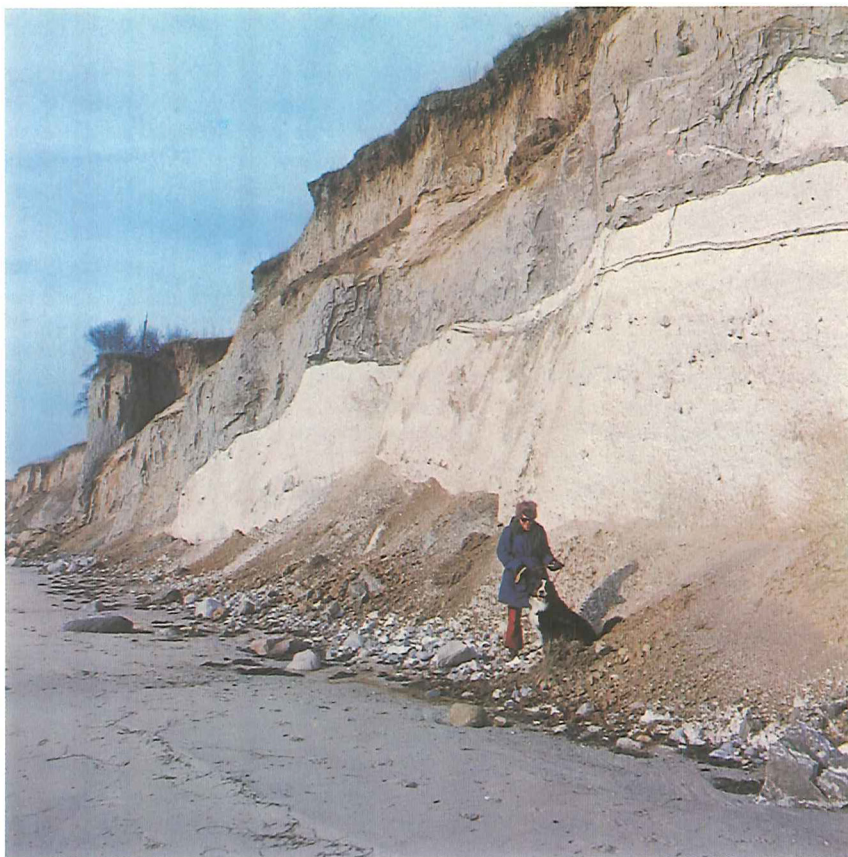




Det er ofte vanskeligt alene ud fra borerer at finde noget system i istids-lagenes opbygning. Tilsyneladende ligger de hulter til bulter, som var de rodet sammen af isen og skredet ud ved dens afsmeltning. At der i virkeligheden er system i "virvaret", kan dog ses i de friske snit gennem landskabet, som havet har skabt i kystklinterne. Billedet herover, fra klinten ved Hjelm Nakke på Sydøen, viser den øvre del af en liggende fold, hvor lagene længst borte i billedet bøjer ned i stranden. Nederst i klinten ses en medfoldet flage af hvidt skrivekridt og derover blågråt moræneler fra et isfremstød. Over et tyndt lag smeltevandssand (afsat i en isfri periode) følger brunligt moræneler, afsat af et senere isfremstød. AB.

VARV

NR. 1 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1979



ENDNU IKKE UDFRIET AF FROSTENS GREB KAN DET VÆRE EN TRØST AT VIDE, AT DET HAR VÆRET MEGET VÆRRE I FORTIDEN. UNDER SIDSTE ISTID LÅ DET VESTLIGE JYLLAND ISFRIT, OG JORDBUNDEN HER ER ARRET AF DEN STRENGE KULDE. BILLEDET HEROVER FRA HASLUND VISER EN JORDFYLDT SPRÆKKE EFTER EN BORTSMELTET SÅKALDT ISKILE. PÅ DEN ANDEN SIDE KAN MAN OGSÅ I VESTJYLLAND FINDE GAMLE JORDBUNDE FRA VARMERE PERIODER VED OVERGANGEN TIL SIDSTE ISTID. FORUDEN EN ARTIKEL HEROM VIL LÆSEREN FINDE STOF OM GEOLOGIEN I STORSTRØMMEN I DEN PÅTÆNKTE FARØ BROLINIE OG OM EN MULIG METODE TIL OPARBEJDNING AF GRØNLANDSK URAN. ENDELIG BRINGER VARV EN GEOLOGISK PRÆGET KRYDS-OG-TVÆRS. 15.feb.1979. ISSN 0165-6301.

TIRSDAG DEN 20. FEBRUAR. BJARNE WESTERGAARD:
ABERNE, VORE NÆRMESTE SLÆGTNINGE.

I et forsøg på at rekonstruere abernes stamtræ gennemgås de vigtigste grupper af nulevende og uddøde aber. Det diskuteres, hvordan det er muligt for os at få noget at vide om menneskets abelignende forfædre. Samtidig understreges betydningen af at udforske dyr, specielt aber, for at forstå mere om os selv. Af mange årsager må vi alle gøre en indsats for at bevare det dyreliv, som endnu findes på jordkloden. Blandt truede arter er flere af vore allernærmeste slægtninge.

TIRSDAG DEN 6. MARTS. NIELS BONDE:
MENNESKETS UDVIKLINGSHISTORIE.

De mange 'sensationelle' fund af fossile mennesker i 70-erne kræver omvurdering af menneskenes tidligste historie, såvel angående 'ramapithecinerne' for 10-15 millioner år siden som 'australopitheciner' ('sydaber') og tidligere former på linien mod Homo 1-4 millioner år tilbage (se Varv 1977 3). Stamtræet bliver mere kompliceret, flere former af mennesker synes at have levet samtidigt - 2 eller måske 3 arter endog i samme region, i Østafrika 1-2½ millioner år tilbage. Samspillet, eventuelt konkurrencen mellem disse former ved man meget lidt om endnu.

Problemer omkring en kritisk rekonstruktion af stamtræet baseret på slægtskabsforhold vil blive belyst, og enkelte tolkninger af udviklingshistorien ud fra denne model skitseres.

TIRSDAG DEN 20. MARTS. NANNA NOE-NYGAARD:
KAN VI GENSKABE ET BILLEDE AF DEN NATUR, DER
OMGAV VORE FORFÆDRE ?

Forudsætningen for at forstå samspillet mellem mennesket og den omgivende natur, kende menneskets livsbetingelser og muligheder er et indgående kendskab til planter og dyr. Planterne, der er stedbundne, er udbredt over næsten hele jorden på land, i søer og i havet. De er basis for alt dyreliv, også menneskets. Dyrene, der lever af planterne eller af andre dyr, op søger selv deres føde, men er ofte specialiserede til kun at kunne udnytte visse planter eller dyr, og deres udbredelsesområder vil derfor ofte være knyttet til planternes.

Mennesket kan leve både af dyr og planter, er mindre specialiseret og kan leve næsten overalt på jorden. Mennesket kan fremstille redskaber, der gør det muligt at udnytte alle tænkelige ressourcer.

Mennesket har med sin højt udviklede hjerne erkendt de fysiske/ kemiske betingelser for planternes udbredelse, planterne som betingelse for dyrenes udbredelse. Alt en forudsætning for menneskets overlegenhed og eksistens.

end tidligere. Utvivlsomt har det haft den følgerkning, at der opstod en større variation i vandmassernes bevægelseshastighed og -retning. I denne situation kan vi have baggrunden for, at der nogle steder, især på overgangen fra det lave til det dybe vand, skabtes betingelser for afsætning af finstoffet i form af dynd.

Som skitseret her er forløbet af den marine udvikling i området tydeligvis styret af den forud eksisterende dalstruktur. Det er imidlertid ligeså tydeligt, at havets processer har omformet det allerede eksisterende dalsystem. Omformningen har især ført til en kraftigere markering af dalrelieffet, idet der ved erosion og aflejring i de lavvandede områder er udformet ret jævne sletter, der falder brat af mod renderne.

TIL SLUT

Medens de marine processer var under udvikling i dalstrøgene, var de omliggende landområder iklædt en urskov ligesom i fastlandstiden, blot i tidens løb med skiftende træsamfund. I tidens løb skete der imidlertid også det, at menneskets evne til at gribe ind i naturens udvikling tog til - med det resultat, at urskoven efterhånden afløstes af det kulturland, vi kender i dag.

Kulturtidens sidste afsnit kan kaldes teknologi-alderen. Den teknologiske indsats gav os blandt andet det prøvemateriale, hvorover denne skildring af et områdes udviklingshistorie er bygget - den giver os nok også Farø-broerne.

VARV

Postadresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Museum, Øster Voldgade 5-7, 1350 København K. Tlf. 01 - 13 50 01.
Redaktion: V. Poulsen (ansvarshavende), M. Hansen, S. Laufeld, E. Stenestad, S. Sjørring, E. Bondesen.

VARV udkommer fire gange om året. Prisen er 38,00 kr i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80.

VARV's plakater (10 kr), ekskursionsførere (Stevns-Fakse-Møn 21 kr, Røsnæs 21 kr, Bornholm 36 kr) og samlekasetter (til 6 årgange) 13 kr fås ved at indsende beløbet på postgiro 9 06 88 80.

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

© 1979 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter tilladelse.

men som senere blev eroderet væk, formentlig under den marine epoke. Alt dette er selvfølgelig en ren hypotese, men falder godt ind i helhedsbilledet.

Andre postglaciale ferskvandsaflejringer findes i boringerne 135 og 137 beliggende ved kysten af Falster.

Det er, hvad vi kender til af fastlandstidens dannelser, men der har nok været mere, for eksempel vandløbsaflejringer i dalbundene. Spor efter sådanne kan være gået til under de efterfølgende marine begivenheder.

DEN MARINE UDVIKLING

Marine dannelser findes naturligt nok i hele det område, der i dag er havdækket, men dannelsernes tykkelse og sammensætning veksler meget fra sted til sted.

Man kan skelne mellem to hovedtyper af aflejringer, de minerogene, bestående af sand, grus og sten, og de organisk-holdige, der findes i form af dynd. De minerogene dannelser må være skaffet til veje ved havets erosion og omlejring af tidligere eksisterende dannelser i området. Den organiske komponent er for en stor del produceret i den marine vandmasse selv.

Hovedtrækkene af disse aflejringstypers fordeling samt af lagenes tykkelse ses af profilerne (figur 2). Det fremgår, at der er en tendens til, at de største tykkelser findes på overgangen fra de fladvandede arealer til de dybe render. Endvidere spores en tilbøjelighed til, at dyndsedimenterne i særlig grad er ophobet i disse overgangszoner mellem lavt og dybt vand. Undtagelsen fra disse regler møder man ved Sortsø Gabs nordside, netop på det sted, hvor vi ovenfor har antaget tilstedeværelsen af en tidligere, nu borteroderet morænebyg.

Forløbet af den marine udvikling må have været sådan, at de dybeste dele af dalsystemet, det vil sige Sortsø Gab, blev invaderet først. Først ved en stigning af havspejlet til cirka 17 m under nuværende havniveau blev den foreliggende del af Kalvø Strøm oversvømmet, og vandstanden skulle stige yderligere 5 m for at bringe Sjællandsrenden ind i det marine billede. På dette stadium i udviklingen er den moræneforekomst, vi tidligere har antaget eksistensen af på Sortsø Gabs nordside, formentlig begyndt at blive slidt væk.

Det bemærkes, at der under det niveau, vi her opererer med (dybde cirka -12 m), næsten kun optræder grovkornede sedimenter. Det er nok udtryk for, at mens havområdet endnu kun omfattede ret snævre farvande, var vandbevægelsen så stærk, at finstoffet blev ført væk.

Ved den fortsatte havstigning overskyldes issødannelserne mellem Sjællandsrenden og Kalvø Strøm samt de brede skrånninger ind mod de højere glac iallandskaber. Havfladen fik herved en langt videre udbredelse

URAN I KVANEFJELD

af Emil Sørensen.

Trods alle omskiftelser i vurderingen af verdens energibehov i den nærmeste fremtid og debatten om atomenergiens betimelighed overhovedet synes der stadig at være en positiv interesse i offentligheden for uranet i Kvanefjeld. Interessen har måske været forbundet med en lidt romantisk forestilling om kræfterne i bjergets dunkle dyb, men de undersøgelser, som i årenes løb har fundet sted, har hele tiden sigtet mod muligheden af en økonomisk gennemførlig uranudvinding med henblik på energiproduktion (se den historiske oversigt i Varv 1977, 4 side 122).

Uranmineraliseringer er ikke almindelige, og derfor består områder af interesse ofte af meget specielle bjergarter opbygget af lige så specielle mineraler. Læseren vil også i det følgende møde sjældne mineraler, og for den særligt interesserede er de pågældende mineralers formler bragt efter artiklen.

Forekomsten i Kvanefjeld udgøres af forskellige typer af bjergarten lujavrit. Som de øvrige bjergarter i Ilmaussaq er den ikke helt mættet med silicium, men til gengæld rig på alkalimetallerne kalium og natrium. Det vil sige, at den ikke kan indeholde kvarts, derimod nok feldspater som albit og mikroklin, men især de mere alkaliske aluminiumsilikater, analcim, natrolit og sodalit. Mørke jernholdige mineraler findes også rigeligt, især repræsenteret ved arfvedsonit (beslægtet med hornblende). Derudover er lujavriten karakteriseret ved et varierende indhold af flere sjældnere mineraler som eudialyt og pyroklor. Grundstoffet calcium er der meget lidt af, og derfor har de betydelige fluormængder ikke kunnet finde calcium nok til at danne mineralet flusspat (CaF_2). Da samtidig dannelsen af kryolit er udelukket i det alkaliske miljø, må fluor forbinde sig med metallet natrium til villiaumit (NaF). Dette mineral er vandopløseligt og udvaskes hele tiden, således at søer og vandløb i Ilmaussaq-intrusionen er meget rige på fluor, oftest over 1 ppm. Til gengæld ses villiaumit ikke i bjergartsprøver fra overfladen, men kun i borekerner. Her har det en iøjnefaldende rød farve.

Radioaktiviteten er mest knyttet til mineralet steenstrupin, et fosfor-silikat af de sjældne jordarters metaller og natrium, hvori også mange andre grundstoffer finder plads. Her interesserer vi os særligt for uran, som indeholdes i mængder på op til 1% samt cirka 3 gange så meget thorium. I Varv 1978 side 5 er vist en veludviklet steenstrupinkrystal, men i almindelighed forekommer mineralet i små næsten mikroskopiske korn. Ydermere optræder det i flere ikke særlig velafgrænsede varianter samt omdannelsesprodukter heraf.

Forekomsten i Kvanefjeld har et uranindhold, der overvejende ligger mellem 100 og 500 ppm (parts per million = gram per ton). Det er så lavt, at lujavrit næppe kan karakteriseres som malm i traditionel forstand, omend den ofte benævnes sådan for nemheds skyld.

Tonnagen, forstået som den totale mængde uran i bjergarten, kan kun defineres i forbindelse med et såkaldt "cut off level", det vil sige, det laveste indhold, som man fastsætter, at der må være i den malm, man vil interessere sig for.

Sammenhængen vil fremgå af nedenstående tabel:

cut off level	tons U	gennemsnitsindhold
50 ppm U	44000	210 ppm U
250 - -	27000	346 - -
300 - -	21000	375 - -
350 - -	13000	414 - -

Til sammenligning kan anføres at råfosfat til gødningsfremstilling oftest indeholder 100-150 ppm U, medens de malmkvaliteter, hvoraf man for tiden udvinder uran, kun undtagelsesvis ligger under 800 ppm.

Da der i Kvanefjeld findes 2-3 gange så meget thorium som uran, er radioaktiviteten cirka dobbelt så høj som i en bjergart med samme uranindhold alene.

Fra et udvindingssynspunkt er den første opgave at få uranet i opløsning og skilt fra de øvrige bestanddele, hvorefter det ved en egnet proces skal udskilles af opløsningen i fast form. Til det formål er standardfremgangsmåden, at man bryder malmen og knuser den tilstrækkelig fint, hvorefter den udtrækkes med en væske, som skal være billig, og som opløser uranet effektivt. Valget står i praksis mellem en svovlsyre- eller sodaopløsning (natriumkarbonat). Den første er sædvanligvis mest effektiv og har langt den største anvendelse, men karbonatekstraktion kommer i betragtning ved behandling af basiske bjergarter, som ville forbruge alt for meget syre. Derfor er karbonat også det logiske valg til udludning af uran fra lujavrit, men det angriber i ret ringe grad steenstrupin, hvori det meste uran sidder.

Man har beskæftiget sig en del med modifikationer af de nævnte metoder for at få forhøjet uranudbyttet, men derved bliver processerne mere komplicerede og kostbare.

Den sulfaterende ristning, som er omtalt i Varv 1978 side 10, er således en anden måde at gennemføre svovlsyrebehandlingen på. Et lille pilotanlæg har kørt på Risø efter denne metode og produceret "yellow cake" (urankoncentrat), men det har været svært at styre, og uranudbyttet bliver for lavt, især fra den del af forekomsten, som udgør den store forøgelse i 1977.

POSTGLACIALTIDEN

Da isen svandt væk, må Storstrømsområdet have vist sig som et stort, åbent dallandskab, opdelt og omgivet af højere bakkeland. I den første tid, omfattende senglacialtiden og begyndelsen af postglacialtiden, har dalene ligget over det daværende havniveau. Det skal bemærkes, at grænsen mellem sen- og postglacialtid ligger cirka 10.000 år før nutiden. På det tidspunkt indtraf en markant temperaturstigning, som gav den organiske verden gunstige kår. Fra det senglaciale afsnit er der ikke med sikkerhed påvist marine dannelser i Farøboringerne, men det er der derimod fra det postglaciale.

Storstrøms-dalen lå, som nævnt, over havniveau i den første del af postglacialtiden. Verdenshavets vandstand, der stod lavt under istiden, var under hurtig stigning grundet den forøgede afsmeltning ikke blot af den skandinaviske is, men også af ismasser andetsteds på kloden. Udviklingen førte til, at havet for henved 8000 år siden trængte ind i dalen, hvorved situationen nærmede sig den, vi kender idag.

Områdets postglaciale dannelser deles derfor naturligt i to hovedgrupper: fastlandstidens og den marine epokes aflejring.

AFLEJRINGER FRA FASTLANDSTIDEN

Blandt fastlandstidens aflejringer falder forekomsterne i boring 126 og 127, lokaliseret på lavt vand syd for Farø, først i øjnene. Det er forekomster af flydejord overlejret af tørvedynd, udfyldende den sydlige del af den lavning i glaciallandskabet, hvis nordlige del er fyldt op med sand og grus fra afsmeltningstiden. Det blev nævnt, at lavningens sydlige del i afsmeltningstiden var opfyldt af dødis, og denne opfattelse findes yderst rimelig også i den foreliggende sammenhæng, idet dødisens bortsmeltning ved overgangen til den varme postglacialtid har skabt den plads, fastlandstidens aflejringer måtte kræve.

Flydejorden er opstået ved terrænudjævnende processer før plantevæksten effektivt bandt jorden. Endvidere må der have været højdeforskelle i terrænet. En sådan terræneffekt spores nord for 126 som baggrunden for flydejorden her. Derimod er der ikke i observationsmaterialet fundet en terrænmæssig baggrund for flydejorden i 127. Det leder naturligt ind til den tanke, at der måske syd for 127 dengang var en bakke, som blot senere blev eroderet bort. I den sammenhæng samler interessen sig om boring 128, beliggende på kanten lige ovenfor Sortsø Gab. Boringen er omtalt tidligere under gennemgangen af den glaciale lagserie. Det er her, den øvre moræne mangler, således at marine lag hviler direkte på den organisk-holdige smeltevandsaflejring. Den forestilling presser sig på, at gletscheren, der i sidste istid arbejdede i Sortsø Gab, nok har dannet en randbakke langs nordflanken, en bakke der eksisterede endnu i postglacialtidens begyndelse og virkede som udgangspunkt for flydejorden i 127,

Den øvre moræne på strækningen Farø - Sortsø Gab samt morænerne i den resterende del af brolinien ser ud til at have det fælles, at de er stærkt præget af flagestruktur. Det fremgår dels af, at glaciallagene i tiliggende naboboringer kun sjældent stemmer overens, og dels af, at der forekommer indlejringer af slamkalk i de fleste boringer mellem Sjælland og nordsiden af Kalvø Strøm.

Netop deformationerne er den faktor, der begrænser mulighederne for at opstille en sikker glacialstratigrafi for området ved hjælp af boringerne. Det findes dog rimeligt at antage, at forstyrrelserne i glaciallagenes øvre del hidrører fra de sidste glaciale begivenheder i området - altså fra SØ-isen ("Ungbaltten").

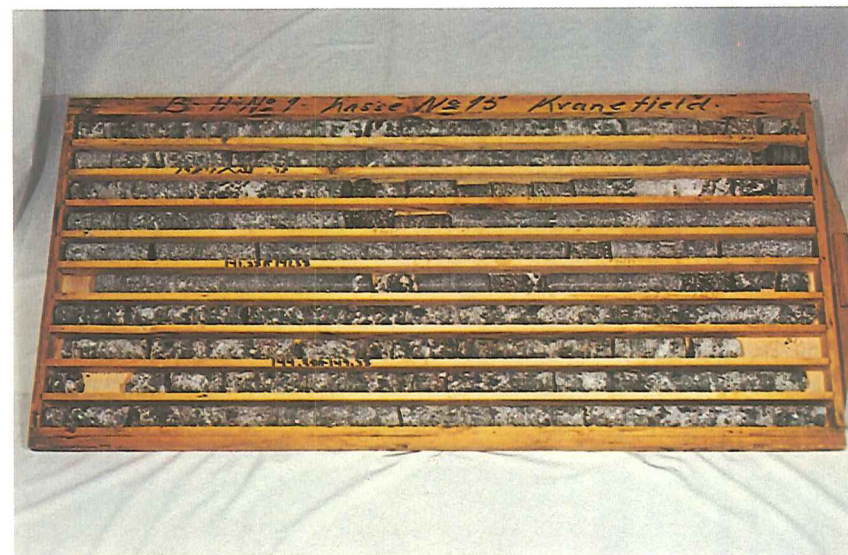
AFSMELTNINGSTIDENS AFLEJRINGER

Da den unge SØ-is gik i stå og smeltede bort, opstod der smeltevandsaflejringer. Flere markante forekomster findes i boringerne. Vi skal se på de vigtigste.

På grænsen mellem Sortsø Gab og det fladvandede område ind mod Falster har vi den tidligere omtalte smalle, dybe rende i kalkoverfladen (boring 132). Renden er opfyldt med smeltevandssand og -grus, som ligger uden morænedække, aflejringerne regnes derfor blandt afsmeltningstidens dannelser. Det, at renden ligger ved siden af og ikke centralt i Sortsø Gab, udlægges således, at Sortsø Gab dengang var opfyldt af en ismasse, formentlig i form af dødis. Smeltevandet fra dødisen antages at have strømmet langs isens flanke, således at vandet først udgravede en rende i underlaget og siden fyldte den op med strømsedimenter. En forekomst af slamkalk, der optræder i aflejringerne, er formentlig kommet til stede ved udskridning fra rendens sider.

Den mest omfattende smeltevandsaflejrung findes i det lavvandede område mellem Sjællandsrenden og Kalvø Strøm. Aflejrungen består især af silt og ler og må rimeligvis opfattes som en issøddannelse. Issøen har ifølge aflejringerne beskaffenhed og udbredelse nok været begrænset af dødis, lokaliseret hvor nu Sjællandsrenden og Kalvø Strøm findes. Det passer med, at tidligere udførte boringer har vist, at issøsedimenter også findes udenfor den aktuelle linie - nemlig knyttet til det lavvandede område (Letten), som begrænses af de to nævnte render. Det er således en ret anselig issø, hvis konturer tegner sig her.

En tredje forekomst skal nævnes. Den er kun truffet i en enkelt boring (125). Den består af strømsedimenter, sand og grus, og tager sig ud som udfyldningen af den nordlige del af en lavning i glaciallandskabet. At den sydlige del af samme lavning ikke er udfyldt på tilsvarende vis, peger i retning af, at der dengang lå en dødisforekomst her. Dette er i hovedtræk afsmeltningstidens aflejringer. Fælles for alle afsmeltningstidens aflejringer synes at være, at de afspejler tilstedeværelsen af dødisforekomster som væsentlige træk i det daværende landskab.



Kasse med borekerner fra Kvanefjeld.

Af denne grund er karbonatekstraktionsprocessen taget op igen for om muligt at blive gjort mere effektiv.

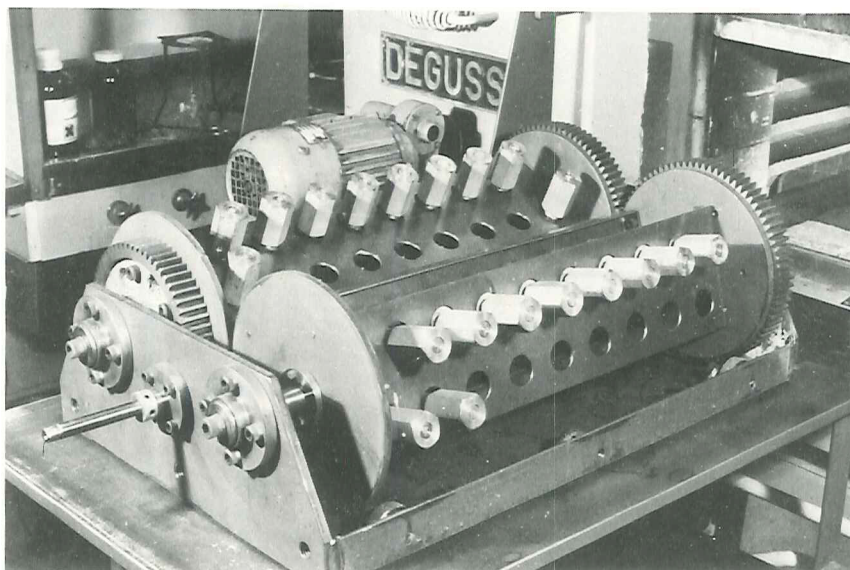
I geokemien spiller kulsyre en stor rolle, også for dannelsen af uranmalme. I primære mineraler er uran oftest til stede i en form, hvori det ikke kan opløses som karbonat, men ved indvirkning af ilt, vand og kulsyre, som er næsten allestedsnærværende, kan der over geologisk set beskedne tidsrum ske en udvaskning af uran fra primære forekomster og siden, ved ændrede kemiske betingelser, ske en genudfældning andetsteds, eventuelt i mere koncentreret form. Derved er de fleste af de lejer opstået, som nu udnyttes kommercielt.

De geokemiske processer stiller krav til tålmodigheden, men med et mineral som steenstrupin skulle der kunne vindes megen tid ved at gå op til temperaturer nær de hydrotermale betingelser, som bjergarten er dannet under, og hvor selv vand bliver et aggressivt stof.

Ved cirka 250° C i en stærk opløsning af natriumkarbonat og -bikarbonat bliver steenstrupinkorn nedbrudt på få minutter under afgivelse af det meste af uranet.

I laboratoriet anvendes et antal små nikkelautoklaver som vist på billedet næste side. Herved kan man hurtigt behandle mange prøver fra alle dele af malmforekomsten.

Udbyttet viser sig at variere efter prøvens oprindelsessted fra 70-90%. Hvorfor en del af uranet forbliver uopløst, og hvordan det sidder,



Op til 34 prøver kan behandles ad gangen med karbonatopløsning under tryk. De små autoklaver opvarmes i ovnen, mens de roteres for at omrøre indholdet.

er ikke så let at opklare, da det jo nu er meget små mængder, det drejer sig om.

Imidlertid gør de allerede opnåede resultater metoden økonomisk interessant. En af de største tekniske komplikationer er det betydelige tryk cirka 60 atmosfærer, som kræves, dels for at holde ekstraktionsmidlet i væskeform ved den angivne temperatur, dels for at indføre den nødvendige ilt.

Til alt held er der for nylig i Tyskland udviklet en simpel, kontinueret metode til udludning af malme under tryk. Den går ud på at pumpe en opslemning af pulveriseret malm i ekstraktionsmidlet gennem et meget langt rør, hvori opvarmningen foregår. Hastigheden er så stor, at en voldsom omrøring samtidig finder sted. Røret skal være så langt, at den nødvendige reaktionstid opnås under passagen. Gennem den sidste del af røret er diameteren stærkt indsnævret, så at opslemningen kan tabe overtrykket, inden den løber ud på et filter og skilles i uranholdig lud og fast affald. Muligvis kan luden genanvendes nogle gange og derved tre- eller firedoble det beskedne uranindhold, inden den oparbejdes til fast koncentrat.

Denne sidste del af processen er for øvrigt et problem for sig. Almindeligvis anvendes en metode, der kaldes ionbytning, en art filtrering,

kridtet, er de øverste par meter under de egentlige glaciale lag udviklet som omlejet slamkalk, der meget vel kan opfattes som mere eller mindre gletscherbearbejdede flager.

Smeltevandsaflejringerne er lagdelte, sorterede forekomster af grus, sand, silt og ler, afsat af smeltevandet frigjort ved isafsmeltningen. På dannelsesstidspunktet er sådanne aflejringer horisontale eller svagt hældende, men overskrides de senere af isen, kan de få en stærkere hældning, for eksempel ved at blive indarbejdet som flager i glaciallagene, og sådanne betragtninger er indgået i vurderingen af den glaciale lagserie.

DEN GLACIALE LAGSERIE

De hidtidige undersøgelser tyder på, at hele den glaciale lagserie i borerne hidrører fra den sidste istid, Weichsel. Af praktiske grunde er de smeltevandsaflejringer, der opstod i slutningen af Weichsel-nedslutningen, og som ikke er præget af senere isoverskridelser, behandlet særskilt i næste afsnit. Her skal vi derfor samle os om det, der gik forud for disse sene afsmeltningsbegivenheder.

I den foreliggende egn kan man under Weichsel glaciationen skelne mellem tre hovedbegivenheder. Den første var et isfremstød fra SØ ("Gammelbalten"). Derefter fulgte fremrykningen af NØ-isen - det var den, der nåede frem til 'hovedopholdslinien' i Midtjylland. Den afløstes igen af en is fra SØ ("Ungbalten") nemlig den, der medvirkede ved dannelsen af den 'østjyske israndslinie'. Under den successive tilbagesmeltning af denne ismasse opstod et antal israndslinier over øerne. Hvorvidt det skildrede hændelsesforløb kan genfindes i fuldt omfang i de foreliggende borer, er endnu uafklaret.

Det dybeste snit i glaciallagene er nok repræsenteret i området mellem Farø og Sortsø Gab. Her kan udskilles en nedre moræne, en ret mægtig smeltevandsaflejrung og en øvre moræne.

Smeltevandsaflejrungen er speciel ved at have et iøjnefaldende indhold af organisk stof. Derfor har den tanke strejft, at aflejrungen måske var interglacial, en mulighed der dog senere er afvist ved pollenanalyse. Det organiske indhold er imidlertid et så specielt træk, at de pågældende lag i borerne kan antages at udgøre dele af samme aflejrung. Det ser ud til, at den optræder som et sammenhængende, men dog noget deformeret legeme fra boring 128 i syd til 121 i nord.

Den underliggende moræne er kun påvist med sikkerhed i boring 128. Her ligger lagserien så højt, at smeltevandsaflejrungen er direkte overlejret af postglaciale marine dannelser. Her mangler den øvre moræne altså, men som vi skal se senere, kan den udmærket antages at have været til stede forud for de marine begivenheder. I borerne mellem denne lokalitet og Farø findes den øvre moræne.

strømmen under den eksisterende bro fundet en dyb lokal sænkning i kal-ken. Den er lokaliseret cirka 1,5 km nord for Falster.

I de skildrede træk anes brudstykker af et mønster - nemlig det, at der i kalkundergrunden i området optræder markante sænkninger, hvoraf nogle nok udgør dele af oprindeligt sammenhængende dalsystemer. Om alderen af disse kan endnu blot gisnes. Dog ser det ud til at dalene ikke er helt unge, idet de næppe kan spores i landskabsoverfladen. Måske er de anlagt så tidligt som i Tertiærtiden. Når området rimeligvis har været udsat for erosion i Tertiærtiden, må det helt naturligt indebære en forestilling om, at der dengang eksisterede et landskab med blandt andet dalstrøg som et af landskabselementerne. Her er vi dog helt ude på antagelsernes overdrev. Så er der på en helt anden måde sikre spor efter Kvartærtidens processer - det er den omlejrrede zone øverst i kridtet - som er bindeleddet til det næste tema: istidens dannelser.

ISTIDENS DANNELSER

I Nordeuropa har der som bekendt i løbet af de sidste 1,5-2 millioner år været 6 nedisninger (glaciale tider) og 5 mellemliggende varmeperioder (interglaciale tider). I borerne i Farø-linien er der truffet glaciale aflejringer, men ikke interglaciale. Foraminiferundersøgelser udført på prøver fra forskellige dele af den gennemborede glaciale lagserie har vist, at der optræder omlejrrede Kvartære foraminiferer, der alle ser ud til at stamme fra en marin interglacial aflejring af samme slags, som kendes fra det vestlige Møn. Da Møn-aflejringer henregnes til sidste interglacialtid (Eem), bliver den foreløbige konklusion, at de glaciale lag i Farø-boringerne følgelig alle er fra den sidste istid, Weichsel.

DE GLACIALE AFLEJRINGER

Glaciallagene omfatter to typer dannelser: 1) morænale aflejringer og 2) smeltevandsaflejringer.

De morænale aflejringer er afsat direkte fra isen ved afsmeltningen. Typisk består moræner af en kaotisk blanding af alle kornstørrelser, men kan dog være domineret af visse komponenter som sand, ler eller kalk, optaget ved isens erosion i det lokale underlag. Sådanne moræner kaldes "lokalmoræner". De kan anses for overgangsformer til det, der betegnes "løs flage". Herved forstås et sammenhængende aflejringslegeme, som gletscheren har optaget fra en ældre aflejring og efterladt mere eller mindre intakt ved sin afsmeltning. Forekomster af slamkalk i den glaciale lagserie er med sikkerhed dannet som flager, for eksempel i boring 110, se figur 4), men også forekomster af lagdelt sand og ler samt morænen selv kan have en tilsvarende oprindelse - blot vil der kræves flere tætliggende boringer for at afgøre det. I flertallet af boringer, som når ned i skrive-

hvorved filtret, ionbytteren tilbageholder uran. Her er vi imidlertid nødt til at arbejde med så stærk en opløsning af natriumbikarbonat, at uranet bogstaveligt talt bliver konkurreret ud af ionbytteren.

Derfor arbejdes der nu i stedet med en proces analog med den, som forløber nogle steder, hvor uran udskilles i jordskorpen, nemlig overførsel gennem reduktion til en form, hvor uranet er uopløseligt som karbonat. Processen kan i naturen ske ved, at opløsningen kommer i kontakt med sulfidminerale eller organisk materiale. I teknikken er det bekvemt at bruge brint under tryk, dog klarer man sig her med 15 atmosfærer. På billedet side 8 ses et apparatur, der er udviklet på Risø. Produktet er omtrent sammensat som mineralet uraninit.

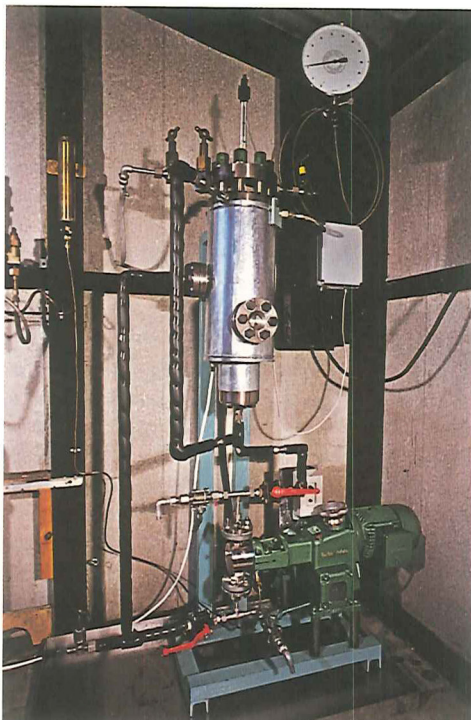
Før en egentlig uranproduktion fra forekomsten i Kvanefjeld kan besluttes, må man naturligvis have en tilfredsstillende løsning på de foranævnte problemer samt gennemprøve den i et pilotanlæg. Dertil vil der kræves prøvebrydning i en minegang, som såvidt muligt skal gå igennem de lujavrittyper, der udgør hovedparten af malmen. Herved kommer man måske til at bryde 1 km gang, hvis indhold beløber sig til meget mere, end der er brug for ved forsøgene. Der må altså allerede nu findes et sted, hvor det er acceptabelt at anbringe det stenmateriale, som bliver tilovers. Yderligere skal der tages hensyn til de regler, der gælder for minebrydning i en radioaktiv bjergart, selv om den endelige virksomhed kommer til at arbejde i åbent brud. Specielle faktorer som det opløselige fluormineral må også tages i betragtning.

Om der efter eventuelt vellykkede pilotforsøg kan blive tale om at anlægge et bjergværk vil især blive et økonomisk spørgsmål.

En hel del væsentlige omkostninger afhænger ikke meget af den valgte proces. Det gælder således brydning, knusning og formaling samt affaldsdeponering, som netop for en så fattig malm er af stor vægt. Endvidere en række nødvendige anlæg som veje, varmecentral, værksteder, kantine og administration. Når man har et nogenlunde sikkert skøn over uranudbyttet pr. ton behandlet malm (fra pilotanlægget) samt den pris det producerede uran kan sælges for, lader det sig beregne, om der også er råd til selve procesanlægget (se side 9).

Resultatet af overvejelserne om affaldsdeponering griber tilbage i beslutningerne om brydningsprogram og placering af fabrik. Det er efterhånden klart uantageligt at placere affaldet over mod Narssaq i nærheden af det økologisk følsomme elvsystem. Andre muligheder er 1) på plateauets nordskråning, 2) på bunden af Sermilikfjorden, 3) i den forladte del af bruddet. Alle tre forslag bliver dyrere, da de kræver en affaldstransport opad, med mindre fabriikken placeres ret højt og derved bliver dyrere at bygge og forsyne.

Karbonatprocessen har den fordel, at den ikke bringer meget andet end uran i opløsning, således at der efter udvaskning af affaldet til genvinding af natriumkarbonat kun vil ske udsivning af en smule karbonat, som



Brintreduktionsautoklave til udskillelse af UO_2 fra en uranylkarbonatopløsning.

er relativt fredeligt. Det gælder dog kun til man når de villiaumitholdige lag fra cirka 70 m under den nuværende overflade. Der kan godt tænkes at være 40 millioner tons malm med mindst 1% villiaumit svarende til 400.000 tons NaF, hvoraf 45% er fluor. Muligvis vil fluoret blive udvundet som biprodukt, men selv da vil 20% tabes. (Det regner jo også i brudet under driften). Det svarer til 4000 tons NaF om året ved en antaget levetid af værket på 20 år. Hvis det kommer ud i dalen, vil det ende i elven med en vandføring på cirka 30 millioner kubikmeter pr. år. Derved vil fluorindholdet kunne stige fra nuværende 1 ppm til 60 ppm med uoverskuelige konsekvenser. I Sermiliks mere end $4 \times 10^9 \text{ m}^3$ vand vil det derimod næppe kunne mærkes. Desuden vil fluorid ret hurtigt udskilles af havvand.

Radium, som efterlades i affaldet, er nok selv i uopløselig form, men afgiver den radioaktive luftart radon. Den vil fortyndes i atmosfæren til en umålelig lille koncentration, men hvis man alligevel ikke kan lide tanken, så løses i alt fald det problem ved en havbundsdeponering.

er præget af omlejring eller ikke. Det er derfor denne flades udformning, der skal kommenteres i det følgende.

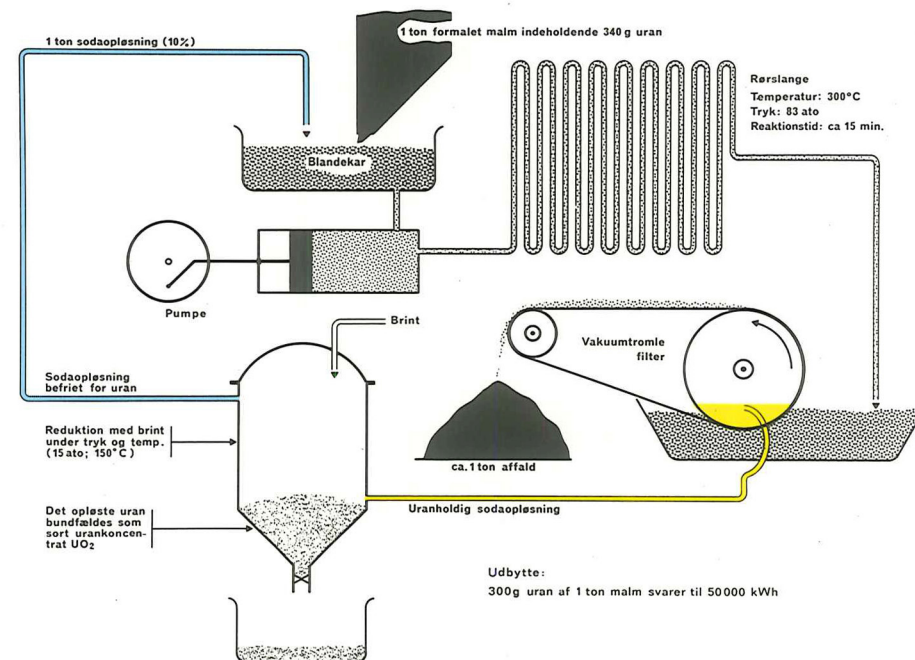
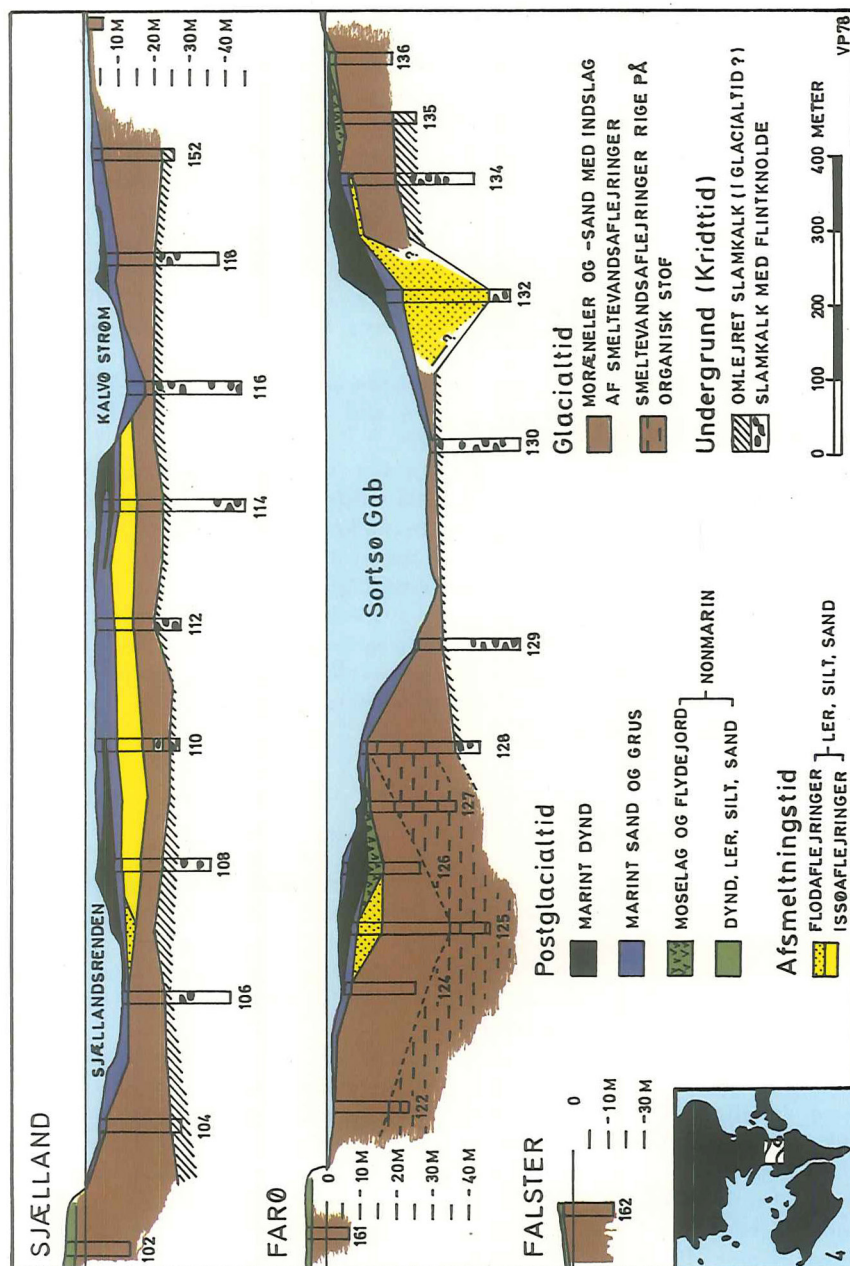
Mellem Sjælland og Farø er kalkoverfladen udformet som en ret jævn flade beliggende cirka 20 m under havfladen. Næsten samme niveau er truffet i andre tidligere borer i samme farvand, samt i vandforsyningsboringer på det centrale Bogø. Derimod findes ingen oplysninger fra selve Farø. Ind under Sjællandskysten dykker fladen svagt i nordlig retning. Heraf kan umiddelbart udledes, at "landskabssænkningen" mellem Sjælland og Farø ikke er opstået ved en lokal erosion ned i kalkundergrunden.

Strækningen fra Farø til Falster viser mere komplicerede forhold. Nærmest Falster ligger kalkoverfladen omtrent i samme dybde som i området nord for Farø, et niveau der også træffes i vandforsyningsboringer beliggende et par km syd for Falster-kysten. På overgangen mellem det lavvandede område nord for Falster og den dybe rende Sortsø Gab er der en lokal sænkning i kalkoverfladen (dybde -43 m i boring 132). At sænkningen er snæver ses af, at kalkoverfladen ligger noget højere (dybde cirka -30 m) under bunden af selve Sortsø Gab. Sænkningen er også påvist i en af de tidligere udførte borer, og den synes at tage sig ud som en smal rende, der fra den nævnte position i brolinien løber i nordvestlig retning.

På overgangen mellem Sortsø Gab og de grundere områder syd for Farø er der en sænkning i kalkoverfladen. Tættere ved Farø haves ingen direkte oplysninger om dybden til kalken. Et usikkert skøn, baseret på opbygningen af de overliggende istidslag, går ud på, at der mellem Farø og Sortsø Gab er en næsten 500 m bred zone, hvor kalken ligger 20-30 m dybere end i Sortsø Gab, altså en sænkning af ret anseelige dimensioner. En sådan sænkning er næppe et helt lokalt træk, men snarere et udsnit af et mere udbredt dalstrøg. At sådanne findes i området, ved man fra borer i de tilgrænsende landområder. På det nordlige Falster, ved Næsgaard, er der en dyb sænkning i kalkoverfladen. Den forløber fra Næsgaard i vestnordvestlig retning, således at den stryger ind langs Stubbekøbingssydside og når kysten vest for byen. Det kan meget vel være dette dalstrøgs nordvestlige fortsættelse, vi møder i kalkundergrunden mellem Farø og Sortsø Gab.

Også fra Sydsjælland kendes en dyb dal i kalkoverfladen, nemlig under Vordingborg by, dens retning er NV-SØ. Endvidere er der i Stor-

Figur 4. Borer og geologisk profil i brolinien Sjælland-Farø-Falster (se figur 1). Stærkt forenklet fra de originale boreprofiler, som i fine detaljer viser variationer i jordarterne. Desuden er kun godt halvdelen af borerne vist. Målestokken for dybderne er overdrevet 5 gange.



Processkema over det tænkte pilotanlæg.

Dette var nogle tekniske og økonomiske aspekter ved en mulig uran-udvinding af Kvanefjeld-lujavrit. De politiske og sociale er ikke glemt, men det tilkommer andre at behandle dem.

Herunder er anført formler for de omtalte mineraler i lujavrit fra Kvanefjeld - bemærk især dominansen af alkalimetallet natrium (Na). For nogle mineralers vedkommende er sammensætningen varierende - det gælder blandt andet Steenstrupin, hvortil uranet især er knyttet.

Albit	$NaAlSi_3O_8$
Analcm	$NaAlSi_2O_6 \cdot H_2O$
Arfvedsonit	$Na_3Fe_4FeSi_8O_{22}(OH)_2$
Eudialyt	$(Na, Ca, Fe)Zr(Si_3O_9)_2 \cdot (OH, Cl)$
Mikroklin	$KAlSi_3O_8$
Natrolit	$Na_2Al_2Si_3O_{10} \cdot 2H_2O$
Pyroklor	$(Na, Ca)_{1/2}(Nb, Ta, Ti)_2O_6(OH, F, O)$
Sodalit	$Na_8(AlSi_4O_{16})Cl_2$
Steenstrupin	$Na_2Ce(Mn, Ta, Fe^{+++})H_2((Si, P)_2O_7)_3$
Villiaumit	NaF

GRATIS VARV I 1980 ?

Send løsningen - som skal være de fire indrammede ord - på et åbent postkort til Varv, Øster Voldgade 5-7, 1350 København K inden 15. marts. De 10 først udtrukne rigtige løsninger bliver præmieret med et gratis abonnement for 1980.

VANDRET

1 krydderi	64 rognsten	20 smerte
5 mineral	66 skjulte	21 fugl
9 dyr i junglebogen	68 tone	24 bjergart
12 varmt afsnit i	69 glaner	25 skred
senglacialtid	70 røget	26 findes i kvarts
14 gik i stykker	71 redskab	30 undvære
16 neon	72 forholdsord	33 stemme
17 energiråstof	73 tal	35 dyr
19 opskudt struktur	74 sikker	36 pigenavn
20 tidsskrift	75 gud	37 drik
22 sø	77 metan	38 i kælderens
23 aida	78 ø	40 rum
26 skue	79 erkendtligheden	41 lige
27 dusk	82 dinosaur	42 træaffald
28 tone	86 drengenavn	43 tre ens
29 sted med hule-	87 fugl	46 fossilt brændsel
malerier	88 træ	48 præstationen
31 overtræk	89 bakkestrøg	50 videnskab
32 bygningsdel		51 stilmøbel
34 metal i meteoriter		56 artet
37 mineralet		58 rejse
39 tone		60 alfabetisk følge
40 gror på sten		61 to ens
42 dyr		63 gud
43 brunjernsten		65 mineral
44 hyldest		67 malm
45 koralø		70 by
47 monstret		71 camouflere
49 servile		72 to ens
52 føde		73 tæt form af kvarts
53 rum		76 se
54 interglaciertid		77 dyr
55 nem		78 græsk bogstav
57 artikel		80 træ
59 taget		81 måleenhed
62 talus		83 jordlag
		84 natrium
		85 sprede

LODRET

1 vulkan	2 drik	3 to ens	4 drik	5 fossilt brændsel	6 pigenavn	7 tone	8 kambrisk trilobit	9 vægtenhed	10 beregnede	11 hensigt	13 landlig	15 sejler	18 tal
----------	--------	----------	--------	--------------------	------------	--------	---------------------	-------------	--------------	------------	------------	-----------	--------

KRIDTET I BORINGERNE

Ingen af borerne i Farø-linien er ført mere end cirka 20 m ned under kridtoverfladen. Det er derfor kun et beskedent udsnit af den samlede kridtlagserie, vi her kommer i berøring med. Analyser af fossiler (foraminiferer) har vist, at kridtet i borerne svarer til et niveau, som skønnes at ligge et par hundrede meter under den oprindelige Senone kridtoverflade. I Storstrømsområdet har vi da øjensynlig et ret dybt erosionsnit i kridtet. Det falder smukt i tråd med områdets beliggenhed på den højdestruktur, der er Ringkøbing-Fyn højderygens østlige fortsættelse. Erosionen kan meget vel være foregået gennem det meste af Tertiærtiden og Kvartærtiden, men nogen virkelig viden om, hvornår det er foregået, har vi faktisk ikke.

Kridtet i borerne tager sig ud som uhærdnet til kun let hærdnet slamkalk. Fæstningen er således mindre end den, man kender fra typisk skrivekridt, for eksempel i Møns Klint.

En elektronmikroskopisk analyse har vist, at kalkens kornstørrelse overvejende falder i intervallet 0,0005 - 0,01 mm, samt at kornene helt overvejende består af submikroskopiske kalkplader (coccolithen), som har beklædt encellede planter. Endnu et træk må nævnes, nemlig det, at en hel del af kalkkornene er bemærkelsesværdigt stærkt præget af korrosion. Det er fristende at antage, at kalkens overvejende uhærdnede tilstand har sammenhæng med denne korrosion. Sammenhængen kan være den, at kalk med en normal skrivekridt-hærdningsgrad er blevet udsat for opløsningsprocesser som følge af, at materialet gennem længere tidsrum har henligget uden beskyttende dæklag.

KRIDTOVERFLADENS UDFORMNING

Grænsen mellem det Senone kridt og de Kvartære glacialaflejringer er kun undtagelsesvis lokaliseret ved overfladen af slamkalken i borerne. Et indhold af Kvartære sandkorn viser nemlig, at toppen af kalken må være omlejret, formentlig ved glacial processer. Ved undersøgelserne er dybgrundens overflade i hver af borerne derfor defineret som undergrænsen for sporene af Kvartære materialer.

Et blik på længdeprofilerne i figur 4 vil vise, at dybgrundsoverfladen ikke har et jævnt forløb men et karakteristisk relief. For ret at vurdere relieffet er det hensigtsmæssigt at indrage den foreliggende viden, ikke blot i de tidligere udførte Storstrømsboringer, men også i borer i de tilstødende landområder. Om sidstnævnte emne er der indhentet oplysninger fra Danmarks Geologiske Undersøgelse. Oplysningerne er i alt væsentligt baseret på vandforsyningsboringer, i hvilke kridtoverfladen rimeligvis svarer til slamkalkoverfladen i Storstrøm-boringerne, uanset om den

SKRIVEKRIDTET

De ældste dannelser, man møder i boreprofilerne, er skrivekridt fra den yngste del af Kridttiden (Senonien). Før disse dannelser omtales nærmere, kan det være praktisk at se, hvorledes det foreliggende område tager sig ud i en regionalgeologisk sammenhæng.

REGIONALE HOVEDTRÆK

Danmarks dybgrund falder i fire hovedstrukturer, som er vist i figur 2 - nemlig 1) den fennoscandiske randzone, som adskiller det skandinaviske grundfjeldsområde med granit og gnejs fra 2) det dansk-polske bassin, der igen ved 3) Ringkøbing-Fyn højderyggen er adskilt fra 4) det nordtyske bassin. Af disse er det den Jysk-Fynske ryg eller Ringkøbing-Fyn højderyggen, der har direkte med vort område at gøre. Den slutter nemlig ikke på Fyn men fortsætter herfra gennem Smålandsfarvandet og Storstrømmen i retning mod Møn. Situationen kan anes blandt andet ved betragtning af undergrundskortet, det vil sige det, der viser udbredelsen af aflejringerne ved basis af istidslagene (figur 3). Det ses, at skrivekridtet findes direkte under istidslagene i det sydligste Sjælland, Møn, størstedelen af Falster og den nordlige halvdel af Lolland. Både nord og syd for dette område er skrivekridtet dækket af aflejringer fra Tertiærtiden.

Om tykkelsen af skrivekridtformationen må antages, at den i Storstrømsområdet næppe overstiger cirka 400 m, en beskedn størrelse sammenlignet med tykkelserne nordligere på Sjælland.

SYDØSTDANMARKS UNDERGRUND



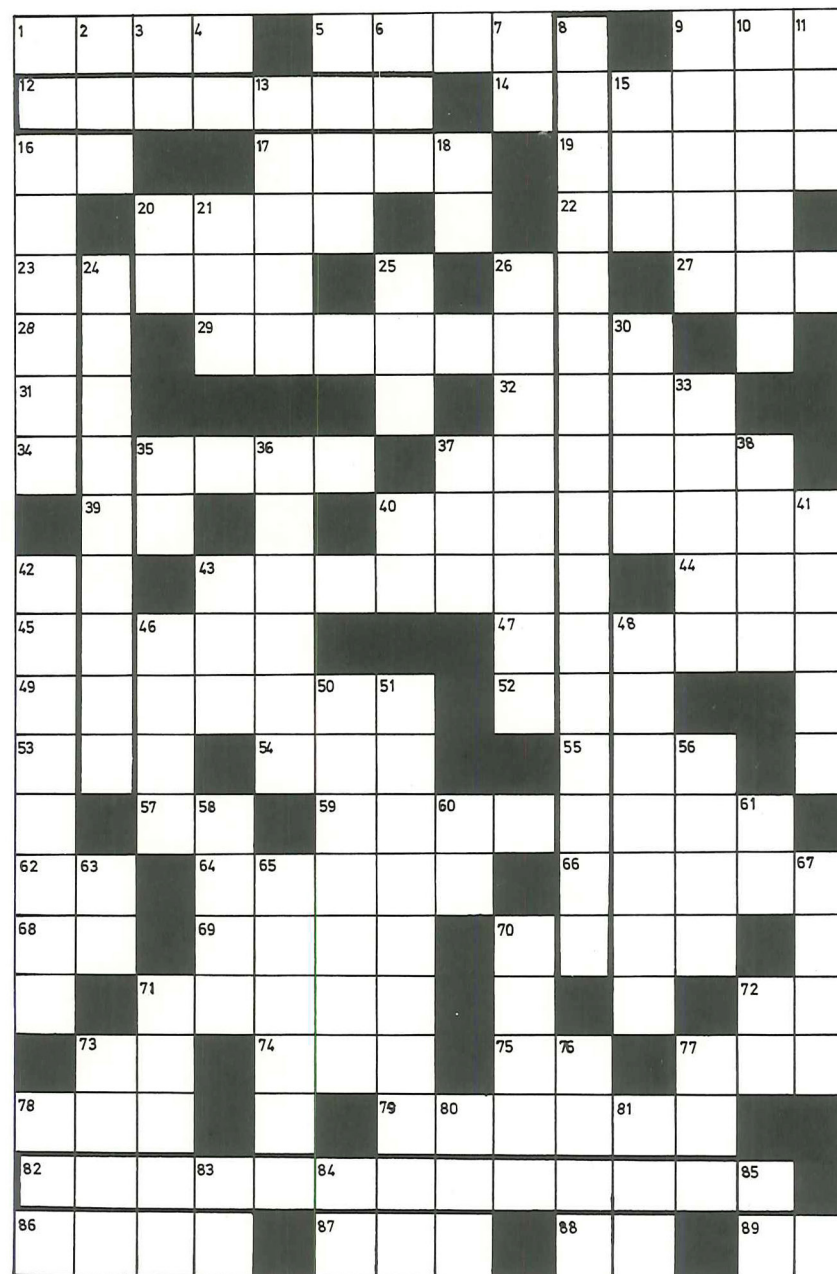
TERTIÆRTID

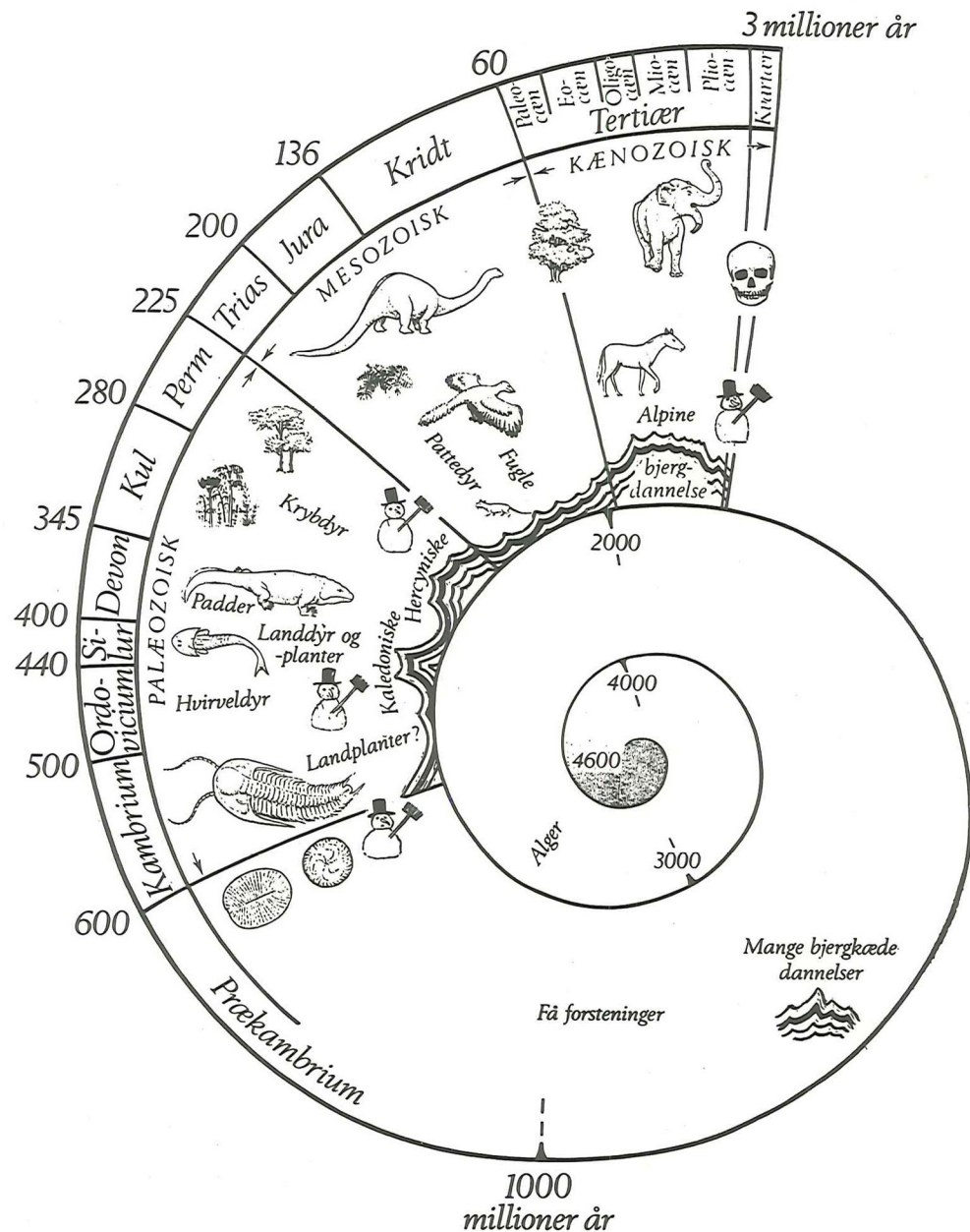
-  Eocæn
-  Paleocæn
-  Danien

KRIDTTID

-  Senonien

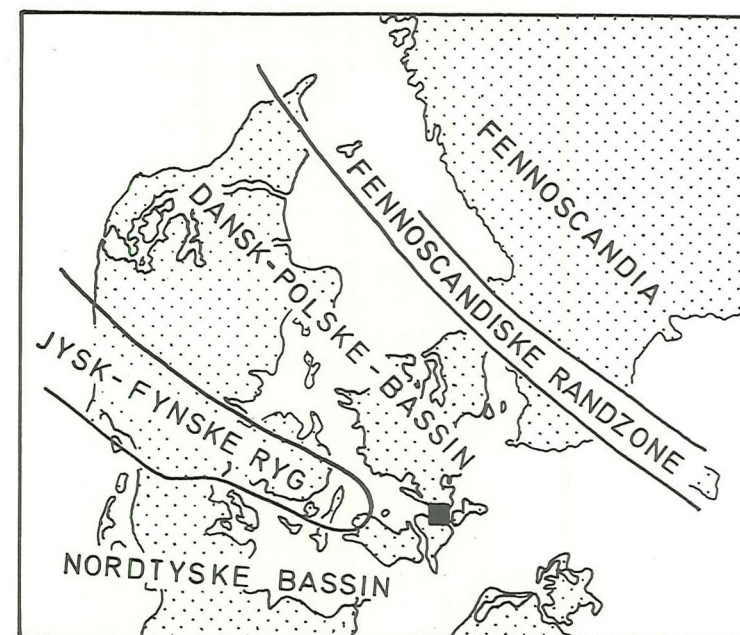
Figur 3.





Resultaterne af de nye borer er sammenstillet i figur 4, der falder i to afsnit. Det ene er afsnittet fra Sjælland til Farø, i dette farvand findes der to render, Sjællandsrenden og Kalvø Strøm adskilt af et fladvandet område, der er den vestlige udløber af grunden Letten. Afsnittet mellem Farø og Falster passerer det cirka 30 m dybe farvand, Sortsø Gab.

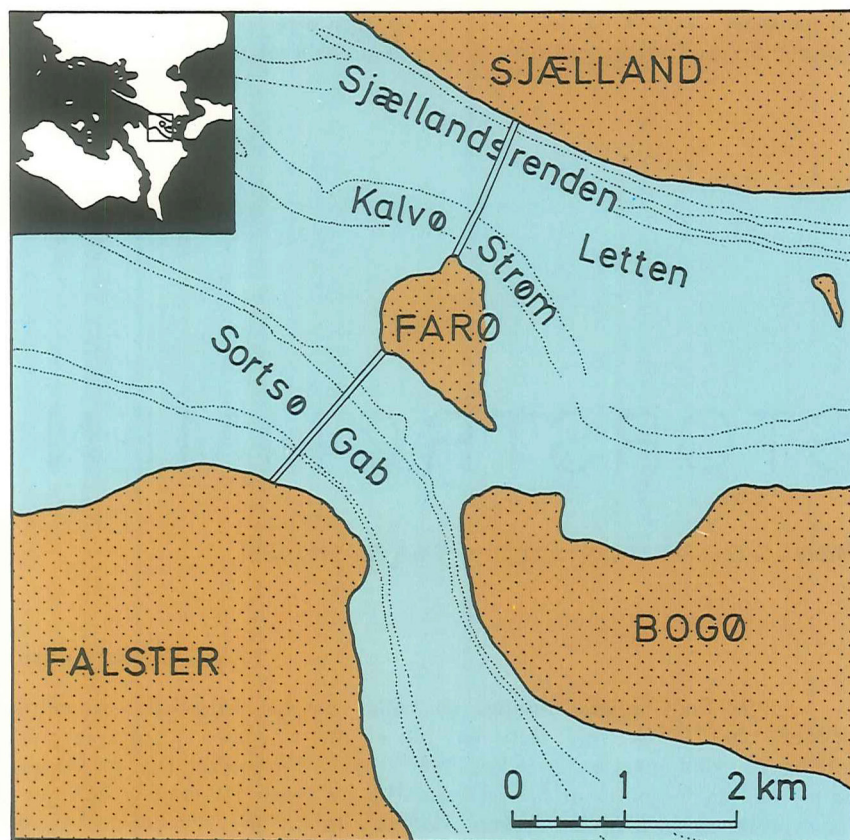
Betragtes profilerne, figur 4, under et ses, at man nederst møder dannelser fra før istiden i form af skrivekridt fra den yngste del af Kridttiden. Herover følger istidens aflejringer, der igen er dækket af dannelser fra tiden efter istiden, postglaciertiden, hvortil nutiden hører. Vi skal i det følgende gennemgå dannelserne i den rækkefølge, hvori de blev aflejret.



Figur 2. Hovedstrukturer i den danske dybgrund. Den fennoscandiske randzone har været præget af vertikale forskydninger, som adskiller det højtliggende grundfjeld med gnejs og granit mod øst (Fennoscandia) fra det danske indsynkningsområde mod vest. Ringkøbing-Fyn højderyggen, som består af gamle grundfjeldsbjergarter, har i lange perioder raget op, hvorved indsynkningsområdet blev delt i to bassiner med hver deres geologiske udvikling.

I 1977 udførte Geoteknisk Institut for Vejdirektoratets broafdeling ialt 60 borer i den aktuelle brolinie. Det er resultaterne af disse borer, der skal skitseres her. En mere udførlig beskrivelse er offentliggjort i Geoteknisk Institut, Bulletin no. 31, 1978.

Linieføringen er vist i kortet, figur 1. Den var fastlagt ud fra undersøgelsesboringer udført i 1966 og 1971. Resultaterne af disse tidligere undersøgelser skal ikke refereres nærmere her, men de har selvfølgelig, tillige med de i midten af 30'erne udførte undersøgelser for den eksisterende Storstrømsbro været en nyttig baggrundsviden ved vurderingen af de nye data.

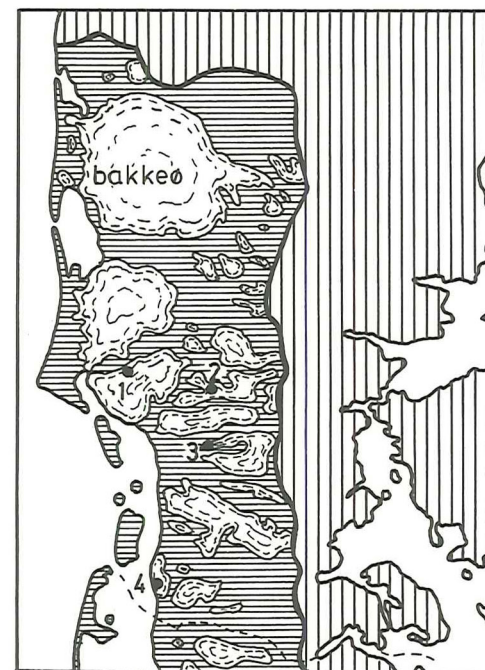


Figur 1.

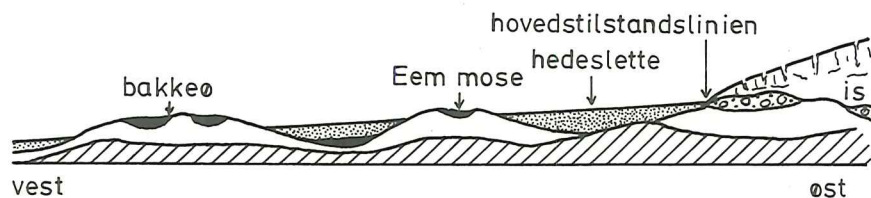
Fossil kulde og varme

af John Frederiksen og Steen Sjørring

Som bekendt har Danmark været overskredet af is flere gange i Kvartærtiden. I den sidste istid, Weichsel, dækkede isen dog aldrig hele landet, og isranden lå længe stationært i Jylland langs den linie, der har fået navnet Hovedopholdslinien - eller Hovedstilstandslinien, figur 1.



Figur 1. Oversigtskort over en del af Jylland. Lodret skravering: Weichsel istidens landskaber. Vandret skravering: Weichsel istidens hedesletter vest for Hovedopholdslinien. Hvidt i hedesletterne: Saale istidens aflejringer, bakkeøer, der ligger højere end hedesletterne. Fed streg: Hovedstilstandslinien. Lokalteter omtalt i teksten: 1: Varde. 2: Holsted. 3: Haslund. 4: Emmerlev.



- Hedesletter (smeltevandsaflejringer) fra Weichsel istid
 Weichsel-isens moræne Moselag fra Eem
 Saale istidens aflejringer Lag ældre end Saale

Figur 2. Skematisk snit, øst-vest, gennem Jylland, da isranden stod ved Hovedstilstandslinien. Uden for Eem interglacialtidens moser udvikledes jordbunde på Saale istidens aflejringer - dels på bakkeøerne, men også i lavere områder, som nu er dækket af hedeslette.

Vest for hovedopholdslinien består landskabet i dag af bakkeøer og hedesletter. Bakkeøerne er rester af tidligere istiders landskaber, der rager op gennem den sidste istids smeltevandsaflejringer, hedesletterne, figur 2.

I de seneste år har forfatterne besøgt et stort antal grusgrave i bakkeøerne for at udrede de tidligere nedisningers forløb. Undervejs har der imidlertid vist sig en række interessante vidnesbyrd om klimasvingninger inden for den yngre Kvartærtid.

Selv om bakkeøerne i Vestjylland ikke blev overskredet af isen i den sidste istid, viser de alligevel tydelige spor efter en markant kuldeperiode. I områderne tæt uden for et isskjold er der meget koldt - især i de tidsrum, hvor isen er under fremrykning. Det kan blive så koldt, at jordoverfladen begynder at trække sig sammen ("krymper"), så der dannes stormaskede netmønstre af kileformede sprækker i overfladen. I sprækkerne dannes is, og hver vinter bliver iskilerne bredere, fordi der vokser lidt mere is til kilerne.

Om sommeren tør de øverste 0,5 - 1 meter af jordoverfladen op, hvorved der opstår en grødagtig masse af vanddrukken jord. Vandet kan ikke sive ned i jorden, idet der dybere nede stadigvæk er stivfrossen jord. På fladt terræn får det ikke nogen landskabsmæssig betydning, men på skrånende terræn vil denne grødagtige jord begynde at flyde fra højere liggende steder til lavningerne, der således får en pålejrning af flydejord. Over interglaciale tørvebassiner er der således konstateret op til 10 meter tykke lag af flydejord.

Spor efter kolde tidsafsnit og vidnesbyrd om varme tider optræder sammen i en grusgrav nordøst for Ribe. Her ses (forsiden) en stor iskilestruktur, der gennemskærer to adskilte jordbundshorisonter. Iskiledannelsen er formodentlig sket i Weichsel istidens kolde afsnit, og den nederste tykke jordbundshorizont kan antages at være dannet i Eem interglacialtid, mens den øvre tynde jordbund kan høre til Brørup interstadialtiden, alderen er dog ikke endelig afklaret.

Ved de fortsatte undersøgelser over bakkeøernes opbygning og forløbet i nedisningerne i den næstsidste istid, håber vi at kunne bidrage yderligere også til vor viden om udviklingen inden for den sidste interglacialtid (moseaflejringer og jordbundsdannelser) samt til forløbet af den sidste istid, som den satte sig spor uden for det område, der var isdækket.

Der arbejdes for tiden videre med disse udredninger, og nye oplysninger synes at være på vej. Således vil spor efter en hidtil ukendt varmetid i Danmark blive omtalt i et senere nummer af Varv.

STORSTRØMMEN

GEOLOGISKE FORHOLD I FARØ-LINIEN

af Gunnar Larsen.

Når Farø-broerne bringes på bane, er der miljø-folk, der rejser børster. Det forstår sig. Selv har jeg en rem af huden - men, det må indrømmes, renhjetet er jeg ikke. Når store undersøgelser står for døren, og når de kan forventes at bringe væsentlig ny viden for dagen, kan geologen føle en kriblen i kroppen. Det hændte for mig, da det forløb, at forundersøgelserne for Farø-broerne i Storstrømmen var forestående. Resultatet blev et medarbejderskab i undersøgelsesprojektet.

På kalkfattige og sandede aflejringer er udvaskningen af næringsstoffer ofte mere fremskredet, mens omdannelsen af humusstofferne er ufuldstændig, og der ophobes svagt omdannede planterester på jordoverfladen, mor. Det nedsvivende vand med opløste humussyrer vil være aggressivt, og fremmer opløsning af nogle af mineralerne, hvorved den tilbageblivende jord er affarvet og kendes under betegnelsen blegsand. Noget dybere i jorden udskilles de opløste stoffer igen, og kan her sammenkitte mineral-kornene (oftest med jern- og aluminiumforbindelser), så der dannes et fast hårdt lag, al-laget. Denne jordbundstype med mor, blegsand og al kaldes podsol.

De varmere tidsatsnit registreres dog tydeligst i form af moseaflejringer, og det, at alle de kendte moseaflejringer på bakkeøerne ligger uforstyrret, er et af vidnesbyrdene om, at bakkeøerne ikke var overskredet af is i den sidste istid. At der virkelig er tale om interglaciale moser, og ikke nutidsmoser, har geologerne kunnet vise ved hjælp af pollenanalyse, idet der er fundet pollen (blomsterstøv) fra planter, som ikke har vokset i Danmark efter den sidste mellemistid.

En af de kendte lokaliteter med tørveaflejringer fra sidste interglaciertid (Eem) kan ses i kystklinten nord for Emmerlev (figur 4) - for tiden en velegnet ekskursionslokalitet. Tørven ligger i lavninger oven på moræneler fra næstsistid (Saale) og er selv dækket af sandaflejringer og flydejord fra bassinernes kanter. Omlejringen af sand og flydejord har fundet sted i Weichsel istiden.

Ved randen af moserne (for tiden kan der ses 3 adskilte moser), hvor tørvelaget forsvinder, ses resterne af en gammel jordbund i morænelerets overflade. Jordbundsdannelsen har fundet sted i de områder, der lå højere end grundvandsspejlet, mens tørven er blevet dannet på de steder, hvor grundvandet har været over terræn og har dannet vandfyldte lavninger eller søer.

Mens tørveaflejringerne fra sidste interglaciertid længe har været kendt på bakkeøernes overflade, har man hidtil troet, at jordbundsdannelserne var gået tabt ved jordflydningsprocesser i Weichsel istiden.

De nye undersøgelser har nu vist, at gamle jordbundshorisonter stadig kan findes. Et godt eksempel herpå ses i en grusgrav tæt øst for Holsted (figur 5). Den fossile jordbund (podsol) har fået eroderet toppen af, så der nu kun er lidt af morlaget, blegsandslaget og al-laget tilbage, og herover er der aflejret cirka 20 cm sortbrun flydejord (figur 6), der er gleddet ned i den centrale del af lavningen fra siderne. Over flydejorden følger der et cirka 5 cm tykt lag af en svagt dyndagtig aflejring, der må være dannet i en efterfølgende varmeperiode. Det vil være nærliggende at henregne jordbundsdannelsen til Eem interglaciertiden og det tynde tørveagtige lag til Brørup-tid, en kortvarig varmeperiode tidligt i Weichsel istiden, inden isen nåede Danmark. Forhåbentlig vil en pollenanalyse af det tynde tørveagtige lag kunne datere dannelses-tidspunktet nærmere.

Ved isdækkets afsmeltning begynder den endelige optøning af den frosne jord også. De isfyldte sprækker bliver derfor udfyldt med jord fra siderne og overfladen i takt med isens afsmeltning. Sammensætningen af det materiale, der udfylder iskilerne vil ofte i kornstørrelse og struktur være lidt anderledes end de nærmeste omgivelser, og det har til følge, at de helt lokale fugtighedsforhold er anderledes i, end uden for kilerne. Derfor kan spor efter de tidligere iskiler ofte ses på vegetationen, der vokser på tidligere iskiler og har gjort det muligt at spore de gamle sprækemønstre på luftfotografier. Det er for eksempel den type mønstre, der i tidsskriftet SKALK (1977, nr. 5) fejlagtigt er blevet udlagt som markskel eller -diger fra Jernalderen.

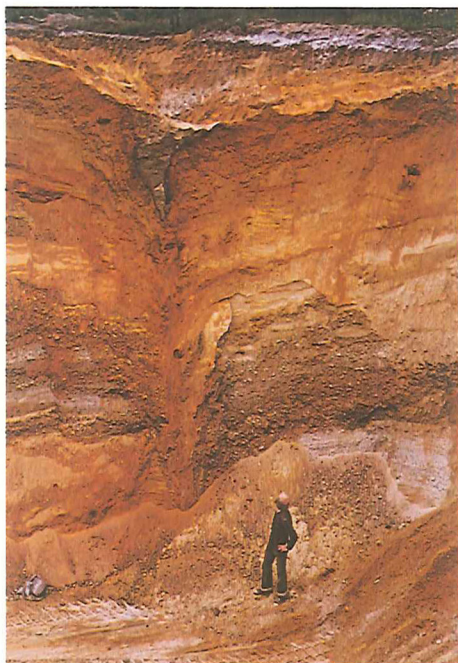
Veksler frost og tøj ofte kan der dannes grydeformede strukturer i jordoverfladen "grydejord", eller fossile stenpolygoner (Varv 1973, 4), hvor der er en tydelig sortering af jordarterne efter kornstørrelse inden for gryderne.

I de kolde israndsnære områder sker der endvidere frostsprængninger af sten, og i tørre tidsafsnit kan der ske omlejring af det finere materiale ved vindens hjælp, der kan føre til dannelse af ganske tykke løss-aflejringer.

I Danmark kendes iskilestrukturer fra det meste af landet, og de er oftest op til 1-2 meter dybe og omkring 0,25 - 0,5 meter brede foroven. Iskilestrukturenes størrelse afhænger blandt andet af varigheden af den kuldeperiode, hvorunder de er blevet dannet. Langtids streng kulde vil således medføre store iskilestrukturer, og følgelig findes de fleste og de største vest for Hovedopholdslinien.

I en grusgrav i bakkeøen lidt syd for Varde ses for tiden en overmåde dyb og gennemgående iskilestruktur (figur 3), der kan følges på overfladen over en strækning af mere end 100 meter. Gravens ejer, Niels Urup, fortæller, at iskilestrukturen har kunnet følges gennem graven i mere end 500 meters længde. Da iskilestrukturen indeholder svagt leret morænesand, generer strukturen den rationelle grusgravning, og derfor fjerner man før gravningen så meget af morænematerialet som muligt.

Mens iskilestrukturene således vidner om streng kulde, findes der omvendt også spor efter varme perioder i bakkeøerne. I en varm periode, som den vi lever i nu, sker der store ændringer af istidernes jordarter nærmest overfladen - en jordbundsudvikling. Jordbunden varierer fra sted til sted, og variationen kan skyldes forskellige istidsjordarter (lerede eller sandede), lokale klimaforhold, vandbalance og plante- og dyrelivets indflydelse. På lerede og kalkholdige aflejringer dannes der således ofte muld, der er en blanding af mineralkorn og stærkt nedbrudte organiske stoffer (humus), der er omdannet ved mikroorganismers hjælp. Jordbunde af denne type kaldes ofte brunjorde.



Figur 3. En mindst 7 meter dyb iskilestruktur i en grusgrav tæt syd for Varde. I toppen af iskilestrukturen ses lidt leret morænesand (grønligt på billedet).



Figur 4. Kystklinten nord for Emmerlev. I midten af billedet ses en mørk Eem interglacial tørveaflejring, der ligger i en lavning i Saale istidens moræneler. Øverst ses det gule sand og flydejord, der er aflejret i Weichsel istiden.



Figur 5. Den interglaciale jordbund i en grusgrav øst for Holsted. På figur 6 ses et nærbillede af jordbunden lige til venstre for personen.



Figur 6. Nærbillede af jordbunden på forsiden. Øverst ses lyst lagdelt sand fra en søaflejring, herunder det cirka 5 cm tykke dyndlag, der kan være aflejret i Brørup interstadialtid. Det 20 cm tykke brune lag i midten af billedet er flydejord, der er afsat i en kuldeperiode. Herunder ses interglacial jordbund fra Eem-tid, øverst med en lille rest af morlaget, herunder blegsand og nederst udfældningshorisonten (al-laget). Den fossile jordbund er udviklet i toppen af stenet morænesand.