

Storebælt *i bund og grund*

Kommer du på søen er du i ukendt land.

Vor viden om Danmarks geologi er efterhånden ret betydelig. Det er i hvert fald et indtryk man let kan få ved at betragte de forskellige geologiske Danmarkskort - både overfladekort og undergrundskort. Sådanne kort afspejler dog samtidig med stor tydelighed vor videns begrænsning. Kortene omhandler nemlig kun geologien i de dele af riget, som ligger indenfor kystlinien; de havdækkede områder står uden signaturer - hvide, som de uudforskede landområder på fortidens geografiske landkort. Dette skyldes dog ingenlunde, at vi intet ved om jordlagene i og under havbunden, - blot det, at sikre observationer er spredte og meget sparsomme. Af denne grund har man fra geologisk side en naturlig interesse i at deltage i sådanne projekter, eksempelvis større ingeniørarbejder, som kan bringe ny viden om havbundens geologi for dagen; hertil skal straks føjes, at et samarbejde som oftest er til gensidig nytte, da opklaringen af de geologiske forhold kan være af stor betydning for pågældende arbejders praktiske resultater.

Et projekt af denne art var den i sommeren 1963 gennemførte forundersøgelse til en Storebæltsbro. Arbejdet, som udførtes af Geoteknisk Institut, omfattede et større antal borer i den planlagte brolinie. Under en del af borearbejdet deltog Danmarks Geologiske Undersøgelse (D.G.U.) med et hold geologer. - Det er nogle sider af disse geologiske undersøgelsers resultater, som skal skildres i det følgende.

Hvad vi vidste forinden.

Som almen regel gælder, at aflejringer fra istiden og tiden derefter - senglacialtid og postglacialtid - udgør de øvre jordlag næsten overalt i Danmark.

Under istidslagene træffes aflejringer af forskellig alder i de forskellige dele af landet. Udbredelsen af disse ældre dan-

nelser er angivet på undergrundskortet; et udsnit af dette kort visende Storebæltsområdet er gengivet i fig.1. De her forekommende formationer er følgende, idet de yngste står øverst - en gylden regel for geologer.

"PLASTISK LER" (rødt til grønt)	EOCÆN	TERTIÆR
GRÅ KERTEMINDEMERGEL (kalkholdigt ler)	PALEOCÆN	
BRYOZOKALK o. a.	DANIEN	KRIDT
SKRIVEKRIDT	SENONIEN	

Kortet viser, at skrivekridtet træffes længst mod syd-øst. Nord og vest herfor overlæjres det af danienskalken, som igen længere mod N og V er dækket af Kertemindemergel; længst mod N i Storebæltsområdet samt i et mindre areal NU for Korsør træffes endelig det "plastiske ler" ovenpå Kertemindemergelen. Som allerede nævnt er disse formationer igen dækket af istidslag og stedvis af endnu yngre dannelser.

Dette er hovedtræk af viden om geologien i egnen omkring Storebælt; og på grundlag af denne viden kunne man forudsige, at der ved boringer i Storebælt var mulighed for at træffe netop alle de nævnte aflejringer. Men spørgsmålet som: Hvorledes fordeler aflejringerne sig geografisk? Hvor dybt ligger de? Hvor tykke er de? o.s.v. kunne først besvares ved boringer i Bøltet.



Boringerne.

Den planlagte brolinie forløber fra Halsskov over Sprogø til Knudshoved. På side 16-17 ses placeringen af de mere end 25 boringer, som er ført ned langs denne linie. Disse boringer falder naturligt i tre grupper: Boringer på landjorden, boringer på lavt vand og boringer på dybt vand. De førstnævnte udførtes på traditionel vis. På lavt vand i kystområderne betjente man sig af en sænkekasse som boreplatform.

Til dybvandsboringerne, d.v.s. til boring på mere end ca. 10 m vand, var konstrueret et specielt fartøj - "Geo" - en særpræget konstruktion, der sidste sommer flere gange omtaltes i dagspressen. Fartøjet bestod af en godt 20 x 20 m stor platform hvilende på fire "flydeben"; fordelingen ved denne konstruktion var bl.a., at søgang kun i ringe grad påvirkede flådens bevægelse. Centralt på flåden var boretårnet placeret. Herfra blev borearbejdet udført, idet boret førtes ned gennem et solidt "strømrør", som forbandt boreplatformen med havbunden. - Den største vanddybde, man arbejdede på, var ca. 60 m. Den største boreddybde under havbunden godt 100 m. Der blev anvendt forskellige metoder til optagning af jordprøver. Hyppigst blev kerneboring anvendt; ved kerneboring udbores af jordlagene en cylindrisk søjle som tages op i længder á 1-1 1/2 m.

Det var disse dybvandsboringer fra "Geo", D.G.U.'s geologhold var med til at bearbejde. Geologarbejdet på flåden omfattede først og fremmest undersøgelse og beskrivelse af jordprøverne så snart disse var bragt op på "dækket". Desuden blev der af kernematerialet m.v. udtaget mindre prøver, som indsendtes til D.G.U. Her udførtes laboratorieundersøgelser, som bl.a. havde til formål at søge materialet dateret nøjere. - Resten af prøvematerialet (d.v.s. hovedparten) overførtes til Geoteknisk Instituts laboratorium, hvor tekniske undersøgelser til bedømmelse af bl.a. bæreevnen af undergrunden blev udført.

Hvad boringerne fortalte.

De mange boringer bragte foruden nyhederne fra "søens ukendte land" også en del overraskelser. Lad os i det følgende se lidt på resultaterne.

På side 16-17 er boreprofilerne sammenstillet i et lodret snit ned gennem Storebælts bund langs bro-

linien. Denne figur er dels fremstillet således, at højden er stærkt overdreven i forhold til længden; formålet hermed er at tegne et klarere billede af lagenes beskaffenhed i de enkelte borer, dels er målestok for længde og højde den samme, så man får et "sandt" profil. - Vi vil foreløbig se lidt nærmere på disse profiler. For de borer, D.G.U. har arbejdet med, er vist en række enkeltheder vedrørende lagenes karakter; til supplerung er indtegnet andre borer (udført på landjorden og i kystzonerne), hvor kun hovedtræk af laginddelingen er markeret.

Aflejringer fra fire forskellige tidsafsnit gennemføres: Senonien, Danien, Paleocæn og Kvartær. Vi vil herefter se lidt nærmere på bjergarterne.

Senonien: Aflejringer fra dette tidsafsnit er truffet nederst i de dybeste borer. Materialet består af hvidt skivekridt med næsten sort flint; flinten forekommer bl.a. som knold-lag på samme måde, som vi kender det fra Stevns Klint. Det ses, at skivekridtets overflade på Fyn-siden af Storebælt (boring 21) findes ca. 87 m under havoverfladen, på Sjælland-siden ligger det noget dybere, ca. 104 m i boring 18.

Danien: Lagene over skivekridtet er fra den yngste del af kridttiden - Danien. De består af forskellige typer af kalkbjergarter, i hovedsagen tre, nemlig bryozokalk, slamkalk og kalksandkalk. Bryozokalken er væsentligst opbygget af mosdyrkolonier (bryozoaer); fra f.eks. Stevns Klint ved vi, at bryozokalken består af banker eller små rev, og der er al grund til at tro, at lignende bankestruktur er til stede i Storebæltsområdets bryozokalk. Slamkalken er en hvid, finkornet kalk, som minder en del om skivekridtet. Kalksandkalken er derimod mere grålig og lidt mere grovkornet. I kalken findes flintlag. Flintens farve er overvejende mørkegrå.

Kalken indeholder foruden de allerede nævnte mosdyr også andre forstenede dyr, bl.a. visse, mikroskopiske slimdyr (foraminiferer). Disse dyr har vist sig at være særdeles nyttige for geologerne som "dateringsmateriale", da man ved hjælp af dem kan inddele danienet i 4 zoner: I, II, III, IV.

I boring 18, hvor danienet grænser mod både senonienet og

paleocænet kendes, er alle 4 zoner til stede. Det samme er tilfældet i boring 21. Her er grænsen mod paleocænet dog ikke bevaret, idet vi træffer istidslag direkte på kalken. Det kan derfor antages, at den allerøverste del af zone IV på dette sted er fjernet af istidens gletschere. De andre borer går kun et stykke ned i danienserien, og i disse træffer vi derfor kun en-

kelte af zonerne - I boring 21's naboboring, nr 12 viser det sig, at hele den øverste zone IV mangler, og formentlig mangler også noget af zone III. Da istidslag træffes direkte på kalkoverfladen her, må vi gå ud fra, at den manglende kalk er bortgravet af gletscherne. Ved at sammenligne med boring 21 når vi til den opfattelse, at det bortgravede kalklag har været 15 måske 20 m tykt. Det vil altså sige, at kalkoverfladen på dette sted oprindelig har ligget i et niveau ca. 10 m under nuværende havoverflade. I den lidt østligere beliggende boring 9 ligger kalkoverfladen derimod ca. 50 m under havniveau; kalken her tilhører den øverste zone (IV) og overlejres af paleocænet. Af det her nævnte vil forstås, at vi må antage, at der mellem de to lokaliteter (boring 9 og 12) har været en højdeforskel i kalkoverfladens beliggenhed på omkring 40 m. - I boring 15, beliggende i Østerrendens dybeste del, har vi endnu et eksempel på, at danienet direkte overlejres af istidslag. En sammenligning med den tæt ved liggende boring 14 fører os til den opfattelse, at der i istiden er sket en bortgravning af den øverste del af kalken ved nr. 15, samt at kalkoverfladen før istidserosionen har ligget i næsten samme højde i de to boringer.

Endelig skal opmærksomheden henledes på et specielt tilfælde, nemlig boring 19. Det specielle er, at vi her har danienets ældste zone (I) lige under paleocænet; andre steder hviler paleocænet på danienkalk tilhørende yngste zone (IV).

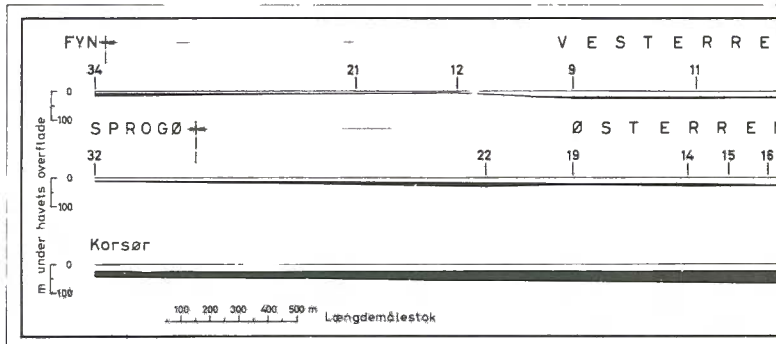
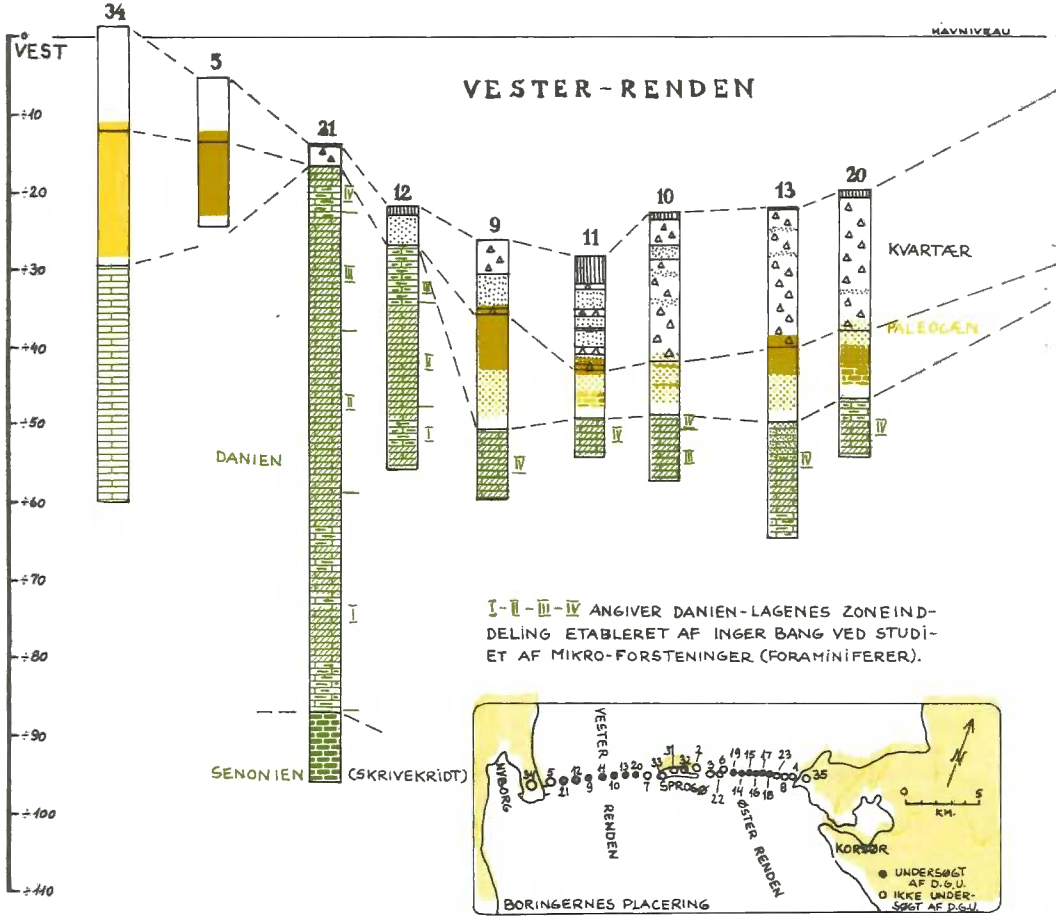
Boringerne oplyser også om tykkelsen af danienet. I boring 18 er tykkelsen ca. 35 m, i nr. 21 er den omtrent det dobbelte. Begge steder træffes alle de 4 ovenfor omtalte zoner og ydermere samme slags kalkbjergarter, nemlig især bryozokalk og slamkalk; men der er iøjnefaldende forskelle med hensyn til disse bjergarters mængdeforhold. Bryozokalk udgør således kun halvdelen af lagtykkelsen i nr. 18, medens denne kalktype andrager ca. 90 % af danienserien i boring 21. Der spores således en sammenhæng mellem lagtykkelse og kalktype. Baggrunden herfor må søges i datidens naturforhold.

Vi må forestille os, at der på danien-havets bund nogle steder hvor strømforhold m.v. har været særlig gunstige blev dannet forholdsvis store banker (eller om man vil små rev) bestående af bryozokolonier, medens der samtidig på andre steder af havbunden aflejredes forholdsvis tynde lag af finkornet slamkalk. Dette gælder ikke blot i Storebæltområdet, men også i de øvrige dele af Danmark.

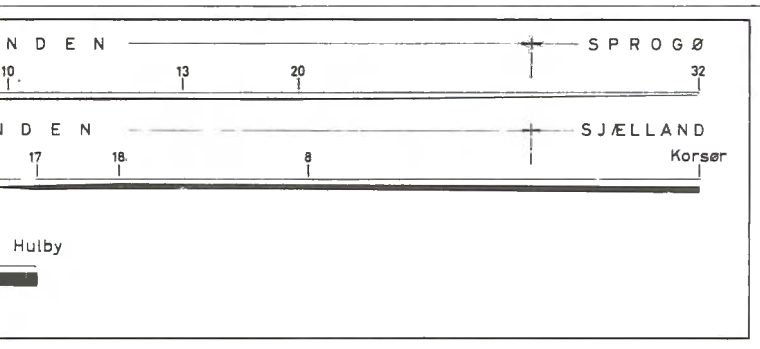
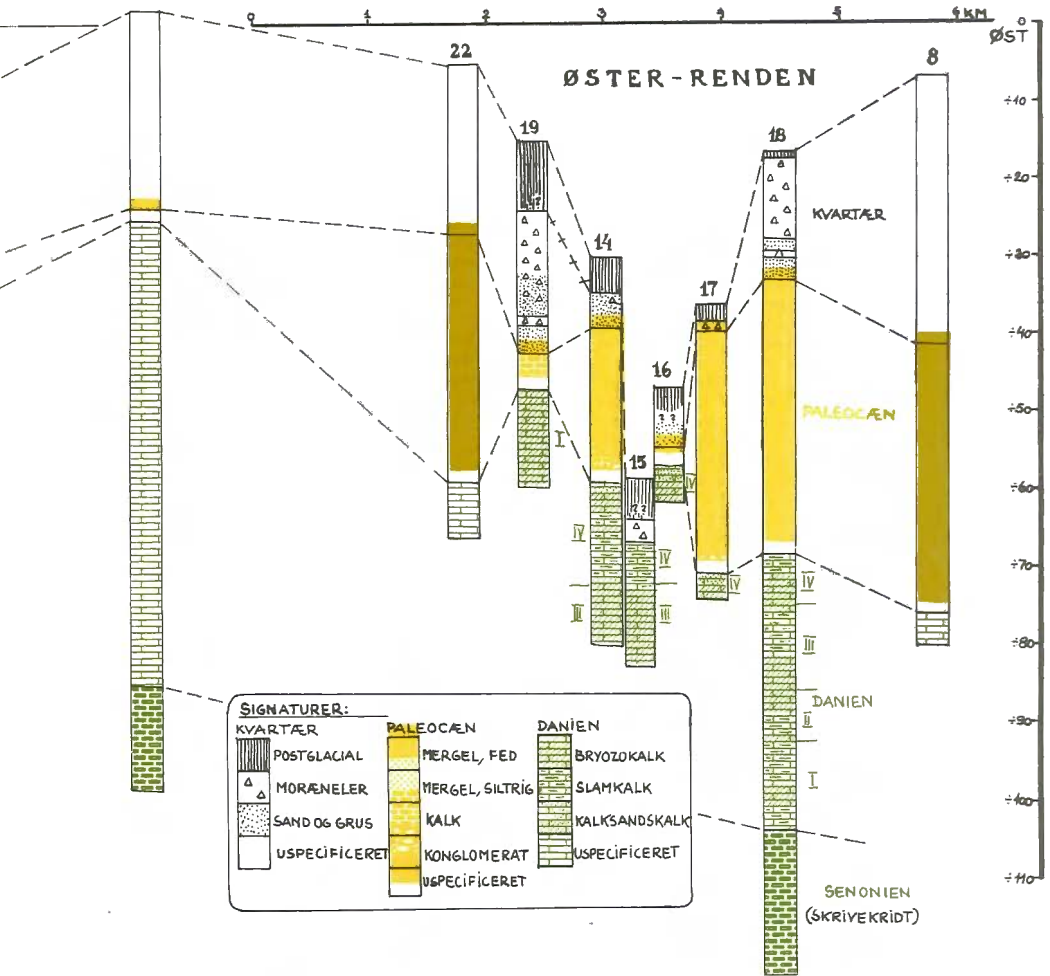
Ovennævnte "enkeltheder" er omtalt, bl.a. fordi de har betydning for vurderingen af visse "større" geologiske begivenheder, men det skal vi vende tilbage til lidt senere i artiklen.

Paleocæn: I de fleste boringer træffer vi det ældste tertiær - paleocænet - som dæklag over danienet. Paleocænet består især af mergel, hvorved forstås kalkrigt ler eller silt (silt = meget finkornet sand). Kalkindholdet varierer en del, i størstedelen af lagserien mellem 50 og 75 %. Det er overvejende grålige farver, vi møder i paleocænet; de kalkrigeste lag er som regel de lyseste. Med hensyn til konsistens udvi-

BORINGERNE



I STOREBÆLT



ser materialet store variationer, nemlig fra blødt og plastisk til meget hårdt og "klingende". Hærdningen skyldes i hvert fald til dels forkislingsprocesser; egentlige flintforekomster er fundet nogle steder.

Den fede, lerede mergel ser ud til at være ganske lig den fra f.eks. Fyn og Vestsjælland kendte Kertemindemergel. Den siltrige mergel minder derimod mere om det såkaldte Lellinge grønsand, som bl.a. findes ved Lellinge å ved Køge. Silt-mergelen gør sig stærkt gældende i borerne vest for Sprogø, medens paleocænet øst herfor næsten udelukkende er udviklet som Kertemindemergel. Meget grovkornede materialer med rullesten (konglomerater) optræder ved paleocænets grænse mod danienet i nogle, men dog langt fra alle borer.

Paleocænet er ligesom de underliggende kalklag aflejret i havet. Forekomsten af forstenede dyr vidner klart herom.

Den største lagtykkelse, vi finder i borerne, er ca. 35 m. Vi må imidlertid anse det for givet, at der oprindeligt har været aflejret en betydelig tykkere lagserie. Det vi finder i Storebælt i dag er utvivlsomt blot en "rest", som gletscherne ikke nåede at fjerne, da de i istiden afhøvede områdets undergrundsformationer.

Kvartær: De øverste jordlag i samtlige borer er henført til kvartæret.

Istidsdannelserne falder i to hovedgrupper, nemlig moræner og smeltevandsaflejringer. Morænerne består af stenet og sandet ler, som er aflejret direkte fra gletscherne ved afsmeltningen. Smeltevandsaflejringer er især til stede som sand og grus; som navnet fortæller, regner man med, at materialet er aflejret af smeltevandsstrømme i istiden.

Moræneleret er kalkholdigt. Man har fundet, at de nedre morænebanke som regel er mere kalkholdige end morænelagene højere oppe i lagserien. Dette kan forklares ved at isen, som aflejrede de nedre moræner, har afhøvet og optaget lokalt, kalkrigt materiale fra Storebæltområdet, medens den is, som senere dannede de øvre moræner næppe har haft direkte berøring med områdets undergrundsformationer.

Top-laget i alle boreprofilerne er henført til postglacialtiden. Materialet består især af sand, i en del tilfælde med indhold af dynd. Fund af muslinge- og snegleskaller i adskillige boreprofiler fortæller, at vi her har med havdannelser at gøre. Her er der tale om Storebælt-aflejringer i egentlig forstand.



Nyt om et gammelt spørgsmål.

Grænsen mellem danien og paleocæn d.v.s. grænsen mellem kridt og tertiær, er fra gammel tid et meget omdiskuteret spørgsmål. - Hvad der skete på overgangen mellem de to jordperioder bringer Storebæltsboringerne supplerende oplysninger om. På profilerne side 16-17 ses, at grænsen er præget af betydelige højdeforskelle. De mest markante træk er, at grænsen ligger højt på Sprogø samt i Vesterrendens vestlige del, medens den er forholdsvis dybtliggende i den øvrige del af Vesterrenden samt i Østerrenden. Yderligere bemærkes, at hvor grænsen er dybtliggende i Vesterrenden, er den næsten horisontal, medens den øst for Sprogø falder uregelmæssigt, nærmest trinvis i retning mod Sjælland.

Der kan tænkes flere forskellige forklaringer på disse højdeforskelle. - Eksempelvis kunne man forestille sig, at danien oprindeligt var aflejret således, at kalkoverfladen havde et ret jævnt forløb, men at erosion havde fundet sted før paleocæntiden, og derved udgravet det nuværende relief i kalkoverfladen. At erosion kan have været en medvirkende årsag er vel rimeligt at antage, men at den skulle være årsagen til reliefudformningen som helhed må dog afvises. Såfremt relieffet var opstået ved erosion måtte den kalk, som findes i overfladen i de dybtliggende områder, være ældre end kalken i overfladen af de tilstødende højtliggende områder. Dette er ikke tilfældet, jvf. f.eks. den tidligere omtale af borerne 12 og 9, hvor vi netop finder det yngste danien i området med dybtliggende kalkoverflade. Det ser altså ud til, at vi må søge en anden forklaring. Det er allerede tidligere påpeget, at der i danientiden blev aflejret lag af forskellig tykkelse de forskellige steder. Dette kunne lede til den formodning, at selve aflejningsforholdene i danientiden var årsagen

til de konstaterede højdeforskelle. At vi her står overfor en faktor, som har været medbestemmende for reliefudviklingen er der næppe grund til at tvivle om; dog er det således, at nogle træk synes at kunne forklares mere naturligt på anden vis. Der tænkes her først og fremmest på det meget markante relief (ca. 40 m over en afstand på ca. $\frac{3}{4}$ km) mellem borerne 12 og 9. Et andet træk er den højtliggende forekomst af det ældste danien lige ved foden af paleocænet i boring 19 endnu et eksempel skal nævnes, nemlig borerne 16 og 17, hvor vi finder nøjagtig samme lagserie, men beliggende i forskelligt niveau (højdeforskel ca. 15 m over en afstand af knapt $\frac{1}{2}$ km). Disse forhold synes bedst at kunne forklares som resultat af jordskorpebevægelser, hvorved visse områder er blevet nedsænket i forhold til omgivelserne. Hertil skal føjes, at enkelte iagttagelser af "glideflader" (d.v.s. flader langs hvilke den overliggende kalk har bevæget sig i forhold til den underliggende) stemmer udmærket med denne opfattelse. Ud fra vort iagttagelsesmateriale må vi antage, at

der ved jordskorpebevægelserne er sket følgende: i den vestlige del er en ca. 3 km bred zone nedsænket henved 40 m i forhold til omgivelserne. I øst er dannet en serie trappeforskydninger med østskrånende nedglidningsflader. Dette synes at være hovedresultaterne. Spørgsmålet er nu: hvornår skete det - var det før eller efter paleocænets aflejring? Svaret synes at kunne findes ved betragtning af de paleocæne aflejrings beskaffenhed, - Vi vil her først hæfte os ved, at den siltrige mergel er nøje knyttet til det vestlige nedsænkingsområde, medens denne mergeltype praktisk taget ikke findes øst for Sprogø-højdeområdet, hvor til gengæld den fede

Kertemindemergel dominerer. Dette tyder på, at Sprogø-højdeområdet har eksisteret allerede ved paleocæntidens begyndelse. Et andet træk af betydning i denne sammenhæng er forekomstmåden af det paleocæne bundkonglomerat i Østerrenden. Det ser ud til, at disse konglomerater især findes ved foden af de øst-hældende skrånninger ("nedglidningsflader"). Den mest nærliggende fortolkning heraf synes at være, at disse skrånninger har eksisteret da konglomeraterne dannedes, d.v.s. ved paleocæntidens begyndelse. Ud fra det her nævnte må konklusionen blive, at jordskorpebevægelserne formentlig kan dateres til overgangen mellem danien- og paleocæntiden.

Den opfattelse af begivenhedsforløbet, som har været berørt i det foregående, kan skitse-mæssigt sammenfattes således: I løbet af danien-tiden blev der p.gr.a. forskelligheder i aflejringsbetingelserne i det daværende havområde dannet en kalkserie, hvis tykkelse vekslede fra sted til sted; dette gav sig bl.a. det udslag, at kalkoverfladen ved danientidens slutning ikke lå i samme højde overalt; den lå så vidt vi kan skønne betydelig dybere i øst end i vest. Herefter opstod der spændinger i lagene, som udløstes ved jordskorpebevægelser. Jordlagene blev forskudt, således at kalkoverfladen kom i en position stort set svarende til den, vi finder i dag. Vi må dog antage, at der stedvis er sket en videre udmodellering af overfladen ved erosion i forbindelse med paleocænhavets indtrængning over området. Endelig er også erosionen i kvartærtiden nogle steder gået så dybt, at kalkoverfladen er påvirket.

Den dybe rendes oprindelse.

Om oprindelsen af den dybe rende eller fure, som forløber ca. nord-syd gennem Østerrende, har der i tidens løb været forskellige formodninger fremme. Den har været betragtet 1) som en dal opstået ved indsynkning af jordskorpen, 2) som en erosionsrende dannet af en smeltevandsstrøm i istiden, og endelig

3) som en erosions-rende opstået efter istiden og da muligvis repræsenterende det flodsystem, som i fastlandstiden afvandede Østersøområdet. De nye undersøgelser kan bidrage lidt til at belyse oprindelsen.

Det har tidligere været nævnt, at jordskorpebevægelser har fundet sted i Storebæltområdet, og det ville da være naturligt at tænke sig, at det derved fremkomne relief kunne gøre sig gældende ved udformningen af den dybe rende. Her må man imidlertid huske, at disse bevægelser fandt sted på grænsen mellem kridt og tertiær for ca. 70 millioner år siden. Siden da er meget sket.

Som omtalt må kalkoverfladens ret dybe beliggenhed i boring 15 (midt i den dybe rende) tydeligvis skyldes, at toppen af kalken er eroderet bort. En sammenligning med naboboringerne (14 og 16) godtgør yderligere, at kalkoverfladen før erosionen indtrådte må have ligget i praktisk taget samme højde i de tre boringer.

Ifølge disse forhold må vi foreløbig afvise en forklaring baseret på jordskorpebevægelser

og gå ind i den opfattelse, at furen er udformet ved erosion. Spørgsmålet om tidspunktet for erosionen, synes at kunne opklares ved betragtning af lagene over kalken i boring 15. Det ses, at vi finder moræne og derover postglaciale dannelser. Havde moræne ikke været til stede kunne vi ikke afgøre om dal-dannelsen var foregået i istiden eller senere; men netop fordi der findes moræne i bunden, må vi antage, at renden er udgravet i istiden. Når vi kun "antager", det forholder sig således og ikke regner det for fuldt ud sikkert er årsagen den, at vi ikke helt kan se bort fra, at der kan være tale om "skredjord" (d.v.s. materiale gledet ned fra rendens sider) i stedet for isaflejret moræne. Men indtil der er ført sandsynlighedsbevis for at materialet er skredjord findes det rimeligst at antage, at vi har med moræne at gøre.

Den foreløbige konklusion bliver altså, at den dybe rende antagelig er anlagt i istiden; men hertil skal straks føjes, at den sandsynligvis har ændret form siden da. Dette kan bl.a. være sket i fastlandstiden, da dalstrøget må have været det naturlige leje for flodløb. Også i nutiden sker der formentlig ændringer ved erosion og aflejring p.gr.a. havstrømmens indvirkning.



Dette var lidt om de foreløbige geologiske resultater af Storebæltundersøgelsen. Som det sikkert vil være fremgået har undersøgelsen øget vor viden om Danmarks geologi, dels ved at afsløre hidtil helt ukendte træk og dels ved at bibringe os ny viden om allerede kendte forhold.

Formålet med borearbejdet har som nævnt været at få indsamlet materiale og oplysninger om Storebælts bundforhold til brug ved planlægningen af den kommende broforbindelse. En og anden vil sikkert mene, at vi i den her foreliggende skildring har tabt dette formål af syne. Dette er for så vidt rigtigt, men det skyldes ikke en forglemmelse undervejs. Årsagen er simpelthen den, at vurderingen af de tekniske muligheder for en brobygning ikke kan støtte sig på de geologiske resultater alene, men tillige kræver indgående analyser af bundlagenes tekniske egenskaber. Det tilkommer derfor ikke geologerne men helt andre instanser at redegøre for undersøgelsens praktiske perspektiver.

Set fra et teknisk synspunkt har borerne i Storebælt kun status af en forundersøgelse til broen. Betragter man imidlertid sagen fra et geologisk standpunkt bliver opfattelsen den, at borerne har knyttet en forbindelse mellem de geologiske forhold på de to sider af Storebælt, eller udtrykt på en anden måde at forundersøgelserne i sig selv betegner en broslagning over Bæltet.

Julius Larsen

MØNS GEOLOGI

I serien Faglig Læsning (Gyldendal) er nr. 64 udkommet -

H. Wienberg Rasmussen: Møn. Landskab og undergrund.

Den lille bog beskriver på letforståelig måde og med mange kort og billeder, hvordan Møns landskaber blev til, først og fremmest dannelsen af den enestående Møns Klint. Istidsjordlagene og kridtet med dets mineraler beskrives kort og klart. De talrige specielt fremstillede og meget tydelige tegninger af kridtets forsteninger vil have stor værdi for de besøgende ved klinten og kan også bruges ved bestemmelse af forsteninger fra andre skrivekridtforekomster.

Pris kr. 3,-