

Kvartære lagfølger og strukturer i Vestmøns klinger

ASGER BERTHELSEN, PETER KONRADI OG KAJ STRAND PETERSEN



Berthelsen, A., Konradi, P. & Petersen, K. S.: Kvartære lagfølger og strukturer i Vestmøns klinger. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1976*, side 93-99. København, 3. januar 1977.

In the cliff profile of Madsesklint (Southcoast of Møn island, Southeast Denmark) three kineto-stratigraphic units are distinguished. These units may represent the Old Baltic Advance (from SE), the Main Advance (from NE), and the Young Baltic Advance (from SSE), all of Weichselian age (Berthelsen, 1974). Stone counts and content of reworked foraminifera do not contradict this interpretation. From the cliffs further to the northeast (Hjelm Nakke and Hvideklint) various glaciodynamic structures are reported on (banding in »mylonitic« till, boudinage of sand layers, and large, flattened recumbent folds and overthrusts involving both glacial drift and floes of chalk). A newly discovered section with marine Eemian is also described with emphasis on its content of macrofossils and foraminifera.

Asger Berthelsen, Institut for Almen Geologi, Østervoldgade 10, DK-1350 København K, Peter Konradi og Kaj Strand Petersen, Danmarks Geologiske Undersøgelse, Thoravej 31, DK-2400, København NV.

Madsesklint

Klinten danner et sydvest-nordøst-gående erosionssnit tværs gennem den ene ende af en op til 20 m høj bakke, der strækker sig fra Vestmøns sydkyst i nordvestlig retning mod Vindebæk. I det ca. 250 m lange klintprofil kan udskilles flere, både stratigrafiske og strukturelt forskelligt udviklede stokværker (fig. 1 og 2), der efter det kineto-stratigrafiske princip (Berthelsen, 1974, 1975) repræsenterer indvirkningen af forskellige isfremstød.

Det nedre stokværk omfatter en dislokeret sand-silt serie, og en diskordant enhed bestående af tre led. Sand-silt serien (> 25 m) opbygges af cm-dm tykke, planlejlrede lag, der kan være varvigt udviklede. Strømrubber, flammestrukturer (mini-diapirer) og »convolute bedding« viser, at den mod sydøst hældende sand-silt serie er inverteret og må udgøre en mod nordvest overkippet synklinalflanke. Det nederste led inden for den diskordante enhed er kun udviklet lidt sydvest for klintprofillets midte og optræder her som to brede (4-10 m) trugaflejringer af gruset smeltevandssand. Det mellemste led viser en noget forskellig udvikling hen gennem klintprofillet. I klintens nordøstlige del er det udviklet som en 0.5-1 m mægtig kompakt morænelersbænk, der hviler direkte på de dislocerede sand-silt lag. Disse sidste viser tydeligt slæb op mod morænelersbænken, der tolkes som en bundmoræne. Syd-

vest for profilet midte, over de to nævnte trugaflejringer, indledes det mellemste led af et tyndt gruslag med sten, og derover følger 1 m med morænelerlag med tynde og udkilende indlag af smeltevandssand og -sand. Da sandlagene viser velbevarede strømrubber, tolkes morænelerlagene som frontal flydemoræne. I klintens mest sydvestlige del er det mellemste

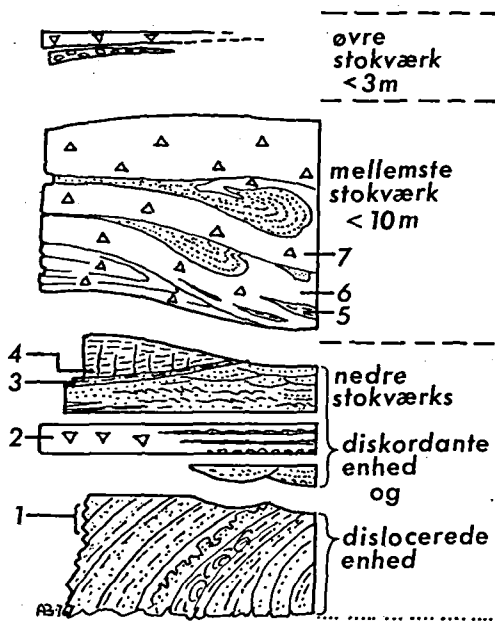


Fig. 1. Forenklet lagsøjleprofil fra Madsesklint. Tallene angiver de i teksten beskrevne prøvers stratigrafiske placering.



Fig. 2. Feltskitse af Madsesklint (noget overhøjet). Profilet er ca. 250 m langt.

led kun repræsenteret ved et tyndt lag residualgrus med sten, som hviler diskordant på sand-silt lagene. Residualgruset overlægges af det øvre led, der her omfatter godt 2 m smeltevandssand med siltede indslag og spredte blokke i den nedre del. Hvor alle tre led i den diskordante enhed er bevaret (SV for profilet midt), viser den formodede frontale flydemoræne (mellemste led) »gradvis« overgang til det øvre leds smeltevandsaflejringer, idet flydemorænelagene hurtigt bliver tyndere og ophører, samtidig med at smeltevandssandet bliver trugkrydslejret. Denne ændring udspringer sig inden for den nederste 0,5 m af det øvre led, der i denne del af klinten i øvrigt omfatter 10–20 cm rustbrunfarvet finsilt og op til omkring 2 m blåligt stenfrit smeltevandsler. Mod nordøst skærer det mellemste stokværks undergrænse sig ned i det nedre stokværks diskordante enhed, og det mellemste stokværk hviler her direkte på det nedre stokværks morænelersbænk. Først kort før klintens nordøstlige ende, i den kvalte synklinal (fig. 2), som er udviklet under indvirkning fra det ovenliggende stokværk, ses igen smeltevandssand over det nedre stokværks moræneler.

Såfremt det nedre stokværks tre diskordante led er afsat af den is, som forårsagede dislokationerne i sand-silt serien, kan det ud fra lagfølge, faciesændringer og strukturer sluttes, at lagforstyrrelserne indtraf i forbindelse med et isfremstød fra sydøst, og at den dislocerende is sandsynligvis ikke overskred sin egen oppresning (dvs. et éngangs-fremstød eller recessivt fremstød).

Det mellemste stokværks aflejringer, som opbygger størstedelen af den øvre stejle klintvæg, går i stranden både i klintens sydvestlige hjørne og i klintprofillets anden ende ret nordøst for den kvalte synklinal. Denne sidste struktur, hvor det nedre stokværks bjergarter er deformeret med SØ-dykkende foldeakser og forsat af en nordøst-hældende over-

skydning, er udviklet i forbindelse med det mellemste stokværks dannelse, da dette stokværks aflejringer også viser bevægelsespor efter isfremstød fra nordøst.

Den lithologiske opbygning af det mellemste stokværk er meget kompleks. Moræneler aflejringer (bundmoræne, ablationsmoræne og flydemoræne) dominerer, men flere m-tykke lag af smeltevandssand og -sand indgår også i større (10–20 m) indfoldede strukturer, og især i den nedre del af morænelersbænkene indgår større og mindre, mere eller mindre udtværede, flager af stenfrit og stenfattigt smeltevandsler. Den strukturelle opbygning af det mellemste stokværk er derimod meget mere ensartet. De indfoldede og moræne-overredne smeltevandsaflejringer er stedse overfoldet fra nordøstlig retning, og foldestrukturene i det bandede morænekompleks viser en tilsvarende sydvestlig bevægelsestendens.

Det mellemste stokværks lagserie tolkes derfor som dannet ved gentagne ophold, smårecessioner og småfremstød under en generel fremrykning af en isstrøm fra nordøst. Denne NØ-is overskred til sidst sine egne israndsophobninger og forseglede dem med en bundmoræne. Det ligger nær at antage, at længderetningen (NV-SØ) i den bakke, som Madsesklint er uderoderet i, primært skyldes NØ-isens indvirkning. Herved fås også en forklaring på, hvorfor det nedre stokværks aflejringer blev inddraget i den kvalte synklinal på bakkens nordøstvendte side: bakkens stødside.

Det øverste stokværk i Madsesklint er for tiden på grund af klintens stejlehed svært at studere. I den høje stejle del kan flere steder (fra stranden) ses, at et knapt 0,5 m tykt lag af smeltevandssand adskiller en øvre moræne fra de underliggende moræne bjergarter i det mellemste stokværk, men denne grænse kan ikke følges ubrudt gennem klinten. Den øvre (baltiske) moræne træffes imidlertid i den lave klint vest for Madsesklint, og den er iagt-

taget i flere friske vejskæringer og grusgrave på Vestmøn. Dens mægtighed varierer fra flere m til få cm. Nordøst for Madsesklint, i den noget lavere klint ved Slotshaven Skov, ses endvidere en stejl opskydning, som skyldes oprensning fra sydsydøst. Opskydningen gennem sætter det mellemste stokværks aflejringer.

Hvorledes skal da den her beskrevne opbygning af Madsesklint tolkes? Skyldes den komplekse opbygning med flere stratigrafiske strukturelle stokværker, at klinten har været en slags nunatak, som den sidste is har presset på fra forskellig retning til forskellig tid (omtrent ligesom nogle Kvartærforskere har tænkt sig Møns klint dannet), eller passer den opstillede rækkefølge af deformationer med forskellige bevægelsesretninger ind i et mere regionalt mønster? Sammenholdes deformativskronologien fra Madsesklint med resultater fra tilsvarende undersøgelser på andre velblottede lokaliteter i det sydlige og østlige Danmark, viser det sig, at der er en systematisk ændring i bevægelsesretningerne for de aflejrende isstrømme op igennem sidste istids lagserie. Dette tyder på, at det inden for det nævnte område er tilladeligt at anvende det kineto-stratigrafiske princip som et overordnet princip ved glacialstratigrafiske korrelationer.

Efter dette princip må det nedre stokværk i Madsesklint med istryk fra sydøst relateres til et recessivt fremstød af den gammelbaltiske isstrøm, som i Weichsel III nåede det sydøstlige Danmark som sidste istids første isstrøm. Det mellemste stokværks aflejringer bør henføres til det efterfølgende hovedfremstød, som nåede frem til C-linien i Jylland, den såkaldte NØ-is. Og det øverste stokværk må repræsentere det ungbaltiske fremstød, som nåede frem til den Østjyske Israndlinie og under et recessivt fremstød nåede Hindsholm-Røsnæs linien. På Vestmøn skulle den ungbaltiske is således kun i lettere grad have modificeret (drumliniseret) et eksisterende, af NØ-isen præget landskab. Denne opfattelse passer godt overens med de resultater, som Haarsted (1956) nåede frem til ud fra geomorfologiske studier af det mønske landskab, og Haarsteds resultater sættes samtidig i et større perspektiv.

For om muligt at efterprøve denne tolkning af lagserien i Madsesklint er udført stentæl-

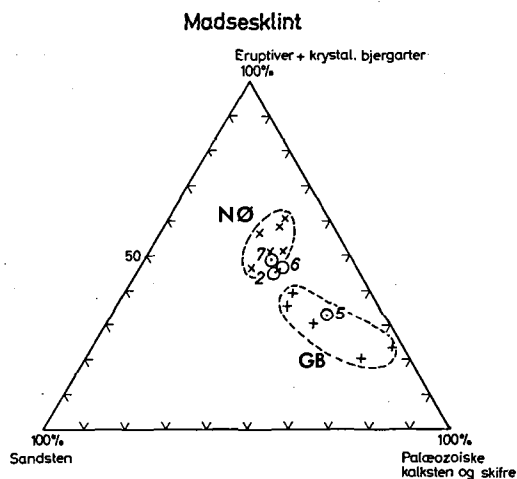


Fig. 3. Stentællinger fra Madsesklint (6 mm < fraktionen < 6 cm). Prøve 2 er fra den formodede gammelbaltiske moræne, 5, 6 og 7 fra den formodede NØ-moræne. Området mærket NØ viser tællinger fra NØ-moræne ved Strandegårds Dyrehave og Hundevangs Fald. Området mærket GB viser tællinger fra gammelbaltisk moræne fra de samme to lokaliteter. Anal. KSP.

linger i 10 kg-prøver fra den formodede gammelbaltiske (nr. 2) og den formodede NØ-moræne (nr. 5, 6 og 7). Resultaterne herfra er vist i fig. 3 sammen med tællinger fra kendte, mere sikkert aldersplacerede, gammelbaltiske og NØ-moræner ved Strandegårds Dyrehave (Petersen & Konradi 1974) og Hundevangs Fald. Sammenstillingen viser, at prøverne fra Madsesklint falder i et felt stort set midt imellem de to områder, hvori prøverne fra de to omtalte moræner i klinterne ved Strandegårds Dyrehave og Hundevangs Fald grupperer sig. Ud fra dette materiale er det vanskeligt at drage afgørende slutninger.

Madsesklints lagseries stratigrafiske placering er også undersøgt ved hjælp af foraminiferstudier i prøver på 200–500 g (jfr. prøvenumrene i fig. 1).

I prøver (nr. 1) fra den nederste sand-silt serie fandtes næsten udelukkende præ-Kvartære foraminiferer. De Kvartære er skønnet til at udgøre < 1% af faunaen, og indholdet, ca. 15 stk. pr. 100 g sediment, er så lavt, at det på basis heraf ikke er muligt at give en nøjere aldersangivelse.

I en prøve (nr. 2) fra den nedre morænebænk udgjorde de Kvartære foraminiferer igen < 1% af faunaen, og på basis af det meget lave indhold, ca. 20 pr. 100 g sediment, kan en alder vanskeligt angives.

I prøver fra det brune finsilt (nr. 3) og det blålige stenfrie smeltevandssler (nr. 4) var foraminiferindholdet meget lavt, og en aldersangivelse ikke mulig.

Tre prøver af moræneler fra det mellemste stokværk havde et varierende indhold af foraminiferer, hvoraf de Kvartære skønsmæssigt udgjorde $< 1\%$ af faunaen. I én af prøverne (nr. 6) var indholdet af Kvartære former dog så stort (ca. 50 pr. 100 g), at denne fauna kan henføres til hovedsagelig at stamme fra den marine Eem aflejring, som kendes fra Strandegårds Dyrehave og Stubberup Have og nu også fra Hjelm Nakke.

Foraminiferundersøgelserne angiver således, at i hvert fald det mellemste stokværk er af Weichsel alder, men bringer i øvrigt ikke nogen bekræftelse eller afkræftelse på den kineo-stratigrafiske tolkning af lagserien i Madseklint.

Hjelm Nakke til Hvideklint

Under den godt 3,5 km lange vandring langs klinerne ved Hjelm Bugt fra betonvarefabrikken ved Hjelm Nakke til fiskerlejet efter Hvideklint demonstreredes en række særegne glaciodynamiske og glacialtektoniske strukturer og desuden et profil med dislocerede marine Eem aflejringer.

Ved en af de kridtflager, der blev påtruffet først under vandringen, vistest, hvorledes en smukt »lagdelt« moræne kan dannes ved, at overskydninger under en meget lille vinkel skærer grænsen mellem kridt og moræne, så tynde spidse flager af kridt trækkes ud i morænen. Ikke helt nedknuste brokker af kridt ligger i de tynde flagers fortsættelse som perler (klaster), hvorom båndingen smyer sig. Denne morænetype (båndet kalkperlemoræne) minder i sin teksturelle udformning meget om visse mylonitiske bjergarter, der træffes langs overskydninger i grundfjeldet, og den vidner om en intens og gentagen lamelglidning langs shearplaner inden for bundmorænen nedre del. Som følge af fortsatte bevægelser er den bandede kalkperlemoræne flere steder blevet foldet i liggende folder. Selv de store (over 5 m kridtmægtighed) medslæbte flager ses at være blevet foldet sammen med de Kvartære lag. Aksialplanet i en næsten isoklinal, liggende foldstruktur, der involverer en mægtig Kvartær-

serie, og som har en kerne af medfoldet kridtflage, fulgtes over mere end 100 m langs stranden. Der sås også eksempler på boudinage strukturer udviklet i sandlag omsluttet af moræneler. En stor del af deformationerne synes at skyldes istryk og isbelastning fra en is, der bevægede sig fra NØ mod SV. Dette gælder også den store flageoverskydning, der forekommer i Hvideklint. Her ses et kompleks af sammenstablede og foldede kridtflager (adskilt af Kvartære aflejringer) at være blevet fragtet over en serie af smeltevandssand, hvori klatrende strømribber ses velbevarede helt op til overskydningszonen, der er udviklet som en overvejende sandet mylonitmoræne. Enkelte deltagere mente i denne overskydningszone at se et vandaflejret sediment og ville lægge overskydningen ved basis af selve kridtflagen. Kort efter denne store overskydning, som er svagt genfoldet, vistest en stor kvalt synklinal, hvori moræne, smeltevandssand og en øvre kridtflage er nedfoldet.

Forekomsten af flere typer af disse ganske særegne strukturer, der tydeliggøres af farvekontrasten mellem kridtet og de Kvartære lag, tyder på, at i hvert fald den synlige del af den Kvartære lagserie ved Hjelm Bugt (faststående skrivekridt forekommer her først 25 til 35 m under havniveau) har været inddraget i særdeles gennemgribende deformationer med lamelglidning, shearing og flattening. Deformationer af denne type må forventes at ville indtræffe omkring basis af et isdække i bevægelse og også langt bag dets front.

I overkanten af en kraftigt opknust kridtflage og under den ovenliggende kalkbandede moræne (fig. 4), sås en få cm, uregelmæssigt opbygget smøre af mørkt fedt ler og glaukonitsand. Prøver heraf er velvilligt undersøgt af E. Stenestad og A. Buch (DGU), som oplyser at der både i det fede ler og i glaukonitsandet indgår foraminiferer udvasket fra Nedre og Øvre Campanien, Maastrichtien og Selandien bjergarter, hvorimod der ikke forekom Kvartære former. Fraværet af Kvartære former udelukker dog ikke, at smøren er en Kvartær afsætning.

Eem lokaliteten

Omtrent midtvejs under vandringen demonstreredes den nyopdagede Eem lokalitet. Syd-



Fig. 4. Opknuet kridtflage med smøre af fedt ler og glaukonit-sand under kalkbåndet moræne, Hjelm Bugt. Kridtflagen er

overfoldet mod SV. PK fot. (under NORDQUAs ekskursjon, maj 1976).

vestligst i dette profil ses en opknuet kridtflage med intakt bevarede pladeflintlag at grænse uregelmæssigt op til flere forskellige Kvartære lagenheder, fig. 5. Nederst op mod kridtflagens stejle væg sås moræneler. Derover en ca. 1 m mægtig enhed med fluviale og marine sand- og leraflejringer, som er foldet i spidse til isoklinale folder sammen med en overliggende enhed af stenfattigt, noget sandet og siltet ler med udtalt søjleforkløftning. Diskordant over både det stenfattige ler og kridtflagen følger en båndet kalkperlemoræne, der igen overlejres af en mægtig serie af smeltevandssand og -grus med deformerede skrålæg og lokalt med »pindelag« og vedstumper (ved Hvideklint fandt en af deltagerne et stykke rav). Øverst i klinten er den komplicerede struktur forsejlet af den ungbaltiske morænes diskordante dække.

Selv om de fossilførende Eem aflejrings lejningsforhold i relation til de omgivende dannelser ikke endnu er udredet, er lokaliteten vigtig, da den viser, at deformationen, som også har påvirket Eem aflejringerne, er af Weichsel alder.

Den fluviale-marine lagserie omfatter en nedre sekvens med et sandlag, en ca. 20 cm leret mørk siltsmøre (overskydning) og ca. 30 cm fluvialt sand, der viser smuk trugkryds-

lejring (retvendt). Den marine serie herover indledes med ca. 10 cm sand, som i sin nedre del indeholder svagt grusede skallag med sammenskyllede skaller af *Macoma baltica*. Fra dette sandlags undergrænse går gravegang-lignende strukturer ned i det underliggende fluviale sand. Tilstedeværelsen af *Macoma baltica* i det marine sand er interessant, da denne art kun er fundet på enkelte af Eem lokaliteterne i det sydfynske område, mens den er kendt fra Strandgårds Dyrehave og Stubberup Have (Ødum 1933). På disse sidste to lokaliteter forekommer i øvrigt en boreal-lusitansk molluskfauna, der dog ikke omfatter de arter, der i det vestlige Østersøområde er anvendt til at karakterisere Eem'et (Madsen et al. 1908). I profilet ved Hjelm Bugt overlejres det skalførende marine sand af 20–50 cm marint ler, der i sin nedre del er ret siltholdigt.

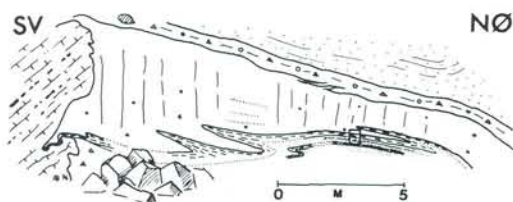


Fig. 5. Feltskitse af Eem lokaliteten ved Hjelm Bugt. Den lille ramme over målestokken angiver beliggenheden af detailprofilet i fig. 6.



Fig. 6. Detailprofil af den fluviale-marine lagserie (jfr. fig. 5). Nederst ses trugkrydslejret fluvialt sand (med 8,3 cm lang lommekniv). Derover skalførende marint gruset sand og marint ler, der opefter går over i stenfattigt ler. KSP fot.

Det indeholder fragmenter af *Scrobicularia plana*, *Nucula* sp. og slangestjerne-armhvirvler, foruden velbevarede (både juvenile og voksne) eksemplarer af *Turitella communis* og *Nassa*

reticulata, der også er dominerende arter ved Strandegårds Dyrehave og Stubberup Have. Det marine ler overlejres af non-marint, stenfattigt ler.

En foraminifer-undersøgelse er udført på en serie prøver fra profilet ved Hjelm Bugt, se fig. 7. Prøve I fra det fluviale sand (med gravgang-lignende strukturer) indeholder en sparsom fauna, der minder om den, der findes i det overliggende marine sand (prøverne II og III), og det antages, at dens tilstedeværelse øverst i det fluviale sand skyldes bioturbation.

Prøve II fra skallet i bunden af det marine sand indeholder en fauna domineret af *Protelphidium albumbilicatum*, som er en art, der tåler lav salinitet, og som viser begyndelsen af den marine sedimentation ved Stensigmosse (Konradi 1976) og ved Ristinge Klint. Prøven indeholder nogle gruskorn og tolkes som repræsenterende den marine transgression, og afsat i den øverste del af den kystfjerne sandsedimentationszone.

Prøve III er fra toppen af det marine sand lige under det marine ler. Faunaen er domineret af *Protelphidium orbiculare*, medens *P. anglicum* og *Elphidium excavatum* er hyppige arter. Faunaselskabet indikerer marine forhold

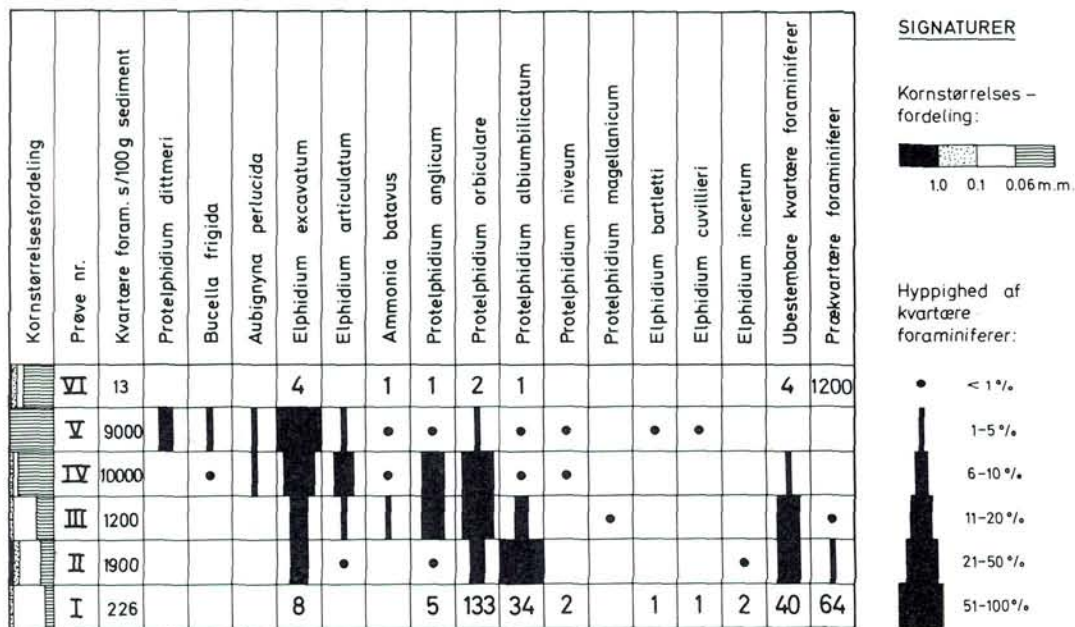


Fig. 7. Fordelingen af foraminiferer i en prøveserie gennem Eem aflejringen i et profil mellem Hjelm Nakke og Hvideklint. Anal. Pk okt. 76.

i indre farvande, og aflejringen tænkes afsat i den nedre del af den kystfjerne sandsedimentationszone.

Prøve IV er fra den nedre, mere siltholdige del af det marine ler. Faunaens hyppige arter er de samme som i prøve III, og desuden er *Elphidium articulatum* almindelig. Faunaselskabet viser marine forhold i indre farvande, og aflejringen anses for at være afsat i den øverste del af silt/ler-sedimentationsområderne.

Prøve V er fra den øvre, mere lerholdige del af det marine ler. Foraminiferfaunaen domineres helt af én art: *Elphidium excavatum*, og viser de specielle forhold, som i dag hersker i silt-/lergytje sedimentationsområderne i bassinerne i den vestlige del af Østersøen under springlaget (Lutze 1974).

Prøve VI fra det overvejende, non-marine ler med enkelte sten indeholder kun få Kvar-tære foraminiferer, og præ-Kvartære former dominerer.

Kort før opstigningen til den ventende bus ved fiskerlejet demonstreredes en vandreblok af granatførende toglimmergnejs, som fra den ovenliggende moræne er presset ned i kridtet.

(Beretning om Dansk Geologisk Forenings ekskursion til Møn 25. september)

Litteratur

- Berthelsen, A. 1974: On Weichselian ice advances and drift successions in Denmark. *Bull. geol. Instn. Univ. Uppsala, New Ser.* 5, 21-29.
- Berthelsen, A. 1975: Geologi på Røsnæs. *Varvs ekskursionsfører* 3, 78 pp. VARV, København.
- Haarsted, V. 1956: De Kvartærgeologiske og geomorfologiske forhold på Møn. *Meddr dansk geol. Foren.* 13, 124-126.
- Konradi, P. B. 1976: Foraminifera in Eemian deposits at Stensigmose, southern Jutland. *Danm. geol. Unders.* række 2, nr. 105, 57 pp.
- Lutze, G. F. 1974: Foraminiferen der Kieler Bucht (Westliche Ostsee): 1. »Hausgartengebiet« des Sonderforschungsbereiches 95 der Universität Kiel. *Meyniana* 26, 9-22.
- Madsen, V., Nordmann, V. og Hartz, N. 1908: Eem-Zonerne. *Danm. geol. Unders.* række 2, nr. 17, 302 pp.
- Petersen, K. S. & Konradi, P. B. 1974: Lithologisk og palæontologisk beskrivelse af profiler i Kvartæret på Sjælland. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1973*, 47-56.
- Ødum, H. 1933: Marint Interglacial paa Sjælland, Hven, Møn og Rügen. *Danm. geol. Unders.* række 4, 2(10), 44 pp.