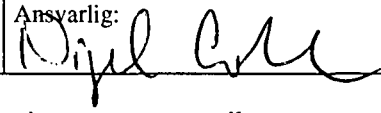


NGU Rapport 98.068
Berggrunnsgeologi og mineralske
ressurser i Sokndals-området,
Rogaland

Rapport nr.: 98.068		ISSN 0800-3416		Gradering: Åpen	
Tittel: Berggrunnsgeologi og mineralske ressurser i Sokndals-området, Rogaland. Statusrapport.					
Forfatter: Karlsen, T.A., Nilsson, L.P., Marker, M., Gautneb, H. & Erichsen, E.			Oppdragsgiver: Rogaland fylke/NGU		
Fylke: Rogaland			Kommune: Sokndal, Lund		
Kartblad (M=1:250.000) Mandal			Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1311 IV Sokndal		
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall: 33		Pris: kr. 182,-
			Kartbilag: 1		
Feltarbeid utført: høst 1997		Rapportdato: 19.03.1998		Prosjektnr.: 276000	
				Ansvarlig: 	
<p>Sammendrag:</p> <p>I samarbeid med Rogaland fylke har NGU skaffet til veie geologiske data, utført kartlegging og sammenstilt et berggrunnsgeologisk kart i målestokk 1:25 000 over området Sokndal - Mydland - Berrefjord. I tillegg er det gjort innledende betraktninger om mineralressurser. Tilsammen utgjør dette Del 1 av et planlagt 2-årig prosjekt som er rettet mot mineralske ressurser.</p> <p>Det kartlagte området utgjør deler av det som er benevnt «sør-Rogaland magmatiske kompleks», også kalt «Egersundfeltet», som hovedsakelig består av bergartene anortositt, noritt, jotunitt og mangeritt. Bergartene har en alder på ca. 920 - 931 millioner år. Rundt det magmatiske komplekset opptrer forskjellige typer gneiser med en alder på ca. 1500 - 1050 millioner år.</p> <p>Alle disse bergartene er gjennomgått av sprekker og forkastninger, som tildels har ført til en sterk omdanning spesielt av anortositten.</p> <p>En stor mengde upublisert og publisert materiale omkring områdets geologi eksisterer, med hovedvekt på bergartenes dannelse. Mye av dette materialet er benyttet ved framstilling av det berggrunnsgeologiske kartet. Deler av dette materialet er også benyttet i betraktninger omkring mineralske ressurser.</p> <p>Forutenom mineralforekomster i drift innen kartområdet (ilmenitt ved Tellnes, pukk ved Rekefjord) har våre undersøkelser så langt kommet fram til følgende potensielt økonomisk interessante ressurser: 1) ilmenitt/magnetitt og ilmenitt/magnetitt/apatitt i flere av bergartene, 2) anortositt som pukk, naturstein og industrimineral, 3) hvit (omdannet) anortositt som pukk og industrimineral, 4) kvarts som industrimineral.</p> <p>En oppfølging av arbeidet, spesielt rettet mot punktene 1 og 4 er anbefalt.</p>					
Emneord: berggrunnsgeologi		naturstein		anortositt	
industrimineraler		ilmenitt		kvarts	
pukk		apatitt		fagrapport	

INNHOOLD

1. Innledning.....	4
2. Berggrunnen i Rogaland.....	5
3. Beskrivelse av det berggrunnsgeologiske kartet.....	8
4. Mineralressurser.....	19
5. Konklusjoner.....	29
6. Videre arbeid.....	29
7. Referanser og oversikt over litteratur.....	30

KARTBILAG

- 1) Berggrunnsgeologisk kart

1. INNLEDNING

Et berggrunnsgeologisk kart over området Sokndal - Berrefjord - Mydland i skalaen 1:25000 er sammenstilt. Sammenstillingen av kartet samt foreløpige ressurskart utgjør fase 1 av et foreslått 2-årig prosjekt, med tittelen «Geologiske kunnskapsdatabaser i Rogaland», som har som mål å kartlegge mineralske ressurser i området. 1. fase av prosjektet er finansiert av Rogaland fylke og NGU.

Dataene til berggrunnskartet er hentet fra diverse arbeider utført av tyske, belgiske og danske geologer/studenter, samt fra egen kartlegging. NGU har i perioden 1995-1997 hatt et samarbeid med Titania AS hvor formålet har vært å undersøke mineraliseringer av ilmenitt, titanomagnetitt, og apatitt hovedsakelig i Hauge-Bakka - området og ved Mydland. I tillegg har NGU støttet et dr.ing. studium ved NTNU i Trondheim hvor det er fokusert på områdets ilmenitt-forekomster i genetisk sammenheng. Data fra disse prosjektene inngår også på det berggrunnsgeologiske kartet. Området er et av de best dekkede områder i Norge når det gjelder geologiske arbeider. Imidlertid er de fleste knyttet til forskning omkring dannelsen av bergartene og fokusert på fagfeltet magmatisk petrologi. Innenfor ressursgeologiske problemstillinger kan deler av disse arbeidene nyttiggjøres både indirekte og direkte; en generell forståelse av berggrunnsgeologien og berggrunnens dannelse gir en nødvendig basis for ressursleting, mens en del informasjon, som for eksempel sammensetningen av anortosittene, gir direkte opplysninger av en av områdets ressurser.

Vårt arbeid har hittil vesentlig dreid seg om 1) sammenstilling av eksisterende data, 2) ny kartlegging av de nordøstre deler av området, 3) kartlegging av sprekker og forkastninger, 4) innledende ressursundersøkelser.

Det fra før eksisterende kartgrunnlag i det nordøstre området var mangelfullt, og vår kartlegging har tilført nye opplysninger. Vi har videre gått litt i dybden på arbeid med sprekke/forkastninger. Kartlegging av sprekker og forkastninger er viktig av tre grunner; 1) forekomster av hvit/grå anortositt samt mulige andre typer mineraliseringer er assosiert med disse, 2) kunnskaper om områdets sprekke/ forkastningsmønstre er viktig ved eventuelle tunnelutbygginger og ved vurdering av grunnvannskilder, 3) en får ytterligere informasjon om områdets geologiske utvikling.

De sørlige deler av Rogaland er p.g.a. sin beliggenhet i forhold til et voksende marked for byggeråstoff ute i Europa, av stor interesse for eksport. Nye ressursområder vil være avhengig av en gunstig beliggenhet i nærheten av fjorder med gode havnemuligheter.

Når det gjelder industrimineraler er området interessant på mange vis. Rogaland er landets viktigste ilmenitt-provins, og er viktig også i en global sammenheng ved at Tellnes-forekomsten står for 10 % av verdensproduksjon av titanråstoff. Andre industrimineraler samt malmer finnes det lite data om, da få undersøkelser har vært gjort. I denne rapporten er det pekt på et høyere innhold av apatitt enn normalt i flere av bergartene, mulige kvarts-ressurser, og på potensiell utnyttelse av omvandlet og uomvandlet anortositt.

Bergverksdrift

Det undersøkte området (Figur 1) er en meget viktig ilmenitt-provins. Rogaland i sin helhet er det området i Norge som inneholder de største kjente ilmenitt-reserver.

Allerede i 1860-årene ble det startet drift på jern-titan-forekomstene ved Sokndal, etter en aktiv periode med skjerping i årene før. De første stedene med drift var ved forekomstene «Hauge» og «Blåfjellet». I den første fasen av malmdriften ved Sokndal ble malmen kun utnyttet som jernmalm. Ikke før i 1919, ved oppstart av drift på forekomsten «Storgangen» av Titania A/S, ble malmen tatt ut med tanke på å utnytte dens innhold av titan. Driften ved Sandbekk varte helt fram til 1965. Etter påvisning av store ilmenitt-ressurser ved Tellnes i 1954, ble driften gradvis flyttet dit fra 1960 (Jonsson m.fl. 1987, Titania A/S 1992). I følge de opplysninger som foreligger er Tellnes-forekomsten verdens største ilmenitt-forekomst (Hagen 1992).

Produksjonen av pukke ved Rekefjord startet i 1964 av A/S Rekefjord Verk. I dag drives det to brudd, ett på hver side av fjorden. Driftsselskapet heter nå Fjordstein A/S som er eid av Nodest industrier A/S som igjen er eid av Rieber & Søn A/S. De to bruddene gir 2 ulike kvaliteter; jotunnitt, som markedsføres som «noritt», tas ut på den østlige siden av Rekefjorden. Dette er en mørk bergart med stor utbredelse i Sokndals-området (se kart). På vestre side av Rekefjorden brytes en brun til grå/hvit delvis omvandlet anortositt. Kartleggingen har vist at den lyse anortositten hovedsakelig opptrer langs visse sprekker og forkastninger i anortositten, og er et omdanningsprodukt av denne (omtales nedenfor). Som pukke er den lyse anortositten foretrukket i noen tilfeller p.g.a. dens lyse farge. Et annet viktig trekk, som også gjelder den uomvandlede anortositten, er at bergarten ikke inneholder kvarts. Kvartsstøv er uheldig og det kan på sikt komme krav til kvartsinnhold i bergarter som skal benyttes som pukke.

2. BERGGRUNNEN I ROGALAND

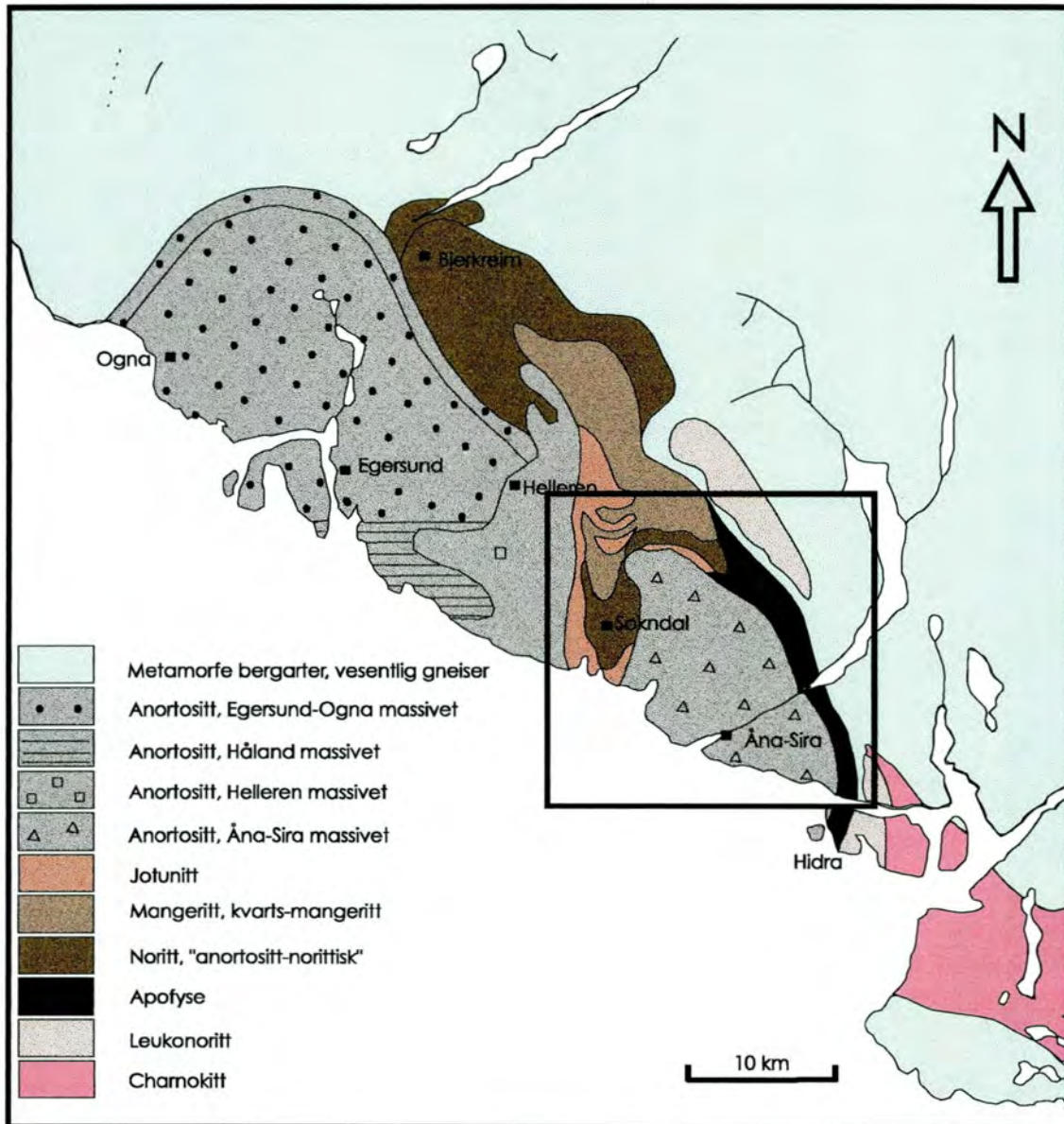
Berggrunnen i den sørlige delen av Rogaland (Figur 1) er dominert av det som er kalt «Sør-Rogaland magmatiske kompleks», også kalt «Egersundsfeltet». Dette komplekset består av anortosittiske, norittiske, og mangerittiske intrusjoner¹ som har trengt inn i omliggende bergarter for 932 - 920 millioner år siden. Disse bergartene dekker et areal på ca. 1200 km² (Krause m.fl. 1985). Vertsbergartene som omgir disse magmatiske bergartene er gneiser, tildels migmatittiske², og tildels charnockittiske³, som har en alder av 1500 - 1050 millioner år. Tre store massiver av anortositt og relaterte bergarter opptrer (Figur 1) hvorav Åna-Sira-massivet og omliggende bergarter er undersøkt i dette prosjektet (Figur 2). Anortositt-massivene og norittene er kuttet av mange tildels yngre intrusjoner av mangeritt, ilmenitt-noritt, noritt, og ennå yngre diabaser.

Et karakteristisk trekk ved Anortositt-massivene i Rogaland er det karrige og småkuperte terrenget (Figur 3). Langs de mange små og store daler opptrer sprekker og forkastninger og i noen tilfeller intrusive ganger. Dalene er således dannet ved selektiv erosjon da forvitringen har vært større enn ellers langs slike svakhetssoner.

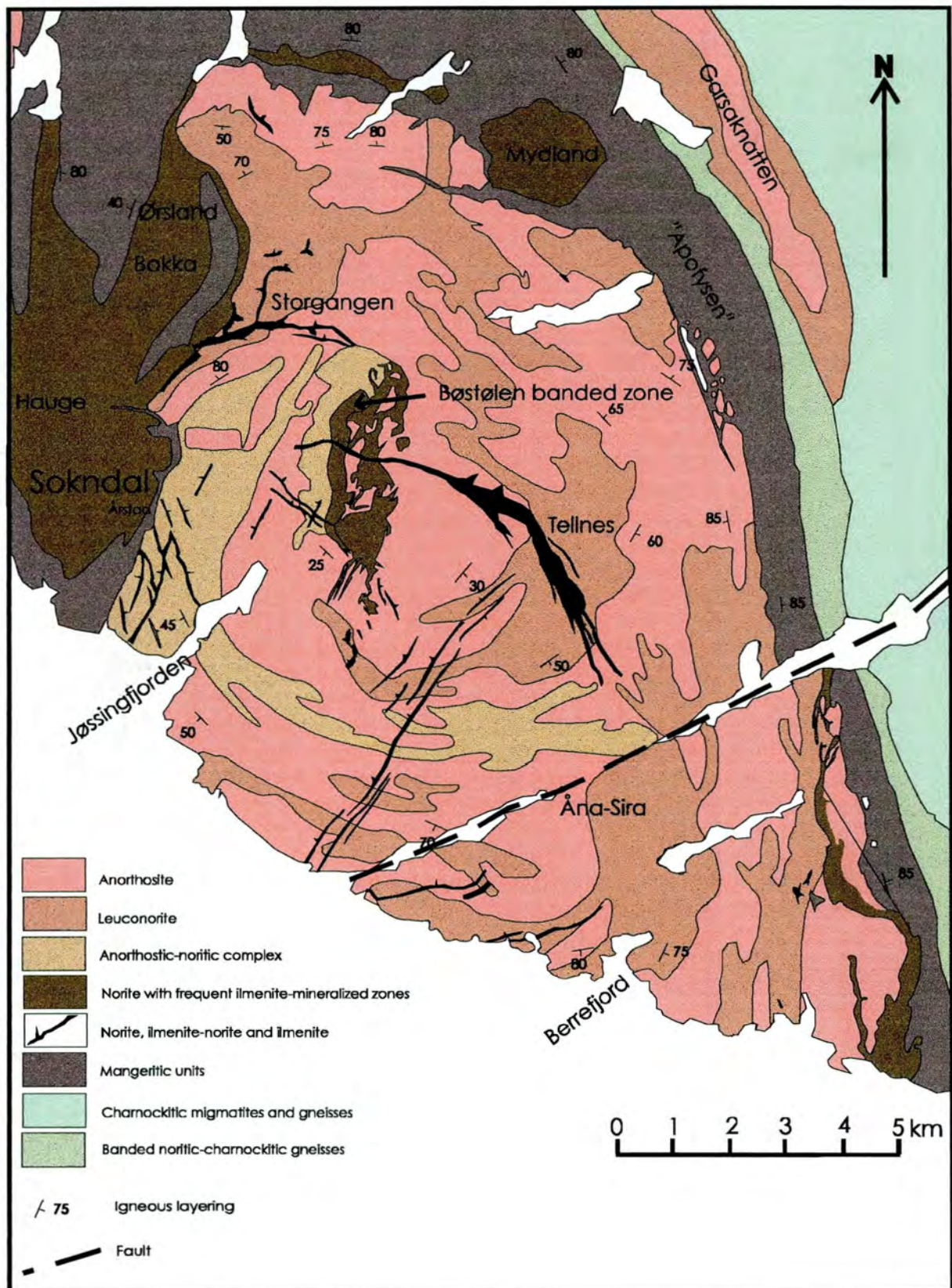
¹ Intrusjon = smelte som kommer fra et underliggende magmakammer og som trenger inn andre bergarter for så å størkne.

² Migmatitt = blandingsbergart som er dannet ved delvis oppsmelting av opprinnelig bergart.

³ Charnockitt = granitt som inneholder mineralet pyroksen.



Figur 1: Geologisk oversiktskart over Egersundsfeltet (modifisert etter Duchesne & Michot 1987). Utsnittet angir vårt undersøkelsesområde.



Figur 2: Forenklet geologisk kart over det undersøkte området, med viktige stedsnavn benyttet i rapporten. Modifisert etter Krause & Pedall (1980).



Figur 3: Det undersøkte området er karakterisert ved et karrig og småkupert landskap. Mangel på vegetasjon skyldes at anortositten er motstandsdyktig mot erosjon og gir fra seg lite næringsstoffer. Det småkuperte landskapet skyldes for en stor selektiv erosjon hvor det er dannet søkk der hvor det opptrer sprekker og forkastninger i berggrunnen. På bildet: Jøssingfjorden, hvor søkket i bakgrunnen skyldes en steiltstående forkastning som heller mot venstre på bildet.

3. BESKRIVELSE AV DET BERGGRUNNSGEOLOGISKE KARTET

Det oppdaterte berggrunnsgeologiske kartet er vesentlig en sammenstilling av tidligere arbeider (se referanseliste på kartet). Mindre deler er hentet fra NGU/Titanias samarbeidsprosjekt etter tillatelse av forskningssjef R. Hagen. I tillegg er det utført egen kartlegging av gneisene og granittoidene i de nordøstlige områder, samt generell kartlegging av sprekker og forkastninger.

Fremstilling av kartet har vært et særlig tidkrevende arbeid fordi ulike typer kartgrunnlag tidligere har vært benyttet. Det har vært nødvendig å justere alle bergartsgrenser i forhold til det nye topografiske kartgrunnlag (WGS) fra Statens Kartverk.

Hovedtrekk av kartområdets geologi

Åna-Sira anortositt-massivet (bergart nr. 13 på berggrunnskartet) er det dominerende elementet på kartbildet. Massivet har en alder på 932 +/- 3 millioner år (Schärer m.fl. 1996). Dette er også alderen på Hellen anortositt-massiv lengst vest på kartet. De to anortositt-massivene gjennomsettes av den lagdelte Bjerkreim-Sokndal intrusjonen som har en lang utløper mot sydøst, benevnt «apofysen» i den geologiske litteraturen. Kun Sokndal-delen (eller den såkalte «Sokndalloben») og apofysen kommer med på vårt berggrunnskart, mens Bjerkreim-loben som utgjør hoveddelen av intrusjonen strekker seg langt utenfor kartet til forbi Bjerkreim i nordlig retning.

Sokndal-loben har en norittisk undre del (bergart nr. 7 på kartet) og en mangerittisk til kvartsmangerittisk øvre del (bergart nr. 3 på kartet). Apofysen har et mindre, nesten sirkulert innesluttet norittfelt (Mydland-loben), ellers er sammensetningen kvarts-mangerittisk. Mydlandloben og Sokndalloben henger på det nærmeste sammen gjennom et smalt norittlegeme rett nord for Åna-Sira anortositten. En rekke mindre enheter innenfor norittfeltene, både i Sokndalsområdet og på Mydland, er mer lagdelt enn ellers og avviker noe i sammensetning fra den ellers mindre lagdelte noritten. De lagdelte enhetene, er skilt ut fra mindre lagdelt noritt på det berggrunnsgeologiske kartet (bergart nr. 6). De lagdelte enhetene er ofte anrikt på jern-titan oksyder (magnetitt og ilmenitt). Disse magnetitt og ilmenitt anrikede sonene/områdene er potensielt økonomisk interessante som jern, titan og fosfor-råstoffkilder (se andre steder i rapporten for detaljer om dette).

Selve Åna-Sira anortositt-komplekset er gjennomvevet av ulike ganger med forskjellige hovedretninger samt av uregelmessige norittiske legemer med litt forskjellig sammensetning og oppbygning/struktur. Både Tellnesforekomsten og Storgangen (bergart nr. 8 på kartet) hører med blant disse. Tellnesforekomsten som geologisk sett er en homogen, ilmenitt-norittisk bergart har en alder på 920 +/- 3 millioner år. Tellnes-gangen, som er Tellnesforekomstens kontinuerlige fortsettelse mot sydøst, har en alder på 931 +/- 5 millioner år, dvs. bare ubetydelig yngre enn Åna-Sira anortositten som den skjærer igjennom. Tellnes-gangen, som har en kvartsmangerittisk sammensetning, har et meget uregelmessig forløp fra Tellnesforekomsten til den ender i Nordsjøen øst for Berrefjord. Det meget uregelmessige forløpet må tilskrives den lille aldersforskjellen. Dvs. anortositt-massivet var ennå ikke helt ferdig størknet/konsolidert da Tellnesgangen brøt seg fram minste motstands vei opp gjennom dette massivet. Tellnesforekomsten eller rettere Tellnes ilmenitt-noritt intrusjonen har også funnet sin vei oppover i jordskorpa etter minste motstands vei, og det var langs etter Tellnesgangen ca. 10 millioner år etter at den sistnevnte var kommet på plass rett etter størkningen av den store anortosittmassen.

På nordsiden av Mydlandsvatnet, litt ute i gneisene, ligger et separat felt av anortositt - lys noritt benevnt Garsaknatt-intrusjonen. Alle de bergartene som er nevnt så langt tilhører «*anortositt-stammen*» og har et nært innbyrdes slektskap både rent *dannelsesmessig* med et felles opphav dypt nede i jordskorpen, *romlig* ved at de opptrer samlet i en felles magmatisk provins (dvs. et stort, og geologisk veldefinert/ vel avgrenset område) samt rent *tidsmessig* ved at de samlet er dannet innenfor et tidsrom på bare ca. 10 millioner år hvilket er et meget kort tidsrom i geologisk sammenheng.

De ovennevnte bergartene kuttet av en grovt sett ØSØ -VNV gående sverm av diabasganger (bergart nr. 1 på kartet). Disse har en alder på bare 630 - 650 millioner år (Sundvoll 1987). På grunn av den store aldersforskjellen løper disse gangene etter betydelig mer rettlinjede bruddlinjer enn Tellnesgangen i den nå for lengst størknede og helt stive/sprø anortositten og øvrige bergarter. Diabasgangene har ikke noe slektskap med anortositt-stammens bergarter.

Det er heller ikke noe slektskap mellom anortosittstammens bergarter og bergartene i kartets nordøstlige del. Dette er gneiser som tilhører den såkalte Svekonorvegiske Provins i sydvest Norge (bergartene 14, 15, 16, 17 og 18 på kartet). Deres deformasjon og metamorfe omdannelse skjedde under dannelsen av den Svekonorvegiske fjellkjede for ca. 1050-950 (?) millioner år siden, som samtidig resulterte i intrusjon av flere typer magmatiske bergarter i en eldre jordskorpe. Alderen av de eldste gneiser som opptrer i provinsen kjennes ikke med sikkerhet, men antas å være yngre enn ca. 1600 millioner år. Porfyriske granitter tilhørende den såkalte Fedasuiten er knyttet til den aktive fjellkjededannelse og intruderte disse gneisene for 1050 millioner år siden. Sammen ble de metamorfosert («granulitt-facies») og deformert i perioden 1025-990 millioner år før nu (Bingen & van Breemen, 1998). På grunn av deformasjonen framstår disse granittene idag som øyegneiser. I slutfasen av fjellkjededannelsen, for 930 millioner år siden, ble store mengder smelter tilhørende sør-Rogaland magmatiske kompleks intrudert på et dypt nivå i

jordskorpen. Varmemengden i disse resulterte i en fornyet oppvarming av den svekonorvegiske jordskorpe i en aureole omkring komplekset. Etter (og under?) avkjølingen ble området gjennomslått av sprekker og mindre forkastninger av til nå ukjente årsaker og aldre.

Beskrivelse av bergarter som tilhører sør-Rogaland magmatiske kompleks

Anortositt (bergart nr. 13) er den dominerende bergart i det undersøkte området og utgjør det meste av Åna-Sira-massivet i sentrale deler, Garsaknatten i nordøstlige del og Håland-Helleren-massivet i vestre del. Bergarten er tilnærmet monomineralsk, og inneholder kun feltspat (plagioklas) som hovedmineral. Per definisjon skal bergarten inneholde < 10 % mørke mineraler. I mange tilfeller er anortositten oppblandet med *leukonoritt*, det vil si samme bergart men med 10 - 20 % mørke mineraler. Ved tidligere kartlegging (Krause m.fl. 1985) (Figur 2) er disse variantene skilt fra hverandre, til tross for at de er meget like og har glidende overganger. Innholdet av mørke mineraler kan være en viktig faktor ved framtidig vurdering av bergarten som pukk- eller industrimineral ressurs. Plagioklasen i anortositten er vesentlig andesin og labradoritt med et anortitt-innhold lik An_{40} - An_{56} .

Mens Håland-Helleren massivet og Åna-Sira massivet inneholder nokså like brunlige anortositter, skiller Garsaknatten seg ut ved at den er mer grålig til mørk blålig.

Noritt (bergart nr. 6, 7, 8, 10, 11 og 12), som er oppkalt etter Norge av den kjente geolog Esmark i begynnelsen av forrige århundre, består vesentlig av mineralene plagioklas-feltspat og kalsium-fattig pyroksen (vesentlig ortopyroksen: opx), samt mindre mengder av kalsium-rik pyroksen (klinopyroksen: cpx), olivin, magnetitt, ilmenitt, apatitt, biotitt, m.m.. Når det er overvekt av plagioklas betegnes bergarten leukonoritt (=lys noritt), når det er overvekt av ortopyroksen betegnes bergarten melanoritt (=mørk noritt) og når plagioklas blir helt underordnet, dvs. utgjør mindre enn 10 % av volumet, betegnes bergarten pyroksenitt. De lagdelte sekvensene i norittene (bergart nr. 6) Når noen av bibestanddelene ovenfor (f. eks. cpx, olivin eller ilmenitt) unntaksvis blir hovedbestanddel får vi spesialnavn (egne varianter) som ilmenitt-noritt med plagioklas, ilmenitt og ortopyroksen som viktigste mineraler (f. eks. Tellnesmalmen); videre gabbronoritt når vi har både opx og cpx tilstede og olivin-noritt når olivin blir en viktig bestanddel.

De lagdelte noritter består vesentlig av melanorittiske til pyroksenittiske bergarter. Lagdelingen meget godt utviklet i lag anrikt på mørke silikatmineraler og oksyder som veksler med lag som er relativt fattigere på mørke silikater og oksyder, men rikere på feltspat. De enkelte lagene kan variere i tykkelse fra under en cm opptil flere meter. Det kan være helt knivskarpe grenser mellom de enkelte lagene, eller mer glidende overganger med gradvis økning eller avtagning av de enkelte mineralene. Det kan derfor være på hundretalls eller tusentalls slike vekslinger å se langs en veiskjæring bare på en hundre meters lengde.

Jotunitt (bergart nr. 2) er nært beslektet med noritt, og navnet, som ble «oppfunnet» i 1945, er knyttet til de vanligst opptredende bergartene i Jotunheimen (før 1945 var betegnelsen jotun-noritt). I internasjonalt vedtatt terminologi er jotunitten en hypersten monzodioritt, men dette er et såpass tungt bergartsnavn å bruke at jotunitt nå brukes side om side med den internasjonale betegnelsen.

Mineralogisk er det feltspaten som utgjør den største forskjellen mellom noritt og jotunitt. Feltspaten har en kalium-komponent (kalifeltspat-komponent), og denne er ikke blandbar med

natrium- og kalsium-komponentene. Derfor får vi her en «vertsfasen» av blandbar (=avblandet) kalsium- og natrium-plagioklas som inneholder små parallelle lister/flekker/dråper/bånd, etc. av ikke-blandbar kalifeltspat i vertsfasen. Feltspat med denne spesielle sammensetningen og teksturen kalles *antiperthitt*.

Mangeritt (bergart nr. 3) (navnet kommer fra Manger nord for Bergen) har allmennavn hyperstenmonzonitt. Liksom i forrige tilfelle brukes derfor betegnelsen mangeritt side om side med den internasjonale betegnelsen i den geologiske litteraturen. Bergarten ligner jotunnitt, men kalifeltspat-komponenten i feltspaten er betydelig høyere. Det er nå volummessig like mye av kalifeltspat-komponenten og plagioklas-komponenten og vi får en *mesopertittisk* feltspat. I *kvartsmangeritt* kommer fri kvarts inn blant mineralene.

Beskrivelse av metamorfe bergarter i nordøstre del av kartbladet

De eldste metamorfe bergarter på kartbladet (bergart nr. 14, 15, 16, 17 og 18) består av en båndet sekvens av gneis nærmest mangeritten i sør-Rogaland magmatiske kompleks og migmatittiske granittiske gneiser med en hovedsakelig intrusiv opprinnelse lenger øst. De sistnevnte bergarter er ikke undersøkt tilstrekkelig ennå. De båndete gneisene har en steiltstående planær struktur og består av vekslende centimeter til desimeter (lokalt meter) brede bånd av litt varierende sammensetning og gråtone. De mørke mineraler består av biotitt, hornblende og stedvis pyroksen. Amfibolitt og biotitt-førende amfibolittiske bergarter forekommer som spredte bånd i deler av sekvensen. I tillegg kan de stedvis inneholde enkelte bånd av antatt sedimentær opprinnelse. Den båndete sekvensen inneholder varierende, men ofte betydelige mengder av svakt diskordante, deformerte, senere intruderte granittiske bånd av variabel tykkelse. Disse granitt-båndene synes å være assosieret med to til tre langstrakte, nesten konkordante, 0.5-2 km brede lag av forgneisede biotitt-, hornblende-, og stedvis pyroksen-førende granitter, som forekommer i den midterste del av gneisområdet. Disse intruderer videre et markant 1-2.5 km bredt lag av forgneiset, porfyrisk hornblende-biotitt granitt i den østlige midterste del. Den porfyriske granitt, som tilhører Fedøyegneissuiten i Rogaland og Vest Agder, er vest for Åvedalsvatnet datert til å være 1051 millioner år gammel (zirkon U-Pb; Bingen & van Breemen, 1998).

Sprekker og forkastninger

Sprekke- og forkastningssystemer er særdeles markerte i det undersøkte området, ikke minst fordi anortositten har en sparsom vegetasjon. På flyfoto og topografiske kart gir sprekk/forkastningene opphav til markerte lineamenter (Figurene 4 og 5). Befaring og kartlegging av slike i felt viser at de fleste lineamenter representerer systemer av sprekker, hvor noen retninger er mer dominerende enn andre, eller forkastninger hvor en kan observere mindre bevegelser. Figur 5 viser et kart hvor lineamentene er tolket i fra flyfoto. Hovedretninger for bruddsonene er NNØ, NØ, NNV og NV, men også Ø-V og N-S retninger er fremtredende.

Store dalsøkk slik som Åna-Sira (Figur 6) og «Guddalen» framtrer som svært markante NØ-lineamenter på flyfoto. Feltobservasjoner og kartbildet omkring dalsøkkene viser at disse lineamentene er forkastninger. De relative bevegelser langs Åna-Sira-forkastningen har antakelig vært opptil 1 km horisontalt, og noe mindre i Blåfjell-forkastningen i «Guddalen». De eksakte bevegelsene langs forkastningene har ikke kunnet fastslås. Åna-Sira forkastningen har dog en vesentlig venstrelateral komponent, hvor den nordlige blokk har beveget seg mot vest i forhold til

den sydlige blokk. Indikasjoner fra feltarbeidet tyder på at bevegelsen har foregått langs et plan som heller steilt mot nord og hvor planets trasè følger dalsøkket fra havet, langs Åna-Sira og et godt stykke inn i Lundevatnet. Ved Blåfjellforkastningen synes det som om bevegelsene har vært mer vertikale.

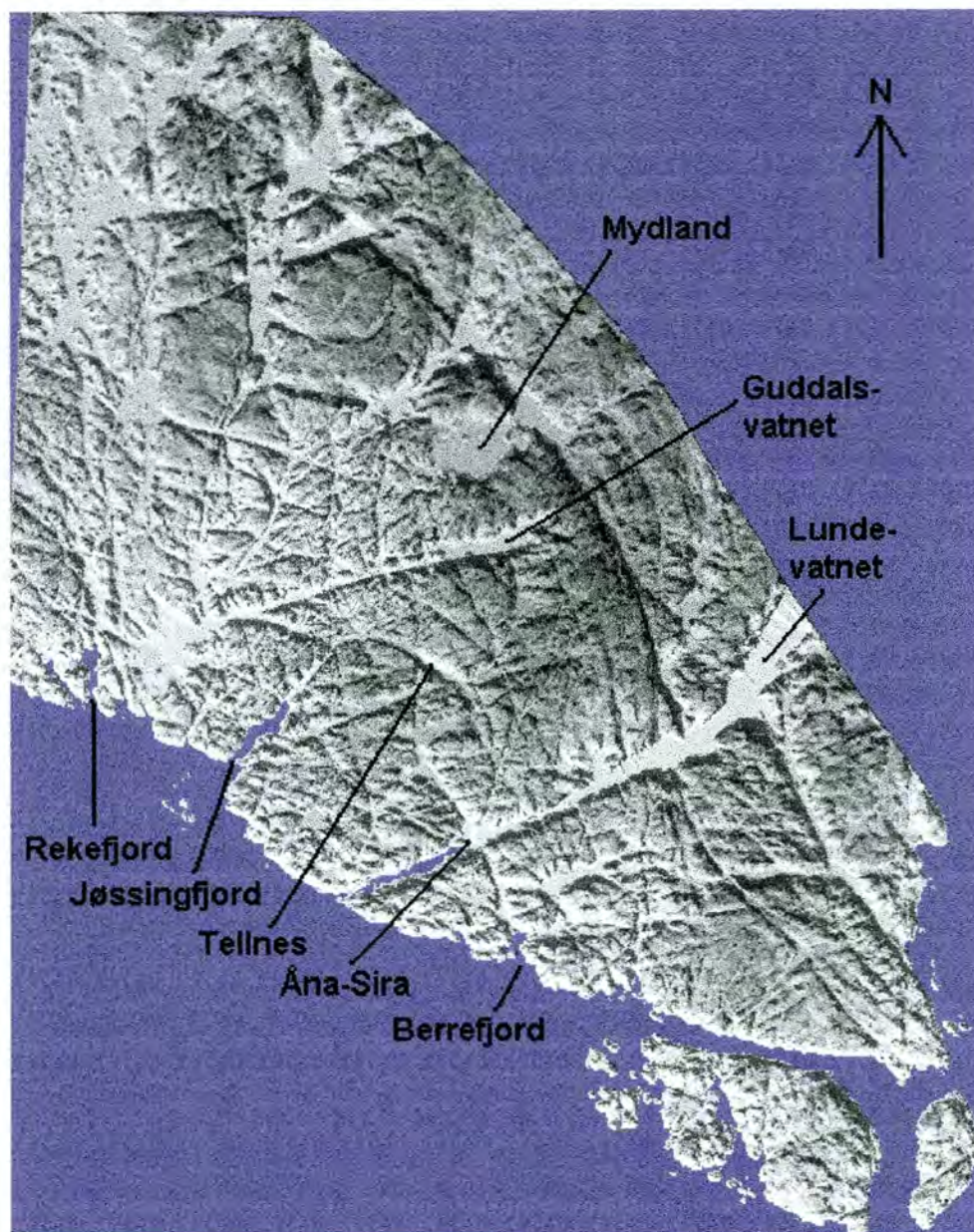
Utviklingen av sprekker og forkastninger er i mange tilfeller ledsaget av omdanning av bergartene. Dette er spesielt synlig i anortositten hvor den fra før av brune bergarten er blitt hvit eller grå. Omdanningen skyldes væskegjennomstrømninger under utvikling av sprekke/forkastningene. Typiske omdanningsmineraler eller -produkter er albitt (feltspat som er hvit av farge) saussuritt, kloritt, epidot, karbonat og i noen tilfeller leirmineraler (Figurene 7 og 8).

Feltundersøkelser viser at de markante NØ orienterte Åna-Sira, Tellnesvatnet og Blåfjellforkastningene inneholder omdannelser til hvit/grå anortositt. De hvite/grå sonene kan ha en mektighet på opptil 60 meter (muligens mer). Mektigheten kan variere langs strøket. Det vestlige pukkbruddet ved Rekefjorden ligger langs Blåfjell-forkastningen og bergarten er delvis omdannet på grunn av forkastningen.

For å undersøke bruddsonemønsteret og undersøke hvorvidt omdannelse til hvit anortositt er favorisert langs visse retninger ble et ca. 3x5 km stort område omkring Logsvatnet i den sentrale del av Åna-Sira anortositten detaljundersøkt (Figur 9). Retninger for sprekker, både med og uten omdannelser, ble systematisk oppmålt samtidig som graden av omdannelse ble kartlagt. Undersøkelsen viste, at området inneholder en 40-170 meter bred NNØ-orientert sone fra Gauknetjørn til Såvatn med omfattende omdannelser til hvit anortositt. Mektigheten er størst i SSV ved gården Mål. Tynne soner med mindre omfattende omdannelser opptrer parallelt med hovedsonen øst for denne og i den nordvestlige delen av området.

Figur 10 viser et såkalt stereografisk plott av forskjellige sprekketyper i det detaljundersøkte området i figur 9. Sprekker i tykke soner av omdannet hvit («bleached») anortositt (Fig. 10A) opptrer i to hovedretninger, henholdsvis NNØ (som i Gauknetjørn-Såvatn-Mål sonen) og Ø-V. Sprekker i forbindelse med tynnere soner av delvis omdannet anortositt (Fig. 10B) viser samme retninger men tildels med andre helninger; sprekker med skarpt avgrensede mm tykke hvite sprekkeinnfyllinger (Fig. 10C) har ofte mer flattliggende orientering i tillegg til hovedretningene. Sprekker uten omdannelser (Fig. 10D) grupperer seg i et steiltstående NNE og VNV orientert par hvor Ø-V retningen fra de omdannede soner ikke er representert.

Prøver av omdannet anortositt blir nå undersøkt kjemisk og mineralogisk ved NGU. Disse vil gi informasjon om hva bergarten inneholder mer eksakt og vil si noe om hvilke prosesser som har foregått. Da sprekke/forkastnings-systemene er meget utbredt i hele sør-Rogaland vil kunnskaper om disse strukturene være viktig på sikt.



Figur 4: Skygge/relieffkart av det kartlagte området. Framstilt på basis av Statens Kartverks digitale kartserie M711, 1:50000.



Figur 5: Lineamenter tolket fra flyfoto. Fra Karlsten (1997).



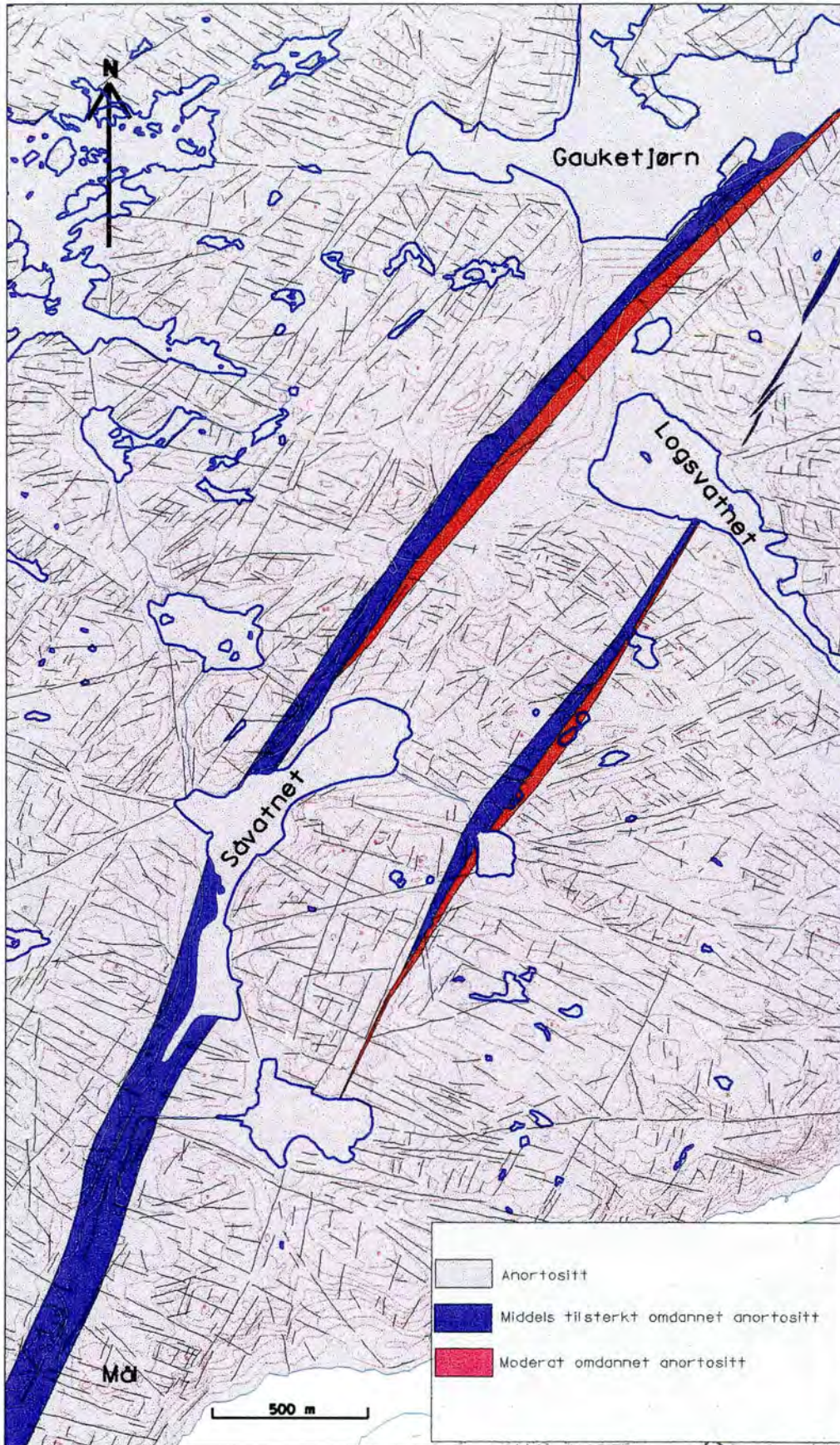
Figur 6: Bilde av Åna-Sira-dalen tatt fra demningen mot sørvest. Dalen er dannet som et resultat av selektiv erosjon langs en forkastning som heller steilt mot nordvest, dvs. mot høyre på bildet.



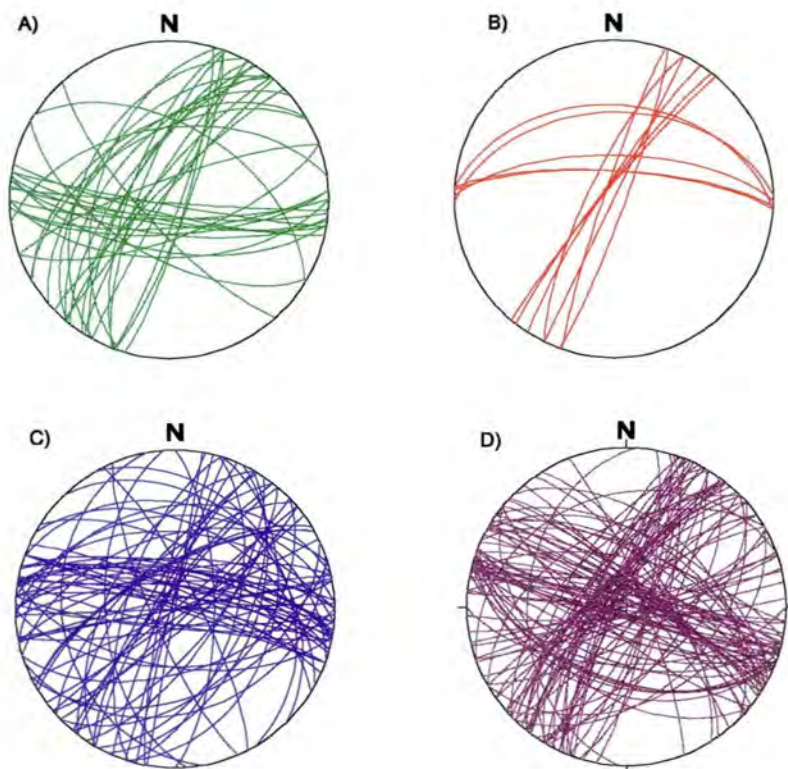
Figur 7: Saussurittisert anortositt gjennomslått av en yngre karbonat-åre (rødbrun farge). Lokalitet: Åna-Sira.



Figur 8: Sekundær lagning med epidot/albitt-lag utviklet i anortositt langs Åna-Sira-forkastningen. Lokalitet: Åna-Sira.



Figur 9: Kartlagte sprekker/forkastninger (svarte streker) i et 3 x 5 km stort område ved Logsvatnet i Åna-Sira-anortositt. Hovedomdanningssoner er også vist.



Figur 10. Stereogrammer som viser orienteringen av sprekkeplaner vist i figur 9. I plottene er sprekkeplaner vist som en projeksjon (se ovenfra) av deres skjæring med en nedre halvkule hvor alle sprekkeplaner går gjennom kulens sentrum. Kompassretningen av sprekkeplaner fremgår der hvor de skjærer sirkelen. Linjene buer i den retning sprekkeplaner heller. Steile sprekkeplaner er mer rette og plotter tettere ved sirkelens sentrum mens flattere helninger plotter tettere langs sirkelens yttergrenser. A: sprekkeplaner i tykke soner av omdannet, hvit (bleached) anortositt. B: sprekkeplaner i tynnere soner av delvis omdannet anortositt (bleaching, epidotisering). C: sprekkeplaner med skarpt avgrensede mm-tykke hvite belegg (inkl. karbonat?) som sprekkeinnfylling. D: sprekkeplaner uten omdannelser.

4. MINERALRESSURSER

4.1 Industrimineraler

Ilmenitt

Ilmenitt (kjemisk formel: FeTiO_3) er et av tre økonomisk viktige mineraler for framstilling av titandioksyd som brukes som hvitt fargepigment i ulike produkter, f. eks. i maling og papir. I Norge tas det i dag ut ilmenitt kun fra Tellnesforekomsten selv om det er en stor reserve igjen også i Storgangenforekomsten (mer enn 60 millioner tonn malm), men brytningsteknisk vanskelig. Tellnesforekomsten regnes i dag som verdens største ilmenittforekomst. Ned til kote - 40 meter under havnivå er forekomsten beregnet til ca. 340 millioner tonn malm med 17,7 % TiO_2 (jfr. Geonytt 19/4, 1992, s.14). Ilmenitt-malmen blir flotert, og det endelige produktet er et ilmenitt-konsentrat som består av 44,5 % TiO_2 . Dette er imidlertid det fattigste titanråstoffet som finnes på markedet (jfr. Geonytt 19/4, 1992, s.14). I de senere år har produksjonen ligget mellom 500 000 tonn og 800 000 tonn konsentrat med en topp på 930 000 tonn i 1989. Framstilling av titandioksyd skjer ved Kronos Titan A/S i Fredrikstad og ved fabrikker utenlands. Tidligere leverte Titania A/S noe av ilmenitt-konsentratet til ilmenitt-smelteverket i Tyssedal for produksjon av titanslagg, men leveransene har nå opphørt. Mye av verdens ilmenitt-produksjon skjer fra sandavsetninger, f. eks. i Australia, ved siden av drift på fastfjellsforekomster som Tellnes. Tellnes er en av to store fastfjellsforekomster i drift.

I framstillingen av titandioksyd pigment blir det benyttet to ulike prosesser: 1) klorid-prosessen, og 2) sulfatprosessen. På grunn av malmens sammensetning må Tellnes-malmen leveres til fabrikker som anvender sulfat-prosessen. Det er forventet en økende etterspørsel av råstoff som går til klorid-prosessen, mens det er forventet en stabil etterspørsel av råstoff til sulfatprosessen (Doan 1996).

Kravene til råstoffets kvalitet økes (Taylor m.fl. 1996) og det synes å bli et tøffere klima i framtiden rent konkurransemessig. Blant annet stilles det strengere krav av miljømessig karakter, først og fremst når det gjelder innhold av radioaktive elementer. Det er også viktig å ha et konsentrat med høyt TiO_2 innhold for å øke produktiviteten og minimalisere avgangen ved pigment-fabrikkene (Doan 1996).

Tellnes-malmen inneholder ikke radioaktive elementer, men har et relativt høyt innhold av Cr and Mg. Det synes som om ilmenitt med lavt Cr-innhold og Mg-innhold vil få en øket etterspørsel både av miljømessige og prosessmessige grunner. Av denne grunn bør man på sikt fremskaffe en total oversikt over opptreden og mineralkjemiske egenskaper av Rogalands ilmenitt-ressurser.

Ilmenitt utgjør den viktigste ressursen i området. Kartlegging og undersøkelse av forekomster har tidligere vært gjort av blant annet Titania A/S, en rekke utenlandske forskergrupper, og til en viss grad av NGU i samarbeid med Titania A/S. Ilmenitten opptrer på to noe ulike måter: 1) i massive eller lagdelte ilmenitt-norittiske intrusjoner i Tellnes og Storgangen, 2) i oppkonsentrerte mm - m tykke lag i lagdelt noritt (eks. Bakka, Mydland). Opptreden av ilmenitt i områdets bergarter er godt dokumentert fra tidligere arbeider. Vårt bidrag i denne sammenhengen har vært å sammenstille eksisterende kartdata og overføre dette til berggrunnskartet. I de lagdelte noritter er det viktig å se på sammenhengen mellom ilmenitt og apatitt, da disse tilsammen utgjør en mulig fremtidig utnyttbar ressurs. Noen av de eksisterende data er derfor sammenstilt grafisk på apatitt-ilmenitt-kartene i figurene 11 og 12.

Apatitt

Apatitt er den viktigste kilde for fosfor til bruk i kunstgjødsel. Årlig importeres det fosfatholdige råstoffer for ca. 250 - 300 millioner kroner til Norge. Ingen forekomster av apatitt er i drift i Norge, da ingen store, rene forekomster er påvist. Imidlertid opptrer apatitt flere steder sammen med andre økonomisk viktige mineraler.

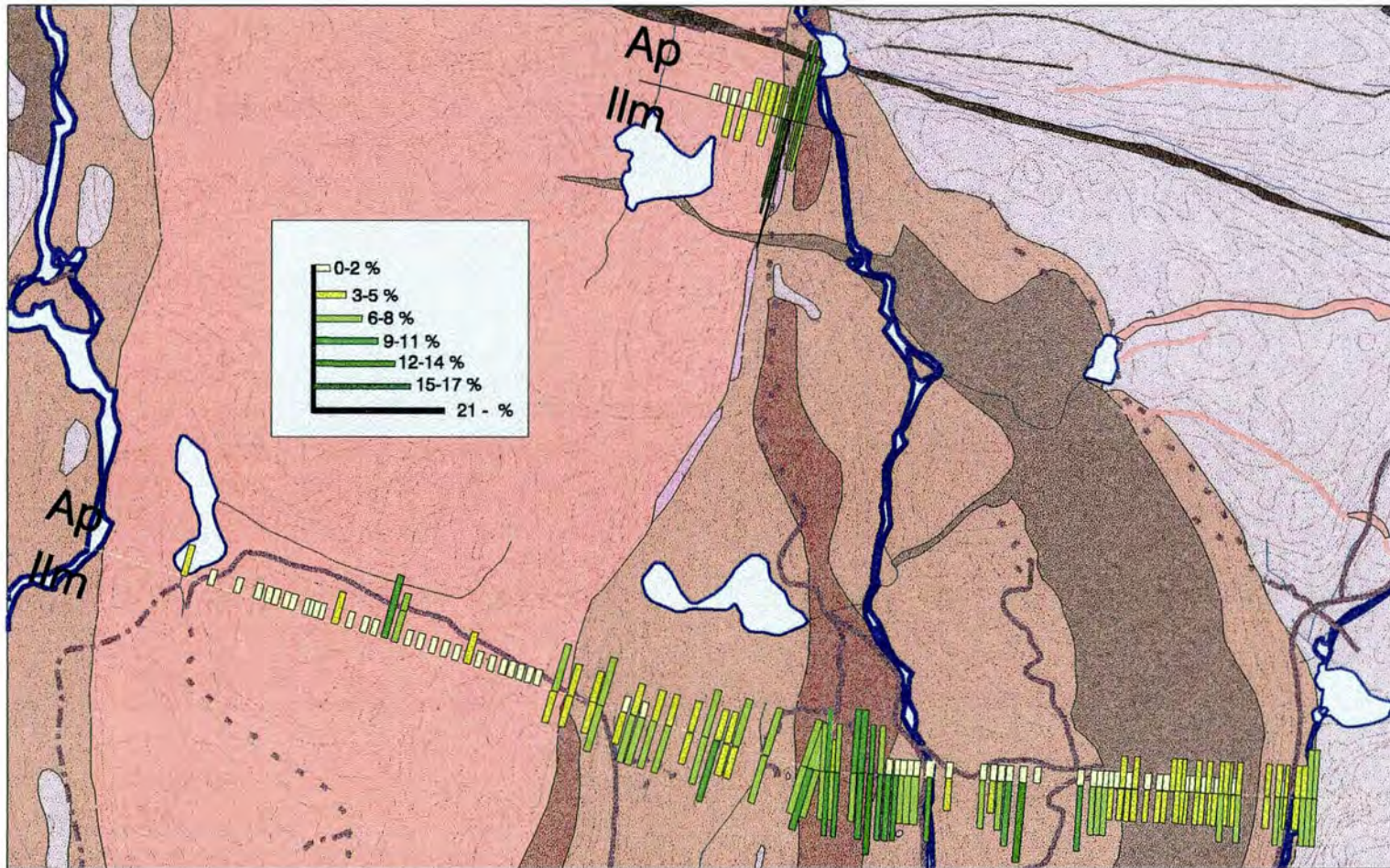
I Kodal-forekomsten i Oslo-feltet opptrer apatitt i en bergart som består av 15-25% apatitt, 25-60% ilmenomagnetitt, 5-15% ilmenitt, sammen med små mengder andre mineraler slik som pyroksen, olivin, biotitt og amfibol (Lindberg 1985). Denne forekomsten ble tidligere undersøkt i detalj og vurdert av Norsk Hydro A/S for eventuell drift. Hovedulempen var det høye innholdet av titan i magnetitten (9 % TiO_2) som gjorde at denne var lite attraktiv på markedet. Innenfor kartets grenser fins flere områder med anrikninger av ilmenitt, titano-magnetitt og apatitt, men i helt andre proporsjoner enn Kodalforekomsten (se nedenfor).

Når det gjelder Tellnes-malmen har denne for lav apatittgehalt til at det svarer seg å ta ut mineralet separat. Oppgitte tall er 0,5 % apatitt og 0,09 % P_2O_5 (det er ikke direkte samsvar mellom disse to tallene, men de viser størrelsesorden). En modalanalyse (punkt-tellinger i mikroskop) av Tellnesmalm viste 3,2 vol-% apatitt i opakfasen (ilmenitt + underordnet magnetitt) som igjen utgjør 31,0 vol-% av det samlede volumet av det undersøkte preparatet (Force 1991, tabell 8 og 9). Det siste viser at apatitten er knyttet til/sitter innesluttet i ilmenitten (og magnetitten) i malmen.

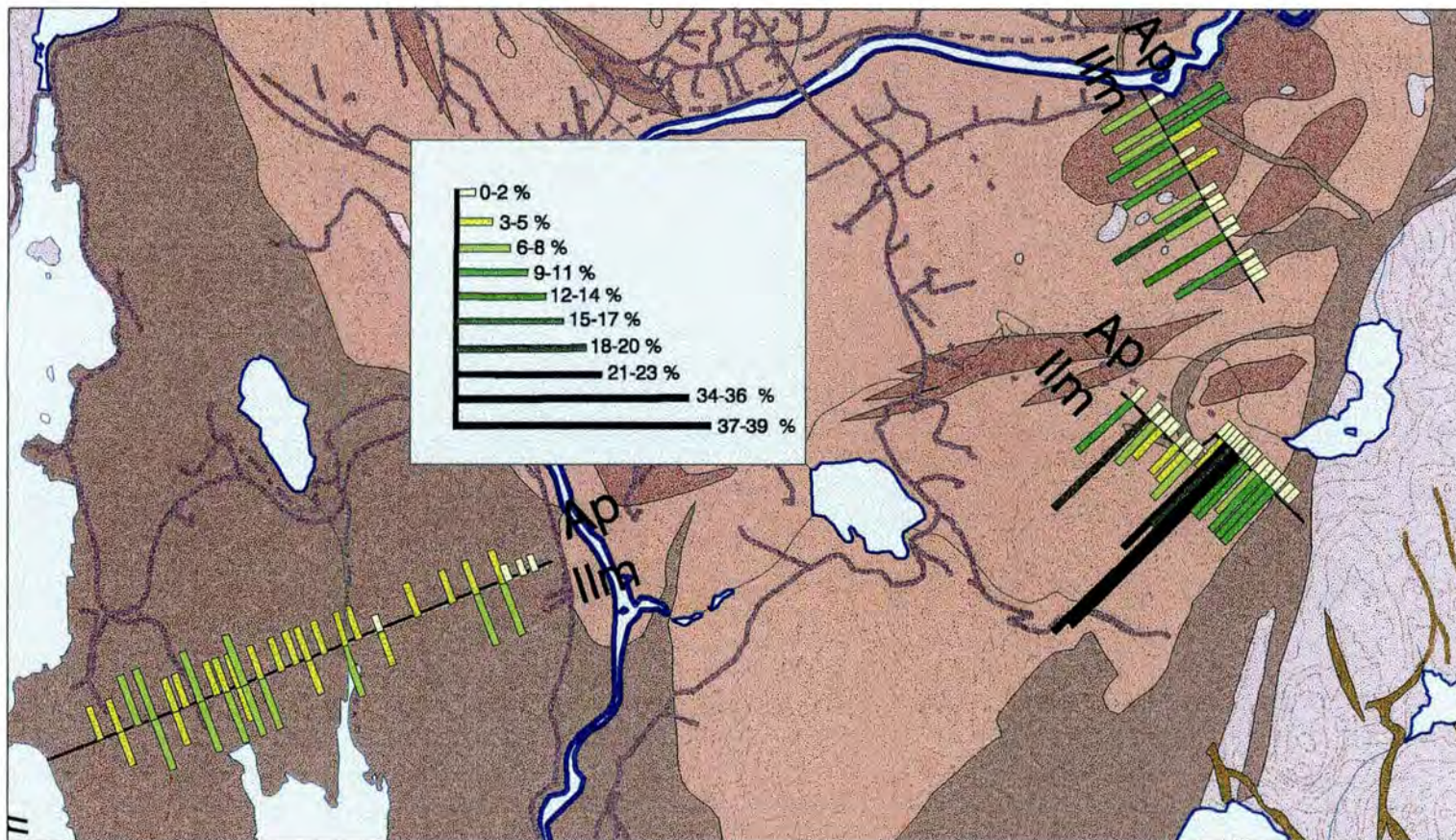
Innenfor det kartlagte området er apatittinnholdet generelt høyest i den stratigrafisk øverste delen av norittfeltene i Sokndalsområdet og på Mydland, dvs. den delen som på det geologiske kartet grenser inn mot mangeritten. Her kan apatittinnholdet lokalt komme opp i over 8 % (tilsvarer ca. 3,5 % P_2O_5). Apatitten opptrer stedvis anrikt sammen med titanholdig magnetitt og ilmenitt og stedvis alene (dvs. bare sammen med silikatmineraler). Apatitten dannes tidlig under krystallasjonen, og opptrer derfor oftest i form av ørsmå korn med velutviklet krystall-form (korte prismer) innesluttet i større korn av ilmenitt og titanomagnetitt. Apatitten kan imidlertid også opptre i små, uregelmessig fordelte, nålformede korn innesluttet i silikat-mineralene. Dette er blant annet tilfelle i den SØ-lige, mangerittiske forlengelsen av Tellnes-forekomsten (Tellnesgangen) hvor apatittgehaltene lokalt har nådd opp i 10 vol-%, og hvor gjennomsnittet i 15 prøver over et 90 meter langt profil er på 5,7 vol-% hvilket er mye for denne bergarten (data fra Mylius 1977, Anlage 2).

Det er tidligere gjort svært detaljerte undersøkelser over sammensetningen (fordelingen av de enkelte mineraler) av alle hovedbergartene innen kartområdet i en rekke tyske doktorgrads-arbeider fra 1970-tallet. Disse arbeidene inkluderer utstrakt anvendelse av modalanalyser (punkttellinger i mikroskop), hvor mineralet i hvert enkelt av til sammen mange hundre tusen eller over en million(?) punkter er bestemt for å få et så godt kjennskap til bergartenes sammensetning som mulig. Dette inkluderer også apatittinnholdet, og det er funnet anrikninger av apatitt først og fremst i noritten, men også i jotunitten samt sporadisk også i mangeritten. Selve Åna-Sira anortositten har et meget lavt apatitt-innhold (gjennomsnittlig godt under 1 %). Det samme gjelder de små norittiske intrusjonene inne i Åna-Sira massivet (Bøstølen intrusjonen og norittpegmatitten rett øst for denne).

Fordi de sterkeste apatitanrikningene i hovedsak faller sammen med anrikninger av ilmenitt og titanomagnetitt bør alle disse mineralene sees under ett i en fremtidig evaluering av malm-potensialet. For apatittens vedkommende er det viktig tidlig å få undersøkt om den holder seg innenfor grensene med hensyn til skadelige (giftige) sporstoffer som kadmium, uran, thorium, osv., da sluttproduktet er kunstgjødsel.



Figur 11: Utdrag av berggrunnskartet med plott av modalt innhold av apatitt og ilmenitt. Utarbeidet fra W. Schotts doktor-avhandling. Søylenes representerer punkt-prøver. Lokalitet: Bakka-området. Tegnforklaring for geologien er gitt på berggrunnskartet.



Figur 12: Utdrag av berggrunnskartet med plott av modalt innhold av apatitt og ilmenitt. Utarbeidet fra W. Schotts doktor-avhandling. Søylene representerer punkt-prøver. Lokalitet: Rekefjord (til venstre) - Hauge. Tegnforklaring for geologien er gitt på berggrunnskartet.

Kvarts

Store mengder kvartsitt (dvs. en bergart som består for det meste av kvarts) brukes av blant annet Elkem ASA for produksjon av ferrosilisium. I 1996 ble det importert ca. 660000 tonn til en verdi av ca. 150 millioner kroner til dette formålet. I Norge tas kvartsitt ut ved Tana i Finnmark, ved Vatnet og Mårnes i Nordland, og ved Kragerø. Hovedkravene til råstoffet er at det inneholder begrensede mengder forurensende mineraler som glimmer og feltspat og et begrenset innhold av Al_2O_3 ($\leq 0.6\%$).

I noen tilfeller har kvarts en ekstremt høy renhet og kan utnyttes som «super-ren kvarts» med langt høyere verdi. Super-ren kvarts produseres i begrensede mengder ved Norwegian Crystallites anlegg på Drag i Tysfjord.

En av de ledende aktørene på super-ren kvarts internasjonalt er bedriften Uni-Min. Dette selskapet er sammen med Franzefoss AS eierne av det norske selskapet North Cape Minerals A/S som blant annet står for produksjonen av feltspat ved Lillesand.

For at kvartsen skal betegnes super-ren måles det svært lite forurensninger i mineralet. For å kunne detektere slike forurensninger kreves det avansert utstyr. NGU har investert i slikt utstyr (HR-LA-ICP-MS) og har for tiden et forskningsprosjekt som går ut på å utvikle metoder for å analysere super-ren kvarts. Prosjektet har også som mål å finne fram til metoder som gjør det lettere å påvise super-ren kvarts i prospekteringen.

Under feltarbeidet i 1997 ble en forekomst av kvarts funnet, som strekker seg nord-syd ca. ½ km øst for gården Gjersdal i Lund kommune. Kvartsen ligger på grensen mellom svakt foliert mangeritt i vest og en planært båndet enhet av lyse granulittfacies-gneiser med tynne bånd av amfibolitt og svakt diskordante granittiske lag. Den inngår som en del av den båndete enheten og strekker seg som en plateformet kropp mellom UTM 5454.6680 og 5442.6810, og heller ca. 80° mot øst. Kvartskroppen kiler tilsynelatende ut i nord (på Heimrefjella) og syd (mot Lundevatnet) og når en maksimal tykkelse på 70 meter omkring bilveien øst for Gjersdal. Lengde er anslått til ca 1.5 km. Kvartsen er deformert sammen med bergartene i den båndete enhet og forekommer som centimeter til meter brede bånd parallelt med enhetens bånding. Kvartsbåndene anslås å utgjøre ca. 2/3 av bergartsvolumet. Enkelte bånd i den midterste del av kroppen er minst 7-10 meter brede med mer grovkornet, foliert kvarts, og disse kan ha et økonomisk potensiale. Utstrekningen av de enkelte kvartsbånd er vanskelig at fastslå, da kroppen følger et myr-drag. Kvartsen representerer kraftig deformert årekvarts, som muligens har blitt deformert under granulitt-facies metamorfose. Farven på kvartsen er mellomgrå. Kvartsen er ikke undersøkt i mikroskop for eventuelle urenheter, men to prøver er for tiden under analyse på NGU.

Forøvrig ligger forekomsten i et hytteområde med 5 nyere hytter. En hytte i den nordlige del ligger i selve forekomsten, mens de siste 4 fire hytter ligger i syd umiddelbart vest for forekomsten.

Anortositt (brun eller grålig til mørk blålig, uomvandlet)

Anortositt er en bergart med mange potensielle anvendelsesområder. Per i dag er den mest anvendt som pukk, men er også benyttet både som naturstein og industrimineral.

Som industrimineral er bergarten interessant blant annet fordi den er monomineralsk. Ved uttak til et slikt formål betyr det at alt av bergarten kan utnyttes og mindre kostnader. Idag benyttes norsk anortositt som ildfast materiale, til keramer, og som råstoff til Al-kjemikalier. Potensialet for utnyttelse til andre formål er stort, blant annet til fyllstoff, skuremiddel, slaggdanner ved produksjon av ferrosilisium, abrasiver, diverse produkter ved syreløsning, diverse produkter ved sinterprosesser, aluminium og silisium metall ved direkte elektrolyse.

I Norge opptrer anortositt i hovedsak i Sogn og sørlige Rogaland. I Sogn er det flere selskaper som benytter anortositt som råmateriale, dels som pukk og dels som industrimineral: A/S Polymer, Borgestad Fabrikker og Gudvangen Stein A/S. Dens utnyttelse avhenger av flere faktorer, blant annet:

- bergartens homogenitet
- bergartens mineralogiske sammensetning
- sammensetning av plagioklas

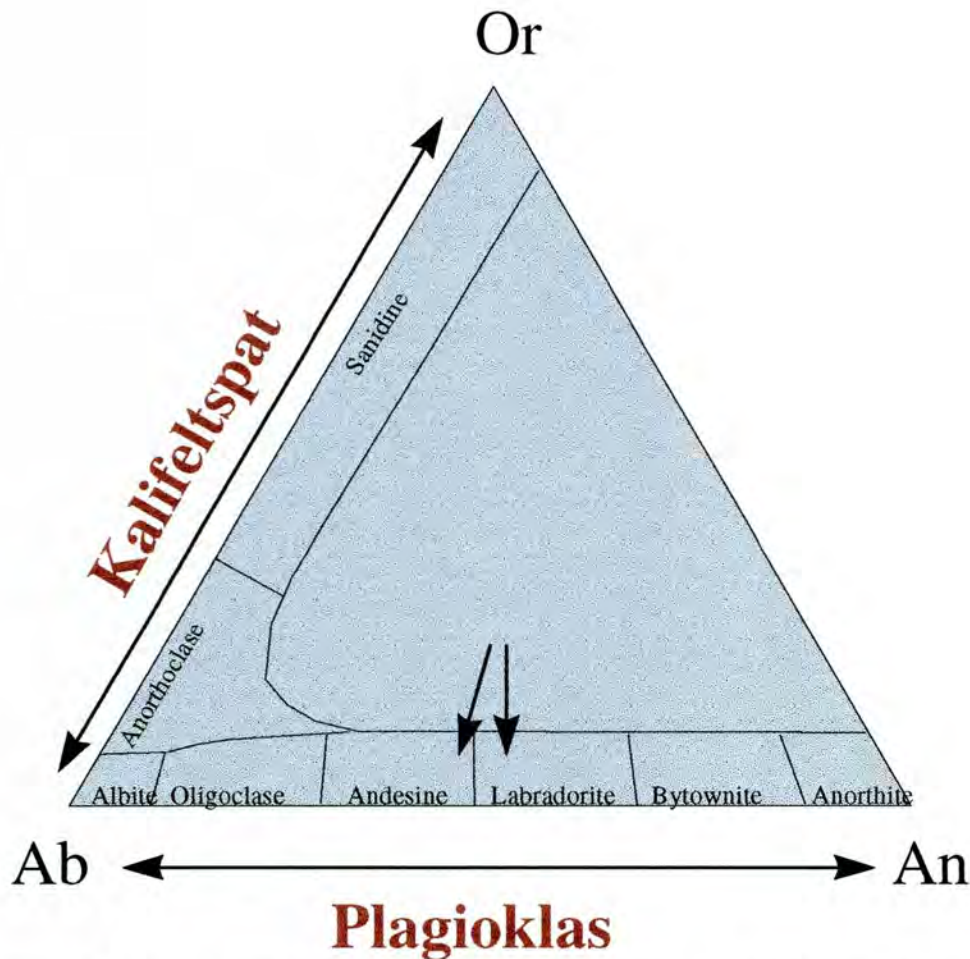
Feltspattypen plagioklas deles inn i undergrupper etter dets innhold av kalsium. Plagioklas som er fattig på kalsium betegnes albitt, mens de som er rike på kalsium betegnes anortitt (Figur 13). Det er også slik at de som er rike på kalsium også er rike på aluminium og visa versa. I det kartlagte området er plagioklasens sammensetning An_{40} - An_{56} . Plagioklasens syreløselighet, som er en funksjon av dets An-innhold, er lav ved en slik sammensetning. Dets innhold av aluminium er også lavt. Dette gjør at områdets anortositter er mindre aktuell som aluminiumkilde, mens flere av de andre anvendelsene kan være aktuelle.

Anortositt (hvit, omvandlet)

Som industrimineral benyttes stoffet blant annet til keramer. En viss mengde av Helviksplitt A/S` produksjon går til dette formålet. Bergarten har også vært benyttet som bestanddel i skuringsmidler.

Forekomster av hvit anortositt kan ha en noe variabel mineralogisk sammensetning, hvilket medfører variable egenskaper.

Rekognoserende kartlegging i Rekefjorden og ved Hellvik viser at den hvite anortositten er knyttet til opptreden av sprekker og forkastninger. Ved Rekefjorden representerer lineamentet *Blåfjellforkastningen* som kan følges flere km, helt inn til Guddalsvatnet. I Hellvik kan den hvite anortositten også følges over lange avstander langs en sprekk/forkastning.



Figur 13: Klassifikasjon av feltspater. Anortositter inneholder per definisjon feltspat av typen plagioklas, det vil si at de kalsiumholdige (An-komponenten) og fri for kalium (Or-komponenten). På grunn av et An-innhold An_0 - An_{56} klassifiseres plagioklasen i anortosittene i det undersøkte området som andesin-labradoritt.

Kaolin

Kaolin er et leirmineral som har sin viktigste anvendelse som fyllstoff til papir og som råstoff til keramisk industri. I Norge finnes det ingen forekomster av kaolin som er i drift. Norge importerer mer enn 200000 tonn hvert år til en verdi av ca. 150 millioner kroner.

I Sokndal kommune er det kjent 4 gamle kaolinforekomster. Disse er lokalisert ved gården Dydland sørøst for Jøssingfjord. Forekomstene er dannet ved nedbrytning av den lokale anortositt bergart for mange millioner år siden. Kaolinet ligger bevart i lommer i fjellgrunnen der materialet ikke ble fjernet under den siste istid.

Forekomstene ved Dydland var i drift en kort periode på begynnelsen av dette århundret og leverte råstoff til Egersunds fajanse industri. Ingen av forekomstene ved Dydland har noen økonomisk interesse i dag.

4.2 Malmer

Molybdenglans

Molybden, som utvinnes fra mineralet molybdenglans (MoS_2), er et viktig legeringsmetall og tilsetningsstoff til spesielle smøremidler.

Rett vest for Gursli ligger molybdengruvene i det såkalte Gursli feltet. Det er 4 områder med skjerp og nedlagte gruver:

- 1) Moi gruver
- 2) Gursli gruver
- 3) Skånlandforekomstene
- 4) Mysseskjerpene

Den mest omfattende gruvedriften foregikk i Gursli gruver hvor det i perioden 1915 - 1919 ble tatt ut 27000 tonn med malm som etter oppredning ga ca. 36000 kg med molybdenglans. Den malmførende sonen er 150 m lang og 8 meter bred og er drevet til en dybde av 340 m (Dahl 1980, Bugge 1963).

Forekomstene har brukbare gehalter, men er for små til å kunne ha noen økonomisk interesse idag.

Nikkelholdig magnetkis

Innenfor kartområdet finnes to små skjerp like ved hverandre (Urdal-forekomsten) drevet på nikkelholdig magnetkis med underordnet kobberkis. Skjerpingen ble foretatt under en høykonjunktur på nikkel i forrige århundre, og mineraliseringen har ingen økonomisk betydning i dag. Ifølge opplysninger på registreringskort over forekomsten ved NGU-Bergarkivet holder magnetkisen her 1,5 % nikkel hvilket isolert sett er en relativt høy og mulig drivverdig nikkelgehalt, men kisen opptrer kun i ubetydelige klumper og striper.

Utenfor kartområdet mot vest og nordvest finnes det mange små sulfidforekomster av samme slaget (f. eks. Myklebust på søre Eigerøya, Grastveit, Halland, Hellvik, Koltjern, Skåre, Stemknuten, Ualand, Forsfjellet og Homsevatn). Den største av disse, Homsevatn, ble drevet som gruve og er videre boret opp i moderne tid (1970-årene).

På verdensbasis er dette en hyperaktuell forekomststype idet en enormt stor nikkel-kobbermalm av samme type og med opptreden i samme slags vertsbearter (anortositter) for noen ganske få år siden ble funnet på Labrador-kysten i nordøst Canada. Forekomsten som går under navnet Voisey Bay har en mektighet (=tykkelse) på over 50 meter med massiv nikkel- og kobberholdig magnetkis. Det har i den anledning derfor også vært litt fokus på Egersundfeltets nikkelforekomster de siste årene, men uten at det er kjent at det har kommet noe positivt ut av dette.

4.3 Naturstein

Den uomvandlete anortositten har et potensiale som naturstein.

Den er særlig aktuell dersom den inneholder labradoriserende feltspat, det vil si feltspat med fargespill. For at feltspaten skal kunne ha et slikt fargespill kreves det at An-innholdet er i området An₄₇-An₅₈ (Heldal & Lund 1995). Som tidligere nevnt har områdets anortositter et An-innhold på An₄₀-An₅₆. Dette passer bra med tanke på fargespill, men resultater fra tidligere undersøkelser av naturstein (Heldal & Lund 1994, 1995) viser at fargespillet bare i enkelte tilfeller er tilstede. Innenfor undersøkelsesområdet resulterte Heldal & Lunds (1994, 1995) arbeid i påvisning av et område ved Garsaknatten hvor feltspaten tildels har fargespill. Dette området er avmerket med «N» på berggrunnskartet. Mer detaljerte undersøkelser er nødvendig for å klarlegge områdets potensiale.

Det planlagte kartet som viser An-innhold i feltspat og hvor kjente lokaliteter med fargespill i feltspaten er plottet, vil være til god hjelp ved videre kartlegging av naturstein.

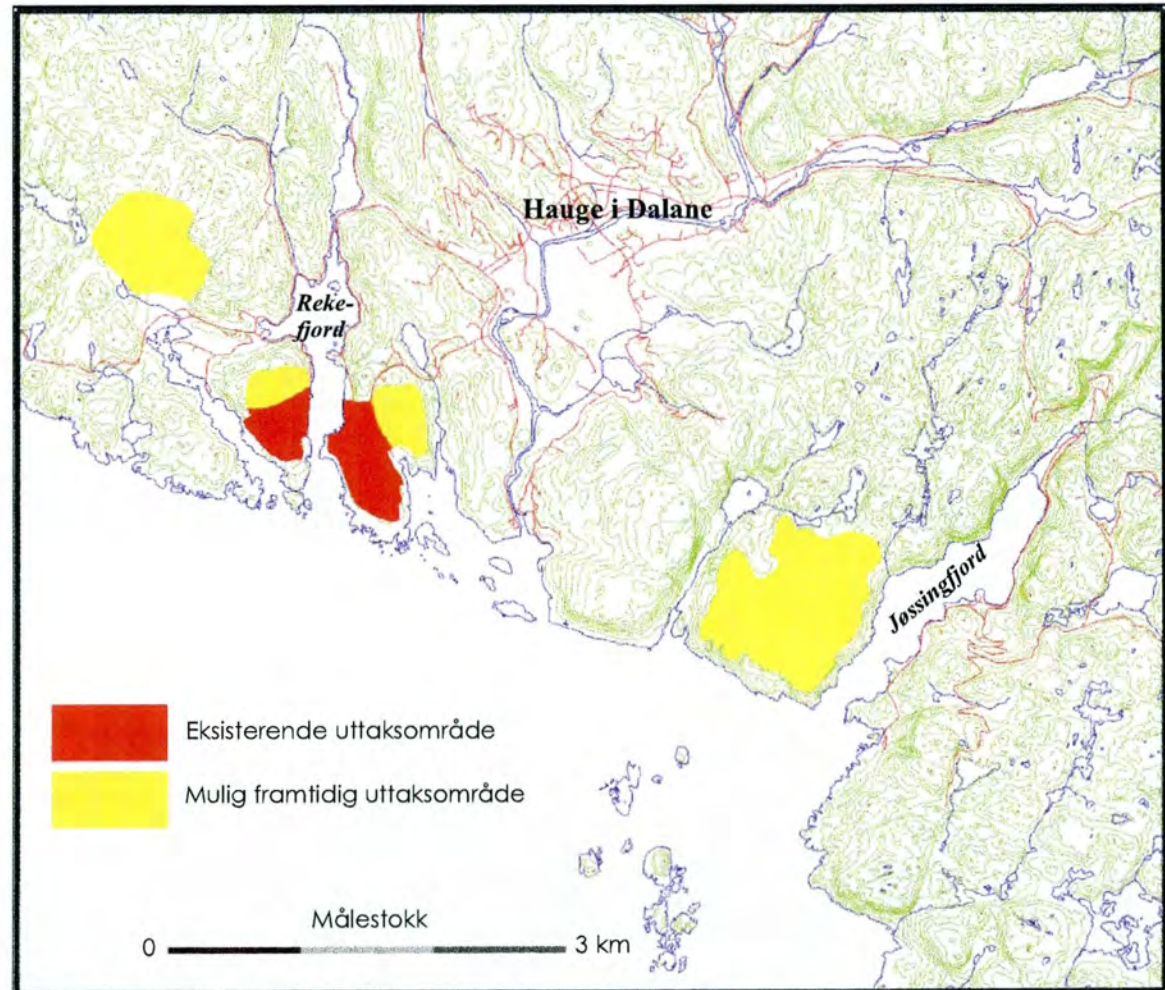
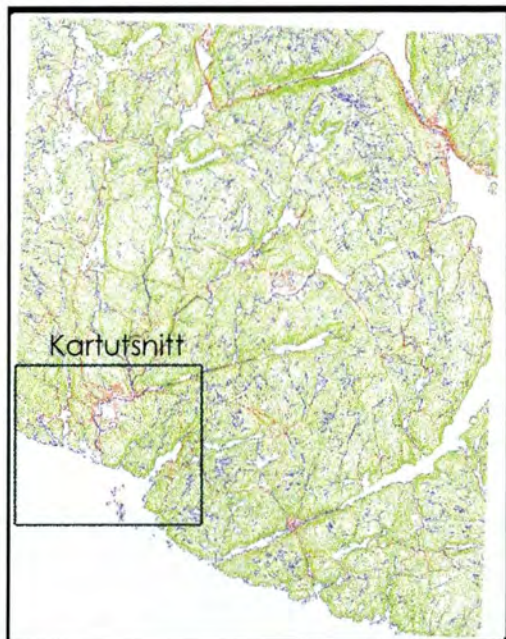
4.4 Pukk

De sørlige deler av Rogaland er hovedsakelig p.g.a. sin beliggenhet i forhold til et voksende marked for byggeråstoff ute i Europa, av stor interesse for eksport. Nye ressursområder vil være avhengig av en gunstig beliggenhet i nærheten av fjorder med gode havnemuligheter. Fjordstein AS driver på to forskjellige bergarter på hver side av Rekefjord. På østsiden drives på en jotunitt (betegnet «noritt» av selskapet). I figur 14 er eksisterende uttaksområde skilt ut fra et tilstøtende område som er ferdigregulert og konsesjonsbehandlet som et mulig framtidig uttaksområde. Tilsvarende er det på vestsiden et ferdigregulert og konsesjons-behandlet område rett ved eksisterende uttaksområde. På denne siden av fjorden opptrer bergarten anortositt. Denne anortositten ligger i tilknytning til en forkastningssone som tilhører Blåfjell-forkastningen. Langs denne forkastningen har bergartene blitt omdannet fra brunlig til hvit anortositt. Et nytt område ca. 1km mot nordvest (Røyfeddalen) er av interesse som framtidig uttak. Området er planlagt nærmere undersøkt blant annet med geologisk kartlegging og prøvetaking for bedømmelse av bergartskvaliten.

Et annet mulig framtidig uttaksområde ligger ytterst i Jøssingfjord. Området består av bergarten anortositt. Et engelske selskap, Tarmac, har drevet omfattende undersøkelser i området.

Figur 14: Foreløpig ressurskart, puk.

Kartblad 1311-4, Sokndal.



5. KONKLUSJONER

Grunnlaget for et videre arbeid mot mineralressurser innenfor området Hauge-Mydland-Berrefjord er lagt da eksisterende geologiske data og data fra egen kartlegging er sammenstilt på et nytt berggrunnsgeologisk kart.

Området er den viktigste ilmenittprovinsen i Norge, og også av betydelig størrelse internasjonalt. Ilmenitt-ressursene er i stor grad kjent gjennom tidligere arbeid. Imidlertid kan og bør det gjøres mer arbeid med å karakterisere forekomster. Tidligere arbeider viser at apatitt opptrer i relativt store mengder i Hauge-Bakke - området og på Mydland. Apatitt kan utgjøre et betydelig biprodukt ved uttak av ilmenitt, og det bør gjøres forsøk for å se hvilke mineralprodukter som kan fremstilles fra råstoffet.

I områdets gneiser i nordøst, nærmere bestemt ved gården Gjersdal i Lund kommune, er det påvist en forekomst av kvarts. Forekomsten har en mektighet på opptil 70 meter. Hvorvidt forekomsten er økonomisk utnyttbar avhenger blant annet av dens mineralogiske sammensetning og kjemi. Innledende undersøkelser gjøres nå ved NGU.

Den bergarten som utgjør det meste av arealet, anortositt, er en potensiell utnyttbar ressurs både som pukk, naturstein og industrimineral. Dens utnyttelse er blant annet avhengig av forekomsters størrelse, homogenitet, strukturgeologiske karakteristika (utbredelse av sprekke/forkastninger), mineralogisk og kjemisk sammensetning. Det finnes en rekke opplysninger fra tidligere arbeider som sier noe bergartens mineralogiske og kjemiske sammensetning. I første omgang bør slike opplysninger sammenstilles og kompletteres.

Vårt arbeid viser at anortositten er omdannet langs sprekker og forkastninger. Den omdannede anortositten er også potensielt utnyttbar, både som pukk og industrimineral. Sprekke/forkastninger er også viktig å ha en oversikt over ved eventuelle tunnelutbygginger på grunn av stabilitetsforhold. Strukturene kan også skjule grunnvannsreservoarer.

6. VIDERE ARBEIDER

Det videre arbeid vil dreie seg om følgende:

1. Videre sammenstilling av eksisterende data, blant annet rettet mot apatitt-ilmenitt ressurser og An-innhold i anortosittenes plagioklas
2. Foreta kjemiske og mineralogiske analyser av innsamlede prøver
3. Bedre kunnskapen om utviklingen av - og sammensetning av, områdets sprekke/forkastnings-strukturer
4. Gjøre oppfølgende undersøkelser av kvarts og apatitt-ilmenitt i felt
5. Grovkartlegge dårlig kartlagte, men interessante enheter nord-øst for det undersøkte området

Det endelige mål er å få en bedre kontroll på områdets ressurspotensiale. Som en del av dette målet inngår planer om å produsere et kartblad Sokndal i skalaen 1:50000.

På lengre sikt når det gjelder Rogaland som helhet vil det være av stor viktighet å ha godt kartmateriale tilgjengelig for videre arbeid i ressursammenheng. Ettersom mye data eksisterer bør en sammenstilling av de opplysninger som er interessante i en kartmessig/ressursmessig sammenheng først gjøres. Det videre arbeid vil tildels kunne planlegges på grunnlag av resultatene av en slik kartlegging. Men allerede nå vet vi at området har et potensiale når det gjelder ilmenitt / magnetitt / apatitt, uomvandlet og omvandlet anortositt. I tillegg vet vi at området er rik på pukkrressurser og har potensiale for naturstein.

7. REFERANSER OG OVERSIKT OVER RELEVANT LITTERATUR

- Bingen, B. & van Breemen, O., 1998: Tectonic regimes and terrane boundaries in the high-grade Sveconorwegian belt of SW Norway, inferred from U–Pb zircon geochronology and geochemical signature of augen gneiss suites. *Journal of the Geological Society London*, 155, 143–154.
- Bingen, B., Demaiffe, D. & van Breemen, O., 1997: Age, geochemistry and Sr, Nd isotopic data of the Egersund dyke swarm, SW Norway; time of opening of Iapetus along the Baltica Margin. *Terra Nova 9 Abstract Supplement 1*, 166.
- Bingen, B., Demaiffe, D. & van Breemen, O., in press.: The 616 Ma old Egersund basaltic dike swarm, SW Norway, and late Neoproterozoic opening of Iapetus ocean. In: Demaiffe, D., 1996: Petrology and Geochemistry of magmatic suites of rocks in the continental and oceanic crusts. A volume dedicated to Professor Jean Michot. Université Libre de Bruxelles. Royal Museum for Central Africa (Tervuren).
- Bingen, B., 1989: Geochemistry of Sveconorwegian augen-gneisses from SW Norway at the amphibolite-granulite facies transition. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 69, 177 - 189.
- Buer, K.Y., 1982: *Bruddtektoniske studier omkring gruvefeltene Dalen-Kjørholt (Brevik) og Titania (Tellnes). I: Sammenheng sprekker/spenning i berg.* Hovedfagsoppgave, Universitet i Oslo.
- Buer, K.Y., 1985: *Bruddtektoniske studier omkring gruvefeltene Dalen-Kjørholt (Brevik) og Titania (Tellnes). I: Sammenheng sprekker/spenning i berg.* *Bergverkenes Landssammenslutnings Industrigruppe, Teknisk Rapport nr. 60*, 67-185.
- Bugge, A., 1963: Norges molybdenforekomster. *NGU nr. 217*.
- Carlson, A., 1945: Malmforekomster og Geologi i Sokndal-Egersundområdet. Upublisert rapport, 78 pp. Titania A/S.
- Dahl, J.M., 1980: Gruver og skjerp i Rogaland. *Stavanger turistforening, årbok 1980*.
- Demaiffe, D. & Michot, J., 1985: Isotope geochronology of the Proterozoic crustal segment of Southern Norway: A review. in: *The deep Proterozoic crust in the North Atlantic Provinces. AC Tobi and J.L.R. Touret (eds.). D. Reidel, NATO ASI series, 158: 411-433.*
- Demaiffe, D., Weis, D., Michot, J. and Duchesne, J.C., 1986: Isotopic constraints on the genesis of the Rogaland anorthositic suite (Southwest Norway). *Chem. Geol.*, 57: 167-179.
- Demaiffe, D., 1996: *Petrology and Geochemistry of magmatic suites of rocks in the continental and oceanic crusts. A volume dedicated to Professor Jean Michot.* Université Libre de Bruxelles. Royal Museum for Central Africa (Tervuren).
- Doan, P.H., 1996: Upgraded slag (UGS): implications for TiO₂ feedstock supply. I: *12th Industrial Minerals International Congress. Chicago 1996. Industrial Minerals.*
- Dormann, P., 1993: Titanium minerals, Market research of Norwegian deposits. *Dr. Ing.-thesis, the Norwegian Institute of Technology, Department of Geology and Mineral Resources Engineering, Trondheim.*
- Duchesne, J.-C., 1970: Microtextures of Fe-Ti oxide minerals in the South-Rogaland anorthositic complex (Norway). *Ann. Soc. Géol. Belgique*, 93: 527-544.
- Duchesne, J.-C., 1972: Iron-titanium oxide minerals in the Bjerkreim-Sokndal Massif, south-western Norway. *J. Petrol.*, 13: 57-81.
- Duchesne, J.-C., in press: Fe-Ti deposits in Rogaland anorthosites (South Norway): geochemical characteristics and problems of interpretation. in: *Agricola Volume, John Wiley.*
- Duchesne, J.-C., Maquil, R. & Demaiffe, D., 1985: The Rogaland anorthosites: Facts and speculations. in: *The deep Proterozoic crust in the North Atlantic Provinces. A.C. Tobi and J.L.R. Touret (eds.), D. Reidel, NATO ASI series 158: 449-476.*
- Duchesne, J.-C. & Michot, J., 1987: The Rogaland intrusive masses: Introduction. in: *The geology of southernmost Norway. C. Maijer and P. Padget (eds.). Norges geologiske undersøkelse Spec. Pub. 1: 48.*
- Duchesne, J.-C., Denoix, B. & Hertogen J., 1987: The norite-mangerite relationships in the Bjerkreim-Sokndal layered lopolith (Southwest Norway). *Lithos*, 20: 1-17.
- Falkum, T., 1982: Geologisk kart over Norge - Berggrunnskart Mandal 1:250 000. NGU.
- Force, E.R., 1991: Geology of Titanium-Mineral Deposits. *The Geological Society of America Special Paper 259.*

- Gierth, E. & Krause, H., 1973: Die ilmenitlagerstätte Tellnes (Süd-Norwegen). *Norsk geologisk tidsskrift*, 53: 359-402.
- Hagen, R., 1992: Titania - 90 år med ilmenitt. *Geonytt* 4, s. 12-14.
- Heldal, T., & Lund, B., 1994: Natursteinspotensialet i Rogaland anortosittkompleks. *NGU-rapport 94.029*. 73 sider.
- Heldal, T. & Lund, B., 1995: A regional study of the dimension-stone potential in labradorite-bearing anorthositic rocks in the Rogaland Igneous Complex. *NGU bull.* 427.
- Hubaux, A., 1960: Les gisements de fer titané de la région d'Egersund, Norvège. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, 94: 926-992.
- Jonsson, S., 1982: Bergverksdrift i Sokndal. I: *Ilmenitten*, julenummer. Titania A/S.
- Jonsson, S., Feyling, C.E. & Jacobsen, A., 1987: *Sokndal gjennom 150 år - med tilbakeblikk på tidligere tider*. Sokndal kommune.
- Karlsen, T.A.; Schiellerup, H.; McEnroe, S.; Nilsson, L.P.; Korneliussen, A., 1996: Current research on ilmenite in the Egersund Province. *NGU-rapport nr. 96.059*. 40 s. (NGU/Titania A/S).
- Karlsen, T.A., 1997: Geometry of fracture zones and their influence on the ore quality at the Tellnes ilmenite mine, Rogaland. *NGU rapport no. 97.031*. (NGU/Titania A/S).
- Karpuz, M.R., 1993: *Use of spot-XM satellite data for environmental and structural geological applications: Tellnes Mining Area, Rogaland District, Southwestern Norway*. Collaborate Research Project Report (Structural Research Group Report No. 9). University of Bergen, Geological Institute, Geological Survey of Norway, Titania A/S.
- Knorn, H., 1975: *Die Verbandsverhältnisse und ihre Beziehungen zu den Ilmenit-vererzungen im südlichen Zentralteil des Åna-Sira Massivs*. Unpubl. PhD-thesis, T.U. Clausthal.
- Knorn, H. & Krause, H., 1977: Die Verbandsverhältnisse südlich von Tellnes im Zentralteil des Åna-Sira-Massivs (Südnorwegen). *Norsk geologisk tidsskrift*, 57: 85-95.
- Kolderup, C.F., 1896: Die labradorfelse des westlichen Norwegens I: Das labradorfelsesgebiet bei Ekersund und Soggendal. *Bergen Mus. Årbok 1896, part V: 224 pp.*
- Korneliussen, A. & Robins, B., 1985: Titaniferous magnetite, ilmenite & rutile deposits in Norway. *NGU bulletin 402*.
- Krause, H. & Zeino-Mahmalat, R., 1970: Untersuchungen an erz und nebengestein der grube Blåfjell in SW-Norwegen. *Norsk geologisk tidsskrift*, 50: 45-88.
- Krause, H. & Pape, H., 1975: Mikroskopische untersuchungen der mineralvergesellschaftung in erz und nebengestein der ilmenitlagerstätte Storgangen (Sü d-Norwegen). *Norsk geologisk tidsskrift*, 55: 387-422.
- Krause, H. & Pedall, G., 1980: Fe-Ti-mineralizations in the Åna-Sira anorthosite, southern Norway. *Geol. Surv. Finland Bull.*, 307: 56-83.
- 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. *In: Korneliussen, A. & Robins, B. (eds.): Titaniferous magnetite, ilmenite and rutile deposits in Norway. Norges geologiske undersøkelse Bull.*, 402: 25-37.
- Kullerud, K., 1996: MgO-innhold i ilmenitt fra Tellnesforekomsten - oppfølging av tidligere arbeider - avsluttende rapport. Institutt for Biologi og Geologi, Universitet i Tromsø, N-9037 Tromsø. Upublisert rapport til Titania A/S.
- Kullerud, K. & Bjørlykke, K., 1993: MgO-innhold i ilmenitt fra Tellnesforekomsten. Upublisert rapport til Titania A/S.
- Larsen, R., 1996: Distribution of Fe-Ti oxide minerals in the Ørslund, Bakka-Krune and Einebakka area of the Bjerkreim-Sokndal layered norite, Rogaland. *NGU-rapport nr. 96.130*. 9 s. (NGU/Titania A/S).
- Lindberg, 1985: Fe-Ti-P mineralizations in the Larvikite-Lardalite Complex, Oslo Rift. *In: Korneliussen, A. & Robins, B. (red.): Titaniferous magnetite, ilmenite and rutile deposits in Norway. Norges geologiske undersøkelse Bulletin 402*, 93-98.
- Maijer, C. & Padget, P., 1987: The geology of southernmost Norway - an excursion guide. *NGU Special publication nr. 1*.
- Mauring, E. & Gellein, J., 1995: Gravimetriske målinger over Tellnes ilmenitt-forekomst, Sokndal kommune, Rogaland. *NGU-rapport nr. 95.144*.

- McEnroe, S., 1996: Rock-magnetic properties, oxide mineralogy, and mineral chemistry in relation to interpretation of the aeromagnetic map and the search for ilmenite reserves. *NGU-rapport nr. 96.060*. (NGU/Titania A/S).
- Menuge, J.F., 1988: The petrogenesis of massif anorthosites: a Nd and Sr isotopic investigation of the Proterozoic of Rogaland/Vest Agder, SW Norway. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 98: 363-373.
- Michot, J., 1961: The anorthositic complex of Håland-Helleren. *Norsk geologisk tidsskrift*, 41: 157- 170.
- Michot, P., 1939: Les gisement d'ilmènite dans la région d'Egersund et Bjerkreim. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, 63: 80-83.
- Michot, P., 1956: Les gisement des minerais noir de la région d'Egersund. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, 79: 183-202.
- Michot, P., 1960: La geologie de la catazone: Le probleme des anorthosites, la palingenese basique et la tectonique catazonale dans le Rogaland meridional (Norvege meridionale). *Norges geologiske undersøkelse*, 212 g: 54 pp.
- Mylius, H.G., 1977: *Lagerstattenkundliche Untersuchungen in der Sudliche Vortsetzung der der Ilmenitlagerstätte Tellnes (Sudnorge)*. Upublisert Diplom-oppgave, Tekniske universitet, Clausthal, 106 sider.
- Nielsen, F.M. & Wilson, J.R., 1991: Crystallization processes in the Bjerkreim-Sokndal layered intrusion, south Norway: evidence from the boundary between two macrocyclic units. *Contrib. Mineral. Petrol.* 107: 403 - 414.
- Nielsen, F.M., 1992: *Magmakammerprosesser belyst med udgangspunkt i Bjerkreim-Sokndal intrusionen, Rogaland, Sydnorge*. Ph.D. thesis, Aarhus University.
- Nielsen, F.M., Campbell, I.H., McCulloch, M. & Wilson, J.R., 1996: A strontium isotopic investigation of the Bjerkreim-Sokndal layered intrusion, Southwest Norway. *J. Petrol.*, 37: 171-193.
- Nilsson, L.P. & Staw, J., 1996: XRF-feltmålinger (TiO₂-Fe_{total}) og magnetisk susceptibilitets-målinger på Fe-Ti-oksyd-mineraliseringer i den sydlige delen av Bjerkreim-Sokndal - intrusjonen, Sokndal kommune, Rogaland. *NGU-rapport 96.048*. (NGU/Titania A/S).
- Nilsson, L.P. & Staw, J., 1997: Magnetiske bakkemålinger, petrofysiske lab. målinger samt X-Met (XRF) målinger på Mydland og i Bakkaområdet, Bjerkreim-Sokndal intrusjonen, Sokndal kommune, Rogaland. *NGU-rapport nr. 96.160*. (NGU/Titania A/S).
- Olerud, S., 1995: Norges mineralressurser - produksjon og potensiale. *NGU rapport nr. 95.164*.
- Paludan, J., 1995: *Structural evolution of the Bjerkreim-Sokndal layered intrusion, SW Norway: Micro to macro scale studies*. Ph.D. thesis, Aarhus University.
- Paludan, J., Hansen, U.B. & Olesen, NØ., 1994: Structural evolution of the Precambrian Bjerkreim-Sokndal intrusion, South Norway. *Norsk geologisk tidsskrift*, 74: 185-198.
- Pasteels, P. & Michot, J., 1975: Geochronologic investigation of the metamorphic terrain of southwestern Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift, Volume 55, No. 2*.
- Roelandts, I. & Duchesne, J.C., 1979: Rare-earth elements in apatite from layered norites and iron-titanium oxide ore-bodies related to anorthosites (Rogaland, S.W. Norway). *in: Origin and distribution of the elements (L.H. Ahrens ed.)*, Pergamon Press: 199-212.
- Rolfesen, R., 1994: Hovedelementanalyse av mineralene i Tellnes-malmen. Upublisert rapport, Titania A/S.
- Rønning, S., 1995: Helikoptermålinger over kartblad 1311-IV Sokndal. *NGU-rapport nr. 95.120*. (NGU/Titania A/S).
- Schiellerup, H., 1996: Fe-Ti mines and prospects in the Egersund area of the South Rogaland Igneous Province. Field report 1995. *NGU rapport 96.051*. (NGU/Titania A/S).
- Schiellerup, H., 1996: Further observations on Fe-Ti mines and prospects in the South Rogaland igneous province. Field report, 1996. *NGU rapport nr. 96.159*. (NGU/Titania A/S).
- Schott, W., 1984: Lagerstättenkundliche Untersuchung im südlichen Teil des Lopolithen von Bjerkreim-Sokndal (Sud-Norwegen). Upublisert Doktor-avhandling, TU Clausthal, 1 - 104.
- Schärer, U., Wilmart, E. & Duchesne, J. C., 1996: The short duration and anorogenic character of anorthosite magmatism: U-Pb dating of the Rogaland complex, Norway. *Earth and Planetary Science Letters* 139, 335 - 350.
- Sundvoll, B., 1987: The age of the Egersund dyke-swarm SW Norway: Some tectonic implications. *Terra Cognita* 7, 2 - 3.

- Taylor, K.A., Scanlon, T.J., Moore, D.E., Reaveley, B.J., 1996: The critical importance of high quality ilmenite for the TiO₂ pigment industry. *I: 12th Industrial Minerals International Congress, Chicago 1996. Industrial Minerals.*
- Titania A/S, 1992: Titania A/S 90 år, 1902 - 1992. *Ilmenitten*. Titania A/S.
- Verstevee, A., 1975: Isotope geochronology in the high-grade metamorphic precambrian of southwestern Norway. *Norges geologiske undersøkelse*, 318: 1-50.
- Vogt, J.H.L., 1910: Norges jernmalmsforekomster. *Norges geologiske undersøkelse*, 51: 132-138.
- Weiss, D., 1986: Genetic implications of Pb isotopic geochemistry in the Rogaland anorthositic complex (southwest Norway). *Chem. Geol.*, 57: 191-199.
- Wielens, J.B.W., Andriessen, P.A.M., Boelrijk, N.A.I.M., Hebeda, E.H., Priem, H.N.A., Verdurmen, E.A.Th. & Verschure, R.H., 1980: Isotope geochronology in the high-grade metamorphic precambrian of southwest Norway: new data and reinterpretations. *Norges geologiske undersøkelse*, 359: 1-30.
- Wilmart, E., Demaiffe, D. & Duchesne, J.-C., 1989: Geochemical constraints on the genesis of the Tellnes ilmenite deposit, Southwest Norway. *Econ. Geol.*, 84: 1047-1056.
- Zeino-Mahmalat, R., 1972: *Untersuchungen an Plagioklasen aus dem Anorthosit-Komplex von Åna-Sira (Sudnorge)*. Upublisert avhandling, Techn. Univ. Clausthal. 140 sider.



Berggrunnsgeologisk kart over Åna-Sira anorthosittmassiv med omgivelser

Referanse til kartet:
 Karlsten, T.A., Nilsson L.P., Schiellerup, H., Marker, M., & Gautneb, H., 1998: Berggrunnsgeologisk kart over Åna-Sira anorthosittmassiv m. omgivelser. Målestokk 1:25000

Sammenvidt ved NGU av Tor Arne Karlsten og Lars Petter Nilsson på grunnlag av publisert og upublisert materiale fra følgende:

Krause, H., Christensen, T.B., Gierth, E., Pvdal, K.G., Schott, W., 1966: NGU Bull 402, plate 1
 Bolle, C., 1997a: Upubl. Dr.-avhandling, Liège
 Bolle, C., 1996: Petrology & geochemistry of magmatic suites of rocks in the continental and oceanic crusts, D.Dernaffe (ed.)
 Schiellerup, H., 1996: NGU Rapport 98.159
 Schiellerup, H., 1997: Upubl. manuskript-kart
 Schott, W., 1964: Upubl. Dr.-avhandling, Clausthal
 Duacheane, J.-C., Denoloux, B. & Herdogen, J., 1997: Litho 20
 Pvdal, K.G., 1977: Upubl. Dr.-avhandling, Clausthal
 Vander Auwera, J. & Duacheane, J.-C., 1968: Petrology & geochemistry of magmatic suites of rocks in the continental and oceanic crust, D.Dernaffe (ed.)
 Willmat, E. & Duacheane, J.-C.: Upublisert manuskript - kart, manganitt i anorthositt
 Nilsson, P. M., 1996: Upubl. Dr.-avhandling, Aarhus
 Larsen, R., 1996: NGU-rapport nr. 96.130
 Michot, P., 1992: NGU 212g
 Michot, J., 1991: Nor. Geol. Tidsskr. 41
 Nilsson, L.P. & Stew, J., 1996: NGU-rapportene 96.046 og 96.160
 Marker, M.: Upubl. manuskript-kart 1997
 Karlsten, T.A., 1997: NGU-rapport 97.051
 Karlsten, T.A., 1997: Upubl. manuskript-kart
 Gautneb, H., 1997: Upubl. manuskript-kart

Aldersdatertinger:
 1) 1051 ± 2-4 millioner år (U-Pb, zircon)
 2) 931 ± 5 millioner år (U-Pb, zircon)
 3) 932 ± 3 millioner år (U-Pb, zircon)
 4) 950 ± 3 millioner år (U-Pb, zircon)
 5) 916 ± 3 millioner år (U-Pb, baddeleyitt)

Referanser:
 1) Blignon, B. & van Breemen, D., 1996: Journ. Geol. Soc. London, 153, 143-154
 2-4) Schärer, U., Willmat, E. & Duacheane, J.-C., 1996: Earth Plan. Sci. Letters 139, 325-330
 5) Blignon, B., Dernaffe, D., & van Breemen, D.: in prep.

TEGNFORKLARING	
[Symbol]	Diabas
[Symbol]	Jotunitt og relaterte bergarter
[Symbol]	Mangeritt, kvartsmangeritt
[Symbol]	Mangeritt med innsler av gneis
[Symbol]	Mangeritt/noritit overgangssone, oksydrike ultramafiske kumulater
[Symbol]	Noritit/gabbronoritit/melanoritit/pyroksenit, mod. til ekstremt modalt lagdelt, m. oksydrike soner
[Symbol]	Leuconoritit / noritit / gabbronoritit, homogen - svakt båndet
[Symbol]	Ilmenitt-noritit (malm)
[Symbol]	Ilmenitt-malm
[Symbol]	Noritit, pegmatittisk, lokalt ilmenitrik
[Symbol]	Noritit, udiffuserert
[Symbol]	Noritit, gabbronoritit, leuconoritit, anortositt, homogen til lagdelt, underordnet sterkt lagdelt ilmenitrik pyroksenit (Bæstelsen intrusjonen)
[Symbol]	Anortositt, leuconoritit
[Symbol]	Båndet gneis, dels med granittiske bånd, dels migmatittisk
[Symbol]	Metagranitt, vesentlig rødlig, svakt foliert
[Symbol]	Metagranitt, vesentlig grå, relativt massiv
[Symbol]	Metagranitt, grå, dels porfyrisk, foliert
[Symbol]	Kvarts, kvartsrik bergart
[Symbol]	Forkastning
[Symbol]	Brudzone, udiffuserert (sprekke eller liten forkastning)
[Symbol]	Strek/hull (lagdeling eller foliasjon)
[Symbol]	53 Prøvepunkt for aldersdatering
[Symbol]	Brudd, aktivt
[Symbol]	Ilmenitt (mindre forekomster i Åna-Sira-massivet)
[Symbol]	Ilmenitt, titanomagnetitt, apatitt (Sokndal, Mykland)
[Symbol]	Ilmenitt, magnetitt/titanomagnetitt, (sulfid)
[Symbol]	Magnetit, nikkelførende
[Symbol]	Molybdengangs
[Symbol]	Hydrotermal kvarts
[Symbol]	Kaolin
[Symbol]	Naturstein

