

# Petrografi og alder af den brune *Turritella*-sandsten, en Tertiær løsblok fra Østersøområdet

SØREN BO ANDERSEN og CLAUS HEILMANN-CLAUSEN

Andersen, S. B. & Heilmann-Clausen, C.: Petrografi og alder af den brune *Turritella*-sandsten, en Tertiær løsblok fra Østersøområdet. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1983*, side 17–24, København, 15. februar 1984.

Tertiary reddish brown boulders of sandstone containing *Turritella* shells can be found as drift along the Swedish, the Danish and the German Baltic coasts. This article gives a historical review of earlier investigations with special attention to the different stratigraphical positions to which these characteristic blocks have been assigned.

Thin-section studies of the boulders show that the reddish brown sediment originally was a true greensand deposit which has now been weathered. Some of the gastropod shells are penetrated by microborings 7–8 microns in diameter (presumably being the work of algal microborers). This points to an origin (at least for the gastropods) within the photic zone. The presence on bedding planes of gastropods oriented by current likewise suggests a near coast deposition of this sandstone. This coast, the eastern margin of the Paleocene sea in the Baltic, was probably situated somewhere near the island of Bornholm.

Analyses of dinoflagellate cysts show that two important and stratigraphically limited species viz. *Palaeoperidinium pyrophorum* and *Spinidinium densispinatum* occur both in the *Turritella* sandstone and in the Selandian Lellinge Greensand. Thus the *Turritella* sandstone is regarded as being of the same early post-Danian age as the Lellinge Greensand.

Søren Bo Andersen, Geologisk Institut, C. F. Møllers Alle 120, 8000 Århus C. Claus Heilmann-Clausen, Danmarks Geologiske Undersøgelse, Thoravej 31, 2400 København NV. Århus, 24. oktober 1983.

På de syddanske øer og langs med Østersøstrandene finder man af og til en karakteristisk løsblok, den rustbrune *Turritella*-sandsten. Den er, som navnet angiver, rustrød til rustbrun og den indeholder ofte mange, hvide skaller af tårnsneglen *Turritella*. Disse snegleskaller ligger hyppigt strømorienteret på lagfladerne, og det er derfor ikke underligt, at det er en stenart, der tiltrækker sig stor opmærksomhed. Bjergarten har stratigrafisk set ført en omtumlet tilværelse gennem tiden, så derfor opstod ønsket om dels at søge at aldersbestemme *Turritella*-sandstenen ud fra indholdet af dinoflagellatcyster og dels at undersøge sedimentet petrografisk. Aldersbestemmelse på grundlag af dinoflagellater er hensigtsmæssig nu, hvor udbredelsen af dinoflagellat-arterne i de ældre dele af Danmarks tertiære aflejringer efterhånden er ret detaljeret kendt (Hansen 1977 og 1980, Heilmann-Clausen 1983).

## Tidligere undersøgelser af *Turritella*-blokkene

Den første afbildning af denne særprægede bjergart findes hos Pontoppidan (1763: Tavle XIX), hvor der vises en blok med mange snegle. Blokken angives af Mørch (1874) at være fundet ved Vester Port i København. Han mener at kunne bestemme

sneglearten til *Turritella imbricata*. Det samme stykke, eller snarere resterne heraf, afbildes sammen med originaltegningen fra Pontoppidan i fotografi af Garboe (1959: fig. 53). Mørch nævner ud over Pontoppidans eksemplar, at »Rullesten med *Turriteller* findes forskellige steder på Sjælland . . . men ere . . . endnu ikke undersøgte«. Mørch angiver derfor ikke nærmere blokkens alder inden for tertiæret.

Lundgren (1882) omtaler en løsblok fra Hasle på Bornholm, som han tidligere havde antaget for at være af Jura-alder, men som han nu er overbevist om, er Tertiær. Dette begrundes han med fossilindholdet, som blandt andet omfatter sneglene *Turritella edita* og *T. imbricata*. De nævnte former optræder ellers i Pariser-bassinet i lagene Sable de Cuise Lamotte og Calcaire grossier, altså eocæne lag. Lundgren sammenligner Hasleblokken med de hyppigt forekommende tertiære løsblokke ved Ystad samt den mere spredte forekomst over hele det sydlige Skåne og op langs landsdelens vestkyst til nord for Landskrona. Blandt de nævnte blokke er også *Turritella*-sandstenen. Faunaen i de skånske blokke omfatter blandt andet *Turritella edita* og *T. hybrida*. Von Koenen (1885) nævner i forbindelse med beskrivelsen af *Turritella nana* fra Paleocænet ved Vestre

Gasværk i København, at »mit solchen Exemplaren, . . . , stimmen vollständig die kleinen Turritellen überein, die sich in Menge in Geschieben eines eisenschüssigen Sandsteins auf Seeland finden«.

Den første egentlige undersøgelse af de tertiære løsblokke i Danmark foretages af Grönwall (1897, 1904 a og 1904 b). Grönwall (1897) nævner, at Turritella-blokkenes fossilindhold peger på en alder »något yngre än märglen vid Vestre Gasværk«. Især med baggrund i tilstedeværelsen af *Turritella imbricata* mener han, at de nævnte blokke kunne »vore bildade i ett haf, som på någon tidspunkt kommunicerat med det haf, ur hvilket de paleocæna lagren vid Köpenhamn afsatt sig«. Men i øvrigt påpeger han det dårlige kendskab, man har til Danmarks paleocæne lags stratigrafi. Grönwall opregner senere (1904 b) de snegle og muslinger, som er fælles med de paleocæne lag ved København (som behandlet af v. Koenen 1885). Blandt andet er det: *Natica detrita*, *Turritella nana*, *Bulla clausa*, *Leda symmetrica* og *Corbula* cfr. *regulbiensis*. Grönwall fastslår hermed en væsentlig faunistisk overensstemmelse med det faststående Paleocæn ved København og mener derfor (1904 b): » . . . kann man das Alter dieser Geschiebe wohl kaum jünger als »Sable de Cuise Lamotte« und London Clay, vielleicht eher als etwas älter ansetzen«. Dog omtales blokkene stadig som »Eocängeschiebe« (1904 b: 435). Og på trods af den konstaterede lighed med den paleocæne fauna ved København konkluderer han i det danske arbejde om blokkene (1904 a: 37): »Deres Alder maa ogsaa siges at være yngre end dette Paleocæn« (d.v.s. det københavnske). I den tabelariske oversigt (1904 a: 51) er Turritella-blokkene angivet som yngre end både Paleocænet ved København, Lellinge Grønsandet og Kerteminde-mergelen. Angående udbredelsen af Turritella-blokke i Danmark nævner Grönwall (1904 a), at de findes i hele det sydlige Danmark og tilmed kendes fra fund i Nordtyskland.

Eftersom disse rustbrune sandsten ikke kendes faststående nogen steder, har man selvsagt forsøgt at forestille sig oprindelsesstedet. Ud fra den nutidige fordeling af løsblokkene (som jo skyldes transport med Kvartærtidens gletschere) giver Grönwall dog ikke noget bud på oprindelsen bortset fra, at han nævner forekomsten af blokke ved Ystad og i Pommern; men han citerer Deecke (1902) for at mene, at hele Danmarks tertiære

lagrække sandsynligvis findes repræsenteret på Østersøens bund mellem Skåne, Rügen og Bornholm og rimeligvis et godt stykke længere mod øst. Det sidste stemmer godt med fundet af blokken ved Hasle. Grönwalls vurdering af de paleocæne lag er, at de, som har en østlig udbredelse, er afsat på mindre dybt vand end de vestligt forekommende.

Deecke (1902) anser i lighed med Grönwall (1904 b) blokkene for muligvis at kunne være så unge som Mellem Eocæn (1902:73). Grönwall (1904 a) giver en beskrivelse af Turritella-blokkenes ydre, men først Haddings (1929 og 1932) petrografiske undersøgelser af Sveriges prækvartære sedimenter giver oplysninger om de tertiære, rustbrune sandstens petrografiske forhold. Han beskriver blandt andet glaukoniten, som ofte er sprækket, men alligevel optræder som velafgrænsede korn. Han nævner ligeledes, at glaukoniten kan optræde i så store mængder, at den bliver det dominerende element i sedimentet.

Hadding beskriver, at kvartskornene er kantede til sub-runde med en maksimumstørrelse, der sjældent når over 0,1 mm. Kalkspat optræder både som matriks og som cement. Hadding omtaler også, at limonit ofte optræder i betydelige mængder. Vedrørende dannelsesomstændighederne angiver Hadding (1929:258), at »the formation of the Tertiary sandstones has no doubt taken place at a relatively slight depth«. Ud fra tilstedeværelsen af glaukonit (hvis man antager, at den er dannet på stedet) udledes, at aflejringsdybden må have været mindst sublittoral (Hadding 1932:159). Ud over mikrofotografier i de to nævnte arbejder, bringer Hadding (1933:71) en afbildning af en løsblok fra Skåne med både *Turritella* og muslinger.

Müller (1937) gennemgår de marine paleocæne og eocæne sedimenter i bl.a. det danske område, men m.h.t. Turritella-sandstenen refererer han udelukkende Grönwalls (1904 a) opfattelse af blokkenes eocæne alder. Hucke (1967) formoder, at de rustbrune Turritella-sten med massevist optrædende, orienterede snegle er af Paleocæn alder svarende nogenlunde til alderen af de faststående lag ved København. Rasmussen (1967: fig. 150) nævner ganske kort og afbilder en Turritella-sandsten og angiver en Paleocæn alder.

Turritella-blokkenes udseende

I nærværende arbejde er der undersøgt to blokke af Turritella-sandsten (men der er set flere), den



Fig. 1. *Turritella*-sandsten med strømorienterede snegleskaller. Bogø. Naturlig størrelse.

*Turritella* sandstone. The gastropods are current-oriented. Bogø. Scale 1:1.



Fig. 2. *Turritella*-sandsten. Als. Naturlig størrelse.

*Turritella* sandstone. Als. Scale 1:1.

ene er fundet på østsiden af Als og den anden stammer fra Bogø. Ved betragtning af blokkenes ydre hæfter man sig først ved de lyse fossiler i en rustrød grundmasse. De to undersøgte blokke indeholder af fossiler langt overvejende ret store skaller af tårnsneglen *Turritella*. De fleste skaller har en længde på mellem 2 og 3,5 cm. På visse af blokkenes flader, de oprindelige lagplaner, ligger

sneglene overvejende parallelt med hinanden (fig. 1 og 2). Under lup ses grundmassen at bestå af en blanding af lyse kvartskorn og grønne glaukonitkorn indlejret i en brunlig kalkspatmasse. Hist og her ses dels muskovitkorn og dels bentiske foraminiferer. Kvarts- og glaukonitkornene virker yderst velsorterede med en kornstørrelse på ca.  $\frac{1}{10}$  –  $\frac{1}{5}$  mm. svarende til meget fint sand til fint sand (i

henhold til Wentworth' kornstørrelsesskala). På friske brudflader af Als-blokken er grundmassen mere grønbrun i modsætning til gamle overfladers rustne forvitningsfarve.

Tyndslibsobservationer af blokken fra Als

Under mikroskopet ses tyndslib af Als-blokken at bestå af kvartskorn, glaukonitkorn, muskovit- og enkelte andre mineraler samt snegleskaller, – det hele indesluttet i en masse af krystallinsk kalkspat, som tydeligvis er dannet diagenetisk (fig. 3A). Mængdeforholdet mellem korn og kalkspatcement er ved punkttælling fundet at være 51% korn til 49% kalkspat. Med den usikkerhed, der altid er ved den slags tællinger, er kornprocenten meget tæt på de 58%, der fremgår af Blatt et al. (1980) for velsorteret sand. Når det yderligere tages i betragtning, at der i slibene stedvis i kalkspatcementen kan ses »ghosts« af tidligere korn, sandsynligvis aragonit-skalfragmenter, af samme størrelsesorden som slibets øvrige korn, synes det sikkert, at denne sandsten har haft en grain-support tekstur.

*Turritella*-sandstenen er formodentlig en ret løst pakket sandsten, som har undergået en opløsning af aragonitskaller og en samtidig udfældning af calcitcement. Blatt et al. (1980:345) nævner, at "in most sandstones the volume of carbonate cement does not exceed about 30%, the original porosity of the sediment; in a few, however, the percentage is much higher, greater than any original porosity. In such cases, the carbonate clearly is replacing the detrital grains".

Kvarts og glaukonit er til stede i nogenlunde lige store mængder. Korn af begge mineraler optræder hyppigst i størrelsesintervallet fra 80  $\mu\text{m}$  til 160  $\mu\text{m}$ .

#### Glaukonit

Alle glaukonitkornene er afrundede, mange af dem er endog meget velafrundede. Glaukonitens farve varierer fra blågrøn til lyst gulgrøn og gulbrun. Kornene forekommer som tilsyneladende strukturløse, granulære, fibrøse eller lamellære. Mange af de fibrøse og lamellære glaukonitkorn viser tegn på en partiel omdannelse til rødbrune omdannelsesprodukter (limonit?) i nogle af lamellerne (fig. 3C). Andre korn (især de strukturløse og granulære) kan være omdannede langs med sprækker igennem kornene. Visse korn er så fuldstændigt omdannede, at de nu fremtræder

som brunlige, urene aggregater med det originale korns omrids. (Se endvidere nedenstående under afsnittet om pyrit).

#### Kvarts

Kvartskornene er for det meste irregulære og skarpkantede, men der forekommer en del afrundede korn. Omkring halvdelen af kvartskornene er meget klare, medens resten virker urene af indeslutninger. Der forekommer enkelte korn af en kvartsit samt ganske få kalcedonkorn.

#### Pyrit

Pyrit forekommer i ringe udstrækning i den nuværende tilstand, men pletvis ætsning i skalmaterialet antyder, at der her kan have været pyrit, som senere er blevet nedbrudt (oxideret). Den bevarede pyrit optræder som små kugler med en diameter på 5–15  $\mu\text{m}$ . Den ligger dels spredt og dels inde i foraminiferskaller og især langs indersiden af snegleskaller og endelig er der i et enkelt parti af det ene slib en helt anden forekomst måde. Dette skyldes måske, at området her har undgået den pyritomdannelse, som ellers har fundet sted.

Pyriten er placeret dels i sprækker og i enkelte laminae i glaukonitkornene og dels som overtræk på disse. Der er en slående lighed med de omdannelseszoner, de øvrige glaukonitkorn kan udvise, måske kan dette antyde, at nedbrydningen af glaukonitkornene i virkeligheden kunne være en nedbrydning af pyrit, som har været udfældet i glaukonitens sprækker og svaghedsområder.

#### Organismer

Bortset fra snegle og enkelte muslingefragmenter findes der spongiespikler i sandstenen. De er nu omdannet til kalcedon. Der er foraminiferer (flest bentiske), søpindsvinepigge, andre echinodermplader og fiskeknogler. I snegleskallerne ses spredte mikroboringer med en diameter på 7–8  $\mu\text{m}$ . Disse stammer sandsynligvis fra borende alger (minder om *Ostreobium* (Golubic et al. 1975: fig. 12.8 A og 12.9 A)) og kan i så fald godtgøre, at sedimentet (eller i hvert tilfælde snegleskallerne med mikroboringer) stammer fra lyszonen. Golubic et al. (1975) nævner vedrørende den borende grønalge *Ostreobium*, at den især optræder i den nedre del af den photiske zone. Han referer et dybdeinterval fra 18 til 30 m, hvori man ved Australien og ved Massachusetts har hovedoptræden

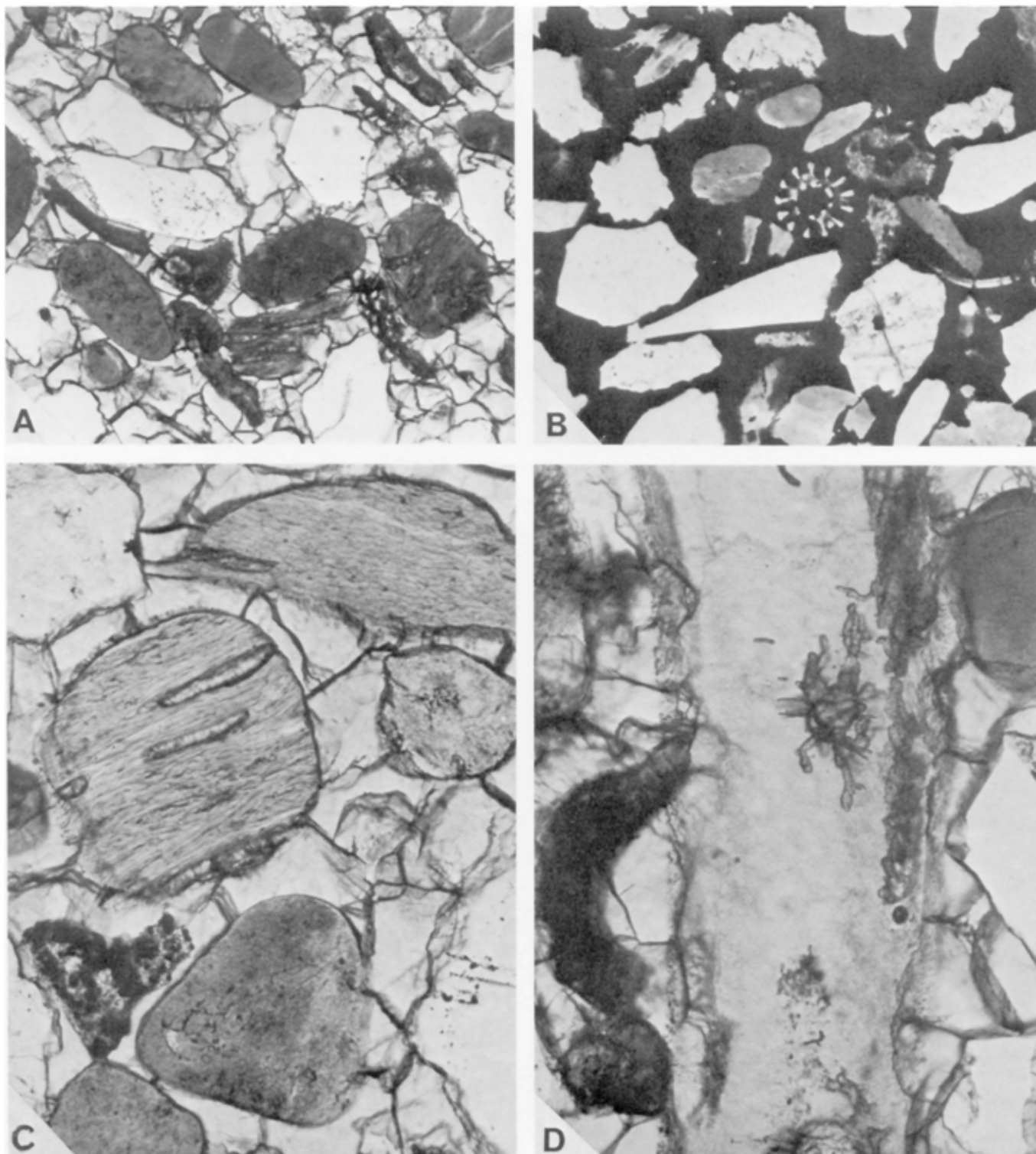


Fig. 3. Tyndslib. A: Als-blok. Mørke glaukonitkorn, lyse kvartskorn og grå kalkspatkrystaller. 100 ×. B: Bogø-blok. Grå glaukonitkorn og lyse kvartskorn i en meget mørk kalkspatmasse. I midten tværsnit af en søpindsvinepig. 100 ×. C: Als-blok. Afrundede glaukonitkorn omgivet af kalkspatkrystaller. Glaukonitkornet i midten er partielt omdannet. 250 ×. D: Als-blok. Mikroboring (algeboring?) i skalfragment. 250 ×.

Thin-sections. A: The Als-boulder. The dark grains are glauconite, the light grains are quartz and the grey grains are calcite crystals. 100 ×. B: The Bogø-boulder. The grey grains are glauconite, the light grains are quartz and the dark coloured matrix is calcite crystals. Note the echinoid spine. 100 ×. C: The Als boulder. Rounded, dark glauconite grains are surrounded by calcite crystals. Note the partial disintegration of the central glauconite grain. 250 ×. D: The Als boulder. Microboring (algal boring?) in a shell fragment. 250 ×.

af denne algeslægt. Denne dybde varierer naturligvis med vandets klarhed.

Den diagenetisk dannede kalkspat omkring halvdelen af slibets areal (stenens volumen) udgøres af kalkspatkrystaller, som er lyst gulbrune. Krystallerne, som næsten overalt er begrænsede af komprimisflader op mod den tilstødende krystal, varierer i størrelsen fra 5–75 µm, men hyppigst dog 60–70 µm. For det meste fylder store krystaller mellemrummene imellem de øvrige mineralkorn, men stedvis ses det, at små krystaller omgiver de enkelte andre korn som en bræmme.

#### Bogø-blokken

Tyndslibene viser, at blokken fra Bogø afviger noget fra Als-blokken. Kvarts- og glaukonitkornene ligger tættere, hvorfor der heller ikke er så meget kalkspat som i Als-blokken. Denne sten har utvivlsomt haft grain support tekstur. Bogø-blokken virker mere forvitret, idet mange glaukonitkorn viser tegn på nedbrydning og selve kalkspatudfyldningen er meget mørkt farvet, lige som den virker noget korroderet. Der er måske i begge disse forhold tale om følger af en pyritoxidation – ætset kalkspat og kraftig limonitudfældning. Her og der ses trykopløsning, oftest er det snegleskaller, som er blevet partielt opløst langs med kontakten til andre korn. (Tyndslib af Bogø-blokken ses i fig. 3 B).

Efter en syrebehandling af sedimentet med 10% saltsyre, bliver der hovedsagelig kun kvarts, glaukonit og muskovit tilbage. Også her er det iøjnefaldende, at der forekommer både »slidte«, afrundede kvartskorn og også »friske«, irregulære, bjergkrystalklare korn. De udsyrede glaukonitkorn er lidt aflange og velafrundede. Formen tyder på en oprindelse som glaukonitiserede kopro-liter.

#### Indholdet af dinoflagellater og alderen af Turritella-blokkene

Turritella-sandstenen er en velsorteret finsandsaflejring og den indeholder relativt få dinoflagellatcyster, fordi disse aflejres sammen med korn af siltstørrelse. Det har derfor været nødvendigt at oparbejde ret store prøver på 100–150 g sediment fra hver blok (imod normalt 20–40 g). Præparationen er udført som en normal palynologisk opar-

bejdning med flussyre. Følgende arter af dinoflagellatcyster blev fundet:

#### I Als-blokken (lab.nr. 782):

*Areoligera senonensis* (dominerende)

*Ceratiopsis* sp. cf. *C. speciosa*

*Hystrichosphaeridium tubiferum*

*Palaeoperidinium pyrophorum*

*Paralecaniella indentata* (hyppig)

*Spinidinium densispinatum*

Desuden fandtes et eksemplar af grønalgens *Palambages morulosa*.

#### I Bogø-blokken (lab.nr. 805):

*Achomosphaera alcicornu*

*Areoligera senonensis* (dominerende) (fig. 4 D)

*Palaeoperidinium pyrophorum* (fig. 4 F)

*Paralecaniella indentata* (hyppig) (fig. 4 E)

*Spinidinium densispinatum* (fig. 4 A og B-C).

Som det fremgår af artslisten, indeholder prøverne omtrent samme artsfattige dinoflagellatselskab, domineret af *Areoligera senonensis* og *Paralecaniella indentata*. Mikrofossilerne peger altså i lighed med makrofossilerne på en fælles kilde for disse løsblokke.

*Paralecaniella indentata* er normalt ikke hyppig i fuldt marine sedimenter fra Danmark Tertiær. Den hyppige forekomst af denne art i Turritella-blokkene kombineret med et artsfattigt selskab kan muligvis indicere kystnære betingelser, f.eks. et lagunemiljø. Ifølge Elsik (1977) karakteriserer *P. indentata* »marginalt marine til marine forhold«.

For aldersbestemmelsen af blokkene er især forekomsten af *Palaeoperidinium pyrophorum* og *Spinidinium densispinatum* af interesse. *P. pyrophorum* forekommer (omend med stærkt vekslende hyppighed) gennem nederste og mellemste Paleocæn i Danmark og arten uddør i Øvre Paleocæn (Heilmann-Clausen 1983). Undersøgelser fra den nordvestlige del af Atlanterhavet (Williams 1975, Ioakim 1979) og Europa (Costa & Downie 1976, Jan Du Chêne 1977) viser, at *P. pyrophorum* overalt uddør i Paleocæn i dette område. Tilstedeværelsen af *P. pyrophorum* i Turritella-blokkene peger derfor på en meget sikker datering til Mellem Paleocæn eller ældre.

*Spinidinium densispinatum* forekommer i Dan-

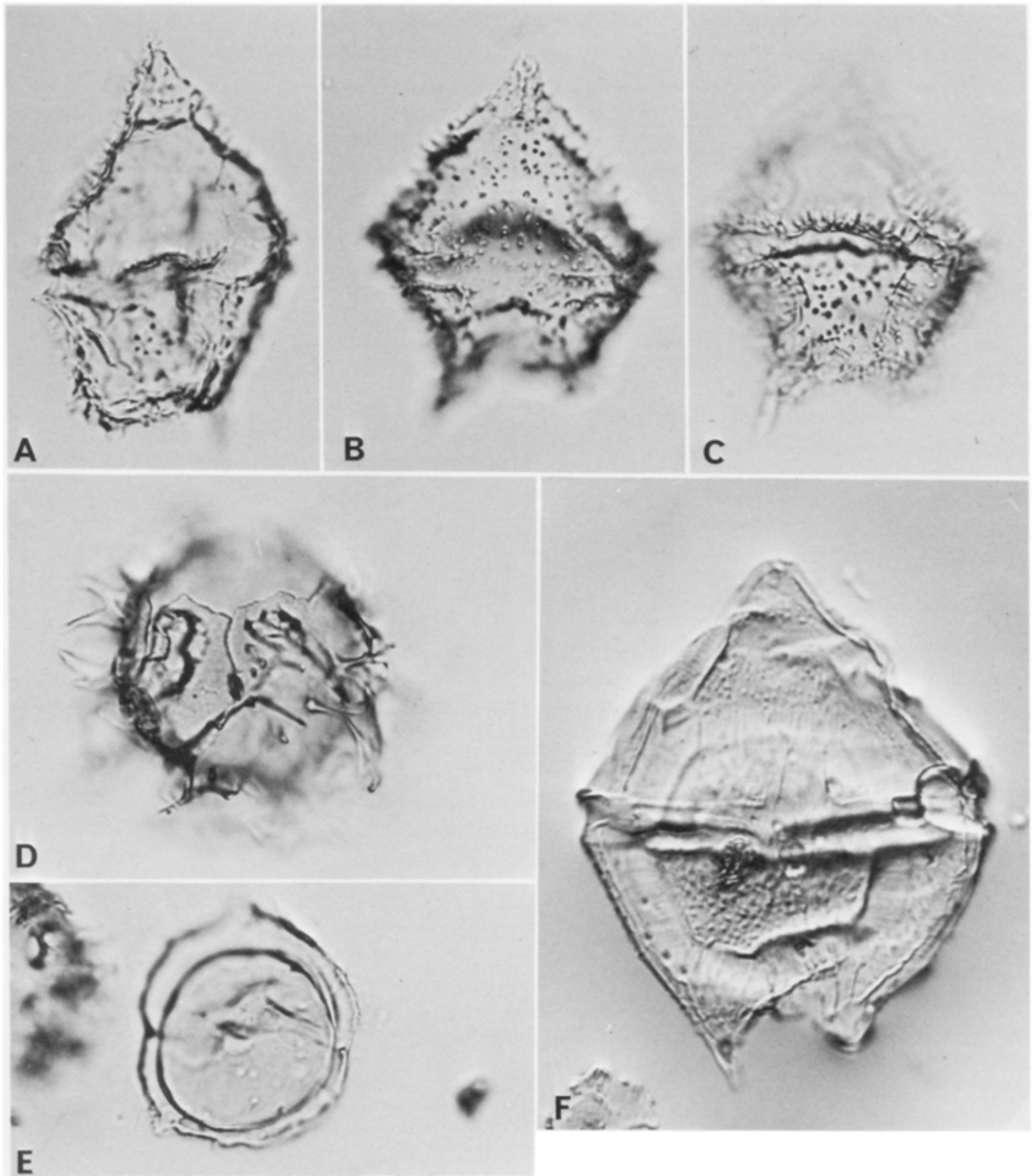


Fig. 4. Dinoflagellater fra Bogø-blokken. A: *Spinidinium densispinatum*. B-C: *Spinidinium densispinatum*, ventral- og dorsal-side af samme individ. D: *Areoligera senonensis*. E: *Paralecaniella indentata*. F: *Palaeoperidinium pyrophorum*. Alle 750 ×.

Dinoflagellates from the Bogø boulder. A: *Spinidinium densispinatum*. B-C: *Spinidinium densispinatum*, ventral and dorsal sides of the same specimen. D: *Areoligera senonensis*. E: *Paralecaniella indentata*. F: *Palaeoperidinium pyrophorum*. All 750 ×.

mark kun i en meget snæver zone omfattende det allerøverste Danien (Viborg 1 – og Harre boringerne i Midtjylland) (Thomsen & Heilmann-Clausen, under forb.) samt det nederste Selandien, nemlig Lellinge Grønsandet (Hansen 1980).

Det er på dette grundlag oplagt at korrelere Turritella-blokkene tidsmæssigt med Lellinge Grønsandet. Samtlige arter af dinoflagellatcyster fra de to blokke findes ligeledes i Lellinge Grønsandet, og som et yderligere lighedspunkt gælder,

at *Areoligera senonensis* har en særlig stor hyppighed i netop dette lag.

Det er interessant, at allerede Grönwalls undersøgelse (1904 a) af molluskerne i Turritella-blokkene viser et påfaldende stort sammenfald af arter (13) med netop Paleocænet ved København.

### Konklusion

Dinoflagellatanalysen peger på, at den rustbrune Turritella-sandsten er af samme alder som Lellinge Grønsandet. Den er sikkert afsat nærmere ved kysten på lavere vand (i lyszonen, men sublittoralt), hvor en sandsynligvis kystparallel bundstrøm har kunnet strømorientere de aflange snegleskaller. Bjergarten er oprindeligt en grønsandssten, som nu er forvitret til den rødbrune farve. Sandstenens aflejningssted ved den østlige begrænsning af det paleocæne (Selandien-) hav i Østersøområdet synes at skulle søges i farvandene omkring Bornholm.

### Tak

En tak til Midtsønderjyllands Museum i Gram og til Geologisk Museum i København for at have stillet henholdsvis Als-blokken og Bogø-blokken til rådighed for denne undersøgelse. Tak til Lone Eklund for gode forslag til det engelske abstract.

### Litteratur

- Blatt, H., Middleton, G. & Murray, R. 1980: *Origin of Sedimentary Rocks*. Second edition. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 782 s.
- Costa, L. I. & Downie, C. 1976: The distribution of the dinoflagellate *Wetzeliella* in the Palaeogene of north-west Europe. *Palaeontology*, 19(4), 591–614.
- Deecke, W. 1902: Neue Materialien zur Geologie von Pommern. *Mitteil. d. Naturw. Vereins für Neuvorpommern und Rügen zu Greifswald*, 34. Jahrg., 123 s.
- Elsik, W. C. 1977: *Paralecaniella indentata* (Defl. & Cooks. 1955) Cookson & Eisenack 1970 and allied dinocysts. *Palynology* 1, 95–102.
- Garboe, A. 1959: *Geologiens Historie i Danmark*. I. 283 s. København.
- Golubic, S., Perkins, R. D. & Lukas, K. J. 1975: Boring Microorganisms and microborings in Carbonate Substrates. In Frey, R. W. (Ed.): *The Study of Trace Fossils*. New York.
- Grönwall, K. A. 1897: Block af paleocæn från Köpenhamn. *Meddr. Dansk geol. Foren.* Nr. 4, s. 53–72.
- Grönwall, K. A. 1904 a: Forsteningsførende Blokke fra Langeland, Sydfyn og Ærø. *Dann. geol. Unders.* II, 15, 62 s.
- Grönwall, K. A. 1904 b: Geschiebestudien, ein Beitrag zur Kenntnis der ältesten baltischen Tertiärablagerungen. *Jahrb. d. Königl. preuss. Geologischen Landesanstalt und Bergakademie für 1903*, Bd. XXIV, H.3, 420–439. Berlin 1904.
- Hadding, A. 1929: The Pre-Quaternary Sedimentary Rocks of Sweden. III. The Paleozoic and Mesozoic Sandstones of Sweden. *Lunds Univ. Årsskr.* N. F. Avd. 2. Bd. 25, Nr. 3, 287 s.
- Hadding, A. 1932: The Pre-Quaternary Sedimentary Rocks of Sweden. IV. Glauconite and Glauconitic Rocks. *Lunds Univ. Årsskr.* N. F. Avd. 2. Bd. 28, Nr. 2, 175 s.
- Hadding, A. 1933: The Pre-Quaternary Sedimentary Rocks of Sweden. V. On the Organic Remains of the Limestones. *Lunds Univ. Årsskr.* N. F. Avd. 2. Bd. 29. Nr. 4, 93 s.
- Hansen, J. M. 1977: Dinoflagellate stratigraphy and echinoid distribution in Upper Maastrichtian and Danian deposits from Denmark. *Bull. geol. Soc. Denmark*, 26, 1–26.
- Hansen, J. M. 1980: *Stratigraphy and structure of the Paleocene in central Western Greenland and Denmark*. Licentiat-afhandling, Københavns Universitet, 156 s.
- Heilmann-Clausen, C. 1983: *Dinoflagellate zonation and lithostratigraphy of Palaeocene and Eocene sediments from Denmark*. Licentiat-afhandling, Århus Universitet.
- Hucke, K. 1967: *Einführung in die Geschiebeforschung*. Verlag Nederlandse Geolog. Vereniging, Oldenzaal, 132 s., 50 tvl.
- Ioakim, C. 1979: *Étude comparative des dinoflagellés du Tertiaire Inférieur de la Mer du Labrador et de la Mer du Nord*. Doktorafhandling, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 204 s.
- Jan Du Chêne, R. 1977: Nouvelles données sur la palynostratigraphie des Flyschs des Préalpes externes (Suisse). *Arch. Sc. Genève*, 30(1), 53–63.
- v. Koenen, A. 1885: Ueber eine Paleocäne Fauna von Kopenhagen. *Abh. d. Königl. Gesellschaft d. Wissenschaften zu Göttingen*. Bd. 32. 128 s. og 2 tavler.
- Lundgren, B. 1882: Studier öfver fossilförande lösa block. *Geol. Fören. i Stockholm Förhandl.* 1882. Nr. 71, Bd. VI. H.1, 31–34.
- Müller, Th. 1937: *Das marine Paläozän und Eozän in Norddeutschland und Südsandinavien*. 123 s. Berlin.
- Mørch, O. 1874: Forsteningerne i Tertiærlagene i Danmark. *Medd. på det Ilte skandinaviske Naturforskermøde i Kjøbenhavn 1873*, 274–298. København.
- Pontoppidan, E. 1763: *Den Danske Atlas*, Bd. 1.
- Rasmussen, L. Banke 1967: Tertiærperioden. I: *Danmarks Natur*, Bd. 1, 161–198. København.
- Thomsen, E. & Heilmann-Clausen (under forberedelse): The Danian-Selandian boundary sequence at Svejstrup and remarks on the biostratigraphy of the boundary in western Denmark.
- Williams, G. L. 1975: Dinoflagellate and spore stratigraphy of the Mesozoic-Cenozoic, offshore eastern Canada. *Geol. Surv. Can., Paper 74–30*, bind 2, 107–161.