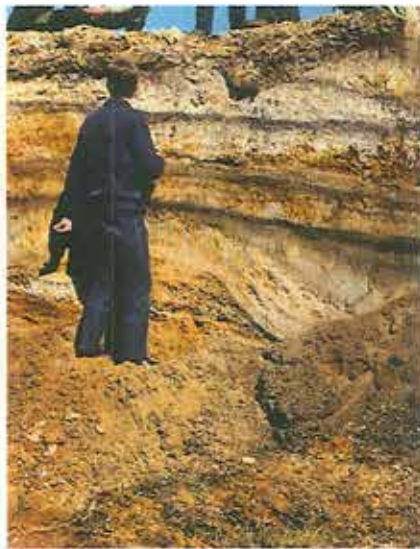


## en kilde(n) sag



I det østlige Sjælland er der flere steder efter istiden udskilt kalk af kildevæld - kildekalk. På Sjælland er der meget kalk i kridt- og tertiærundergrunden. Vandet nede i jorden indeholder en del kuldioxid, som stammer fra luften og dyrkningsjorden. Kuldioxiden giver grundvandet en syrevirkning, hvorved kalk kan opløses. Når grundvandet bryder frem ved jordoverfladen som kilder falder trykket, og det meste kuldioxid slipper bort. Kalken kan ikke længere holdes opløst og udfældes. I kildekalken kan bevares aftryk af blade, grenstumper med mere, og ofte finder man skaller af mosesnegle.

Sammenhængende kildekalk har fra Middelalderen været brudt som bygningssten blandt andet til adskillige kirker. Kalken kan i våd tilstand udsaves i blokke, som hærdner i luften. Foto forestiller Sonnerup kirke (mellem Roskilde og Holbæk). Løse jordagtig kildekalk har været brugt - og brydes lejlighedsvis til gødningskalk og fyldstof i asfalt. Se foto fra Åstrup kalkleje (ved Elverdamskroen, sydvest for Kirke Sonnerup).

V.P.

# VARV

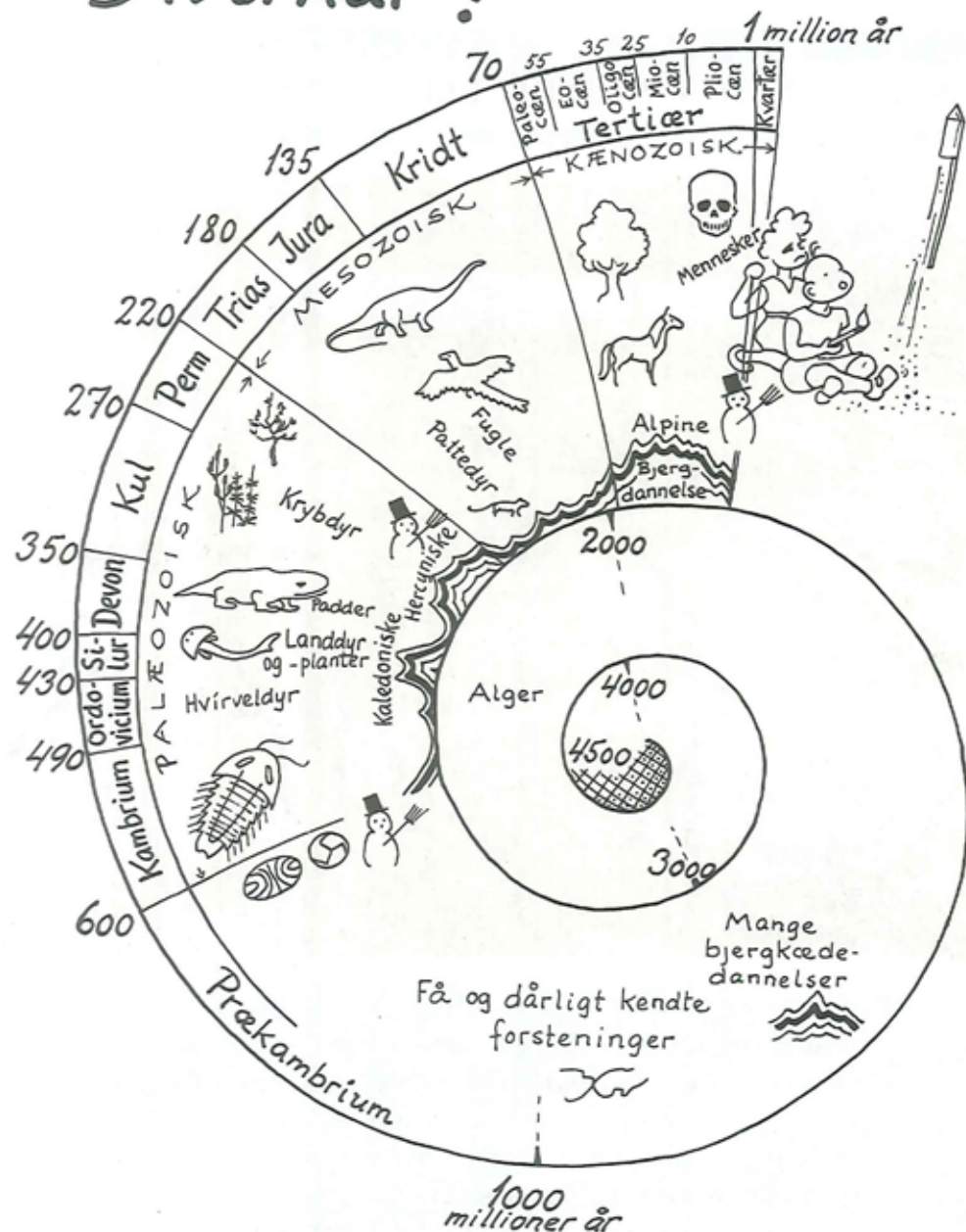
NR. 3 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1967



GRIMME MINEANLÆG SKYDER OP OVERALT, HVOR ØKONOMISK VIGTIGE RÅSTOFFER FOREKOMMER - HEROVER JERNMALM I CANADA. DEN GEOLOGISKE BAGGRUND FOR JERNLEJERNE KAN VÆRE MEGET FORSKELLIG - DE SÅKALDTE SEDIMENTÆRE JERNMALME, SOM ER OPSTÅET PÅ "FREDELIG" VIS, SPILLER EN STOR ROLLE I CANADA OG ANDRE STEDER. INDE I BLADET FORTÆLLES OM DENNE VIGTIGE MALMTYPES DANNELSE OG FOREKOMST.



# Hvornår?



vandring af jern og kiselsyre. I de våde årstider opløses og vandrer jernet og i de tørre årstider transporteres kiselsyre i det alkaliske vand. Udfældningen af disse stoffer tænkes at finde sted i lavvandede bassiner, der også er underkastet sæson-mæssige variationer i surhedsgraden på grund af skiftende tørre og fugtige årstider. Sådanne klimatiske forhold kendes i dag fra monsun-områderne.

Harold James, der i Lake Superior-området fandt en række forskellige malmtyper, har søgt at finde en fælles forklaring på, hvorledes alle disse typer kunne være opstået. James er tilhænger af, at en udstrakt kemisk forvitring af landoverfladen har været årsag til jerntilførslen. Aflejringerne er foregået i en række langstrakte forholdsvise begrænsede bassiner. I disse er de tre omtalte typer jernmalme afsat i forskellige aflejringszoner, svarende til forskellige vanddybder og iltningsbetingelser. Nær

kysten på det laveste vand og under de bedste iltningsbetingelser aflejres jernoxidsmalme, medens jernet i den dybeste del af bassinet, hvor der har været underskud på ilt afsættes som jernsulfider (svovlkis). I overgangszonen mellem disse to findes jernet udfældet som jernkarbonater. Båndingen i oxidsmalme tænkes opstået på en lignende måde som forklaret af Sakamoto.

Man har i dag kendskab til et anseeligt antal kæmpestore forekomster af kvartsbåndede jernmalme. Disse vil kunne sikre verdens jernbehov i adskillige år i fremtiden og det endda til meget rimelige priser.

Man må derfor se i øjnene at nye kvartsbåndede jernmalmsforekomster skal være særdeles store og med højt jernindhold, hvis en eventuel udnyttelse skal kunne forrente sig.

*Niels Hennrichsen*

## VARV

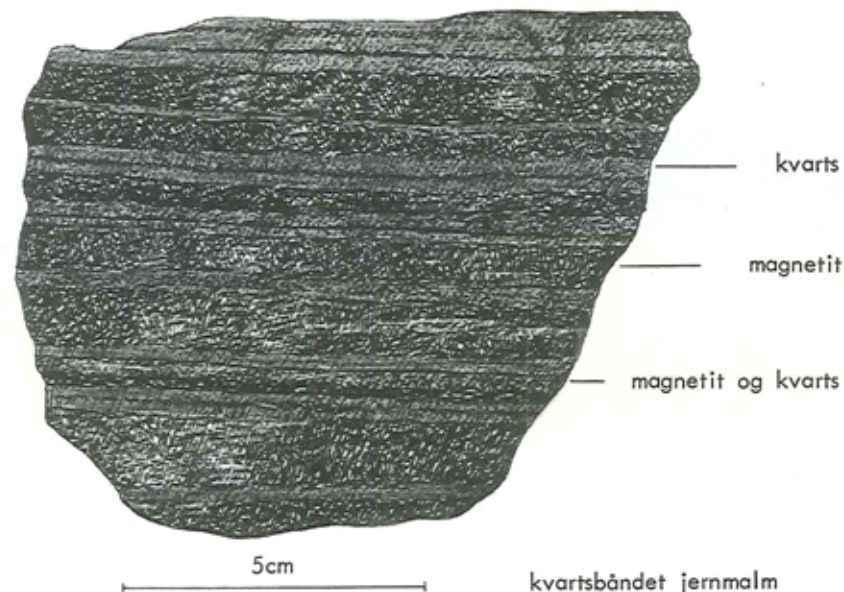
Postadresse: Tidsskriftet VARV, Mineralogisk Museum, Østervoldgade 5-7, København K. (Tlf. Mi 5001).

Redaktion: Erling Bondesen (ansvarshavende), Mona Hansen, Søren Floris, Valdemar Poulsen

VARV udkommer fire gange om året. Prisen er 10 kr i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, postgiro 68880.

Alle henvendelser vedrørende adresseforandring, fejl ved bladets levering, og lignende bedes rettet til postvæsenet.

Eftertryk af tekst og billeder er kun tilladt med kildeangivelse.



I mange malmområder mangler vulkanske dannelser imidlertid fuldstændigt, og det er så naturligvis vanskeligt at forklare malmene som opstået ved vulkansk aktivitet. En gruppe geologer mener derfor, at malmene er resultatet af en dybtgående kemisk forvitring, der har påvirket landområderne omkring aflejringsbassinene. Ved denne forvitring er jernet blevet opløst fra bjergarterne i landområderne og transporteret ud i havet med floderne. Båndingen i malmen kunne her forklares ved at antage, at materialetilførslen har været vekslende, afhængig af nedbørsvariationer. Andre har ment, at jernudfældelsen er sket ved hjælp af mikroorganismer; årstidsbetingede variationer i organismernes aktivitet kan her forklare den rytmiske udfældning af jernet.

Den japanske geolog Sakamoto, fremfører, at mange kvartsbånd-

dede jernmalme kan forklares som dannede ved rene kemiske processer i forbindelse med en årstidspræget forvittringscyklus. Sakamoto fremfører, at jernet opløses og transporteres i sure omgivelser og udfældes i neutrale eller alkaliske omgivelser. Kiselsyren (der danner kvartsen) derimod, opløses og transporteres i alkaliske omgivelser og udfældes i sure. Undersøger man overflade-vandet over grundvandspejlet, viser det sig at være svagt surt undtagen på nedbørsfattige årstider og i nedbørsfattige områder. I disse sidste tilfælde er overfladevandet derimod neutralt eller endog svagt alkalisk.

Hvis man nu tænker sig et periodisk varierende fugtigt og tørt klima med deraf følgende periodisk varierende surhedsgrad i overfladevandet, kan der opstå en skiftende



af Troels V. Østergaard

## Geologi i Trykkoger

Som mineralog og petrograf beskæftiger man sig med at undersøge mineraler og bjergarter, deres fysiske egenskaber, strukturer, kemiske sammensætning og forekomstmåde. Hvert træk man opdager hos det man undersøger, afføder straks spørgsmål, som f.eks. hvornår? og hvordan? Spørgsmålet "hvornår" refererer til de problemer der er forbundet med tingenes og begivenhedernes historie. Et af geologiens mål er at skildre vor Jords historie og hertil kan både mineralogien og petrografen give vigtige bidrag. Spørgsmålet "hvordan" refererer til de naturlige processer og begivenheder, til måden hvorpå ting opstår, sker eller forandres. Et tilfredsstillende svar på spørgsmålet "hvordan" kan være meget vanskeligt at finde, men lykkes det er det også det, der giver forskeren den største glæde.

I gamle dage forklarede man mange naturfænomener som resultat af overnaturlige væsners handlinger. For eksempel dannedes Sjællands Odde, da en kæmpe engang ville bære en vante fuld sand til Jylland. Der var imidlertid hul på vanten, så han tabte det meste, og da han opdagede det blev han så ærgerlig at han tømte det som var tilbage i tommelfingeren ud. Således dannedes Odden og den bakke der findes yderst ude.

I dag ser vi på naturlige processer som udslag af energi, der virker på eller gennem stof. Der er naturligvis en mængde vi ikke forstår, men vi har tiltro til at naturen principielt er forståelig - således at stiller vi spørgsmål gennem observationer eller velvalgte eksperimenter, vil vi også få de rigtige svar. Mange af de fænomener geologerne beskæftiger sig med, er resultat af begivenheder som har fundet sted for millioner af år siden, og det er en integrerende del af denne tiltro til naturens forståelighed at de naturlove vi kan iagttage i dag har været virksomme gennem hele Jordens historie. Det var James Hutton, en berømt engelsk geolog og naturfilosof, som i sin "Teori om Jorden" (der udkom i Edinburgh 1785) skrev, at "Jordklodens historie må forklares ved hjælp af det, man kan se ske nu". Man taler om dette "aktualistiske princip" som grundlaget for al geologisk forskning.

Huttons princip om at anvende det man kan se ske nu til at forklare det som er sket, har været anvendt med held indenfor mange grene af geologien. Når man som for eksempel ved Kara Bogaz ved det Kaspiske Hav kan iagttage, hvorledes der kan dannes store mængder salt ved fordamp-



ning af havvand, er det nærliggende og i fuld overensstemmelse med det aktualistiske princip at antage at de saltaflejringer vi finder i den danske undergrund (se Varv 1966,1) også er dannet ved fordampning af havvand.

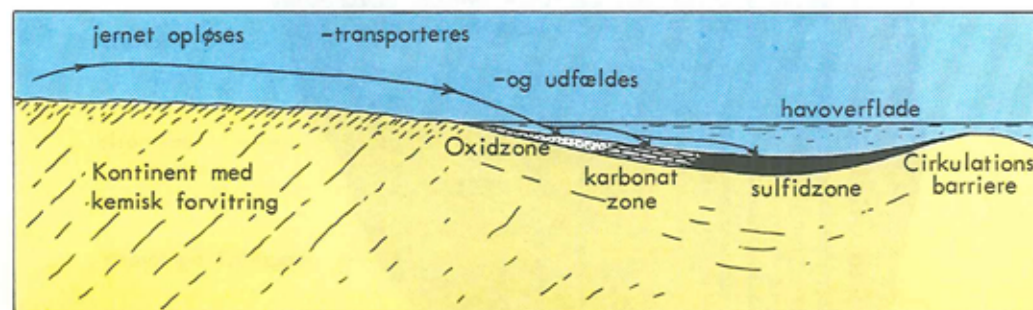
De begivenheder, der udspiller sig under jordens overflade kan naturligvis ikke iagttages direkte, men takket være landhævninger for eksempel under bjergkædedannelse, og den nedbrydning vind og vejr forårsager, kan man rundt omkring på Jorden finde mineraler og bjergarter, som er dannet i mange forskellige dybder. Da man ikke kan studere dannelsen af tilsvarende mineraler og bjergarter direkte, må man anvende indirekte metoder - heriblandt laboratorie-efterligninger af de mineral- og bjergartsdannende processer.

De mineraler og bjergarter hvis dannelse man ikke kan iagttage direkte er ofte dannet under højt tryk, ved høj temperatur og i nærvær af vand. Forsøg under tilsvarende forhold er derfor uhyre vigtige. Blandt geologer går den slags forsøg under navnet "**Hydrotermale synteser**" og det laboratorium hvori de udføres kaldes et "**synteselaboratorium**". Denne artikel handler om, hvorledes man i praksis laver den slags forsøg, og nogle af resultaterne skal kort omtales.

Allerede i den første halvdel af det 19. århundrede forsøgte man at fremstille mineraler kunstigt. Det lykkedes således den franske mineralog Daubrée at lave bl.a. **tinsten** ( $\text{SnO}_2$ ), som i naturen dannes fra blandt andet vulkanske gasser, ved at lade luftformig tinklorid reagere med vand ved høj temperatur. Før år 1900 var ca. 80 mineraler fremstillet kunstigt. Mange af forsøgene bar imidlertid tilfældighedernes præg, dels fordi udgangsmaterialernes sammensætning ikke kendtes godt nok, dels fordi de anvendte tryk og temperaturer ikke kendtes nøjagtigt. Dette føltes dog ikke som en fejl idet man var tilfreds med selve det at have fremstillet et mineral.

I begyndelsen af dette århundrede begyndte man at betragte mineralerne i en bjergart som faser dannet i ligevægt med hinanden. Pionerer som Van't Hoff og N.L.Bowen anvendte moderne principper (termodynamikken) til beregning af ligevægte mellem saltopløsninger og mineraler og mellem smeltemasser og mineraler. Man udførte nu eksperimenter ikke kun for at lave mineralerne, men for kvantitativt at studere de kemiske og fysiske betingelser under hvilke mineralerne og mineralselskaber kan dannes.

I 1917 beskrev to amerikanere en undersøgelse over systemet: vand-kaliumsilikat-siliciumoxid. Det var på mange måder et betydningsfuldt arbejde. De fandt bl.a. ud af at vanddamp ved høj temperatur og tryk kan opløse betydelige mængder af silikatmineraler. Et andet resultat var påvisningen af, at vandholdige silikatsmeltemasser har et såkaldt "**andet kogepunkt**". Afkøler man en vandholdig silikatsmelte, vil der efterhånden udskilles krystaller. Da disse ikke indeholder vand, vil vandindholdet og dermed vandtrykket i smeltemassen stige og man vil da kunne iagttage en kog-



Aflejrings-zoner i afspærret bassin med jernudfældning

tydning for forståelsen af malmenes dannelsesmåde, er de kort blevet omtalt.

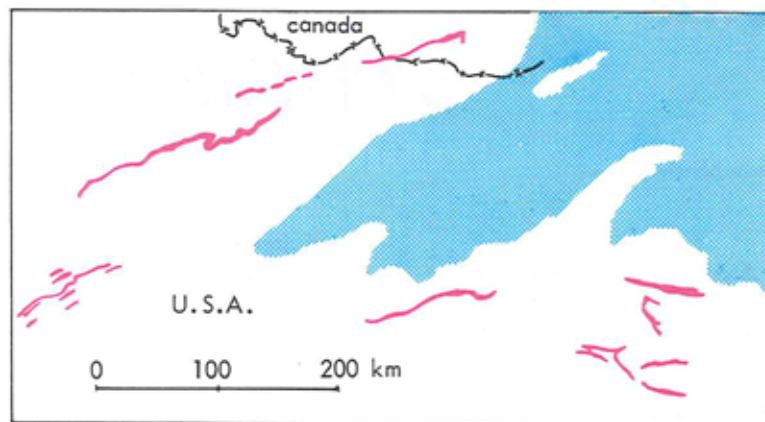
En anden af verdens største jernforekomster findes som et langt smalt bælte, der kan følges fra nord til syd gennem den centrale del af Labrador i Canada. Denne forekomst er først blevet kendt i de seneste årtier, og den brydes nu et sted, hvor malmen på grund af en sekundær berigelse indeholder 60 % jern. Fundet af disse uhyre store jernmalmsforekomster i Labrador har bidraget væsentlig til forøgelsen af den kendte jernmalmsreserve i verden.

I geologisk henseende minder Labrador og Vestgrønland meget om hinanden, og de canadiske fund antyder derfor, at man i et geologisk miljø som det vestgrønlandske har chancer for at finde kvartsbåndede jernmalme.

Store forekomster findes iøvrigt blandt andet i Rusland, Sydamerika og i Afrika. Også i Skandinavien forekommer denne type jernmalme flere steder, de brydes i det mellemste Sverige og i det nordligste Norge, hvor produktionen er flere millioner tons om året.

De kvartsbåndede jernmalme anses almindeligvis for at være dannet ved kemisk udfældning af jern i havvand. Nogle geologer mener, at jernet er blevet tilført havvandet i forbindelse med vulkansk virksomhed, idet der direkte fra de smeltede lavabjergarter har kunnet frigøres jernholdige opløsninger.

Malmenes karakteristiske bånding kunne herved forklares ved at antage, at jerntilførslen og udfældningen var sket i takt med en periodisk udbrudsaktivitet. Denne teori støttes af, at der i tilknytning til flere af de kvartsbåndede jernmalme netop findes en del vulkanske bjergarter.



De vigtigste forekomster af jernmalm ved Lake Superior.

længere nede - eller har udludet og bortført nogle af jernets ledsage-mineraler. Herved kan malmens jernindhold stige til 50% eller derover, og det er netop sådanne sekundært berigede malme, der udnyttes, mens brydning af de ringere primær-malme kun sjældent er rentabel. Prisen for en kvartsbåndet jernmalm leveret ved en stor, centralt beliggende havn er af størrelsesordenen 80-100 kr per ton, når malmen indeholder 50% jern.

Et af verdens bedst kendte jernmalms-områder findes omkring Lake Superior i Nordamerika. Fra dette område har man kendskab til adskillige milliarder tons jernmalm, og brydningen heraf løber op i mange millioner tons om året og udgør ca. 15% af verdens-produktionen.

Ifølge den amerikanske geolog Harold James forekommer i det-

te område 3 forskellige jernmalms-typer: 1) Jernsulfidmalme, hvor jernet sammen med svovl indgår som svovlkis i kulstofholdige sorte skifere, der antages at være dannede ved sedimentation (aflejring) i delvis afsnørede bassiner med dårlig vandcirkulation, 2) Jernkarbonatmalme bestående af jernkarbonat (jernspat) vekslede med flintagtig kisel, - og 3) Jernoxidalme (hovedsageligt kvartsbåndede jernilte bestående af enten magnetit, kisel og mindre mængder karbonater og silikater eller af hæmatit med indlejrede bånd af kisel). Af disse 3 typer giver kun oxidalmene anledning til brydeværdige forekomster, men da de andre typer er af be-

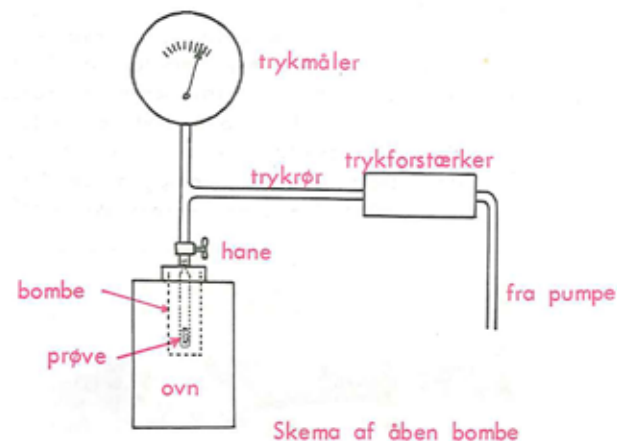
|          |                  |                           |
|----------|------------------|---------------------------|
| magnetit | = magnetjernsten | = $\text{Fe}_3\text{O}_4$ |
| hæmatit  | = jernglans      | = $\text{Fe}_2\text{O}_3$ |

ning fremkaldt af afkøling - når vandtrykket bliver lige så stort som omgivelsernes tryk. I en naturligt forekommende silikatsmelte - et magma - vil damptrykket kunne stige så voldsomt, at magmaet eksplosivt kan bane sig vej til jordoverfladen, som det ses ved vulkanudbrud.

Når man vil undersøge mineraldannelse under høje tryk og temperaturer, er det nødvendigt at have reaktionsbeholdere som ikke ødelægges under disse betingelser. De første reaktionsbeholdere - autoklaver eller som de oftest kaldes, bomber - var lavet af kanonstål, og det er udviklingen af stålsorter overvejende til militære formål, jetmotorer, højtryksledninger og haner til raketter, der har muliggjort de undersøgelser, der udføres i dag.

I de såkaldt "lukkede" bomber dannes trykket ligesom i en trykkoger ved udvidelsen af det vand, man har spærret inde i dem. Ved hjælp af en tabel over vands massefylde ved forskellige temperaturer og tryk kan man beregne, hvor meget vand, der skal i bomben.

De "åbne" bomber er ved hjælp af et kapillarrør af rustfrit stål forbundet med en pumpe, så de kan fyldes med vand til det ønskede tryk er nået. De åbne bomber har flere fordele frem for de lukkede. Man kan kontrollere vandtrykket og har dermed mulighed for at opdage en eventuel utæthed i bomben. Når man arbejder med lukkede bomber viser det sig først ved forsøgets afslutning om bomben har holdt tæt. Da forsøgene kan vare i måneder er det vigtigt straks at opdage lækager.



Skema af åben bombe

De nævnte bomber opvarmes med små elektriske rørovn. Ovnenes og bombernes temperaturer måles ved hjælp af termoelementer, og ovntemperaturen reguleres automatisk, så de holdes konstante med små afvigelser.

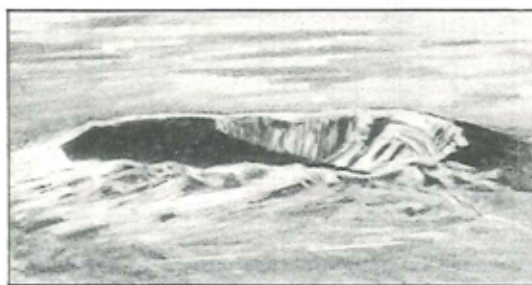


Som udgangsmateriale til et synteseforsøg anvender man ofte fint formalet pulver med kendt kemisk sammensætning. Pulveret kan være knust glas, en blanding af kemikalier, kunstige eller naturlige mineraler eller nedknuste bjergarter. Prøven anbringes i en kapsel, som kan være af platin, guld eller sølv, sammen med en passende mængde vand. Kapslen kan eventuelt svejdes til inden den anbringes i en bombe. Prøven opvarmes til den ønskede temperatur og underkastes de ønskede tryk. Efter et tidsrum, som kan være mellem få timer og flere måneder, afbrydes forsøget, idet prøven om muligt afkøles pludseligt, så man undgår uønskede reaktioner mellem de dannede mineraler under afkølingen. Ved hjælp af mikroskopiske og røntgenografiske metoder bestemmes, hvilke forbindelser eller mineraler (faser), der er dannet i prøven. Eventuelt bestemmes også mængderne af de dannede forbindelser og disses kemiske sammensætning.

Formålet med et synteseforsøg kan enten være at fremstille et bestemt mineral eller at studere fæselige vægte i et bestemt system.

Til syntesens "triumfer" kan regnes fremstillingen af diamanter. Den første meddelelse herom fremkom i 1955. Der er siden fremstillet mange kunstige diamanter, og det viser sig, at det er nemt, når blot man kan opnå et tilstrækkeligt tryk. Ved  $1560^{\circ}\text{C}$  og 87000 atmosfærer omdannes grafit, anbragt mellem to nikkelpopper, således til  $\frac{1}{2}$  cm store diamanter på 5 minutter. De tryk- og temperaturbetingelser, der kræves til deres dannelse, giver geologerne en forestilling om, under hvilke forhold de ægte diamanter må være dannet.

I Arizona findes en kraterlignende dannelse, som i mange år har voldt geologerne hovedbrud. Krateret er 1200 m i diameter og 175 m dybt, og rundt om krateret er der fundet tusindvis af fragmenter af meteorisk jern. Alligevel er det fra tid til anden blevet betvivlet, at krateret virkelig skyldes et meteoritnedslag. Det er resultater opnået i laboratoriet, der har overbevist forskerne herom. Det viser sig nemlig, at der i sandstenen i kraterets bund er dannet et mineral - coesit - som man tidligere havde



1200 m

Det store meteorit-krater i Arizona

## JERN i

## STRIBEVIS!

af niels henriksen

Størstedelen af verdens jernproduktion hidrører fra brydningen af nogle sedimentære jernmalme - såkaldte kvartsbåndede jernmalme. Disse findes som vidtudstrakte lag i svagt omdannede, foldede sedimentter i prækambriske grundfjeldsområder. Malmlagenes tykkelse varierer fra 10-20 m og op til et par hundrede meter, og ofte kan man følge dem over meget lange strækninger - op til flere hundrede kilometer. Betegnelsen kvartsbåndede jernmalme hidrører fra disse malmes karakteristiske opbygning af vekslende

lag af jernmineraler og kvarts. De enkelte båndes mægtighed varierer sædvanligvis fra nogle få mm til et par cm. Jernmineralerne udgøres hovedsageligt af enten hæmatit eller magnetit og malmenes jernindhold er normalt 25-40 %. Imidlertid findes der ofte områder hvor malmene er blevet "sekundært berigede", hvilket vil sige, at jernet er blevet yderligere koncentreret efter malmenes primære afsætning. Denne koncentration er hyppigt forårsaget af forvittringsprocesser, der har opløst jernet i den øverste del af forvittringszonen og genafsat det



Åben jern-mine ved Lake Superior, U.S.A.

# VESTERHAVET -

## gas og olie ?

Kort før redaktionens slutning i maj udsendte Dansk Undergrunds Consortium en meddelelse om sine borearbejder og de forskellige forundersøgelser i vore farvande og på land.

Boringen Mors I var nået ca. 4.600 m ned siden starten den 13-12-66. Vesterhavs-boringen Dansk Nordsø A-1 sidste eftersommer (fra lejet boreskib) er nu blevet nærmere vurderet. På endnu ikke offentliggjort position skal Consortiet fra august 1967 igen bore i Vesterhavet. Det skal efter planen ske med en nybygget bore-ø eller boreplatform, "Maersk Explorer". Den er som den største i verden bygget i U.S.A. (Vicksburg og New Orleans). Bugseringen mod Vesterhavet med en hollandsk slæbebåd begyndte den 15. maj for antagelig at være det meste af sommeren. Boreplatformen har tre høje ben (kan forlænges til ca. 110 m), et trekantet dæk og et ca. 45 m højt boretårn. Vægten er ca. 7.500 tons, og borekapaciteten er omkring 7.000 m.

Ved valg af danske boresteder i Vesterhavet vil ikke alene geologiske hensyn kunne spille ind. Som bekendt fra dagspressen har Vesttyskland indbragt en sag mod Danmark og Holland for den internationale domstol i Haag, da man mener at have krav på et større område af Vesterhavets bund end fastlagt i 1958. En dom kan ikke ventes foreløbig.

Den planlagte nye Vesterhavs-boring kan tidligst hen på efteråret have givet sikker besked om muligheden for olie- eller gasudvinding. Imens breder gas-nettet sig fra det store Groningen-gasfelt i Holland sig også ud over nabolandene. Englænderne ved også, hvordan de skal udnytte de heldige borer fra de sidste par år i deres del af Vesterhavet, ud for Grimsby.

EXTRA - I begyndelsen af juni kunne Norge melde om fund af oliespor i en boring fjernt fra land i det nordligste Vesterhav, på højde med Stavanger.

fundet under forsøg med kvarts under meget højt tryk. Coesits tilstedeværelse tyder altså på, at sandstenen har været udsat for et enormt tryk, og den eneste måde hvorpå et så højt tryk kan tænkes dannet på jordoverfladen er ved et meteoritnedslag.

De synteser, hvis formål som nævnt er at undersøge betingelserne for ligevægt i forskellige systemer af kemiske forbindelser, har i særlig grad interesse for geologien. Men også i cementindustrien og i den keramiske industri udføres analytiske synteser, hvis resultater i mange tilfælde kan have geologisk interesse. Det egentlige systematiske arbejde med analytiske synteser af geologisk betydning startede med grundlæggelsen af Geophysical Laboratory i Washington år 1906.

Jeg vil nu omtale nogle vigtige bjergarters dannelse set i lyset af den viden der er samlet ved hjælp af analytiske synteser.

Goranson (1931) var den første, der havde et granitisk magma i sine bomber. Han fandt, at der opløses vand i en granitisk smelte under tryk og at smeltmassen er mere letflydende, når der er opløst vand i den, end når vandet mangler. Den mængde vand, der kan opløses afhænger af trykket. Jo større vandtryk jo mere vand opløses. Når magmaet stiger op gennem jordskorpen mindskes det tryk der hviler på det. Da det derfor kan indeholde mindre vand, bliver det nødt til at afgive noget af det, hvorved magmaet samtidig mister varme. Også ved krystallisationen af mineraler uddrives vand. Dette vand er i stand til at opløse en hel del (nogle tiendedele procent) silikatmateriale. Opløsningen kan så samle sig under makammerets tag eller strømme ud gennem sprækker i taget eller sidestenen og der danne dels såkaldte pegmatiter - grovkornede kvarts-feldspat bjergarter, dels, længere fra granitmagmaet, malmforkomster.

Problemet om selve dannelsen af granitisk magma har været genstand for experimentelle undersøgelser. Undersøgelser i tyverne viste at granitisk magma kan dannes som det restmagma, der bliver tilbage, når det meste af et basaltmagma er krystalliseret. Men denne proces forklarer kun de små forekomster af granitiske lavaer, der findes sammen med basaltlavaer og ikke dannelsen af granit-massiver på hundreder af kubikkilometer. Disse store granit-massiver findes ofte i kernerne af nederoderede bjergkæder omgivet af bjergarter, der er omdannet på grund af de varme- og trykpåvirkninger de har været udsatte for under bjergkædefoldningen.

Winkler, der arbejder i Tyskland, har undersøgt hvorledes almindelige sedimentter som for eksempel ler og mergel opfører sig, når de udsættes for betingelser svarende til dem som hersker under en bjergkædefoldning. Han kom til det meget interessante resultat, at disse bjergarter smelter delvis og, at det smeltede har granitisk sammensætning ligegyldig hvilke bjergarter han starter med. Det som ikke smelter får en mineralogisk sammensætning, som svarer nøje til de bjergarters, som i naturen omgiver granit-massiverne. De temperaturer, der er nødvendige for disse processer ligger

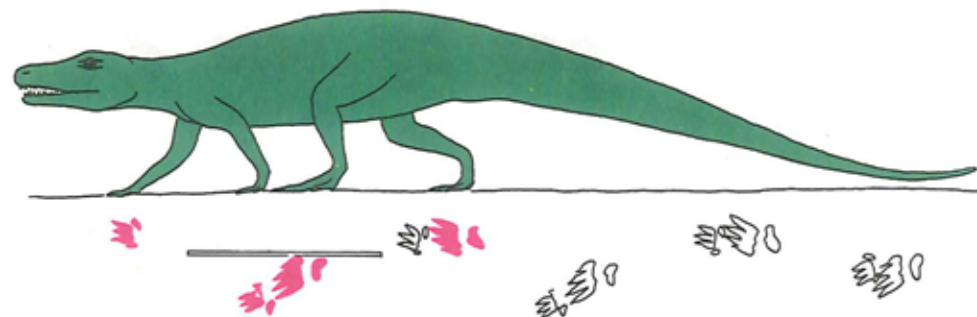


i området 650–750°, højst 800°. Winklers resultater viser altså, at ved de temperaturer som kræves for at omdanne sedimenter til krystallinske skifre må sedimenterne smelte delvis, og at smelten har granitisk sammensætning. Det granitmagma som har dannet de mange store granitforekomster behøver altså ikke at være kommet fra dybet, men kan være dannet i 10–20 km's dybde ved delvis opsmeltning af de omgivende bjergarter.

De to vigtigste magmabjergarter er **granit** og **basalt**. Granit findes udelukkende på kontinenterne, mens basalt både er trægt frem på oceanbunden og på kontinenterne. Basaltmagmaet dannes ikke som granitmagmaet i Jordens skorpe, men dybere nede i Jordens kappe. Det viser sig, at der findes to typer basaltmagma: et mere SiO<sub>2</sub>-rigt, Na-fattigt og et SiO<sub>2</sub>-fattigere, Na-rigt. De to kaldes henholdsvis **tholeiitisk** og **alkali-basaltisk** magma. Experimentelle undersøgelser har opklaret det fundamentale problem om hvorvidt det drejer sig om to forskellige "urmagmaer" eller om de to typer basaltmagma stammer fra samme kilde. På grundlag af eksperimenterne er man kommet til følgende billede: I dybder mellem 60 og 100 km sker der en delvis opsmeltning af Jord-kappens bjergarter på steder hvor der tilføres varmeenergi. Man antager at kappen i disse dybder består af **granatperidotit** (opbygget af mineralerne pyroxen, olivin og granat). Forsøgene viser nu at sammensætningen af den smelte som først dannes, når granatperidotit smelter ændres med trykket. Ved tryk svarende til 60 km's dybde dannes smelte af tholeiitisk sammensætning, mens der ved større tryk dannes en smelte med alkalibasaltisk sammensætning, som det lettest smeltelige fra granat-peridotit. Basaltmagmaernes kemiske sammensætning må altså være afhængig af i hvilket dyb opsmeltningen er foregået. Undervejs til jordoverfladen kan det basaltiske magma gøre holdt i magmareservoarer, som for eksempel under Hawaii. Hvis magmaet begynder at udskille krystaller her kan dette dels føre til dannelsen af strørkorn, som det ses i porfyre, dels til at nogle af de lavaer, der kommer op til jordoverfladen har en anden sammensætning end det oprindelige magma fordi de tidligt udskilte krystaller er sunket til bunds.

Et særligt virkefelt er de metamorfoserede bjergarter eller de såkaldt krystallinske skifre. De metamorfe bjergarter dannes ved omkrystallisation af andre bjergarter. Disse kan være sedimenter eller magmabjergarter. Omkrystalliseringen sker fordi bjergarterne udsættes for andre tryk og temperaturer end de – så at sige – er vant til, for eksempel gennem en bjergkædefoldning. Det der sker er, at de mineraler, der findes reagerer med hinanden og danner nye mineralselskaber, som er tilpassede de ændrede tryk og temperatur-forhold. I naturen kan man iagttage hvor og under hvilke omstændigheder mineralselskaberne optræder, men det er kun ved hjælp af eksperimenter man kan finde ud af, ved hvilke temperaturer og tryk de forskellige reaktioner foregår. Der foregår i øjeblikket en meget intensiv

Med sporanalysen fik man fremtryllet et dyr i tredimensional model. Kendes tilsvarende skeletfund ?? Man har undersøgt dette spørgsmål nøje, men ikke fundet frem til fund af skeletdele, der passede til modellen. Mistanken samler sig dog tydeligt om en krybdyr-underorden, pseudosuchiaerne. Nogle pseudosuchieslægter synes at have en virkelig betydningsfuld lighed med chirotherierne.



– Senere har amerikaneren Baird hævdet, at den gangart, som Soergel regnede med, ikke kan ventes hos et vekselvarmt krybdyr der vandrer roligt afsted. Ligesom nutidens krokodiller har Chirotherium efter hans mening flyttet for- og bagben i modsat side samtidigt. Aflæses spor-rækken på denne måde, bliver dyrets kropslængde 1/4 skridt kortere end Soergel mente. Baird har med dette resultat lavet en rekonstruktion af en chirotherie, idet han samtidig "tilpassede" kendte pseudosuchie-skeletter til en spor-række. Hans rekonstruktion minder godt nok om Soergels dyr (som dog er 1/4 skridtlængde længere) – der var konstrueret ud fra sporstudier alene.

Chirotherie-sporene er først og fremmest kendt fra Tysklands ca. 210 millioner år gamle sandsten fra ældste del af triastid. I Frankrig og i Spanien er sporene også fundet, i jævnaldrende lag, ligesom i England, hvor der tillige kendes spor af samme slags fra yngste del af triastiden, og i Sydamerika er der fundet spor af tidlige indvandrere i lag fra ældre trias eller måske allerede fra permid.

I Danmark er tilsvarende aflejringer kun kendt fra boreprøver fra store dybder, så selvom chirotherierne sandsynligvis i ældre triastid travede rundt i den danske ørken, er der ikke de bedste muligheder for at få det fastslået.



*Søren Floris*



Tager man nu  $40^\circ$ -værdien, skulle afstanden fodspor-hofteled være 79 cm. Bagbenene har dog sikkert ikke været ført fuldstændigt lige og ubøjede - de har været bøjet i knæet, og knæet har vendt noget udad. Den samlede virkelige bagbenslængde har været større end de nævnte 79 cm. Men forøvrigt må en bestemmelse af arm-længden gå forud for den endelige bestemmelse af ben-længden.



Ligebenet trekant dannet over skridtlængden og den tilsyneladende armlængde hos en chirotherie.

Armlængden må have været væsentlig større end den halverede skridtlængde - ellers måtte dyret have mævet sig fremad på en helt usandsynlig måde. Hvor skridtlængden er målt til 60 cm, må den tilsyneladende armlængde have været væsentlig større end 30 cm. Dens virkelige længde lader sig indgrænse ved undersøgelse af den mulige skridtvinkel. Denne har været større end skridtvinklen hos de så forholdsvis lange bagben. En vinkel på  $90^\circ$  (der aldrig nås af landhvirveldyr i rolig gang) ville give en tilsyneladende armlængde på 43 cm. Belastningsforholdene afgør, at det ikke kan være den rigtige vinkel - den har været mindre end  $90^\circ$ , og den tilsyneladende armlængde har været større end 43 cm. Tager man  $60^\circ$ , får man den tilsyneladende armlængde 60 cm, og med vinklen  $50^\circ$  får man længden 70 cm. Den tilsyneladende armlængde har da rimeligvis været mellem 43 og 70 cm, og da armene nok har været bøjet i albueleddet, har deres virkelige længde rimeligvis været mindst 50 cm.



Soergel lavede en model af en chirotherie. Da grundelementerne var blevet afpasset harmonisk til hinanden, fik man tallet 54 cm for den virkelige armlængde og 120 cm for den virkelige benlængde. De øvrige mål var som nævnt en kropslængde (95 cm), halelængde (ca. 2 meter) og en totallængde (ca. 4 meter).

forskning rundt omkring i verden for at fastlægge temperatur og trykbetingelserne for de forskellige mineralreaktioner.

Det er nu i mange tilfælde muligt, på baggrund af eksperimenterne, at rekonstruere temperaturforholdene i en bjergkæde under metamorfosen. Nogle steder er der en jævn stigning i temperaturen fra område til område (f.eks. Skotland), mens der i andre tilfælde er en hurtig vekslen af højtemperatur og lavtemperatur mineralselskaber (f.eks. i Japan eller Pyrenæerne). Det er klart at en sådan kortlægning af "metamorfoseklimaet" har stor betydning for vurderingen af forholdene i bjergkæderne og jordskorpen - steder hvor vi ikke kan iagttage processerne, man hvor spørgsmålet "hvordan" alligevel rejser sig.

Forsøgene på at anvende resultaterne fra synteseforsøg på geologiske problemer er tidligere blevet skarpt kritiseret. Man kunne således for nogle årtier siden opleve, at en professor under en diskussion i London tog en lille platindigel op af lommen og gjorde grin med de tåber, der troede, at der kunne komme geologi ud af sådan en. Det kritikerne især hæftede sig ved, var, at den kemiske sammensætning af de naturlige systemer var betydelig mere komplicerede end dem man undersøgte i laboratoriet, samt at de tidligere undersøgte synteser var systemer uden vand. Efterhånden undersøgtes der dog stadig mere udviklede systemer og især efter anden verdenskrig også systemer med vand som en af de deltagende faser. Sådanne hydrotermale synteser er nu en anerkendt forskningsgren, hvis resultater har været af stor betydning i geologien. Man må derfor glæde sig over at denne forskning nu også skal udføres her i landet.



Isaacs V. Østergaard

#### RETTELSE TIL BAGSIDEN I NR. 2 - 1967

Ved grov beskæring er et par linier for meget faldet ud af notitsen om Hekla. Ideen er, at Hekla gennem tertiærtiden kunne have produceret materiale svarende til 5 gange Islands rumfang over havniveau - såfremt udbrudshyppighed og materialeproduktion var den samme som i historisk tid (ca. 1 kubikkilometer per 100 år).



## HOVEDVEJ 1

A1

Mange af Varv's læsere kommer utvivlsomt til at gennemkøre større eller mindre strækninger af hovedvej 1 - måske den hele fra København til Esbjerg eller omvendt. Devisen i vore dage er jo ellers, at man skal køre en omvej og hellere bruge noget længere tid på en idyllisk sidevej end suse gennem landet ad hoved- og motorveje. Derfor vil man i alle turistbrochurer, turforslag og ekskursionsberetninger finde omtalt lokaliteter, som ligger udenfor hovedvejene. Disse linier er skrevet for den travle bilist, som vil frem hurtigst muligt, men som alligevel gerne vil vide lidt om landskabet, som farer forbi.

Nu skal man ikke vente en fuldstændig geologisk rutebeskrivelse, det kan ikke gives på den tilmålte plads. Derimod kan markante træk i landskabet omtales, og der kan fortælles lidt om, hvilke tanker en geolog gør sig på turen.

Løvrigt vil det blive et øjebliksbillede af hovedvej 1. De nye motorveje, som er ved at antage form både på Fyn og i Jylland, samt bygningen af den nye Lillebæltsbro vil bevirke, at store dele af den nuværende hovedvej snart bliver nedlagt eller i al fald kun vil fungere som lokalveje.

Man kan have gavn af Varv's kvartærtids-skema, som sidste gang blev trykt i hefte 4, 1966 - og selvfølgelig kan man kikke med i auto-atlasset.

### 1. ETAPE. KØBENHAVN - HALSSKOV

Landskabet mellem København og Roskilde er ikke særlig spændende. Man kører på en moræneflade, som til at begynde med er næsten flad, medens den nærmere Roskilde bliver mere bølget. Kort før Glostrup passeret det gamle forsvarsanlæg Vestenceinten (1). Kalkundergrunden ligger her meget højt, og voldgraven er på store strækninger ført ned i kalken (fra yngste Kridttid). Derfor er det et udmærket sted for placeringen af den seismiske station, som i en bygning lige ved voldgraven registrerer jordskælv.

Selv mens man endnu ikke havde fundet aftryk af nogen hale, regnede man ud, at dyrene måtte have haft en sådan som balancestang. Nu kendes i nogle få tilfælde slæbesporene af en lang hale, der almindeligvis er blevet båret fri af jorden.

Hænders og fødders placering i skridtrækken angiver en "snæver" gangart, der igen kræver, at vi tænker os dyrene smalskuldrede og smalle over hofterne, ligesom selve kroppene var meget smalle.

### REKONSTRUKTION

I det nu sagte har vi allerede fået et vist signalement af *Chirotherium*. Om halens længde kan det formodes, at den har været ca. to gange kropslængden. Kropslængden kan for eksempel fås på sandstenspladen som afstanden mellem et håndaftryk og et punkt midt mellem to næsttilbageliggende fodaftryk (disse tre aftryk giver dyrets plads, mens det var i færd med at sætte den anden hånd frem) -



På den måde har man målt kropslængderne for tre af "arterne" til ca. 90, 60 og 35 cm.

Udmåling af aftryk af hånd og fod giver en vægtfordeling på omkring 1 : 5. Foden har båret henved 5 gange så stor vægt som hånden. Det tyder jo afgjort på tilstedeværelse af en lang hale. Omvendt må hoved og hals have været korte og lette, tilsammen måske ikke engang af kroppens længde. I alt kan man formode, at den almindelige tyske art har været dyr af godt 4 meters længde, men der har også eksisteret små former (for eksempel  $1\frac{1}{2}$  meter) og større (8 meter).

Endnu mangler i rekonstruktionen en afgørelse, der er vanskelig at træffe - hvor højt blev kroppen båret, og hvordan blev lemmerne holdt?

Sporene viser, at arme og ben havde lige store skridtlængder. Men derfor behøver skridt-vinklerne (f.eks. vinklen mellem de 2 arme i yderste skridtstilling) ikke at have været lige store - de er afhængige af, hvor højt lemmets drejepunkt eller led var placeret.

Man må snarest tænke sig bagbenenes skridtvinkel lagt inden for grænserne  $30^\circ$  og  $50^\circ$ . Med forskellige vinkelværdier og med den målte skridtlængde 60 cm får man med vinklen

|            |                            |
|------------|----------------------------|
| $35^\circ$ | en bagbenslængde på 90 cm, |
| $40^\circ$ | - - - 79 cm,               |
| $45^\circ$ | - - - 70,5 cm.             |

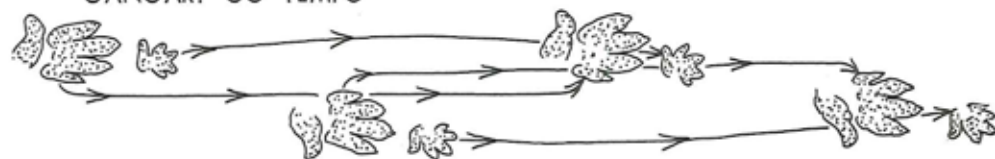


## SPOR - ANALYSE

Ser man på de enkelte fodaftryk finder man blandt andet vigtige oplysninger om antallet af led i fingre og tæer. Tåledtallet (bagfoden) var: 2 (stortåen) - 3 - 4 - 5 - 3(4), det vil sige som hos kæmpeøglerne og fugle men ikke som hos pattedyrene. De tilsvarende tal for fingerleddene var: 2 (tommelfinger) - 3 - 4 - 5(4?) - 3. At tåen (fingeren) med de fleste led kun var omtrent så lang som de øvrige samt selve fodsporrækens udseende viser os *Chirotherium* som jævnt skridtvandrende dyr. Hånd- og fodaftrykkene viser hen til små forben (arme) og store bagben. Men sporrækken viser, at skridtlængden for armene var lige så stor som for bagbenene.

Endnu om huden kan de enkelte spor fortælle - den var hornet-skællet på en måde, der genfindes hos krybdyr, men ikke hos padder. Om klørerne giver de fleste spor også besked. På fingrene sad påfaldende lange klør (måske manglede lillefingeren en klo?), på tærne ligeså (også lilletåen kunne dog mangle en klo?). De lange klør stemmer godt med antagelsen af krybdyrophavsmænd. De er taget til indtægt for, at dyrene skulle have været rovdyr. Hos nogle af arterne (formodentlig var det selvstændige slægter) har der dog været en vidtført tendens til at klørerne blev til små hove på finger- og tænderne. Disse arter har velsagtens været fredsommelige planteædere.

## GANGART OG TEMPO

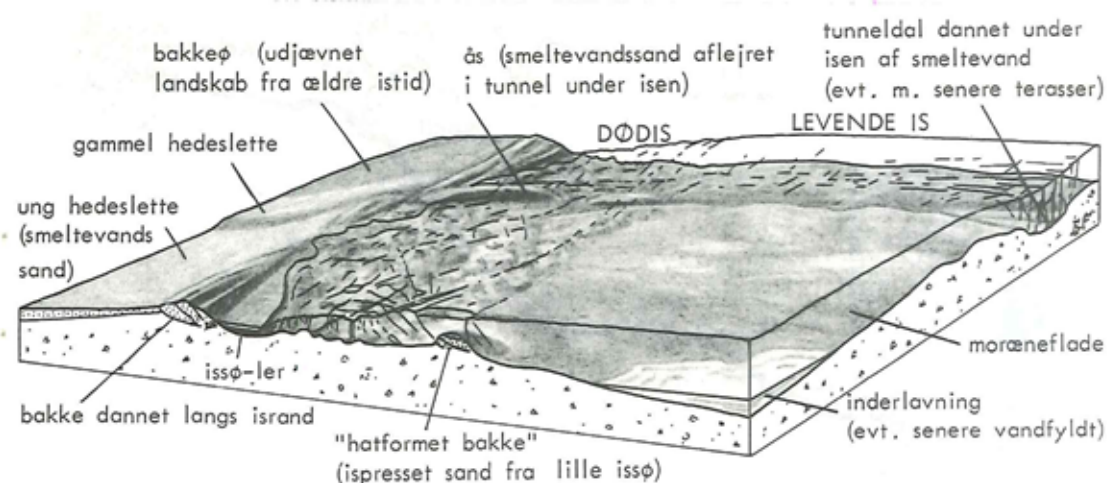


Hånd- og fodbevægelse hos en chirotherie

Under vandringen blev hænder og fødder ført næsten lige frem uden store sving til siderne og hele tiden nær sporenes fælles midterlinie. Sporstudiet viser os chirotherierne som vekselgængere, ikke pasgængere, altså: Venstre hånd, så højre fod, højre hånd, venstre fod o.s.v.

Dyrene gik sædvanligvis grundigt til værks, hele hånden og foden blev aftrykt i den tørrende mudderflade. Men løbende hast har de også kendt - så er sporenes forreste halvdel tydeligt og dybt indtrykket, mens den bageste halvdel står svagt.

Sporene fra hurtigtløbende chirotherier viser, at forbenene, eller armene, tabte i betydning efterhånden som farten blev sat op - dyrene kunne ligefrem styrte afsted på bagbenene alene. Alle chirotherierne har haft det meste af kropsvægten lagt hen over bagbenene - de var ved at blive til rent tobenede dyr.



## LANDSKAB PRÆGET AF IS OG SMELTEVAND

Orientering for artiklens læsere.

Ismassen på figuren er den bortsmeltende sidste indlandsis. Den nåede tidligere at dække det meste af landskabet. Resten er præget af en anden, endnu tidligere ismasse.

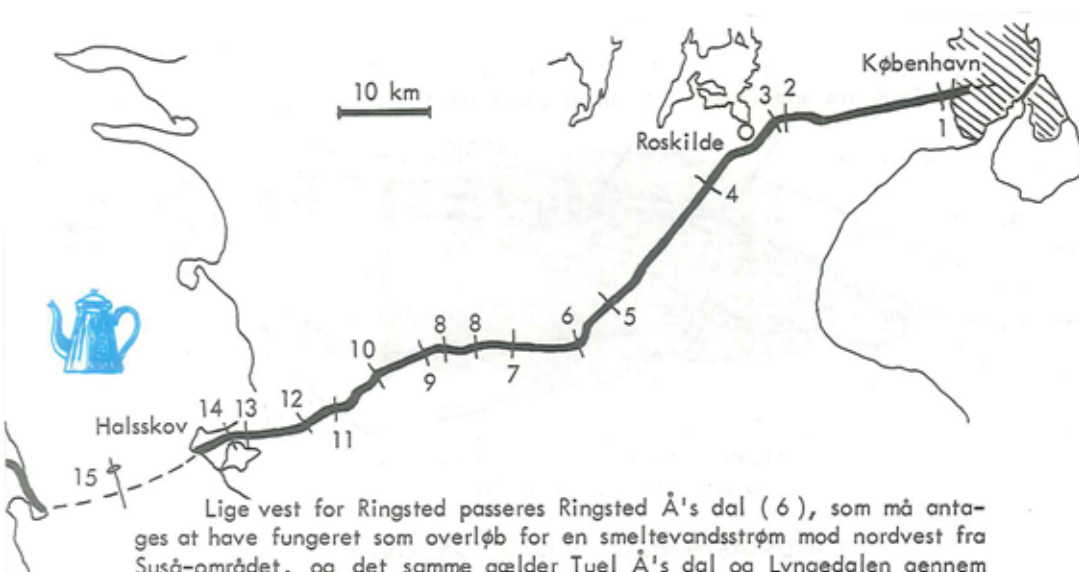
Da indlandsisen smeltede bort fra Midtjylland for ca. 17000 år siden, begyndte senglacialtiden, der varede indtil begyndelsen af postglacialtid for ca. 10300 år siden (da storskoven kom for at blive).

Motorvejen, som er ført uden om Hedehusene, bevirker, at man ikke mere ser de store grusgrave, men til gengæld passerer man lige forbi en lavning (2) nord for vejen sydvest for Fløng, hvor De Geer i sin tid foretog varvmålinger (se forrige nummer af bladet). Stedet er således næsten geologi-historisk, selv om det senere blev påvist, at målingerne var forkerte.

Lidt længere mod vest ses til højre ved Langbjerggård ruinerne af den tidligere smukke lille Langbjerg Ås (3).

Efter Karrusellen syd for Roskilde går vejen videre mod sydvest over morænefladen. Lige syd for Øm krydses en tunneldal (4), hvori Københavns Vandforsyning har nedsat mange borer, som har vist at erosionen, som udformede tunneldalen, har været så kraftig, at dalen har sin egentlige bund et godt stykke nede i den hårde undergrund.

Ved Staves Bro 5 km nordøst for Ringsted bør man stoppe eller i al fald køre langsomt (5). Man har her mod vest et vue ud over Haraldsted Langsø, på hvis bund der ifølge dybdemålinger ligger en lille ås, og ser man mod øst, har man fin udsigt på langs ad en tunneldal med terrassepartier og "åsklatter".



Lige vest for Ringsted passerer Ringsted Å's dal (6), som må antages at have fungeret som overløb for en smeltevandsstrøm mod nordvest fra Suså-området, og det samme gælder Tuel Å's dal og Lyngedalen gennem Sorø og Tuel søer (8), men det må lige nævnes, at inden vi kommer til de to sidstnævnte dale, ser vi ved viadukten ved Fjenneslev St. mod nord et stort fladt område (7), hvori der findes leraflejringer fra en meget stor senglacial sø.

Vest for Sorø passerer en israndslinie (9), som forløber omtrent nord-syd i Grydebjergskoven, hvor store isførte blokke kan ses i en fredet stenbestrøning. Den sidste gletscheris kom her fra syd op gennem Storebælt med fløje ind over Sjælland.

Ved Skovse (10), hvor den nye motorvej syd om Slagelse begynder, kan man iagttage enden af et åstrøg, som følger Gudum Å mod nordvest. Sand- og grusmaterialet i åsen er aflejret af en vandstrøm, som må være kommet fra dødis, der har ligget "lige syd for vejen".

Efter Antvorskov (11) ser man mod syd de meget fremtrædende bakker Galgebakke og Hashøj ved Slots Bjergby, og herefter ser man ned over den store skråning mod Vårby Å og den nedenfor liggende flade udformet af Storebæltsgletscheren.

Vårby Å følges på østsiden af et parallelt med åen forløbende åstrøg (12), som ses meget tydeligt syd for vejen. Vemmelev ligger på en tilsyneladende umotiveret bakke, medens det bakkestrøg, som motorvejen gennemskærer skråt (13) mellem Tjæreby og Halseby, er en meget fremtrædende israndsstilling. Det må dog bemærkes, at man ser den langt bedre ved 100 km stenen på den gamle hovedvej til Korsør.

De meget markante bakker (14), Bjerget ved Svendstrup og Højbjerg, begge nord for vejen, må nærmest sammenlignes med de jævndrengede "hatformede bakker" på Langeland. Mod syd ses Haneklint og lige ud for denne en stor flade af hævet havbund fra stenalderen. Vi ankommer så til Halsskov og kan nyde et velfortjent hvil på færgen.

ledte opmærksomheden på disse spor af, som det hed, "urgamle, store og ubekendte dyr". Året efter, 1835, fremkom der ikke mindre end 9 forslag til en tydning, blandt andet det forslag, der indeholdt navngivningen, *Chirotherium*. Ordet betyder ligefrem Hånddyret og er inspireret af fodsporenes form, der leder tanken hen på en menneskehånd. De ni forslag spændte så vidt som fra padde over krybdyr til pattedyr - de pattedyr man foreslog, var kæmpeaber, mandril-aber, pungdyr og bjørne. Men pattedyrideen viste sig snart uholdbar. Man heftede sig ved det næste forslag, at sporene skulle stamme fra en slags padde.



I 1855 tænkte man sig således sporene frembragt af en urpadde, hvis skelet man havde et spinkelt kendskab til. Fordi man opfattede den store 5'tå - altså lilletåen - som dyrets stortå (1'tåen), kom dyret på rekonstruktionstegningen til at krutte håbløst af sted på korslagte ben.

Krybdyr-muligheden var tidligt fremført, og siden blev det mere og mere almindeligt at regne med den - således er gang på gang dinosaurierne eller kæmpeøglerne ført frem som ophavsmænd.



Bagfodsspor. Det tommelfingerlignende aftryk stammer fra 5'tåen, lilletåen.



Fodsporække af *Chirotherium*. De store spor er sat af bagbenene. Bagfodssporene kunne hos forskellige arter have en længdevariation fra 3 til 30 centimeter.





# ØRKENVANDRING

af Søren Floris

Af og til kan man være heldig at finde dyrefodspor bevaret i sandstens- og skiferplader. Her skal fortælles om sporene af *Chirotherium* eller "hånddyret", sådan som navnlig tyske og amerikanske sporjægere har skildret det.

*Chirotherierne* eller "hånddyrene" levede for omkring 210 millioner år siden i de vidtstrakte tørre sandørkner, som dengang især lå hen over områderne, der skulle blive til Tyskland. Dyrene strejfede omkring, altid på færde efter føde. Småstumper af deres kilometerlange vandring findes bevaret som rækker af fodspor i sandsten, som dengang var en sandfygende ørken med spredte mudderhuller og indtørrede flodsenge med tynde krakelerede lerlag, hvor dyrene travede frem - af dyrene selv kendes ingen rester.

Beretningen om *chirotherie*-sporene viser, hvordan man i lidt ældre tid stod meget tvivlrådige og usikre over for den slags fossile spor, hvis tilhørsforhold af mange grunde kan være meget svære at få klarlagt. Man manglede endnu i forrige århundrede fuldstændigt systematiske undersøgelser af nulevende dyrs spor til sammenligning.

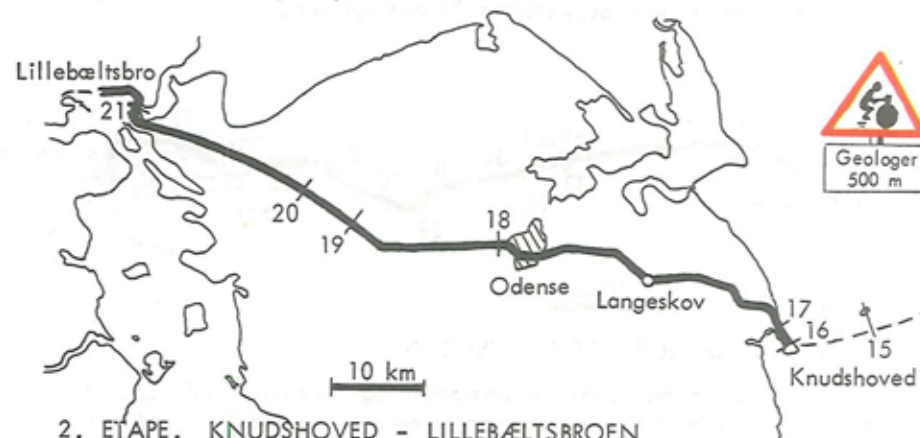
Ved spor-analyser er der nogle egentlig indlysende ting, man skal have øje for. Omtrent som jægerne i nutiden skal man se efter, om sporene er friske - om de står skarpt eller er mere eller mindre udviskede og derved har fået et andet omrids. Alle sporenes mål og egenskaber skal efterses. Man skal søge at få indtryk af, hvor blødt underlaget var, da dyret passerede - en blød bund og en halvblød bund giver forskelligt udseende spor. Det skal opklares, om man er på sporet efter langsom gang eller hastigt løb. Man skal regne med, at forben og bagben giver mulighed for forskellige spor, ligesom sporene af hanner, hunner og unger af samme dyreart kan være meget forskellige. Foruden de enkelte fodspor skal man opmåle, kortlægge, hele rækken.

De her omtalte undersøgelser af *chirotherierne*s spor er hovedsagelig udført af tyskeren Soergel (1925) samt af amerikaneren Peabody, der arbejdede med spørgsmålene i 1940'erne og 1950'erne og af amerikaneren Baird i 1950'erne.

De første fund af *chirotherie*-spor blev allerede gjort i engelske aflejringer i 1824, men det var først tyske fund i 1834, der almindeligt hen-

I bassinet vest for færgelejet i Halsskov Havn kan man muligvis se Geoteknisk Instituts boreartøjer, som har udført borearbejdet i forbindelse med projekteringen af en bro over Storebælt (Varv 1964,3).

Sprogø (15) midt ude i Bæltet markerer samme israndsstilling, som vi passerede ved Tjæreby.



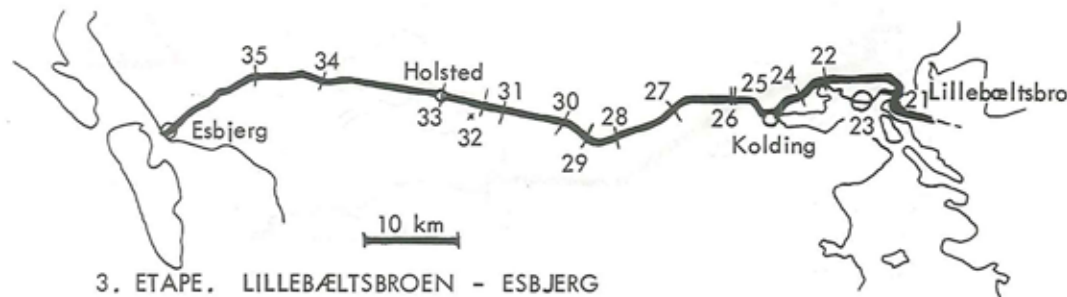
## 2. ETAPE. KNUDSHOVED - LILLEBÆLTSBROEN

Bortset fra et lille område af moræner består hele Knudshoved (16) af hævet stenalderhavbund, hvorpå motorvejen er anlagt. Først efter holtellerne ved Nyborg Strand (17) kører man op på morænefladen. Vest for Langeskov passerer et system af lange smalle senglaciale hedesletter, som har retning mod nordvest og som adskilles af lave morænerygge. Lige før Odense Amtssygehus på omfartsvejen syd om Odense krydser man Odense Å, men man har her så travlt med at følge den grønne bølge, at man ofte glemmer at se sig om. Det sker der nu heller ikke så meget ved, for selv om der er idyllisk ved Odense Å, er der ikke meget natur tilbage. Efter omfartsvejens tilslutning til den gamle landevej går turen videre op over Bolbro Bakke, og mellem Bolbro og Stegsted passerer man de sydøstligste udløbere af de nordfynske tunneldale (18). I egnen omkring Vissenbjerg (19) kan man nyde det smukke dødislandskab, men det er her næsten umuligt at udpege enkelte bakker.

Ved Fjelsted (20) ligger der adskillige grusgrave, hvoraf en meget stor lige nord for hovedvejen. Der er fra dette område leveret store mængder grus til vejbygning i de senere år. Uden større oplevelser går turen videre, og vi når snart Lillebæltsbroen (21). Opførelsen af denne må geologisk betegnes som en milepæl, fordi det egentlige samarbejde mellem geologi og teknik i Danmark startede her. De store strømpiller skulle fundes direkte i det meget fede tertiære Lillebæltssler, og det gav mange spekulationer. Man måtte jo af hensyn til broens stabilitet være sikker på,

at sætningerne ville blive nogenlunde ensartede. Målinger gennem årene har vist, at pillerne har sat sig lidt forskelligt, men indenfor den ventede størrelsesorden. Det kan således nævnes, at totalsætningen for en af strømpillerne ifølge oplysning fra D.S.B. beløber sig til 48 cm.

Vest for broen er en højspændingsledning ført over bæltet i en stor bue, og mod øst ser man begyndelsen til den nye bro.



### 3. ETAPE. LILLEBÆLTSBROEN - ESBJERG

Vi er nu kommet over på fastlandet og fortsætter mod vest. Ved Gudsø (22) strejfer vi Elbodalen, som er en stor tunneldal, og kort efter når vi Jydekroen. Det kan stærkt anbefales at stoppe enten her eller lidt længere fremme ved Galgebakken, hvor der er store vigepladser på begge sider af vejen. Udsigten over Gudsø Vig er meget smuk, og ingen vil være i tvivl om, at man står over for en inderlavning. I det fjerne ses Skærbækværket (23), hvor enorme mængder danske brunkul er anvendt til produktion af elektricitet.

Lige før Nr. Bjert (24) går vejen i store sving ned over en dal, som er en fortsættelse af Eltang Vig, og lidt vest for Nr. Bjert følger en ny dal, som faktisk ligger i forlængelse af Elbodalen. Vejen er her ført over jernbanen på en morsom måde med et koket lille sving. Umiddelbart vest for banen er der på sydsiden af vejen en græsklædt morænelerskrænt med meget fint udviklede "fårestier" (smalle parallelle skredterrasser). Videre kommer vi til den store tunneldal, hvori Kolding ligger, og drejer vest på langs med tunneldalen.

Ved Harte Kirke (25) kigger vi mod syd. På marken her, nogle få hundrede meter syd for vejen udførtes i 1936-37 den berømte Harteboering, hvor det for første gang lykkedes at gennembore kridtsystemets aflejringer i Danmark (bortset fra Bornholm). Boringen nåede 1096 m dybde, hvoraf de sidste 150 m var boret i lag fra triasperioden.

Sydvest for Harte Kirke passeres kanalen, som fører vandet fra Stallerup Sø til kraftstationen ved Påby. Der er her (26) en imponerende udsigt mod sydøst ned mod tunneldalen, hvori Kolding Å løber.

af den rene chromit. På denne måde er det maximale krom-indhold som kan opnås, naturligvis begrænset af selve chromitens kemiske sammensætning. Sammenlignes den kemiske sammensætning for chromiten fra Fiske-næsset med betingelserne ved de omtalte anvendelsesmuligheder ses det umiddelbart, at kvaliteten ikke er særlig god, idet krom-jern forholdet er 1:1 og  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -indholdet kun er 34 %. På grund af mangel på god malm i verden er der dog ved at ske en ændring af metalindustriens krav til malmens sammensætning. Således kan det nævnes, at man i Finland i øjeblikket forbereder oparbejdningen af en krommalm, der nogenlunde svarer til den grønlandske.

Er krom-indholdet i den grønlandske malm forholdsvis lavt, er der til gengæld et relativt højt indhold af vanadium, et meget eftertragtet grundstof, som anvendes i stållegeringer, der stiller krav til særlig stor hårdhed og modstandsdygtighed.

### KAN DEN GRØNLANDSKE MALM UDNYTTES ?

På nuværende tidspunkt er det ikke muligt at svare på dette spørgsmål. Mere indgående undersøgelser er absolut nødvendige før en endelig vurdering kan foretages. Selvom den hidtil kendte malm er af forholdsvis ringe kvalitet, er det muligt, at man kan finde malm med gunstigere kemisk sammensætning, da der er store områder mellem Fiske-næsset og indlandsisen, som endnu ikke er undersøgt, men hvor de chromit-førende strøg synes at fortsætte. Størrelsen af forekomsterne er betydelig og kan på grund af den geologiske opbygning sammenlignes med nogle af de største i verden. Beliggenheden på en strækning af Grønlands vestkyst der er isfri hele året må betegnes som gunstig, især med henblik på naboskabet til U.S.A., der må dække næsten hele sit krom-forbrug ved import, hovedsagelig fra det politisk ustabile Sydafrika, hvis afstand fra U.S.A. desuden medfører store transportomkostninger.

Interessen i udlandet for den nye chromit-forekomst i Grønland har været betydelig, og allerede i efteråret 1966 har et udenlandsk selskab ladet indsamle et større antal prøver til analyse og til oparbejdningsforsøg. Den nye grønlandske minelov åbner mulighed for koncessioner på meget gunstige betingelser for koncessionshaverne, og man må fra dansk side være interesseret i, at et kompetent mineselskab med stor erfaring på dette specielle felt og med den til et så stort projekt nødvendige kapital i ryggen tager sig af den videre udforskning af forekomsterne. Derved skulle man kunne sikre, at en minevirksomhed kun kommer i gang, for så vidt rentabilitetsberegninger ud fra forretningsmæssige principper tilskynder til en udnyttelse. Den nuværende viden, som man har om de grønlandske chromit-forekomster efter de foreløbige undersøgelser, må siges at opmuntre til en investering i yderligere undersøgelser.

*Martin Ghisler*



## MALMENS SAMMENSÆTNING

Af afgørende betydning for en vurdering af malmens kvalitet er naturligvis dens sammensætning og først og fremmest indholdet af krom. Desuden spiller andre bestanddele afgørende ind for malmens anvendelsesmuligheder. Især er forholdet mellem krom og jern vigtigt.

MINERALET CHROMIT er sort, massefylde 5, hårdhed  $5\frac{1}{2}$ , formel:



Grundstofferne i hver parentes kan optræde med indbyrdes varierende mængdeforhold (magnesium, jern-krom, jern, aluminium).

Krommalmen fra Fiskeræsset indeholder i gennemsnit 40% chromit, men adskillige steder når man dog helt op på 80%. (Ved malm forstår man den bjergart, som skal "graves op", og som foruden chromit indeholder "urenheder" i form af andre, økonomisk betydningsløse mineraler).

Chromitens kemiske sammensætning varierer noget i området, men er i gennemsnit følgende:

(I analysen angives ilter af de pågældende grundstoffer)

|           |                         |                               |
|-----------|-------------------------|-------------------------------|
| Krom      | $\text{Cr}_2\text{O}_3$ | 34 %                          |
| Jern      | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 34 % (det totale jernindhold) |
| Aluminium | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 24 %                          |
| Magnesium | $\text{MgO}$            | 6 %                           |

Desuden er der blandt andet et indhold af vanadium-oxid på 0.3 - 0.5 %, som muligvis kan spille en rolle ved bedømmelsen af udnyttelsesmulighederne.

## HVAD KAN KROM-MALM BRUGES TIL ?

Krommalm finder sin vigtigste anvendelse i metalindustrien, hvor krom indgår i forskellige metal-legeringer, som derved bliver særlig hårde og modstandsdygtige over for syre, varme m.m. (jvf. forkromning af biler). Malmen skal indeholde 45-50 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  og have et krom-jern forhold på 3:1. Krommalme af ringere kvalitet anvendes fortrinsvis til ildfaste materialer og i den kemiske industri (farvning, bejdning, garvning). Den bedste krommalm til metallurgiske formål er kostbar og betales med godt og vel 200 kr per ton, mens de dårligere malme kun giver ca. halvdelen deraf.

## MALMENS KVALITET

En krommalm kan oparbejdes og forbedres ved forskellige metoder, for eksempel kan urenhederne fjernes på grundlag af forskellen mellem mineralernes magnetiske egenskaber, således at malmen kommer til at bestå

Ca. 12 km fra Kolding, lige før vejen krydser Åkær Å, er der en lille vigeplads på nordsiden af vejen, og her findes en kilde (27), som man har trimmet og forsynet med strålespids, så den er blevet til et nydeligt lille springvand.

Åkær Å løber gennem et stort område, som består af smeltevandssand, men den har skåret sig gennem dette og ned i det underliggende moræneler. Passerer man her en tør sommer, vil dette ses meget tydeligt, idet græsset er vissent og tørt på den øverste del af skræningerne, som består af sand, medens moræneleret på skræningernes nedre del er dækket med saftigt grønt græs.

Ved Anst ligger hovedvandskellet lidt øst for sidste istids hovedopholdsline, som forløber mellem Anst og Gamst (28), og vi kommer nu til et område med store senglaciale flodsletter. Isen har ganske vist strakt sig længere mod vest end til sin hovedopholdsline, næsten til Holsted, hvad fund af talrige medførte basaltblokke viser, men landskabet bærer ikke præg af isen.

Vi passerer Vejen Å ved Anst Bro og fortsætter langs med åen med udsigt mod nord over en ung hedeslette (29). Lige efter krydset med vejen til Løborg følger en anden ældre hedeslette (30), som ligger på et ca. 10 m højere niveau. Denne slette, hvori den store Vejen Mose ligger, hører til Holsted Å hedeslette. På den videre tur ser man mod nord ud over hedesletten og den bagved liggende Lindknud Bakkeø.

Ved Brørup (31) er der ved boring fundet adskillige interglaciale moser, dækket af op til 8 m arktisk flydejord.

Måske trænger man nu til et lille ophold, og det kan da anbefales at dreje fra hovedvejen mod syd lige efter Brørup Kirke. Man kommer så et par km fremme til den store is-transporterede Tislundsten, som bestemt er et besøg værd. Man kan køre lige hen til den, og stedet er fortræffeligt som rasteplads (32).

Vel tilbage på hovedvejen fortsættes til Holsted (33), som ligger på en ganske smal hedeslette flankeret af bakkeøer både mod nord og syd. I byens vestlige udkant ses en tydelig erosionsskrænt på vejens nordside. Resten af turen går gennem et typisk vestjysk landskab med afvekslende flade bakkeøer og hedesletter. Ved Endrupholm passerer Sneum Å med en bred senglacial hedeslette (34). Der er her anlagt en mængde ørreddamme. De springvand, man ser i dammene er kunstigt frembragt ved opstemning af åen. Ved Kors Kroen er bakkeøen så flad, at man her har påtænkt at anlægge en flyveplads (35).

Esbjerg ligger nu lige forude, og turen er slut.

*Paul Simonson*

# KROM-MALM

## i Grønland

AF MARTIN GHISLER



Foto K.Gormsen, G.G.U.

Figur 1.



De første prøver af chromit (=kromjernsten) blev opdaget i foråret 1965 blandt materiale indsamlet den foregående sommer af Grønlands Geologiske Undersøgelse i området omkring udstedet Fiskeråset på Grønlands vestkyst (figur 1). Man sendte omgående et geolog-hold derop for at undersøge, om forekomsterne havde større udbredelse og for at samle yderligere malmprøver til analyse. Resultatet var en høst på ca. 200 prøver krommalm, indsamlet i et 600 km<sup>2</sup> stort område (svarende til Bornholms areal), og efter endnu en sommers arbejde i 1966 har man nu et ganske godt indtryk af forekomsternes størrelse og malmens kvalitet. De foreløbige resultater af undersøgelserne er nu offentliggjort i en rapport udsendt af Grønlands Geologiske Undersøgelse (G.G.U.).



Foto M.Ghisler, G.G.U.

Figur 2.

### HVORDAN FOREKOMMER MALMEN ?

Malmen findes som mørke "lag" (figur 2) i en hvid bjergart, kaldet anorthosit, som væsentligst består af feldspat. Anorthositen danner 200 m til 2 km brede, lyse striber (figur 1), som i et snoet forløb kan følges over mange tital af kilometer i et skærgårdslandskab, der hovedsageligt er opbygget af gnejs. Malmagene er sandsynligvis dannet ved, at mineralerne ved afkøling af en smelte er udkrystalliseret således, at chromiten på grund af sin forholdsvis store massefylde har koncentreret sig på bunden i forhold til de lettere mineraler. Siden dannelsen for over 2½ milliard år siden er bjergarterne blevet metamorfoseret, det vil sige omdannet på grund af ændringer i temperatur- og trykforhold, og desuden er de blevet foldet flere gange. Blandt mineralerne har kun chromiten kunnet "overleve" disse påvirkninger, og den kan derfor i dag hjælpe os til en forståelse af bjergarternes oprindelige udseende og dannelsesmåde i området. Krommalmen fremtræder nu som stejltstående lag, der kan følges mere eller mindre sammenhængende nogle kilometer ad gangen. De er gennemsnitlig et par meter brede, men kan takket være de gentagne deformationer variere i bredde fra 10 cm til 20 meter.