

FISKEFOSSILER, DIATOMITER OG VULKANSKE ASKELAG

NIELS BONDE

BONDE, N.: Fiskefossiler, diatomiter og vulkanske askelag. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1972*, side 136–143. København, 6. januar 1973.

A model comprising palaeogeography, oceanography, climate and marine life is presented for the Lower Eocene environment in the northern part of the North Sea. Winddriven coastal currents produced upwelling supporting a rich planktonic life. Below the upwelling system poorly oxygenated water reached the sea bottom which was nearly devoid of life. Fine lamination, supposedly formed by 1–2 mm varves, is preserved in the sediment, implying a sedimentation period of less than 60.000 years for the formation. The »Mo-clay Area« represents the southern end of a long coast-parallel zone with similar diatomites. The model can be tested by future submarine drilling.

Niels Bonde, Institut for Historisk Geologi og Palæontologi, Øster-voldgade 10, 1350 København K.

Molér er en marin, kalkfri, fint lamineret diatomit, der ofte består af alternerende lyse og mørke millimetertynde lag. Kalk er kun afsat i få horisonter som konkretioner eller sammenhængende lag (cementsten). Typisk molér kendes kun i et mindre område i den vestlige Limfjord og er placeret midt i det »danske bassin«. Den 50–60 m mægtige formation synes at hvile på gråt, kalkfrit, fossilfrit ler, og øverst overgår moléret gradvist i først gråt, så rødt »plastisk ler« (Røsnæs Ler). Hele formationen er disloceret og foldet af Kvartære gletschere (Gry 1940).

Dele af molérets serie af ca. 200 askelag kan genfindes syd for molér-området i mere fedt, leret sediment med meget færre diatoméer, f. eks. i Nordtysklands Untereozän 1 (og 2?) og sandsynligvis lige over basis af London Clay omkring Harwich.

Asken blev vindtransporteret fra N, sandsynligvis fra Skagerrak området (Bøggild 1918, Andersen 1937a,b, 1938, Norin 1940). En mulig vulkanrest, måske af tidlig Tertiær alder findes 30–40 km syd for Kristiansand (Sharma 1970, Noe-Nygaard 1967).

Askeserien omfatter 3 »omvendt magnetiserede« partier (Sharma 1969); dette skulle indicere en aflejringstid for hele moléret på mindst 3 millioner år).

Fossiler er ofte velbevarede, uberørt af ådselædere. Dominerende er pelagiske, oceaniske, planktoniske former: diatoméer (se Møller 1892, Stolley 1899, Miller 1969, Benda 1965), vingesnegle (Stolley 1899, Curry 1965b), de fleste fisk (en lille salmoniform stime-fisk (Bonde 1966: »clupavid«), er langt det almindeligste makrofossil). I øvrigt er der mange vindtransporterede insekter (Henriksen 1922) fra forskellige miljøer som enge, ferskvand og måske skov (iflg. upubliceret rapport af dr. Gisle Larsson, der har gennemgået det store materiale samlet efter krigen).

Bundlevende dyr er ret sjældne, kun én snegl »*Cassidaria*« (se Stolley 1899: 118; iflg. dr. C. & A. King & J. Cooper (pers. komm.) identisk med en ubeskrevet art fra basis af London Clay meget lig »*Fusinus*« *wetherelli*) og en slangestjerne (*Ophiura furiae* Rasmussen 1972) er ret almindelige, mens 2 søstjerner (loc. cit.), en boresnegl, en større garid og 3 små muslinger, »*Pectinaria*«-lignende rør og gravegange af ? krebsdyr er meget sjældnere. Næsten alle benthoniske former findes i molér med utydelig laminering (sml. Rhoads & Morse 1971: 416–9). Havfaunaen opsummeret af Bonde (1966).

Korrelation

Molér er samtidigt med Untereozän 1 og måske nedre del af Untereozän 2. Et askelag fundet i basal London Clay er nok også afsat samtidigt med nogle af molérets askelag (Elliott 1971). Det meste af London Clay ækvivalerer tysk Untereozän 2 og 3, og Røsnæs Ler er også jævnaldrende med en del af dette.

Palæogeografi

»Nordsøen« antages oftest for at være en stor bugt kun med åbning i nordvest til Atlanten (Davis & Elliott 1957, fig. 2). Den engelske kanal var lukket (første London Clay transgression, loc. cit.). Sydkysten er ret velkendt (Bettenstaedt 1949), og strækker sig et stykke ind i Nordvestpolen (Wozny 1968). Forbindelse til Rusland (som på kortet over Paleocæn i Wills 1952) kan næppe fuldstændigt afvises (en fiskefauna, der minder meget stærkt om molérets, er beskrevet fra Turkmenistans Paleocæn).

En »molér-flora« af diatoméer og kiselalger findes i Kristianstad området (Cleve-Euler & Hessland 1948; Miller 1966), så en del af Skåne var sikkert havdækket. Kysten var måske rykket ret nær ved Røsnæs under afsætning af sedimenterne lige over askelag +102 svarende til Untereozän 2 regressionen (Petersen 1970). Eocænet ved bredden mod nord og nordøst er fjernet af Kvartær is, men kystlinien har vel nogenlunde fulgt den fenno-

skandiske randzone og i Skagen-området drejet vestpå noget syd for Norge. Den formodede vulkan lå vel nær kysten, evt. på en ø lige uden for denne.

Palæoklimatologi og palæoceanografi

Nordlige vinde dominerede i det danske bassin m. v.; det indiceres af spredningen af askelagene og evt. insekterne (Illies 1949:37). Langs med vest- og sydvestkysten af det norske landområde drev disse vinde en sydgående overfladestrøm (som de nutidige »eastern boundary currents«). Coriolis kraften tvang dog meget af overfladevandet til højre, bort fra kysten, hvorfor der nær ved kysten kompenseredes med langsomt opstigende vand (såkaldt »upwelling«).

I dag foregår kystnær upwelling (med en fart af ca. 1 m/dag) i de øverste godt 200 m vand og bringer næringsrigt vand fra kort under lyszonen op i denne zone, der dermed kan ernære et ekstremt rigt planktonliv (glimrende fremstillet af Cushing 1971). Mens zoner med upwelling kan nå ud til 100 km fra kysterne, er de rige biologiske zoner, som skabes, 2–3 gange så brede.

Under en overfladisk kyststrøm med upwelling går en modgående understrøm (nordpå da moléret afsattes). I Brongersma-Sanders' bassin-modeller (1971) forklares, hvordan en »æstuarin« cirkulation som f. eks. Sortehavets med udgående overfladevand »fanger« næringsstoffer i et bassins indre dele, mens en »anti-æstuarin« cirkulation som i Middelhavet gør bassinet fattigt på næring, idet denne fjernes med den udgående understrøm.

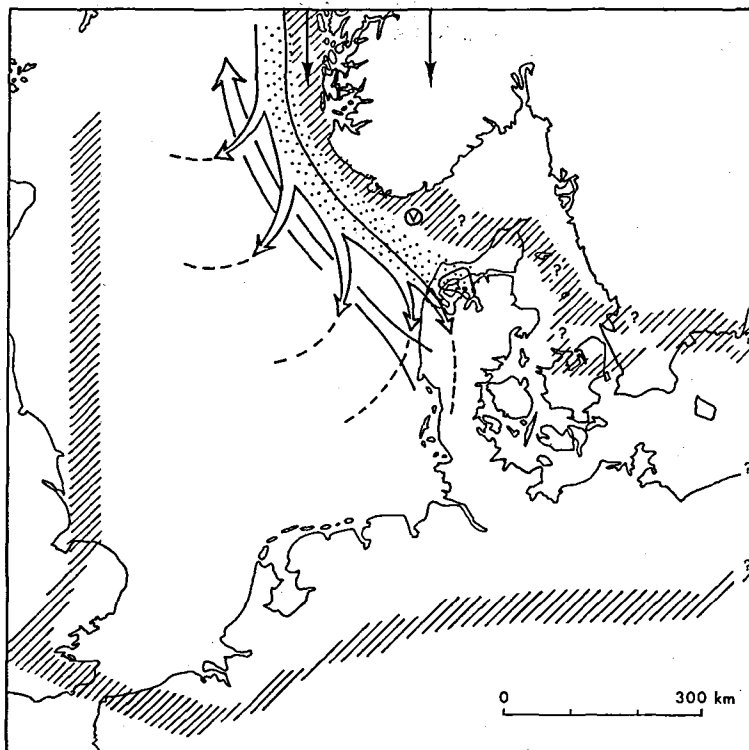
Det sidste kunne gælde for »Nordsøen«, mens moléret aflejredes, idet de indre dele af bassinet (Untereozän 1 og basal London Clay) havde en meget fattig fauna (Illies 1949:33, Curry 1965a: 162). Se figuren.

Brongersma-Sanders (1971) beskriver også, hvordan den rige overfladeproduktion i et upwellingsområde med stort iltforbrug, i forbindelse med langsom cirkulation nede på nogle få hundrede meter vand, er kombineret med iltfattige vandmasser på disse dybder. Hvor sådant iltfattigt vand når bunden findes intet eller kun ganske lidt benthonisk liv.

Langsom forrådnelse på bunden gør sedimentet endnu mere fattigt på ilt, så der dannes et mørk slam, hvori kun anaerobe bakterier kan leve, f. eks. svovlbakterier som producerer H_2S .

Bundvandet, som kan være næsten stagnerende, bliver lidt surt, så at mikroskopiske kalkskaller, af f. eks. foraminiferer, bliver opløst, men kort under bundens overflade kan skabes et kemisk miljø, hvori kalksæber, opstået i langsomt henfaldende organisk materiale, kan fungere som kim for dannelse af kalkkonkretioner (Berner 1971).

Lignende forhold synes moléret at indicere med dets uforstyrrede sedi-



»Nordsøen« i tidligste Eocæn. Skraveret: formodede kystegne. Molér-området og vulkanen (v) er afsat. Sorte pile angiver nordlige vinde, som driver en sydgående overfladestrøm, der afbøjes og skaber upwelling (prikket); den modgående understrøm er vist. Tegnet af H. Egelund.

The »North Sea« in early Eocene. Hatching: assumed coastal area. The Mo-clay Area and the supposed volcano (v) are shown. Black arrows: direction of the dominating winds, which would force a surface current southwards, producing upwelling (dotted area); the subsurface countercurrent is shown.

ment, få bundlevende dyr og mængder af organismer fra nær vandoverfladen, velbevaret som fossiler (dog ingen foraminiferer).

Moléret har faktisk bevaret sin mørke farve i de uforvitrede nedre dele i kernen i antiklinaler i visse af molérgravene, og cementsten har i det uforvitrede indre bevaret farven, evt. lysnet lidt af den udskilte kalkmatrix.

Mens moléret aflejredes var klimaet sandsynligvis subtropisk. Det indiceres af nogle af fiskene, havskildpadderne (Nielsen 1959), insekterne og måske af nogle af de landplanter, som findes i stor mængde i visse lag. Dette stemmer udmærket overens med forholdene i Sydengland (Daley 1971) og Nordtyskland. De nordlige havstrømme må have befordret de temperede ele-

menter i havfaunaen i disse områder (Davis & Elliott 1957), og har samtidigt gjort havvandet relativt køligt i overfladen (sml. Bettenstaedt 1949).

Vindene blev sammenlignet med NØ-passater af Illies (1949), hvilket måske ikke er helt urealistisk, da det tidligt Eocæne molér-hav lå på ca. 35° nordlig bredde (iflg. ækvatorposition angivet af Berggren & Phillips 1971), og klimabælterne var bredere.

Brongersma-Sanders (1971) viser, at et regnfattigt klima forekommer i mange kystområder med upwelling, hvilket også skyldes de kystparallelle vinde, samt temperaturforskelle på luft og vand.

Det kan være en del af forklaringen på, at det meste af bassinet modtager meget fint, leret terrigent materiale; en anden grund er måske det nordlige landområdes lave relief i ældre Palæogen (Holtedahl 1968), og endelig spiller naturligvis afstanden til kysten ind.

Den fine laminering i moléret minder stærkt om lamineringen i borekerner taget på bunden af iltfattige bassiner ud for Californien (Hülsemann & Emery 1961, Emery & Hülsemann 1962). Hér – såvel som i moléret – er lamineringen forstyrret af korte intervaller med mere homogent sediment, der er rodet sammen af en sparsom benthonisk fauna, som kun temporært var til stede. Ringe svingninger i iltindholdet er baggrunden for sådanne forskelle (se også Rhoads & Morse 1971).

Lyse og mørke laminae danner par, som hver antages at være ét års aflejring, altså et varv. Dette kan »bevise« ved absolutte aldersbestemmelser m. m. på borekerner fra lignende bassiner i Gulf of California (Calvert 1964, 1966a), hvor de lyse lag består næsten udelukkende af diatoméer og er sommerlag, mens de mørke indeholder mere ler og er vinterlag i et klima med vinterregn (se også Soutar & Isaacs 1969).

Moléret synes at bestå af lignende 1–2 mm tykke varv og mellemliggende homogene zoner, hvilket indikerer, at hele formationen blev aflejret på højst 60.000 år – ikke 3 millioner år eller mere, som angivet af Sharma 1969.

Hvis lamineringen er varvig, har man en usædvanlig mulighed for at sammenligne absolutte sedimentationshastigheder i forskellige aflejringer (diatomit, fedt ler), der indeholder de synchrone horisonter, askelagene; noget Andersen i 1937 (b) ikke turde tro på muligheden af.

Overgangen fra molér til Røsnæs Ler (ses på Knuden, Fur) antyder forandrede oceanografiske forhold, der kunne skyldes »Den engelske Kanals« åbning, der starter allerede mens London Clay aflejres (iflg. Davis & Elliott 1957; dog lidt senere iflg. Curry 1965a). Havstrømmene kan da være blevet tilstrækkeligt forandrede, til at upwelling-zonen er forsvundet fra sit sydligste område.

Mange forskere mener, at vulkansk aske er af afgørende betydning som SiO₂-kilde for rigt diatoméliv (f. eks. Taliafero 1933), særlig fordi diatomiter forbløffende ofte indeholder vulkanske produkter. Hvad havet angår, kan

andre (som Calvert 1966b og Lisitsyn 1966:647) dog påvise, at alene vand-cirkulationen (incl. upwelling) er ansvarlig for fordelingen af SiO_2 i vand, plankton og sedimenter, helt uafhængigt af vulkaners nærhed.

Forudsigelser og testning

Den forelagte model søger at vise det intime samspil mellem miljøfaktorer som fysisk geografi, vinde, havstrømme og biologisk produktion i de processer, der bestemte fordelingen af sedimenter og fossiler for ca. 50 millioner år siden. Især hvad sedimenterne angår, gjordes et fortræffeligt forsøg af S. A. Andersen allerede i 1937 (b), før fænomenet upwelling var velundersøgt.

Alt, hvad modellen måtte implicere for det Eocæne miljø, antager karakter af forudsigelser, som eventuelt kan testes og be- eller afkræftes.

For eksempel implicerer modellen, at molérets laminering består af dobbeltlag, som er varv. Det forsøges for øjeblikket af- eller bekræftet ved sedimentologiske undersøgelser.

Det blev også påstået, at molér-området er den sydligste del af et langt kyst-parallelt bælte, der havde tilsvarende oceanografi og dermed nu en lignende diatomit. Dette kan testes ved fremtidige borer i den nordlige Nordsø. Skulle spådommen være forkert, og diatomit kun forekomme i det meget begrænsede molér-område, må helt lokale forhold gøres ansvarlige for den specielle sedimentation. For eksempel kan salthorste opskudt i forbindelse med tektonisk uro have modificeret bundtopografi og havstrømme i et evt. helt anderledes afgrænset Nordsø-bassin, så at et lille område har fået upwelling oven over stagnerende, iltfattigt bundvand (se Collette 1971 om Nordsø-områdets tektoniske udvikling).

Umiddelbart forekommer den først skitserede model mindre speciel og derfor mere rimelig.

(Foredrag i Palæontologisk klub 13. december 1971)

Litteratur

- Andersen, S. A. 1937a: De vulkanske askelag i vejskæringen ved Ølst og deres udbredelse i Danmark. *Danm. geol. Unders., række 2*, 59, 53 pp. [Engl. sum.]
- Andersen, S. A. 1937b: Et vulkanområdes livshistorie. *Geol. Fören. Stockholm, Förhandl.* 59, 317-46. [Engl. sum.]
- Andersen, S. A. 1938: Die Verbreitung der Eozänen vulkanischen Ascheschichten in Dänemark und Nordwestdeutschland. *Zeitschr. für Geschiefors. und Flachlandsgeologie* 14 (4), 179-207.
- Benda, L. 1965: Diatomeen aus dem Eozän Norddeutschlands. *Paläontol. Zeitschr.* 39, 165-87.

- Berggren, W. A. & Philips, J. D. 1971: Influence of continental drift on the distribution of Tertiary benthonic foraminifera in the Caribbean and Mediterranean regions. *Symp. Geol. Libya. (Tripoli, Libya) 1969*.
- Berner, R. A. 1971: Bacterial processes effecting the precipitation of calcium carbonate in sediments. In Bricker, O. P. (ed.): *Carbonate Sediments*.
- Bettenstaedt, F. 1949: Paläogeographie des nordwestdeutschen Tertiär mit besonderer berücksichtigung der Mikropaläontologie. In Bentz, A. (ed.): *Erdöl und Tektonik in Nordwestdeutschland*, 143–172. Hannover.
- Bonde, N. 1966: The Fishes of the Mo-clay Formation (Lower Eocene). *Bull. geol. Soc. Denmark* 16, 198–202.
- Brongersma-Sanders, M. 1971: Origin of major cyclicity of evaporites and bituminous rocks: An actualistic model. *Marine Geol.* 11, 123–44.
- Bøggild, O. B. 1918: Den vulkanske aske i Moleret. *Danm. geol. Unders., række 2*, 33, 159 pp. + atlas. [Résumé en français.]
- Calvert, S. E. 1964: Factors affecting distribution of laminated diatomaceous sediments in Gulf of California. In Andel, T. H. van & Shor, G. G. (eds.): *Marine Geology of the Gulf of California. Mem. 3., Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 311–30. Tulsa, Okla.
- Calvert, S. E. 1966a: Origin of diatom-rich, varved sediments from the Gulf of California. *J. Geol.* 74, 546–65.
- Calvert, S. E. 1966b: The accumulation of diatomaceous silica in the sediments of the Gulf of California. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 77, 569–96.
- Cleve-Euler, A. & Hessland, I.: Vorläufige Mitteilung über eine neuentdeckte Tertiärablagerung im Süd-Schweden. *Bull. geol. Inst. Upps.* 32, 155–182.
- Collette, B. J. 1971: Vertical crustal movements in the North Sea area through geological time. In Delany, F. M. (ed.): *The Geology of the East Atlantic Continental Margin* 3, Europe, 1–8.
- Curry, D. 1965a: The Palaeogene Beds of South-East England. *Proc. Geol. Ass.* 76, 151–73.
- Curry, D. 1965b: The English Palaeogene Pteropods. *Proc. malac. Soc. Lond.* 36, 357–71.
- Cushing, D. H. 1971: Upwelling and the production of fish. *Adv. Mar. Biol.* 9, 255–334.
- Daley, B. 1972: Some problems concerning the Early Tertiary climate of southern Britain. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 11, 177–90.
- Davis, A. G. & Elliott, G. F. 1957: The Palaeogeography of the London Clay Sea. *Proc. Geol. Ass.* 68, 255–77.
- Emery, K. O. & Hülsemann, J. 1962: The relationships of sediments, life, and water in a marine basin. *Deep-Sea Research* 8, 165–180.
- Elliott, G. F. 1971: Eocene Volcanics in South-east England, *Nature, Lond.* 230, 9 only.
- Gry, H. 1940: De istektoniske forhold i Molerområdet. *Bull. geol. Soc. Denmark* 9, 586–627.
- Henriksen, K. L. 1922: Eocene Insects from Denmark. *Danm. geol. Unders. række 2*, 37, 36 pp.
- Holtedahl, O. 1968: Hvordan landet vårt ble til. 237 pp. Oslo: Cappelen.
- Hülsemann, J. & Emery, K. O. 1961: Stratification in recent sediments of Santa Barbara Basin as controlled by organisms and water character. *J. Geol.* 69, 279–290.
- Illies, H. 1949: Die Lithogenese des Untereozäns in Nordwestdeutschland. *Mitt. Geol. Staatinst. Hamburg* 18, 7–44.
- Lisitsyn, A. P. 1966: Basic relationships in distribution of modern siliceous sediments and their connection with climatic zonation. *Internat. geol. Rev.* 9, 631–52 [1967, transl. part 1].

- Miller, U. 1966: Tertiary diatoms in the Kristiansstad Plain, In Nilsson K. 1966. *Sver. geol. Unders. Ser. C*, 605, 13–15.
- Miller, U. 1969: Fossil diatoms under the scanning electron microscope. *Sver. geol. Unders. Ser. C*. 642, 65 pp.
- Møller, J. D. 1892: *Verzeichniss Lichtdrucktafeln Møllerscher Diatoméen-Präparate + Tafeln*. Eget forlag. Wedel. Holstein.
- Nielsen, E. 1959: Eocene Turtles from Denmark. *Meddr Dansk geol. Foren.* 14 (2), 96–114.
- Nilsson, K. 1966: Geological data from the Kristiansstad Plain, Southern Sweden. *Sver. geol. Unders. Ser. C*, 605, 27 pp.
- Noe-Nygaard, A. 1967: Dredged basalt from Skagerrak. *Bull. geol. Soc. Denmark.* 17, 285–7.
- Norin, R. 1940: Problems concerning the Volcanic Ash Layers of the Lower Tertiary of Denmark. *Geol. Fören. Stockholm Förhandl.* 62, 31–44.
- Petersen, K. S. 1970 (MS): Geologisk beskrivelse af en lergravs dislocerede, ældre Tertiære og Kvartære lag på Røsnæs i NV-Sjælland.
- Rasmussen, H. W. 1972 (in press): Lower Tertiary Crinoidea, Asteroidea, and Ophiuroidea from Northern Europe and Greenland. *Biol. Skr. Dan. Vid. Selsk.*
- Rhoads, D. C. & Morse, J. W. 1971: Evolutionary and ecologic significance of oxygen-deficient marine basins. *Lethaia* 4, 413–28.
- Sharma, P. V. 1969: Early Tertiary field reversals recorded in volcanic ash layers of northern Denmark. *Bull. geol. Soc. Denmark* 19, 218–23.
- Sharma, P. V. 1970: Geophysical evidence for a buried volcanic mount in the Skagerrak. *Bull. geol. Soc. Denmark* 19, 368–77.
- Soutar, A. & Isaacs, J. D. 1969: History of fish populations inferred from fish scales in anaerobic sediments off California. *Calif. mar. Res. Comm. CalCOFI*, 13, 63–70.
- Stolley, E. 1899: Über Diluvialgeschiebe des London-thons in Schleswig-Holstein und das Alter der Molerformation Jütlands sowie das baltische Eozän überhaupt. *Arch. f. Anthropol. u. Geol. Schlesw.-Holst.* II (2), 105–146.
- Taliafere, N. L. 1933: The relation of vulcanism to diatomaceous and associated siliceous sediments. *Univ. Calif. Dept. geol. Sci. Bull.* 23, 1–56.
- Wills, L. J. 1952: *Palaeogeographical Atlas of the British Isles and adjacent parts of Europe*, 64 pp. London & Glasgow: Blackie.
- Wozny, E. 1968: Stratigraphy of the Tertiary of northern Poland. In Colloque sur l'Eocène. *Mem. Bur. Rec. Min.* 58, 683–91.