



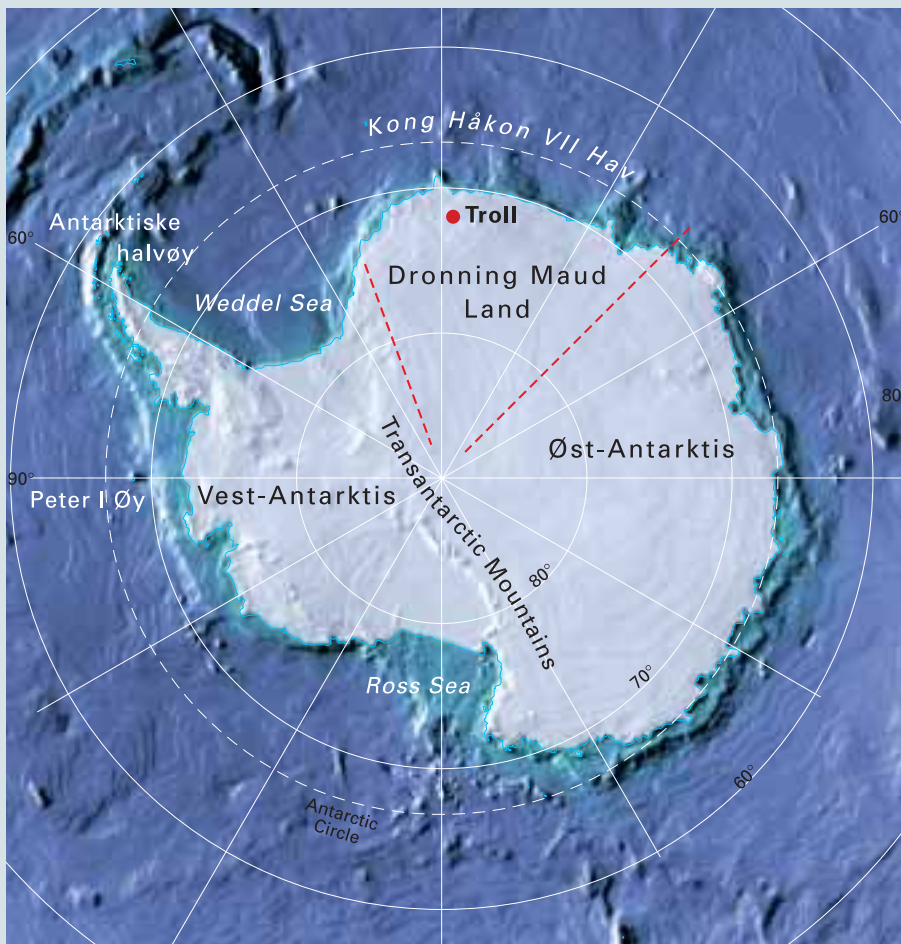
*Det meste av Antarktis er dekket av is, men der fjellene stikker opp av isen eksponeres spektakulære blotninger som gir en unik mulighet til å studere geologiske prosesser, både med hensyn på utviklingen av det gamle kontinentet Gondwana, men også prosesser dypt nede i jordskorpen. Intrusive bergarter (granitter og syenitter) danner mange av de flotteste nunatakkene i Antarktis. Her ser vi Kinnanna og Holtanna som er en del av Fenriskjeften.*

# Antarktis

## – gamle gneiser og spektakulære granitter



*Geologer har jevnlig deltatt på de norske Antarktis-ekspedisjonene til Dronning Maud Land og kartlagt berggrunnen. Gjennom flere ekspedisjoner vet vi nå at den flere hundre kilometer lange fjellkjeden, som ligger parallelt med iskanten, hovedsakelig består av prekambriske gneiser og kambriske intrusiver.*



Ingen land har overhøyhet over Antarktis, og siden 1959 regulerer en internasjonal avtale at kontinentet kun skal brukes i fredelig øyemed og at det skal være fri utveksling av vitenskapelige forskningsdata. Noen land har likevel fremsatt territoriale krav. Norge, som ett av disse, har satt fram krav på sektoren Dronning Maud Land hvor forskningsstasjonen Troll er opprettet. I tillegg er Bouvetøya og Peter I Øy underlagt norsk statshøyhet. Militær aktivitet er forbudt, og all mineralleting og mineralutvinning er utsatt på ubestemt tid. Kartet viser også den transantarktiske fjellkjeden som deler Antarktis i en østlig og en vestlig del.

### Ane K. Engvik og Synnøve Elvevold

Antarktis omgir Sydpolen og er det kaldeste, mest forblåste, tørreste, høyeste og mest utilgjengelig kontinent på jorden. Nærmere 98-99 % er dekket av en iskappe som har en gjennomsnittlig høyde over havet på rundt 2,5 km. Isen er opptil 4,7 km på det tykkeste, og inneholder 90 % av all is i verden. Antarktis er 14 millioner km<sup>2</sup>, dvs. omtrent 40 ganger Norges areal. Det er mye kaldere i Antarktis enn i nordlig polarområder. På den geografiske Sydpol er den årlige middeltemperaturen  $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kulderekorden på  $-89.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  er målt på Vostokstasjonen. Ute ved kysten er det varmere, og her snør det vel en meter i året. Inne på kontinentet er det tørrere enn i Sahara, og det faller bare noen få cm snø hvert år.

Til tross for de ekstreme klimaforholdene finnes det liv i Antarktis. Det rikeste er i utkanten av kontinentet der is og land møter åpent hav. Her finnes pingviner, albatross, forskjellige sel og hvalarter, fisk og krill. Inne på kontinentet fin-

nes flere fuglearter. Antarktispetrell, snøpetrell og sørjo er de vanligste artene. Vegetasjonen består kun av noen få arter lav og mose - og to blomsterarter.

### **Ansvar for kartlegging**

Antarktis har variert geologi. Her fin-



Synnøve Elvevold er forsker ved Norsk Polarinstittutt. Elvevold deltok på NARE 1996-97. I 2001-02 var hun feltleder på en japansk-norsk-tysk geologisk ekspedisjon til Dronning Maud Land.

ner vi for eksempel glasiøle avsetninger, fossilførende sedimentære bergarter, aktive vulkaner og metamorfe bergarter. Naturlig nok er det de blottlagte fjellene som gir oss denne informasjon, men for å forstå hva som finnes under isen har det i de senere årene også blitt benyttet geo-



Ane K. Engvik er post-doktor stipendiat ved NTNU, Trondheim, finansiert av Norges Forskningsråd. Engvik var deltager på NARE 1996-97.

## Hvalfangst, oppdagelser og forskning

Norge har lange tradisjoner i Antarktis. Nordmenn deltok både i den første ilandstigningen på det Antarktiske kontinentet i 1895 og på de første overvintringene i 1897-1899. Leting etter nye fangstfelt for hval var drivkraften, men ekspedisjonene kombinerte ofte hvalfangst med forskning, geografiske oppdagelser og kartlegging. For å sikre norske hvalfangstinteresser annekterte Norge Bouvetøya i 1930, Peter I Øy i 1931 samt en stor sektor av det Antarktiske kontinentet, Dronning Maud Land, i 1939. De tre bilandene Bouvetøya, Peter I Øy og Dronning Maud Land er underlagt norsk statshøyhet, men er ikke en del av riket i forhold til Grunnlovens § 1.

Etter andre verdenskrig ble det større fokus på vitenskapelig aktivitet. I Det Internasjonale Geofysiske År 1957-58 gjennomførte tolv land et stort vitenskapelig samarbeide, og som følge av dette ble Den vitenskapelige komité for Antarktisforskning (SCAR) opprettet i 1958. Antarktistraktaten ble inngått i 1959. Bevaring av det sårbare miljøet i Antarktis, som det reneste og mest uberørte kontinentet på jorden, står sentralt for all aktivitet.

Antarktistraktaten er det overordnede rammeverket for vern og forvaltning av området. Den siste og mest omfattende internasjonale avtalen for Antarktis, Miljøprotokollen, ble undertegnet i Tromsø i 1998 av alle de 27 medlemslandene. Traktaten utpeker Antarktis til et verneområde viet fred og vitenskap. I denne avtalen framsettes blant annet prinsippet om at vitenskapelig forskning skal prioriteres som aktivitet i Antarktis. Her er det også satt et forbud mot all kommersiell mineralaktivitet og prospektering.

Det er stor internasjonal aktivitet i Antarktis på tross av utilgjengeligheten



Den norske sommerstasjonen Troll vil bli oppgradert til helårsstasjon fra 2005.

og det barske klimaet. Det meste av aktiviteten foregår i sommersesongen. Fra hjemlige trakter og i siviliserte områder av verden er vi vant til å ha god kontroll over både tilværelsen og våre aktiviteter. Ved arbeid i Antarktis må vi derimot bøye oss for naturens luner. Derfor er det internasjonale samarbeidet viktig, både innenfor de ulike forskningsprogrammer og med hensyn til logistikk. Spesielt viktig er dette for en liten nasjon som Norge. På tross av lange polartradisjoner har vi relativt begrensede ressurser til bruk på dette kontinentet.

De norske forskningsekspedisjonene til Antarktis, kalt Norwegian Antarctic Research Expeditions (NARE), finansieres over statsbudsjettet gjennom bevilgninger til Norsk Polarinstitutt. Ekspedisjonene koordineres også av Norsk Polarinstitutt. Den første NARE ble gjennomført i 1976-77, og siden er NARE utført jevnlig. En avtale med Finland og Sverige sikrer nå årlige nordiske Antarktis-ekspedisjoner. Den norske sommerstasjonen Troll ble bygd ved Jutulessen i Gjelsvikfjella, Dronning

Maud Land, i sesongen 1989-90. Stasjonen ligger 1270 meter over havet, ca 220 km fra iskanten.

Hovedformålet med NARE er å innhente kunnskap som kan bidra til å bedre forstå naturlige og menneskeskapt globale klimaendringer. Forskningen skal dessuten bidra til å oppfylle vårt nasjonale forvaltningsansvar og de forpliktelser som følger av internasjonalt samarbeid. Forskningsprosjekter finnes innenfor fagfeltene biologi, klimaforskning (glasiologi, paleoklimatologi, oseanografi), geologi, samt kartlegging og overvåking.

I juni 2003 ble det besluttet at den norske sommerstasjonen Troll skal bli helårsstasjon. Når den nye stasjonen står ferdig i 2005, vil det settes i gang ulike overvåkningsprogrammer. Det arbeides for tiden med å lage en ny, 3000 m lang flystripe 7-8 km fra Troll som vil bli hugget ut i blåis. Flytransport til Dronning Maud Land vil gjøre framtidige ekspedisjoner mer fleksible og være et stort logistisk skritt framover for både norsk og internasjonal Antarktisforskning.

fysiske metoder.

Det antarktiske kontinentet blir delt inn i to områder: Øst-Antarktis, som utgjør den største delen av kontinentet, består av prekambriske bergarter med en dannelseshistorie som er nesten tre milliarder år gammel. Vest-Antarktis består derimot av yngre fjellkjeder av paleozoisk og mesozoisk alder.

Den første geologiske kartleggingen av Dronning Maud Land ble gjort under den

norsk-britisk-svenske Antarktis-ekspedisjonen i 1949-52, og i løpet av de siste 30 årene er det gjennomført flere ekspedisjoner som har gått systematisk til verks.

Med et gammelt krav på Dronning Maud Land har Norge et ansvar for kartlegging av området. Norsk Polarinstitutt har det nasjonale ansvaret som har resultert i en serie naturmiljøkart i målestokk 1:100,000. Foruten geologiske data har kartene informasjon om geomorfologi,

glasiologi og biologi.

### Dronning Maud Land

Dronning Maud Land har en kystlinje på mer enn 2000 km og utgjør nærmere 1/6 del av det antarktiske kontinentet (6-7 ganger Norges landareal). En fjellkjede strekker seg parallelt med kysten ca. 100-200 km fra iskanten. Dronning Maud Land har gjennom de siste tiårene vært kartlagt og beskrevet av norske, tyske,





Arbeid i Antarktis bygger på internasjonalt samarbeid. Bildet viser deltagerne på den japansk-norsk-tyske geologi-ekspedisjonen i 2001-02. Synnøve Elvevold, i midten, var feltleder for denne ekspedisjonen.



Et liv i teltleirer er utgangspunktet for å kartlegge fjellkjeden gjennom Dronning Maud Land.

sørafrikanske, japanske, indiske og russiske geologer.

I de vestlige delene av Dronning Maud Land finner vi de eldste bergartene som består av granittiske gneiser datert til 3100 millioner år, men det er mesoproterozoiske gneiser dannet for 1100-1000

*Feltarbeid under NARE 1996-97, her ved feltleder Håkon Austrheim.*

millioner år siden som dominerer. Bergartene er omvandlet under amfibolittfacies forhold, det vil si på skorpenivå tilsvarende 10-25 km dyp og 400-600 °C. Mesoproterozoiske klastiske sedimenter og mafiske vulkanitter som viser liten grad av deformasjon og omvandling finnes også over et større område.

I den sentrale delen av Dronning Maud Land er det kartlagt amfibolittfacies gneiser av mesoproterozoiske alder. Men når vi

beveger oss østover finner vi gneiser som har gjennomgått en høyere grad av omvandling ved temperaturer opp mot 900°C. Slike antagelser om dannelsesbetingelser i skorpa, dvs. trykk- og temperaturforhold, bygger på opptreden av karakteristiske mineraler og mineralskaper. Øst i Dronning Maud Land finnes bl.a. mineralene sillimanitt, spinell, kvarts og cordieritt, samtidig som gneisene viser tegn på en delvis oppsmeltning. De høye temperaturene sees i sammenheng med store volum av granitter og syenitter (granittliknende bergart nesten uten kvarts) som har intrudert denne delen av Dronning Maud Land.

Massive, grovkornede granitter og syenitter i dette området danner i dag mange av de flotteste nunatakene i Antarktis.

### Den prekambriske historien

Fjellkjeden i Dronning Maud Land er dominert av mesoproteroziske gneiser tilhørende en 1100-1000 millioner år gammel fjellkjede. I Øst-Antarktis er fjellkjededannelsen i denne tidsperioden knyttet til samlingen av en rekke mindre kontinenter til et større kontinent kalt Rodinia.

Nyere forskning har vist at høytemperatur omvandlingen og de voluminøse granittiske og syenittiske intrusjonene i de sentrale og østlige delene av Dronning Maud Land er av sen-prekambrisk til kambrisk alder (600-500 millioner år). På denne tiden ble dagens Afrika, India, Australia og Sør-Amerika i tillegg til Antarktis samlet til ett kontinent som er gitt navnet Gondwana. Dronning Maud Land grenset under Gondwana-samlingen til Afrika, Madagaskar, Sri Lanka og India. Fjellkjededannelsen på denne tiden kalles den Pan-Afriske orogenesen, og berggrunnen i Dronning Maud Land blir derfor blant annet korrelert med Mosambikbeltet i Afrika.

Bergartene vi finner ved overflaten i Dronning Maud Land i dag var da på 25-30 km dyp i jordskorpen. Rester av mineralene kyanitt og rutil viser at gneisene på et tidlig stadium kan ha vært på enda dypere skorpenivå. Temperaturer på opp mot 900°C er spesielt i jordskorpen, og opptrer på steder der mantelen under skorpen er ekstra varm eller der hvor jordskorpen tynnes.

Mot slutten av den Pan-Afrikanske orogenesen ble den fortykkede jordskorpen ustabil. En strekning av skorpen i Dronning Maud Land førte til at bergar-



*Antarktis var en del av det gamle kontinentet Gondwana helt frem til jura da Antarktis, Australia og India skiltes fra Afrika.*

ter fra dype skorpenivå ble hevet til grunnere nivåer. Denne tolkningen bygger på kombinerte studier av strukturgeologi og petrologi (detaljerte studier av mineralselskap, mineralsammensetninger og mineralenes innbyrdes aldersforhold). Ekstensjonen foregikk kontinuerlig fra dypere skorpenivåer der deformasjonen skjer duktilt, og så gradvis mot høyere skorpenivå der skorpen deformeres sprøtt.

Etter den Pan-Afrikanske orogesen skjedde det lite i Dronning Maud Land berggrunn inntil oppbrytningen av Gondwana startet for om lag 200 millioner år siden. Da begynte kontinenter som f. eks. Afrika og India å drive nordover mot sin nåværende plassering

## Dronning Maud Land som naturlig laboratorium

Det meste av Antarktis er dekket av is, men der fjellene stikker opp eksponeres blotninger helt uten vegetasjon. Dette gir en unik mulighet til å studere ulike geologiske prosesser som har funnet sted i jordskorpen.

Store deler av Dronning Maud Land er dominert av brune bergarter. Ofte kan man se lyse striper på fjellveggen som skyldes væsker som har omvandlet de mørke bergartene. I utgangspunktet er krystalline bergarter tette og ugjennomtrengelige. Men i det undersøkte området har væsker trengt inn gjennom sprekker som opptrer som årer sentralt i de lyse stripene.

Den markerte fargeforandring har oppstått idet væskene strømmet gjennom mikrosprekker i sidebergarten og omvandlet de opprinnelige mineralene til nye vannholdige mineraler. Analyser av væskeinnslutninger som er bevart i mineralene viser at de besto av vann, karbondioksid og små mengder nitrogen. Væskeinfiltrasjonen i berggrunnen i Dronning Maud Land er gjennomgripende og regionalt utbredd. Fordi væsker kan reagere med mineraler i bergarter, forandrer de bergartens egenskaper og er dermed viktige for prosesser i jordskorpen. Væskers betydning i geologiske prosesser har vært et viktig forskningstema de siste



*Blokker av gneis og granitt som er brutt av omliggende eldre bergarter og falt ned i magmatiske smelter. Dimensjonen på xenolittene går frem av den rødkledde mannen nederst i steinura.*

årene. På grunn av den gode blottingsgraden der hvor fjellene stikker opp av iskapen i Antarktis, er Dronning Maud Land et unikt laboratorium for å studere nettopp slike prosesser.



*Lyse striper som kutter mørkt fjell opptrer hyppig i de sentrale delene av Dronning Maud Land. Den markerte fargeforandring har oppstått da de opprinnelige mineralene ble omvandlet til nye vannholdige mineraler pga. væskegjennomstrømming.*