



SVERIGE 5 kr
SGU



deformerende ældre bjergarter over yngre forsteningsførende bjergarter. Før i tiden nægtede man at tro på, at dette kunne være rigtigt, men geologen Alfred Elis Törnebohm's undersøgelser viste, at det virkelig forholdt sig sådan.

Først i forbindelse med erkendelsen af kontinentaldriften for godt 20 år siden kunne man give en tilfredsstillende forklaring på de geologiske forhold, nemlig at der var sket en stor overskydning, hvorved de ældre deformerende bjergarter var blevet skubbet mere end 100 km ind over de yngre forsteningsførende lag.

VARV

NR. 1 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1991



ET NYT FUND AF DET HER AFBILDEDE SØPINDSVIN *TEMNOCIDARIS DANICA* HAR VIST SIG AT VÆRE SÅ ENESTAENDE, AT DET ER BLEVET ERKLÆRET FOR DANEKRÆ – SE NÆRMERE INDE I BLADET. VARV SER OGSÅ NÆRMERE PÅ DE GÆDEFULDE GRAPTOLITERS LEVEVIS – HVAD KAN MAN EGENTLIG SIGE OM DENNE UDDØDE DYREGRUPPE? ENDELIG BERETTER VARV OM FUNDET AF ET SJÆLDENT MANEMINERAL I DEN NORDSJÆLLANDSKE LAVØ-BORING.

BORNHOLMS GEOLOGI – EKSURSION og FELTKURSUS

Folkeuniversitetet i København afholder et sommerkursus på Bornholm i dagene 13. – 15. august. Indkvarteringen finder sted på Københavns Universitets feltstation ved Åkirkeby.

På kurset introduceres geologiske processer og materialer i felten. Under daglige ekskursioner gennemgås Bornholms geologi, hvor de forskellige bjergartstyper og deres dannelsesmiljø behandles. Der vil blive lejlighed til at analysere de indsamlede fossiler og bjergartsprøver i mikroskop i feltstationens laboratorium.

Nærmere oplysninger og tilmelding ved henvendelse til:

Folkeuniversitetet i København, Købmagergade 52, 1150 København K, tlf.: 33 14 48 27.

VARV

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Centralinstitut, Øster Voldgade 10, 1350 København K. Telefon: 33 11 22 32 Telefax: 33 11 46 37.

Telefoniske bestillinger og forespørgsler kan rettes til: Svend Pedersen og Steen Sjørring på ovenstående telefonnummer. Skriftlige henvendelser og bestillinger ekspederes snarest muligt.

Redaktion: Svend Pedersen (ansvarshavende), Asger Berthelsen, Jens Konnerup-Madsen, Lena Madsen, Steen Sjørring og Vivianne Berg-Madsen (Sverige).

Renskrift: Steen Sjørring

Montage: Lena Madsen og Steen Sjørring

Repro: FBN Litho ApS, København

Tryk: Johnsen+Johnsen a/s, København

VARV udkommer fire gange årligt. Prisen er 80 kr i abonnement for 1991. Abonnement tegnes ved at indsende beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80, eller 80 SEK til VARVs svenske postgirokonto: 4388-5.

Adresseændringer bedes meddelt VARV !

©1991 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kan kun ske efter aftale.

Danekræ ?

Hvad gør man, hvis man finder et formodet danekræ ?

Da loven om danekræ er ret ny, kan der stadig herske tvivl om, hvad man gør, hvis man finder et formodet danekræ. Vigtigt er det, at findestedet noteres, og man anfører det lag, hvori fossilet er fundet – gerne foto eller skitse. Derefter kontakter man nærmeste naturvidenskabelige museum.

Det videre forløb

Den første bedømmelse af fundet sker på det museum, hvor finderens har henvendt sig. Skønnes det, at der kan blive tale om en danekræ-sag, overlades genstanden i museets varetægt mod behørig kvittering. Husk at bede om en sådan! Er der tale om et almindeligt fund, kan man tage det med sig igen.

Beholder museet fundet, kontaktes Statens Museumsnævns naturvidenskabelige referencegruppe. Gruppen indhenter de fornødne ekspertudtalelser inden afgørelsen træffes, og dusøren fastsættes. Hvis sagen afvises, leveres genstanden tilbage til finderens.

Hvis referencegruppen mener, at genstanden bør erklæres for danekræ, indstilles dette til Statens Museumsnævn, som træffer den endelige afgørelse og udbetaler den fastsatte dusør.

Det er værd at huske, at der ved fastsættelsen af dusørens størrelse tages hensyn til den omhu, hvormed finderens har behandlet genstanden. Det betyder blandt andet, at unødvendig afrensning og præparation helst bør undgås.

GEOLOGISK KORT PÅ FRIMÆRKE

af Leif Carserud

I slutningen af januar udgav det svenske postvæsen 6 frimærker, der har kort som motiver. Et af disse frimærker viser et udsnit af et geologisk kort, måske det første frimærke nogensinde med et sådan motiv ?

Det geologiske kort er udarbejdet af Sveriges Geologiske Undersøgelse i 1984, og det viste udsnit er fra Åre, et kendt vintersportssted og et vel besøgt turistmål om sommeren.

Egnen omkring Åreskutan, som er vist på frimærket, er et af nøgleområderne for forståelsen af den svenske fjeldkædes dannelse. Som så mange andre steder ligger forskellige bjergarter over hinanden, men i Åreskutan ligger kraftigt

Af metalfragmenternes indre struktur kan man se, at stålet har været opvarmet kortvarigt til ca. 1000 eller 1100°C. Opvarmningen nåede ikke så højt op, at metallet begyndte at smelte. Hvis temperaturen nåede 1100°C, har metallet kun været opvarmet så højt i nogle få minutter. Hvis temperaturen derimod kun nåede 1000°C, kan prøven godt have været så varm i længere tid.

Metallets struktur fortæller også, at prøven afkøledes fra sin maksimum-temperatur ned til under 100°C på imellem 10 og 100 minutter. Herudover kan man også se på overfladen af stålpartiklerne, at de er blevet svagt opløst og iltet under opholdet i den delvis smeltede bjergart.

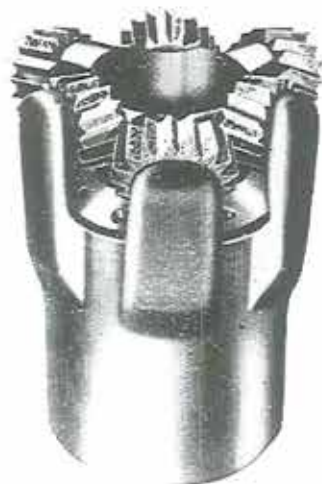
Hvis man sammenfatter oplysningerne, får man følgende historie frem: Den glasagtige bjergart er oprindelig en siltsten fra Gassum Formationen. Under kerneboringen blev sedimentet knust og formalet på en sådan måde, at gnidningsvarmen fik temperaturen til at stige til mange hundrede grader. Opvarmningen bredte sig også til planterester i prøven, og disse begyndte at udvikle naturgas, medens de selv blev til antracit. Kombinationen af den fortsatte udvikling af gnidningsvarme og forbrænding af naturgas fik temperaturen til at stige yderligere, så højt at der i det knuste sediment dannedes smeltet stenmasse. Da temperaturen var på sit maksimum dannedes det sjældne mæneminerale armalcolit i et miljø, der var iltfattigt på grund af naturgassens forbrænding. Temperaturen steg kortvarigt til mellem 1000 og 1100°C, hvorefter prøven hurtigt blev nedkølet til under 100°C på mellem 10 og 100 minutter.

Men hvorfor er temperaturen steget?

Borekerne nr. 10 blev skåret fri med en borekrone, der var besat med takkede rullemesler. Det knuste stenmateriale, der slås løs af meslerne, skal straks fjernes, og det gøres ved at presse boremudder ned gennem borerøret. Muddret stiger herefter op langs borestammen sammen med det knuste stenmateriale.

Den kortvarige opvarmning i Lavø-boringen må være opstået, fordi mudderstrømmen har været for svag i forhold til borehastigheden, og kølemekanismen blev derfor helt eller delvist sat ud af kraft.

Den omstændighed, at noget af den delvis smeltede stenmasse er kommet op som en kerne, viser, at der blev boret ca. 30 cm under den voldsomme opvarmning, og de spredte stålkorner illustrerer, hvor voldsomt friktionen har belastet borekronen.



Figur 5. Borekrone med rullemesler.

GRAPTOLITER- FASCINERENDE FORTIDSDYR



af Merete Bjerreskov

Gamle fossiler, såsom graptoliter, kan man finde i løse blokke mange steder, men især på Bornholms sydkyst i området fra Sose til Dueodde (se VARV, 1988/2, Bornholms Geologi I), har man gode muligheder for at finde graptoliter i de talrige mørkegrå til sorte skiferstykker, der findes her. Man kan dog også gå på jagt efter graptoliter ved de svenske strande, den nærmest egnede er ved Nyhamnsläge lige syd for Kullen (Fig. 1).

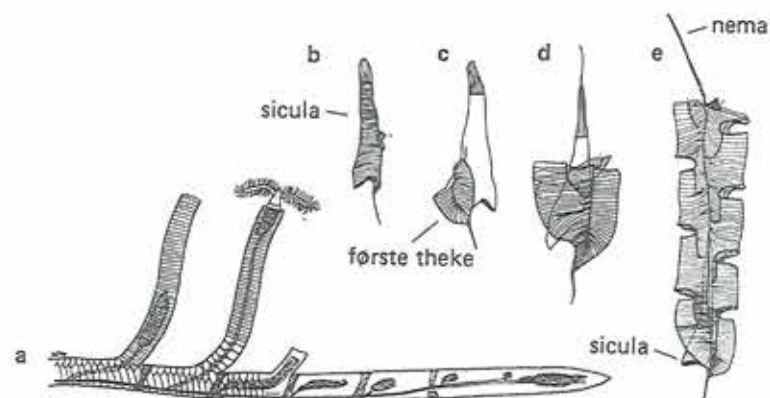


Figur 1. Silur graptolitskifer (Rastrites Skifer) blottet ved en doleritgang på stranden nord for Nyhamnsläge, Sverige. Hammeren står på skiferen og læner sig op ad doleritgangen.

Når man kløver skiferstykkene, kan man ofte se sølvskinnende kulhinder, som er skeletrester fra graptoliter, en for længst uddød dyregruppe. Graptoliterne levede fra Mellem Kambrium til Mellem Karbon, men langt de fleste former forekom i perioderne Ordovicium og Silur, hvorfra de bornholmske og svenske skiferstykker også stammer.

Graptoliterne var kolonidyr, der var opbygget af et ydre rørformet skelet omfattende en eller flere grene. På grenene sad der rækker af bægre (theke), som hver har huset bløddelene af et enkelt individ. Kolonierne kunne være fra få millimeter til over en meter lange, og de enkelte grene var oftest 1/2–3 mm brede. Nogle former indeholdt kun få individer, medens andre kunne have op mod 30.000 theker i kolonien.

Graptolitkolonien udviklede sig fra et lille, hyppigst kræmmerhusformet larve-individ, en såkaldt sicula, og derfra voksede der en eller flere rækker af theker (Fig. 2). Disse kunne antage forskellige former, og der kunne være torne eller netformede udvækster fra både sicula og fra thekerne.



Figur 2. a: Nulevende hemichordatkoloni (Rhabdopleura), den enkelte gren er ca. 1 mm bred (efter Wienberg Rasmussen). b–e: Vækststadier af Glyptograptus, en toradet graptolit. b: Sicula, c: Sicula med den første theke, d: Det tredje theke er ved at vokse ud, e: Udvokset eksemplar (efter Mitchell).

Nogle graptoliter, især de tidligste former, har haft to slags bægre, som måske har huset henholdsvis hanlige og hunlige individer. Hertil hører den tidlige Ordoviciske *Rhabdinopora* (Fig. 3), der tidligere blev kaldt *Dictyonema*, og som findes hyppigt i *Dictyonema* Skiferen (se også VARV 1988/3, Bornholms Geologi II, Palæozoikum). De fleste har dog kun haft en slags theker – måske har de været hermafroditter.

Graptoliternes rørformede skelet bestod af et proteinholdigt stof, kollagen, og skelettet er opbygget af to lag. Det indre lag, der består af alternerende halvringe, som mødes i zig-zag suturer, kaldes fusellarlag. Det ydre lag, der kaldes cortikallag, er derimod dannet af koncentriske lag. Især de ældre dele af kolonien kan hos nogle arter være omgivet af et tykt cortikallag. Med deres opbygning af fusellarlag ligner graptolitskeletterne den nulevende dyregruppe hemichordaterne – en gruppe små dyr, der også omfatter kolonidannende former.

månemineral i en boring fra Nordsjælland, men det har givet nogle meget vigtige oplysninger om den glasagtige sten, for man har udforsket dannelsesbetingelserne for månemineralerne meget nøje. Armalcolit krystalliserer kun ved temperaturer over 900°C, og dertil kommer, at dannelsesmiljøet skal være meget iltfattigt. Analyser af den glasagtige bjergart har netop vist, at bjergarten næsten ikke indeholder ferri-jern, altså den mest iltede form for jern, som man finder i rust og som farver rødler. Næsten alt jernet findes som ferro-jern, den form for jern, man kender fra blåler. Dette betyder, at bjergarten er iltfattig.

Endelig rummede de spredte stykker metallisk jern, der blev fundet i den glasagtige bjergart, vigtige oplysninger om boringen. Metalstykkerne er undersøgt med metallurgiske metoder, og desuden er de kemisk analyseret. Jernets kemiske sammensætning svarer til den, der kendes fra almindeligt konstruktionsstål og viser, at det stammer fra boreudstyret. Men herud over fortæller stykkernes struktur en interessant historie. Takket være de sidste hundrede års metallurgisk forskning, kan man aflæse et stykke ståls opvarmnings- og afkølingshistorie. Det betyder, at den glasagtige bjergart med stålstykkerne har fået indbygget en slags maksimum-termometre og måleinstrumenter, der kan bestemme opvarmnings- og afkølingshastighed.

Figur 4. Afrundet stålfragment i den glasagtige bjergart. Kornet er 2.5 mm langt. Poleret prøve set i reflekteret lys. Herunder del af samme korn, nu med ætset overflade, som viser mikrostrukturer, der tillader bestemmelse af kornets opvarmnings- og afkølingshistorie.

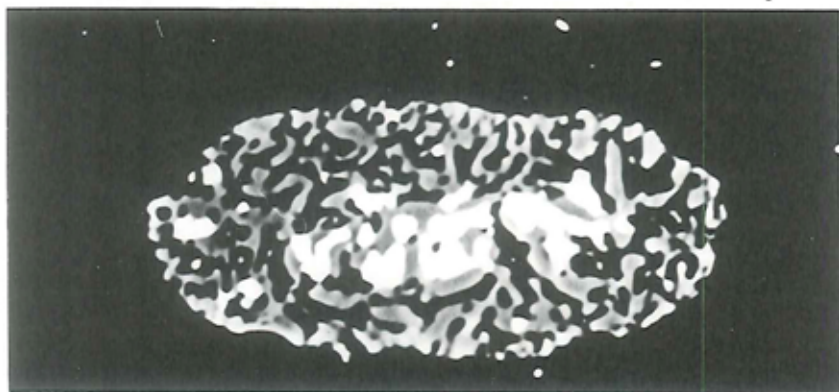


Strukturen i Lavo-prøven er derfor et tegn på, at prøven er kølet ned fra meget høje temperaturer. Ser man nærmere på de sandede flader i stenen, fremkommer små gasblærer, og hist og her også et stykke metallisk jern (fig. 2).

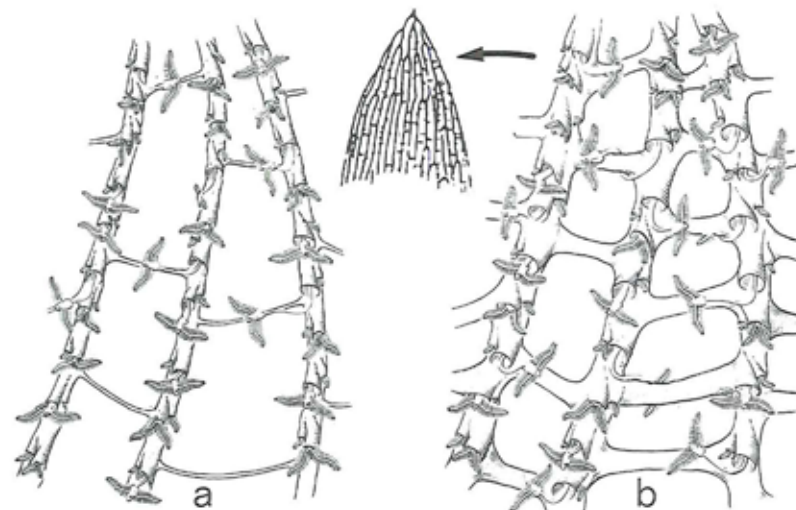
Ser man i mikroskopet, består bjergarten af en meget finkornet mørk masse, med flydelinier markeret af bånd af ganske små gasblærer. Den indeholder talrige små korn af kvarts, og hist og her findes også op til flere millimeter store hvide klaster. De består af siltsten, der helt ligner den 'normale' siltsten fra Gassum Formationen. Men hvor man i den uopvarmede siltsten finder vandholdige mineraler som lys glimmer og kaolin i mellemmassen, så er der i Lavo-stenens hvide klaster i stedet små områder med lys og mørkebrun glas. Glas dannes når stensmelte størkner meget hurtigt. Undersøgelse af Lavo-stenens glas viser, at den må have været opvarmet til over 900°C, men kun for en kort tid inden den blev hurtigt afkølet.

I Lavo-stenens mørke mellemmasse findes små fragmenter af landplanter, og de er blevet undersøgt sammen med tilsvarende planter fra Gassum Formationens sediment i boringen. Det viser sig, at mens planterne i sedimenterne endnu er brunkul, der aldrig har været varmet op over 100°C, er de små fragmenter i Lavo-stenen blevet til antracit, altså den fineste stenkul. Heraf kan man slutte, at de har været opvarmet mindst adskillige hundrede grader, og at de må have afgivet naturgas.

Mest overraskende var dog undersøgelsen af små korn af malmmineraler i den glasagtige sten. De fleste malmkorn består af det almindelige mineral rutil, der har sammensætningen TiO_2 . Men rutilen er rekrystalliseret ved høje temperaturer, og langs randen af kornene er der på mange korn nydannet et andet malmmineral. Dette mineral hedder armalcolit til ære for de tre astronauter: Armstrong, Aldrin og Collins. Det var en stor overraskelse at møde et sjældent



Figur 3. Et reflekteret elektronbillede af et oprindelig jern-titan-oxidkorn, der er rekrystalliseret til rutil (grå) og jernsulfid (hvid). Langs kornets yderste rand ses det nydannede mineral armalcolit. Kornet er ca. 0.04 mm langt.



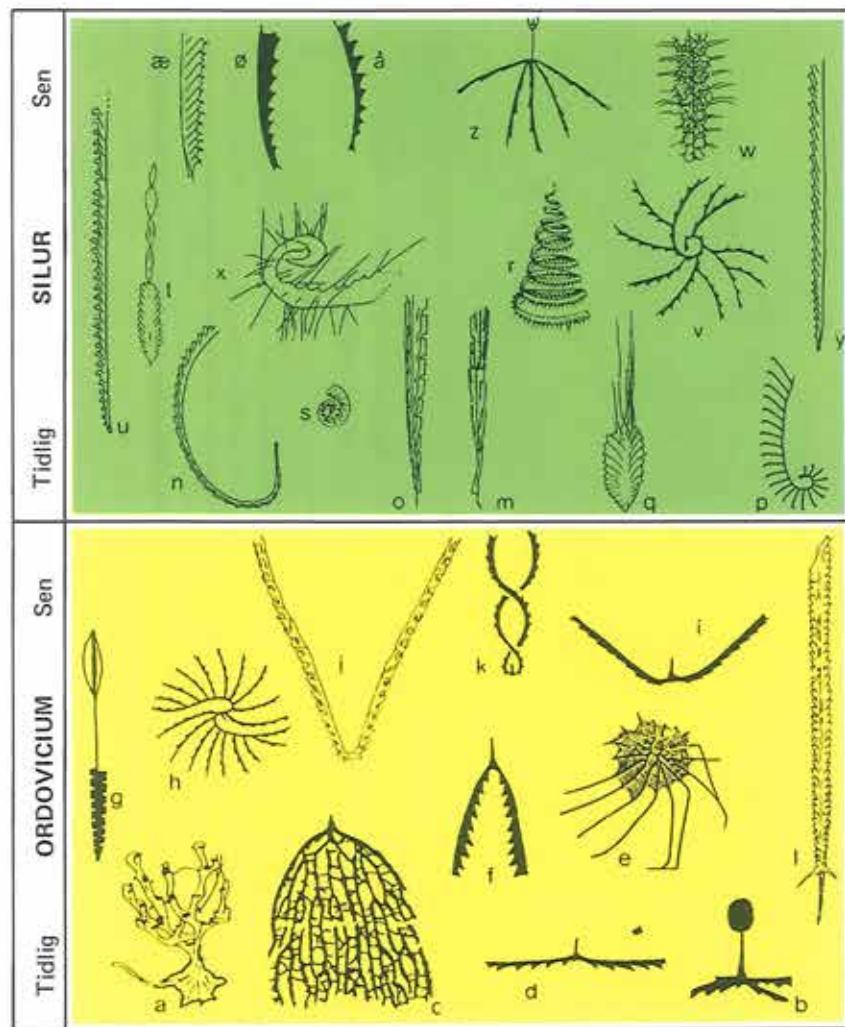
Figur 3. Skematisk rekonstruktion af en del af a: et ungt eksemplar og b: et fuldt udvokset eksemplar af *Rhabdinopora flabelliformis*. Det udvoksede eksemplar har tykkere grene på grund af et mere veludviklet cortikallag, som tænkes dannet af de individer, der er kravlet ud af thekerne (efter Erdtmann).

Hemichordaterne hører til invertebraterne (de hvirvelløse dyr), men står hvirveldyrene nær. Man kender jo ikke de for længst uddøde graptoliteres bløddele, men på grund af denne lighed i skelettet forestiller man sig, at de kunne have lignet bløddelene fra disse kolonidannende hemichordater, pterobranchierne (Fig. 2).

Graptoliterne levede alle i havet, og de tidligste former var fastsiddende på bunden. Fra begyndelsen af Ordoviciet opstod de fritlevende former, hvoraf langt de fleste kun havde en slags theker (Fig. 4).

De enkelte arter havde gennemsnitlig en kort geologisk levetid, kun ca. 1 million år. Takket være deres planktoniske levevis var mange arter oven i købet i stand til at brede sig over store dele af Jordens have, og graptoliterne er derfor et meget vigtigt stratigrafisk redskab for geologer. Man har været i stand til at inddele Ordoviciet og Silur i op mod 100 verdensomspændende graptolit-zoner, og det er derved blevet muligt at fin inddele datidens aflejringer, samt at foretage globale korrelationer af 400 til 500 millioner år gamle lag.

Større begivenheder i Jordens historie afspejler sig i graptoliterne artsantal (Fig. 5). Således kan man se, at der midt i Ordoviciet skete en kraftig reduktion i artsantallet, idet et tidligere 'Atlantehav' blev stærkt formindsket, hvor-



Figur 4. Diagram som viser graptoliternes mangeartede koloniformer gennem Ordovicium og Silur. a: Dictyonema (fastsiddende form). b-å: fritlevende former. b: 'Staurigrapthus', c: Rhabdinopora, d: Didymograptus, e: Loganograptus, f: Didymograptus, g: Pseudoclimacograptus, h: Nemagraptus, i: Leptograptus, j-k: Dicellograptus, l: Orthograptus, m: Akidograptus, n: Coronograptus, o: Rhaphidograptus, q og t: Petalograptus, r, s, u, x, ø og å: Monograptus, z: Linograptus. (Efter Bates & Kirk, Bulman og Müller).



Figur 1. Det største glasaftige fragment (ca. 5 cm bredt) viser kun krumme flader med små buede kanter meget lig mejselmærker. Foto: Ole Bang Berthelsen.

Det undersøgte fragment (fig. 1) har omtrent form som et stykke lagkage. Bortset fra flader, der er skåret af stensaven, begrænses stenen af krumme og bølgede flader. Ved nærmere eftersyn kan man se, at de opbygges af små trinlignende flader, der kan være få millimeter brede og flere centimeter lange. Sådanne flader nikker vulkanologen genkendende til, for de hedder 'mejselmærker' (på engelsk chisel-marks) og findes meget almindeligt på søjler i søjlebasalter. Mejselmærkerne opstår, når en silikatsmelte størkner og trækker sig hurtigt sammen under afkøling.

Figur 2. Savet flade, der viser en glasaftig grundmasse med hvidgrå klaster af siltsten. I venstre side ses et halvmåneformet stålfragment. Fladen er ca. 2 cm bred. Foto: Ole Bang Berthelsen.



EN GLØDENDENDE BOREKERNE

af Asger Ken Pedersen, Erik Nygaard, Jørn Rønsbo, Christian Bender-Koch og
Vagn Fabricius Buchwald

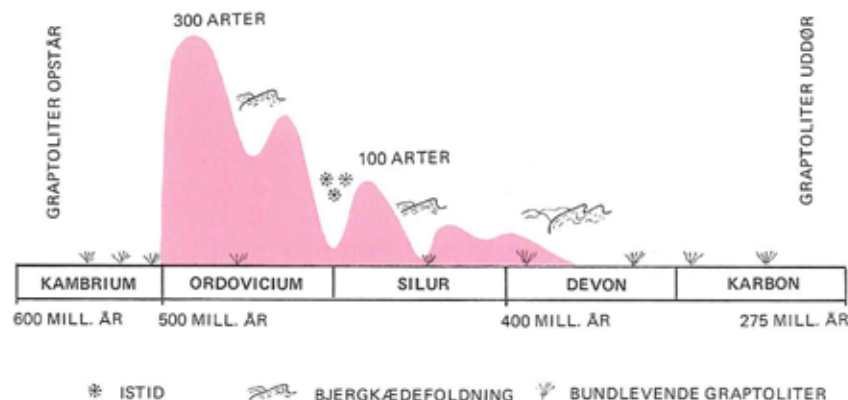
I 1959 blev der boret efter olie og gas ved Lavø tæt ved Helsingør i Nordsjælland af Danish American Prospecting Company (DAPCo). Olie eller gas fandt man ikke noget af, men fra kernerne i boringen fik geologerne mange vigtige oplysninger om undergrundens geologi. Nede i 2100 meters dybde blev der boret en ca. 3 m lang kerne – kerne nr. 10 – i sedimenter fra Gassum Formationen (Øvre Trias–Nedre Jura). Ved Lavø består Gassum Formationen af sandsten, siltsten og muddersten, der i sin tid blev aflejret i et miljø, som omfattede den kystnære del af en stor flodslette og et delta.

I sedimenterne er der få fragmenter af landplanter, hvilket er typisk for Gassum Formationens aflejringer. De øverste 2,7 m af kerne 10 viste sig at bestå af sandsten og siltsten, men i de bedreste 32 cm af kernen var der et materiale, som er helt forskelligt fra sten, der er boret op fra Danmarks undergrund – både før og siden. Man fandt her en række hårde grå til sorte glasagtige fragmenter, der i den oprindelige borerapport fra 1959 blev tolket som 'antracitisk kul', altså den fineste og mest opvarmede form for stenkul.

For nogle år siden genoptog geologer ved Danmarks Geologiske Undersøgelse undersøgelsen af dele af kernematerialet fra Lavø-boringen. Da man nåede frem til delen med 'antracitisk kul' blev det straks klart, at de glasagtige fragmenter ikke var kul, men en silikatbjergart. Var det en vulkansk bjergart, som man kender det fra Juratiden i det nærliggende Skåne, eller kunne det være en selvforbrændt skifer, som man kender det fra de brændende fjelde på Nugssuaq i Grønland?

Det største enkeltstykke af den glasagtige bjergart blev undersøgt med en lang række forskellige metoder af en forskergruppe på 5 fra DGU, Københavns Universitet og Danmarks Tekniske Højskole. Da gruppen endelig kunne afsige sin dom, var stykket blevet den mest grundigt beskrevne enkeltprøve fra Danmarks undergrund.

Resultatet var klart: De glasagtige fragmenter er tidligere sandsten og siltsten, der under boringen er blevet knust, malet sammen og varmet op til mellem 1000 og 1100°C. Ved de høje temperaturer er det knuste sediment begyndt at smelte, og ved en efterfølgende hurtig afkøling blev den smeltede del af stenen til glas. Bjergarten har altså været udsat for pyrometamorfose (pyro betyder ild) af en art, som man ellers kun finder ved sidestenskontakter til eller som indeslutninger i basiske magmabjergarter. Lavø-bjergarten er det første velbeskrevne eksempel på boringsmetamorfose over 1000°C.



Figur 5. Kurve, der viser antallet af graptolitarter i forhold til tiden. Endvidere er forskellige geologiske hændelser indtegnet.

ved forskellige graptolitprovinser forsvandt. Endvidere var der en markant istidsperiode på overgangen mellem Ordoviciet og Silur, under hvilken graptolitterne næsten uddøde. Da klimaet igen blev varmere, og havet steg i begyndelsen af Silur, skete der en eksplosiv udvikling af nye former.

I begyndelsen af Devon uddøde alle de fritlevende former, og kun enkelte bundlevende forblev tilbage. Denne fatale nedgang skyldes sandsynligvis blandt andet, at en stor del af havområderne forsvandt, da det gamle 'Atlantehav' lukkede sig helt under den kaledoniske foldning, hvorved Nordamerika blev svejset sammen med Fennoskandia.

Skønt geologer har fundet megen praktisk anvendelse af graptolitterne, vedbliver de dog at være gådefulde fossiler. Man kender som nævnt ikke dyrenes bloddele, og man ved ikke, hvordan disse ofte meget store kolonier har været i stand til at holde sig flydende i havet, men der har naturligvis været talrige teorier om eventuelle flydemekanismer.

Mange kolonier er forsynede med strukturer, der umiddelbart ligner flydeblærer, enten udviklede på selve kolonien eller siddende på en tråd, nema, som mange kolonier er forsynet med. Ved undersøgelser af disse 'flydeblærer' har man imidlertid fundet, at de ikke var blæreformede, men bestod af flade membraner. En enkelt undtagelse er dog for nylig fundet på Bornholm, hvor en to-raded, meget almindelig graptolit (*Orthograptus*) er fundet bevaret med den lange nema udfyldt af mineralet pyrit (svovlkis) (Fig. 6 og 7). Her er det muligt at forestille sig, at kolonien kunne have flydt rundt 'ophængt' i nema, som måske var udfyldt af materiale lettere end havvandet, såsom luftarter eller fede oliedråber.

Mange graptoliter har en koloniform, som er mere eller mindre spiralsnoet, ja også menbranstrukturerne er spiralsnoede, og det er derfor nærliggende at fore-



Figur 6. *Orthograptus calcaratus* fra Bornholms *Dicellograptus* Skifer. Del af koloni med lang nema, der er bevaret udfyldt af pyrit. Foto: J. Aagaard.



Figur 7. Forstørrelse af nema i figur 6. Man ser den blærede struktur. Foto: J. Aagaard.

Den bedste måde til at skelne plagioklas fra alkalifeldspat på er, at alkalifeldspat ofte har perthitisk struktur, hvilket plagioklaser aldrig har, samt at plagioklaser meget tit har polysyntetiske tvillinger. Disse tvillinger ses som tætliggende parallelle striber på spaltefladen. Ofte er striberne dog så fine, at man kun kan se dem ved at bruge lup.

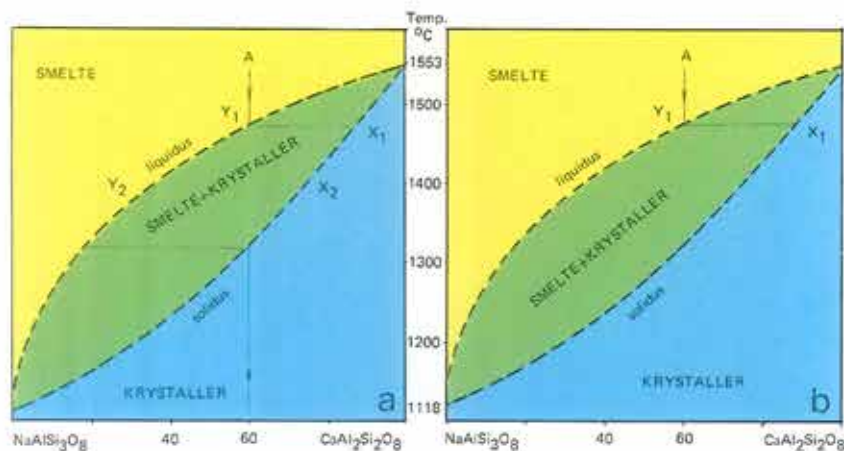


Figur 4. Spaltestykke af plagioklas med meget tydelige tvillingstriber. Foto: Ole Bang Berthelsen.

Plagioklas findes både i magmatiske, metamorfe og til tider også i sedimentære bjergarter. De forskellige plagioklaser optræder sjældent sammen i en og samme bjergart. Generelt er det sådan, at jo mere SiO_2 en magmatisk bjergart indeholder, jo mere Na-rig er plagioklasen. Omvendt vil en magmatisk bjergart med et mindre SiO_2 indhold hyppigt indeholde en Ca-rig plagioklas. Således findes anorthit og bytownit i gabbroer, labradorit i gabbroer, basalter og anorthositer, andesin findes i andesiter, oligoklas i granodioriter og monzoniter og albit i graniter, rhyoliter, trakyter og pegmatiter.

I pegmatiter findes feldspat i krystaller på op til flere meter, og man bryder da også denne bjergart netop for at få feldspaten ud. Feldspat brydes, fordi det kan bruges i forskellige sammenhænge. Allerede Ertebølle-kulturens folk, der levede i Danmark omkring 5.400–4.000 år f. Kr. i den såkaldte Jægerstenalder, brugte knust feldspat til at magre leret med, når de fremstillede keramik-ker. Denne teknik var dog efter al sandsynlighed importeret fra udlandet og kan derfor antages at være endnu ældre.

Endnu den dag i dag er feldspat en vigtig ingrediens ved fabrikation af keramik, og det er da også til denne industri, at den største mængde af mineralet går. Feldspat bruges også til maling, skurepulver og kunstige tænder, og endelig skal det nævnes, at visse former for feldspat anvendes til smykkesten. Det drejer sig om solsten og månesten, der – når de slibes – får et meget flot farvespil.

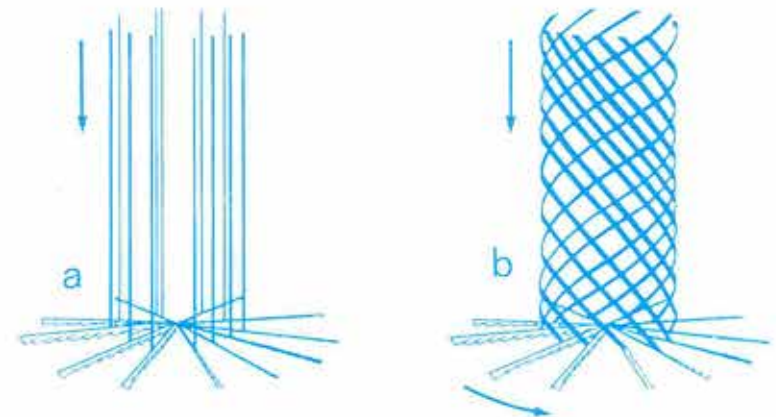


Plagioklas' krystallisationsforløb kan beskrives ud fra ovenstående figurer. Begynder man med en smelte med sammensætningen: 60% $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ og 40% $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (punkt A) og afkøler den meget langsomt, vil man ved ca. 1500°C få krystalliseret en feldspat med sammensætningen X_1 . Den dannede feldspat er noget mere Ca-rig end smelten, hvorfor smelten ved yderligere afkøling vil blive mere Na-holdig. Smeltens sammensætning vil følge den øverste af kurverne, den såkaldte liquidus-kurve, når man sænker temperaturen. Tilsvarende vil de dannede krystaller ved afkøling reagere med smelten og blive mere Na-rige. Krystallernes sammensætning vil følge den nederste af kurverne: solidus-kurven ved temperatursænkningen.

Eksempelvis vil smeltens sammensætning ved ca. 1400°C være Y_2 , mens de krystaller, der ligger i smelten, vil have sammensætningen X_2 . Når temperaturen når det punkt, hvor de krystaller, der dannes, har sammensætningen svarende til den oprindelige smeltesammensætning, er krystallisationsprocessen til ende, og alle feldspatkrystaller vil slutte med denne sammensætning.

Det beskrevne krystallisationsforløb vil kræve, at nedkølingen sker meget langsom, således at de dannede krystaller hele tiden kan nå at reagere med smelten. Sker afkølingen hurtigere, vil de først dannede krystaller blive ved med at have den oprindelige sammensætning (X_1), og udenpå vil der derefter blive lagt lag af mere Na-rig feldspat, indtil man til sidst får en ydre rand af ren albit. I dette krystallisationsforløb vil processen ikke ophøre ved de ca. 1300°C , men blive ved til 1118°C . Sidstnævnte forløb vil resultere i dannelsen af såkaldte zonerede feldspater.

stille sig, at kolonierne har roteret i vandmasserne. For nylig gjorde en englænder et modelforsøg med det formål at undersøge, hvordan graptolitterne muligvis har bevæget sig. Omhyggeligt konstruerede kolonier, opbygget i den rette størrelse og med den mest sandsynlige vægtfylde, blev testet i et svømmebassin i et college i Cambridge. Det viste sig, at alle graptolitmodellerne roterede, omend langsomt, medens de bevægede sig ned mod svømmebassinets bund. Der er således stor sandsynlighed for, at graptolitkolonierne havde roterende bevægelser. Da man forestiller sig, at fødeoptagelsen har foregået ved, at de enkelte små individer i kolonien opfangede mikroskopiske organismer, vil en rotation være meget fordelagtig, idet fødeoptagelsen hele tiden vil foregå i nye vandmasser og ikke i en vandmasse, som det underliggende dyr lige har optaget føde fra (Fig. 8).



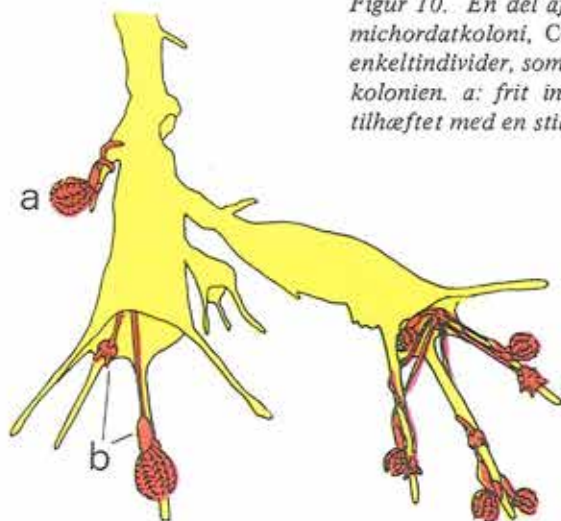
Figur 8. Skematisk tegning af de enkelte individers bevægelse ned gennem vandet ved henholdsvis a: kolonien bevæger sig lige ned, og b: kolonien roterer. (Efter Rigby & Rickards).

Nogle flergrenede kolonier har omkring den ældste del af kolonien haft skeletmembraner, der nu ses som kulhinder (Fig. 4e og Fig. 9). Membranerne har muligvis været med til at stabilisere den flydende koloni. Man ved dog ikke, hvilke mekanismer, der har forårsaget, at kolonierne overhovedet var i stand til at holde sig flydende i havet.

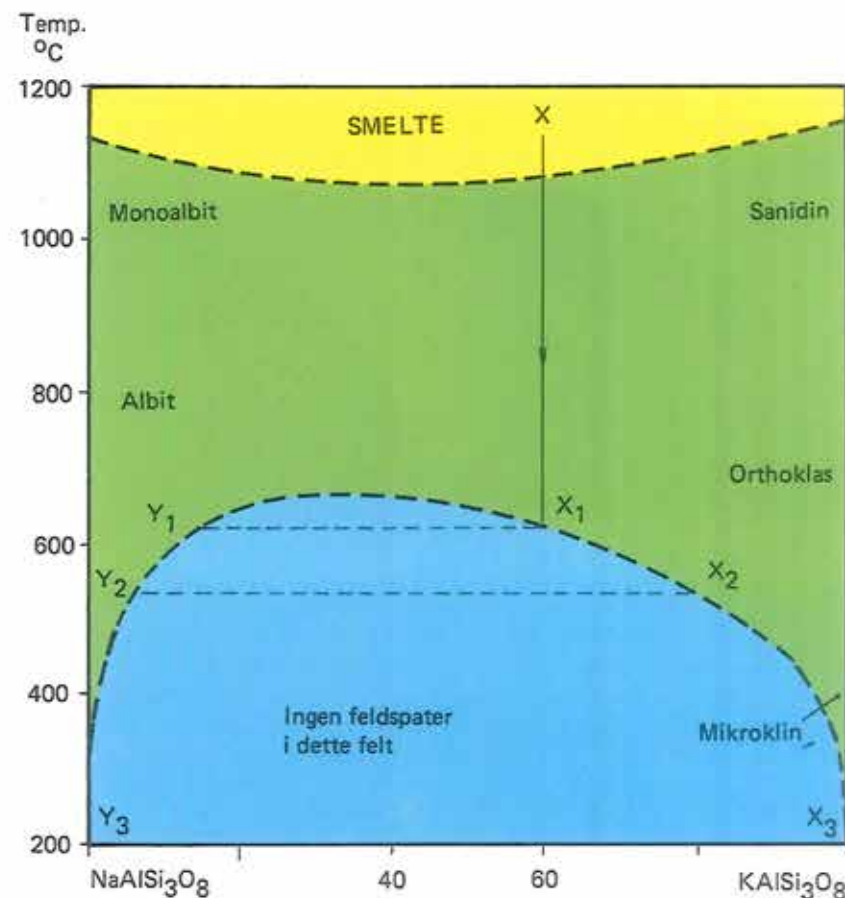
Det er endvidere stadig en stor gåde, hvordan graptolitterne har konstrueret alle de mærkelige 'flyderedskaber'. Enten har hele kolonien været omgivet af blodelhinder, som dannede skeletstrukturerne, eller også kunne de enkelte individer bevæge sig ud af deres theker og opbygge de forskellige kolonielelementer. Sidstnævnte har man iagttaget hos nogle af de nulevende hemichordater (Fig. 10). I så fald skulle det enkelte lille individ have været i stand til at bevæge sig



Figur 9. Stort eksemplar af *Cyrtograptus* fra Nedre Silur, Nordgrønland. Kulhinderne omkring de ældste dele kan svagt anes. Foto: J. Aagaard.



Figur 10. En del af en nulevende hemichordatkoloni, *Cephalodiscus*, med enkeltindivider, som bevæger sig ud på kolonien. a: frit individ, b: individer tilhæftet med en stilk. (Efter Dilly).



Perthit-dannelse kan nemmest forklares med en figur. Tager man udgangspunkt i en smelte med en sammensætning: 60% KAlSi_3O_8 og 40% $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ og sænker temperaturen langsomt, vil man ved ca. 1100°C få krystalliseret en alkalifeldspat med samme sammensætning som smelten.

Sænker man temperaturen yderligere, vil man ved ca. 600°C få splittet feldspaten op i to komponenter: X_1 og Y_1 , idet Na-ionerne nu vil begynde at samle sig i albitlag, mens den oprindelige feldspat bliver fattigere på Na, og den bliver derved relativt beriget med K.

Ved yderligere temperatursænkning vil denne proces fortsætte, og sammensætningen af kalifeldspaten vil gå fra X_1 mod X_3 , mens albitlagene vil blive mere Na-holdige, og sammensætningen af disse vil bevæge sig fra Y_1 mod Y_3 . Denne totale proces resulterer i en mikroklin med indesluttet lag af albit.



Figur 3. Spaltestykke af alkalifeldspat med perthit-struktur. Spaltestykket er ca. 10 cm bredt. Foto: Ole Bang Berthelsen.

den. Farven er for det meste kød rød, men også ofte hvid til gullig. Amazonit, der er en grøn til turkisblå varietet af mikroklin, slibes ofte og bruges til smykker og ornamenter.

Mikroklin udviser meget ofte perthit. Det vil sige, at der går nogle lyse, næsten parallelle lag af albit gennem feldspaten. Af og til kan disse lag kun ses i mikroskop, og strukturen betegnes da mikropertit.

En fjerde kalifeldspat, der dog er mere sjælden end de ovenfor nævnte, er *adularia*. Det er en varietet af denne, der går under navnet månesten.

Plagioklas

Plagioklasfeldspater består af det rene Na-endeled: albit og det rene Ca-endeled: anorthit, samt en række feldspater, der indeholder både Na og Ca, nemlig oligoklas, andesin, labradorit og bytownit.

Alle mineraler i plagioklas-gruppen har nogenlunde de samme fysiske egenskaber: De er trikline (ved høje temperaturer kan monoklin albit dog forekomme), de har hårdheden 6, og de har to spalteredninger, der er vinkelrette på hinanden. Farven er farveløs, hvid, grå eller mere sjældent grønlig, gullig eller rødlig. Oligoklas har ofte indeslutninger af hæmatit, hvilket giver den en særlig glans. Denne varietet kaldes aventurin-feldspat eller solsten.

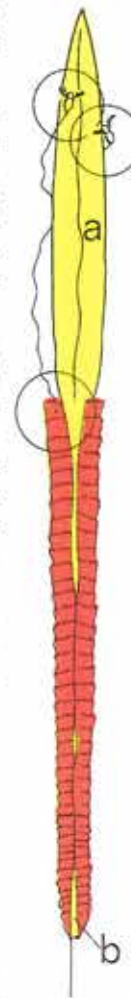
relativt langt fra sin theke, i forhold til den antagede individstørrelse, idet de trådformede strukturer og membraner kan blive op mod flere centimeter lange (Fig. 11).

Man har fundet graptoliter i næsten alle slags havaflejringer, sandsten, konglomerater, kalksten og skifre, men graptoliterne er dog så absolut mest hyppigt forekommende i sorte skifre. Det menes, at de fritlevende graptoliter levede oppe i vandmasserne, og i følge en af de nyeste teorier kan det tænkes, at graptoliterne var knyttet til en næringsrig zone, hvor nitrat omsættes til nitrit. Det foregår på dybder fra ca. 50 meter til få hundrede meter.

Tilstedeværelsen af sorte skifre, som graptoliterne hyppigst findes i, viser, at der herskede iltfattige forhold på havbunden. Skiferens sorte farve skyldes blandt andet et højt indhold af kulstof, som stammer fra organisk materiale, der ikke har kunnet rådne op, fordi der ikke har været ilt nok til forrådnelsen. Graptoliterne er efter deres død sunket ned på havbunden, hvor der var så iltfattigt, at der ikke kunne leve ådselsædere. Derfor er der ikke sket en normal biologisk nedbrydning, og vi kan finde graptolitskeletterne meget flot bevarede.

I dag frygter vi, at vore have bliver iltfattige og at alt bundliv uddør, men vi kan takke tidligere tiders naturlige iltmangel på havbunden for, at vi nu kan få så mange detaljerede informationer om en uddød gruppe dyr, der er så langt forskellig fra de dyr, vi kender i dag.

Figur 11. Rekonstruktion af graptoliter *Cystograptus vesiculosus*. I de to øverste cirkler ses individer, med eller uden stilk, som man har forestillet sig kunne bevæge sig ud af thekerne for at konstruere de store membraner (a). Bemærk den relativt lange vej, de små individer må have bevæget sig. Orange farve er theker. Nederst (b) ses sicula.



DANEKRÆ

Som følge af de nye danekræ-bestemmelser, der trådte i kraft 1.1.1990, blev to fossilfund i december 1990 som de første erklæret for danekræ af Statens Museumsnavn. Det ene er en hidtil ukendt fossil fisk fra moleret på Fur, og det andet er en stor kalkblok indeholdende 25 velbevarede skaller og pigge af et sjældent søpindsvin fra Fakse Kalkbrud.

DET FØRSTE DANEKRÆ

— EN GANSKE LILLE FISK

af Niels Bonde og Erik Fjeldsø Christensen

Sommeren var næsten gået på Fur, da en tysk familie dukkede op på museet med dagens fossilfund fra molerskrænterne på Nordfur. Familien havde tidligere samlet fossiler på Fur og hevendte sig som sædvanligt på museet for at få bestemt de indsamlede fund. Samlingen blev rutinemæssigt gennemgået, og som så ofte var det den lille almindelige laksefisk, der var blevet fundet. Og dog - en lille uanseelig fisk tiltrak sig opmærksomheden. Mikroskopet afslørede straks, at der sandsynligvis var tale om et fossil, der ikke tidligere var fundet i moleret.

Familien overlod stykket til Fur Museum, der bad Statens Museumsnavns naturvidenskabelige referencegruppe om at behandle sagen, og efter at have indhentet ekspertudtalelser kunne det konstateres, at fisken vitterligt aldrig før var fundet i moleret, og at stykket var både velbevaret og af største videnskabelig interesse. Fisken blev erklæret for danekræ, og den tyske familie fik udbetalt en dusør.

Et af Danmarks første danekræ blev altså en lille uanseelig fisk. Det understreger, at det ikke altid er de store imponerende stykker, der fremover kan forventes at blive erklæret danekræ, men at fundenes videnskabelige betydning også kan blive afgørende.

Fisken tilhører nu Staten og registreres på Geologisk Museum, hvorefter den vil blive deponeret på Fur Museum. Her vil den kunne ses fra påsken 1991.

Den lille, godt 15 mm lange fisk er ca. 30 mm høj og har et uforholdsmæssigt stort hoved i forhold til kroppen, der har været ganske smal. De mærkelige proportioner skyldes nok, at fisken ikke er fuldt udviklet. Der er mange eksempler på, at fisk vokser fra en højkroppet form med lange finnestråler og/eller -pigge til en mere 'normal' fiskefacon med lavere krop og finner. Den højkroppede

Alkalifeldspat

I alkalifeldspat-gruppen har man som før nævnt albit og kalifeldspat. Albit hører dog både til alkalifeldspat-gruppen og til plagioklas-gruppen, hvorfor det først vil blive nærmere omtalt i afsnittet om plagioklaser.

Kalifeldspat er en betegnelse, der dækker over feldspater med kalium i, og dem er der tre af, nemlig sanidin, orthoklas og mikroklin, der alle har den samme formel KAlSi_3O_8 .



Figur 2. Veludviklet krystal af alkalifeldspat. Feldspatkrystaller af denne størrelse finder man kun i pegmatiter. Bemærk de flader, der ses, er krystalflader. Foto: Ole Bang Berthelsen.

Sanidin er en farveløs monoklin feldspat med to spalteretninger, der er vinkelrette på hinanden, og hårdheden er 6. Sanidin dannes ved høje temperaturer og er ustabil ved lave. Derfor finder man kun sanidin i bjergarter, der har været meget varme og som er kølet så hurtigt af, at en rekrystallisation ikke har kunnet finde sted. Dette kan ske i lavabjergarter som trakyt og rhyolit.

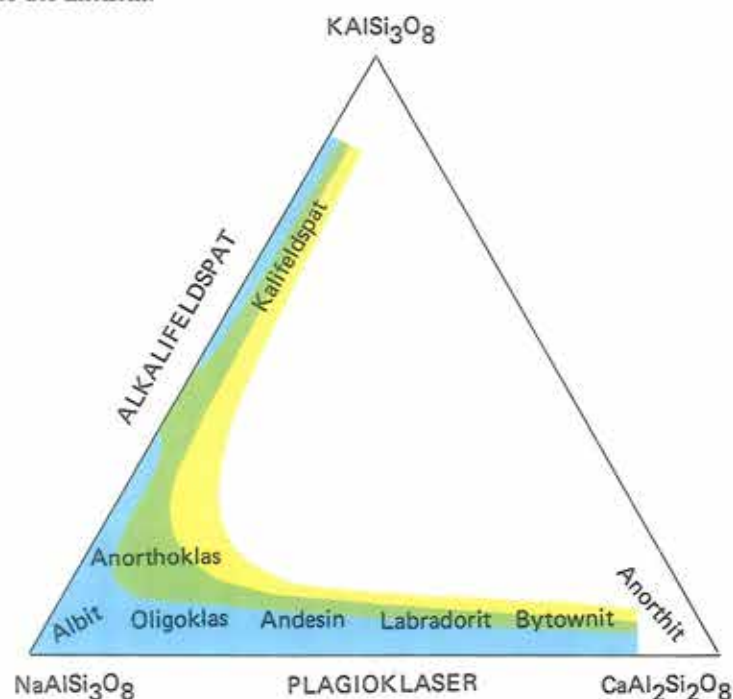
Orthoklas er ligesom sanidin monoklin og har hårdheden 6 og to (af og til dog tre) spalteretninger vinkelret på hinanden. Farven varierer fra farveløs over hvid og grå til kødød, sjældnere gul og grønlig. Orthoklas er stabil ved moderate temperaturer og findes ofte i bjergarter, der er størket relativt hurtigt et stykke nede i jorden. Dette vil typisk være graniter, granodioriter og syeniter.

Mikroklin er langt den mest almindelige kalifeldspat, hvilket hænger sammen med, at det er den kalifeldspat-polymorf, der er stabil ved de laveste temperaturer. Mikroklin findes typisk i granitiske bjergarter, der er størket langsomt, således at den orthoklas, der har været stabil ved højere temperaturer, har fået tid til at rekrystallisere. Mikroklin er desuden almindelig i gnejser og i sandsten.

Mikroklin er ikke som de to andre feldspater monoklin, men derimod triklin. Den har hårdheden 6 og to spalteretninger, der er næsten vinkelrette på hinan-

erstattet af et aluminium-atom, hvilket giver en sammensætning som $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, der har oxidationstrinnet -2 . Dette gør plads for en divalent kation, som vil være calcium (Ca^{++}), som i anorthit.

I praksis vil man kun sjældent finde de helt rene endeled, det vil sige kalifeldspat (KAlSi_3O_8), albit ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) og anorthit ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$). Naturligt forekommende feldspater vil ofte være en kombination af enten anorthit og albit eller albit og kalifeldspat. Disse kombinationer gør, at man deler feldspat i to grupper. Den ene gruppe, alkalifeldspaterne, består af de feldspater, der indeholder alkalimetaller, det vil sige natrium og kalium. I denne gruppe har man altså albit og kalifeldspat og alle blandinger af disse to. Den anden gruppe er plagioklas-gruppen, og her finder man anorthit og albit og alle feldspater, som ligger der imellem.



Trekantsdiagram til belysning af mulige feldspatsammensætninger. Bemærk, at alle blandingsforhold mellem den rene Na-feldspat (albit) og den rene Ca-feldspat (anorthit) kan eksistere, mens alkalifeldspatrækken ikke er kontinuert ved lave temperaturer. Endvidere ses, at albit både er en plagioklas og en alkalifeldspat. Farverne angiver forskellige temperaturintervaller. Blå: under 650°C , grøn: mellem 650 og 750°C og gul: mellem 750 og 900°C .



Figur 1. Danmarks første 'danekræ', den lille havgalt-lignende fisk bevaret som skeletaftryk i et stykke moler fra nordkysten af Fur. Foto: E. Fjeldsø Christensen.

form synes at være en ret almindelig måde for tilpasning til liv i planktonet (svævet) på de unge stadier, hvor de lange pigge gør dem til et dårligt bytte for de lidt større rovdyr. Det er sandsynligt, at molerfisker har levet fritsvømmende i planktonet i de øvre vandmasser, idet store dele af moleraflejringerne tyder på, at der har været iltfattigt ved bunden. Molerfisker har et meget stort hoved med kæberne skudt langt frem. Sådan bliver fisk tit bevaret i iltfattige miljø, hvor de bliver kvalt.

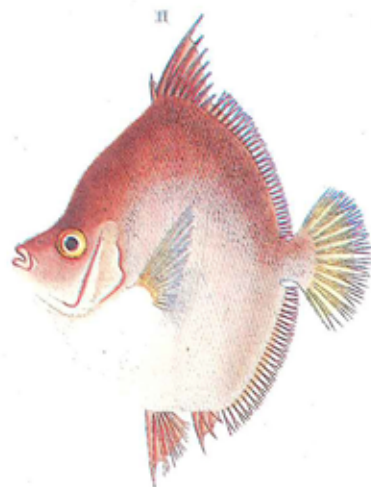
Nutidige slægtninge

Skeletanatomen stemmer godt overens med den nutidige familie Caproidae, der har 2 slægter:

1) *Capros* med arten *Capros aper* fra Middelhavet og Østatlantien. Den kaldes havgalt på dansk og kommer på sjældne besøg i Nordsøen og Skagerrak.

2) *Antigonia* har ikke noget dansk navn. Et dusin arter er kendt i Atlanterhavet fra USAs østkyst til kysten ud for Brasilien, fra Portugal til Senegal i Afrika, i det Indiske Ocean, omkring Australien og Philippinerne, ved Japan og Hawaii.

Baseret på skeletanatomen synes fisken nærmeste slægtning at være *Antigonia*, som lever i planktonet som små, mens de voksne, der er op til 15 cm lange, lever i mindre stimer på dybder mellem 50 og 600 m, hvor de æder små blæksprutter, krebsdyr og bløddyr. *Antigonia* fanges sjældent, og levevisen er dårlig kendt.



Andre fossiler

Begge slægter kendes fra Tertiæret i Europa. 2–3 arter af *Capros* er fundet i Oligocæn i Østeuropa og i Miocæn i Middelhavsområdet. *Antigonia* menes fundet i Oligocæn i Polen samt fra Nedre Eocæn i Italien. Molerets fisk er 4–5 millioner år ældre og er dermed den ældste helt nære slægtning til *Antigonia*, men da den næppe kan henføres til selve denne slægt, skal den altså have et nyt slægts- og artsnavn.

Molerets *Antigonia* har også interesse ved at være den nordligst kendte forekomst, men man skal dog være opmærksom på, at Danmark for 50 millioner år siden lå 5–10° nærmere Ækvator end i dag.

Figur 2. *Antigonia rubescens*, en indo-pacifisk art, der lever bl.a. omkring Australien og ved Japan. Billedet er fra en tavle i et næsten 150 år gammelt værk om Japans fauna. Foto: Ole Bang Berthelsen.



FELD
SPAT

af Mikael Pedersen

Af alle mineraler i Jordens skorpe er feldspaterne de bedst repræsenterede. De udgør omkring 50% af skorpematerialet, og man finder dem i så godt som alle bjergartstyper, det være sig plutoniske, vulkanske, metamorfe og sedimentære.

Feldspat hører til silikatmineralerne, og henregnes til gruppen tektosilikater. Det vil sige, at den grundlæggende struktur er SiO_4 -tetraedre, der sidder koblet til hinanden i et stort tredimensionelt netværk på en sådan måde, at ethvert iltatom er knyttet tæt til to siliciumatomer, mens hvert siliciumatom er knyttet til fire iltatomer. Denne opbygning gør, at forholdet mellem silicium- og iltatomer skulle være 1 til 2. I realiteten er hvert fjerde siliciumatom dog erstattet af et aluminiumatom, hvilket kan lade sig gøre, da ionradierne for Si og Al ligger meget tæt på hinanden.

Den kemiske formel for feldspat vil indeholde et led, der hedder AlSi_3O_8 . Regner man oxidationstrinnet ud for denne gruppe, får man -1 , hvilket vil sige, at der skal knyttes en monovalent kation til gruppen, for at den kan blive elektrisk neutral. Dette kan enten dreje sig om kalium (K^+) som i kalifeldspat eller natrium (Na^+) som i albit. I nogle tilfælde vil hvert andet siliciumatom være

Figur 1. To alkalifeldspatkrystaller fra en pegmatitgang. Stykket er 11 cm bredt. Foto: Ole Bang Berthelsen.

Som noget helt enestående ved det nye fund har et enkelt eksemplar af skallerne de specielle kalkplader (terminal- og genitalplader, der tilsammen udgør dyrets analfelt – gat-området) bevaret intakt. Endvidere er dyrenes primærpigge bevaret i kontakt med skallerne, omend brudt itu. Også de ganske små sekundærpigge eller pedicellier (røse-pigge) er bevaret i kontakt med skallerne, hvilket ikke er kendt fra andre fund.

Koncentrationen af de mange komplette skaller af *Temnocidaris danica* og den helt enestående bevaringstilstand vidner om, at dyrene må være skyllet ned i en lavning på havbunden og antageligt levende begravet.

På basis af det ekseptionelle fund kan *Temnocidaris danica*'s hele skeletmorfologi nu beskrives og danne grundlag for en vurdering af artens funktionelle morfologi og tilpasning til miljøet.



Figur 2. Et af de søpindsvin fra danekræ-blokken, hvor det fuldendte kæbeapparat ('Aristoteles lygte') er synligt. Bemærk også det store antal (brækkede) pigge af forskellig størrelse. Foto: Ole Bang Berthelsen.

SØPINDSVIN SOM DANEKRÆ

af Sten Lennart Jakobsen og Walter Kegel Christensen

Kalken ved Fakse blev allerede i 1200-tallet anvendt som bygningssten i nogle af omegnens middelalderkirker. Senere, i 1600-tallet, vides, at kalken blev brudt i flere små brud med henblik på kalkbrænding til mørtel. I dag er Fakse Kalkbrud et af de største kalkbrud i Danmark, og har længe været kendt som en 'guldgrube' for palæontologer og andre geologisk interesserede.

Kalken fra Fakse Kalkbrud består af bryozokalk og koralkalk fra Danien-tiden og er omkring 63 millioner år gammel. På den tid var det meste af Danmark dækket af et varmt tempereret hav med et rigt dyreliv, der blandt andet omfattede fisk, havkrokodiller, hajer og blæksprutter, der levede i de frie vandmasser. På havbunden levede koraller, bryozoa, søpindsvin, krabber, muslinger, snegle, brachiopoder, søliljer og havsvampe.

Om fundet

I november 1990 var Leif Rasmussen som så ofte tidligere taget på fossiljagt i Fakse Kalkbrud. I en stor dyng af kalk fandt han en blok af bryozokalk, på hvis overflade han bemærkede adskillige rester af søpindsvin. Den forsteningsrige blok blev bragt hjem og underkastet en nødtørftig præparation, der afslørede ikke mindre end 25 eksemplarer (skaller med tilhørende pigge) af det sjældne søpindsvin *Temnocidaris danica*. Enkelte af dem endog med kæbeapparatet bevaret i mundåbningerne.

Nu gik der meddelelse til Geologisk Museum om det opsigtsvækkende fund, og en medarbejder ved museet tog til Fakse for at tage stykket i øjesyn. Her blev det hurtigt fastslået, at stykket er af stor videnskabelig betydning, og tilmed er det et udstillingsmæssigt pragtstykke.

Blokken blev herefter bragt til Geologisk Museum, hvor det blev indbragt for Statens Museumsnævns naturvidenskabelige referencegruppe. En hastebehandling af sagen resulterede i, at det fornemme fund blev erklæret for danekræ, og finderens modtog en dusør.

Opstemt over den store interesse fra videnskabelig side foretog Leif Rasmussen et fornyet eftersyn i kalkbruddet for om muligt at lokalisere forekomsten og eventuelt gøre yderligere fund. I bunken af bryozokalk, hvor pragtstykket tidligere var blevet fundet, lykkedes det at bjærge yderligere 5-6 blokke, der alle indeholdt skalrester og pigge ligesom danekræ-stykket.

I samlingerne på Geologisk Museum findes der kun et eneste nogenlunde komplet eksemplar af *Temnocidaris danica* – trods indsamlinger i kalkbruddet gennem mere end 200 år, hvilket understreger fundets sjældenhed, så atter engang er det således blevet bekræftet, at videnskaben har meget stor glæde af årvågne amatorsamlere.



Danekræ-blokken med Temnocidaris danica. Blokken måler 30 x 50 cm. Foto: Ole Bang Berthelsen.