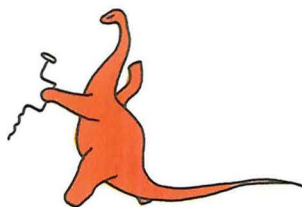


Jordens dybeste hul



af Jens Konnerup-Madsen

I 1970 påbegyndtes en boring nær byen Sapoljarnyj på Kola halvøen i det Sovjetrussiske Murmansk område. Formålet med boringen var at samle oplysninger om opbygningen af de stabile grundfjeldsområder, af deres dybe strukturer og de geologiske kræfter, der skabte dem. I dag er boringen nået ned i godt 12 km's dybde og der dermed langt den dybeste boring på jorden.

Undervejs har borehovedet trængt gennem sedimentære, metamorfe, vulkanske og plutoniske bjergarter repræsenterende mere end 1.4 milliard års geologiske udvikling. Siden boringens øverste og yngste bjergarters dannelse for godt 1 milliard år siden er ca. 8 km overliggende bjergarter blevet eroderet bort i området, så den gennemborede bjergartssøjle svarer faktisk til et snit gennem jordens skorpe fra 8 til 20 km's dybde. At netop Kola halvøen af de russiske geologer valgtes til stedet for den første dybe boring skyldes, at grundfjeldsområdet der, menes at være typisk for jordens øvrige gamle, stabile grundfjeldsområder, som vi kender dem i f.eks. Indien, Nordamerika og Grønland.

Vort kendskab til opbygningen af jordens skorpe stammer i første omgang fra undersøgelser af bjergartsprøver indsamlet i gamle skjoldområder, hvor milliarder af års erosion har gnavet km-tykkede lag af toppen og således blottet lag fra måske 15-20 km's dybde i skorpen. Skal vi have oplysninger om dybere dele må vi ty til geofysiske målinger og forsøge at knytte disse til bjergarter og bjergartssammensætninger, der svarer til disse målinger. Det betyder, at tolkningen af sådanne geofysiske måleresultater til en vis grad afspejler geologernes forventninger til, hvad der findes i dybere og ikke blottede lag af skorpen. Et af formålene med Kola boringen var at forsøge at få direkte oplysninger om egenskaberne af sådanne dybereliggende bjergarter og se, om de forventninger man fra geofysiske målinger havde til den dybe skorpe i Kola området også kunne opfyldes i virkeligheden. Og hvad blev så resultatet af denne sammenligning.

Een af de metoder geologer anvender til at sige noget om bjergarternes fysiske egenskaber er hastigheden, hvormed seismiske bølger udbredes. For eksempel

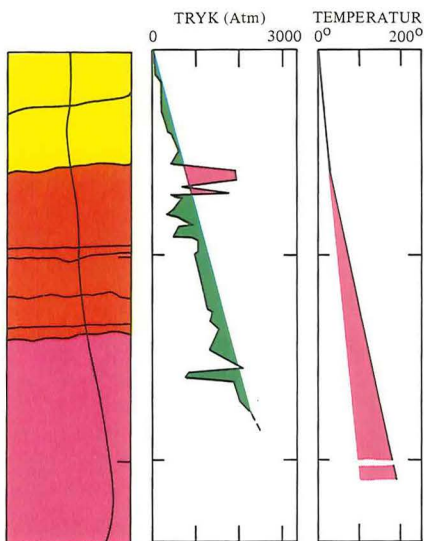
ser man i jordens skorpe i en vis dybde ofte et pludseligt spring til højere værdier. Dette spring er ofte blevet tolket som en ændring i sammensætningen af skorpens bjergarter. På Kola halvøen var dette spring observeret i godt 9 km's dybde, og Kola boringen var således den første boring til at passere dette spring.



Placeringerne af dybe boringer i Sovjetunionen. Kola boringen er vist med en stjerne, medens andre påbegyndte eller planlagte og mere end 7 km dybe boringer er vist med fyldte trekanter. Placeringen af planlagte boringer til kun 4 km's dybde er vist med ikke-fyldte trekanter.

Ned til godt 4.5 km gik alt som forventet. Borehovedet passerede gennem først sedimentære og metamorfoserede bjergarter af vulkansk oprindelse. Disse bjergarter bød ikke på overraskelser. De kendtes fra andre dele af Kola halvøen, hvor de var blottet på overfladen og havde knyttet kobber og nikkel forekomster til sig. Men i 4.5 km's dybde skete der noget. Boret løb ind i en zone med stærkt opsprækkede bjergarter. Denne zone fortsatte ned til godt 9 km's dybde, og det var faktisk ved overgangen fra denne opsprækkede zone og ned i en underliggende zone med normale, faste bjergarter, at det pludselige spring til høje udbredeshastigheder af seismiske bølger skete. Så der var altså ikke tale om en grænse mellem bjergarter af forskellig sammensætning, men derimod om en og samme bjergart, opsprækket i forskellig grad.

Zonen med de stærkt opsprækkede krystallinske metamorfe og magmatiske granitiske bjergarter mellem 4.5 og 9 km's dybde var eet af Kola boringens overraskende resultater. Medens boret arbejdede sig ned gennem denne zone, stødte det gentagne gange på zoner gennemstrømmet af varme, vandige opløsninger rige på blandt andet metaller. Prøver af borekerner viste, at medens



Til venstre et forenklet snit af de gennemborede 12 km af Kola halvøens skorpe. Svagt omdannede sedimentære og vulkanske bjergarter vist med gult, lettere metamorfoserede granitiske bjergarter med orange. Disse lag aflejedes fra for 2.4 milliarder år siden på den eroderede overflade af et 2.7 milliarder år gammelt granitisk grundfjeld (rødt). I søjlerne i midten og til højre er vist forskellen mellem forventede og observerede værdier af henholdsvis bjergartstryk og temperatur: lavere værdier end forventet med grønt, højere værdier end forventet med rødt.

mængden af kemisk bundet vand ned til 4.5 km's dybde lå ret konstant på ca 4 vægt %, faldt det ved overgangen til den nedknuste zone til godt 2 vægt %. Dette fald skyldes nedbrydning af vandholdige mineraler. Det frigivne vand ville normalt være sivet opad gennem skorpen mod lavere tryk, men i Kola området holdt overliggende uigennemtrængelige bjergarter imidlertid vandet tilbage. Resultatet blev et meget stort vandtryk, der resulterede i den kraftige opsprækning af bjergarterne og i de store mængder af strømmende vandige opløsninger. I flere zoner var opløsningerne ligefrem meget metal-rige, fra hvilke sulfider af kobber, nikkel, jern, zink og kobolt blev udfældet og kittede de opsprækkede bjergarter sammen.

Sådanne malmdannende opløsninger kendes også fra andre områder. Visse steder i oceanerne, for eksempel langs de midt-oceaniske rygge, ses også direkte dannelsen af sulfid-mineraliseringer fra tilsvarende opløsninger. Kola boringen var det første direkte eksempel på, at sådanne malmdannelser også finder sted dybt i jordens skorpe, på dybder hvor geologer tidligere ville have forventet at bjergarterne var faste og helt tørre. Så ved eftersøgningen af malmforekomster har vi måske bogstaveligt talt kun skrabet jordens overflade.

I zonen med opsprækkede bjergarter stødte boret også gentagne gange på lommer og zoner rige på gasser. Blandt de fundne gasser var helium, brint, kvælstof, kuldioxid, metan og andre kulbrinter. En del af disse gasser stammer fra nedbrydningen af de samme mineraler, som frigav de vandige opløsninger. Undersøgelser af isotop-sammensætningen af det kulstof, der indgår i kuldioxiden og kulbrinterne viste derimod, at en del af det måtte stamme fra

ældgammelt organisk materiale i disse bjergarter, medens en anden del måtte være tilført fra jordens øvre kappe.

Allerede de her nævnte resultater viste med al tydelighed, at hvad man før boringen havde betragtet som et typisk stabilt grundfjeldsområde var fyldt med overraskelser. Også temperaturforholdene viste overraskelser. Medens udviklingen i temperatur de øverste 3 km svarede meget godt til, hvad man havde forventet udfra geofysiske målinger, steg temperaturen fra 3 til 10 km's dybde væsentlig hurtigere. Denne meget større stigning i temperaturer, i godt 10 km's dybde nåede den op på næsten 200°C, menes delvis at skyldes en stor tilstrømning af varme fra jordens øvre kappe.

Udover de rent geologiske resultater af Kola boringen opnåedes også en række resultater inden for boreteknologien. Nogle af de problemer, man stødte på undervejs og løbende måtte løse, skyldes de høje temperaturer og tryk, men også den kraftige korrosion af boreudstyret fra de gennemstrømmende opløsninger. Ændringer i blandt andet boreudstyret har gjort, at man ser optimistisk på mulighederne for at kunne komme endnu 5-10 km længere ned i skorpen under Kola. I disse dybder regnes med temperaturer på mellem 300 og 400 grader og tryk på mere end 3000 atmosfærer. Også optagningen af borekerner fra disse dybder skaber problemer. Når trykket fra de overliggende bjergarter fjernes ved udboringen af en sådan prøve, pulveriseres den på det nærmeste af frigørelsen af dens indre tryk. Skal en sådan borekerne nå hel op til overfladen, må det ske i specielt konstruerede trykkamre, så det omgivende tryk ikke pludseligt falder.

De mange overraskende resultater af Kola boringen har givet optimisme til yderligere superdybe boringer i Sovjetunionen. Ved Saatly i Baku olie- og gas-feltet ved det Kaspiske hav er en boring således nået ned i 8.5 km's dybde, og også der fortsættes boringen. Udover disse to boringer er yderligere 3 superdybe (dvs mere end 7 km dybe) boringer planlagt: ved Mutuntan, Anastasievsko-Troitskaya, og yderligere en ved det Kaspiske hav. Herudover er 6 boringer ned til ca 4 km's dybde planlagt, således at direkte observationer af de dybere forhold i grundfjeldsområdet forskellige steder i Sovjetunionen vil foreligge om nogle år.

Også i Europa har dybe boringer opnået en vis popularitet. De mest konkrete planer gælder en superdyb boring i Vesttyskland. Selve borelokaliteten er endnu ikke endeligt fastlagt, men flere muligheder foreligger. Boringen påbegyndes i 1987 eller 1988 og skal efter planerne nå ned i en dybde af 10-15 km. En række forskellige forundersøgelser til denne tyske boring har allerede nu skabt store forventninger til de kommende resultater, og ad åre vil resultaterne fra disse boringer, helt sikkert bidrage til et mere detaljeret og varieret billede af opbygningen af jordens skorpe og af de geologiske processer, der finder sted.