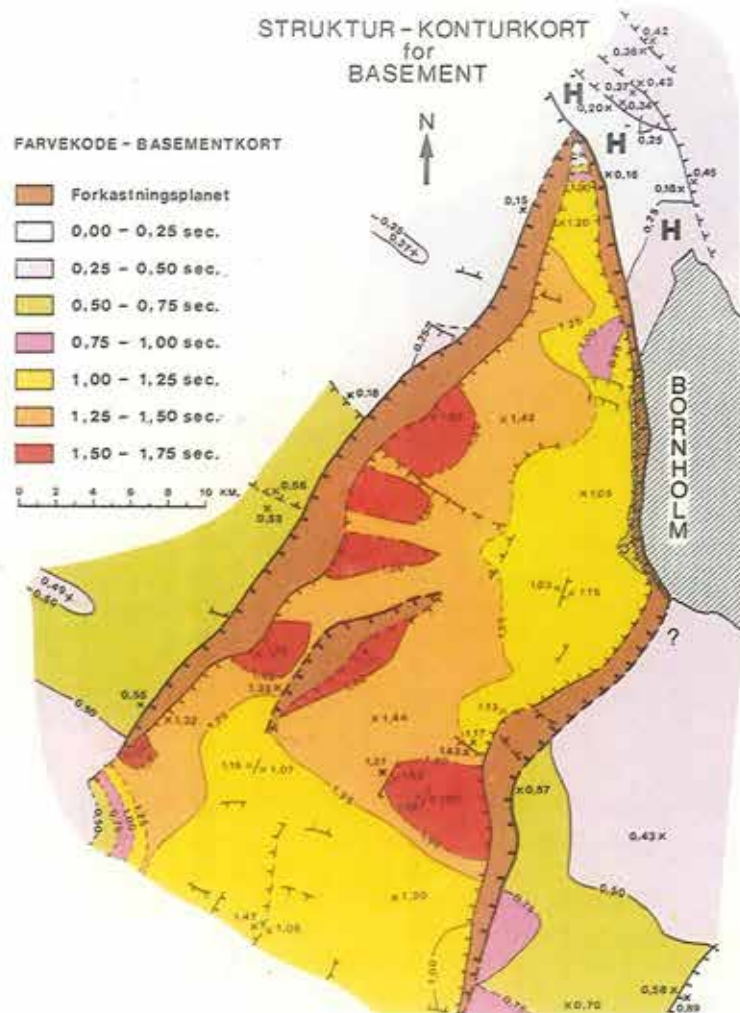
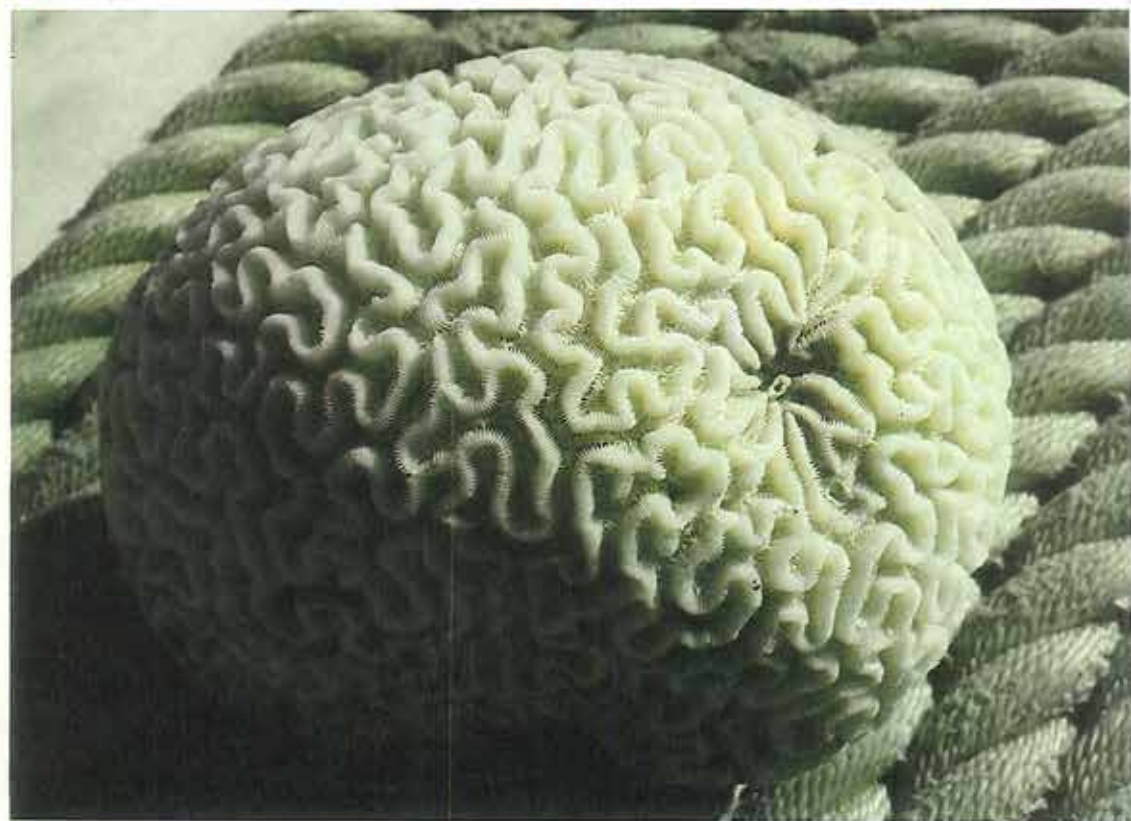




Figur 3. Strukturkort, der viser dybden til grundfjeldet målt i tid (lydhastigheder). Større tal betyder derfor generelt større dybde.



BILLEDET HEROVER VISER EN HJERNEKORAL ! LEVENDE HJERNEKORALLER MØDER MAN BLANDT ANDET UDEN FOR OMAN'S KYST. VARV HAR EN BERETNING FRA STRANDENE VED OMAN. - DET SYDLIGE KATTEGAT ER SEJLET TYNDT AF FREDNINGSSTYRELSEN, OG VI BERETTER OM NOGLE RESULTATER. MENS VI ER TIL SØS, HAR VI OGSÅ NYT FRA FARVANDET VEST FOR BORNHOLM - FRA RØNNE GRAVEN. WOLFRAM ER ET NYTTIGT GRUNDSTOF - MEN HVOR OG HVORDAN FINDER MAN DET ? - VARV GIVER OPSKRIFTEN ! OG SÅ SER VI LIDT PÅ LAGDELTE MAGMABJERGARTER. ER DET NU RIGTIGT, AT KRYSTALLERNE ER SUNKET TIL BUNDS, LAG EFTER LAG. ER TYNGDEKRAFTEN OG MINERALERNES VÆGTFYLDE NOK ?



I slutningen af Januar har postvæsenet sendt giroindbetalingskort ud til VARVs abonnenter. Vi håber, du har fået indbetalingskortet, - hvis ikke, så bedes du kontakte Anita på adressen herunder. Af hensyn til planlægningen beder redaktionen om, at indbetalingen af abonnement sker snarest muligt - tak.

Der er nu udarbejdet en kladde til et generalregister fra 1975 - 1984. Men en række henvendelser synes at vise, at der er stor interesse for et register, der omfatter samtlige årgange fra 1964. Det vil vi se lidt nærmere på og håber så, at vi i løbet af året kan få udarbejdet et samlet generalregister.

Til næste nummer af VARV har vi bl.a. en artikel om de geologiske forhold på Koster øerne i den vestsvenske skærgård og om geo-elektriske undersøgelser i forbindelse med kortlægning af råstofforekomster på land.



Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Centralinstitut, Øster Voldgade 10, DK-1350 København K. Telefon: 01 - 11 22 32

Kontor: Anita Ege, mandage 9-16. Andre dage kan henvendelse ske til Steen Sjørring.

Redaktion: Valdemar Poulsen (ansvarshavende), Asger Berthelsen, Jens Konnerup - Madsen, Steen Sjørring og Sven Laufeld (Sverige).

Renskrift: Gitte Sjørring

Montage: Jens Konnerup - Madsen og Steen Sjørring

Repro & Tryk: Rosendahls Bogtrykkeri, Esbjerg

VARV udkommer fire gange årligt. Prisen er 60 kr. i abonnement i 1985. Abonnement tegnes ved at indsende beløbet til VARV, Postgiro 9 06 88 80 eller 50 Skr. til VARVs svenske postgirokonto 4388-5.

Adresseændringer eller fejl ved bladets levering bedes meddelt postvæsenet.  
© 1985 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter aftale.



Figur 2. Kortet angiver placeringen af profilerne i figur 1. Endvidere er den omtrentlige placering af Rønne-graven vist.

Strukturkortet, fig. 3, er et resultat af de tolkede profiler og viser et kileformet bassin, hvor underlaget er nedforkastet. Ved sammenligning med fig. 1 ses, hvor og hvornår indsyknningen var størst: Tiltagende lagtykkelser viser størst indsykning og størst sedimentation. Fra profilerne i fig. 1 ses, at indsyknningen i Trias var størst i gravens vestlige del og mest mærkbar i den sydlige sektor, hvor graven har en bredde på næsten 30 km og en dybde til Prækambriet på over 5 km.

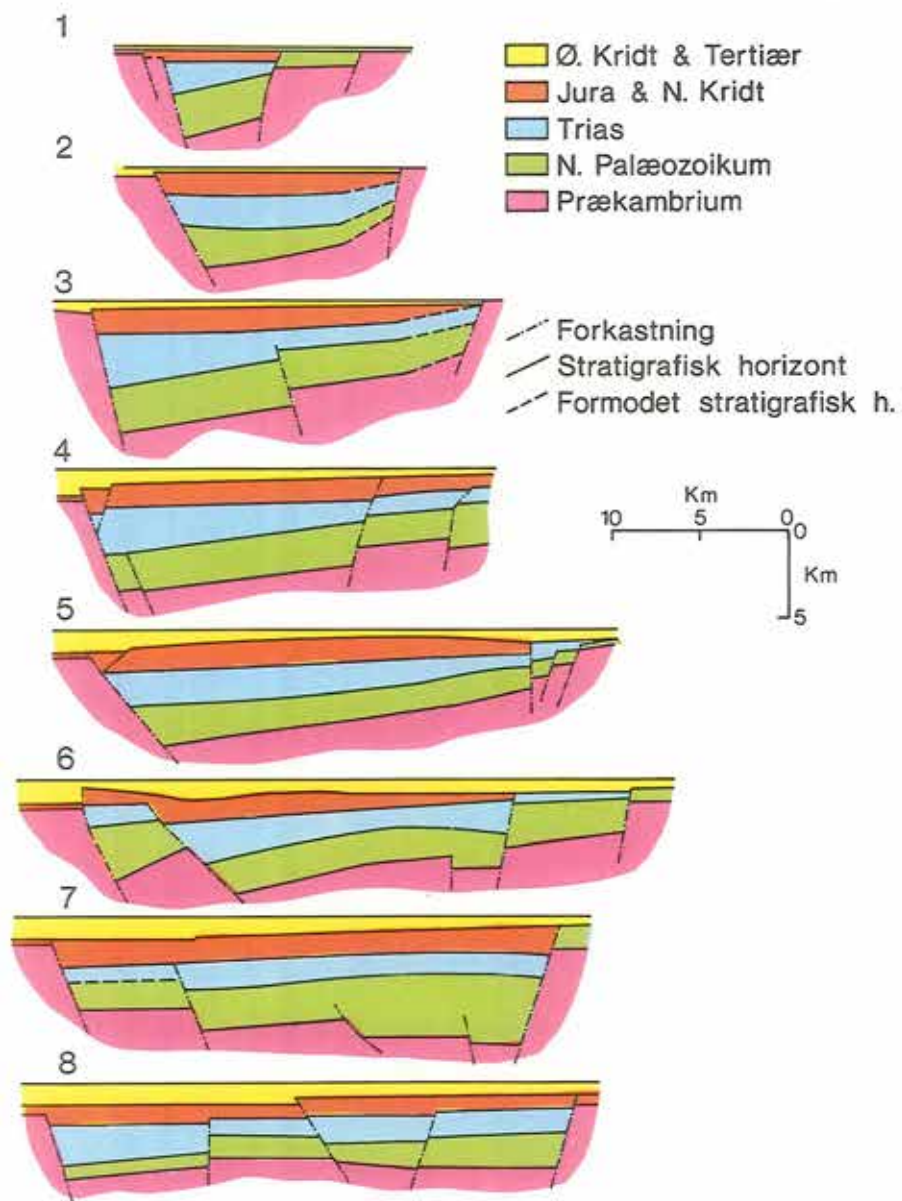
Fig. 3 viser dybder fra havoverfladen til Prækambriet i sekunder for envejstiden, den halve tid for en lyd-bølge fra den udsendes til den atter registreres. Er lydhastigheden i de enkelte lag kendt, kan metertykkelsen beregnes. Større værdier på kortet viser derfor generelt større dybder.

På kortet er de mest markante forkastninger indtegnet, og bl.a. er Hammerhorsten (angivet med 'H') indtegnet. Sammen med Bornholm viser Hammerhorsten gravens østlige begrænsning. I sydlig retning bliver forkastningsmønsteret mere diffust og retningerne mere uregelmæssige. I den centrale del af bassinet, som er gennemsat af forkastninger med vekslende springhøjder og orienteringer, er den generelle orientering dog NNØ-SSV, svarende til vestkyst-orienteringen af Bornholm.

#### Konklusion

Bassinudviklingen i Rønne Graven har formodentlig fundet sted fra Nedre Palæozoikum til ind i Øvre Kridt. Sedimentationen fortsætter indtil slutningen af Jura/Nedre Kridt, hvorefter sammenpresninger finder sted. Bevægelserne i bassinet kan sandsynligvis sættes i forbindelse med Kaledonisk og Hercynisk tektonik, som omkring Bornholm førte til bassinudvidelse og indsykning. Påvirkninger fra den Alpine foldning har sandsynligvis resulteret i kompression af bassinet.

Yderligere undersøgelser af området, især undersøgelsesboringer, ville være ønskelige, da det kunne give et meget sikrere kendskab til lagfølgen og strukturerne i bassinet.



Figur 1. Øst-Vest - gående profiler gennem Rønnegraven. Profilerne placering fremgår af figur 2.

# Hvad skjuler Kattegat?

af Poul Erik Nielsen og Esben Møller Nielsen

Fredningsstyrelsen har siden 1979 udført seismiske undersøgelser og prøveoptagninger i store dele af de indre danske farvande (fig. 1). Selv om sigtet primært har været at kartere forekomster af sand, grus og sten på havbunden, er der indsamlet store mængder data, som kan bidrage til at udvide kandskabet til de havdækkede områders geologiske opbygning. I det følgende belyses nogle foreløbige geologiske resultater fra en undersøgelse i farvandet mellem Lysegrund og Nordsjællands kyst.



Figur 1. Fredningsstyrelsens undersøgelser i de danske farvande. Det aktuelle område er vist med rødt.



Figur 2. Sejlíníekort med angivelse af de udførte borer.

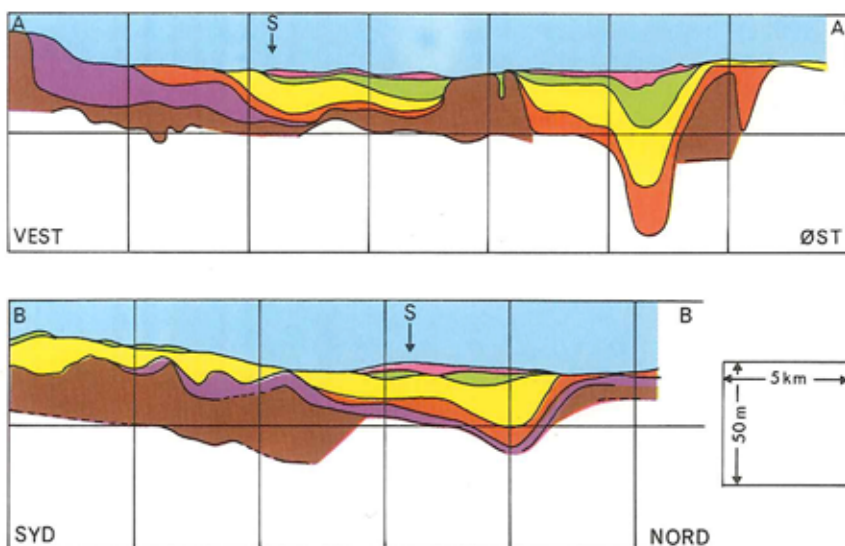


## Farvandet ud for Nordsjællands kyst

Der er i området sejlet ca. 800 km seismiske linier med anvendelse af ekkolod, pinger, boomer og sidescan (fig. 2). Som støtte for tolkningen af de seismiske profiler er der udført 14 borer og et større antal grab- og faldprøveoptagninger. (I VARV nr. 1, 1984 er de forskellige undersøgelsesmetoder beskrevet).

## Undergrunden

Undersøgelsesområdet ligger umiddelbart vest for den Fennoskandiske randzone, som forløber gennem Sydsverige, tæt forbi Nordøstsjælland og Vendsyssel mod nordvest. Zonen danner grænsen mellem det Fennoskandiske skjold og det dansk - polske bassin. Længs zonen har der været, og sker der stadigvæk tektoniske bevægelser, som har dannet flere markante forkastningsstrukturer. Et interessant eksempel er f.eks. Alnarp-Esrum-dalen, der strækker sig gennem Sydsverige tværs over Øresund til Nordsjælland frem til det sydlige Kattegat, hvor dalens form udviskes.



Figur 3. Geologiske profiler gennem undersøgelsesområdet. Profilernes placering er vist i fig. 2. Farverne angiver følgende lag: Rødt er nutidige aflejringer, grønt er postglaciale aflejringer, gult er senglaciale sedimenter og orange er senglaciale yngre Yoldialer. Den 'norske moræne' er vist med lilla og den ældre moræne er vist med brunt. Præglaciale lag, fortrinsvis kalk, er uden farve. Pil med 'S' over profilerne angiver den omtrentlige placering af skæringslinien mellem de to profiler.

# RØNNE GRAVEN

af Søren Nielsen

Danmark er som bekendt omgivet af vand til næsten alle sider, men det har ikke altid været tilfældet. I perioder har Danmark været 'oven vande', i andre helt druknet under havet. Disse niveauforandringer er registreret flere steder, også omkring Bornholm, og refleksionsseismiske profiler fra området vest for Bornholm afslører de skiftende geologiske begivenheder inden for de sidste 500 mill. år. Den følgende beretning bygger på tolkningen af seismiske data, nemlig 22 seismogrammer optaget for Dansk Borelskab i 1975 og 1976, og grundlaget er en rapport udformet af Lone Beck, Torsten Fuglsang Bliksted, Ole Engell-Sørensen og Søren Nielsen i forbindelse med undervisningen ved Aarhus Universitet.

I seismogrammerne er de tydeligste 'linier' anvendt som reflektorer. Det er grænser, hvor lyden skifter hastighed, en ændring der er betinget af, at bjergarten skifter karakter, f. eks. kornstørrelse eller vægtfylde. Fra Rønne Graven er der registreret 4 tydelige reflektorer, der - ud fra kendskabet til lagserien på Bornholm - er tolket som vigtige geologiske grænser.

## De 4 hovedreflektorer

**Reflektor 1** fremtræder som en grænse mellem ulagdelte og lagdelte bjergarter henholdsvis under reflektoren og over. Den seismiske ensartede masse under grænsen anses for at være grundfjeldet og lagene over menes at tilhøre Nedre Palæozoikum.

**Reflektor 2** tydes som grænsen mellem Nedre Palæozoikum og Trias. Lagene under reflektor 2 optræder med en næsten konstant tykkelse, der dog i flere af seismogrammerne (og på profilerne) tiltager i tykkelse mod vest. I fig. 1 (profil 1 - 8) ses, at både reflektor 1 og reflektor 2 er forkastede.

**Reflektor 3** menes at adskille Trias og Jura/Nedre Kridt. Denne reflektor er ikke så tydelig som de øvrige, men viser dog stadig tiltagende lagtykkelse mod vest og forkastninger, - tegn på, at bassinet stadigvæk var under indsynkning.

**Reflektor 4** repræsenterer grænsen mellem Jura/Nedre Kridt og Øvre Kridt. Umiddelbart over reflektor 4 viser lagene et tæt mønster på seismogrammerne og som noget nyt optræder der overskydninger i lagene. Det sidste betyder, at indsynkningen må være afløst af horisontelle sammenpresninger.

# VARVs Læserservice

## GEOLOGI FOR ENHVER

Geologi for enhver er titlen på en ny bog, der er skrevet af Jens Morten Hansen, ansat ved Danmarks Geologiske Undersøgelse. Bogen informerer i overskuelig form om de seneste års forskningsresultater navnlig indenfor kortlægningen af landets grundvands-, olie- og gasforekomster.

Opbygningen af Danmarks undergrund anskues på en 'ny' måde, hvor de øverste og yngste lag behandles først. Derved føres man tilbage i tiden fra Stenalderen til dannelsen af grundfjeldsstrukturene, der danner underlaget for Danmark. Særlig vægt lægges der på de danske råstoffer og deres opståen. Bogen henvender sig til alle, der vil have indsigt i baggrunden for dannelsen og fordelingen af vore råstoffer, forhold, der har direkte indflydelse på vor dagligdag. VARV kan kun anbefale GEOLOGI FOR ENHVER, som kan bestilles gennem boghandleren eller direkte fra:

C.A.Reitzels Boghandel  
Nørregade 20  
1045 København K

Bogen er indbundet, 88 sider og med mange billeder, de fleste i farver, prisen er 98 kr.

Kender du DANSK NATUR – DANSK SKOLE ? Det er en forening, som er stiftet i 1931. Foreningen arrangerer årligt en række møder og ekskursioner og afholder normalt et 3-5 dages sommerkursus, alt under kyndig og faglig vejledning. Foreningens formål er at fremme respekten for naturen, dels ved at stimulere interessen for det danske landskabs geologi, plantevækst og dyreliv, dels ved at skabe forståelse for samspillet mellem de levende væsener og deres livsvilkår.

DANSK NATUR – DANSK SKOLE udgiver et Årsskrift, der i gode artikler beretter om geologi og biologi i Danmark. Årsskriftet er normalt på 100-150 sider. Man kan blive medlem af foreningen ved henvendelse til adressen herunder, kontingentet er i 1985 kun 80 kr.

Foreningen sælger for tiden ud af ældre årgange til fordelagtige priser. Hele sæt af de for tiden ikke udsolgte årsskrifter, i alt 17 stk. koster 150 kr, enkeltnumre koster mellem 10 og 25 kr.

Henvendelse om medlemskab og køb af Årsskrifter kan ske til foreningens kasserer:

Lektor Ellen Bahnson  
Gærdebred 20  
2300 København S  
Tlf.: 01 58 05 56

Underlaget for istidsdannelserne består hovedsagelig af Danien kalksandkalk, enkelte steder overlejret af yngre paleocæne sedimenter. Områdets opbygning er dog mere kompliceret end først antaget, idet seismiske undersøgelser sammenholdt med andre informationer antyder, at prækvartæret i den nordlige del af undersøgelsesområdet kan bestå af skråtstillede jurassiske lerede bjergarter. Den meget markante reflektor, som normalt karakteriserer toppen af kalken, erstattes her af reflektorer, som har en udpræget lighed med de reflektorer man normalt finder i moræner.

Endelig viser orienteringen af store morænelers lignende rygge en udpræget lighed med forløbet af større dybereliggende forkastningssystemer.

## Istidens aflejringer

De foreløbige undersøgelser tyder på, at der i området findes aflejringer fra de to sidste istider Saale og Weichsel. Forløbet af de seismiske reflektorer antyder, at der ved slutningen af Saale fandtes et meget kuperet terræn (fig. 3). Bakkerne var ofte orienteret nordvest-sydøst, og det kan som tidligere nævnt ikke afvises, at deres forløb er bestemt af dybereliggende tektoniske strukturer, og at de kan indeholde aflejringer af prækvartær alder.

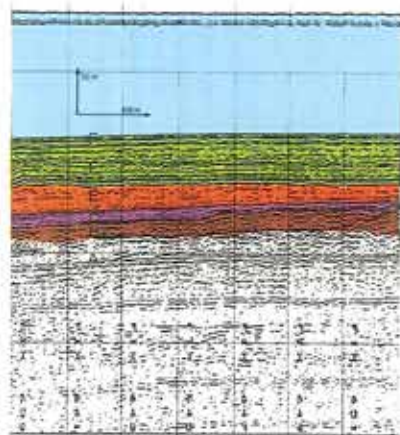
Undersøgelserne langs Nordsjællands kyst viser, at de ældste aflejringer fra Weichsel består af moræner (den 'norske moræne') indeholdende foraminiferer, som menes at være omlejret fra det nordfor liggende Skærumhede-hav. Aflejringer fra dette hav, som eksisterede tidligt i Weichsel, kendes fra store dele af Vendsyssel.

Den norske moræne der tildels består af omlejret Skærumhede-havs sedimenter er ofte atypisk og kan stedvis ligne en ren stenfri havaflejrning. Morænen, som kan ses i klinterne ved Hundested, danner havbund i store dele af undersøgelsesområdet, og kan stedvis følges til en afstand af 10 til 15 km ud fra kysten, hvor den overlejres af yngre sedimenter (fig. 3). I området mellem Hesselø og Lysegrund er morænen konstateret i en dybde af 8 m under havbunden og ligger tilsyneladende konformt på det ældre Saalelandskab.

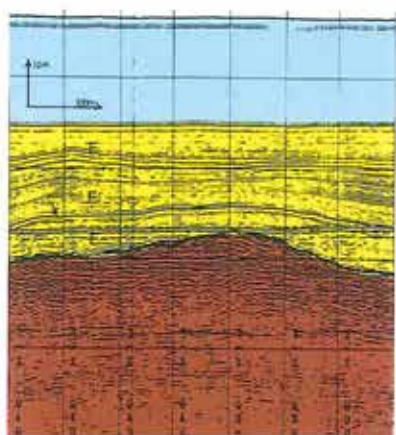
Det er ofte vanskeligt på de seismiske registreringer at skelne denne type moræner fra rent marint ler, fig. 4, og det kan derfor ikke afgøres, om Skærumhede-havet har haft en sydlig gren ned i området.

Det er endnu ikke lykkedes med sikkerhed at finde moræneaflejringer fra de yngre isfremstød i Weichsel. Ved Hesselø og på Lysegrund er der konstateret højtliggende moræner, men datakvaliteten tillader ikke en nærmere stratigrafisk placering.





Figur 4. Seismisk profil fra den nordlige del af området. Farver som i fig. 3. Den tynde 'norske moræne' viser næsten samme karakteristika som lagdelt silt og ler.



Figur 5. Seismisk profil fra den centrale del af området. Samme farver som i fig. 3. Bemærk reflektoren som markerer to-delningen af de senglaciale sedimenter.

Kurvebilledet omkring Lysegrund udviser mange ligheder med en hedeslette, nemlig et markant toppunkt mod nordøst og en bred jævn skråning mod sydvest. Toppunktet skulle i givet fald markere udmundingen af en gletscherport opstået i en nordøst for liggende ismasse, men manglen på andre morfologiske karaktertræk i området efterlader dog stadig den mulighed, at der er tale om et postglacialt akkumuleringsflak dannet ved erosion af en opragende morænelersknold.

#### Senglaciale aflejringer

De senglaciale marine aflejringer udfylder helt eller delvis de glacial bassiner og rendesystemer. Sedimenterne består oftest af lagdelt ler og silt, tilsyneladende med et stigende sandindhold mod toppen.

På de seismiske registreringer aftegner de senglaciale sedimenter sig med fine parallelle reflektorer, svarende til de skiftende ler-siltlag. Reflektorerne følger oftest underlagets konturer (fig. 5). Internt findes en meget markant reflektor, som ofte kan følges over store afstande. Det må antages, at reflektoren udtrykker en ændring eller et ophold i sedimentationen, og derfor markerer en klar to-delning af det senglaciale sedimentationskompleks.

en beregning. Ligeledes kendes størrelsen af de andre parametre i ligningen og så kun med en vis nøjagtighed, så beregninger som disse er behæftet med en ofte stor usikkerhed, men viser at xenolit B er sunket ned gennem magmakammeret med en 10 gange så høj hastighed som xenolit D. Xenolit B kan være faldet ned gennem magmaet med en hastighed på ca. 50 cm i sekundet. Det betyder, at xenolit B vil have været omkring en halv time om at synke fra loftet af magmakammeret ned til dens nuværende plads, medens xenolit D vil have været ca. 10 gange så lang tid om det. Så hvis de to xenolitter begyndte at synke ned på samme tid må laget C derfor være blevet dannet i løbet af 4-5 timer.

Tilsvarende beregninger som de her foretagne på andre lagdelte intrusioner giver andre resultater. Medens resultaterne fra Fongen-Hyllingen intrusionens xenolitter siger, at dannelsen af det 2.5 cm tykke lag C kun tog 4-5 timer, viser tilsvarende udregninger fra Skærgaard-intrusionen, at en tilsvarende lagtykkelse ville være omkring 45 dage om at blive dannet. Sådanne forskelle i resultater viser, at en række af de processer, der er involveret i bjergarternes dannelse, endnu ikke helt kan sættes på formler og give entydige svar.

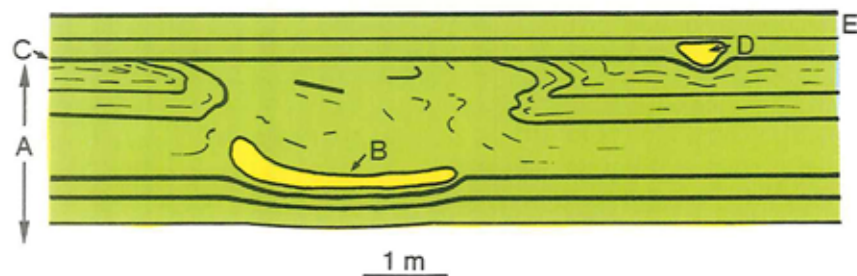
Måske er noget af charmen for en geolog ved at arbejde med plutonske bjergarter, at processerne ved deres dannelse ikke kan observeres medens de foregår. Dette giver dog plads for spekulation, teorier og kontroverser. Oprindelsen af lagdelte intrusioner er et af den magmatiske petrologis omstridte emner.



Figur 7. Lodretstående enhed, der viser lagdeling i fin skala fra Fongen-Hyllingen-komplekset. Til højre for hammeren ses et ca. 3 cm tykt bølgende lag, der danner underlaget for små truglignende strukturer. Opad er til venstre. De mørke lag består hovedsagelig af lettere omdannet (serpentiniseret) olivin, og de lysere lag fortrinsvis af den mere modstandsdygtige plagioklas.



er, B og D i figuren. Disse xenolitter synes at være klumper af de bjergarter, der dannede magmakammerets loft, som er blevet revet løs og er faldet ned i magmakammeret. Handlingsforløbet er ikke svært at rekonstruere.



Figur 6. Skitse af lokalitet visende "slump"-struktur. Itubruddt, foldet og sammenfalden lagdeling (A) omkring xenolit B. En anden mindre xenolith D har trykket det underliggende lag C lidt ned, medens de senere lag E er uforstyrrede. Lagene hælder ca.  $30^\circ$ , så deres reelle tykkelse er ca. 20 % mindre end vist på skitsen.

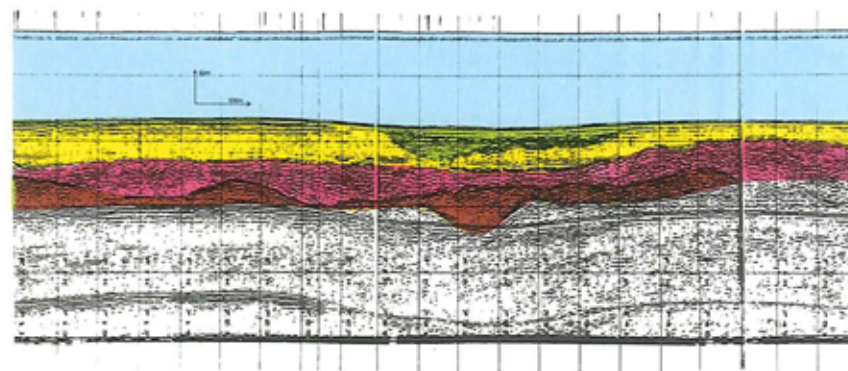
På det tidspunkt xenolit B nåede stedet for blotningen var lagene angivet med A blevet dannet, men xenolitten er sunket ned gennem magmakammeret med tilstrækkelig stor hastighed til at kunne gennembryde den ikke helt størknede lagpakke A til en dybde af ca. 1.2 m og skabe en del ravage. Det ophvirvlede materiale fra dette nedslag har antagelig dannet en sky af krystaller over bunden, men det efterfølgende lag C ses at være meget regelmæssigt og uden spor af det ophvirvlede materiale, hvilket kan betyde at strømme har fjernet det fra stedet og efterladt en jævn overflade før laget C blev dannet. Efter dannelsen af det ca. 2.5 cm tykke lag C ramte en ny xenolit D bunden med en hastighed, der ikke var stor nok til at slå laget i stykker, men nok til at forstyrre det til ca. 20 cm's dybde. De efterfølgende lag (E) er uforstyrrede og dannelsen af dem kan derfor antages at være foregået i fred og ro.

De to xenolitter har samme sammensætning, så det er forskellen i størrelse, der har forårsaget de forskellige resultater af deres nedslag, og selv om det er vanskeligt, kan det være fristende at forsøge at sætte nogle tal på de involverede processer:

Hastigheden hvormed sådanne xenolitter falder ned gennem et magma kan beregnes ud fra Stoke's lov. Hastigheden afhænger af sådanne størrelser som vægtfylden af både xenolitter og magma, viskositeten af magmaet og af xenolitternes størrelse. Stoke's lov gælder kun for kugleformede legemer, hvilket ingen af de to xenolitter kan beskyldes for at være, så allerede her vanskeliggøres sådan

Som det fremgår af fig. 3 findes de senglaciale sedimenter i store dele af undersøgelsesområdet oftest kun dækket af tynde postglaciale dynd og sandaflejringer. Enkelte steder er der påvist tørveaflejringer dannet i Fastlandstiden.

Det senglaciale hav har tilsyneladende haft en smal sydlig udløber ned mod området mellem Liseleje og Tisvildeleje. I en boring foretaget ca. 2.5 km ud for kysten findes maring silt og ler i kote -11 m kun dækket af et tyndt lag postglacialt sand. På grund af den høje beliggenhed er det besnærende at forestille sig, at det senglaciale hav har strakt sig helt ind i Arresøen, som på daværende tidspunkt formodentlig har været et nor. Umiddelbart sydvest for den førnævnte boring er der i de senglaciale sedimenter eroderet et rendesystem, som fører ind mod Arresø. Renderne, der nu er udfyldt med finkornede postglaciale sedimenter, synes at have fungeret som afvandingskanaler fra søen i perioden op til dens endelige isolering fra havet.



Figur 6. Seismisk profil fra den vestlige del af undersøgelsesområdet. Farver som i fig. 3.

#### Postglaciale aflejringer

Aflejringer fra postglacaltiden findes normalt i begrænset udstrækning i den sydlige del af Kattegat og optræder oftest som dm-tynde finsandslag. I den centrale del af undersøgelsesområdet ses stedvis tykkere sandlag, enten som rendeudfyldninger (fig. 6), eller som isolerede sandpuder. Kun i områdets østlige del ud mod Øresund findes større postglaciale sand-akkumulationer dannet i forbindelse med den kystnære nordøstgående sedimenttransport.

De foreløbige undersøgelser har kastet nyt lys over de havdækkede områders geologiske opbygning, men har samtidig efterladt mange ubesvarede spørgsmål. Vi vil, når der fremkommer nye oplysninger, vende tilbage med bidrag til løsningen af "gåden om Kattegat".



# WOLFRAM

## WOLFRAMEFTERSØGNING I VESTGRØNLAND

af Peter Appel

Wolfram (W) er et grundstof, der normalt kun optræder i meget små mængder i naturen. I økonomisk vigtige koncentrationer forekommer wolfram i de to mineraler wolframit og scheelit. Wolframit er et sort metalglinsende ofte meget finkornet mineral. Scheelit er et hvidt mineral. Begge wolframminerale ligner således talrige almindeligt forekommende mineraler, og er derfor meget vanskelige at genkende i naturen. Både wolframit og scheelit er imidlertid lidt tungere end de fleste almindelige mineraler, en egenskab man udnytter ved wolfram eftersøgningen (herom senere).



Figur 1. Scheelitholdig bjergart fotograferet i normalt lys.



Figur 2. Samme prøve som i fig. 1, men her fotograferet i ultraviolet lys. Man ser her tydeligt den ca. 3 cm lange scheelit-krystal.

kan herske meget ustabile betingelser i den delvis størknede krystalmasse i et sådant magmakammer. Årsagerne hertil kan der ofte kun gættes på, men eksempelvis vil ophobning af krystaller på en let skrånende flade i et magmakammer kunne føre til en rutchen nedad bakke af et sådant krystallag. Sådant et skred kunne måske udløses af spændingsaflastninger ("mini-jordskælv") i magmakammerets omgivelser. Sådanne strukturer i lagdelte intrusioner (fig. 5) ligner meget de sedimentære strukturer, der ses i sedimentære bjergarter som turbiditter. Normalt vil årsagen til dannelsen af sådanne strukturer i lagdelte intrusioner være vanskelige at finde, men i sjældne tilfælde giver feltobservationer tydeligt svaret. Et sådant eksempel fra Fongen-Hyllingen intrusionen vil kort blive beskrevet i det følgende.

### En "slump"-struktur i en lagdelt intrusion

Under feltarbejde i Fongen-Hyllingen intrusionen fandtes tydelige "slump"-strukturer, med deformation og oprivning af allerede dannede lag på en enkelt lokalitet. Blotningen er vist i fig. 6 og findes ca. 3 km over bunden af en 3800 m mægtig serie af lagdelte bjergarter, der menes dannet ved størkning af et enkelt magma. Afstanden til toppen af magmakammeret kendes ikke med sikkerhed, men må være mellem 800 og 1600 m over den viste blotning. De lagdelte bjergarter på blotningen består hovedsageligt af mineralerne olivin og plagioklas sammen med mindre mængder af pyroxener og oxider. Lagdelingen ses at være blevet kraftigt forstyrret af to xenolitter, fremmede bjergartsklump-



Figur 5. "Slump"-strukturer i lagdelt gabbro.





Figur 4. Diskordante lagforhold i Fongen-Hyllingen komplekset. Eroderende strømning i magmakammeret synes at være den eneste sandsynlige forklaring på sådanne strukturer. Opad er til venstre i billedet.

bundfældning ikke kan forklare dannelsen af alle lagdelte bjergarter. Krystaller af plagioklas udgør således ofte en stor del af de lyse dele af de lagdelte bjergarter, men eksperimenter har vist, at plagioklas krystaller IKKE vil kunne synke til bunds i et magma af basalt sammensætning. De er simpelt hen ikke tunge nok, ja, deres vægtfylde vil endda normalt være mindre end magmaets vægtfylde. I felten ses det endvidere hyppigt, at lagdeling også er dannet på flader, der oprindeligt var stejltstående og lodrette, hvilket også vanskeligt kan forenes med en vægtfylde-kontrolleret bundfældning af krystallerne. Sådanne observationer har derfor - sammen med resultater af undersøgelser af lagdelte bjergarter under mikroskop og i laboratoriet - medført, at andre teorier for dannelsen af lagdelte bjergarter er blevet fremsat. Mange geologer regner således nu med, at mineralerne i de enkelte lag i stedet for at være blevet ført med magmaet rundt i magmakammeret og bundfældet nær dets bund er dannet og vokset på selve stedet ("in situ") hvor laget er. De forskellige mineralogiske sammensætninger i de forskellige lag skyldes efter denne teori små svingninger i kemisk sammensætning og temperatur i magmaet, svingninger der er tilpas systematiske til at kunne danne disse ofte meget regelmæssige lag.

Selv om de nyere teorier kan forklare en hel del af dannelsen af lagdeling i lagdelte intrusioner, fremgår det også af de viste eksempler på strukturer, at der

Udover at være tungt, har scheelit en egenskab, der gør at man let kan genkende det. Når man lyser på scheelit med ultraviolet lys (UV-lys), lyser scheeliten op med en karakteristisk blåhvid farve (den fluorescerer). På fig. 1 ses en bjergartsprøve fotograferet i normalt lys, medens den samme prøve i fig. 2 er fotograferet i ultraviolet lys. Det ses tydeligt, at den ca. 3 cm store scheelitkrystal lyser op i ultraviolet lys, medens den ikke kan skelnes fra den omgivende kvarts og feldspat i normalt lys.

Scheelits fluorescens farve er afhængig af den kemiske sammensætning, idet den rene scheelit fluorescerer med en blåhvid farve, medens en molybdænholdig scheelit lyser med en hvid til ren gul farve. Ved hjælp af ultraviolet lys kan man altså genkende scheelit. Et problem er dog at scheelittens fluorescens kun kan ses i mørke. Om sommeren er der midnatssol i det meste af Grønland, så det er altså først om efteråret dvs hen mod slutningen af august at det bliver mørkt om natten. Fra det tidspunkt til sneen falder omkring midten af september kan man lede efter faststående scheelit i Vestgrønland.

Hvordan finder man scheelit ?

En scheeliteftersøgning kan opdeles i en række faser:

- Fase 1: Regional eftersøgning
- Fase 2: Detail eftersøgning
- Fase 3: Eftersøgning af faststående scheelit
- Fase 4: Prøvetagning og opmåling
- Fase 5: Boring og tonnage beregning

Fase 1 omfatter en regional eftersøgning (prospektering) efter scheelit. I denne fase indsamles tungsand fra såvidt muligt alle større elve i området. I hver elv indsamles ca 5 kg sand og grus. Dette materiale sigtes og den fine fraktion koncentrerer sig på "guldgravervis" med en vaskepande (fig. 3). Dette foregår ved at det fine materiale, opblandet med vand, slynges rundt i vaskepanden, således at det lette materiale slynges ud over kanten, medens det tunge bliver koncentreret i midten af panden. Ved at gentage denne proces nogle gange, ender man op med en lille portion tungsand, hvor alle mineralerne er lidt tungere end f.eks. kvarts og feldspat. Et sådant koncentrat ses på fig. 4. I felten lægger man sig nu under et sort tæppe og undersøger prøven i ultraviolet lys, og har man heldet med sig, ser prøven ud som på fig. 5. Vi har altså nu fået påvist, at der er scheelit i den pågældende elv, hvorefter vi kan gå til næste trin.

Fase 2. I denne fase går man opstrøms langs elven, og tager tungsandsprøver med regelmæssige mellemrum. Normalt vil de første prøver opstrøms indeholde flere og flere scheelit korn, indtil man pludselig kommer til en prøve, der



ikke indeholder scheelit, hvilket viser, at vi er kommet ovenover de scheelit-førende bjergarter.

I fase 3 skal vi så finde faststående scheelit, dvs finde kilden til den scheelit, der findes i elven. Denne fase er nok den mest ubehagelige del af wolframeftersøgningen, idet den skal foregå om natten. Eftersøgningen starter med, at man går op langs elven, eller i elven, og lyser med UV-lampen på alle løse og faste sten. I begyndelsen ser man scheelit alle vegne, men ved nærmere eftersyn viser det sig, at de blåhvide fluorescens farver stammer fra lav og mos, der gror på stenene. Selve scheelitten er sværere at finde, og kan ikke børstes af. Når man endelig finder løse blokke med scheelit, er man kommet et godt stykke videre, idet man nu ved hvilke typer bjergarter scheelitten optræder i. Sluttelig lykkes det som regel at finde faststående scheelit, dvs scheelit i fast fjeld, og eftersøgningen går over i næste fase.

Fase 4 omfatter en detaljeret undersøgelse af de scheelit-førende horisonter udbredelse, herunder en opmåling og prøvetagning. Den første del af disse undersøgelser foregår om natten, hvor man forsøger at afgrænse de scheelit-førende bjergarters udbredelse. Man følger således de mineraliserede lag så langt man kan, og markerer deres udbredelse ved hjælp af varder eller mærker i fjeldet, så man kan genfinde disse ved dagslys. Om dagen opmåles så de scheelit-holdige bjergarters udstrækning. Desuden tages bjergartsprøver. Rent umiddelbart synes det mærkeligt at ind-

delbart synes det mærkeligt at indsamle prøver om dagen, hvor man ikke kan se scheeliten, men det har den fordel, at man undgår at tage for 'gode' prøver. Hvis man tager prøver om natten, vil man ofte være tilbøjelig til at tage prøver, der ser flotte ud, d.v.s prøver med meget scheelit. Hvis man tager prøver om dagen, bliver prøvetagningen ofte mere repræsentativ.



Figur 3. Vaskning i en elv efter scheelit på 'guldgravervis'.



Figur 3. De enkelte lag forgrener sig ofte eller slutter ved udtynding af de enkelte lags tykkelse.

fyldningstrug er almindelige. Selv strukturer, der viser erosionsfænomener, kan tydeligt ses (fig. 4), og analogien til sedimentære bjergarter er her uomtvistelig.

Observationer som omtalt ovenfor har gjort, at geologer traditionelt har antaget, at mekanismerne ved dannelse af lagdeling i magmatiske intrusioner ligner de sedimentære processer, der er aktive under dannelsen af vandaflejrede, klastiske sediment. Strukturerne i lagdelte intrusioner er da også vanskelige at forklare uden at tage hensyn til, at kraftige strømme har fundet sted i magmaet langs magmakammerets bund og sider. Men hvor langt sammenligningen med sedimentære processer egentlig holder er et meget omstridt emne indenfor magmatisk petrologi.

Indtil for ganske nylig var det almindeligt accepteret, at (modal) lagdeling dannedes ved bundfældning af krystaller fra et magma i cirkulations-bevægelse (konvektion) i magmakammeret. Hvert enkelt lag af krystaller afspejlede således en vægtfylde-betinget bundfældning og akkumulation af krystaller, der var blevet ført med konvektionsstrømme i magmaet til bunden af magmakammeret og bundfældet der.

Der er dog nu en stigende mængde observationer, der tyder på, at en sådan



Figur 2. Varierende indhold af lyse og mørke mineraler giver bjergarten et rytmisk udseende, den viser "rytmisk lagdeling". 4 rytmiske enheder ses midt i billedet, og hver enhed er dannet af nederst pyroxen, der er mørk, og med et stigende indhold af plagioklas (lyst) opefter i hver enhed.



De fleste lagdelte intrusioner er størket fra en smelte af basaltisk sammensætning og består nu af gabbro-bjergarter, domineret af mineralerne plagioklas og pyroxener og med normalt mindre og varierende mængder af mineraler som olivin, oxider og apatit. Skærgaard-intrusionen i Østgrønland er et eksempel på en sådan lagdelt intrusion, og er vel nok den mest undersøgte i verden. I denne artikel skal vi se lidt på nogle af disse sedimentære strukturer i lagdelte intrusioner. Eksemplerne er dog ikke taget fra Skærgaard-intrusionen, men fra en lagdelt intrusion i Nordnorge, Fongen - Hyllingen intrusionen, hvor de samme strukturer er dannet.

#### Lagdelling og sedimentære strukturer i intrusioner

I felten viser de magmatiske bjergarter i lagdelte intrusioner ofte en tydelig lagdeling, der skyldes variationer i bjergarternes lyse og mørke mineraler (fig. 1) og som kaldes "modal lagdeling". Af og til kan denne lagdeling være meget regelmæssig og benævnes da "rytmisk lagdeling" (fig. 2). Disse lagdelte bjergarter giver tilhørende intrusioner en udpræget stratigrafisk karakter, og enkelte lagdelte enheder i en intrusion kan i nogle tilfælde følges over afstande på flere kilometer. Oftest bliver de enkelte lag dog brudt over, forgrener sig, eller kiler ud og forsvinder over afstande af nogle meter (fig. 3). Andre strukturer af sedimentær karakter i lagdelte intrusioner omfatter "sæk og pude strukturer" (se VARV 1981, nr. 3), ligesom strukturer der ligner sedimentære ud-



Figur 4. Tungsandskoncentrat fotograferet i normalt lys.



Figur 5. Samme prøve som i fig. 4, men her fotograferet i ultraviolet lys. Man ser tydeligt de talrige scheelit-korn.

Fase 5, der er sidste fase, omfatter borer og tonnageberegninger. På dette trin er det ofte mineselskaber, der har opnået koncession, der kommer ind i billedet, idet borer er meget kostbare. Ved en række borer igennem de scheelit-førende horisonter får man et billede af hvor mange tons scheelitmalm der er tilstede, og med hvilke lødigheder.

Som det kan forstås, er det en langsom og kostbar proces at fastslå om der er brydeværdige wolfram forekomster i et område eller ej.



De i Vestgrønland fundne wolfram forekomster findes indenfor et område der er 150 til 200 km langt og mindst 30 km bredt. For at dække dette område med en regional prøveindsamling kræver det i størrelsesordenen 3 måneders feltarbejde. Hvis alle de lovende indikationer skal undersøges ved en fase 2 detail eftersøgning, vil det kræve 3 til 6 måneders arbejde. De næste faser i eftersøgningen vil være endnu mere tidskrævende, så man må nok påregne, at det vil tage i størrelsesordenen 10 år, før man kan afgøre om der er brydeværdige forekomster af wolfram i Godthåbsområdet eller ej.

Hvornår er en wolframforekomst brydeværdig ?

Hvorvidt en wolframforekomst er brydeværdig, afhænger af en lang række faktorer, hvoraf kun de vigtigste skal omtales.

1. Lødighed (% metal i malmen)
2. Malmreserver
3. Geografisk placering

For den type wolfram-holdige bjergarter, der optræder i Godthåbsområdet, regner man med, at de skal være på mindst 6 millioner (mio) tons og indeholde mindst 0.5 til 0.6 % W, for en rentabel brydning kan komme på tale. I Godthåbsområdet har vi indsamlet en lang række prøver, hvoraf en del har et wolframindhold på 0.6 % og op til 2.5 % W, så med hensyn til lødighed er der altså påvist brydeværdigt materiale. Vi har derimod endnu ikke påvist om der er tilstrækkeligt mængder malm tilstede. 6 mio tons lyder måske rent umiddelbart af meget. Nedenstående opstilling viser et eksempel på hvor stor en forekomst skal være for at rumme det nødvendige minimum på 6 mio tons.

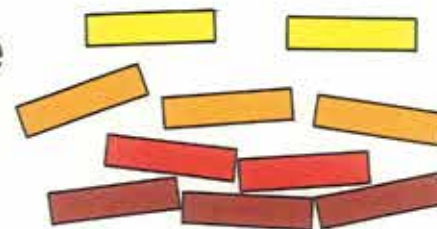
Malmtykkelse 4 m

|                               |        |        |        |
|-------------------------------|--------|--------|--------|
| Nødvendig længde af malmzonen | 1000 m | 1500 m | 2000 m |
| Nødvendig dybde af malmzonen  | 500 m  | 330 m  | 250 m  |

Af ovenstående eksempel ses, at en brydeværdig wolfram forekomst ikke fylder så meget i landskabet, størrelsesmæssigt kan den f.eks. sammenlignes med en god bred cykelsti, der strækker sig fra Rådhuspladsen til Zoologisk Have i København. Det område, hvor vi leder efter wolframforekomster, er i samme størrelsesorden som Sjælland. Så det at finde en wolframforekomst er noget sværere end at finde den berømte knappenål i en høstak.

Den geografiske placering af en wolframforekomst, har naturligvis en afgørende indflydelse på om den kan udnyttes eller ej. Hvis man f.eks. fandt 6 mio tons med 0.6 % W i Nordgrønland eller i Sydøstgrønland, ville det ikke være rentabelt at bryde den. I disse områder så fjernt fra beboede områder, skal en malm-

## magmatiske sedimenter



af J. Richard Wilson og Niels Nybo Jakobsen

En række magmatiske bjergarter fremviser nogle bemærkelsesværdige strukturer, der i den grad ligner sedimentære aflejrings- og erosionsstrukturer, at man ved første øjekast skulle tro, at man stod overfor en sedimentær bjergart - og ikke en magmatisk bjergart dannet ved størkning af en bjergartssmelte ved ca. 1000°. Sådanne 'sedimentære' strukturer ses ofte i magmatiske bjergarter dannet ved størkning af en bjergartssmelte i et magmakammer 5-15 km nede i skorpen, og resulterende i det geologer kalder lagdelte intrusioner.



Figur 1. Modal lagdeling i Fongen-Hyllingen komplekset. De vigtigste mineraler er plagioklas (hvid) og olivin og pyroxener (brun). Højden af billedet ca. 10 m.



I kalksandet ved Ivö er der en 'hardground' (hærdningshorisont), der muligvis har ligget, som de blottede kalkflader af Umm er Radhuma kalkstenen fra Ras al Hamra, men oprindelsen af hærdningshorisonten ved Ivö skyldes cementering og er ikke dannet ved erosion, som det er tilfældet ved Ras al Hamra, men måske er hærdningshorisonterne i den ordoviciske kalksten på Øland, indeholdende spor efter boreaktivitet, dannet som erosionsfalter.

Den fjerde og sidste biotop, koralkrattene, er sværere at placere. Vi kender ikke spor efter den ved Ivö, og koralkalken ved Fakse på Sjælland er en egentlig revkalk, der formodentlig er dannet på dybere vand, end dybden for koralkrattene ved Ras al Hamra. I en Miocæn kalksten i Oman findes der dog aflejringer med koraller af en type og sammensætning, der minder om de nutidige ved Ras al Hamra.

Der kunne nævnes mange flere eksempler, men ovenstående udvalg skulle være tilstrækkeligt til at belyse, hvorledes nutidige forhold kan være en ledetråd til forståelsen af fortiden. Selvfølgelig skal sammenligninger af denne art gøres med forsigtighed, men de kan give liv og farve til de fossile forekomster, når man har oplevet de moderne.



Figur 9. Undervandsbillede med koraller fra den israelske kyst. I midten af billedet ses en hjernekorall. Foto: Henrik Laurup.

forekomst være uhørt god, før nogen overhovedet vil tænke på at bryde den.

Hvis forekomsten på 6 mio tons wolframalm derimod lå i Vestgrønland, er situationen væsentligt bedre, specielt hvis den ligger i kystnære områder. Hvis det viser sig, at en wolframforekomst lige udenfor Nuuk (Godthåb) er brydeværdig, er situationen naturligvis specielt gunstig, idet man her er landfast med Nuuk, og derfor allerede har en del af den nødvendige infrastruktur (havn, veje, etc), der kræves til brydning af mineralforekomster. I dette område er der heller ikke normalt problemer med is på havet, hverken sommer eller vinter. De hidtil bedste wolframindikationer (prøver etc) er faktisk fundet på Malenefjeldet, der kun ligger 5 km fra Nuuk.

Hvad bruges wolfram til ?

Wolfram er et metal med en række specielle egenskaber, der gør det uundværligt i et moderne industrisamfund. Det er et af de tungeste metaller. 1 cm<sup>3</sup> wolfram vejer 19.3 g. Til sammenligning vejer 1 cm<sup>3</sup> bly 11.3 g. Wolfram har et ekstremt højt smeltepunkt på 3380°, sammenlignet med f. eks. jern, der har et smeltepunkt på 1539°. Derudover er wolfram et af de hårdeste metaller man kender. Wolframcarbide (en wolfram-kulstof forbindelse) er lidt hårdere end rubin, der er det næsthårdeste naturligt forekommende mineral, der findes.

Disse specielle egenskaber, gør at wolfram finder anvendelse indenfor en lang række industrier. Det høje smeltepunkt udnyttes bl.a. i fremstilling af glødetråde i elektriske pærer og i stållegeringer til motordele i jetmotorer. Wolframs ekstreme hårdhed udnyttes dels i jern-wolfram legeringer til fremstilling af skærestål i værktøjsmaskiner og dels i værktøj. Den vigtigste anvendelse for wolfram er i form af wolframcarbide, der benyttes i knusemaskiner og til borekroner. Disse sidste anvendes bl.a. til boring efter olie.

Desuden benyttes wolfram som katalysator i utallige kemiske processer. Wolframforbindelser har vide anvendelsesmuligheder. De anvendes i olie og plastik industrien, som belægning på flyvinduer, indenfor fotografering, i farveindustrien, som smøremidler m.m.

Wolfram brydes i en række lande, hvoriblandt Kina og Sovjetunionen er de alt-dominerende. Ialt producerer Kina, Sovjetunionen og de øvrige østbloklende 51 % af verdens wolfram, medens USA kun producerer 7 %. I Europa brydes mindre mængder wolfram i Østrig, Frankrig, Sverige og England. De største aftagere af wolfram er den vestlige verdens industrinationer. USA og Vesteuropa aftager henholdsvis 42 og 37 % af verdensproduktionen af wolfram. På baggrund af dette misforhold mellem produktion i Øst og udnyttelse i Vest, er det ikke overraskende, at wolfram står højt på listen over metaller, man ønsker at finde i den vestlige verden.



# Strandtur i Oman

af Nick Svendsen

Mange steder i Sydkandinavien kan man se kalksten i åbne brud, og ofte har man funderet over, hvorledes denne kalk er blevet dannet. Nye undersøgelsesmetoder giver gode oplysninger herom, men det kan også hjælpe, at sammenligne med nutidig kalk-sedimentation. Flere steder i Verden aflejres der kalk, mest kendt er vel Bahama bankerne, Florida og den Arabiske Golf. Et mindre kendt sted er Ras al Hamra bugten, som ligger i det arabiske sultanat Oman (fig. 1 og 2).



Figur 1. Oversigtskort.



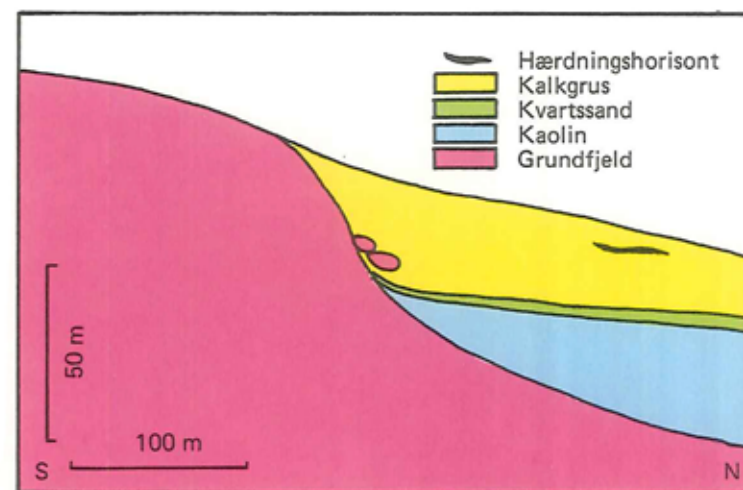
Figur 2. Geologisk kort over området ved Ras al Hamra. Gult angiver tertiære bjergarter, grønt omfatter mesozoiske bjergarter og lilla er bjergarter fra Perm. Rød farve betegner tektonisk opskudt ældre oceanbund af især vulkansk oprindelse. Yngre revdannelser er vist uden farve.

end 0.5 m i diameter. Der er også grenede typer, der ligesom hjernekorallerne har et fast skelet. 'Bløde' koraller (uden fast skelet) optræder også i adskillige former, især i læ af klipperne. I koralkrattene er der en meget rig fauna af muslinger, snegle, søpindsvin og ikke mindst fisk i alle mulige farver.

## Sammenligning med gamle kalksedimenter

Kan vor viden om de fire biotoper nu bruges i undersøgelserne af gamle kalksten, - er der steder, hvor vi kan finde ligende 'forstenede' biotoper?

Et af stederne, man kan sammenligne med, er Ivö Klack nær Kristianstad i det sydlige Sverige. Her findes kalksten af Canpanien alder, overlejrende sandsten, kaolin og grundfjeld (fig. 8). Ved Ivö består kalkstenen af en kalksand, som indeholder rester af snegle, muslinger, søpindsvin og mange andre former for fossiler. Kalksandet omgiver også grundfjeldsblokke, der formodentlig er rullet ned på havbunden fra den nærliggende kyst, og på blokkene finder man fastvokset mange fossiler, som f.eks. brachiopoder (armfodder), østerslignende muslinger og kalkrørsorm. Forsteningerne sidder bestemte steder på blokkene og viser formodentlig en forskel i tolerance over for bølgeslag. Ved Ivö Klack genfinder man således to af biotoperne fra Ras al Hamra bugten, nemlig sandbunden og kalkstensklinterne med de større sten, - dog med den forskel, at gnejsen ved Ivö af gode grunde ikke er boret af boremuslinger.



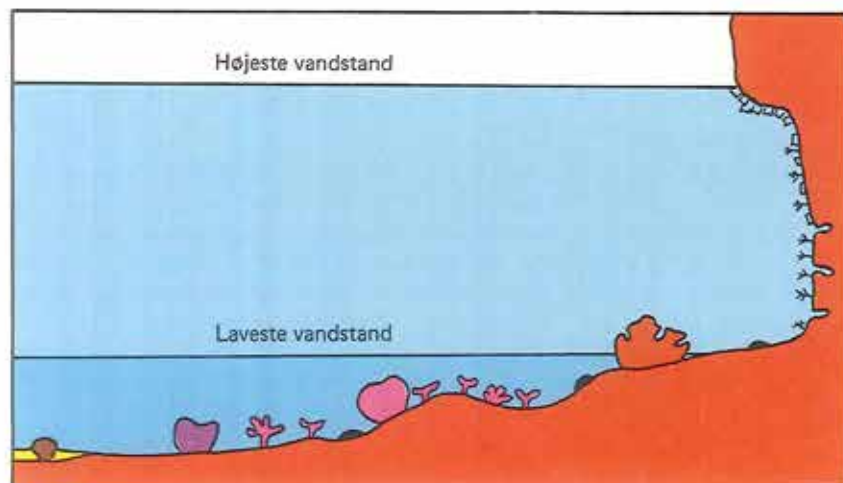
Figur 8. Skematisk diagram fra Ivö Klack i Sydverige.

Med vor viden fra Ras al Hamra er det ikke svært at befolke klipperne ved Ivö med et utal af krebsdyr, muslinger og alger. Algerne er dog ikke bevaret fossilt, og sandet foran klinterne er blevet endevendt af utallige gravende dyr samt af fisk, så der er ingen oprindelige sedimentære strukturer bevaret.





Figur 6. Kalkklingen i den østlige ende af bugten. Højvandsmærket er den brune linie gennem billedet. Under denne ses bevoksning med østers.



Figur 7. Skematisk tværsnit gennem klinerne og koralkrattene i den østlige ende af bugten. Gult er kalksand og orange er Umm er Radhuma kalkstenen. På havbunden ses afrundede hjernekoraller og grenede koraltyper. Sort er bløde koraller.

#### Ras el Hamra bugten

Ras el Hamra bugten (fig. 3) består af en ca. 400 m lang sandstrand omgivet af 20 - 60 m høje kalkstensklinter, der er af ældre Tertiær alder og hører til Umm er Radhuma Formationen. Den korte sandstrand ligner enhver anden sandstrand i Danmark ved første øjekast, men ser man nærmere efter, er der en væsentlig forskel: på en dansk strand er næsten alt sandet kvarts, i Ras al Hamra bugten er næsten alt sandet kalkkorn, dels nedbrydningsmateriale fra kalkklinerne, men også materiale, der skylles op fra havet.



Figur 3. Ras al Hamra bugten ved lavvande. Kalkstensklipperne i baggrunden tilhører den tertiære Umm er Radhuma Formation. Forrest ses Kvartær sandsten og nederoderet kalksten. Den brune farve skyldes algevækst.

Iført svømmebriller og snorkel kan man studere bugtens havbund nærmere. Man vil da bemærke, at der er fire forskellige aflejringsmiljøer eller biotoper, som biologerne kalder det, og de fire typer er: sandfladerne, erosionsflader i Umm er Radhuma kalkstenen, kalkstens klinerne samt koralkrattene. Vi vil i det følgende se kort på de fire typer.

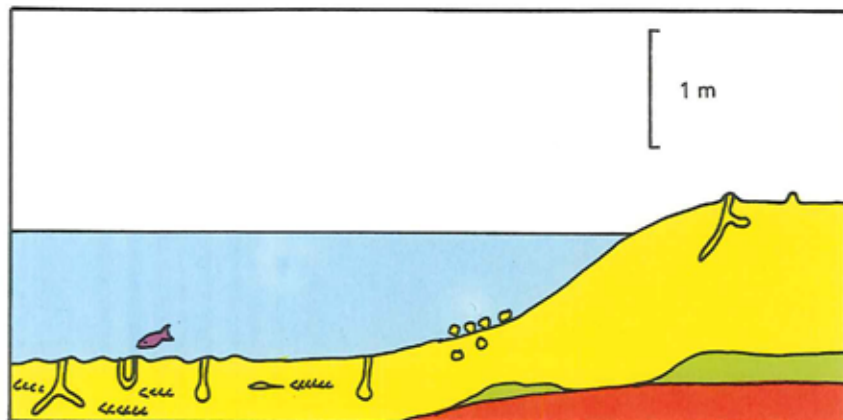
#### Sandfladerne

Sandfladerne er vist i fig. 3. Mellem halvdel og to trediedel af bugtens bund er dækket af kalksand. Ved nærmere eftersyn opdager man, at sandet er vel-sorteret, men det enkelte korn er kantet. Kornene er rester af kalkskaller fra forskellige dyr som muslinger, snegle, koraller, blæksprutter, kalkrørsorm og



mange flere. Desuden er der korn, der er erosionsrester fra de omkringliggende tertiære kalksten. Det er især stumper herfra, der farver sandet gult.

På bugtens bund har bølgerne formet ribber i sandet, men efter en stille periode er ribberne næsten forsvundet, eller man finder små ribber, der ligger på tværs af de oprindelige. Denne ændring af havbunden skyldes især fiskearten Gedeskæg, der spiser de alger, der gror på sandkornene. Under måltidet bliver sandet vendt rundt, og oprindelige ribbestrukturer forsvinder. Nede i sandet lever søpindsvinet 'Sanddollar'. De kan være almindelige med en tæthed på omkring en per kvadratmeter, men de er ikke de eneste dyr i havbunden, - ud fra antal og størrelse af ekskrementhobe kan man overbevise sig om, at der også lever store sandorm, og mange huller i sandet røber, at der også lever mange krebsdyr og muslinger. Sandet er derfor udsat for en kraftig omrøring, så det er vel tvivlsomt, om nogen bølgeribbe vil blive bevaret i sedimentet.

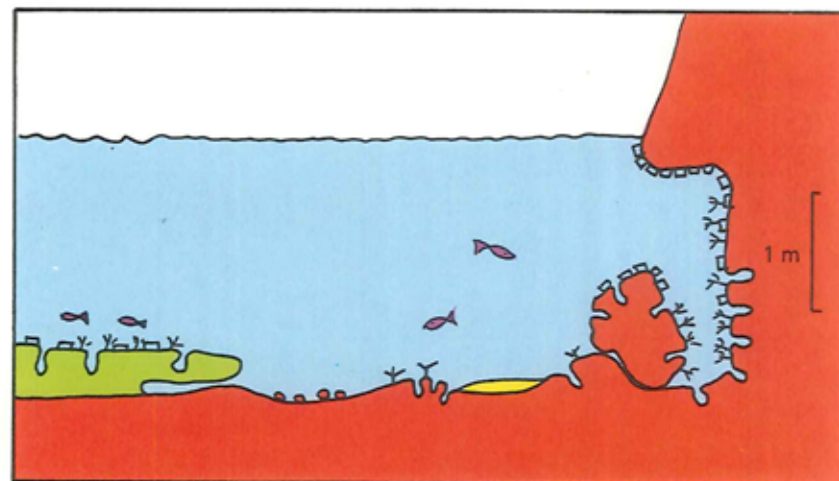


Figur 4. Skematisk tværsnit gennem sandfladerne i midten af Ras al Hamra bugten. Med gult er vist kalksand med spredte grave gange efter krabber. Grønt viser æolisk sandsten af Kvartær alder, og orange angiver den tertiære Umm er Radhuma kalksten.

#### Erosionsflader i Umm er Radhuma kalkstenen

Den anden biotop-type finder man i den nederoderede Umm er Radhuma kalksten samt i kalkcementeret kvartær sandsten, der nok er flyvesandsaflejring. Denne sandsten findes især i lavninger i kalkstenen, den er finkornet og har et stort indhold af kalkkorn. Både Umm er Radhuma kalkstenen og den cementserede sandsten danner en hård havbund, der er dækket af en lav bevoksning af alger, muslinger og snegle. Samtidig er klipperne gennemhullet, og ved lavvande (tidevandsforskel på omkring 2 meter) er klipperne tørrelagte, så hullerne kan studeres nærmere (fig. 5). Det viser sig da, at hullerne er 10 - 15 cm dybe, og

siderne er tæt bevokset med alger, svampe, kalkrørsorm og bryozoer. Stedvis har hullerne forbindelse med hinanden og danner huler, der helt kan underminere klipperne. I hulerne lever der krebsdyr, snegle og fiskeyngel.



Figur 5. Skematisk tværsnit i den østlige ende af Ras al Hamra bugten. Med gult er vist løst kalksand, med grønt: Boret og enkrusteret Kvartær sandsten, og orange viser den tertiære Umm er Radhuma kalksten, med bevoksninger af alger og sponger og borer efter boremuslinger. Under overhænget ses bevoksning med østers.

#### Kalkstensklinterne

Den tredje biotop omfatter kalkstensklinterne og større sten, der ligger i hver ende af bugten (fig. 6). Her finder man en tæt bevoksning af østers i en zone på omkring en halv meter fra højvandsmærket og nedad. Disse østers dækker kalkstenen helt. Under østerszonen vokser alger, svampe og boremuslinger. Især boremuslingerne er ansvarlige for klippernes form, idet de er udhulet og undermineret fra højvandsmærket og næsten ned til lavvandsmærket, hvor de første koraller begynder at optræde. Korallerne her er uden fast skelet og derfor bløde, og vokser sammen med en rig fauna af snegle og krebsdyr. Den begyndende tilstedeværelse af koraller markerer overgangen til den underliggende biotop.

#### Koralkrattene

Den fjerde og sidste biotop er koralkrattene (fig. 7). De findes især i den østlige side af bugten fra under lavvandsmærket og til omkring 15 meters dybde. De danner ikke koralrev, men findes som spredte bevoksninger på de udstrakte klippeflader. Der optræder flere arter, mest iøjnefaldende er de bastante hjernekoraller, der kan blive op til 1 meter i diameter, men som sjældent bliver større