Større, massive partier med anortositt

der labradorisering er mindre framtreddende og mer spredt utgjør de sentrale deler av intrusjonen.

Det er høyst usikkert om pegmatittene er egnet til regulær natursteinsproduksjon. De massive anortosittene er teknisk sett egnet til storblokkproduksjon, men omfang av labradorisering kan være i minste laget. Videre finnes ansamlinger av stikk som kan bidra til høy skrotprosent.

Videre undersøkelser bør konsentreres om Itland og i begrenset grad innen de avgrensede områdene på Hidra.

6. ANDRE FOREKOMSTER AV ANORTOSITT OG LEUCONORITT

Anortositt uten fargespill har hittil blitt viet lite plass i rapporten, først og fremst siden disse ikke antas å være like unik og markedsattraktiv som de labradoriserende typer.

Til tross for dette bør bemerkes at selv om disse anortosittene trolig vil ligge lavt på prisskalaen for blokkstein er dette naturstein av meget god kvalitet som finnes i store volum. Fargen varierer fra mørk blåfiolett til lys rødfiolett i de minst omvandlede varianter.

I de sentrale deler av anortosittmassivene finnes relativt massive og ensartete partier hvor blokkpotensialet kan være brukbart - spesielt i Hellenen massivet og i Åna-Sira massivet.

6.1. Hellenen-massivet

Vegnære områder i Håland og Hellenen massivene er befart, og i stor grad regnes bergartene som uinteressante pga. oppsprekking, forgneising og variasjoner. Best muligheter og størst homogenitet synes det å være i de sentrale deler av Hellenen-massivet.

De sentrale deler av Hellenen-massivet består av relativt massiv, blåfiolett anortositt (fig. 2.4 og 4.3a). I tillegg til plagioklas (>90%) inneholder bergarten pyroksen, oksyder (svært lite) og omvandlingsprodukter (epidot, kloritt, glimmer og leirmineraler; spesielt svært finkornet glimmer som orienterte inneslutninger i feltspat). Teksturen er overveiende ulikekornet seriat. De største feltspatkrystallene er blåfiolett på farge (dominerer utseende), mens mindre feltspatkorn har en brunrød farge i likhet med Egersund-Ogna massivet.

Lokalitet 10 - Eikjeli (Sokndal kommune)

Området nær Eikjeli (ved Spjotevatnet) er ikke det eneste homogene parti i Hellenen-massivet, men det er representativt og lett tilgjengelig (UTM 336000 6474700; fig. 6.1 og 5.3). Lignende bergarter finnes også langs gamleveien nær Birkeland og Vatland.

Terrenget er småkollet med oppstikkende rygger og koller der sprekke tettheten gjennomgående er lav (fig. 5.11b). **Flere steder i området kan det trolig oppnås store blokkstørrelser.** I likhet med andre steder i anortosittkomplekset er imidlertid tilstedeværelsen av skråttstilte sprekker vanlig, og medfører høyere skrotprosent enn steiltstående sprekker med gunstig orientering. Benkningen er pga. terrenget uregelmessig og skiftende.

6.2. Åna-Sira-massivet

Åna-Sira massivet viser store likheter med Hellenen når det gjelder anortosittens utseende/karakteristika. Store deler av massivet ligger utilgjengelig til, og er dermed uinteressant i natursteinssammenheng. I massivets sentrale deler mellom Jøssingfjord og Åna-Sira synes anortositter/leuconoritter å være mer homogen og mindre oppsprukket enn ellers i massivet.

I sentrale deler av Åna-Sira massivet (fig. 2.6) finnes tilsvarende blåfiolett anortositt som lokalitet 10. I tillegg finnes en mørkere brunlig, noe mer finkornet variant som tenderer mot noritt i sammensetning. Grenseforhold mellom disse to typene er ikke klarlagt.

Lokalitet 11 - Sandheia, (Sokndal kommune)

Dette området utgjør et større parti på fjellovergangen mellom Jøssingfjord og Åna-Sira (UTM 346300 6466100; fig. 6.2). Terrengforhold og sprekketthet/benkning er tilsvarende som beskrevet for lokalitet 10. Blåfiolett anortositt (se beskrivelser over) dominerer, mens en mer brunlig norittisk variant finnes i sydlige deler av området.

På mange måter kan dette området vurderes og prioriteres likt med lokalitet 10.

6.3. Konklusjon

De mørke blåfiolette anortosittene i Hellenen-massivet og Åna-Sira-massivet opptrer i homogene partier i de sentrale deler. **Blokkpotensialet vil trolig være bedre enn f.eks. i larvikitt, men dårligere enn i f.eks. Iddefjordgranitt. Bergarten regnes å være mindre unik/markedsattraktiv enn anortositt med fargespill.** Følgelig må uttakskostnader ligge tilsvarende lavere for at økonomisk drift skal være mulig. Det er usikkert hvorvidt dette er mulig å oppnå, og forekomstene må betraktes som marginale.

Videre arbeid bør i første rekke konsentreres om å klarlegge i hvilken grad bergartstypen er interessant for industrien. I så tilfelle kan områdene relativt lett vint evalueres nærmere for å lokalisere egnede bruddlokaliteter.

Forekomstene bør ikke prioriteres høyt i forhold til anortositt med fargespill.

7. KVALITET OG EGNETHET

7.1. Kvalitet til bruk som naturstein

Anortositt og relaterte bergarter er, hvis uomvandlet, generelt av svært høy kvalitet som naturstein. Så også med anortosittene i Rogaland. Bergarten har en seriat til porfyrittisk tekstur hvor krystaller av ulik størrelse er flettet inn i hverandre. Dette gjør bergarten tett og sterk.

Anortositt fra Hellvik ble testet i forbindelse med tidligere nevnte prøvedrift for noen år siden. Testene ga følgende mekaniske egenskaper (SIL):

Trykkfasthet	220,5 N/mm ² (svært god)
Bøystrekkfasthet	17,3 N/mm ² (god)
Slitasjetall	1,97 mm (svært god)
Vannabsorpsjon	0,05 vekt% (svært god)
Egenvekt	2,69 t/m ³ (gjennomsnitt)
Varmeutvidelse	3,5 - 4,2 (god)

Bergarten har altså mekaniske egenskaper som samlet er bedre enn gjennomsnitt for granitt. Spesielt svært lav vannabsorpsjon er interessant å merke seg, siden absorberende bergarter lettere blir utsatt for frostsprengning, misfarging og saltsprengning. Imidlertid må man også ha i mente at vannabsorpsjonstesten ikke gir det hele bildet av bergarters evne til å transportere vann i porer og mikrosprekker, siden den kun angir hvor mye vann som opptas - og ikke i hvilken grad og hvordan vann transporteres i bergarter.

Med tanke på holdbarhet vil de friske anortosittene trolig også være meget egnet; dette gjelder spesielt Hellvik-typen, hvor innhold av lett oksyderbare mineraler er ubetydelig. Hidra-typen inneholder derimot rikelig med oksyder, noe som med tid og stunder kan resultere i en brunlig forvittringshud ved bruk utendørs.

Omvandlet anortositt vil være mindre holdbar enn frisk; kornstørrelsen reduseres ved økende omvandling, slik at samlet overflate av mineraler som er tilgjengelig for nedbrytende krefter økes sterkt. Samtidig er omvandlet feltspat også sterkere oppsprukket og mer porøs.

Dette kan studeres ved å se på forvittringshuden i bergartene; den friske anortositten av Hellviktype viser så og si ingen forvittringshud med unntak av en noe mer gulbrun farge de ytterste centimeterne. Omvandlet anortositt har en glattere, hvitaktig eller lysegrå forvittringshud som indikerer omdanning til leirmineraler fra feltspat. Det er også en tendens til slik forvitring i Hidra-type, selv om "friskheten" tilsynelatende er like god som Hellviktypen.

Rent konkret vil Hellvik-typen være anvendelig til alle natursteinsformål. Hidra-type kan være noe problematisk å bruke i miljø som fremmer oksydasjon. Delvis omvandlet anortositt kan med tiden få en grålig hinne og bør helst ikke brukes som polerte arbeider i krevende miljø. Sterkt omvandlet anortositt vil trolig være uegnet til en rekke bruksområder.

7.2. Brytningsegenskaper

Sett bort i fra de mer varierende forhold som oppsprekning, "feil" og topografi er bergartskløven vesentlig for brytning. God kløv i flere retninger virker besparende under drift siden antall bormeter kan reduseres. Ut ifra observasjoner i gamle brudd synes kløven i anortositten ved Hellvik å være tilfredsstillende. Imidlertid er kun tatt ut relativt små emner, slik at man ikke har kunnskap om hvordan det er å ta ut større emner etter dagens målestokk. Siden Hellviktypen ikke viser noen utbredt mineralorientering er det sannsynlig at kløven er omtrentlig lik i flere retninger. Deler av Hydra typen viser større tendens til mineralorientering, og har derfor trolig bedre kløv i en retning enn i andre.

Ut ifra relativt lik mineralogi og kornstørrelse kan man anta at kløvforholdene er likedan eller noe bedre enn for larvikitt (fortrinnsvis mørk larvikitt).

Siden feltspat er det dominerende mineral og kvartsinnhold er ubetydelig antas at borslitasje og sagslitasje også vil være som for larvikitt. Dette medfører at linesaging av forekomster vil være svært aktuelt.

Kort sagt vil altså brytningsegenskapene i stor grad kunne sammenlignes med larvikitt.

7.3. Bearbeidingsegenskaper

Også her er det nærliggende å sammenligne med larvikitt; mangel av kvarts gir lavere sage- og slipekostnader enn granitt, og polering blir fremragende i lite omvandlet anortositt. Siden bergartene er grovkornet er de noe mindre egnet til finhugging og fremstilling av knekte produkter (gatestein, etc.).

Flamming (overfatebehandling med sveiseflamme) er en mye brukt overflatebehandling, spesielt til fasader og utendørs belegning. Vanligvis betraktes kvartsholdige bergarter som best egnet til dette, siden den høye temperaturen får kvartskornene til å ekspandere og dermed genererer den ru overflaten. For Hellviktypen har imidlertid flamma blitt prøvet med godt resultat, og anortosittene er sannsynligvis like godt egnet til dette som larvikitt. Flammet overflate tar seg i tillegg godt ut, siden kontrastene i steinen dempes. Fargespillet kommer likevel fram - dog best på våt overflate.

8. MARKEDSASPEKTER

8.1. Konkurrerende steintyper

Det finnes ikke spesielt mange typer av bergarter med labradoriserende/schilleriserende feltspat på natursteinsmarkedet. Den viktigste typen er faktisk larvikitt.

I Nain, Labradorkysten i Kanada, brytes en brunlig anortositt med fargespill som ligner Hellviktypen, dog noe lysere på farge (Meyer & Dean, 1987; Müller, 1990; Weishaupt & Holländer, 1993). Forekomsten drives av italienske og kanadiske interesser, og driften startet for et par år siden. Det er verd å merke seg at området ligger særdeles vanskelig til, og derfor må driften begrenses til kun deler av året. Firmaet som markedsfører steinen antydte overfor NGU at en forventet et prisnivå tilsvarende god kvalitet av larvikitt, og at en satser på et begrenset volum. Den ganske sterke viljen blant disse interessentene til å utvikle et såpass vanskelig prosjekt kan indikere en viss interesse i markedet for slike steintyper.

Konkurrerende steintyper til Hydra-typen er i første rekke larvikitt (mørk), og det vil være sannsynlig at Hidratypen lett betraktes som en "dårlig" larvikittvariant pga. den relativt like grunnfargen. Andre konkurrenter er fortrinnsvis mørke labradoriserende anortositter fra flere land (Müller, 1990) som har forsøkt å ta opp konkurransen med larvikitt - uten å lykkes i særlig grad. BLUE STAR fra Ukraina er ett eksempel, og nærmest identisk med Hydra-type. Denne har vært brutt i lengre tid, men fortrinnsvis for markedet i Sovjetunionen. Etter brosjyren kan den leveres i store blokker og volum. Selvsyn av prøver på messeutstillinger tydet på at bergarten kan variere en del med tanke på grad av labradorisering og innslag av "feil" tilsvarende det som er beskrevet i denne rapporten. Prisnivå synes å ligge noe lavere enn larvikitt. SPEKTROLITT fra Finland er en annen, velkjent type. Denne er svært grovkornet, og rik på fargespill, og er mest lik de små pegmatittiske varianter av Hydra-type. Prisnivå er høyt, men lite volum blir produsert, og bruddene gir kun små blokker. Bergarten er faktisk mest kjent som smykkestein, og det antas at slike småprodukter i tillegg til bordplater, benkeplater og andre "møbelprodukter" utgjør det vesentlige av produksjonen. Mørk, labradoriserende anortositt finnes også i Angola og Namibia. I Angola har det vært produksjon av en middelskornet type under navnet LABRADOR D'ANGOLA. Det er usikkert om denne produseres i dag pga. borgerkrigen.

For de ikke-labradoriserende typer av anortositt vil trolig antall konkurrerende steintyper være høyt, selv om det er vanskelig å finne identiske typer i katalogene.

8.2. Markedsattraktiv?

Ut ifra vurdering av konkurrenter kan trolig indikeres at Hellvik-type er mer attraktiv enn Hydra-type, bl.a. fordi den representerer en relativt sjelden kombinasjon mellom brunrød farge og fargespill.

For noen år siden ble det gjort markedsundersøkelser av Hellviktype (ble presentert på messer o.l.), og det er vårt inntrykk at responsen har vært noe sprikende; noen syntes steinen ble for "vill" (for mye fargespill), andre at den i høyeste grad er attraktiv. I denne sammenhengen bør

også tas i betraktning at det ikke nødvendigvis bare er polert overflate som er aktuelt - flammet overflate gir f.eks. et svært behagelig inntrykk samtidig som fargespillet liver opp.

Det er alltid vanskelig å vurdere prisnivå på blokkstein, siden dette ofte reguleres av mer eller mindre rasjonelle preferanser. Men antagelsen om at fargespill medvirker til høy pris er trolig temmelig nær virkeligheten. Et forsiktig estimat for prisnivå (råblokk) for Hellvik-type vil trolig være noe lavere enn god kvalitet larvikitt (oppimot 10.000 kroner pr. kbm stor blokk). Siden forskjellige typer av granitt som regel er atskillig lavere priset (2-5000 kroner) kan det være at det er mulig å etablere brudd i området innenfor kostnadsrammer som harmonerer med markedspris. Det er mulig at Hydra-type vil ligge noe under Hellviktype i pris.

De ikke-labradoriserende anortosittene vil prismessig mer kunne sammenlignes med granitt - trolig under 5000 kroner. Dette medfører en høyere terskel for å få igang drift, og kun partier hvor driftsforholdene er svært gunstige kan komme på tale.

9. KONKLUSJONER

9.1. Hovedkonklusjoner

I tabell 9.1. er gitt en oppsummering av de viktigste konklusjoner i undersøkelsene, der forekomstene er vurdert i forhold til hverandre på grunnlag av viktige kriterier (++ = svært bra, + = bra, 0 = relativt dårlig, - = svært dårlig). I "Bruddforhold" er inkludert faktorer som har betydning for uttakskostnader og skrotmengde; "volum" beskriver hvorvidt forekomstene er små eller store, og med "kvalitet" menes egnethet til ulike bruksområder (god kvalitet = ingen begrensninger, dårlig kvalitet = bør ikke brukes utendørs). "Tilgjengelighet" er i hvilken grad utbygging av infrastruktur er nødvendig.

Tabellen må først og fremst betraktes som en relativ sammenligning av forekomster i området, og ikke som en absolutt skala.

Tabell 9.1. Konklusjoner for de viktigste forekomstene i Rogaland Anortosittkompleks.

Forekomst/lokali- tet	Marked/att- raktivitet	Bruddforhold	Volum	Kvalitet	Tilgjengelig- het
1. Moihaugen	++	0	0	++	++
2. Piggsteintjørna	++	+	0	++	+
3. Skansefjell	++	++	++	++	0
4. Beinskinnvann syd	++	0	+	++	+
5. Vest for Nedra Forevatn	++	++	++	++	0
6. Drange	++	0	0	+	++
7. Navrestad	+	++	++	+	+
8. Hidra	++	+	+	+	+
9. Itland	+	++	++	+	+
10. Eikjeli	0	++	++	++	++
11. Sandheia	0	++	++	++	+

I tabellen fremkommer at forekomstene kan deles i tre grupper:

1. Små forekomster av antatt markedsattraktiv type
2. Store forekomster av antatt markedsattraktiv type
3. Store forekomster av mindre attraktiv (billigere) type

Gruppe 1 og 3 er gjerne lett tilgjengelig mens gruppe 2 ligger noe vanskeligere til. Hvorvidt det er verd å satse på det ene eller andre avhenger av hvilket driftsnivå en tenker seg og hvor store investeringer en akter å legge inn i driften (se pkt. 9.2.).

Ut ifra de antakelser som er gjort med tanke på markedsaspekter er det forfatterens oppfatning at forekomster i gruppe 2 (Skansefjell og vest for Nedra Forevatnet) med rimelig sannsynlighet kan være økonomisk drivverdig. Forekomster i gruppe 1 (eks. Moihaugen og Piggsteintjørna) kan muligens være egnet til småskala drift (evt. at begge forekomstene utnyttes samtidig pga. nær beliggenhet). Forekomster i gruppe 3 (først og fremst Navrestad og Itland, evt. også Eikjeli og Sandheia) kan muligens være økonomisk drivverdig.

9.2. Perspektiver for bruddrift

Natursteinsbrudd kan drives i liten og stor skala.

For småskala bruddrift (opp til 500 kbm salgsblokk) gjelder at forekomstene må være lett tilgjengelig, være godt egnet til uttak og/eller av svært attraktiv type. Brudd må kunne åpnes og drives uten for store investeringer i maskiner og infrastruktur. Dette medfører ofte at en ikke kan satse på ensidig storblokkproduksjon, men ha muligheter for avsetning av et større spekter av blokkstørrelser. En er ofte henvist til å bryte "dagfjell" i lang tid fremover og det kan være vanskelig å forsvare investeringer i maskiner som kan fremskaffe og transportere storblokk. Erfaringsmessig vil småskala bruddrift oftest forutsette en basis i nære markeder - som f.eks. leveranser av blokk til norske uteanlegg, flisfabrikker, gravmonumenter og råkilt blokk til tørrmurer o.l. Unntak er de tilfeller hvor steinen oppnår en helt spesiell og eksklusiv plassering (særdeles høy pris) i det internasjonale markedet. Selv om enkelte typer av labradoriserende anortositt trolig er markedsattraktiv og kan oppnå priser høyere enn gjennomsnittet er det ikke dermed å forvente at prisnivået blir så bra at eksportorientert smådrift er realistisk.

Storskala bruddrift gir mulighet for å etablere effektive brudd med en større andel storblokkproduksjon. Større volum medfører at slike brudd må være svært eksportorientert, noe som krever større og bedre blokker. Investeringene er relativt store - spesielt i spesialiserte borrhjeller, linesager og store hjullastere. Videre tar det lang tid før bruddet er optimalt, dvs. at en har etablert en gunstig bruddtopografi under dagfjellsonen. Det er altså en mye større langsiktighet knyttet til etablering av store, eksportorienterte brudd enn små. Store brudd krever i tillegg en sterkere innsats innen planlegging av bruddriften (geologi, driftsplaner, etc.).

Det antas at forekomstene i gruppe 2 krever så mye investeringer i infrastruktur pga. vanskelig beliggenhet at storskala drift er det eneste riktige perspektivet. Forekomstene i gruppe 1 er volummessig kun egnet til småskala drift, og må vurderes deretter. Forekomstene i gruppe 3 er volummessig store og rimelig lett tilgjengelig, slik at begge perspektiver kan nyttes. Likevel vil stordriftsfordelene øke dess lavere prisnivået er, og usikkerheten med tanke på disse forekomstenes markedsattraktivitet kan favorisere stordriftsperspektivet.

9.3. Videreforedling?

Videreforedling av blokkstein kan også betraktes i "små-skala" og "stor-skala" perspektiv.

Små-skala videreforedling omfatter spesialisert eller "allround" produksjon av plater og andre produkter, fortrinnsvis for det norske markedet. I Norge er slik virksomhet gjerne basert på produksjon av stein til uteanlegg og/eller gravmonumenter og/eller mindre kvanta fasadeplater o.l.

Stor-skala videreforedling omfatter produksjon av standardiserte produktserier som f.eks. gulvflis, fasadeplater og råplater (halvfabrikata). Slike virksomheter må nødvendigvis være eksportorientert, og vil kreve store investeringer i spesialiserte maskiner. I tillegg må det satses mye ressurser på markedsføring overfor sluttbrukere (som er et helt annet marked enn råblokk). Erfaringene med slik satsing i Norge i de senere år har vært relativt negative, og i dag foregår nærmest ingen eksportorientert videreforedling av blokkstein.

Uansett hvilke perspektiver en har på videreforedling synes det vanskelig å koble videreforedling opp til en forekomst eller steintype; kundene blir dermed henvist til andre fabrikker hvis de ønsker andre steintyper. Videre er markedsføring av råblokk og ferdigvare to vidt forskjellige virksomheter; en kobling mellom brudd og bearbeiding fordrer dermed i sterk grad at en utnytter det meste av råstoffet i egen fabrikk.

For vurdering av muligheter for videreforedling av anortositt i Rogaland vil første trinn trolig være å undersøke hvilke markedsmuligheter en har innen regionen for produksjon av ulike steinprodukter. Videre bør videreforedling i utgangspunktet betraktes som uavhengig av blokkproduksjon/brudd.

9.4. Prioritering av områder

For videre undersøkelser/utvikling av forekomster anbefales en prioritering av områder med basis i hvilke muligheter en har til å lykkes. Denne rapporten anbefaler følgende rekkefølge:

- 1. Store forekomster av labradoriserende anortositt i Egersund-Ogna-massivet; Skansefjell og vest for Nedra Forevatnet.**
- 2. Små forekomster av labradoriserende anortositt innen Egersund-Ogna massivet; Piggsteintjørna, Moihaugen og Beinskinnvatn.**
- 3. Store forekomster av delvis labradoriserende anortositt innen Garsaknatt og Hidra intrusjonene; Navrestad og Itland.**
- 4. Små forekomster av labradoriserende anortositt innen Garsaknatt og Hidra intrusjonene; Hidra og Drange.**
- 5. Store forekomster av ikke-labradoriserende anortositt innen Helleren og Åna-Sira massivene; Eikjeli og Sandheia.**

Videre undersøkelser bør utføres av eller i samarbeid med industribedrifter som har interesse av og økonomisk evne til å utvikle brudd.

I første rekke bør klarlegges hvilke av anortosittypene som er av størst interesse for industrien og markedet. Selv om denne rapporten gir en oppfatning av dette, kan det finnes andre meninger som kan være like eller til og med mer relevant.

Deretter bør alternative forekomster innenfor de enkelte typene vurderes ut i fra geologiske faktorer og tilgjengelighet, eierforhold, eventuelle kryssende interesser, osv.

Ved en eventuell videre satsing på enkeltforekomster bør det legges stor vekt på de aspekter som er tatt opp i kapittel 4, siden grundig kartlegging/evaluering av disse vil ha stor betydning for korrekt vurdering. Anortosittmassivene er i natur svært komplekse, der hyppige variasjoner og andre ubehagelige overraskelser lett kan føre til negativt resultat hvis ikke slike forhold tas hensyn til fra begynnelsen.

En "prøve-og-feile" metode ved etablering av brudd anbefales ikke medmindre det er snakk om svært småskala drift.

LITTERATURREFERANSER

Barkved, O. 1993: Steinprosjektet i Dalane - Rapport fra Forprosjektet. *Rapport, Rogaland Næringstjeneste A/S*.

Currier, L.W., 1960: Geological appraisal of dimension-stone deposits. *US Geological Survey Bulletin 1109*.

Demaiffe, D. & Hertogen, J., 1981: Rare earth geochemistry and strontium isotopic composition of a massif-type anorthositic-charnockitic body: the Hydra massif (Rogaland(!), SW Norway). *Geochimica et Cosmochimica Acta 45*, 1545-1563.

Duchesne, J.C., 1987: The Bjerkreim-Sokndal massif. I: Maijer, C. & Padget, P., (red) The geology of southernmost Norway - an excursion guide. *NGU, Special Publication No. 1*.

Duchesne, J.C. & Maquil, R., 1987: The Egersund-Ogna massif. I: Maijer, C. & Padget, P., (red) The geology of southernmost Norway - an excursion guide. *NGU, Special Publication No. 1*.

Duchesne, J.C. & Maquil, R., 1987: The Rogaland Intrusive massifs: western part. I: Maijer, C. & Padget, P., (red) The geology of southernmost Norway - an excursion guide. *NGU, Special Publication No. 1*.

Duchesne, J.C. & Michot, J., 1987: The Rogaland Intrusive masses: introduction. I: Maijer, C. & Padget, P., (red) The geology of southernmost Norway - an excursion guide. *NGU, Special Publication No. 1*.

Duchesne, J.C. & Tobi, A.C., 1987: The Rogaland intrusive massifs: eastern part. I: Maijer, C. & Padget, P., (red) The geology of southernmost Norway - an excursion guide. *NGU, Special Publication No. 1*.

Falkum, T., 1982: Geologisk kart over Norge - Berggrunnskart Mandal - 1:250 000. *NGU*.

Hurlbut, C. & Klein, C., 1977: Manual of mineralogy. John Wileys & Sons, New York.

Jorde, K., Sigmond, E.M.O. & Thorsnes, T., 1990: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart Stavanger - 1:250 000 (foreløpig utgave). *NGU*.

Kolderup, C.F., 1897: Ekersund-Soggendalsfeltets bergarter og deres betingelser for anvendelse i stenindustrien. *Bergens Museums Aarbog No. 11*.

Krause, H., Gierth, E. & Schott, W., 1985: Ti-Fe deposits in the South Rogaland igneous complex, with special reference to the Åna-Sira anorthosite massif. *NGU Bulletin nr. 402*, 25-39.

Meyer, J.R. & Dean, P.L., 1987: Dimension-stone potential in the Nain anorthosite. *Newfoundland Departement of Mines and Energy, Mineral Development Division, Report 87-1*, s. 77-82.

Michot, J., 1961: The anorthositic complex of Haaland-Helleren. *Nor. Geol. Tidsskr.* 41, 157-172.

Müller, F., 1990: Internationale Natursteinkartei (INSK) - 3. opplag. Ebner Verlag, Ulm.

Nielsen, F.M., 1992: *Magmakammerprocesser belyst med udgangspunkt i Bjerkreim-Sokndal intrusionen, Rogaland, Syd-Norge*. Upubl. licentiatavhandling, Aarhus Universitet.

Oxaal, J., 1916: Norsk Granit. *NGU nr. 76*.

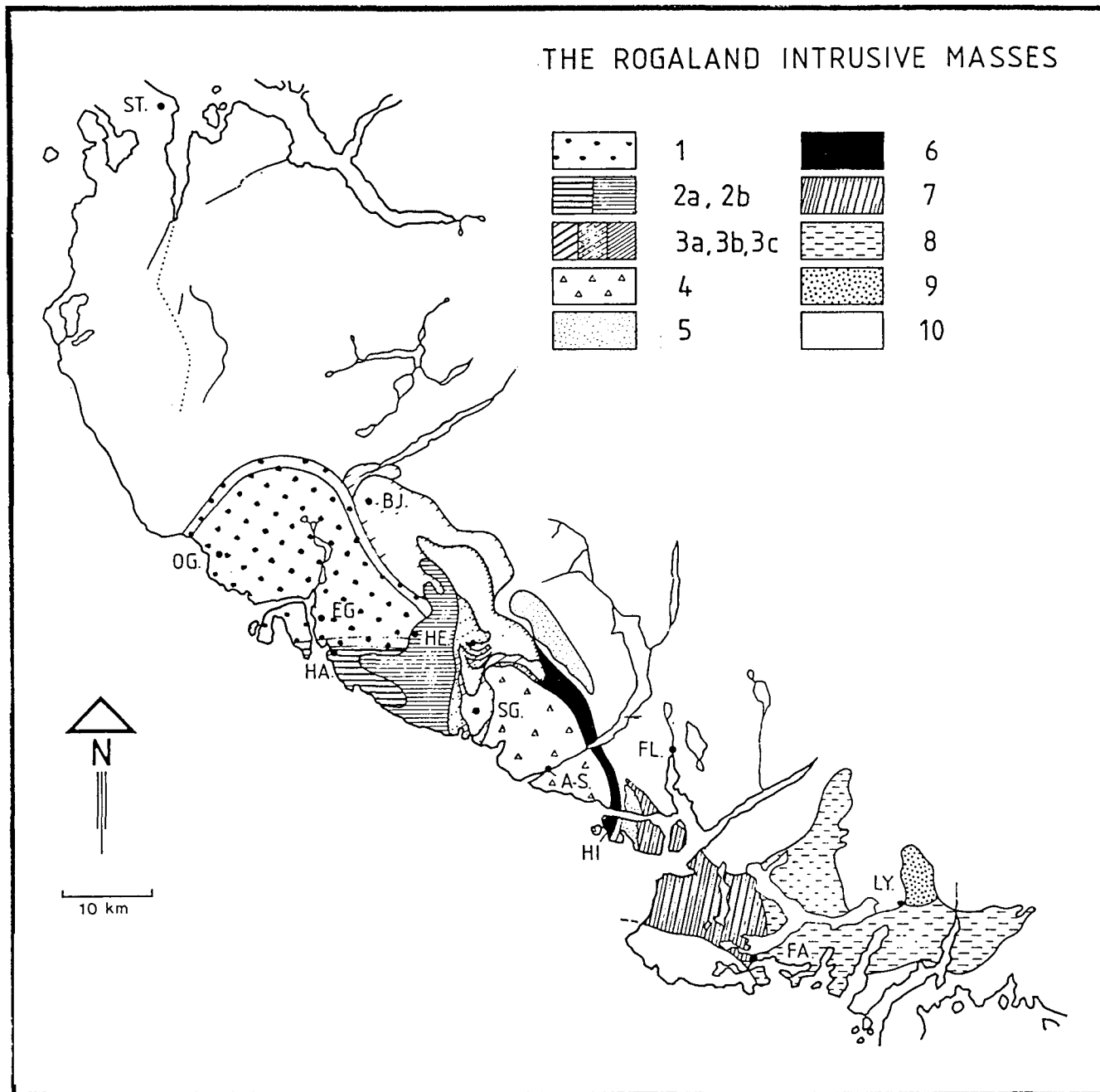
Pasteels, P., Demaiffe, D. & Michot, J., 1979: U-Pb and Rb-Sr geochronology of the eastern part of the South Rogaland igneous complex, Southern Norway. *Lithos* 12, 199-208.

Priem, H.N.A. & Verschure, R.H., 1982: Review of the isotope geochronology of the high-grade metamorphic Precambrian of S.W. Norway. *Geol. Rundschau* 71, 81-84.

SIL (Steinindustriens Landssammenslutning): Norwegian Natural Stone. Brosjyre.

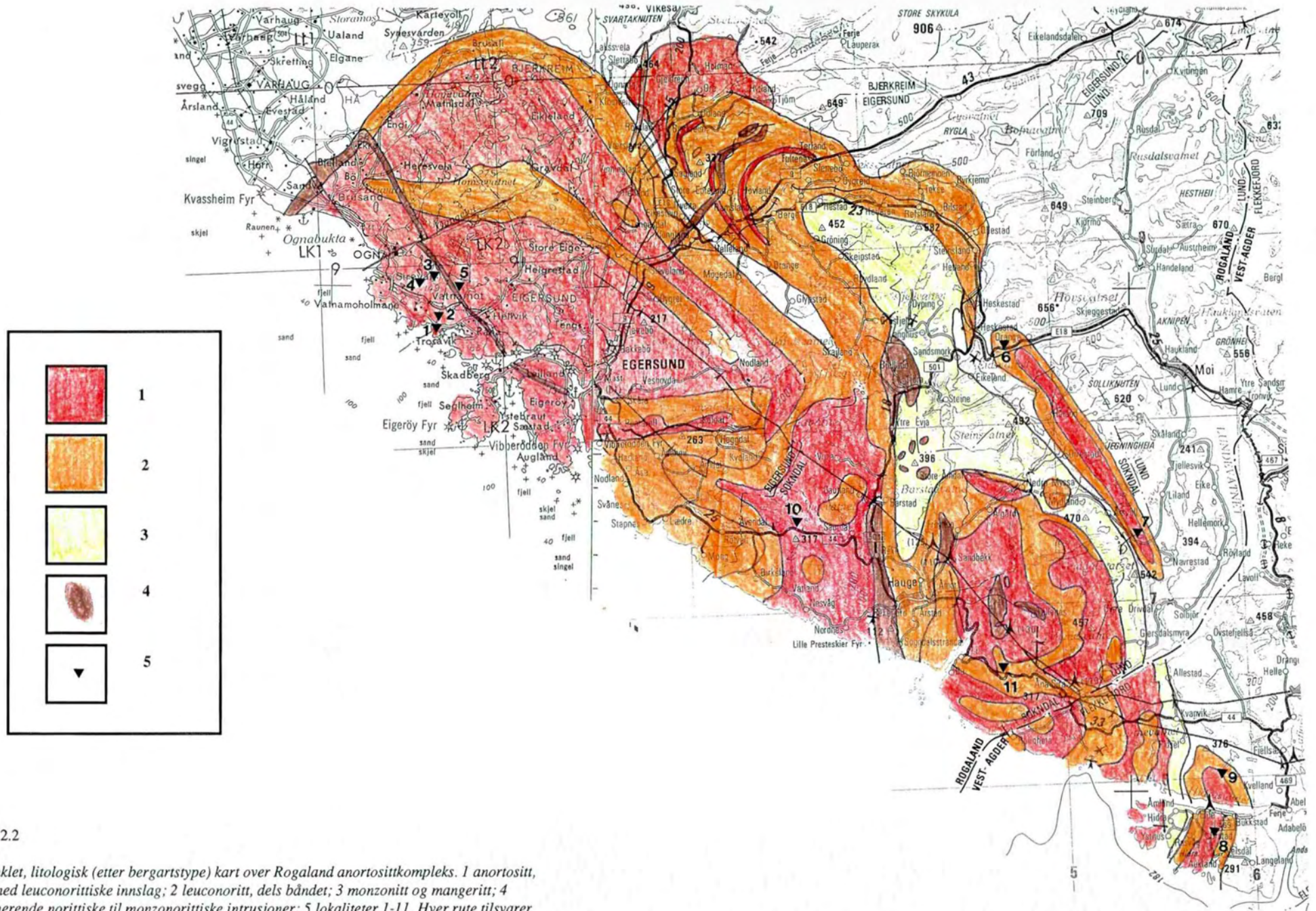
Weishaupt, C. & Holländer, B., 1993: Blue Eyes - Stein der Inuit. *Naturstein, nr. 2*, 1993.

FIGURER



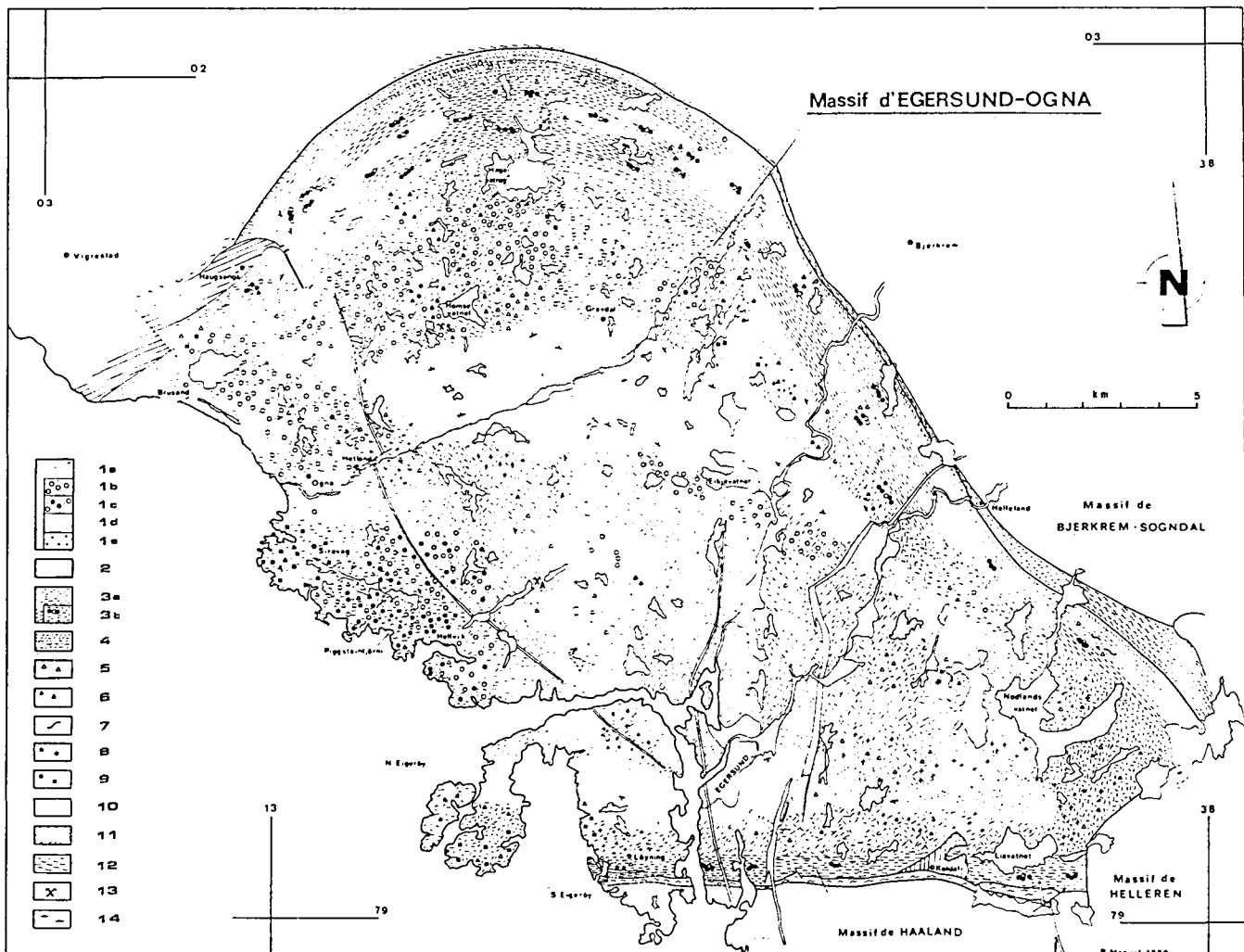
Figur 2.1

Rogaland anortosittkompleks. 1: Egersund-Ogna-massivet; 2a Håland-massivet; 2b Hellenen-massivet; 3 Bjerkreim-Sokndal-intrusjonen; 4 Åna-Sira-massivet; 5 Garsaknat (nord) og Hidra intrusjonene; 6-10 andre intrusive og metamorfe enheter i området. Etter Duchesne & Michot, 1987.



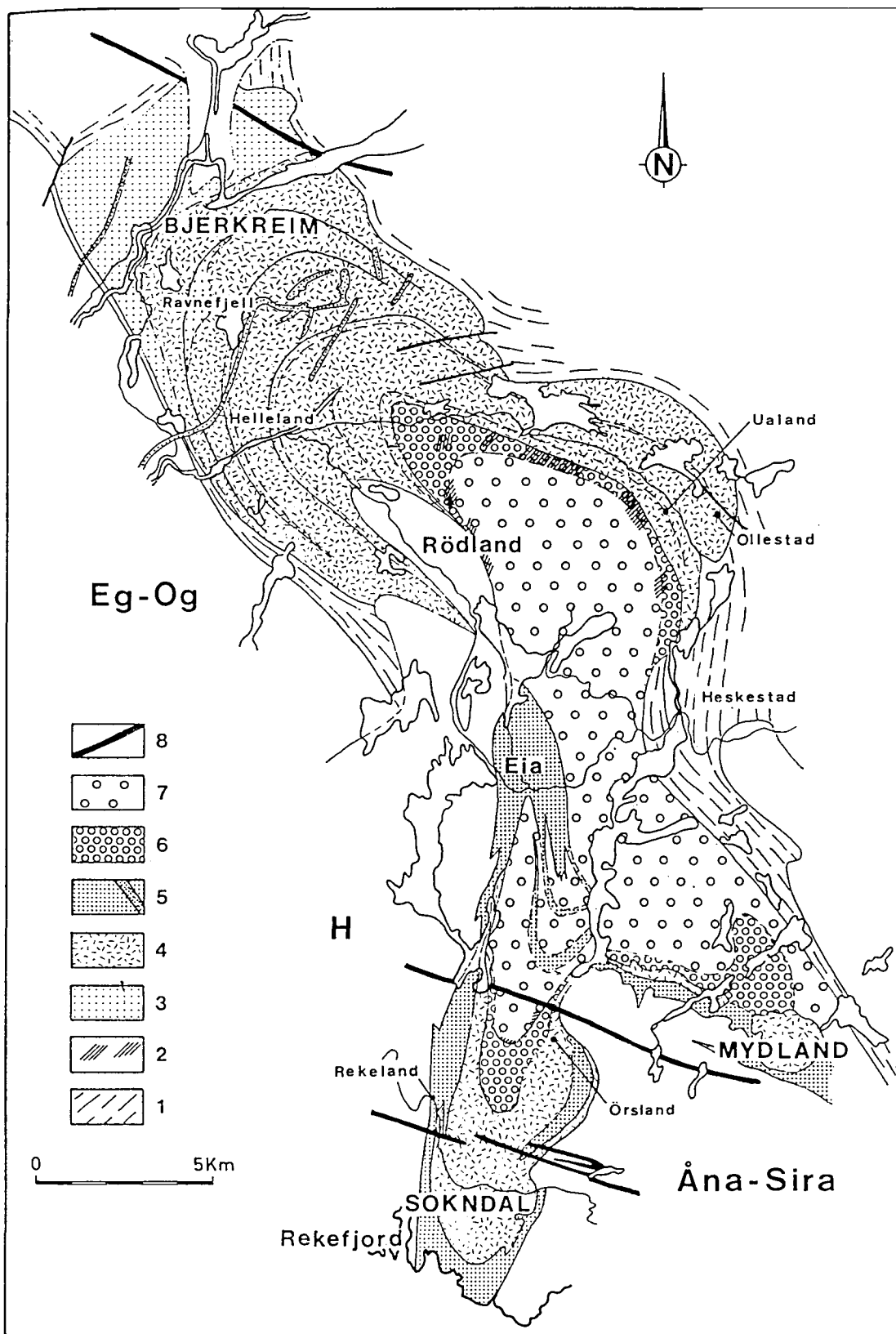
Figur 2.2

Forenklet, litologisk (etter bergartstype) kart over Rogaland anortositkompleks. 1 anortosit, dels med leuconoritiske innslag; 2 leuconoritt, dels båndet; 3 monzonitt og mangeritt; 4 dominerende norittiske til monzonorittiske intrusjoner; 5 lokaliteter 1-11. Hver rute tilsvare 10 km. Etter Falkum, 1982 og Jorde m.fl., 1990.



Figur 2.3

Geologisk kart over Egersund-Ogna-massivet. 1 Anortositt, dels med overgang til leuconoritt (1c); 2 homogen leuconoritt; 3 foliert leuconoritt og anortositt; 4 foliert anortositt; 5 norittiske ganger; 6-9 mineraliseringer, mindre intrusjoner; 10 Monzonorittiske til norittiske ganger; 11 lagdelt norittisk til monzonorittisk intrusjon; 12 gneis; 13 brudd i kaolinisert (omvandlet) anortositt; 14 strøk og fall til bånding. Etter Duchesne & Maquil, 1987.



Figur 2.5

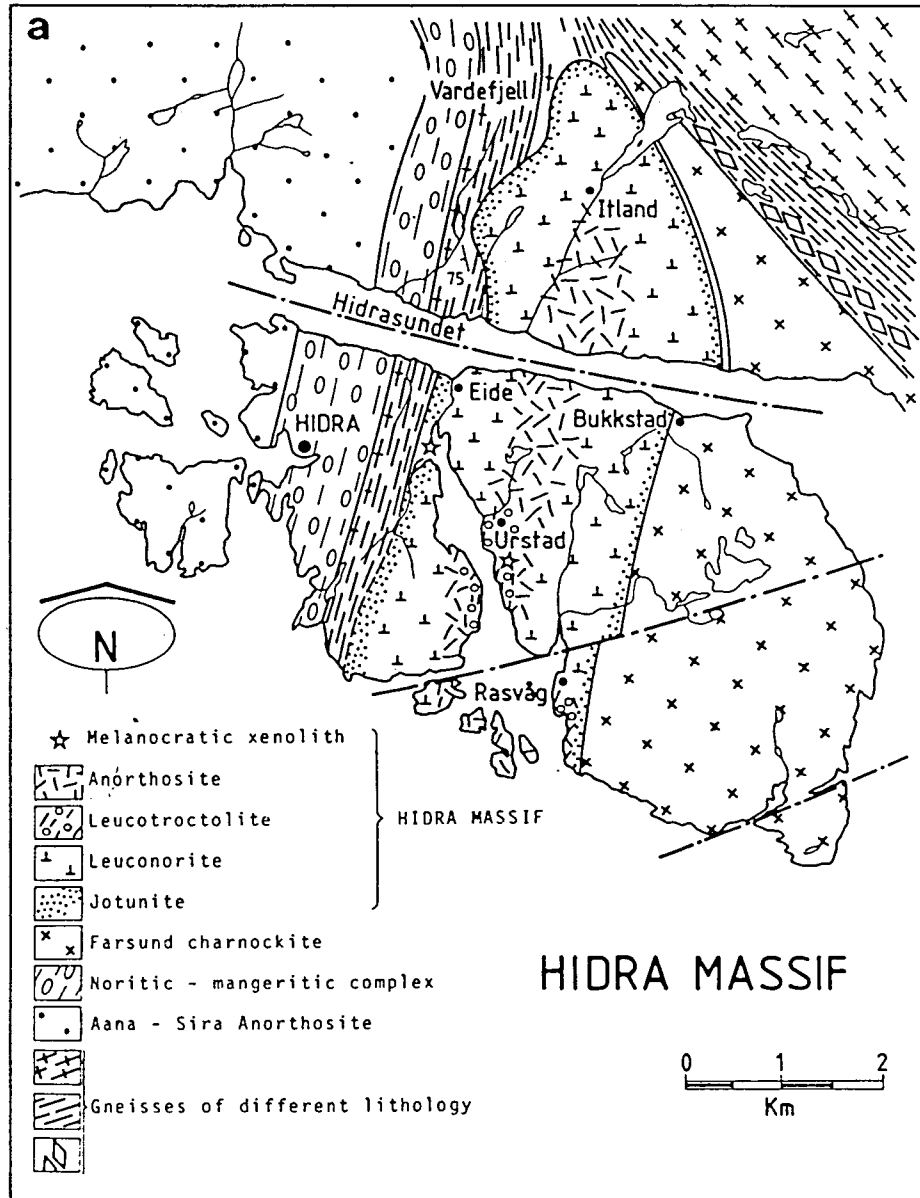
Geologisk kart over Bjerkreim-Sokndal-intrusjonen. 1 udiff. gneis; 2 sone rik på inneslutninger (xenolitter); 3 anortositt; 4 båndet leuconoritt, noritt og jotunitt; 5 Eia-Rekefjord intrusjonen (norittisk); 6 mangeritt; 7 kvarts-mangeritt; 8 doleritt-ganger. Etter Duchesne, 1987.



- | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | | | |

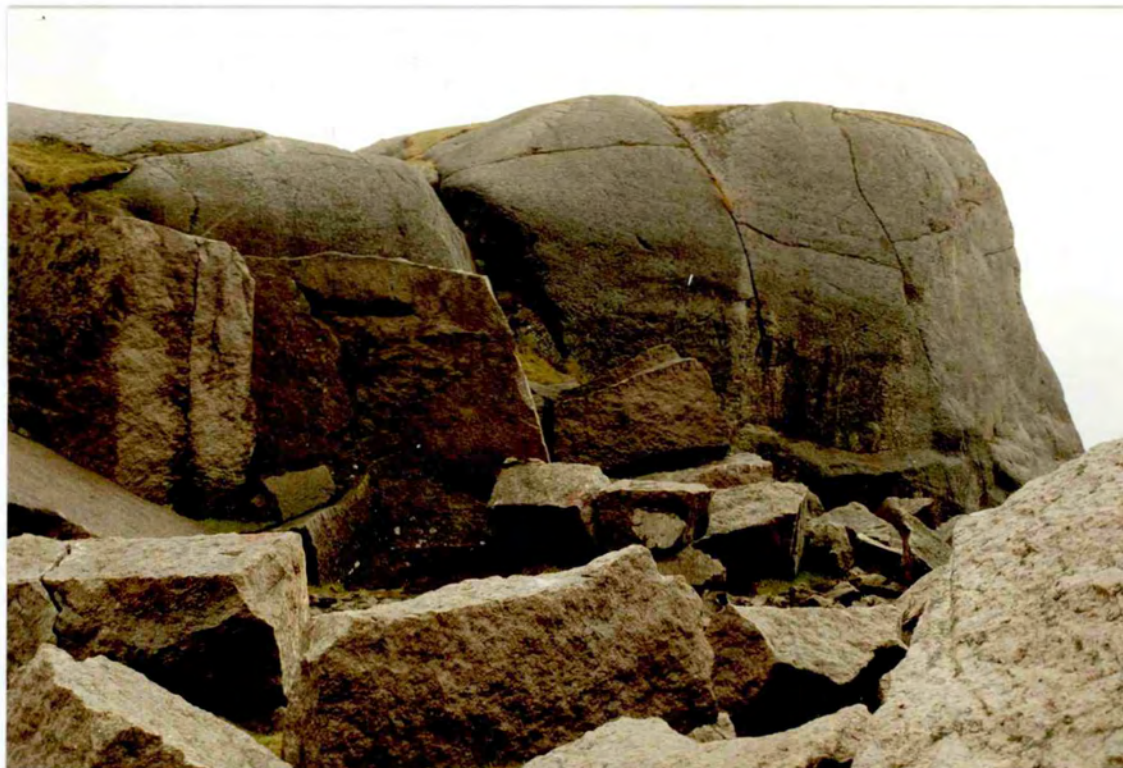
Figur 2.6

Geologisk kart over Åna-Sira massivet. 1-2 udiff. gneis; 3 anortositt; 4 leuconoritt; 5 anortositt og noritt; 6-11 udiff. lagdelte intrusjoner og norittiske intrusjoner; 12 mangeritt tilh. Bjerkreim-Sokndal intrusjonen; 13 strøk/fall til lagning og foliasjon (F). Etter Krause & Pedall, 1980.



Figur 2.7

Geologisk kart over Hidra-intrusjonen. Etter DemaiFFE & Hertogen, 1981.



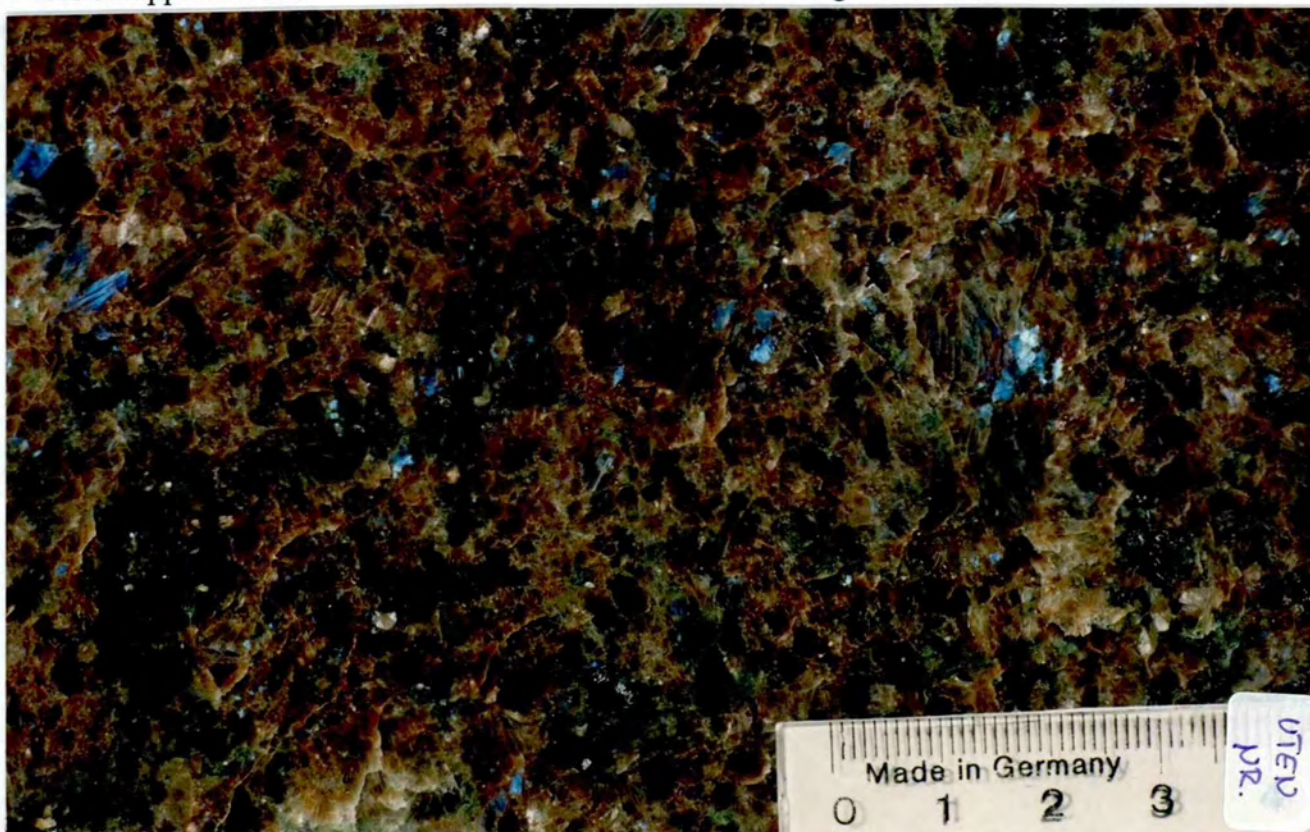
a)



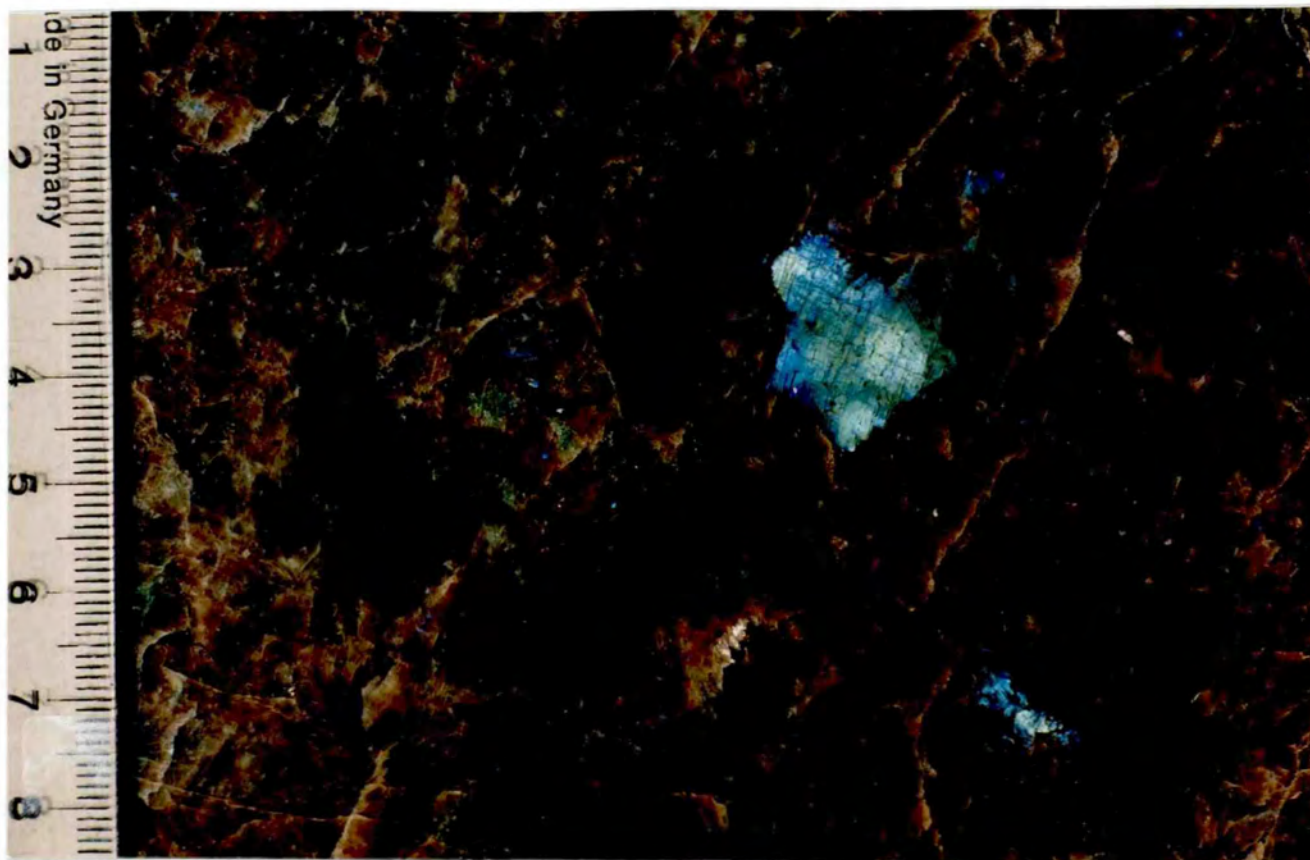
b)

Figur 3.1

Gamle anortosittbrudd i Hellvikområdet. a) Moihaugen, b) Piggsteintjørna



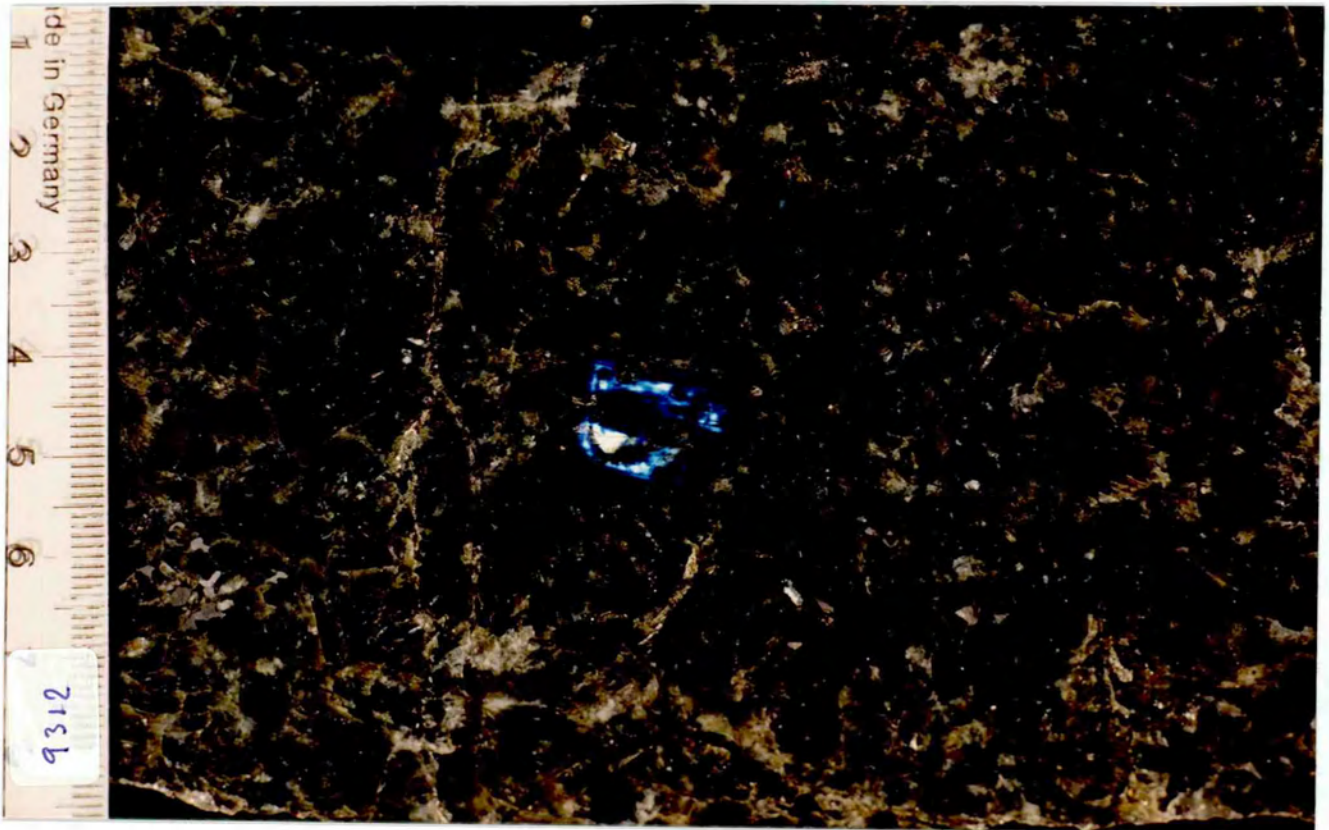
a)



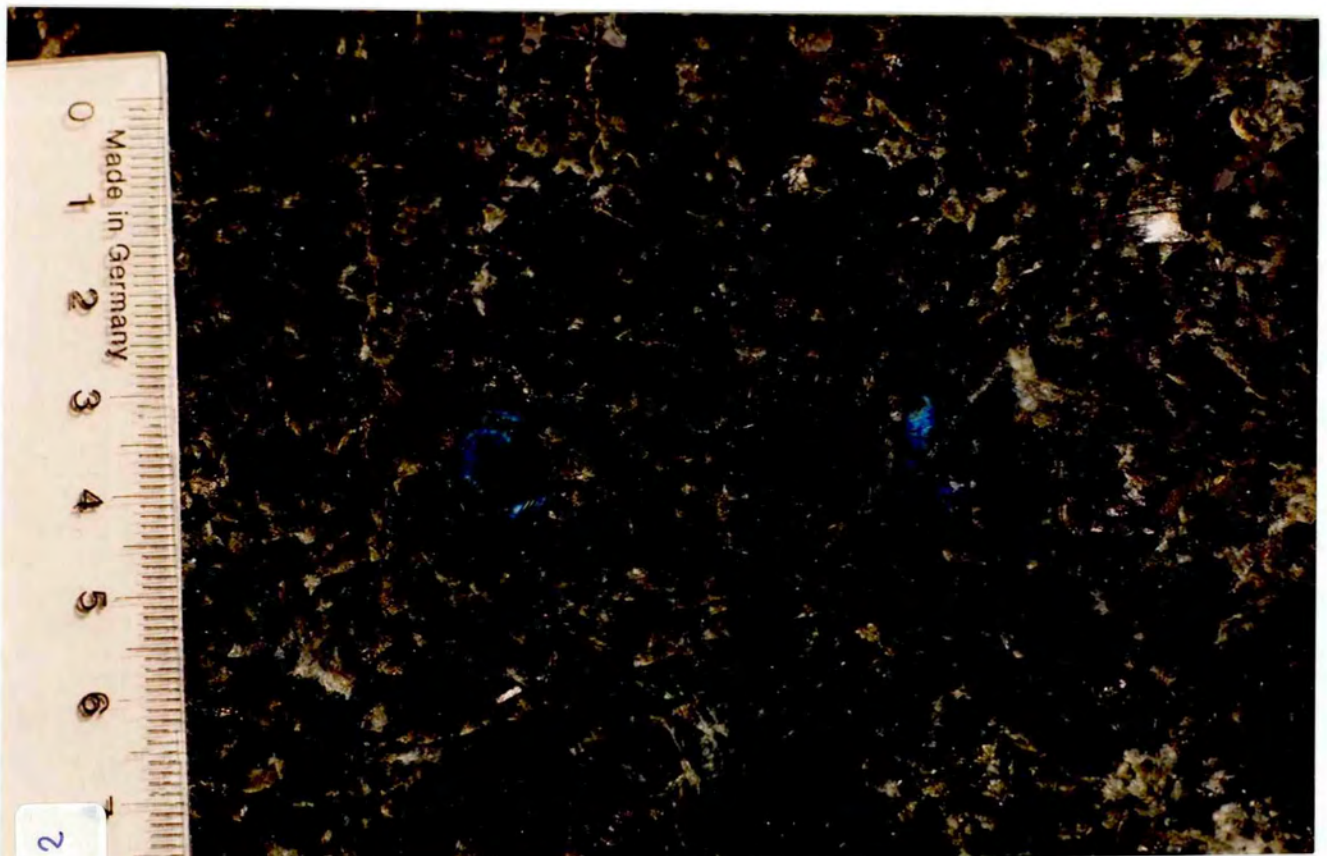
b)

Figur 4.1

Polerte prøver av anortositt med fargespill, Hellvik-type. a) middels- grovkornet b) grovkornet. Merk; fargebalansen i bildene kan avvike noe fra virkeligheten.



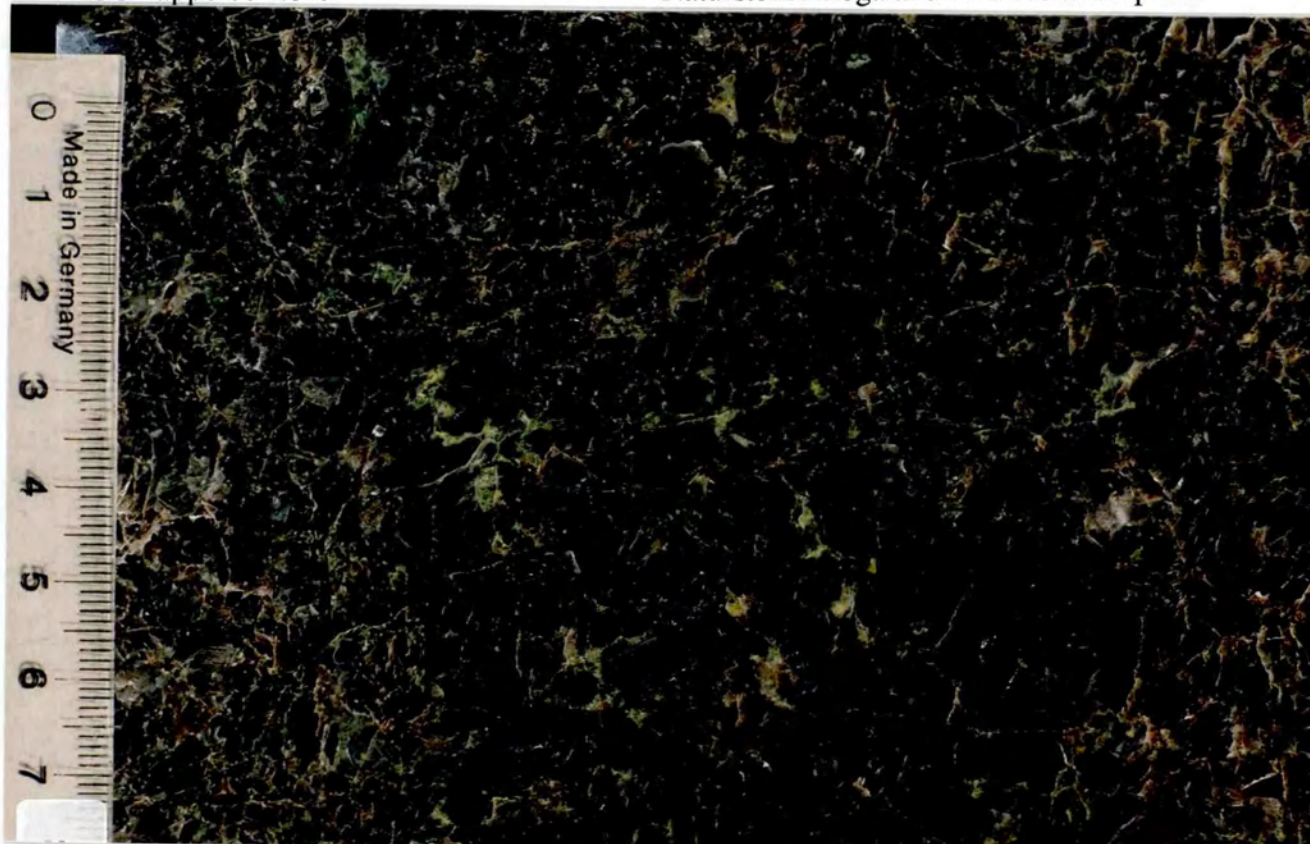
a)



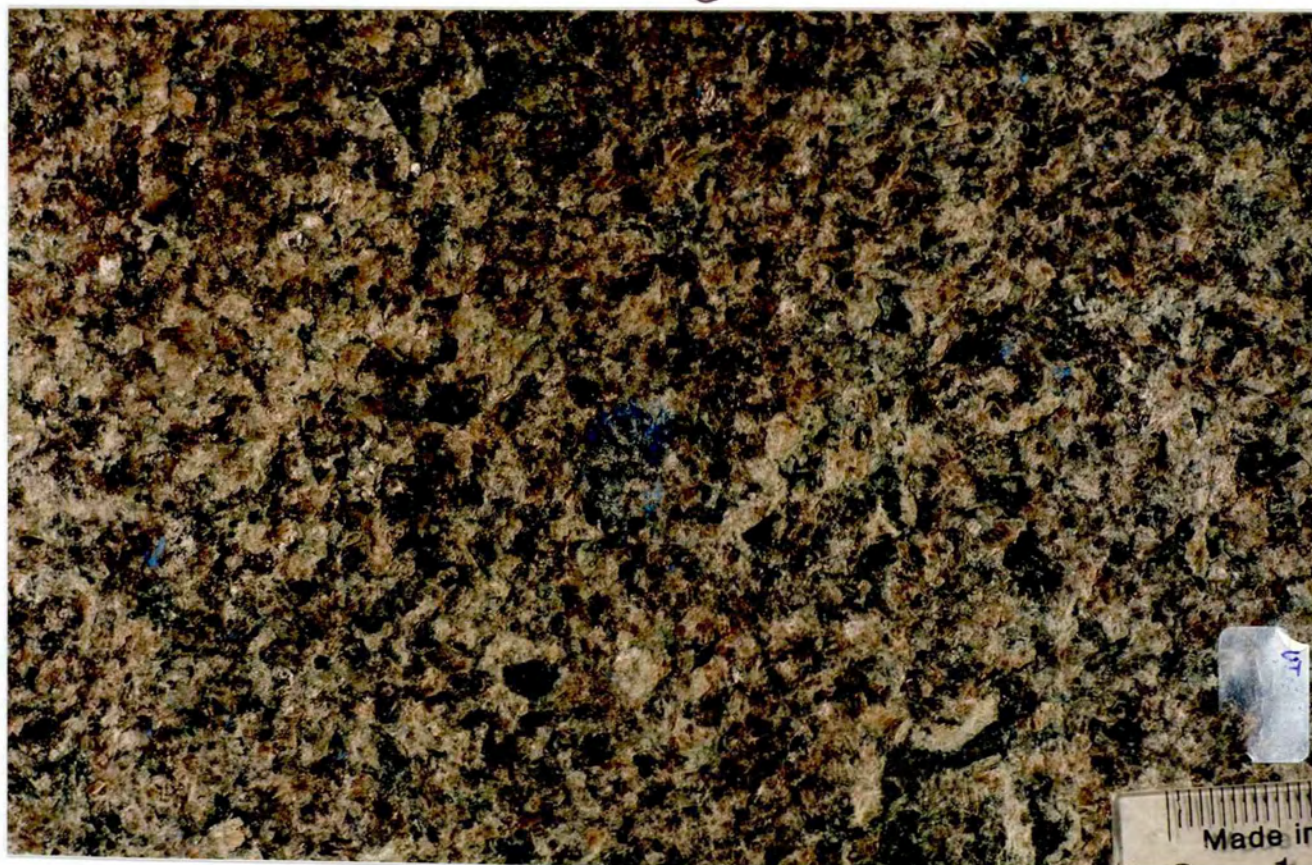
b)

Figur 4.2

Polerte prøver av anortositt med fargespill, Hydra-type (Hydra).



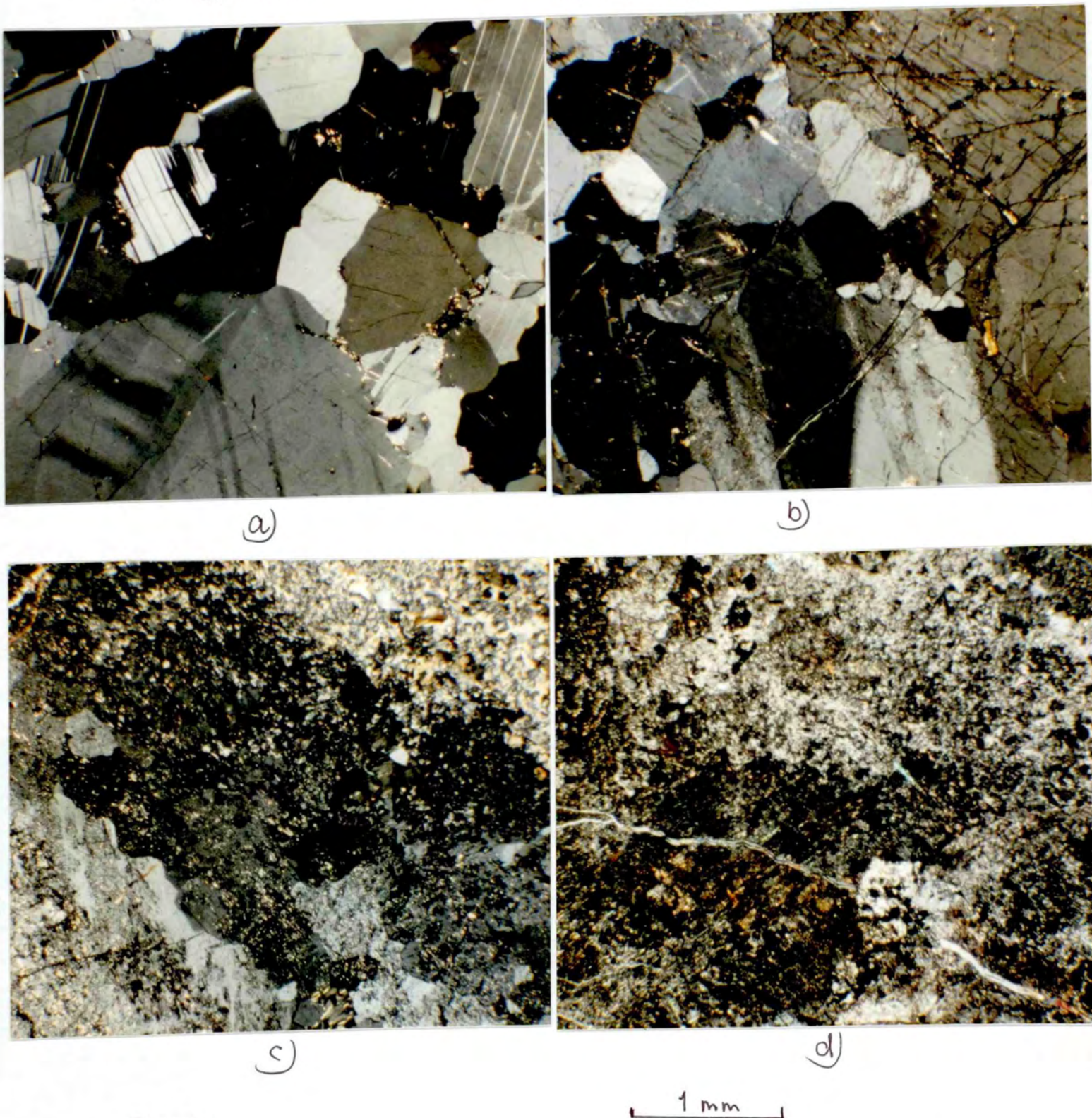
a)



b)

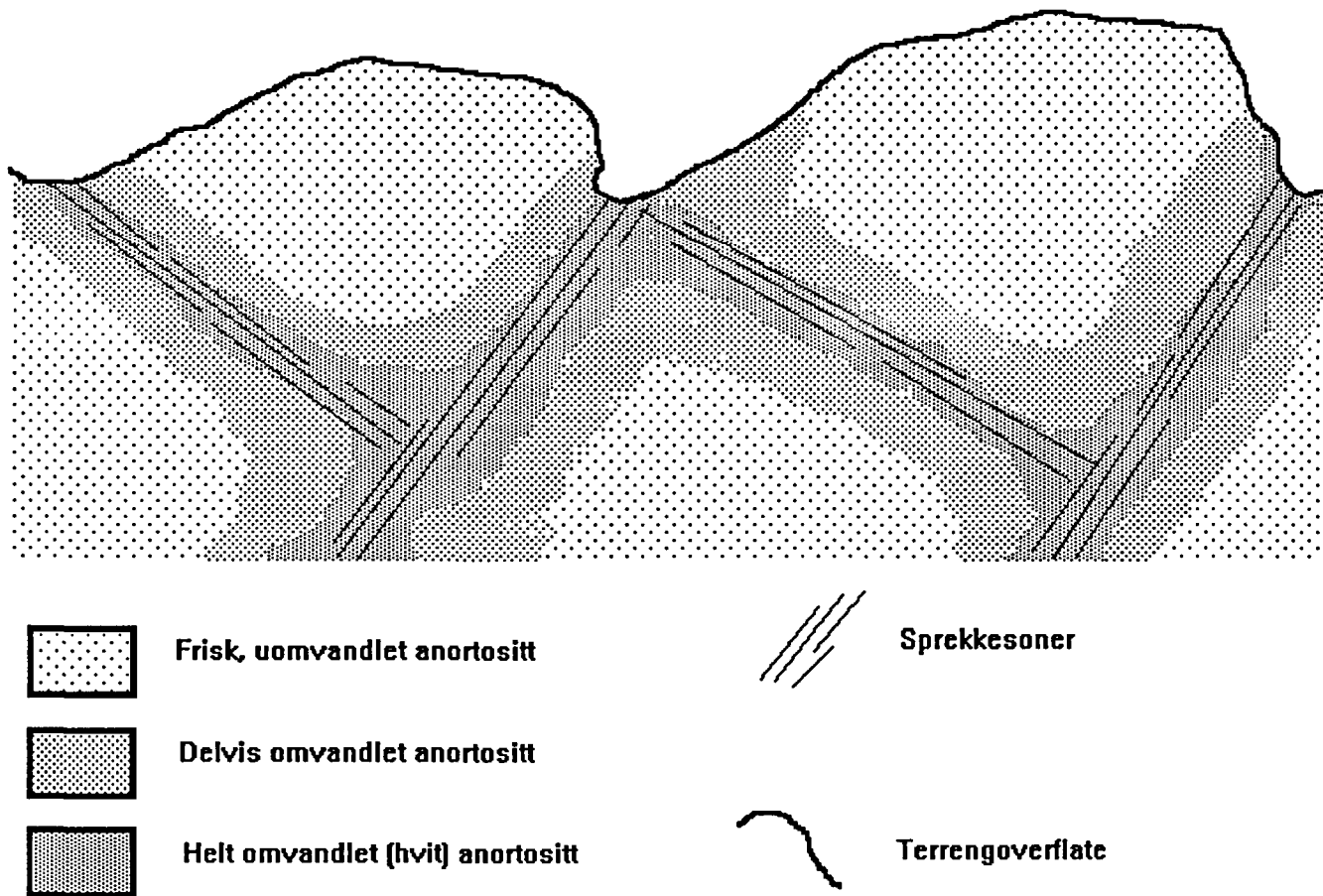
Figur 4.3

a) Polert prøve av anortositt uten fargespill, Hellenen-massivet (Eikjeli). b) flammet prøve av anortositt med fargespill, Hellvik-type (Moihaugen).



Figur 4.4

Mikroskopbilder (tynnslip; kryssete nichols) av anortositt. a) Frisk, uomvandlet anortositt, Moihaugen (vesentlig plagioklas sees, samt sporadisk omvandling langs korn grensene). Tilsvareer øvre del av fig. 4.6.a; b) Delvis omvandlet anortositt, Moivika (omvandlingsprodukter sees langs korn grensene, i tynne årer og som "støv" internt i krystallene); c) Delvis omvandlet, "spettet" anortositt, Moihaugen (tilsvareer den nedre del av fig. 4.6.a). I bildets øvre høyre hjørne sees del av hvit åre (eks. fig. 4.7.a); d) Sterkt omvandlet, hvit anortositt fra pukkrudd nær Hellvik.

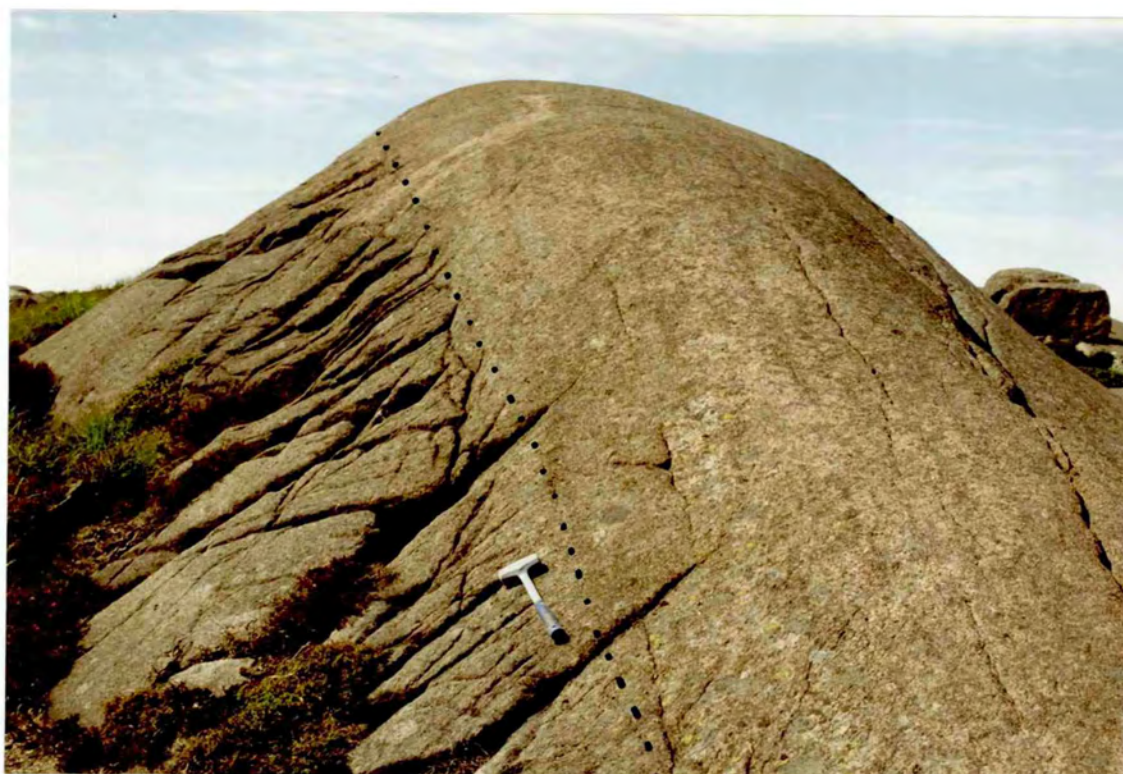


Figur 4.5

Prinsippskisse (tverrsnitt) av oppsprekning/omvandling i anortositt.



a)



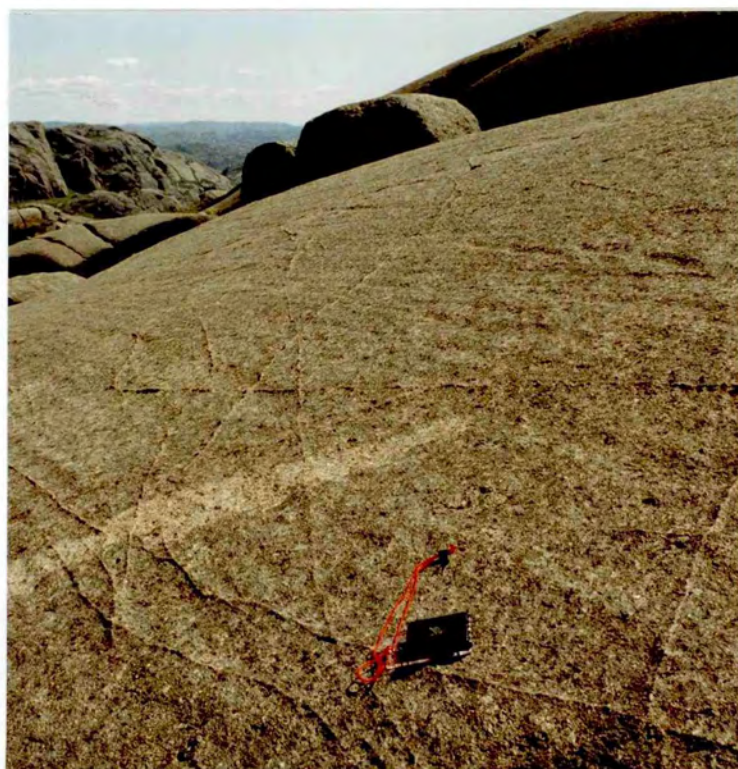
b)

Figur 4.6

Grense mellom labradoriserende og delvis omvandlet, ikke-labradoriserende anortositt; a) Moihaugen (Labradoriserende anortositt i øvre venstre del); b) Syd for Skansefjell (grensen markert med stiplet linje - labradoriserende anortositt til høyre). Merk ulik forvitring.



a)



b)



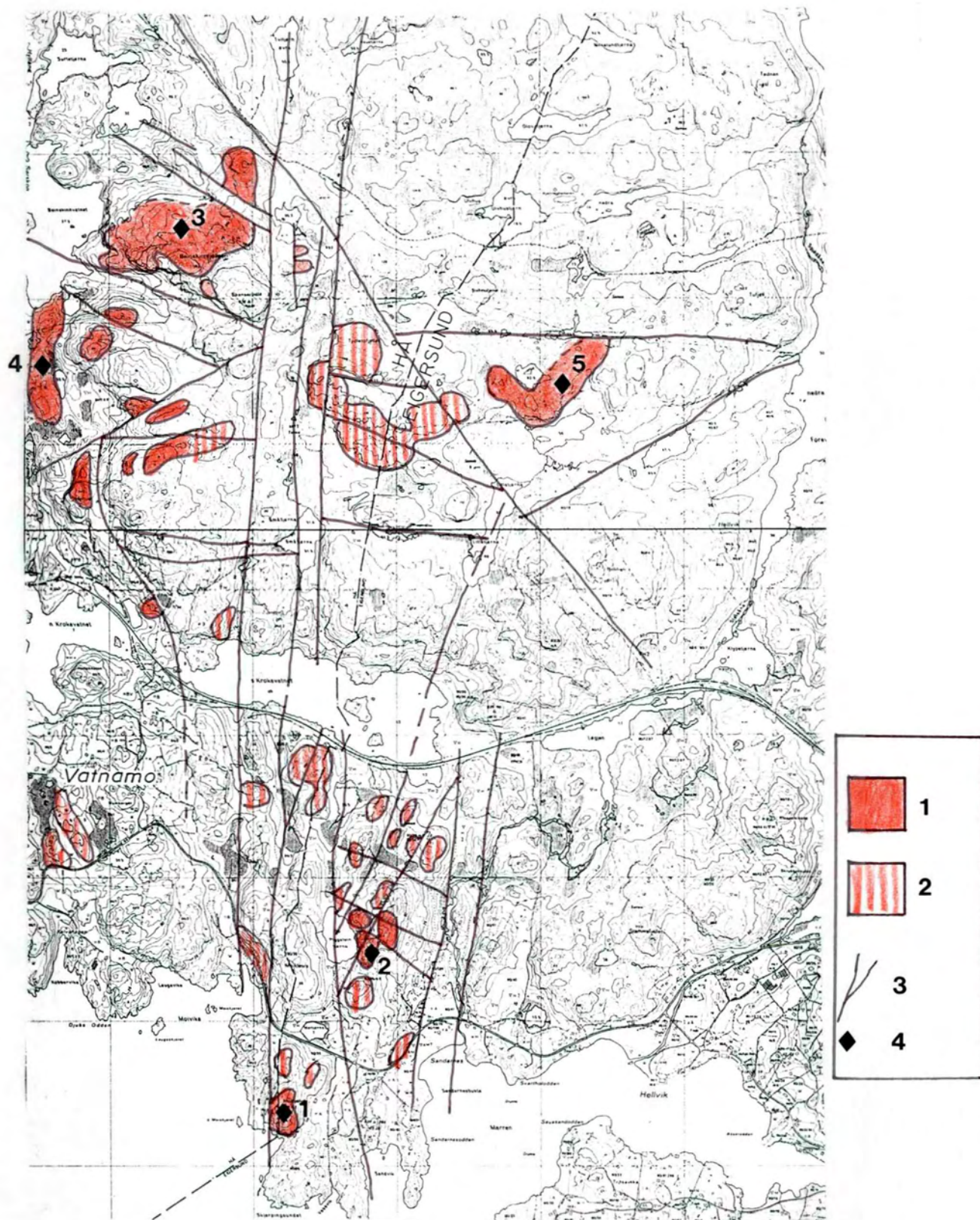
c)



d)

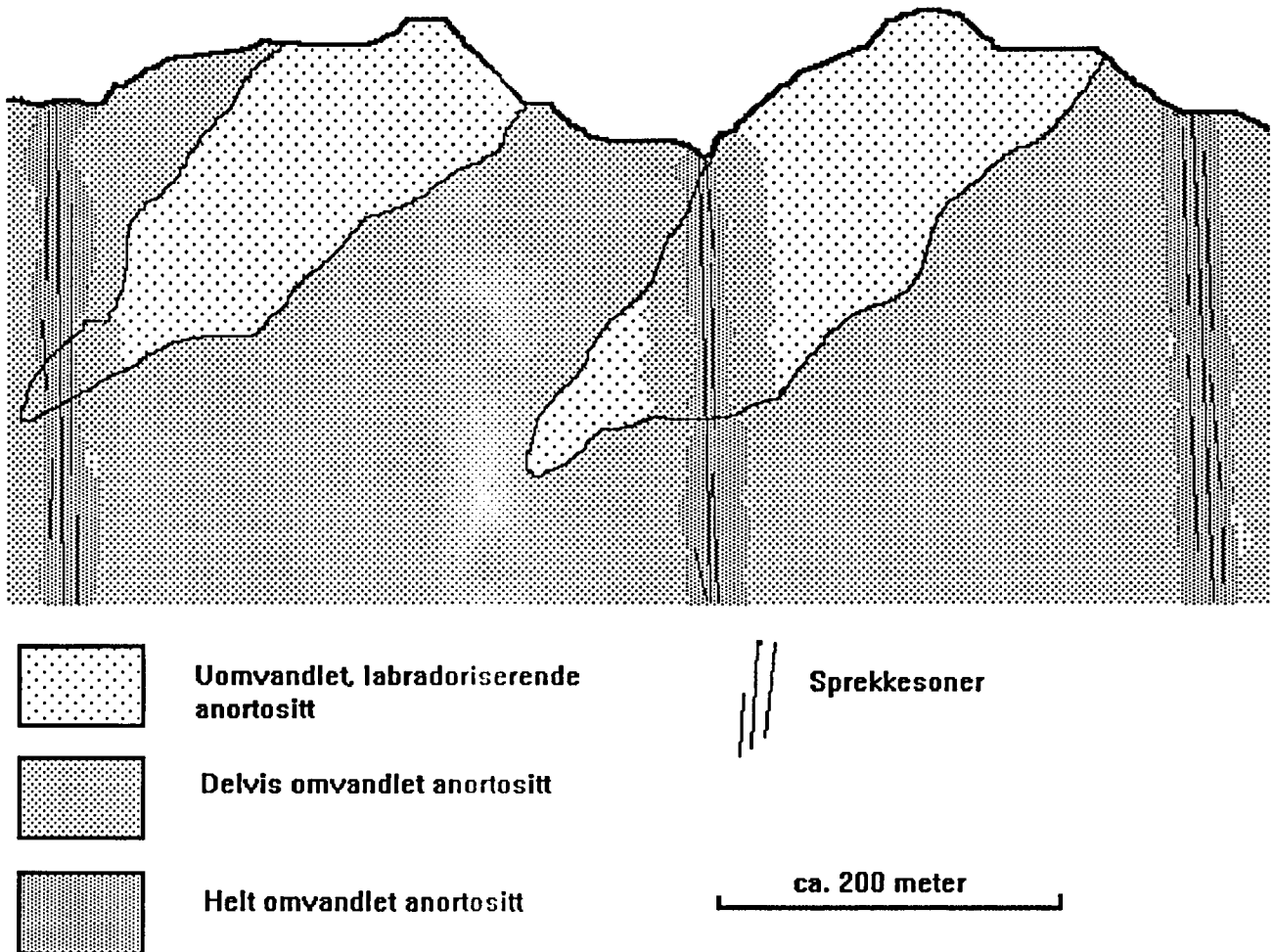
Figur 4.7

a) Grønne til hvite stikk og sterkt omvandlet parti (hvitt) i anortositt nær Moihaugen, friskt brudd; b) Ansamling av grønne stikk i labradoriserende anortositt, Syd for Skansefjell; c) Megakrystaller av pyroksen i labradoriserende anortositt, Syd for Skansefjell; d) Forvitret flate av labradoriserende leuconoritt, Hydra-type (Navrestad).



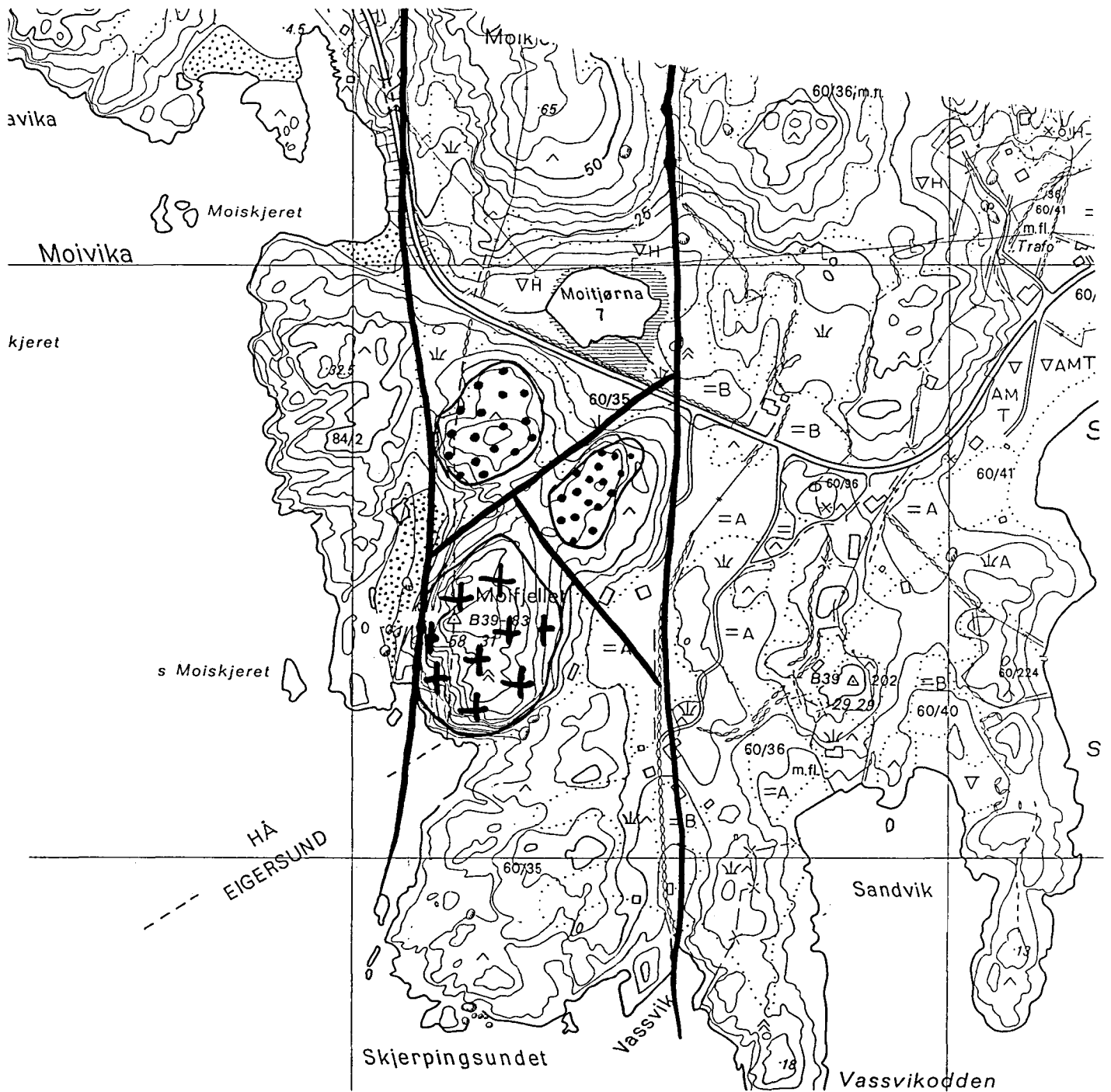
Figur 5.1

Kart over forekomster av labradoriserende anortositt, Hellvik-området. 1 Forekomster av god kvalitet; 2 Forekomster av mer varierende/dårligere kvalitet; 3 Sprekkesoner; 4 lokaliteter 1-5 (se tekst). Skala 1:20.000.



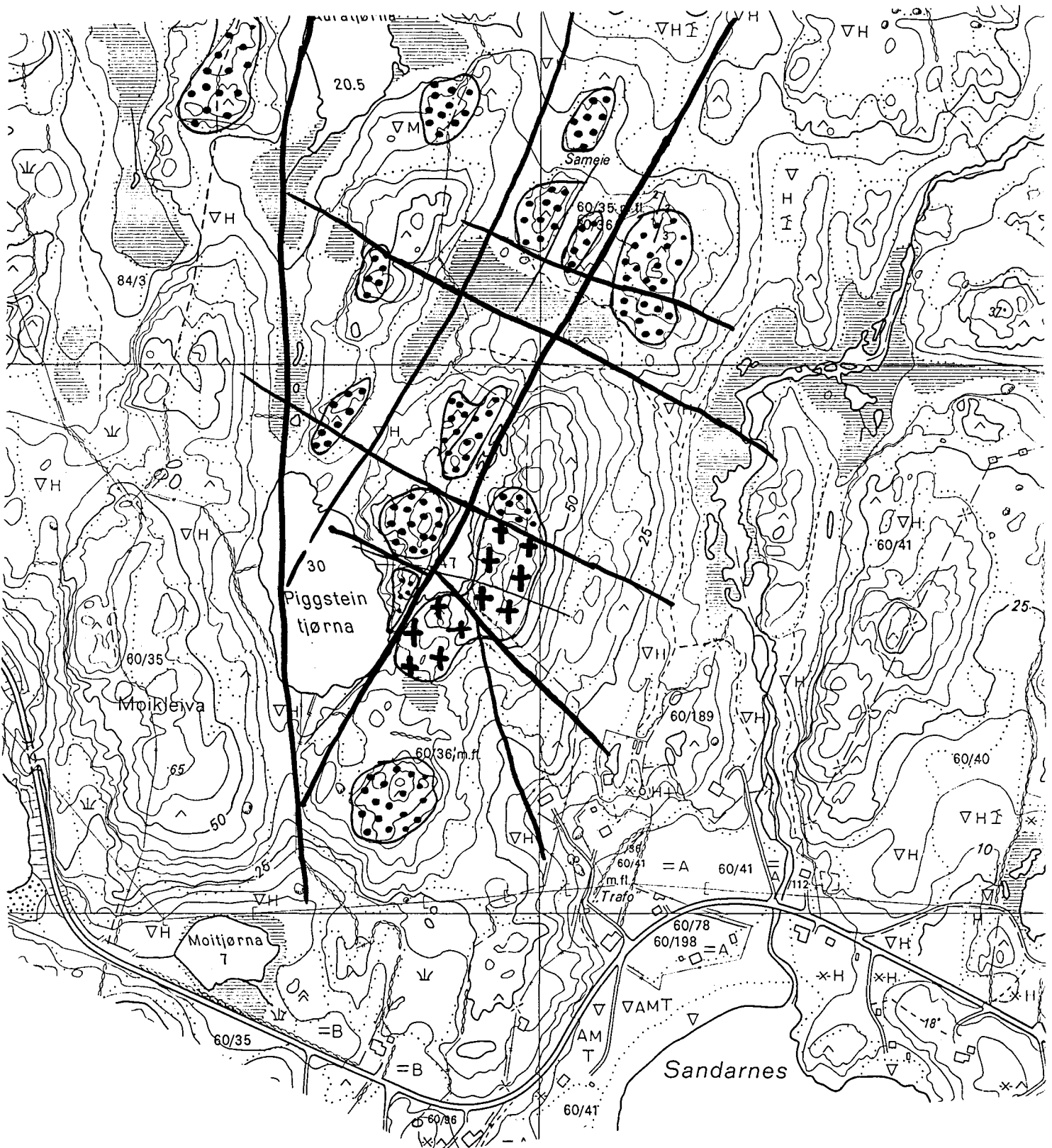
Figur 5.2

Prinsippskisse (tverrsnitt) av opptreden av labradoriserende anortositt i Hellvik-området.



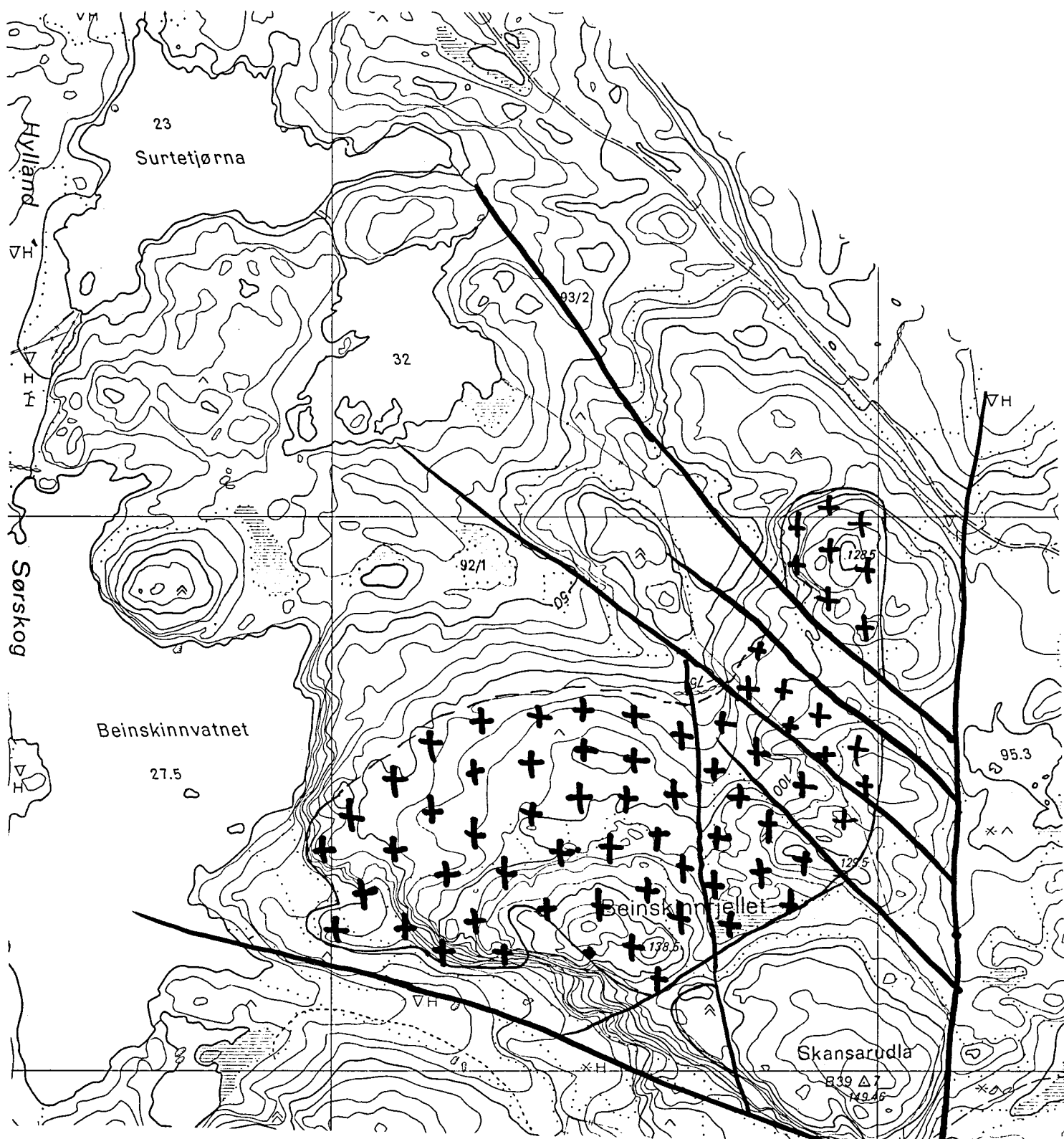
Figur 5.3

Kart over lokalitet 1, Moihaugen, Hellvikområdet. Forekomster av labradoriserende anortositt er merket med kryss. mer varierende/dårligere forekomster er merket med prikker. Viktigste sprekkesoner er tegnet inn. Skala 1:5000.



Figur 5.4

Kart over lokalitet 2, Piggsteintjørna, Hellvikområdet. Forekomster av labradoriserende anortositt er merket med kryss. mer varierende dårligere forekomster er merket med prikker. Viktigste sprekkesoner er tegnet inn. Skala 1:5000.

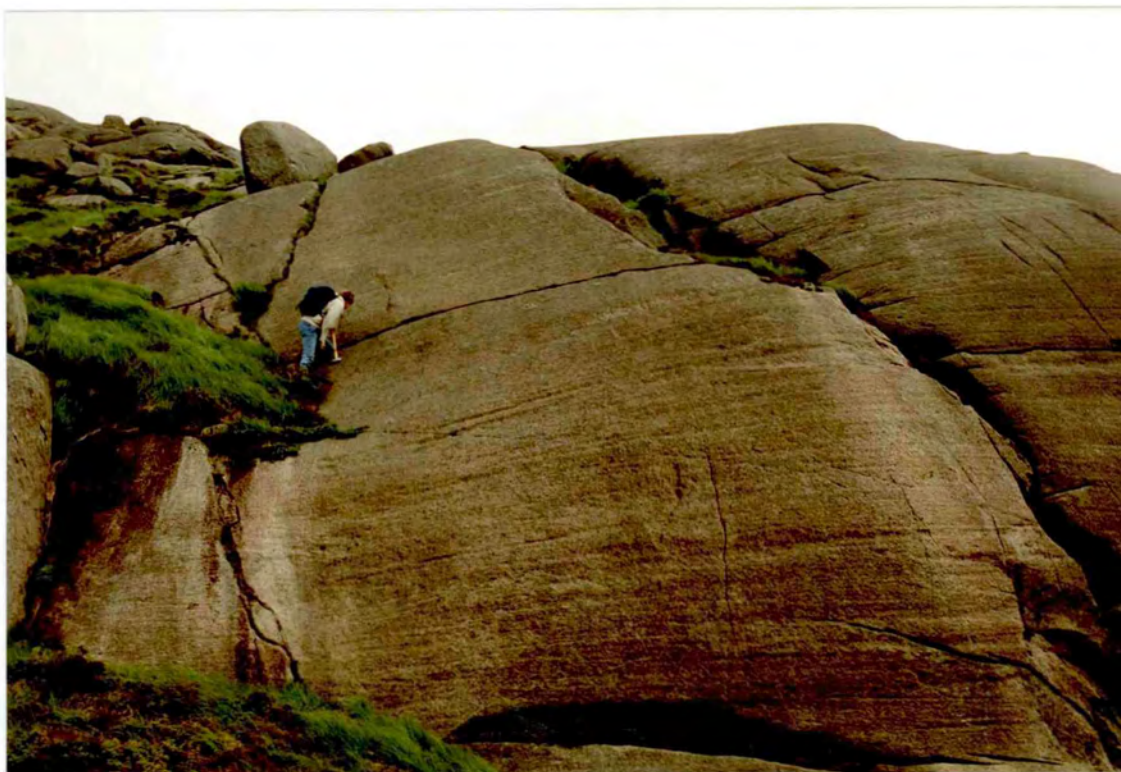


Figur 5.5

Kart over lokalitet 3, Skansefjell, Hellvikområdet. Forekomster av labradoriserende anortositt er merket med kryss. mer varierende dårligere forekomster er merket med prikker. Viktigste sprekkesoner er tegnet inn. Skala 1:5000.



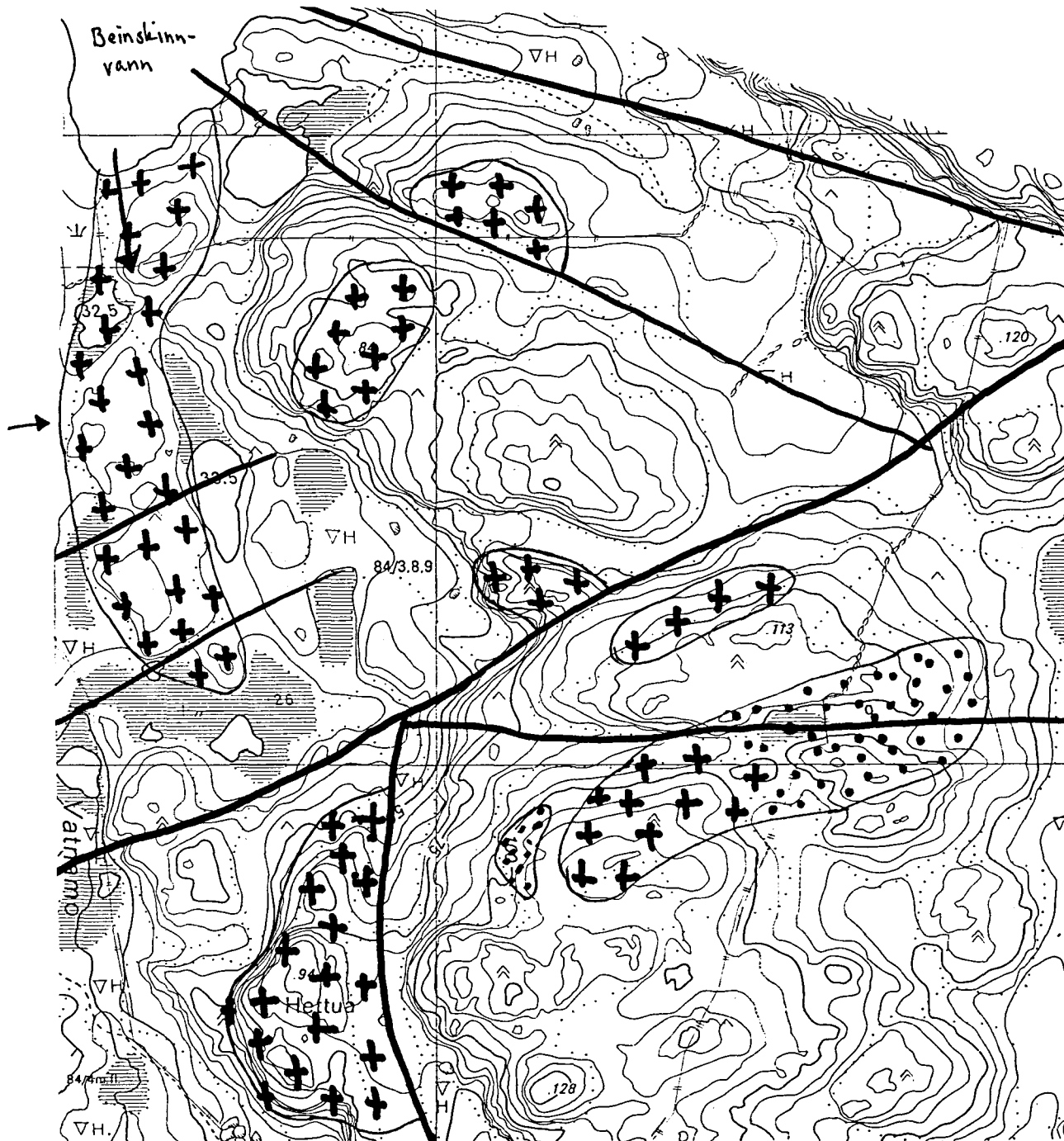
a)



b)

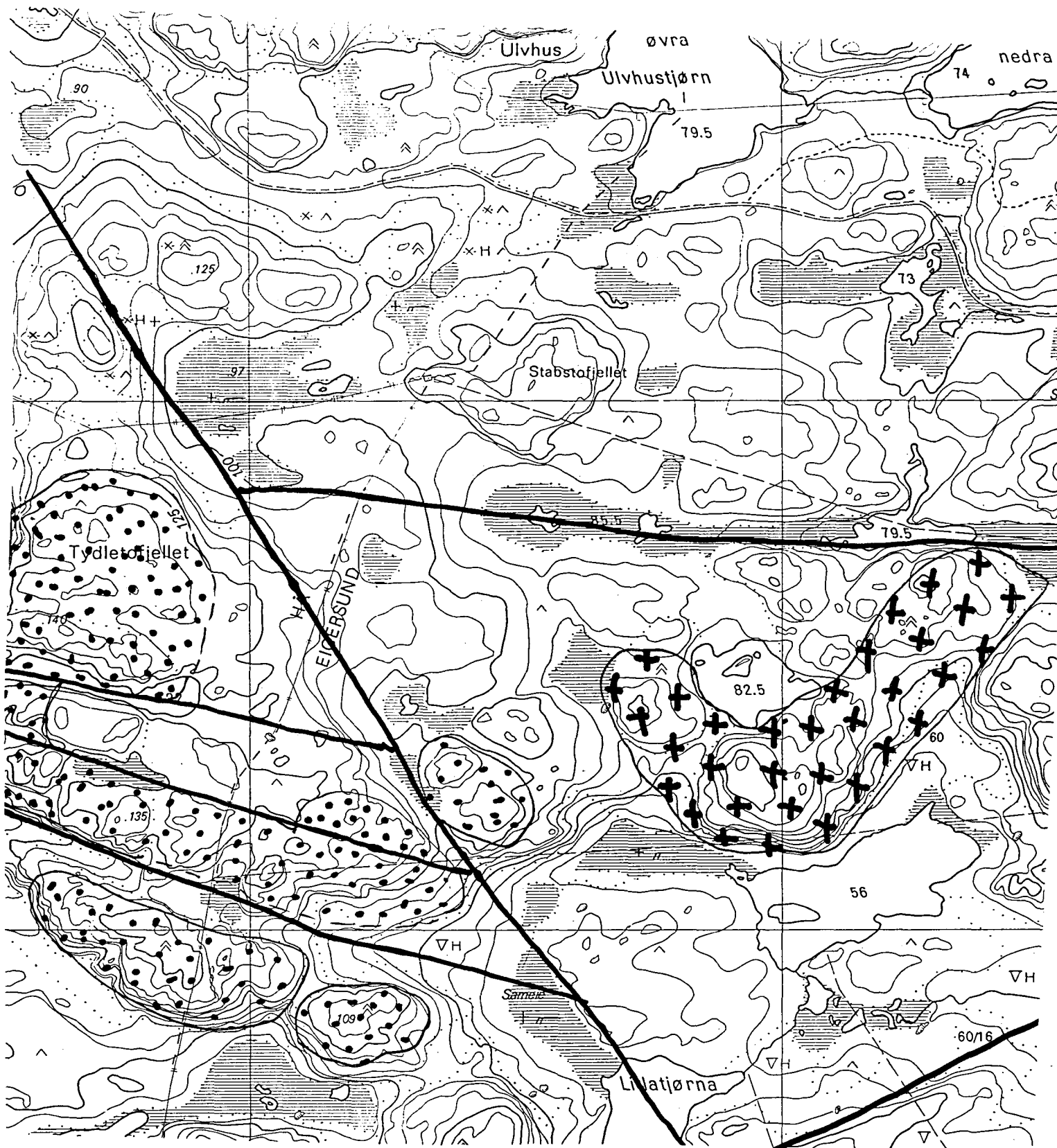
Figur 5.6

Anortosittforekomst ved Skansefjell sett mot syd. a) oversiktsbilde; b) detalj av avmerket område i a).



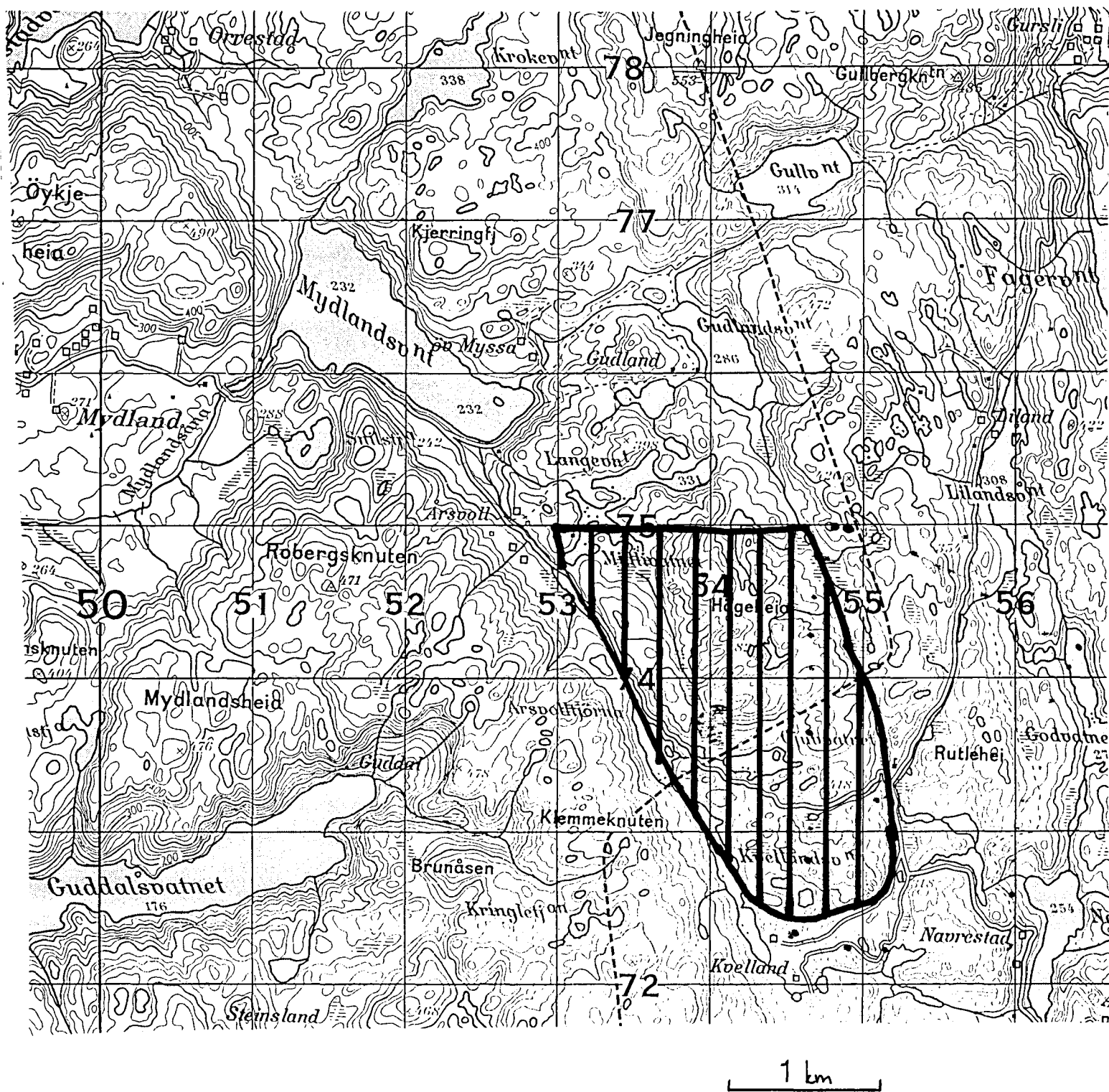
Figur 5.7

Kart over lokalitet 4, Beinskinnvatn syd, Hellvikområdet. Forekomster av labradoriserende anortositt er merket med kryss. mer varierende/dårligere forekomster er merket med prikker. Viktigste sprekkesoner er tegnet inn. Skala 1:5000.



Figur 5.8

Kart over lokalitet 5, Vest for Nedra Forevatnet, Hellvikområdet. Forekomster av labradoriserende anortositt er merket med kryss. mer varierende dårligere forekomster er merket med prikker. Viktigste sprekkesoner er tegnet inn. Skala 1:5000.



Figur 5.10

Utbredelse til labradoriserende anortositt og leuconoritt ved Navrestad (skravert felt), Garsaknat-intrusjonen (sydlige del).



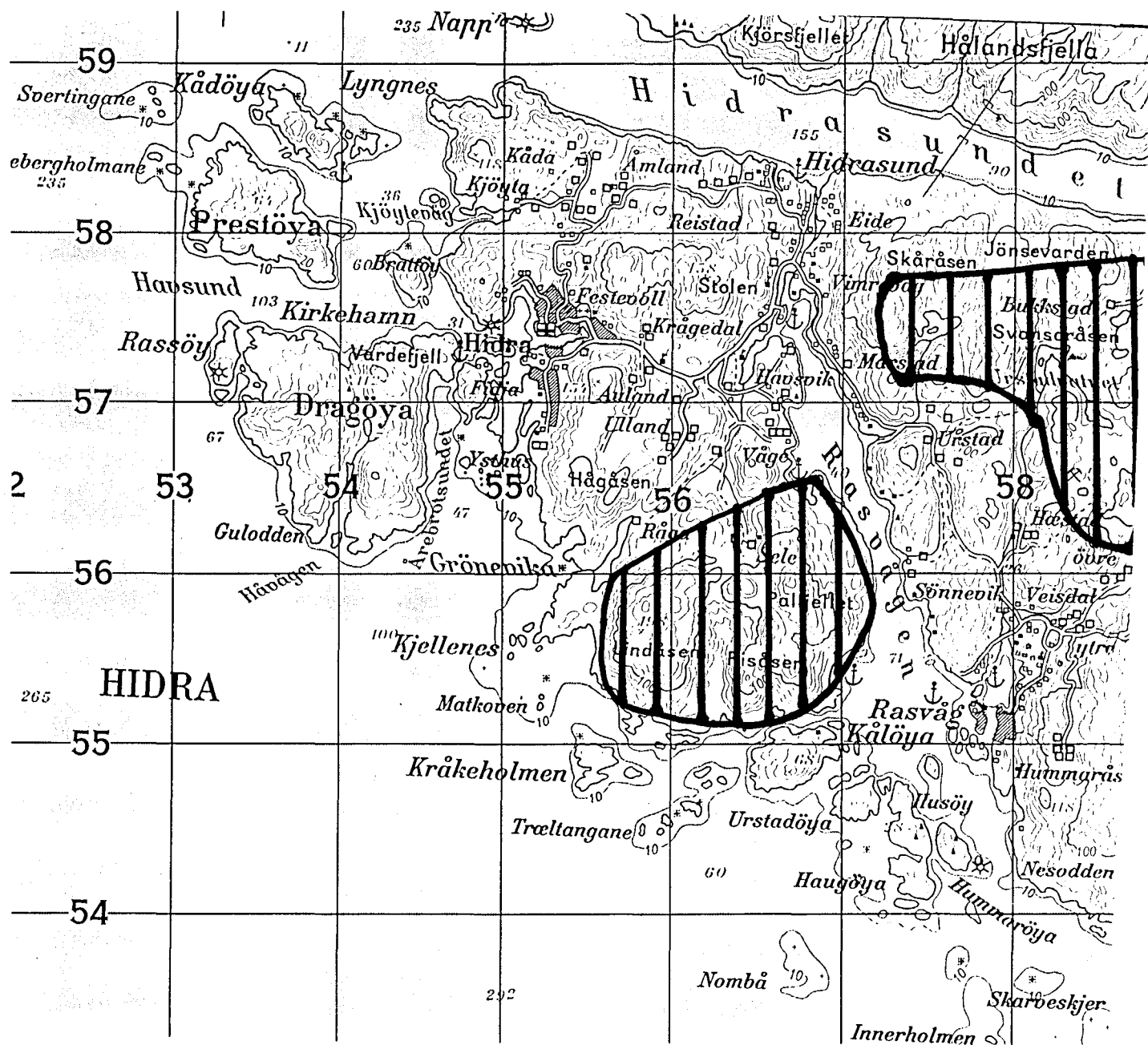
a)



b)

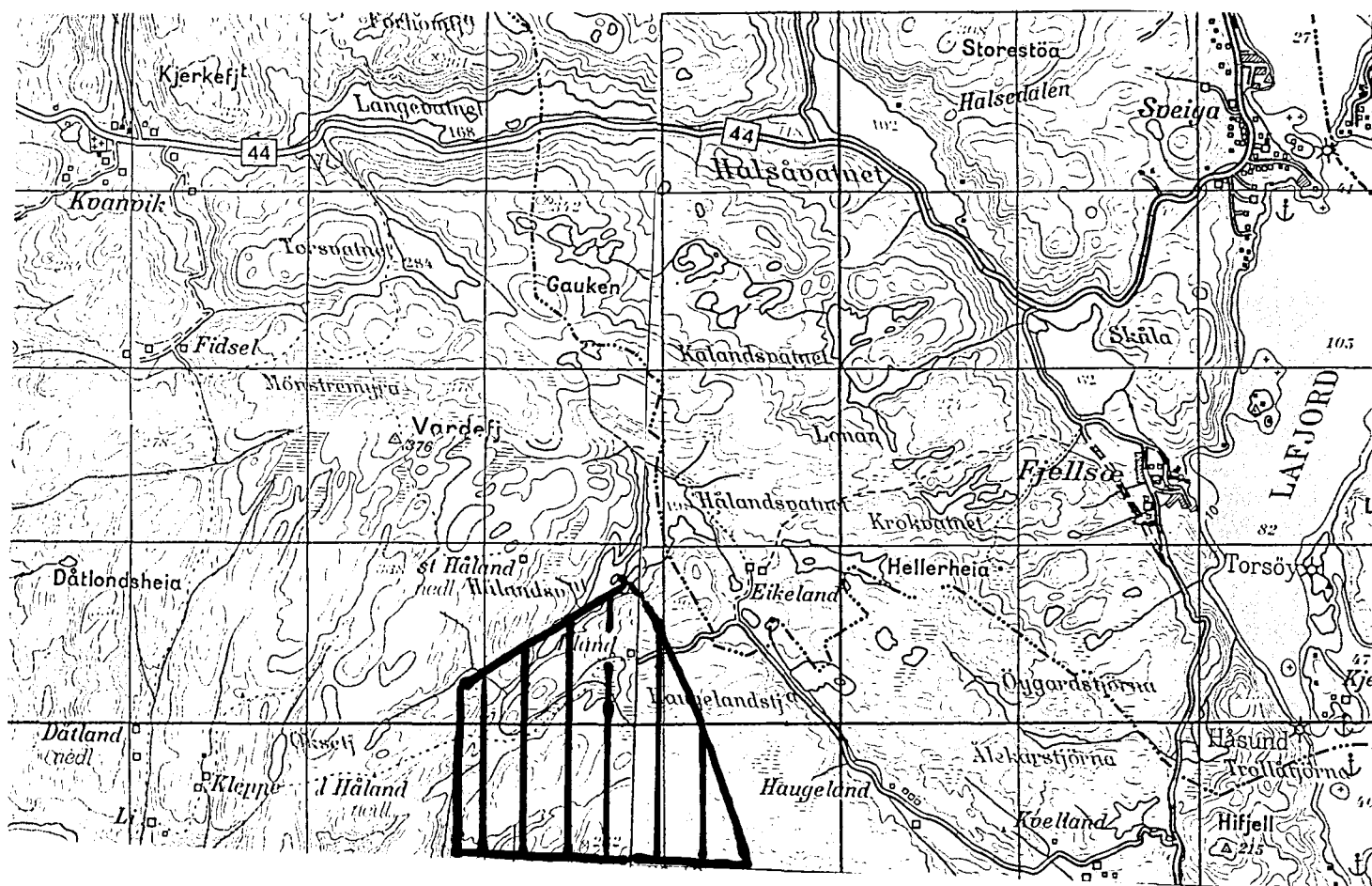
Figur 5.11

a) Deler av forekomsten ved Navrestad (sett mot nord fra vegen), Garsaknatt-intrusjonen. Merk benkning; b) Typiske blotninger i ikke-labradoriserende anortositt i Hellenen-massivet (Eikjeli): beskrivelser i kapittel 6.



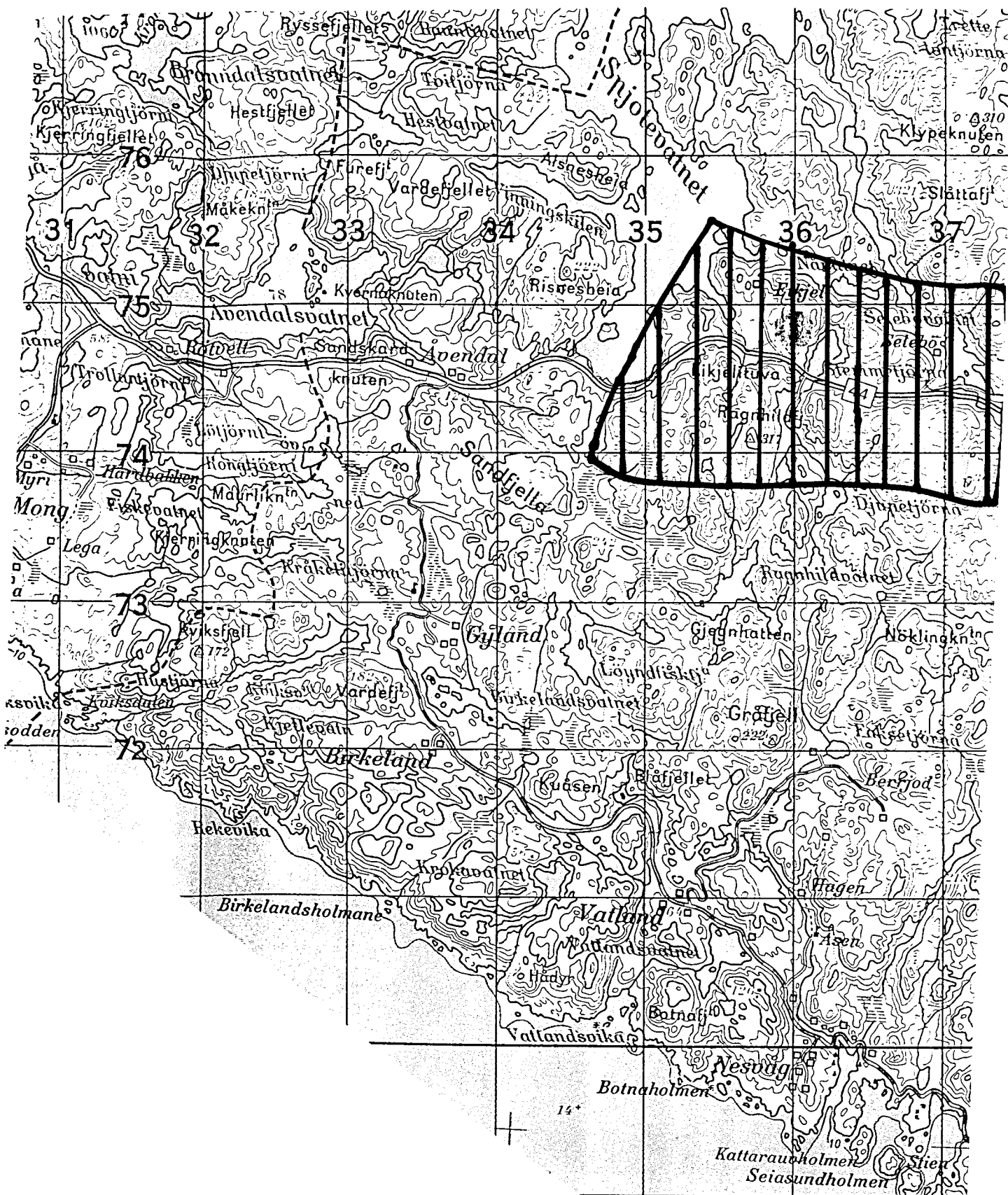
Figur 5.12

Kart over deler av Hidra. Innen de skraverte områdene finnes forekomster av labradoriserende anortositt og leuconoritt. Hver rute tilsvare 1km.



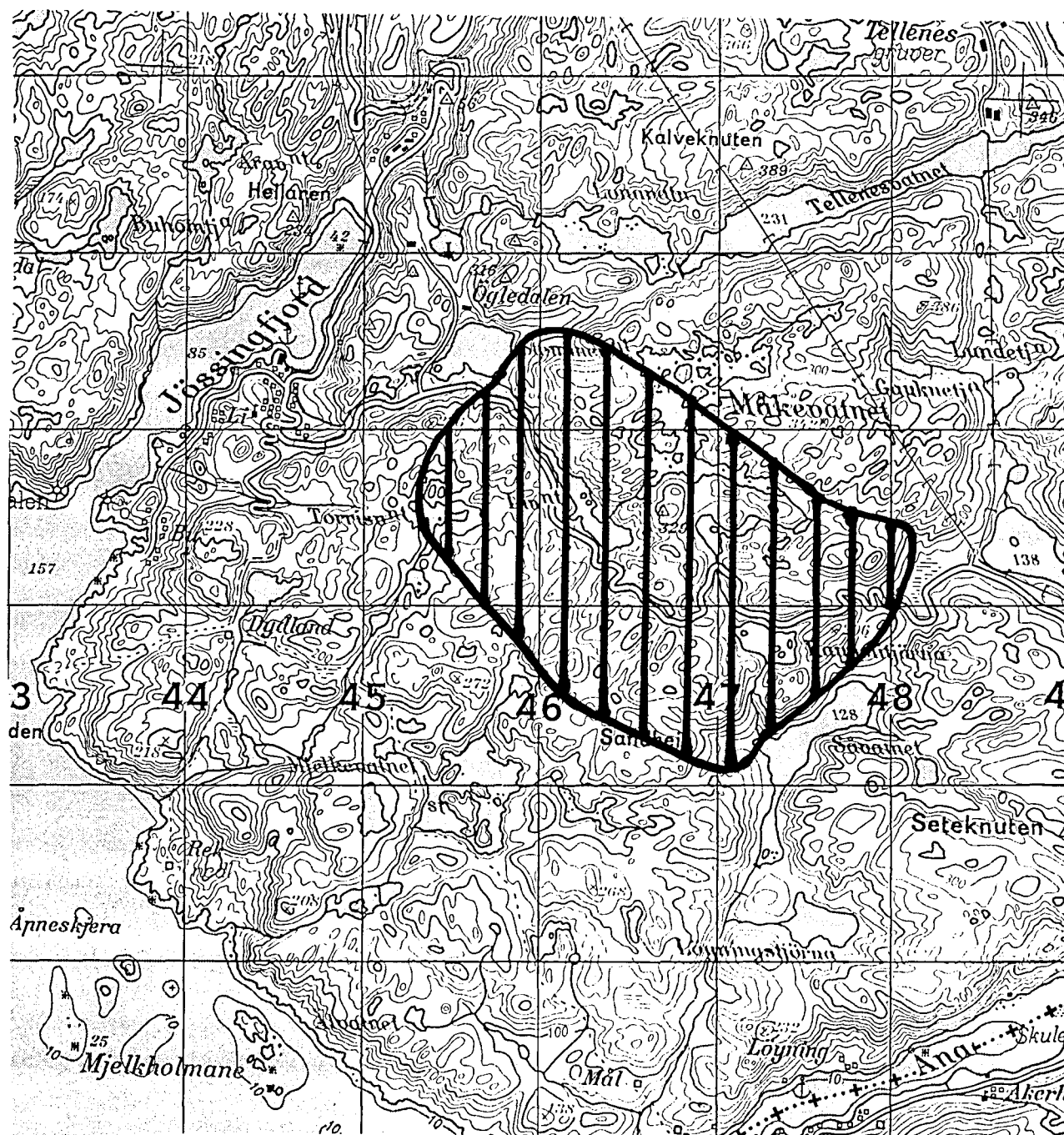
Figur 5.13

Lokaliseringskart over område med labradoriserende anortositt ved Itland (skravert felt), Hidra-intrusjonen (nordlige del). Hver rute tilsvare 1km.



Figur 6.1

Lokaliseringskart over homogent/massivt område (skravert) med ikke-labradoriserende anortositt i sentrale deler av Hellenen-massivet (Eikjeli). Hver rute tilsvare 1km.



Figur 6.2

Lokaliseringskart over massive områder med ikke labradoriserende anortosit og leuconoritt ved Sandheia (skravert felt), sentrale deler av Åna-Sira-massivet. Hver rute tilsvarer 1km.

VEDLEGG 1 - 2

VEDLEGG 1: ORDLISTE

Ordlisten under inkluderer de viktigste geologiske begreper som er brukt i rapporten:

anortositt	Dypbergart med mer enn 90% feltspat (plagioklas).
aplitt	Finkornet gangbergart som vesentlig består av kvarts og kalifeltspat.
benkning	Terrengparallele sprekker gir bergartene en benkning. Sprekkene er et resultat av trykkavlastning (se oppsprekning). Moderat benkning er en fordel i natursteinssammenheng, mens tett benkning begresner blokkstørrelsen og er dermed negativt.
deformasjon	Ved bevegelser i jordskorpa vil bergarter bli utsatt for rettet trykk som medfører form- og volumendringer. Prosessen kalles for deformasjon, mens resultatet blir deformerte bergarter. Ved høy temperatur og/eller lav deformasjonshastighet blir bergarter plastisk deformert (utdratt, foldet). Ved lav temperatur og/eller høy deformasjonshastighet blir bergartene utsatt for sprø deformasjon (brudd, forskyvninger (forkastninger), nedknusning). Læren om deformasjonsprosesser og bakenforliggende årsaker kalles for tektonikk.
eksfoliasjon	Overflateparallel oppsprekning/avskalling. Brukes 1) om avlastningssprekker (benkning) og 2) om småskala avskalling f.eks. om forvitring av stein i bygninger.
eruptiv bergart	Bergart som er dannet ved størkning av magma på jordoverflaten (vulkansk bergart). Brukes også som en samlebetegnelse om alle størkningsbergarter.
feltspat	En gruppe av bergartsdannende mineraler med generell formel $MAI(Al,Si)3O8$ hvor $M = K, Na, Ca, Ba, Rb, Sr$ og Fe .
forkastning	Plan/sone hvor bergartene på begge sider har beveget seg relativt til hverandre parallelt med forkastningsplanet.
gang	Plateformet legeme av magmatiske bergarter som kutter gjennom eldre bergarter.
hypidiomorf	Betegnelse på delvis utviklet krystallform i mineraler.
idiomorf	Betegnelse på godt utviklet krystallform i mineraler.
intrusiv	Betegnelse brukt om bergarter som har trengt inn (intrudert) som magma i andre bergarter (intrusiv bergart). Tilsvarende kan brukes intrusiv grense for å vise at en grense mellom to bergarter er blitt til ved at den ene har trengt inn som magma i den andre.
intrusjon	Magmalegeme (smelte) som har trengt inn i andre, konsoliderte bergarter (sidebergarter).

kaledonsk	I tidsrommet ordovicium-silur kolliderte det europeiske og amerikanske kontinent, og <u>den kaledonske fjellkjede</u> ble dannet. Store deler av berggrunnen i Norge består av bergarter som ble skjøvet på plass oppå grunnfjellet i denne perioden. Kaledonske bergarter er betegnelsen på omdannede sedimentære og vulkanske bergarter som opprinnelig ble avsatt i et havområde mellom de to kolliderende kontinentene i kambro-silur tiden, samt magmatiske bergarter som trengte inn i disse under selve deformasjonsprosessen. Også store deler av grunnfjellet (eldre bergarter) ble påvirket og deformert/skjøvet sammen med yngre bergarter.
leuconoritt	Noritt med lavt innhold av mørke (mafiske) mineraler, som pyroksen.
mafisk	Term for bergarter med høyt innhold av mørke mineraler (eks. gabbro, diabas, noritt).
magmatisk bergart	Størkningsbergart, dannet ved størkning av smelte (magma) som har trengt inn i andre bergarter under overflaten; eks. granitt, gabbro, etc.
mangeritt	Betegnelse på monzonitt som inneholder ortopyroksen.
meta-	Brukes foran betegnelser på bergartsgrupper eller bergartsnavn. Angir at bergarten det gjelder er metamorf. Eks: metasediment = metamorf sedimentær bergart, metagabbro = metamorf gabbro.
metamorf bergart	Omdanningsbergart, dannet ved omdanning (<u>metamorfose</u>) i fast form av andre bergarter ved trykk/temperaturpåvirkning.
migmatitt(gneis)	Metamorf bergart som har vært utsatt for så høy temperatur at deler av bergarten har smeltet og blitt "avsatt" som årer og uregelmessige felt i bergarten som blir en del av migmatittens karakter og utseende. De nydannede feltene kalles neosom og de relikte partier paleosom.
monzonitt	Kvartsfattig dypbergart som inneholder omtrentlig like mengder plagioklas feltspat og alkalifeltspat.
mylonitt	Bergart som er dannet ved nedknusning, plastisk deformasjon og rekrystallasjon av andre bergarter; ofte finbåndet, tett bergart.
noritt	Dypbergart som inneholder Na-rik plagioklas og har ortopyroksen som viktigste mafiske (mørke) mineral.
oppsprekning	Samlebegrep om graden av naturlige sprekker i fjellet. Sprekkene kan være dannet ved 1) størkning av magma, 2) deformasjon og 3) trykkavlastning etter istidens erosjon. Høy grad av oppsprekning (tett mellom sprekke) er ikke forenlig med natursteinsdrift.

plagioklas	Kontinuerlig serie av feltspatmineraler hvor forholdet mellom natrium og kalsium varierer. Albitt er en kalsium-feltspat (ubetydelig natrium), mens anortitt er en natrium-feltspat (ubetydelig kalsium). Labradoritt er en type plagioklas med omtrentlig like andeler natrium og kalsium.
porfyrittisk	Tekstur i de eruptivbergarter som har store krystaller (fenokrystaller) i en mellomliggende grunnmasse av mer finkornete mineraler. Benevningen porfyrbrukes foran slike bergarter.
sedimentær bergart	Avsetningsbergart, dannet ved konsolidering av <u>sedimenter</u> (sand, grus, leire, etc.).
seriat	Tekstur i magmatiske bergarter der kornstørrelsene varierer i en kontinuerlig serie.
skjærsone	Deformasjonszone der bergartene er knust ned/deformert. Skjærsoner finnes gjerne langs bevegelsessoner (forkastninger).
skyveforkastning	Lavvinklet reversforkastning der bergartsenheter er skjøvet over fortrinnsvis yngre bergarter på et høyere tektonostratigrafisk nivå.
stikk	Betegnelse på a) tynn, åpen sprekk; b) tynn sprekk fylt med mineraler som kloritt, epidot, kvarts og kalkspat.
tektonostratigrafi	De enkelte bergartsenheterenes plassering i tid og rom i forhold til hverandre som resultat av sedimentære og tektoniske prosesser.
xenolitt	Fragment av sidebergart som har blitt innesluttet i smelte, og opptrer som "fremmedelementer" i f.eks. granitter. Kan også kalles "inneslutning".
åre	Sprekk i bergarten som har blitt fylt av smelte under magmatisk aktivitet som så har størknet som tynne årer. Kan også betegne omdanning av bergarter i sprekkelater etter gjennomstrømning av gasser/væsker (hydrotermal aktivitet).

VEDLEGG 2: GENERELT OM NATURSTEIN

HVA ER NATURSTEIN?

Naturstein er betegnelsen på all stein som kan sages, spaltes eller hugges til plater og emner til bruk i utearealer, bygninger eller monumenter, eller som i naturlig form kan brukes til de samme formål (rullestein, markstein).

Vi skiller gjerne mellom skifer på den ene siden og blokkstein - eller massivstein - på den andre.

Skifer kjennetegnes ved tilstedeværelsen av naturlige skikt med flakformete mineraler (glimmer eller leirmineraler) som steinen kan spaltes langs. For at en skiferforekomst skal være drivverdig må disse skiktene over et gitt volum muliggjøre uttak av plater av salgbar tykkelse. Leirskifer dannes ved sammenpressing og dertil orientering av leirmineraler i leirrike sedimenter. Ved omdanning av leirskifer ved høye trykk- og temperaturforhold (metamorfose) dannes glimmermineraler på bekostning av leirmineralene, og vi får dannet fyllittskifer eller glimmerskifer avhengig av omdanningsgraden. Ved liknende omdanning og deformasjon av sandsteiner (arkose, kvartssandstein) dannes kvartsittskifer, som kjennetegnes ved en rytmisk opptreden av glimmerskikt i en ellers kvarts-feltspatirik bergart (merk; begrepet "kvartsittskifer" er en innarbeidet samlebetegnelse brukt om denne type skifer, og ikke begrenset til "ekte" kvartsitter. De fleste slike skifer i Norge er i realiteten meta-arkoser).

Det er først og fremst kvartsitt- og fyllittskifer som brytes i Norge; mest kjent er kvartsittskifer fra Alta og Oppdal, og fyllittskifer fra Otta.

Blokkstein, eller massivstein, omfatter bergarter som brytes i store blokker for så å sages til plater og emner. Det skilles gjerne mellom hardstein og mykstein, avhengig av bergartens innhold av harde mineraler. Hardstein omfatter ulike typer dypbergarter, som f.eks. gneis, granitt, syenitt og gabbro, samt massiv kvartsitt. Mykstein inkluderer bergarter som er lettere å bearbeide, som kalkstein, marmor og sandstein.

Store deler av Norges berggrunn består av granitt, andre dypbergarter eller gneis, mens en i enkelte områder finner betydelige marmorforekomster. Hardstein brytes flere steder i Norge, men av absolutt størst betydning er brytning av larvikitt, en særegen dypbergart i Larvikdistriktet. De viktigste marmorforekomster finnes i Nordland, hvor Fauske-marmoren representerer et tyngdepunkt.

BEGREPER OG TERMINOLOGI

Få emner gir så godt grunnlag for begrepsforvirring som naturstein, noe som skyldes at natursteinsnæringen og geologene bruker ulik terminologi.

Innenfor geologien skiller en mellom tre hovedgrupper av bergarter etter hvilke prosesser som har forårsaket dannelsen av dem:

Sedimentære bergarter (avsetningsbergarter) dannes ved konsolidering og sementering av sand, grus, leire og ulike skallfragmenter mm., og vi får dannet sandstein, konglomerat, leirstein og kalkstein mm.

Eruptive bergarter (størkningsbergarter) dannes ved størkning av magma (smeltet stein). Dypbergarter er grovkornete eruptivbergarter som er størknet dypt nede i jordskorpa. Dagbergarter (eller lavabergarter) er finkornete og er størknet på jordas overflate, mens gangbergarter er størknet i sprekker og rør på vei opp til overflaten. Magmaets kjemiske sammensetning avgjør hvilke mineraler som dannes, og dermed type eruptivbergart.

Metamorfe bergarter (omdanningsbergarter) dannes ved at sedimentære eller eruptive bergarter ved trykk- og temperaturpåvirkning omdannes og rekrystalliseres til en ny bergart. Omdanningen foregår nede i jordskorpa ved regelmessig eller plutselig temperaturpåvirkning og hydrostatisk eller retningsbestemt trykk. Vanlige årsaker til omdanningen er oppvarming av bergarter ved injeksjon av magma (kontaktmetamorfose) og bevegelser i jordskorpa (regionalmetamorfose). Type metamorf bergart bestemmes av 1) opprinnelsesbergart, 2) type omdanning, og 3) graden av omdanning. Mens f.eks. fyllittskifer er en lav grad metamorf bergart, er gneis tegn på høyere grad metamorfose. Det eksisterer en rekke geologiske navn på ulike metamorfe bergarter.

Steinindustrien har en annen mer forenklet terminologi som i sterk grad gjenspeiler bergartenes bruksområde og tekstur (mønster). "Granitt", som i geologien er navnet på en type dypbergart med en spesifikk mineralogisk sammensetning, er innen industrien betegnelsen på en gruppe dypbergarter og metamorfe bergarter med tilnærmet samme bruksegenskaper og tekstur. En videre inndeling foregår ved å spesifisere farge - f.eks. "sort granitt" (gabbro, diabas) og "hvit granitt" (tonalitt, kvartsdioritt, trondhjemitt). "Granitt"-begrepet brukes delvis også om f.eks. larvikitt (en type monzonitt), og til og med om nefelinsyenitt som i geologisk forstand er komplimentært til granitt. Gneis betegnes ofte som "flammet granitt" eller (engelsk) "multicolour granite".

Likedan brukes begrepet "marmor" om en rekke bergartstyper som inneholder lite harde mineraler (tilnærmet samme egenskaper) - som f.eks. serpentinit og kalkstein. I geologisk forstand er marmor en omdannet (krystallin) kalkstein.

I Steinindustrien ledsages de fleste steintyper av et salgsnavn. Dette kan ha opprinnelse i stedsnavn (f.eks. "Støren granitt"), eller det kan indikere farge og tekstur (f.eks. "Blue Pearl" (larvikitt)). Enkelte navn kan også vise til en eksotisk tilknytning, som f.eks. "Midnight Sun". Det finnes også eksempler på svært så fantasifulle navn, og ett av de siste skudd på stammen er en livfull gneis med navn "Lambada" - naturlig nok fra Brasil.

BRYTNING AV NATURSTEIN

Forskjellen mellom natursteinsbrytning og annen steinbrytning er først og fremst at naturstein må brytes skånsomt; en er avhengig av å få ut helest mulig plater/blokker med minst mulig skader. Følgelig er det et mål å unngå, eller ihvertfall minimere, bruk av sprengstoff, og en ser i økende grad at saging erstatter sprengning. Likevel er det fremdeles mange steintyper som kun lar seg bryte økonomisk ved hjelp av sprengning, og i enda flere tilfeller kommer en best ut ved en kombinasjon av sprengning og saging. I tillegg tilstrebes å unngå bruk av sprengstoff for oppdeling av blokker; det vanlige er å bruke lange eller korte kiler i borsømmer.

I de tilfeller der sprengning er nødvendig brukes små mengder med svakt sprengstoff som krutt og spesielle rørladninger. Boring og lading varierer sterkt fra forekomst til forekomst, og det kan være

tidkrevende å komme fram til optimale forhold i de enkelte brudd. Naturlige sprekker i fjellet og bergartenes kløvegenskaper (spesielle retninger som bergarter lett deles etter) må utnyttes best mulig for å spare bore- og sprengkostnader.

Saging brukes i stadig økende grad til brytning av naturstein. Mest vanlig er linesaging, der en wire kledd med diamantsegmenter sager ut fjellet etter først å ha blitt tredd igjennom borhull. Mer uvanlig er blad- og sirkelsager montert på gravemaskiner. Saging krever i første rekke at steinen ikke er alt for hard; høyt kvartsinnhold gjør saging uøkonomisk. En er også avhengig av vanntilførsel i bruddet. Linesaging er først og fremst brukt til brytning av "myke" skifertyper, marmor og kalkstein, og kvartsfattige dypbergarter.

Etter at store blokker (primærblokk) er løsnet fra fjellet med sprengning eller saging, må disse deles videre opp. Ved skiferbrytning spaltes de store blokkene til mer håndterlige plater av 10 til 30 cm tykkelse, før de bearbeides til tynnplater. Ved brytning av blokkstein foregår oppdelingen til mindre blokker ved hjelp av sprengning og kiling. Disse går enten til bearbeiding eller de selges som råblokker. En råblokk som skal eksporteres bør ikke ha minste mål under 1 meter, og lengste mål bør være over 2,5 meter. I tillegg må blokken være helt feilfri for å oppnå god pris.

Brytning av naturstein krever lang erfaring og gode kunnskaper; en skal ikke gjøre mye feil før produksjonskostnadene går i været.

BEARBEIDING AV NATURSTEIN

Bearbeiding var tidligere en tung og arbeidskrevende prosess. I dag er situasjonen annerledes; avanserte maskiner gjør mye av jobben, og utviklingen innen diamantverktøy har gjort at nær sagt alle steintyper, uansett hardhet, kan bli formet til ønskete produkter. Imidlertid må vi ikke glemme å ta vare på kunnskap om steinbearbeiding; selv om maskinene gjør mye av jobben, er vi fullstendig avhengig av at de betjenes av folk med solide kunnskaper om stein.

Skifer spaltes opp til tynnplater enten ved håndmakt, eller ved hjelp av trykklufthammer. I det siste er også utviklet teknologi for spaltning med høytrykksvann. Platene blir så viderebearbeidet. Saging og evt. sliping av flis/plater foregår med diamantverktøy, ofte i automatiserte fabrikker, mens klipping av takstein og flis fremdeles gjøres på gamlemetoden (skifersaks). Noen skifertyper har spesielle egenskaper som gjør det mulig å knekke plater til egnete former ved først å risse spor i skiferen. Dette gjøres også manuelt, men automatisert utstyr er under utvikling. Slike knekte produkter kan f.eks. være skifermurstein.

Blokkstein sages opp til plater av ønsket tykkelse ved hjelp av store sirkelsager med diamantsegmenter eller rammesager med diamantsegmenter eller abrasivtilsetninger. Sistnevnte består av mange parallelle sagblad som beveges fram og tilbake med gradvis nedsynking. Det finnes også andre mindre brukte sager, som f.eks. linesager og bladsager. Når platene er ferdig skåret blir de overflatebehandlet. Sliping og polering foregår etter samleband i store maskiner egnet til formålet, mens flammings, prikking og andre spesielle behandlinger gjøres manuelt eller halvautomatisk. Diamantfresing gjøres når en har behov for utskjæring av servanter og tredimensjonale former.

I det siste er utviklet teknologi for skjæring av stein med høytrykks vannstråle kombinert med abrasiver (vannjet), og metoden brukes spesielt hvor kompliserte figurer og former i stein er ønsket.

KRAV TIL NATURSTEINSFOREKOMSTER

Siden "naturstein" er et såpass vidt begrep vil krav til forekomster variere sterkt avhengig av forekomsttype, hvilket produksjonsomfang en tenker seg og hvilke markeder en ønsker å betjene. Det er klart at en trenger ikke stille like store krav til en skifer som skal brukes til hageheller i lokalområdet som en granitt som skal transporteres rundt halve jorda før den når kunden.

Men hvis en tar utgangspunkt i forekomster som skal selges i andre markeder enn helt lokale, dvs. være industrielt drivverdig, er det en rekke faktorer som skal klaffe.

Vi kan skille mellom tekniske kriterier og markedsriterier; førstnevnte går på forekomstens beskaffenhet og steinens kvalitet. For det første må forekomsten være stor nok til mange års drift. Videre må den normalt være så ensartet at det en leverer om ti år er likt det en leverer i dag. Bergarten må ikke være for oppsprukket til at store blokker eller plater kan tas ut, og de sprekker som finnes bør være av en slik art at de letter brytningen (reduserer boring/sprengning). Steinen må være av god teknisk kvalitet (holdbarhet, styrke, osv.) i forhold til steintyper i samme kategori på markedet. Det finnes standardiserte tester (materialprøvning) for dette; trykkfasthet er det trykk en kube av stein utsettes for i det øyeblikk den knuses. Bøyestrekfasthet er det trykk som midtpunktet av en stav av steinen utsettes for i det den knekker. Videre måles vannabsorpsjon (vektforskjell mellom tørr og vannmettet stein), slitasje (bortslipt mengde etter slitasjepåkjening fra roterende stålskive tilsatt karborundpulver), romvekt og varmeutvidelse (volumendringer ved temperatursvingninger). Alle disse testene er godt innarbeidet internasjonalt, og gir først og fremst et godt bilde av relative forskjeller mellom steintyper. En rekke nye tester er i ferd med å bli standardisert i EF/EFTA og i ISO-systemet, og spesielt gode tester for måling av holdbarhet (syre- og saltpåvirkning, vær/klimabestandighet, etc.) kan bli viktig i tiden som kommer.

Bergarten bør også være rimelig å bearbeide (ikke for hard) og gi ferdigprodukter av høy kvalitet (f.eks. gode poleringsegenskaper).

Markedskriteriene kan være vanskelig å vurdere, men er minst like viktig som de tekniske. Naturstein er en smakssak, og det er klart at steinen må falle i kundens smak for å bli solgt; farge og fargespill, mønster, kornstørrelse osv. er alle faktorer som avgjør såvel prisklasse som mengde en kan få solgt. Markedets ønsker og behov bør være, og er, den sterkeste drivkraften når en leter etter nye steinforekomster. En annen viktig faktor er i hvilken grad forekomster kan brukes til andre ting enn naturstein. Det kan være som industrimineral, tilslagsmaterial, osv. Om steinen kan brukes til brostein/kantstein er heller ingen ulempe. Alle slike kombinasjonsmuligheter vil bidra til å få totaløkonomien i bruddet opp, og skrotmengden ned; enkelte blokksteinsbrudd opererer i dag med over 90% skrot, som selvfølgelig er alt for høyt.

Det er altså en rekke ting som skal klaffe for at en natursteinsforekomst kan være drivverdig i industriell sammenheng, og i tillegg er en avhengig av svært god fagkunnskap som sikrer kostnadseffektiv og optimal produksjon.