

I 1992 fandt Peter Mortensen (fra Odense) en løs blok af kalksandsten med sådanne fiskeforede 'terebellide'-rør i en grusgrav i Davinder øst for Odense. Det viste sig at være en såkaldt 'Köpinge Sandsten', der kendes fra sen Kridt i Skåne. Bjergarten kendes ikke i det danske område og er blevet bragt hertil af gletchere eller smeltevand i sidste istid. Gravegangene indeholder mange knoglerester og skæl af benfisk, og nogle af dem er så fint bevaret, at de kan bestemmes ret nøje. Der er en meget flot ca 2 cm lang underkæbe med store, slanke, sylespidse rovtænder og også flere ret store mønstrede skælplader, begge dele karakteristiske for Eurypholis og nært beslægtede former af gruppen enchodontider. Denne uddøde gruppe var rigt repræsenteret i sen kridttid over hele verden og er beslægtet med nutidige dybhavsfisk som aulopodider og synodontider (eng. 'lizard-fisk', dvs. 'øglefisk' - Holosteus, ovenfor, placeres ofte nær disse former). Enchodonter er rovfisk med store hoveder og ofte kolossale hugtænder forrest i kæbe og gane (Enchodus hugtænder findes ofte løst - også i vort skrivekridt). Gravegangene med fisk i Köpinge Sandsten har været rapporteret langt tilbage, også som løse blokke i Nordtyskland og Danmark, men der er ikke nogen beskrevet med bestemte fiskerester, så måske er sådanne usædvanlige - i samlingerne i Lunds Universitets Geologiske-Palæontologiske Institut kunne jeg i al fald ikke finde nogle pæne fiskerester.

Stykkerne er nu blevet erklæret danekræ p.gr.a. sjældenheden af denne pæne bevaringstilstand og bestembarheden - når de er fundet her er det jo danske fossiler, selvom oprindelsen ligger et stykke øst for landet (Skåne eller Øster-søen). Det må pointeres, at løse blokke i grusgrave er en vigtig kilde til fossiler, f.ex. er vor eneste pæne Danien-fisk fra en løs blok på Djursland (en polymixiid fundet af N. Groes, Holme syd for Grenå). Den kunne være taget op af gletchere her i landet - men fjerntransporterede blokke kan altså også indeholde potentielle danekræ. De ovennævnte fiskerester er altså 'gravet' to gange, først ned af et ? krebsdyr, siden op ved hjælp af isen!



VARV BRINGER NYT FRA MØENS KLINT.

EN ARTIKEL OM BASISDATAKORT, DER ER EN MÅDE AT ANGIVE GEOLOGISKE OPLYSNINGER PÅ KORTFORM.

VARV HAR ENDVIDERE EN ARTIKEL OM PRÆSTENS BADEKAR, EN ARTIKEL OM EN ROVBILLE FRA FAKSE BUGT, SAMT EN GENNEMGANG AF DANEKRÆ FRA DE SIDSTE ÅR.

ENDELIG BRINGER VARV EN ARTIKEL OM RØGKVARTS, EN ANDEN FORM FOR KVARTS.

Forside billede: Foto, Lars Hamberg.

Forfattere til artikler i dette nummer kan kontaktes på følgende adresser:
Lars Hamberg, Dansk Olie & Naturgas A/S, Agern alle 24-26,
3970 Hørsholm

Peter Gravesen, Jørn Bo Jensen og Ole Bennike, Danmarks Geologiske
Undersøgelse, Thoravej 8, 2400 København NV

Niels Bonde og Aage Jensen, Geologisk Institut, Øster Voldgade 10, 1350
København K

VARV skal beklage, at 'sætternissen' havde alvorligt fat i Aage Jensens
artikel i VARV 1994,1. Carat er 1/5 g og Geologisk Museum har til huse i
Øster Voldgade 5-7. Vi beklager!

-----VARV-----

VARV er udgivet med støtte fra Kulturministeriets bevilling til
almenkulturelle tidsskrifter.

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Institut,
Øster Voldgade 10, 1350-København K

Telefon: 35 32 24 00, Geologisk Institut, København.

Redaktion: Asger Berthelsen, Bjørn Hageskov, Jens Konnerup-
Madsen, Lena Madsen og Svend Pedersen (ansvarshavende)

Lay-out: Bjørn Hageskov og Svend Pedersen

Repro: Tage Wilken a/s, København

Tryk: Levison+Johnsen+Johnsen a/s, København

VARV udkommer fire gange årligt. Prisen er 85 kr i abonnement for 1994.
Abonnement kan tegnes ved at indsende beløbet til VARV, postgiro 9 06 88
80, eller 85 SEK til VARV's svenske postgirokonto: 4388-5, eller 85 NOK
til VARV's norske postgiro: 0806 1923234.

Adresseændringer bedes meddelt VARV!

© 1994 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kan kun ske efter aftale.

fald 2-3 forskellige arter og muligvis vækstserier (hudskifter) af en af arterne. Både Ole og Henrik Burholt har fået fine eksemplarer erklæret danekræ - det er de eneste fossile rejer kendt fra Danmark, og også på globalt plan er rejer ret ualmindelige fossilfund (se VARV 1992,2).

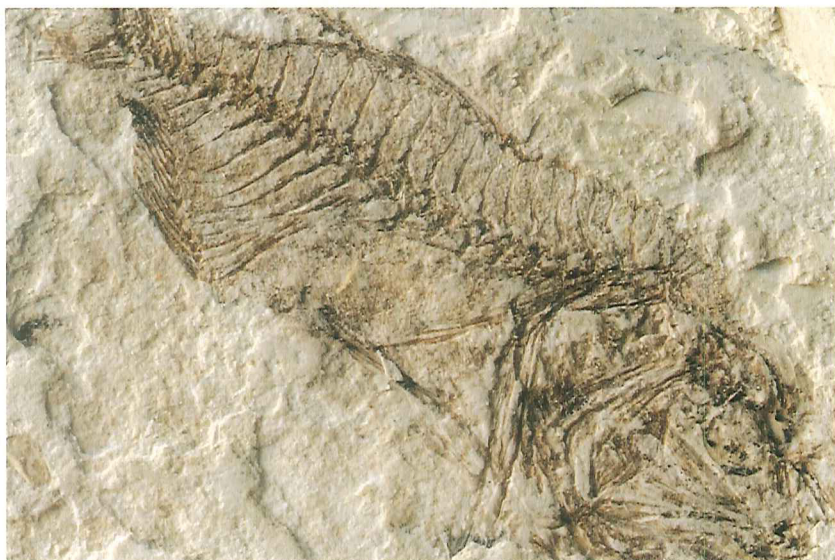
Til sidst om 'gravet' fisk: I vort danske skrivekridt er der næsten ingen bestemte rester af benfisk (se VARV 1992,2 - og der er tilmed meget få hajtænder), kun løse skæl, småknogler og tænder, men i nogle få tilfælde er de koncentreret i rør kaldet 'Terebellide'-rør, 1-3 cm i diameter. Her er fragmenterne bygget ind i gravegangens væg, og man mente i 'gamle dage', at det var børsteorm af terebellid-familien, der var ansvarlig - det er måske snarere krebsdyr, nok af Thalassanassa-gruppen (dem der også laver "ophiomorfer", dvs. slangeformede gange). De kendes også fra vort Tertiær: Danien-kalk, "plastisk ler" osv., men der er ingen kendt fra det fiskerige moler, som i den øvre halvdel har ret mange gravegange (dog af helt andre typer og mindre).



Figur 5.. Den største 'pindsvinefisk, næsten 2 cm lang. Fundet i 'skifer' af Tage Burholdt. Foto: O.B. Berthelsen.

interessant. De synes ret ens i bygning, men tilsyneladende har de to små fisk bækkenknogler (ingen bugfinner kan ses), mens bækken mangler hos den største - måske (?) en vækstserie, der viser reduktion og forsvinden af bækkenet, en tendens, der kendes inden for gruppens udviklingshistorie. Det kan selvfølgelig også være, at det er 2 eller 3 forskellige arter; nøjere studier sammen med en amerikansk specialist til sommer vil måske afgøre dette. De er alle fundet ved Stolleklint, de to små af Henrik Madsen og den største af Tage Burholt, Århus.

Figur 4. Den unikke og mærkelige lille moler-fisk med problematisk slægtsskabsforhold blandt benfiskene. Foto: O.B. Berthelsen.

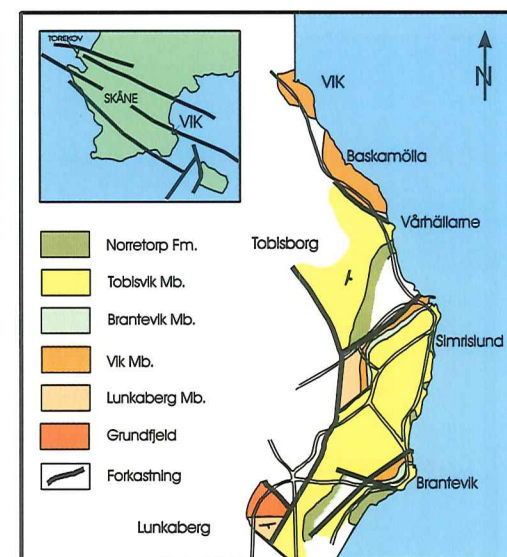


Ole Burholt fra Ræhr er også en meget flittig samler, som har indleveret flere Oligocæne hvalkranier, der er blevet 'kræ', små delfiner, som er blandt verdens ældste. Han samler også molerfossiler og har fået danekræ-bedømt en unik lille sild fra 'skiferen' ved Stolleklint. Den er nemlig klart forskellig fra den sildeart, der er den mest hyppige fisk i disse nederste dele af formationen, især dog som spredte skæl. Denne sidste 'sild' findes også højere oppe i selve moleret, men her er den lille 'guldlaks/strømsild' meget mere almindelig.

Med de mange nye arter fra 'skiferen' kan der således konstateres en tydelig ændring af fiskefaunaen mellem denne tidlige del og det overliggende moler. Det er også udelukkende fra 'skiferen', at der kendes fund af rejer, i al

Præstens Badekar i Skåne En jordskælvsbetinget indsynkningsstruktur

Lars Hamberg



Figur 1. Geologisk kort over Vik området.

Indsynkningsstrukturer i sedimenter er skålformede depressioner dannet kort tid efter aflejring af sedimentet og inden sedimentet er hærnet, dvs. synsedimentært. På blotlagte overflader ses indsynkningsstrukturer ofte som cirkulære eller ovale depressioner, men kan også fremstå uregelmæssige og kaotiske.

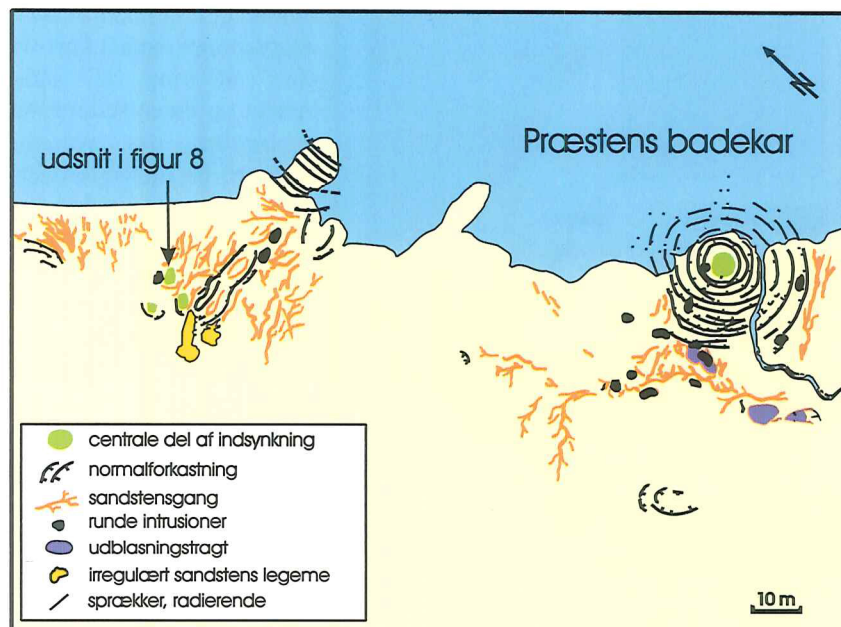
Fossile såvel som nutidige synsedimentære indsynkningsstrukturer findes ofte langs med eller nær ved forkastninger, hvor chokbølger fra jordskælv har forårsaget et pludseligt øget porevandstryk og ustabilitet i aflejringerne.

Præstens Badekar (se forside) syd for Vik havn i Skåne er et eksempel på en cirkulær indsynkningsstruktur i nedre kambriske sandsten tilhørende Hardeberga Formationen (fig.1 og 2). Præstens Badekar findes sammen med andre mere uregelmæssige indsynkningsstrukturer, der alle fremstår som cirkulære til ovale depressions-rosetter gennemsat af forkastninger i et koncentrisk mønster rundt om depressionerne (fig. 2). Udover indsynkningsstrukturerne forekommer talrige sandstensgange og rørformede intrusioner af porøs sandsten, samt udblæsningstragte (fig. 2).

Sandstensgangene er 5-20 cm brede og 1-20 m lange intrusioner, der er næsten lodrette og består af porøs sandsten med talrige huller efter luftbobler og borteroderede lerklaster (fig. 3). Gangene er koncentreret omkring indsynkningsstrukturerne, typisk parallelt med de mange koncentriske små-35

forkastninger. Lokalt optræder rørformede intrusive legemer af samme porøse sandsten.

Udblæsningstragte ses som koniske huller og rør på 1-2 m's dybde og med en åbning på 2-3 m i diameter (fig. 2 og 4). Indvendigt er siderne ofte beklædt med porøs sandsten, og små legemer af porøs sandsten forekommer i bunden af tragtten.



Figur 2. Kystblotningerne ved Vik.

I kystblotningerne langs hele kyststrækningen fra Vårhallerne til Vik findes lignende deformationsstrukturer, men disse strukturer er dog for størstedelens vedkommende direkte relateret til ombøjning af sandstenslagene langs forkastningsplaner og er ikke dannet som indsynkningsstrukturer. Cirkulære indsynkningsstrukturer magen til Præstens Badekar ses udover ved Vik kun i kystblotninger ved Torekov i det nordvestlige Skåne (fig. 1).

Indsynkningsstrukturer kendes fra mange typer af aflejringer, både æoliske, fluviale og marine. Præstens Badekar og tilsvarende deformationsstrukturer findes hovedsageligt i den del af Hardeberga Formationen, der benævnes Vik Member (fig. 5).

detaljeret beskrevet. Det kan gøres på grundlag af molerfossilerne, hvor man har en heldig kombination af skeletafttryk i det bløde moler og "forstenet" skelet bevaret i cementsten.

Henrik Madsens anden store fisk er også et ganske flot udstillingsstykke, selvom den ikke er komplet, for alle finner, bortset fra halens, og ribben og skæl er forsvundet fra den henfaldende krop inden indlejringen i havbundens slam. Fisken er 65 cm lang plus halefinnen og består altså iøvrigt af hvirvelsøjlen og vist nok ét lille skæl, samt kraniet med gode kæber og et fint kranietag. Den er lidt vanskelig at placere systematisk, men synes at være en stor laksefisk, måske den samme, som der findes et meget større kranium af på Fur Museum, fundet af dettes oprindelige leder Magne Breiner langt tilbage. Den art har nok kunnet blive over 1 m lang og har ganske små skæl - den synes at være meget sjælden.

To ret store, fine makrelfisk i cementsten er også fundet værdige som 'kræ', de er samlet af Bent Søe og Henrik Madsen, men vil blive omtalt ved en senere lejlighed, hvor også nogle små nålefiske-slægtninge vil blive behandlet, for der er fornyligt fundet 2-3 nye arter af disse i 'skiferen' (kun én var kendt tidligere fra det egentlige molér).

Endelig skal vises nogle danekræ fra småtingsafdelingen: Schweizeren Claus Merki, har fundet en lille, kun 2 cm lang fisk som aftryk i lamineret moler fra Fur. Den er meget "mærkelig", intet lignende synes kendt fra Tertiære lag, og jeg er meget usikker på, hvilken gruppe den tilhører, for kraniet er så lille, at det er svært at se visse detaljer. Bækken med bugfinne er dog hæftet til skulderbæltet, som hos avancerede teleoster og der er måske en svag finnepig forrest både i ryg-, gat- og bugfinne, mens halen er ret primitiv. Det er nok en meget primitiv pigfinnet fisk, som en beryciform (soldaterfisk og egerfisk er de mest velkendte af gruppen idag), og den har meget lange kæber i det relativt store hoved. Et meget interessant fund.

Den næste 'småfisk' er også et unikum, eneste kendte eksemplar af en lille hestemakrel, som synes nært beslægtet med, men forskellig fra *Vomeropsis*, en af de mange højkroppede former, der kendes fra Monte Bolca. Fundet af Henrik Madsen i 'skifer' ved Stolleklint.

Uhyre interessante er nogle andre ganske små fisk fra samme slags 'skifer', nemlig de første fund af den meget avancerede gruppe af pigfinnede fisk, kaldet Tetraodontiformer, som omfatter bl.a. aftrækkerfisk, kuffertfisk og pindsvinefisk idag. Lad os her kalde de små for 'pindsvinefisk', for de er helt dækket af små skælplader, der hver har én kraftig pig. Tre stk. i størrelsen ca 8, 11 og 16 mm er blevet 'kræ', for de viser måske noget meget



Figur 3. Kraniet med åben mund samt noget af rygraden af den store laksefisk. Cementsten med mange askelag. Fundet og præpareret af Henrik Madsen. Foto: N.Bonde.

I cementsten har Henrik Madsen, vor flittigste danekræ-samler, gjort et par meget flotte fund af store fisk allerede i 1991. Begge har en lidt usikker stilling i fiskesystemet, selvom den ene også kendes fra andre aflejringer. Pragtstykket er over 1/2 m lang plus halefinnen, og er fundet i to blokke, imellem hvilke der dog højst mangler et par cm. Fisken ligger mellem askelag +27 og +28, et niveau, som har givet en meget stor del af de fisk, der er fundet som komplette skeletter i cementsten. Den er fundet i den gamle Sundby grav på Mors. Der kendes kun et andet næsten komplet skelet (der mangler også lidt midtpå) af denne art, en godt halv så lang fisk bevaret som aftryk i moleret, fundet i 80'erne af Bent Søe, mens mindre kropsfragmenter og kranieknogler, især underkæber, ikke er så sjældne. Danekræstykket er meget flot og et rigtigt udstillingsstykke, idet det også i fladen indeholder en gren og to andre fisk: den lille almindelige 'guldlaks/strømsild' og formationens trediealmindeligste fisk, den primitive pigfinnede fisk af polymixiidefamilien. Videnskabeligt er 'kræet' interessant, for det ligner mest slægten *Holosteus*, som kendes fra nogle få eksemplarer i den berømte Monte Bolca fauna nær Verona af sen Nedre Eocæn alder (ca 50 mill år) og i en anden rig fiskefauna fra tidligste Oligocæn i Kaukasus. Den regnes for beslægtet med en nutidig dybhavsfamilie, men det forekommer usandsynligt, for dens haleskelet synes alt for primitivt - slægten er aldrig blevet

Indsynkningsstrukturerne blev dannet næsten samtidigt med aflejringen af sedimenterne og en del af forklaringen på dannelsen af indsynkningsstrukturerne ligger i aflejringsmiljøet for disse nedre kambriske sandsten. Vik Member er karakteriseret ved en rytmisk vekslen mellem tynde skrålejrede og bioturbere sandstensbænke (fig. 6).

Enheden repræsenterer tidevandsaflejringer afsat i en bred lagune bag en barriere ø, et miljø meget lig det nuværende vadehav på Sønderjyllands vestkyst, som skitseret i figur 6. Dette miljø er kendetegnet ved gennemgående dræningskanaler eller tidevandsløb og render, der fører vandet ind og ud af lagunen under henholdsvis flod og ebbe.

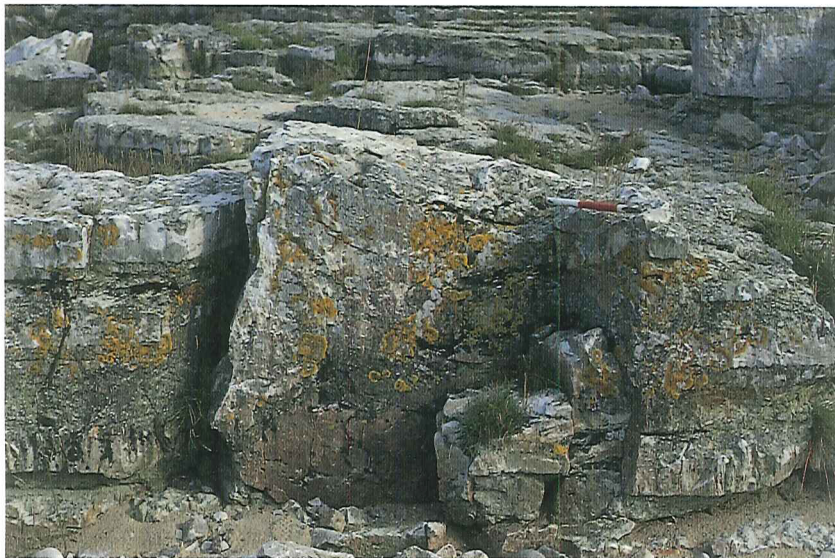


Figur 3. Forgrenet sandstensgang.

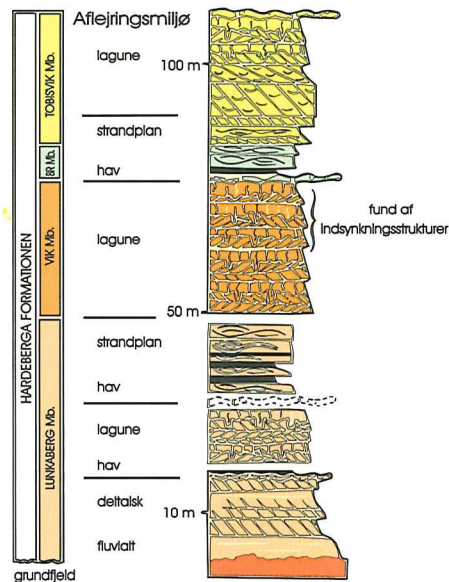
Den rytmiske vekslen af krydslejret og bioturbet sandsten repræsenterer årstidsvariationer i afsnørede kanaler eller afsnørede dele af kanaler. Om vinteren aflejredes krydslejret sand som følge af øget vandstand og energi over de afsnørede kanaler under stormflodssituationer. Resten af året lå de afsnørede dele uberørte hen og var genstand for intens kolonisering af gravende dyr, hvilket resulterede i bioturbet sand.

Under og lige efter aflejringen har de krydslejrede bænke udgjort mere sammenhængende lag af sammenpresset sand, mens de bioturbere lag har været mere porøse og mættede med vand og luft. De bioturbere bænke kan være op til dm tykke. Med tiden har opbygning af skiftevis krydslejrede og bioturbere bænke medført en ustabil lagpakke.

I blottede profiler gennem indsynkningsstrukturerne ved Vik (fig. 7) ses det tydeligt, at indsynkningen skyldes kollaps af de vandmættede, bioturbere lag. På figur 7 ses, hvordan en passiv skålformet indsynkning af mere sammenhængende krydslejret sand har fundet sted over et veldefineret område, hvor de bioturbere bænke nu mangler. Sand og vand fra de ustabile bioturbere lag er blevet presset ud gennem svaghedszoner og forkastninger omkring indsynkningsstrukturen og har givet ophav til sandstensgange.



Figur 4. Vik member.



Figur 5. Lithostratigrafisk søjle over Hardeberga Formationen ved Vik.

berømt er den op mod 2 m lange *Brychaetus* fra tidlig Eocæn i London leret, New Jersey og Afrika, kun kendt fra kranier - og de største kæber med formidable tænder er fundet i Mali. Også *Opsithrissops* fra basal Eocæn i Turkmenistan bliver over 1 m lang. Den store molér-'knogletunge' blev måske op mod 2 m lang og hører ikke til de to nævnte slægter.



Figur 2. Den lange slanke 'Holosteous' i to blokke af cementsten med flere sorte askelag. Udpræpareret af Henrik Rasmussen. Foto: O.B. Berthelsen.

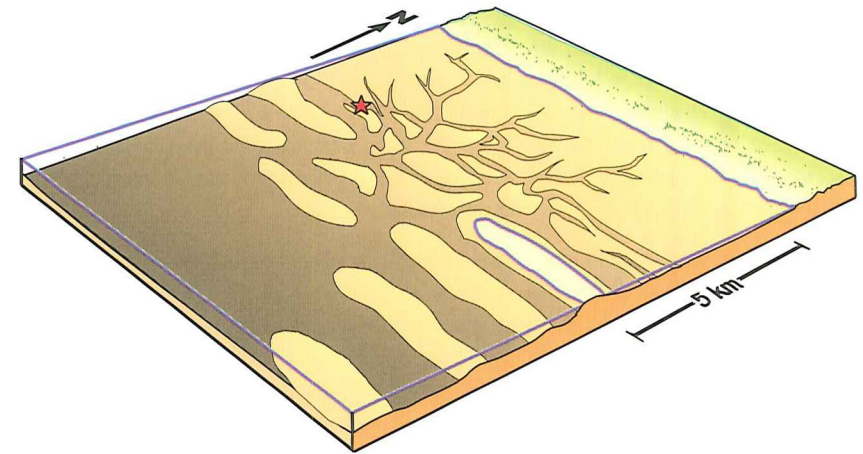
Det gør det nye danekræ heller ikke, og i dette tilfælde er vi så heldige, at skællene viser, at i moleret kan den kombineres med to stykker kendt kun fra haleregionen med halefinne (et fra Natural History Museum, London fundet i 30'erne af afdøde vertebratpalæontolog Walter Kühne, et fra Molérmuseet fundet af lederen Bent Søb); begge er aftryk i moler fra den nedre del af den egentlige diatomit. Også halefinsens bygning er typisk for 'knogletunger', en gruppe der idag oftest regnes for den først afspaltede forgrening på de egentlige benfisks, teleosternes, stamtræ. Altså er osteoglossomorfer 'søstergruppe' til resten af benfiskene, og de har faktisk bevaret en del primitive træk fra den oprindelige stamform (ligesom kloakdyr er søstergruppe - med mange primitive træk, f.ex. æglægning - til resten af pattedyrene).

er der 4, måske endda 5, forskellige arter af 'knogletunge'- gruppen (osteoglossomorfer) i moleret. Den nulevende slægt fra SØ-Asien, Scleropages, er på Danmarks Akvarium i Charlottenlund kaldt 'knogletunge', direkte oversat fra navnet Osteoglossum fra dens nære slægtning i Amazonas, arowanaen; begge disse og deres nære slægtning arapaimaen (Arapaima), der i Amazonas bliver kæmpestor, op mod 3 m, kan ofte ses i Akvariet. Arowanen er den fisk, der er berømt for at springe over en meter lodret op af vandet for at snappe insekter eller frøer på grenene!



Figur 1. Kranium af 'knogletunge' bevaret som aftryk i 'skifer'; plade og modplade, hvor snuderne vender væk fra hinanden, rygraden peger opad. Bughulens ribben og brystfinner peger mod hinanden. Foto O.B. Berthelsen.

Alle nære nulevende slægtninge lever altså i ferskvand - der er også to afrikanske arter - så det er mærkeligt at finde flere arter i moleret, som er en havaflejring. Men faktisk er flere marine former kendt fra Paleocæn-Eocæn i Europa, Øst-USA, Afrika og Turkmenistan. Tidligst erkendt og mest



Figur 6a. Aflejringsmiljø for Vik member



Figur 6b. Krydslejrret og bioturberet Vik member aflejringer, som de er aflejret ved den røde stjerne på figur 6a.

Mekanismen, hvorved de ellers sammenhængende men ustabile bioturbere lag er blevet omdannet til en flydende masse af vand og sand, kaldes likvefaktion og kendes bl.a. fra kviksand. Likvefaktion forekommer i sand, hvor en chokbølge i form af en rystelse eller anden trykpåvirkning forårsager en pludselig forøgelse af porevandstrykket, hvilket bevirker, at de enkelte sandskorn i et kort øjeblik ikke er i kontakt med hinanden, og sandet får karakter af en flydende substans.

Under dannelsen af Præstens Badekar har et område på 10-20 m i diameter været udsat for likvefaktion og kollaps af bioturbere lag som illustreret i figur 8. På tværs af Præstens Badekar ses udover koncentriske forkastningsspor ligeledes radierende forkastningsspor (fig. 2). De radierende forkastninger er formentlig dannet som følge af en mindre opdomning af sedimentpakken under det øgede porevandstryk umiddelbart efter chokpåvirkningen og før kollapset. Tilsvarende radierende forkastninger optræder i forbindelse med magmatiske intrusioners og salt diapirers gennembrydning af jordskorpen.

Lige vest for Præstens Badekar ses to udblæsningstragte samt talrige rørformede legemer af porøs sandsten (fig. 2 og 4). De fleste rørformede legemer endte formentlig opadtil i en udblæsningstragt og blev dannet under næsten eksplosive udblæsninger af sand og vand efter trykforøgelsen i porevandet inde i sedimentpakken. I forbindelse med nutidige eksempler på synsedyntære indsunkningsstrukturer er der udover sandgange beskrevet tilsvarende udblæsningstragte.

Et øjensvidende fra "Good Friday" jordskælvet i Canada i 1964 beretter om vidtspredte udblæsninger med kaskader af sand og vand 20-30 m op i luften. Som ved Præstens Badekar var udblæsnings-tragtene i forbindelse med jordskælvet i Canada også beklædt indvendigt med et lag af porøst sand.

Likvefaktion kan udløses på flere måder, men i forbindelse med så store strukturer som Præstens Badekar er der overvejende tale om likvefaktion betinget af chokpåvirkninger fra jordskælv. Det sydlige Skåne er gennemsat af NNV-SSØ gående forkastninger, der igennem Mesozoikum og frem til idag har udgjort den Fennoskandiske Randzone. Forkastningerne går netop gennem området ved Vik og Torekov (fig. 1).

At indsunkningsstrukturerne i Hardeberga Formationen findes i to bestemte områder nær nutidige forkastninger tyder på, at indsunkningsstrukturerne er dannet som følge af likvefaktion udløst af jordskælv ved forkastningsaktivitet, og at disse forkastninger var aktive i kambrisk tid.

DANEKRÆ fisk, store og små og 'gravede'

Niels Bonde

Det er moleret, altså Fur Formationen, der stadig giver langt de fleste danekræ - både fugle, fisk, søstjerner, krebsdyr (rejer) og insekter. Der kommer dog også 'kræ' fra bl.a. Bornholm (VARV 1993,2). Her skal vises nogle af fiskene fundet værdige som danekræ fra det seneste par år. Det er faktisk efterhånden fra de allernederste dele af formationen under det egentlige molér, en lys diatomit (kiselalgeaflejring), at de fleste ny 'kræ' findes. Disse fede, mørkegrå lerlag, som måske snarere burde opfattes som en udløber fra den nederste del af Ølst Formationen sydligere i Jylland (typelokalitet i lergravene ved Ølst syd for Randers), findes både på det nordlige Fur og Mors. Fossilerne findes i denne slamsten i hårde, lagdelte 'forkislede' lag kaldet 'skifer', som synes at være hyppigst ved Stolleklinten på Fur, hvorfra alle fossilerne kommer (men i princippet, burde de kunne findes også i de blødere, sorte, laminerede slamsten ved Sundby på Mors). Alderen er det allerseneste Paleocæn-tid, ca. 55 millioner år, og de mange berømte askelag i Fur og Ølst Formationerne er et resultat af den kolossale vulkanisme, som står i forbindelse med den begyndende oceanbundsudbredning i Nordatlanten, der dannede Norske-/Grønlandshavet. Sedimentationen er foregået i et muligvis helt lukket, smalt 'indhav', der dækkede denne region og Nordsøområdet (se VARV 1990,2 med kort, vulkaner og diatoméer, samt planter fra det omliggende land, bl.a. Molérmuseets flotte gren af rødtræ, Sequoia - ikke, som angivet, vandgran).

Der kommer dog stadig også 'kræ' fra det lyse molér og fra de få lag af lamineret cementsten (grå kalksten) i den egentlige Fur Formation, bl.a. de største og mest imponerende fund i cementstenene. Det var jo også i cementsten fra Knuden, Fur, den store 'knogletunge' (osteoglossomorf) blev fundet, og som - da en tysk samler hjemtog den midt i 80'erne - satte skub i danekræ-lovgivningen (se forsiden af VARV 1989,4). Få år senere fandt nu afdøde Erik Fjeldsø, leder af Fur Museum, et kropsstykke med skuldre og gælleregion af samme art, også i cementsten.

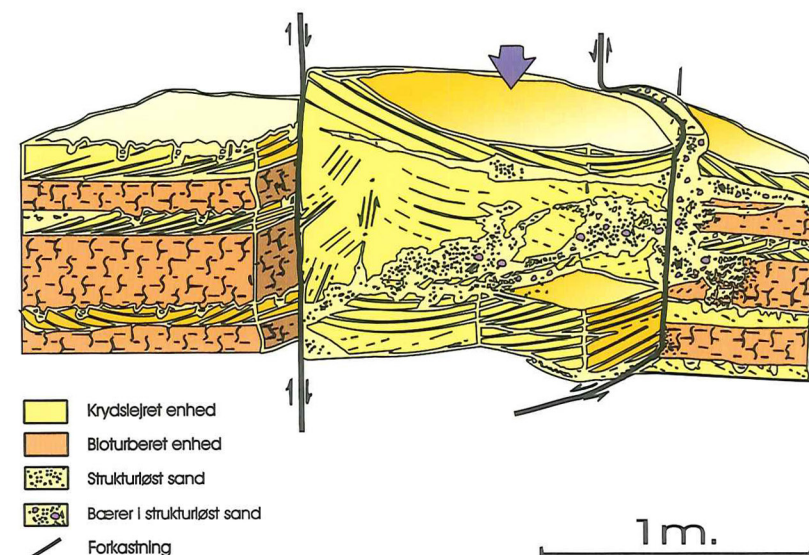
Et meget flot ca. 8 cm langt kranium af en 'knogletunge' blev fundet i 1993 af Rebekka Madsen, Nykøbing Mors, i 'skiferen' ved Stolleklint. På dette eksemplar er hele hovedet og skulderpartiet bevaret samt nogle af de meget karakteristiske skæl med netstruktur. Denne struktur er meget tydelig på skæl af alle nulevende arter i 'knogletunge'-familien, osteoglossider, og hos de fleste fossile (er dog næsten væk hos den store art nævnt først). Faktisk

vikling ud fra nye data som et meget vigtigt supplement til den opfattelse, man f.eks. har ud fra daglokaliteter. I den forbindelse er det også relevant at notere sig datagrundlaget, hvilket vil sige, at der ofte ligger en biostratigrafisk analyse til grund for en datering.

Kortene har en lang række anvendelsesmuligheder indenfor praktisk og anvendt geologi og hydrogeologi, og kan anvendes ved overordnet og detaljeret planlægning og sagsbehandling ved grundvands efterforskning, -indvinding og -udnyttelse på privat, kommunalt eller amtskommunalt plan. Desuden bruges de ved udarbejdelse af statslige redegørelser og resourceogørelser af grundvandsforekomsterne på landsplan. De seneste år er opgaver vedrørende grundvandsbeskyttelse og grundvandsforurening taget til i omfang, og i denne sammenhæng er de geologiske basisdatakort og variationer over cirkel- diagramplot blevet centrale kort på grund af deres basale fremstilling af relevante data. Kortene er væsentlige i relation til kortlægning af diffus arealrelateret forurening fra f.eks. landbrugsproduktion (nitrat), hvor de har indgået i projektopgaver i forbindelse med Folketingets NPO-handlingsplan. Ved punktfurening fra f.eks. lossepladser, olietanke, råstofgrave m.v. vil en kortlægning normalt indeholde et geologisk basisdatakort til at sammenholde boringsdata.

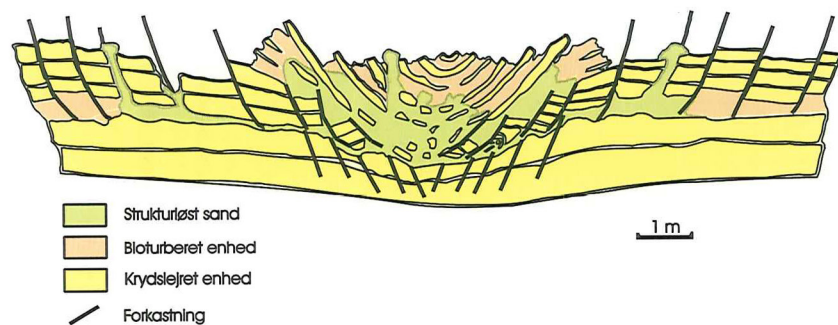
En vigtig anvendelse af de geologiske basisdatakort er i forbindelse med forskning og formidling af nye opdagelser og resultater om Danmarks geologiske opbygning. En del resultater kan læses i de rapporter, DGU's medarbejdere har skrevet i forbindelse med de hydrogeologiske kortlægninger af en række amtskommuner. Desuden findes geologiske oplysninger og sammenstillinger også i specialartikler i geologiske fagtidsskrifter, og i DGU's Kortserie bliver en del af kortene udgivet og beskrevet.

DGU har produceret mere end 90 trykte geologiske basisdatakort, og de dækker ca. 75 % af landet. De foreligger overvejende i målestoksforholdet 1:50.000 og i få tilfælde også i 1:25.000. Fem amtskommuner er blevet kortlagt to gange. Desuden er 16 kort blevet beskrevet nærmere i DGU's Kortserie, hvor der også fremover vil blive udsendt geologiske basisdatakort.

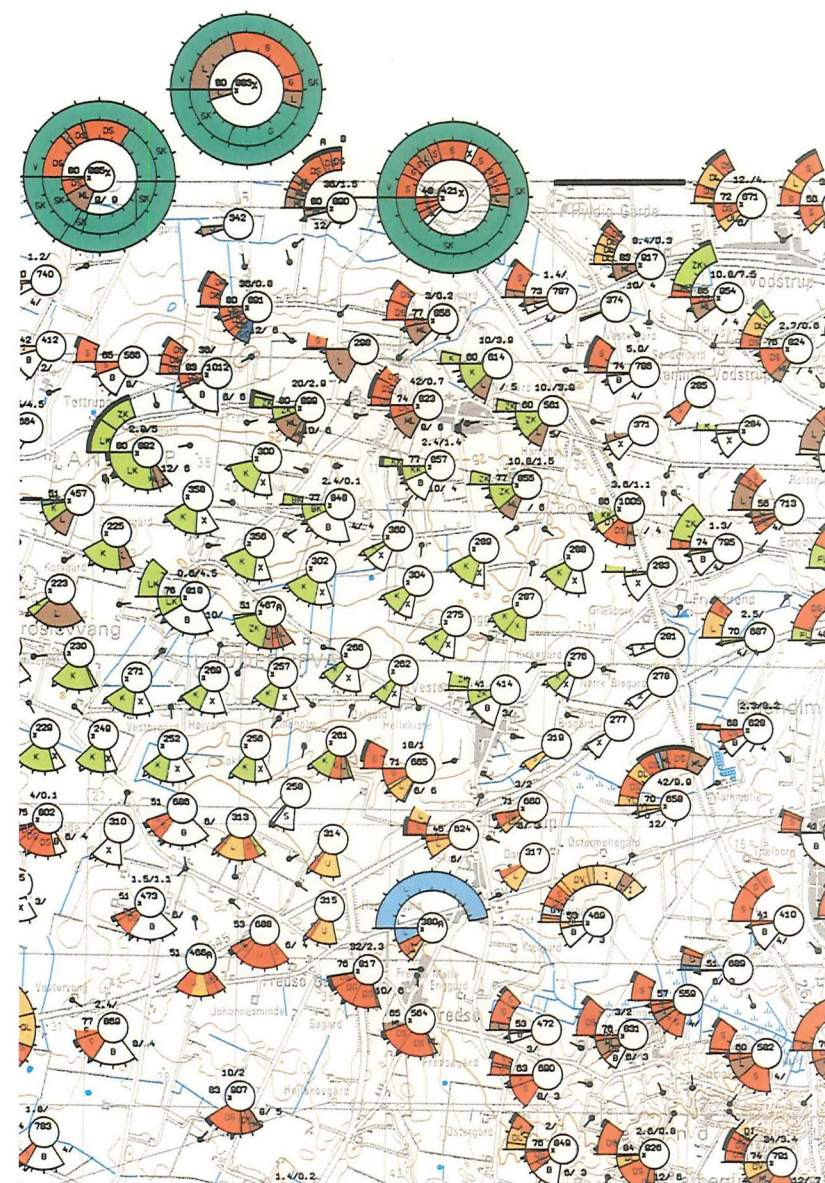


Figur 7. Dannelse af mindre indsynkningsstruktur og dertilhørende sandstensgang.

I forkastningssprækker i grundfjeldet i Skåne og på Bornholm findes gange af kambrisk sandsten, der tyder på oprindelig indfyldning af løst sand i eksisterende sprækker. Sprækkerne er orienterede NV-SØ og Ø-V, dvs parallelt til forkastningsmønsteret i den Fennoskandiske Randzone i Skåne, og tyder ligledes på forkastningsaktivitet langs denne zone allerede i Tidlig Kambrium.

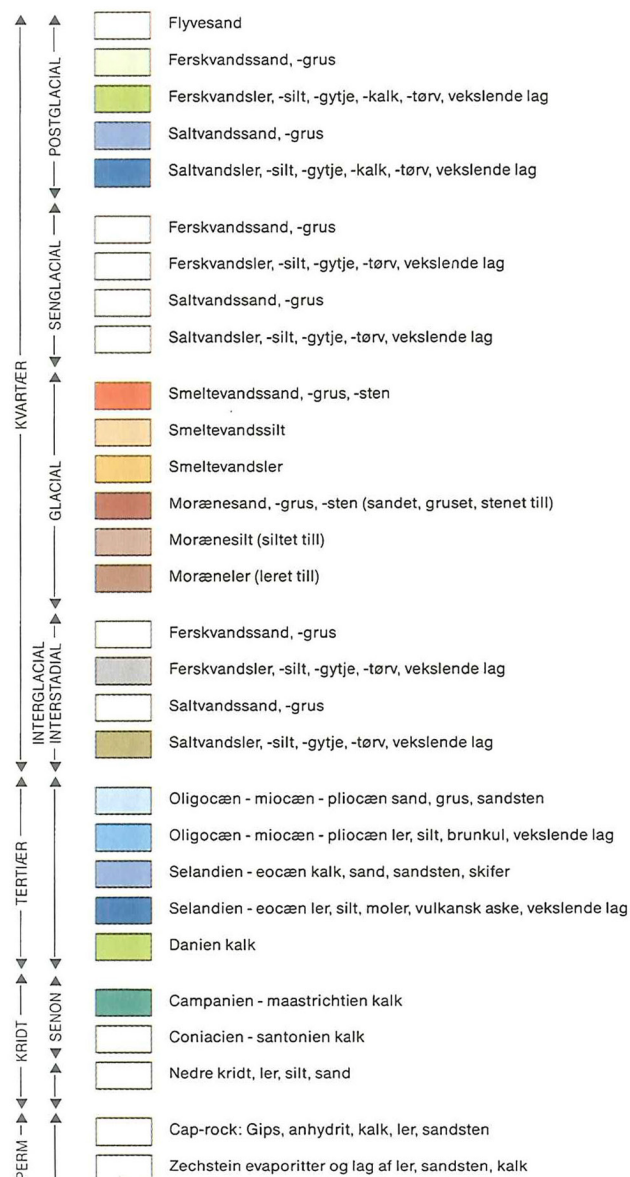


Figur 8. Hypotetisk snit af 'Præstens badekar'



Figur 3. Udsnit af basisdatakort 1116 II, Nykøbing Mors

Den kronostratigrafiske opdeling af den geologiske lagsøjle indgår også i de geologiske basisdatakort. I mange områder viser kortene den geologiske ud-



Figur 2. Farveinddeling for jordlag på basisdatakort

En fremmed rovbille i Fakse Bugt

Ole Bennike og Jørn Bo Jensen

Billerne er den insektgruppe, der har det hårdeste og sejeste skelet, og derfor er billerester ofte tilstede i store mængder i geologiske aflejringer - især fra Kvartærtiden, der omfatter de sidste 20 millioner år. Det er især i mose- og søaflejringer man kan finde velbevarede billerester, men de optræder også i for eksempel flodaflejringer og kystaflejringer.

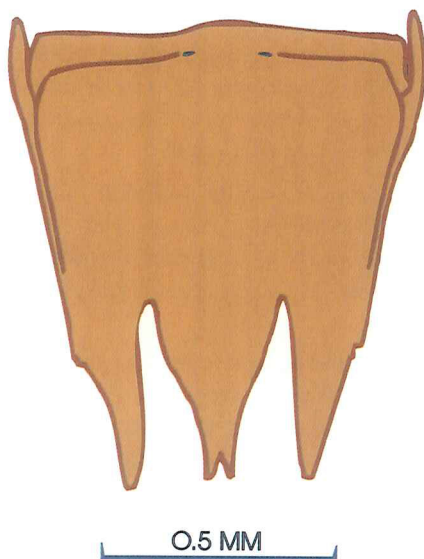
Der er beskrevet mere end 300.000 forskellige arter biller, og hvor mange der fortsat venter på at blive opdaget, kan man kun gisne om. Når dertil kommer, at Kvartære billefund næsten altid består af isolerede fragmenter, såsom dækvinger eller hoveder, er det klart, at identifikation af billerester er et arbejde for specialister.

Danmark var et foregangsland indenfor studiet af Kvartære insektrester, idet entomologen Kaj Henriksen skrev en doktorafhandling om emnet (Undersøgelser over Danmarks-Skånes kvartære insektfauna). Kaj Henriksen var i en længere årrække ansat som honorarlønnet assistent ved Geologisk Museum, og hans disputats udkom i 1933. Hans store arbejde blev dog ikke fulgt op, og først i 1960'erne kom der atter gang i studiet af kvartære insektrester, denne gang i England. Det er især de palæoklimatiske aspekter af denne forskning der har vakt opmærksomhed, og i dag forskes der atter intensivt i dette arbejdsområde, også i Danmark.

Som nævnt er det et job for specialister at bestemme fossile billerester. Men der findes dog enkelte rester som er så karakteristiske, at selv en ikke-specialist kan bestemme dem. Én af dem er den skeletdel, der sidder bagest på oversiden af bagkroppen af rovbillen *Tachinus jacuticus*. Et sådant eksempel er for nylig fundet i Danmark, nærmere betegnet i senglaciale aflejringer fra Fakse Bugt.

De senglaciale aflejringer i Fakse Bugt ligger i dag på mere end 10 m's vanddybde. Deres udstrækning og sedimentologi er blevet kortlagt ved seismiske undersøgelser og gennem borer. Aflejringerne er afsat ved bredden af den Baltiske Issø i to perioder indenfor tidsrummet 12.500 til 10.300 år før nu, til dels i et barriere ø - lagune kompleks svarende til for eksempel Ølseagle Revle i Køge Bugt.

Tachinus jacuticus er tidligere kendt fra en række aflejringer i England, og bestemmelsen af fragmentet fra Fakse Bugt er bekræftet af 'the grand old man' indenfor feltet, Russell Coope i Birmingham. I England er billen for-



Figur 1. Rovbillestump fra Fakse Bugt.
Hele billen er 5-6 mm lang.

trinsvis kendt fra lag dateret til den midterste del af sidste istid; herudover foreligger ét enkelt fund fra den ældste del af senglacialsalderen. Formentlig uddøde arten i England under senglacialsalderens varmeste periode. Ifølge studier af billerester i såvel England som Skåne indtraf denne senglaciale varmeste periode for omkring 12.600 år siden. Dette er mere end 1000 år tidligere end hvad klassiske danske pollenanalyser tydede på. Fundet fra Fakse Bugt stammer fra de ældste senglaciale, fossilførende lag fundet i dette område. Blade af polarpil fra disse lag er dateret til ca. 12.300 år før nu. Arten er ikke kendt fossil udenfor England og Danmark. I senglacialsalderen har den formentlig været begrænset til den ældste del, og selv her har den været sjælden.

I dag skal artens nærmeste levesteder findes omkring 7000 km østpå, i den østlige del af Asien, hvor den er kendt fra Jakutsk, Kamchatka og Mongoliet. Desuden er den vidt udbredt i den nordlige del af Nordamerika, og der findes desuden nogle isolerede forekomster i alpine områder længere sydpå, i Colorado og New Mexico.

Med hensyn til klimaforhold viser artens tidligere og nuværende udbredelse, at den lever i et kontinentalt klima med forholdsvis varme somre og meget kolde vintre. At klimaet i Nordvesteuropa var kontinentalt under sidste istid skal ses i sammenhæng med, at det globale havniveau var lavere end i dag fordi store vandmængder var bundet i isbjælke og iskapper. Derfor var de lavvandede shelfområder, herunder Nordsøen, tørt land.

Vegetationen i den ældste del af senglacialsalderen var en pionervegetation med græsser, halvgræsser og andre urter. Af vedplanter var polarpil almindelig. Polarpil kan klare sig ved koldere somre end nogen anden

Sådanne laggrænser markeres med skønnede zigzaglinier, og nye lag introduceres.

Når den tekniske kortfremstilling og den geologiske tolkning er færdig sættes fire kort i 1:25.000 sammen og nedfotograferes til 1:50.000, som normalt er det endelige format for et basisdatakort. Efter endt reproarbejde trykkes kortene i farver i overensstemmelse med de tolkede kort. Kort- og Matrikelstyrelsens kortgrundlag med vandmaske er baggrundkort. Et eksempel på et trykt kort ses på figur 3. Et oplag er for det meste på 1600-1800 kort, når de fremstilles i forbindelse med amtskommunernes kortlægning, samt udgives i DGU's Kortserie. Det trykte geologiske basisdatakort giver en lang række direkte og indirekte informationer, placeret omkring og i cirkeldiagrammerne samt på kortet iøvrigt. De vigtigste er følgende:

1. Nummer og navn i Kort- og Matrikelstyrelsens kortbladsystem
2. DGU arkivnummer i overensstemmelse med DGU's kortbladsystem
3. Boringens geografiske beliggenhed (borepunkt)
4. Boringstæthed
5. Terrænkoten i hvert borepunkt
6. Boringedybden
7. Dimensioner og længde af borerør og forerør
8. Placering, længde og dimensioner af filter
9. De gennemborede jordlags sammensætning, placering og tykkelse i den enkelte boring
10. Jordlagsbeskrivelse vist med bogstavsymboler
11. Geologisk tolkning angivet ved farvelægning
12. Grundvandets trykniveau ved boringens udførelse samt evt. senere
13. Sænkningssmuligheden i den enkelte boring defineret ved afstanden fra trykniveau til filtertop
14. Prøvepumpningskapacitet og tilhørende sænkning ved boringens udførelse
15. Reservoirtype (frit eller artesiske) og reservoirbjergart
16. Reservoirs udbredelse ved sammenligning mellem flere boringer
17. Tykkelsen af den umættede zone og dens bjergartssammensætning
18. Råstofrelevante lags beliggenhed i forhold til grundvandsspejlet.

Det er oftest aflejringer fra perioderne Kridt, Tertiær og Kvartær, der træffes i boringerne, men også lag fra Prækambrium, Palæozoikum, og den ældre del af Mesozoikum nås i de dybere boringer samt i boringer på Bornholm. Aflejringerne er i boringerne opdelt i veldefinerede enheder som f.eks. Robbedale Formationen, Røsnæs ler og Kerteminde Mergel eller i mere traditionale enheder som bryozokalk, glimmerler og grønsandskalk. I lithologisk og lithostratigrafisk sammenhæng er der mange oplysninger at hente i basisdatakortene, og de kan ofte direkte aflæses. I forbindelse med opstilling af lithostratigrafiske enheder er det nødvendigt at søge supplerende data i borearkivet. Det er også relevant at gennemgå oplysninger fra boringerne og lade dem indgå, når lithostratigrafiske enheders sammensætning, tykkelse og horisontale udbredelse skal fastlægges.

arkivet varierer fra landsdel til landsdel, og mængden af boringer på kortene vil dermed også være varierende. Boretætheden og dermed mængden af informationer er således afhængig af, om DGU har modtaget de indberetningspligtige oplysninger fra vandforsynings- og råstofboringer, og om boringerne er blevet lokaliseret i felten. I visse områder kan der iøvrigt være væsentlig færre boringer på kortene, end der er i Borearkivet, da det kan være nødvendigt at udelade boringer af hensyn til plads på kortet. I gennemsnit findes der 16.000 boringer pr. amtskommune. Det mindste antal findes på Bornholm (2.500) og det største i Nordjylland (Ca. 20.000). I de områder, hvor der foreligger kort, er der i gennemsnit medtaget 6.000 boringer pr. amtskommune.

Fremstilling af det geologiske basisdatakort påbegyndes med edb-udtegnings af 'rå' cirkeldiagramplot, almindeligvis i målestokken 1:25.000. Her medtages alle boringer fra kortområdet. Plottet bliver redigeret således, at de boringer, der er plottet oven på hinanden, flyttes ud i områder, hvor der er plads. Eventuelt udelades de helt fra kortet.

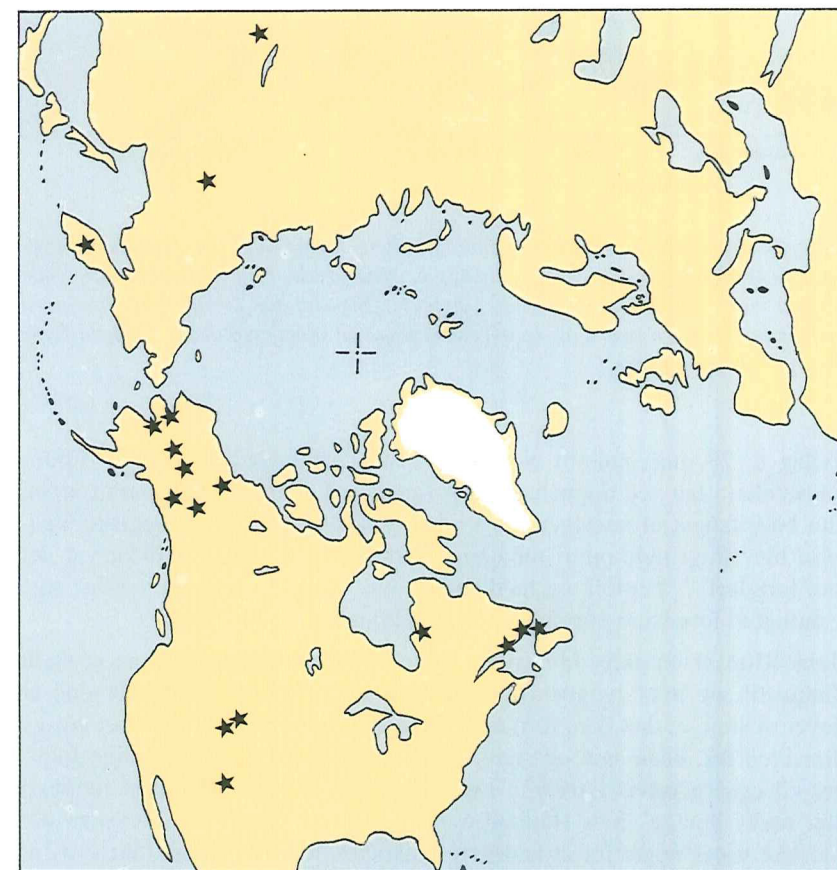
Sideløbende med den tekniske fremstilling foretages en geologisk tolkning af lagene i boringerne. Tolkningen baseres på kendskabet til områdets geologi ud fra andre kort (overfladekortlægning, råstofkortlægning), daglokaliteter og litteratur samt især oplysninger fra de boringer, hvor de indsendte prøver er blevet geologisk beskrevet og bedømt. Man udarbejder altså en helhedsopfattelse af områdets geologiske opbygning ud fra stratigrafiske, dannelsesmæssige og dynamiske betragtninger. På denne måde opstilles en geologisk model, hvor data fra boring til boring kan sammenstilles. Endvidere indlægges en geologisk fortolkning i bl.a. de brøndborerbeskrevne boringer. Den geologiske fortolkning vises med en farveskala, som kan ses på figur 2.

De boringer, hvortil der er beskrevet boreprøver, vil i langt de fleste tilfælde være tolket i overensstemmelse med boreprøvebeskrivelsen, og kun i de tilfælde, hvor andre informationer taler stærkt for en anden tolkning, vil denne gå imod beskrivelsen. I et sådant tilfælde vil dobbeltsymbolerne bevares i databasen og på kortet, mens fortolkningen vises med farvesignaturene. Det er ved tolkning af de geologiske lag i boringer, hvor der kun er brøndborerbeskrivelser, at det største arbejde ligger, da disse beskrivelser kan være meget sparsomme eller undertiden forkerte eller misvisende. I sådanne tilfælde er det nødvendigt at sammenholde alle tilgængelige informationer.

Laggrænser i boringerne er normalt fastsat ved hjælp af de oplysninger, der modtages fra brøndborerne om lagundergrænser under terræn. I nogle tilfælde er det dog tydeligt, at der må findes yderligere laggrænser i profilet.

vedplante i vores del af verden. Desuden kan den klare ustabile jordbundsforhold med jord- flydning, og den er kalkelskende, også en fordel i tiden lige efter isskjoldets afsmeltning, hvor udvaskningen endnu ikke havde taget fat.

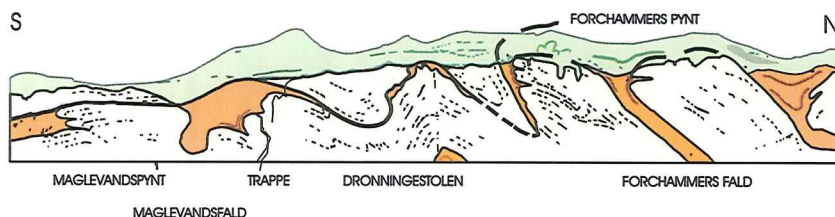
Det forekommer overraskende, at en så udpræget østlig billeart levede i Nordvesteuropa i senglacial tid. Der findes dog i England flere andre arter, der viser et tilsvarende mønster. Og det er i det hele taget ikke usædvanligt, at netop biller i dag lever fjernt fra fossile lokaliteter. For eksempel er der også fra istidslag i England kendt en billeart, som i dag kun lever i Tibet.



Figur 2. Cirkumpolart kort. Stjernerne viser recente fund af rovbillen Tachinus jakuticus.

KAN DET UNDGÅS ?

Asger Berthelsen



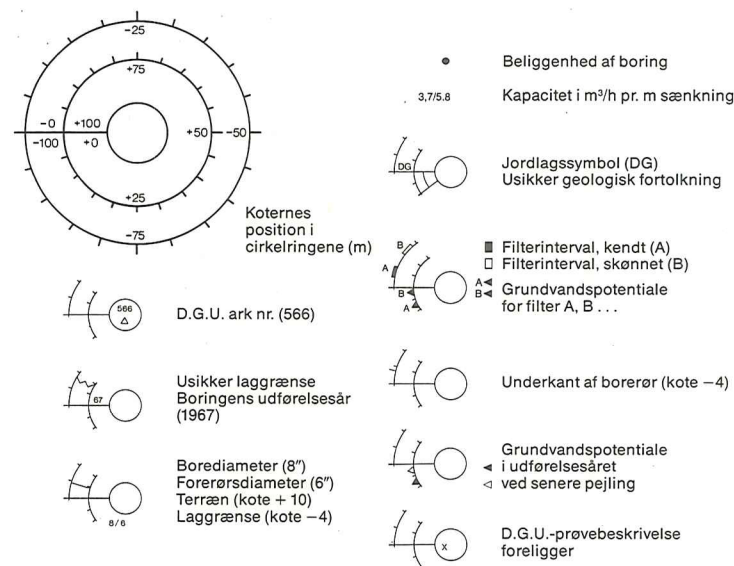
Skitse af strukturerne omkring Dronningestolen, tegnet sept. 86 (baggrund efter Puggaards kobberstik fra 1849). Istidslag er skraverede. Flintlagene (brudte tynde streger) viser, hvorledes skrivekridtet er foldet. Skredet den 29 juli skete lige nord for trappen, hvor en nedre og en øvre kridtflage er sammenfoldede. Trappen fører op til parkeringspladsen.

Fredag d. 29. juli omkom en fransk kvinde på stranden nedenfor Dronningestolen - tæt ved trappen, der zig-zag'er ned gennem Maglevandsfaldet. Hun blev fanget af nedstyrtende kridt- og lermasser. Denne tragiske hændelse blev fulgt nøje op af medierne, som straks spurgte: 'Hvorfor var det ikke forudset' ? Fagfolk og medieudnævnte 'eksperter' svarede, at det ikke er muligt at forudsige præcist, hvornår et klinskred vil indtræffe.

Møns Klint er en aktiv klint, hvor havets erosion søger at danne et stejlt klintprofil, og hvor tyngdekraften får klinten til at skride ud, når den er blevet så stejl, at den ikke formår at bære sin egen vægt. Der er sket talrige klinskred før, både små og store; mest om vinteren og i det tidlige forår. Der vil også givetvis indtræffe nye skred. Det er ikke ufarligt at færdes i eller under 'bjerge', hvis stejlhed overstiger deres bæreevne. Men kan der slet ikke gøres noget for at nedsætte risikoen? Måske! Mit råd er: Prøv at 'salte' klinten! Det er mindre drastisk end at gribe til sprængninger, der både kan løsrive overhængende partier, så de styrter ned, og slå nye revner op.

vænne sig til afbildningsformen, men herefter giver kortet en slags tredimensional opfattelse af de geologiske forhold.

Jordlag er markeret med symboler på et eller to bogstaver der svarer til de originale boreprøvebeskrivelser, der er lagret i DGU's ZEUS boringsdatabase. Enkeltsymbolet svarer til det sidste bogstav i dobbeltsymbolet og udtrykker jordlagets bjergartssammensætning. Det første bogstav i det dobbelte symbol udtrykker jordlagets alder, samt for de kvartære lag også aflejningsmiljø. Alle lag beskrevet af geologer markeres med dobbelt symbol, med mindre der er tvivl om deres alder, mens prøvebeskrivelser af andre (f.eks. brøndborere) er markeret med enkelt symbol. Udover de geologiske oplysninger findes også en række administrative, tekniske og hydrogeologiske oplysninger ved cirkeldiagrammet som f.eks: Boringens DGU arkivnummer, årstal for boringens udførelse, borediameter og -dybde, filterplacering, grundvandsstand og ydelse og sænkning ved renpumpling.



Figur 1. Cirkeldiagrammet.

Fremstillingen af det geologiske basisdatakort sker ud fra edb-ud tegnede cirkeldiagramkort, hvor hvert digitaliseret borepunkt er placeret præcist ved borestedet, og de øvrige boringsdata er udtegnet som cirkeldiagrammer. Datagrundlaget er oplysninger fra DGU's borearkiv. Antallet af boringer i

GEOLOGISKE BASISDATAKORT

BORINGSOPLYSNINGER OMSAT TIL KORT

Peter Gravesen

Geologiske kort er i alle lande et væsentligt grundlag for den efterforskning, der finder sted af råstoffer som malme og kulbrinter samt vand. Kortene viser ofte de bjergarter, der findes lige under terrænoverfladen, opdelt efter alder, bjergartstype og aflejningsmiljø. Der fremstilles desuden kort, der viser udvalgte geologiske lagflader, som f. eks. grænsefladen mellem de kvartære og de prækvarter aflejringer. I Danmark produceres også geologiske kort efter denne gængse metode. Disse kort viser kvartærgeologiske forhold (se f.eks. Varv 1989, 4) eller den danske undergrund (se Varv 1992,2).

Danmark er overvejende opbygget af bløde, u hærdnede bjergarter, og da landet har været dækket af is flere gange, er lagene meget forstyrrede. Dette betyder, at jordlagenes indbyrdes placering og sammensætning er uhyre varierende, og det traditionelle geologiske kort har derfor ikke kunnet tilfredsstille kortbehovet i forbindelse med grundvandsefterforskning og -indvinding samt ved efterforskning af råstoffer som grus, kalk og specielle lertyper, hvor især dybdeforholdene er af stor betydning (se f.eks. Varv 1976, 4). For at imødekomme det øgede behov for viden om Danmarks undergrund udarbejdede Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU) i starten af 1970'erne en ny type kort, det geologiske basisdatakort. I stedet for at vise geologien med en fladesignatur, fremstilledes den som en samling af boreprofiler ved at anvende en cirkeldiagramteknik, hvor lagene umiddelbart kan sammenlignes.

Det grundlæggende element i det geologiske basisdatakort er cirkeldiagrammet (fig. 1). Cirkeldiagrammet kan opfattes som et almindeligt lodret boreprofil, der er krummet og delt op i sektioner med kote 0 som udgangspunkt. Diagrammet består af ringe, der hver repræsenterer 100 meter, og alle laggrænser er placeret efter kote. Den indre ring dækker således kote 0 til kote +100 meter. Kote +100 meter er placeret i vest, kote +75 meter i nord, kote +50 meter i øst, kote +25 meter i syd og kote 0 igen i vest. Næste ydre ring udgør så kote -100 meter til 0 og så videre. Kun i ganske få områder af Danmark ligger terrænet højere end kote +100 meter. De jordlag, der ligger over kote +100 meter, er placeret som lagudsnit i den inderste del af diagrammet.

Det væsentlige ved metoden er, at jordlag med samme kote altid er placeret samme sted i diagrammet, uanset terrænkote og boredybde. Herved bliver det muligt at sammenstille borer på et kort. Det kan tage nogen tid at

I Møns Klint er store flager af skrivekridt sammen med ovenliggende ler- og sandlag fra istiden stablet op og foldet af isen. De mest almindelige, men ret ufarlige, udskridninger sker, hvor oprejste istidslag skrider og flyder ud i 'faldene' mellem kridtklinterne. Men også i kridtklinterne optræder der lerlag, bl.a. det såkaldte 'elefant-ler', som formodentlig er *till* (moræneaflejringer), der blev afsat i en issø. I klintvæggen viser det en karakteristisk søjleopsprækning, hvor de enkelte søjler er 'krakelerede' som elefanthud. 'Elefant-leret' indgår med op til flere meters mægtighed i det skredramte parti af 'Dronningestolen'.

Faldene i Møns Klint kan følges ind i det skovdækkede landskab ovenover og bag ved klinten, og de indre strukturer i flagerne i Store Klint strækker sig nede i jorden under højderyggen i store buer omkring Aborrebjerg (143 m) og kommer ud igen i Lille Klint længere mod nordvest. Lille Klint er i sin opbygning et veritabelt spejlbillede af Store Klint. De to klintpartier adskilles af det brede Sandskredsfald, hvor istidslagene stryger parallelt med kysten. Klinterne sydøst for Store Klint følger et andet mønster; flagerne fortsætter her ind i landet i vestlig retning.

Med kendskab til strukturernes udstrækning fra klintprofilen og ind under bakkelandet skulle det være muligt at udpege de steder, hvor 'saltet' vand kan pumpes ned i jordfaldshuller og borer et stykke inde i land. Det vil føre til stabilisering af de lerlag, som under overfladen strækker sig ud til klintvæggene. 'Saltet' kunne være *calciumklorid*, der ikke kun bruges til at neutralisere oxalsyre, når man laver rabarberkompot eller stuvet spinat. Geoteknikere og vejingeniører anvender det til at stabilisere lerholdige jordlag, fordi *calcium*-ionerne får lerminerallerne til at klumpe sammen og danne større aggregater. Vand, der siver gennem skrivekridtet ned i istidslagene, vil ganske vist medføre *calcium*-ioner, men de vil blive vasket ud gennem sandlagene. Der må mere til: selve lerlagene må 'saltes', ikke mindst efter kraftige regnskyl.

Hvis klinten 'saltes' hvert forår og efter større skybrud, vil risikoen for skred om sommeren nok blive mindre.... selvom man aldrig skal sige aldrig. Havets undergravende virkning lader sig i hvert fald ikke stoppe.

Endelig: Er der ikke EU regler om flersproget skiltning om fare?

RØGKVARTS ÅRSTIDENS MINERAL

Aage Jensen

Røgkvarts er en varietet af kvarts, siliciumoxid SiO_2 , der krystalliserer trigonal trapezoedrisk, har hårdhed 7 og massefylde 2,65.

Røgkvarts anvendes som smykkesten, er gennemsigtig og oftest brun til grå. Næsten sorte stykker af røgkvarts kaldes cairngorm efter Cairngorm bjergene i Skotland. Skæftet på den kviv, som skotter skal bære i strømpe-skaftet, bør have en knop af cairngorm, men skotternes berømte påholdenhed fornægter sig heller ikke her. Det opdagede jeg, da jeg for mange år siden undersøgte nogle skotske strømpeknive for Våbenhistorisk Selskab: Flere af knivene havde en knop af gulbrun glas.

Farven hos røgkvarts skyldes et såkaldt hulfarvecenter. Farver skyldes ofte uregelmæssigheder i krystalgitteret. Elektroner ynder at optræde parvis to og to. Hvor der opstår enkelte elektroner, såkaldte uparrede elektroner, fremkommer der en farve. Kvarts er som nævnt SiO_2 , men i røgkvarts er nogle få af siliciumatomerne blevet erstattet af aluminiumatomer, og da aluminium kun har valensen tre mod siliciums fire, så er aluminium ikke så god til at holde fast på elektroner som silicium. Ved radioaktiv bestråling, enten i naturen eller kunstigt, bliver én af elektronerne i et iltatom, der støder op til et trivalent aluminiumatom, skudt væk fra sin plads og ud i gitteret, og herved fremkommer røgkvartsens farve. Ved opvarmning til 400°C falder elektronen på plads igen og røgkvarts bliver farveløs. Vigtige findesteder for røgkvarts er Schweiz og USA.

Det er også et hulfarvecenter, der er årsag til kvartsvarietetet ametysts lilla til rødviolette farve. Men hos ametyst er det ikke aluminiumatomer, men trivalente jernatomer, der har erstattet nogle af siliciumatomerne. Aluminium har ikke selv uparrede elektroner, men det har trivalent jern. Ved opvarmning til $400\text{--}500^\circ\text{C}$ bliver ametyst derfor ikke farveløs, men får en farve, der skyldes jerns uparrede elektroner. Den farve, der fremkommer ved opvarmningen, er oftest brungul eller granatrød, men undertiden fremkommer en grøn farve. Den gule kvartsvarietet citrin er ikke nær så almindelig i naturen som ametyst, og meget af det der sælges som citrin er i virkeligheden opvarmet ametyst. Også noget af det, der sælges som cairngorm, er opvarmet ametyst.



Røgkvartskrystal