

Rapport nr.: 2004.009		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Geologiske undersøkelser innenfor Rogalandsprogrammet - Statusrapport for 2003				
Forfatter: Mogens Marker		Oppdragsgiver: Rogaland fylkeskommune/NGU		
Fylke: Rogaland		Kommune:		
Kartblad (M=1:250.000) Mandal, Stavanger, Sauda		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 21	Pris: 95 kr.	
Feltarbeid utført: 2003		Rapportdato: 29.01.2004	Prosjektnr.: 006711	Ansvarlig: Peer-Richard Neeb
<p>Sammendrag:</p> <p>I samarbeid med Rogaland fylkeskommune har NGU i 2003 utført geologiske undersøkelser i Rogaland som fjerde år i et 6-årig program.</p> <p>I den vestlige delen av Egersundfeltet opptrer en anortositt med et sterkt, blått fargespill, som har et stort internasjonalt markedspotensiale som naturstein. Kartleggingen har som siktemål å kartlegge alle disse forekomstene innenfor et kjerneområde mellom Hellvik og Oгна. Kartleggingen kan føre til drift på nye forekomster samt bidra til å få til en fornuftig, fremtidsrettet forvaltning av forekomstene. I 2003 ble kartleggingen av anortosittforekomster i området sluttført. Det er utarbeidet forekomstkart, kvalitetskart og ressursforvaltningskart, dvs. kart der forekomster som NGU mener har økonomisk potensiale er avmerket.</p> <p>Undersøkelsene i det nordlige Rogaland er i 2003 mest utført i området fra Jelsa-halvøya i sørvest til Sauda i nordøst. Undersøkelsene langs Saudafjorden har i ressursforstand vært spesielt interessante, idet de har avdekket en 40-50 kilometer bred sone på tvers av fjorden med bergarter av en type, som ut fra erfaringer fra pukk-kartlegging for industrien, kan ha ekstra gode mekaniske egenskaper og være velegnet for framtidig utnyttelse som pukk. Det er påvist en rekke små apatitt-rike forekomster langs Høgsfjorden. Apatitten har den rette kvaliteten for anvendelse i fosfatgjødsel. De kjente apatittforekomstene er små, men tolkningen av deres dannelse indikerer muligheter for å finne større forekomster andre steder i regionen.</p> <p>Undersøkelsene i det sørlige Rogaland har vist at området geologisk sett er oppbygget av gneiser med opprinnelse som magmatiske dyppergarter som veksler med lag av omdannet og oppsmeltet sedimenter. I forbindelse med en av sedimenttypene er det funnet store kvartsforekomster ved Seldal, Bue, Holmafjell og Kringlelia. Undersøkelsene i 2003 var især konsentrert om området sør for Ålgård, hvor det ut fra eksisterende kart var forventet å finne flere kvartsforekomster; men resultatet var negativt. Forekomstene ble i 2003 prøvetatt i et samarbeide med industrien for å undersøke kvaliteten av kvartsen, og om deler kan ha en super-ren kvalitet for bruk til et høyverdi produkt. Analysearbeidet vil være ferdig ca. 1 mai 2004.</p> <p>Samarbeidsprogrammet har i det nordlige Rogaland som spinnoff-effekt igjen i 2003 medført samarbeid med spesielt pukk- og natursteinsindustrien. Dette gjelder undersøkelser av et brudd og nytt uttaksområde til Norsk Stein A/S i Berakvam og undersøkelser av naturstein for A/S Granitt 1893. Undersøkelsene har gitt meget positive resultater.</p>				
Emneord: Rogaland	Berggrunnsgeologi		Regional geologi	
Geologiske råstoffer	Naturstein		pukk	
Kvarts	Ilmenitt		CO <sub>2</sub> -basert prosessering	

## INNHold

<b>Innledning til Rogalandsprogrammet 2003</b> .....	4
<b>Oppsummering</b> .....	5
<b>Naturstein i Rogaland (Tom Heldal)</b> .....	8
<b>Berggrunnsundersøkelser i det nordlige Rogaland med fokus på pukkt og mineraler (Mogens Marker)</b> .....	11
<b>Berggrunnsundersøkelser i det sørlige Rogaland med fokus på kvarts (Mogens Marker)</b> .....	15
<b>Bjerkreim-Sokndal intrusjonen – CO<sub>2</sub>-basert mineralprosessering (Are Korneliussen)</b> .....	17
<b>Samarbeidsprosjekter med stein- og mineralindustrien i Rogaland 2003 ...</b>	18
<b>Geologisk kartlegging av pukkt for NORSK STEIN A/S (Mogens Marker)</b> .....	18
<b>Kartlegging av anortositt for A/S Granitt 1893 (Terje Bjerkgård)</b> .....	19
<b>Super-ren kvarts i Rogaland. Industrikvarts – North Cape Minerals (Peter M. Ihlen)</b> .....	19
<b>NGU-rapporter fra Rogalandsprogrammet 2003</b> .....	20
<b>Internasjonale publikasjoner 2003</b> .....	20
<b>Regnskap for Rogalandsprosjekter 2003</b> .....	21

## INNLEDNING TIL ROGALANDSPROGRAMMET 2003

Rogalandsprogrammet ble startet opp i 2000 som et 6-årig program med delfinansiering fra Rogaland fylkeskommune. Samarbeidsprogrammet har som formål å skaffe ny og bedre kunnskap om de geologiske forholdene i fylket og dermed om de geologiske ressursene. 2003 var prosjektets fjerde år, hvor feltarbeide har vært utført i fylkets sørvestlige og nordøstlige deler (Fig. 1). Undersøkelsene har vært konsentrert om en fortsatt kartlegging og vurdering av natursteinforekomster i den vestlige del av Egersund anortosittprovinsen og kartlegging av gneisområdene i det sørlige og nordøstlige Rogaland med fokus på byggeråstoff og mineralforekomster. De prosjekt som i 2003 har vært støttet av midler fra Rogaland fylkeskommune er følgende:

- 288200 Naturstein i Rogaland (T. Heldal)
- 293400 Pukk- og mineralundersøkelser i Nord-Rogaland (M. Marker)
- 293500 Kvartarsundersøkelser i Sør-Rogaland (M. Marker)
- 293700 Apatitt, ilmenitt og vanadium i Bjerkreim-Sokndal intrusjonen (H. Schiellerup) – aktivitet: CO<sub>2</sub>-basert mineralprosessering (A. Korneliusen)

I tillegg, og som spinoff-effekt av fylkeskommunens støtte til geologiske basisundersøkelser i Rogaland har NGU i 2003 arbeidet med følgende prosjekt i samarbeid med industrien og finansiert av denne:

- 293401 Geologisk kartlegging av pukk for Norsk Stein A/S (M. Marker; avsluttet i 2003)
- 263365 Kartlegging av anortositt for A/S Granitt (T. Bjerkgård)
- 285200 Tellnes (I. Henderson; avsluttet i 2003)
- 302600 Industrikvarts-North Cape Minerals (P.M. Ihlen)

Enkelte prosjekt fra samarbeidsprogrammets tidligere år har vært bearbeidet i 2003, eller har ligget litt i dvale på grunn av oppgavene ovenfor. Disse er nå mer eller mindre ferdige og vil for de fleste bli rapportert i første del av 2004. Prosjektene er:

- 283900 Kartlegging av anortositt for pukk (M. Marker; avsluttes februar 2004)
- 284600 Sammenstilling av digitalt berggrunnskart over Egersundfeltet (M. Marker; avsluttes januar 2004 (rapport nesten klar til utgivelse))
- 282400 Mineralkarakterisering av anortositt (L.P. Nilsson)

En siste gruppe er NGU-prosjekt som støtter undersøkelsesprogrammet i Rogaland, men som ikke er finansiert med støtte fra programmet. Disse prosjektene er:

- 287800 Petrology of Rogaland and Larvik igneous provinces (G. Meyer)
- 286500 GEODE - Ilmenittforekomster i Rogaland (H. Schiellerup; avsluttet i 2003)

I det følgende vil først og fremst prosjekt som har vært feltaktive i 2003 og støttet fra Rogaland fylkeskommune bli omhandlet.

Figur 1 viser de områdene som har vært undersøkt i 2003.

## OPPSUMMERING

Undersøkelsene av natursteinsforekomster i Egersundfeltet ble fortsatt under fylkesprogrammet i 2003. Her opptrer en spesiell variant av anortositt med sterkt, blått fargespill i feltspatkrystallene, som har et stort internasjonalt markedspotensiale som fasadeplater, gulvflis, med mer. Den pågående geologiske kartleggingen i området har hatt som siktemål å kartlegge alle disse forekomstene med et kjerneområde mellom Hellvik og Oгна. I 2003 ble kartleggingen av anortosittforekomster i området mellom Egersund og Oгна slutført. Over store områder er observasjoner av anortositt med fargespill registrert. I tillegg til denne kartleggingen ble det foretatt undersøkelser i Garsaknat-intrusjonen (Sokndal/Lund kommuner), uten at dette førte til funn av særlig stor interesse. Forekomst- og kvalitetskartene mellom Egersund og Oгна er også sammenstilt til ressursforvaltningskart, dvs. kart der de forekomster som NGU mener har økonomisk potensiale er avmerket. Disse kan danne grunnlag for god forvaltning av disse råstoffene i fremtiden, og kartene er levert i digital form til de berørte kommunene for integrering i areaplanene.

Fylkesprogrammets undersøkelser i den nordlige delen av Rogaland fylke omfatter berggrunnsgeologi, strukturgeologi, litogeokjemi og mineralressursgeologi, og har i 2003 især vært utført i den nordøstlige del av fylket, og spesielt i området fra Jelsahalvøya i sørvest til Sauda i nordøst. Undersøkelsene langs Saudafjorden har i ressursforstand vært spesielt interessante, idet de har avdekket en 40-50 kilometer bred sone på tvers av fjorden med bergarter av en type, som ut fra erfaringer fra pukkkartlegging for industrien i regionen, kan ha ekstra gode mekaniske egenskaper som gjør dem særlig velegnet for framtidig utnyttelse som pukk. Dette vil bli undersøkt nærmere ved å analysere innsamlet prøvemateriale og fortsette feltarbeidet i 2004. Eventuell uttak av pukk i dette område vil for øvrig ha fordel av enkel tilgang til sjøtransport. Større kartlegging var i 2003 også utført på Jelsa- og Ropeidhalvøyene sydvest for Sand. Her er bergartene helt andre enn i sonen på tvers av Saudafjorden med mellomkornet granittisk gneis og porfyrisk granodioritt som de viktigste. Sistnevnte dominerer her i det vestlige område og uttas bla. som pukk ved Berakvam. Undersøkelsene utpeker områder med et potensiale for pukk av Berakvam-kvalitet.

Over en strekning på flere titalls kilometer på begge sider av Høgsfjorden og på et par steder langs Jøsenfjorden er det påvist en rekke små apatitt-rike forekomster med opptil 40-80% apatitt. Apatitten, som er fluor-rik, har rette kvaliteten for anvendelse i fosfatgjødsel. Dessuten finnes det indikasjoner på at den har høyt innhold av yttrium og sjeldne jordarter, noe som gir muligheter for at den kan anvendes som råstoff for ekstraksjon av slike «high-tech» metaller. De kjente apatittforekomstene har for små dimensjoner til å være drivverdige, men tolkningen av deres dannelse indikerer at det kan være muligheter for større forekomster andre steder i regionen.

Undersøkelsene i det sørlige Rogaland har vist at området geologisk sett er oppbygget av gneiser med opprinnelse som magmatiske dypbergarter som veksler med lag av omdannet og oppsmeltet sediment. Gneisene er blitt omdannet, deformert og skjøvet sammen under høye trykk- og temperaturforhold (granulittfacies). Mens gneisene av magmatisk opprinnelse lokalt finner anvendelse som pukk, har deler av de omdannede sedimentene et potensial for mer høyverdige geologiske ressurser så som kvarts. Undersøkelsene har i 2003 vært konsentrert i to områder, nemlig området sør for Ålgård og området omkring Lysebotn. Som i 2002 viste kartleggingen meget store

endringer i forhold til det som er vist på de tidligere publiserte geologiske kart i målestokk 1:250 000, Stavanger og Sauda.

Som nevnt tidligere fokuserer prosjektet i det sørlige Rogaland ikke minst på å kartlegge forekomsten av kvarts som finnes knyttet til de kvartsrike diopsid-gneisene. Kvartsen er ganske ren og grovkornet, og forekommer i ganske mektige legemer med en betydelig tonnasje. De viktigste kartlagte kvartsforekomstene finnes ved Seldal, Bue, Holmafjell og Kringlelia. I tillegg er det kartlagt talrike mindre forekomster omkring Faurefjell. Forekomstene ble i 2003 prøvetatt i et samarbeide med industrien for å undersøke kvaliteten av kvartsen, og om deler kan ha en super-ren kvalitet som gjør kvartsen til et høyverdi produkt. Analysearbeidet vil være ferdig ca. 1 mai 2004.

Som spinoff-effekt til samarbeidsprogrammet med Rogaland fylkeskommune har de geologiske undersøkelsene stimulert til et samarbeid med stein- og mineralindustrien i Rogaland, finansiert av denne. I 2002 ble geologien i det eksisterende bruddet og i et potensielt nytt uttaksområde til Norsk Stein A/S i Berakvam nær Jelsa kartlagt, og i begynnelsen av 2003 ble arbeidet rapportert. I 2003 ble det også utført små oppdrag for A/S Granitt 1893 nær Sirevåg for vurdering av forekomster av naturstein. NGU har også samlet inn prøver fra kvartsforekomstene i Rogaland i et oppdrag for North Cape Minerals for å fastslå kvaliteten av kvartsen. Resultatene vil foreligge våren 2004. Samlet sett har samarbeidsprosjektene med industrien gitt meget positive resultater i form av informasjon om lokalisering, kvalitet og mengde av geologiske ressurser, som i framtiden kan bety etablering av nye arbeidsplasser i regionen. Samtidig viser samarbeidet med industrien, hvor viktig det er å dra inn kompetent fagutdannet geologisk ekspertise i slike undersøkelser.

Trondheim den 6. februar 2004

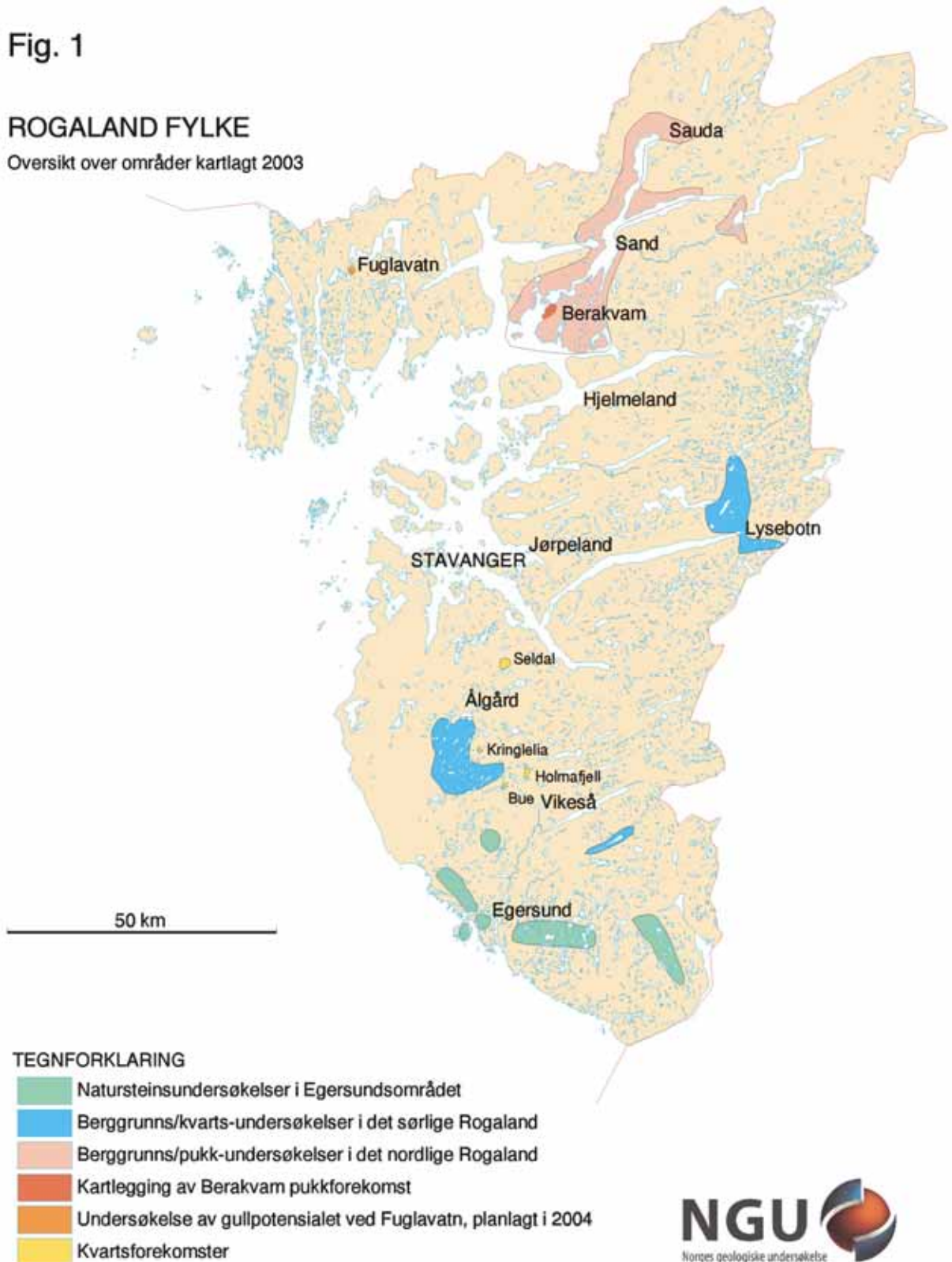
**Mogens Marker**  
Programkoordinator

**Peer-Richard Neeb**  
Programleder

Fig. 1

## ROGALAND FYLKE

Oversikt over områder kartlagt 2003



## NATURSTEIN I ROGALAND

Tom Heldal, prosjekt 288200

Mellom Egersund og Ognå opptrer partier med en spesiell variant av anortositt med sterkt, blått fargespill i feltspatkrystallene. Denne typen har vist seg å ha et stort, internasjonalt markedspotensiale, og benyttes i dag som fasadeplater, gulvflis, med mer. I kjølvannet av regionale undersøkelser i 1992-93 ble det i 1995 startet prøvedrift nær Sirevåg på anortosittblokker. Produksjonen har siden dette økt betydelig, og i dag produseres i overkant av 4000 kubikkmeter blokk pr. år, fordelt på to firma/steinbrudd med ca. 10 ansatte.

Den nå avsluttede geologiske kartleggingen i området har som siktemål å kartlegge alle disse forekomstene innenfor et kjerneområde mellom Hellvik og Ognå. Denne kartleggingen kan både føre til drift på nye forekomster, men ikke minst vil den bidra til å få til en fornuftig, fremtidsrettet forvaltning av forekomstene.

I 2003 ble kartleggingen av anortosittforekomster i området slutført. Over store områder er observasjoner av anortositt med fargespill registrert. Karakteristisk for disse forekomstene er at de er meget uregelmessig i form/struktur, der de opptrer som mindre "kropper" omgitt av uinteressant anortositt (Figur 2). Dermed regner NGU kartleggingen av slike forekomster mellom Egersund og Ognå for slutført, noe som har resultert i et kvalitetskart som vist i Figur 3. I tillegg til denne kartleggingen ble det foretatt undersøkelser/prøvetaking i Garsaknat –intrusjonen (Sokndal/Lund kommuner), uten at dette førte til funn av særlig stor interesse.

Forekomstkartene mellom Egersund og Ognå er også sammenstilt til ressursforvaltnings-kart (Figur 4), dvs. kart der de forekomster som NGU mener har økonomisk potensiale er avmerket. Disse kan danne grunnlag for god forvaltning av disse råstoffene i fremtiden, og kartene er levert i digital form til de berørte kommunene for integrering i areaplanene.

### Prioritering 2004

I 2004 ønsker NGU fortsatt å prioritere noen natursteinsprosjekter i Rogaland. Basert på kunnskap om driftsforhold i steinbruddene som produserer anortositt med fargespill samt tilbakemeldinger fra denne industrien, ser vi det som en viktig oppgave å opparbeide mer detaljkunnskap om kvalitetsvariasjoner innenfor kjerneområdet mellom Hellvik og Ognå. Dette er viktig for å kunne øke forutsigbarheten ved drift på naturstein i disse kompliserte forekomstene, og følgelig av betydning for bedriftenes lønnsomhet på sikt. Vi ønsker derfor å utføre noen detaljstudier av disse forekomstene for å øke forståelsen av slike variasjonsmønstre. Et mindre prosjekt innen dette vil bli utført i 2004.

Databasen over natursteinsforekomster er utilstrekkelig i den nordlige del av fylket. Særlig gjelder dette klebersteinsforekomster. Siden kleberstein er en attraktiv ressurs, og der påviste reserver for fremtidig drift i Norge er ytterst begrenset, mener vi det er viktig å oppdatere kunnskapen om slike forekomster i denne delen av fylket – basert på dagens drift- og markedsperspektiver. Vi vet også

at det finnes flere uregistrerte klebersteinsbrudd fra Middelalderen og tidligere i fylket, og det vil derfor samtidig være aktuelt å registrere disse.

Innen naturstein vil følgelig følgende delprosjekter foreslås:

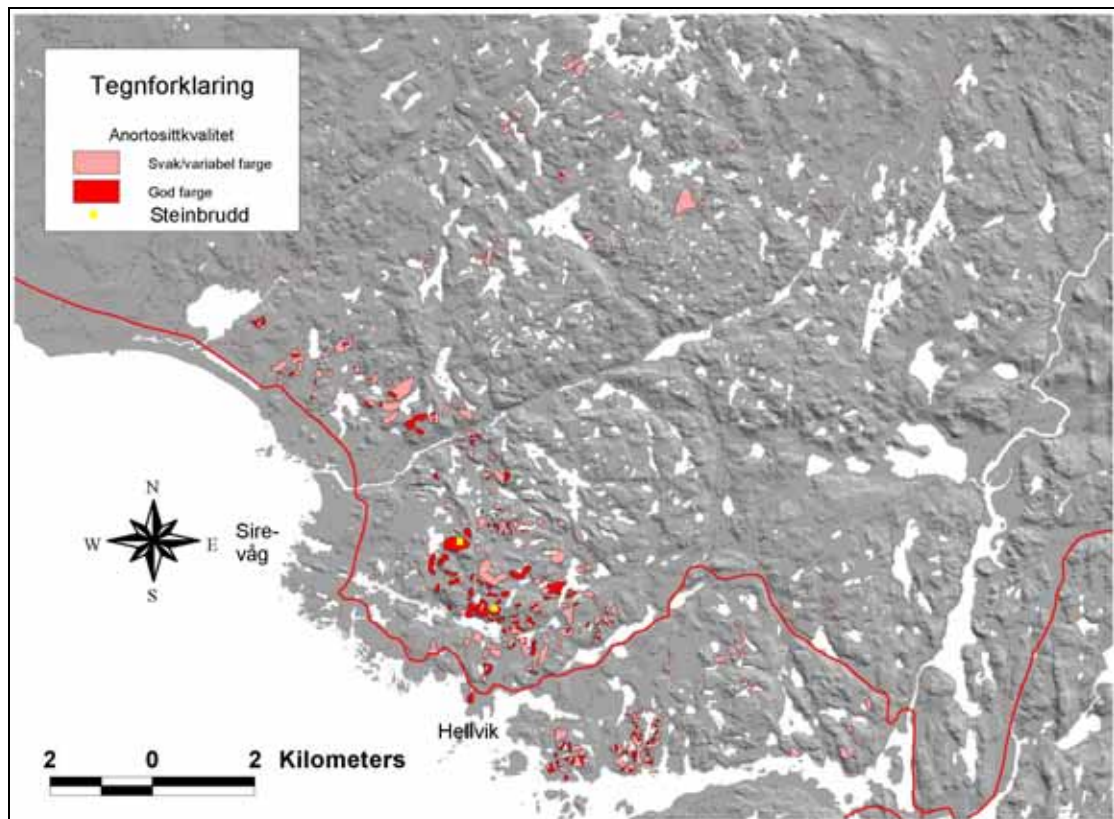
- Detaljundersøkelser i anortositt med fargespill med sikte på å øke forståelsen av kvalitetsvariasjoner i slike forekomster
- Inventering av klebersteinsforekomster i den nordlige del av fylket



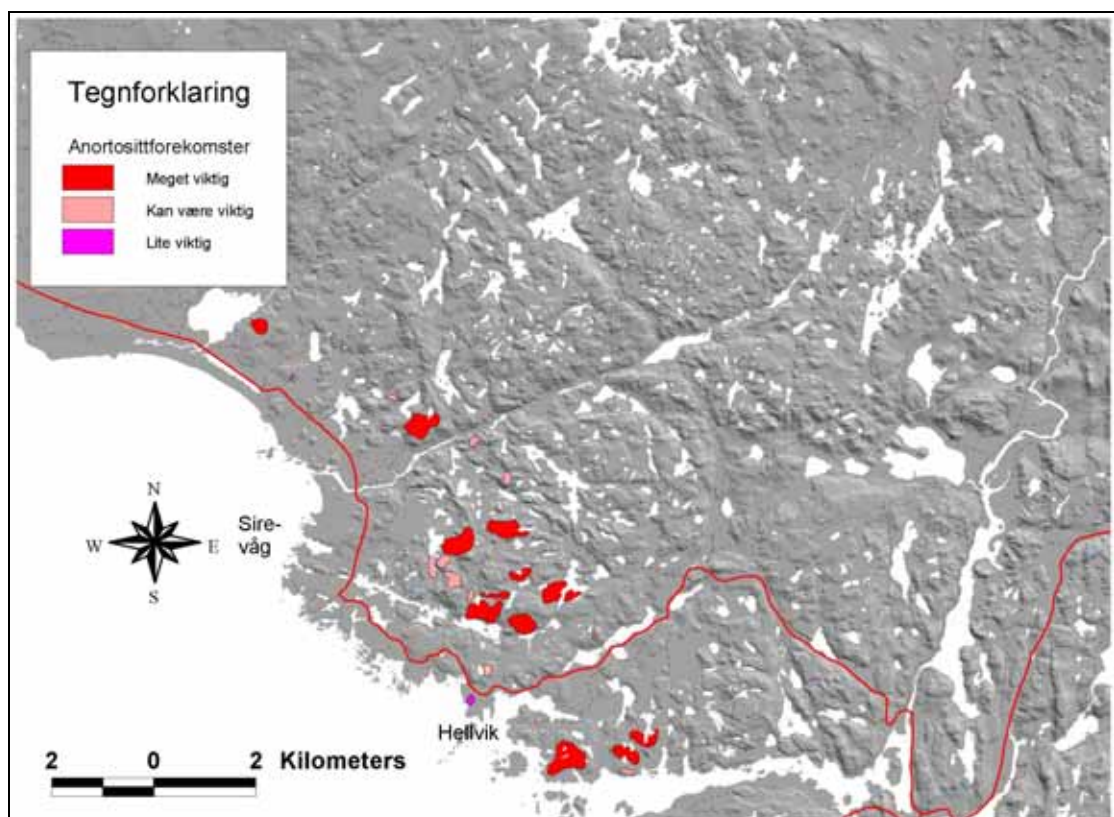
*Figur 2.*

*Forekomst av attraktiv anortositt med fargespill (rød stiptet linje) omringet av uinteressant anortositt.*





Figur 3.  
Oppdatert kart over kvaliteter av anortositt med fargespill mellom Egersund og Ogna.



Figur 4.  
Samme kart som over, men som viser forslag til inndeling i forekomstenheter, basert på kvalitetskartet.

## **BERGGRUNNSUNDERSØKELSER I DET NORDLIGE ROGALAND MED FOKUS PÅ PUKK OG MINERALER**

Mogens Marker, prosjekt 293400

Bakgrunnen for prosjektet er at det geologiske og ressursmessige datagrunnlaget for Rogalands gneisområder er av eldre dato. Geologiske undersøkelsesmetoder og ideer har siden da gjennomgått en rivende utvikling. Hensikten med undersøkelsene i det nordlige Rogaland er å øke den arealmessige dekning av geologiske data og gjennom dette få et bedre og mer moderne datagrunnlag for vurdering av fylkets byggeråstoff- og mineralressurspotensial. Dette gjøres gjennom berggrunnskartlegging og befaring av områder med kjente mineralforekomster slik at datatolkninger og vurderinger etter moderne prinsipper kan foretas.

Undersøkelsene som omfatter berggrunnsgeologi, strukturgeologi, litogeokjemi og mineralressursgeologi, har i 2003 især blitt utført i den nordøstlige del av fylket og spesielt i området fra Jelsahalvøya i sørvest til Sauda i nordøst (se Fig. 1). Mellom Sand og Sauda er undersøkelsene foregått i samarbeide med en forsker og en student fra University of Leicester, UK. Undersøkelsene langs Saudafjorden mellom Sand og Sauda har i ressursforstand vært spesielt interessante, idet de har avdekket en 40-50 kilometer bred sone på tvers av fjorden dominert av finkornete bergarter (Figur 5). Bergartene er av en type, som ut fra erfaringer fra pukk-kartlegging for industrien i regionen, kan ha gode mekaniske egenskaper som gjør dem velegnet for framtidig utnyttelse som pukk. Dette vil bli undersøkt nærmere ved å analysere innsamlet prøvemateriale og fortsette feltarbeidet i 2004. Eventuell uttak av pukk i dette område vil for øvrig ha fordel av enkel tilgang til sjøtransport. Sonens bergarter representerer omdannede lavabergarter og andre typer vulkansk materiale som ble dannet under utviklingen av såkalte vulkanske øybuer for rundt 1500 millioner år siden. Fjellkjededannelse har senere ført til at de vulkanske bergartene ble forgneiset og foldet. Under denne prosessen ble det også dannet store regionale forkastnings- eller mylonittsoner som bla. avgrensner sonen over Saudafjorden fra tilgrensende soner med andre bergartstyper i sørvest og nordøst. Også mylonittene kan være interessante for pukk idet de er temmelig finkornete (Figur 6).

Kartleggingen i 2003 var også konsentrert på Jelsa- og Ropeidhalvøyene sydvest for Sand. Her er bergartene helt andre enn i sonen på tvers av Saudafjorden med mellomkornet granittisk gneis og porfyrisk granodioritt som de viktigste. Sistnevnte dominerer her i det vestlige område og uttas bla. som pukk ved Berakvam. Undersøkelsene utpeker områder med et potensiale for pukk av Berakvam-kvalitet.

Påvisningen av sonen med omdannede vulkanske øybuebergarter og mylonittsonene på tvers av Saudafjorden er ikke bare vitenskapelig interessant. En forståelse av regionens geologiske oppbygging og utvikling vil også gi en antydning om hvilke geologiske ressurser som kan forventes å opptre. Slike vulkanske komplekser er således mange steder i verden kjent for å føre forskjellige typer av mineralressurser, bl.a. gull og andre metaller. Til denne kategori hører sinkforekomstene i Sauda som ble undersøkt i 2000 og gull-mineraliseringene i flere skjerp øst for Fuglavatnet i Tysvær kommune som ble prøvetatt i 2001 (Fig. 7). Fem av seks prøver som ble analysert fra denne forekomsten, inneholdt 1,4 - 4,4 gram gull per tonn malm. Dette er



Figur 5. Finkornet omdannet vulkanitt med antatt potensiale for høy pukkkvalitet.



Figur 6. Mylonittisk omdannet vulkanitt med sterkt utskjært basaltisk gang. Mylonitten antas å ha høy kvalitet for pukk.

økonomisk interessante gullkonsentrasjoner som må undersøkes nærmere, men en planlagt oppfølgende undersøkelse i 2003 måtte avlyses på grunn av sykdom. Derfor vil det bli utført mer detaljert kartlegging og prøvetaking av forekomsten i 2004 for å stadfeste dens utstrekning og gjennomsnittlige gullinnhold. Det vil ikke bli utført noe mer arbeid på Sauda-forekomsten da denne har for små dimensjoner til å være økonomisk interessant under rådende metallpriser.

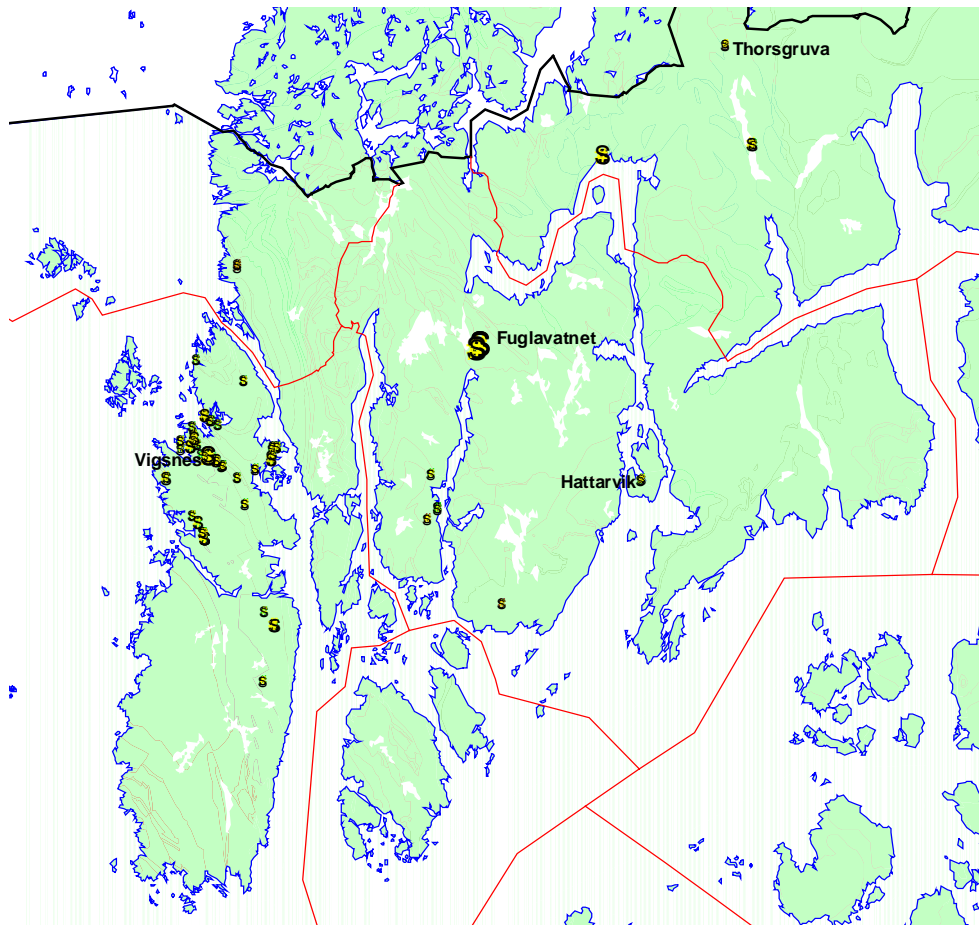
Som nevnt i tidligere rapport, er det påvist en rekke små apatitt-rike forekomster med opptil 40-80% apatitt. Disse opptrer over en strekning på flere titalls kilometer på begge sider av Høgsfjorden og dessuten på et par steder langs Jøsenfjorden. Apatitten som er fluor-rik, har rette kvaliteten for anvendelse i fosfatgjødsel. Dessuten finnes det indikasjoner på at den har høyt innhold av yttrium og sjeldne jordarter, noe som gir muligheter for at den kan anvendes som råstoff for ekstraksjon av slike «high-tech» metaller. De kjente apatittforekomstene har for små dimensjoner til å være drivverdige, men tolkningen av deres dannelse indikerer at det kan være muligheter for større forekomster andre steder i regionen. Derfor vil det i 2004 bli foretatt detaljerte mineralogiske og geologiske undersøkelser av noen få utvalgte forekomster og befaring av flere områder hvor det finnes muligheter for opptrøden av større forekomster. Denne aktiviteten var også planlagt for 2003, men har måttet utsettes til 2004 på grunn av sykdom.

Under berggrunnskartleggingen er det også påvist en rekke områder med kvartsforekomster og pegmatitter som kan representere potensielle råstoffer for produksjon av rene til super-rene kvaliteter av kvarts. Dette vil også bli undersøkt nærmere i 2004.

#### *Planer for 2004:*

Det er planlagt å fortsette undersøkelsene av de magmatiske kompleksene i Rogaland i 2004 for å oppnå en tilstrekkelig god bakgrunn for undersøkelsene av regionens geologiske ressurser, og for en vurdering av potensialet for andre typer økonomiske mineralforekomster som kan opptre i regionen. Med bakgrunn i undersøkelsene i 2003 vil det være spesiell fokus på området mellom Saudafjorden og Lysefjorden. Prosjektet har igjen for 2004 fått tilført ekstra FOU-midler fra NGU til å fortsette samarbeid med University of Leicester i England som var en stor suksess i 2003, og som vil gi et viktig bidrag til dette arbeidet. Gjennom dette vil NGU få utført en vesentlig del av det omfattende analysearbeidet som er nødvendig, og ha tilgang til viktige analysemetoder som ikke er tilgjengelige på NGU.

### Malmforekomster på Haugalandet og Karmøy



Gull i malmprøver - mg/t

- s 0 - 50
- o 51 - 250
- o 251 - 500
- o 501 - 4449

Figur 7. Analyserte gullmineraliseringer på Haugalandet og Karmøy utført av NGU. Fuglavatnet mineraliseringene skiller seg ut ved sine markant høye gullinnhold.

## **BERGGRUNNSUNDERSØKELSER I DET SØRLIGE ROGALAND MED FOKUS PÅ KVARTS**

Mogens Marker, prosjekt 293500

Undersøkelsene av det sørlige Rogalands gneisområder ble startet i 2001 og har til hensikt å forstå områdets geologiske utvikling og strukturelle oppbygging for på dette grunnlag å vurdere potensialet for framtidige geologiske ressurser. Som i det nordlige Rogaland er bakgrunnen at det geologiske og ressursmessige datagrunnlaget for gneisområdene er av eldre dato og oftest for upresist til å kunne brukes til en moderne ressursvurdering. På grunnlag av ny kartlegging og analyse er formålet med undersøkelsene derfor å fremskaffe moderne geologisk informasjon om området til en bedre vurdering av fylkets mineralressurspotensial og til hjelp ved arealplanlegging.

Undersøkelsene til dato har vist at det sørlige Rogaland geologisk er oppbygget av flere typer gneiser av plutonisk opprinnelse (magmatiske dypbergarter Figur 8), som er blitt deformert og omdannet under høye trykk- og temperaturforhold (granulittfacies). Disse veksler med lag av omdannet og oppsmeltet sediment, som er blitt skjøvet sammen mellom de plutoniske gneisene og foldet. Dette skjedde som resultat av storstilte tektoniske bevegelser under dannelsen av en mer enn tusen millioner år gammel fjellkjede gjennom Sør-Norge, som i dag er erodert nesten ned til røttene sine. De omdannede sedimentene, som antas å være avleiret i hver sine områder før fjellkjededannelsen, er av to typer: Et opprinnelig leirsediment som nå finnes som sterkt oppsmeltede granat-biotitt gneiser, og et opprinnelig kalkførende kvartsrikt sediment som i dag finnes som kvartsrike diopsid-gneiser. Mens de plutoniske gneisene finner lokal anvendelse som pukk, har deler av de omdannede sedimentene et potensial for mer høyverdige geologiske ressurser, først og fremst kvarts.

Undersøkelsene i 2003 har vært konsentrert i to områder, nemlig området sør for Ålgård og området omkring Lysebotn (se Figur 1). Som i 2002 viste kartleggingen meget store endringer i forhold til det som er vist på de tidligere publiserte geologiske kart i målestokk 1:250 000, Stavanger og Sauda. Dette gjelder ikke minst for det geologiske kartet Stavanger hvor størsteparten av berggrunnen viste seg så mangelfullt eller feilaktig kartlagt at kartet vanskelig kan anvendes til f.eks. praktiske formål. For å rette opp på dette er det fortsatt planen å utarbeide to geologiske kart i målestokk 1:50 000 (Bjerkreim og Høle) fra dette sentrale området, til bruk for ressursvurdering og arealplanlegging. Det forutsetter imidlertid at datadekkingen blir tilstrekkelig god, ved at det oppnås ekstra støtte og bemanning til dette tidskrevende arbeide.

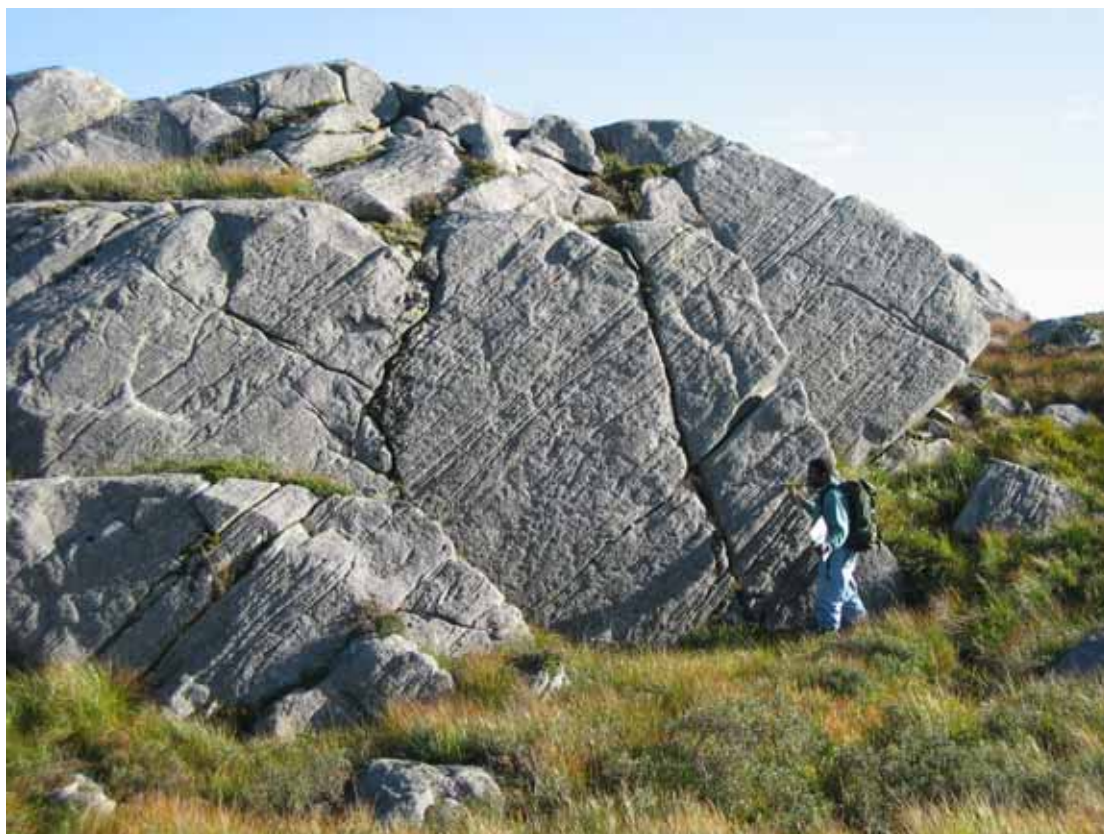
Som nevnt i rapporten for 2002 fokuserer prosjektet i det sørlige Rogaland ikke minst på å kartlegge forekomsten av kvarts som finnes knyttet til de kvartsrike diopsid-gneisene. Kvartsen er ganske ren og grovkornet, vekslende fra hvit til grålig og forekommer i ganske mektige legemer med en enorm tonnasje. De viktigste kartlagte kvartsforekomstene finnes ved Seldal, Bue, Holmafjell og Kringlelia (se Fig. 1). I tillegg er det kartlagt talrike mindre forekomster omkring Faurefjell. Forekomstene ble i 2003 prøvetatt i et samarbeide med industrien for å undersøke kvaliteten av kvartsen, og om deler kan ha en super-ren kvalitet som gjør kvartsen til et høyverdi

produkt (se samarbeidsprosjekter med industrien senere). Analysearbeidet vil være ferdig ca. 1 mai 2004.

Feltundersøkelsene i 2003 ble konsentrert til området sør for Ålgård, som etter det eksisterende geologiske kartet var en del av kjerneområdet for kvartsforekomstene i det sørlige Rogaland. På geologisk kart Stavanger, 1:250 000, er det her vist store områder sør for Ålgård med kvartsitt og kvartsrikt metasediment (diopsidgneis). Ingen av bergartene ble funnet under kartleggingen, som dermed avkrefter eksistensen av kvartsforekomster i dette område. Området består i stedet mest av gneiser som har en opprinnelse i som magmatiske dypbergarter. Området omkring Lysebotn er bare dekket av foreldet oversiktskartlegging og ble i 2003 primært undersøkt for å få opplysninger om oppbygningen av gneiskomplekset i Rogaland og korrelasjonen fra sør til nord.

#### *Planer for 2004:*

De regionalgeologiske og ressursmessige undersøkelsene i det sørlige Rogaland vil fortsette i 2004 med samme mål og med sikte på å fremstille 1-2 nye geologiske kart som bakgrunn for ressursvurdering. Samtidig vil de bli utvidet til områdene lengre mot øst og sørøst i Rogaland. Å fremstille nye geologiske kart kan dog ikke utføres innenfor det nåværende budsjett for samarbeidsprogrammet alene.



Figur 8. Typisk sterkt deformert granulittfacies-gneis med opprinnelse som plutonisk dypbergart. Vanligste og eldste gneisstype i det sørlige Rogaland som bla. omgir lag av omdannet sediment med lagformige kvartsforekomster.

## **BJERKREIM-SOKNDAL INTRUSJONEN – CO<sub>2</sub>-BASERT MINERALPROSESSERING**

Are Korneliussen, Prosjekt 293700

### *Sammendrag av prosjektbeskrivelse fra 2003:*

Bjerkreim-Sokndal intrusjonen inneholder meget store ressurser på ilmenitt, apatitt og vanadiumholdig magnetitt. Forekomsten inneholder i størrelsesorden 10% apatitt (fosfatmineral som benyttes til produksjon av kunstgjødsel), 10 % ilmenitt (råstoff for titanproduksjon, jfr. A/S Titania) og 10 % vanadiumrik magnetitt (råstoff for jern og vanadium). Gehalten for hvert av disse mineraler er for lav til å kunne gi grunnlag for økonomisk utnyttelse alene, men må kombineres med de andre verdimineralene. Sannsynlig malmressurs er i størrelsesorden en milliard tonn; til sammenlikning er dette betydelig større enn Tellnes forekomsten (A/S Titania). Forekomsten vil imidlertid være marginal med tradisjonell teknologi, men kan få øket interesse hvis en kan kombinere gruvedrift med bruk av CO<sub>2</sub>; dette forutsetter en CO<sub>2</sub>-kilde, for eksempel et gasskraftverk, i rimelig nærhet.

Markedsmessig er apatitt relativt uproblematisk (Norsk Hydro vil være aktuell kjøper). Ilmenitt er interessant som råvare for produksjon av titanslagg, for eksempel ved Ilmenittsmelteverket i Tyssedal. Vanadiumholdig magnetitt vil imidlertid i praksis neppe være salgbar i dagens situasjon med mindre en kan koble mineralproduksjonen opp mot videreforedling på stedet. I så fall betyr dette en betydelig industrietablering som kombinerer gruvedrift med bruk av naturgass/CO<sub>2</sub> og prosessindustri.

Formålet med dette prosjektet har vært å se på mulighetene for videreforedling av vanadiumholdig magnetitt i kombinasjon med CO<sub>2</sub>, og diskuterer helheten i konseptet i noe større detalj.

### *Eksperimenter og bearbeiding:*

- Laboratorieeksperimenter på IFE, i form av CO<sub>2</sub>-leaching av et magnetittkonsentrat, ble utført i desember 2003 etter å ha vært betydelig forsinket på grunn av laboratorieombygging.
- Mineralogiske studier av reaksjonsmaterialet med elektronmikroskop (SEM) ble nylig utført av NGU men er ikke ferdig tolket i påvente av andre analyser (se nedenfor).
- Diverse analyser av prøvematerialet inkl. vannanalyser forventes å foreligge i begynnelsen av februar 2004.

### *Videre planer i 2004:*

- Rapport til fylket innen utgangen av mars 2004.
- Profilering av forekomsten som del av NGUs utstilling om norske mineralressurser ved en industrimineral konferanse i Barcelona 28-31. mars 2004 <http://www.indmin.com/index.html>



- Nærmere beskrivelser av forekomsten under <http://www.ngu.no> (som en av flere viktige norske mineralressurser)
- IFE (med NGU og NTNU som samarbeidspartnere) fikk nylig innvilget et 4-års Strategisk instituttprosjekt (SIP) med tittel "From waste to value: New industrial process for mineral dressing by use of CO<sub>2</sub>" med oppstart i tredje kvartal 2004. Videre FoU på Bjekreim-Sokndal intrusjonen m.h.p. verdiskapning i kombinasjon med bruk av CO<sub>2</sub> vil inngå i dette prosjektet.
- En søknad til EU-kommisjonen i 2003 om et omfattende prosjekt rettet mot binding og lagring av CO<sub>2</sub> i mineralogisk materiale, med stor relevans for Bjekreim-Sokndal intrusjonen, med en rekke Europeiske samarbeidspartnere, ble avslått. Det vurderes å utarbeide en ny og modifisert søknad i løpet av 2004.

### **SAMARBEIDSPROSJEKTER MED STEIN- OG MINERALINDUSTRIEN I ROGALAND i 2003**

Som spinoff-effekt til samarbeidsprogrammet med Rogaland fylkeskommune har de geologiske undersøkelsene stimulert til et samarbeid med stein- og mineralindustrien i Rogaland, finansiert av denne. I 2002 ble geologien i det eksisterende bruddet og i et potensielt nytt uttaksområde til Norsk Stein A/S i Berakvam nær Jelsa kartlagt, og i begynnelsen av 2003 ble arbeidet rapportert. I 2003 ble det også utført små oppdrag for A/S Granitt 1893 nær Sirevåg for vurdering av forekomster av naturstein. Endelig har NGU samlet prøver inn fra kvartsforekomstene i Rogaland i et oppdrag for North Cape Minerals for å fastslå kvaliteten av kvartsen. Resultatene vil foreligge våren 2004. Samlet sett har prosjektene med industrien gitt meget positive resultater i form av informasjon om lokalisering, kvalitet og mengde av geologiske ressurser, som i framtiden kan bety etablering av nye arbeidsplasser i regionen. Samtidig viser samarbeidet med industrien, hvor viktig det er å dra inn kompetent geologisk ekspertise i slike undersøkelser, en ekspertise det sjeldent kan fås fra etablerte konsulentfirmaer.

#### **Geologisk kartlegging av pukke for NORSK STEIN A/S**

Mogens Marker, prosjekt 293401

Dette omfattende prosjektet undersøkte geologien i det eksisterende bruddet ved Berakvam og i et potensielt nytt uttaksområde nord for dette. Geologisk kartlegging og prøvetaking kombinert med et kjerneboringsprogram ble utført sommeren 2002, og på dette grunnlag er geologiske modeller utviklet for både brudd- og reserveområde. Modellene gir et overblikk over den rumlige fordelingen av bergarter og kvaliteter basert på geologisk analyse og foreliggende mekaniske analyser. Rapporten fra arbeidet ble ferdig mars 2003, og er fortrolig til mars 2004.

## **Kartlegging av anortositt for A/S Granitt 1893**

T. Bjerkgård, prosjekt 263365

I 2003 utførte NGU små oppdrag for A/S Granitt 1893/North Sea Stone Industry innen vurdering av forekomster og kjerneboring. Undersøkelsene gjelder vurdering av anortositt med blå fargespill for produksjon av høyverdi naturstein.

### **Super-ren kvarts i Rogaland Industrikvarts – North Cape Minerals**

Peter M. Ihlen, prosjekt 302600

Mineralet kvarts som bygget opp av en krystallstruktur bestående av silisium og oksygen, fører i en del tilfeller svært lite forurensninger av andre grunnstoffer som f.eks. aluminium, titan, jern, bor, fosfor, o.a.. Når mengden av disse forurensende grunnstoffer er mindre enn ca. 30 gram per tonn kvarts betegnes kvartsen som super-ren. Kvartsens kjemiske sammensetning og renhetsgrad bestemmes ved spesielle laserablasjonsanalyser (LA-ICP-MS) ved NGU.

Super-ren kvarts har fått økt betydning i fremstillingen av halv-leder silisium til solceller og i produksjonen av halogenpærer, optiske fibre, kvartsglass og av fyllstoffer til anvendelse i oppbygningen av elektriske kretser i datamaskiner. Super-ren kvarts har høy pris, dvs. i området 5 000-15 000 kroner per tonn kvartskonsentrat i motsetning til 300-600 kroner tonnet for vanlig kvarts. I et land med høye arbeidslønninger er det derfor ikke overraskende at kvartsprodusentene i Norge og Europa er på jakt etter slike forekomster.

Rogaland har naturgitte betingelser for opptreden av kvartsforekomster. De to viktigste typene av forekomster er hydrotermale kvartsganger og pegmatitter. Førstnevnte består utelukkende av kvarts, mens sistnevnte type i tillegg inneholder feltspat som kan utvinnes som råstoff til glass- og keramikkproduksjon. Gjennom berggrunnskartlegging i prosjektet 293500 har store tonnasje av hydrotermal kvarts blitt påvist på 4 forskjellige steder i Bjerkreim, Gjesdal og Sandnes kommuner. Disse forekomstene ble prøvetatt våren 2003 i forbindelse med prosjektet 302600 som er et samarbeidsprosjekt mellom NGU og industrien.

I Tysvær, Vindafjord, Forsand og Suldal kommuner finnes det også store forekomster av både kvartsganger og kvarts-feltspat pegmatitter. I alt 10 forekomster i de tre første kommunene ble prøvetatt høsten 2003 innenfor prosjektet 302600. Prøvene som ble samlet i 2003 vil være ferdig analysert innen 1. mai 2004. Analyseresultatene vil bli offentlig tilgjengelig 01.01.2005.

1. ukes feltarbeid gjenstår for å ha sjekket de muligheter som finnes i Rogaland for super-ren kvarts.

## NGU-RAPPORTER FRA ROGALAND-PROGRAMMET 2003

**Bjerkgård, T.**, 2003: Labradoriserende anortositt ved Nedre Furevatnet, Hellvik, Rogaland. NGU rapport 2003.024, 8 sider.

**Bjerkgård, T., Heldal, T., Kjølle I., Lund, B., Meyer, G., & Schiellerup, H.**, 2003: Natursteinsundersøkelser i Egersund-Ogna anortositt-kompleks: Status våren 2003. NGU rapport NGU rapport 2003.030, 8 sider.

**Marker, M.**, 2003: Geologiske undersøkelser innenfor Rogalandsprogrammet – Statusrapport for 2002. Rapport 2003.026, Norges geol. Unders., 19 sider.

**Marker, M.**, 2003: Geological investigation of the Berakvam quarry and reserve area for hard rock aggregates, Jelsa, Rogaland. Rapport 2003.012, Norges geol. Unders., 30 sider.

## INTERNASJONALE PUBLIKASJONER 2003

**Duchesne, J-C. & Korneliussen, A. (eds.)**, 2003: Ilmenite deposits and their geological environment. Norges geologiske undersøkelse Special Publication 9, 134 pp. (interactive CD enclosed).

Boken er et resultat av det internasjonale GEODE programmet og inneholder en mengde vitenskapelige resultater fra Rogalandsprogrammet, som enten er publisert i NGU-rapporter eller venter på å bli publisert på norsk. Boken er på engelsk med et internasjonalt publikum som målgruppe.

## REGNSKAP FOR ROGALANDSPROSJEKTER 2003

				<b>Regnskap</b>			
		<i>Timer</i>	<i>Tkost</i>	<i>Ikost</i>	<i>Utlegg</i>	<i>Total</i>	
<b>520</b>	<b>Programadm. mineralressurser</b>						
6711	Prosjektkoordinering Rogaland	Marker, Mogens	227	145075	190	6360	151625
	<i>Summer for prosjekt/team:</i>		<i>227</i>	<i>145075</i>	<i>190</i>	<i>6360</i>	<i>151625</i>
<b>522</b>	<b>Grus og pukk</b>						
282400	Mineralkarakterisering av anortositt,	Nilsson, Lars	63	40625	25	0	40650
283900	Kartlegging av anortositt for pukk,	Marker, Mogens	4	1920	0	0	1920
293400	Pukk- og mineralundersøkelser i	Marker, Mogens	449	288700	59720	105363	453783
293401	Geologisk kartlegging av pukk for Norsk*	Marker, Mogens	194	116605	3348	1270	121223
	<i>Summer for prosjekt/team:</i>		<i>710</i>	<i>447850</i>	<i>63093</i>	<i>106633</i>	<i>617576</i>
<b>523</b>	<b>Naturstein</b>						
263365	Kartlegging av anortositt for Granit-1893*	Bjerggård, Terje	56	31735	90660	75104	197499
284600	Sammenstilling av digitalt berggrunnskart	Marker, Mogens	332	184509	3420	0	187929
287800	Petrology of Rogaland and Larvik Igneous	Meyer, Gurli B.	25	15925	3000	0	18925
288200	Naturstein i Rogaland	Heldal, Tom	604	363915	3091	112572	479578
	<i>Summer for prosjekt/team:</i>		<i>1017</i>	<i>596084</i>	<i>100171</i>	<i>187676</i>	<i>883931</i>
<b>527</b>	<b>Industriminerale m.v.</b>						
285200	Tellnes*	Henderson, Iain	20	12675	820	14124	27619
286500	GEODE-Ilmenittforekomster i	Schiellerup,	518	320785	3760	0	324545
293500	Kvartundersøkelser i Sør-Rogaland	Marker, Mogens	581	350352	850	72451	423653
293700	Apatitt, ilmenitt og vanadium,	Schiellerup,	362	229745	77655	19840	327240
302600	Industrikvarts-North Cape Minerals, Rogaland*	Ihlen, Peter M	60	32888	21000	18200	72088
	<i>Summer for prosjekt/team:</i>		<i>1541</i>	<i>946445</i>	<i>104085</i>	<i>124615</i>	<i>1175145</i>
	<b>Summer for programmet:</b>		<b>3.495</b>	<b>2.135.454</b>	<b>267.539</b>	<b>425.284</b>	<b>2.828.277</b>
	<b>Herav industrifinansiert*:</b>		<b>330</b>	<b>193.903</b>	<b>115.828</b>	<b>108.698</b>	<b>418.429</b>

Regnskapet viser at Rogalandsprogrammet og relaterte prosjekter i 2003 hadde et samlet budsjett på rundt 2.83 millioner kroner, herav 0.42 millioner for industrifinansierte prosjekt (merket\*). Bidraget fra Rogaland fylkeskommune var 700.000 kroner (inkl. moms; 563.000 kroner ekskl. moms).