

Lithologi, lithostratigrafi og aflejringsmiljø i Anholtboringen

OLE BJØRSLEV NIELSEN



Nielsen, O. B.: Lithologi, lithostratigrafi og aflejringsmiljø i Anholtboringen. *Dansk geol. Foren. Årsskrift for 1990-91*, side 67-72, København, 18. november 1992.

The Anholt Borehole was drilled in the spring 1990, as part of the Geokatproject. The borehole was cored almost entirely, with supplementary cuttings sampling in some intervals.

The Quaternary section, down to 104 m below surface, consists of Saale tills overlaid by meltwatersands and marine clays of Eemian age. Above these clays a series of mainly non-marine sand- and clay layers are present. The composition is dominated by 2 different sources: a) Mesozoic carbonates and flint of Cretaceous/Danian age, and muscovite, quartz and brown coal fragments of Jurassic age, and b) unweathered rock-fragments from the Precambrian basement of Scandinavia, containing amongst others feldspars and amphiboles.

The Jurassic section, 104-306 m, consists of marine clay-layers with thin stormsand layers referred to the Fjerritslev Formation (196-306 m) and alternating non-marine sand- and clay-layers with few, thin brown-coal layers referred to the Haldager Sand Formation (104-196 m). Generally, the Jurassic section is coarsening upwards, but it is uncertain whether there is a hiatus between the two formations or not. In the lowermost, more bioturbated, part ammonites have been found. Intervals with abnormal high Th-concentrations have been identified, both in sand- and clay layers.

Kaolinite, quartz and muscovite are the dominating minerals in the upper part, while illite, chlorite and smectite make up a substantial proportion in the lower marine part.

The intervals 0-104 m and 189.2-306 m have horizontal bedding, while the intermediate interval has dips of 20°. From 187,05-189,2 m all primary sediment-structures are destroyed by a normal fault, probably also responsible for the tilting of the intermediate section.

Ole Bjørnslev Nielsen, Geologisk Institut, Aarhus Universitet, C. F. Møllers Allé, 8000 Århus C, 28. november 1991.

Indledning

Anholtboringen (se Fig. 1) blev udført i foråret 1990 som led i Geokatprojektet – et forskningsrædsstøttet projekt ved Geologisk Institut, Aarhus Universitet, under indsatsområdet Maringeologi. Boringen er lokaliseret på den lave nordvendte strandflade neden for en meget veludviklet Littorinaskrænt. Boringen blev i videst muligt omfang udført som en kerneboring med supplerende skylleprøver i de intervaller, der ikke kunne kernebores, og den blev ført ned til slutdybden på 306 m under terræn, ca. kote -304 m. Der er blevet udført spektral gammalogging i borehullet, (Korsbech og Gynther Nielsen, 1990, a og b).

Anholt ligger lige på den nordøstlige begrænsning af den senkretassiske-tidlige tertiære inversionszone (Liboriussen, Ashton og Tygesen, 1987), men kan også være påvirket af den senter-tiære landhævning (Jensen og Schmidt, 1991).

Metoder

Der er udført en lang række sedimentologiske analyser på ca. 250 udvalgte prøver. I det følgende skal de vigtigste metoder kort gennemgås.

Kornstørrelsesanalyser

Sandprøver blev tørsigtede, lerprøver blev underkastet slemmeanalyse ved Andreasen-pipette-metoden, og mindre velsorterede prøver blev analyseret ved hjælp af begge metoder.

Mineralanalyser

Efter tørring og knusning blev prøverne analyseret på et røntgendiffraktometer. Mineraler, der udgjorde mere end ca. 2% blev identificeret, og deres andel beregnet. På fraktionen <2 µm blev der lavet kvantitativ mineralbestemmelse, både af ler- og ikke-lermineralerne.

Herudover blev der lavet røntgenfotografier af ca. 25 sedimentskiver.

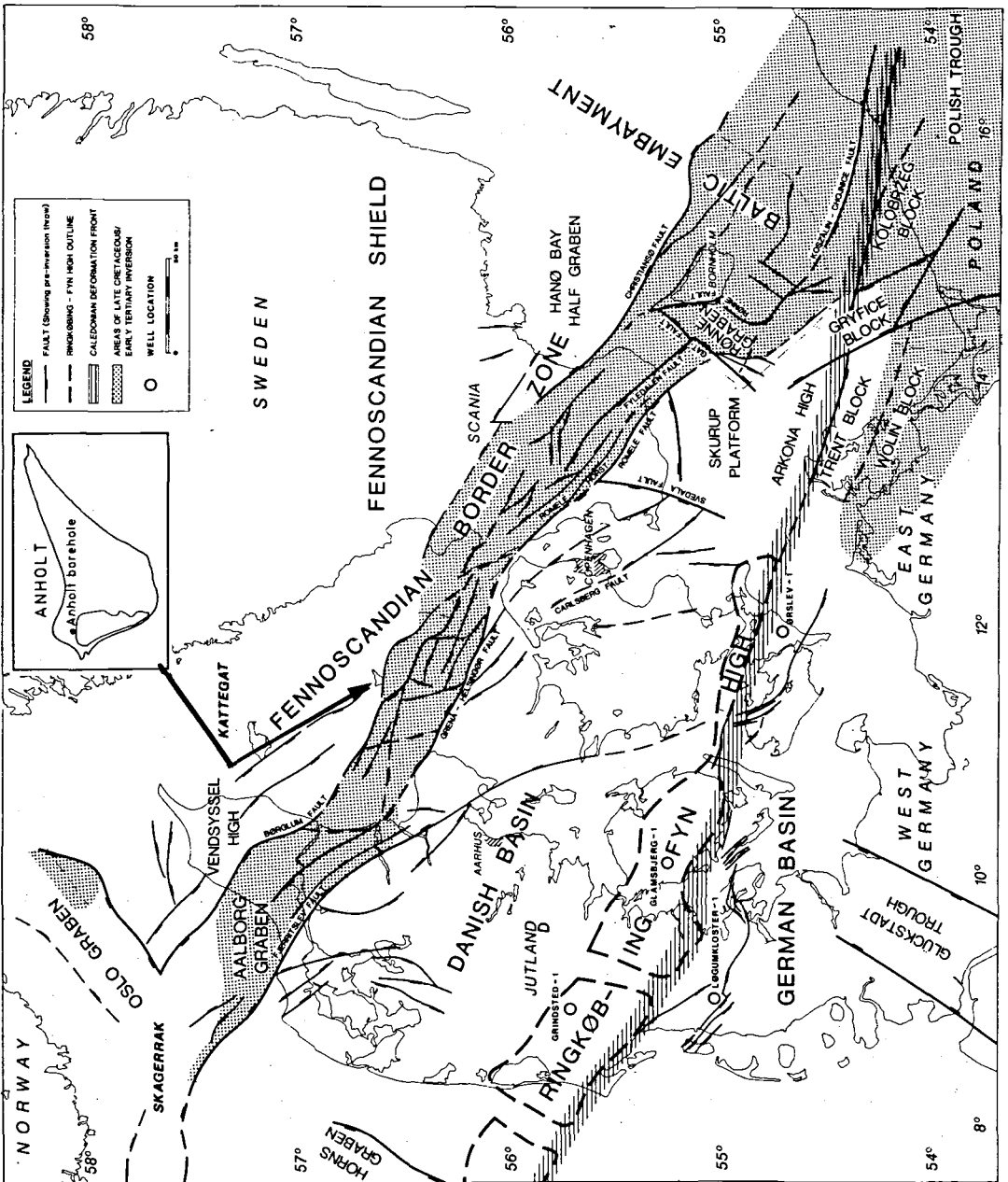


Fig. 1. Lokaltetskort og den tektoniske nomenklatur (fra Liboriussen et al., 1987).

Location map and tectonic nomenclature (from Liboriussen et al., 1987).

Lithologi

Lagerien kan opdeles i 2: 1) den kvartære del og 2) den jurassiske del. (Fig. 2).

Den kvartære del

Den kvartære del (Fig. 2) går fra overfladen ned til ca. 104 m og omfatter nederst 15 m moræneler sandsynligvis fra Saale glaciationen, overlejret af

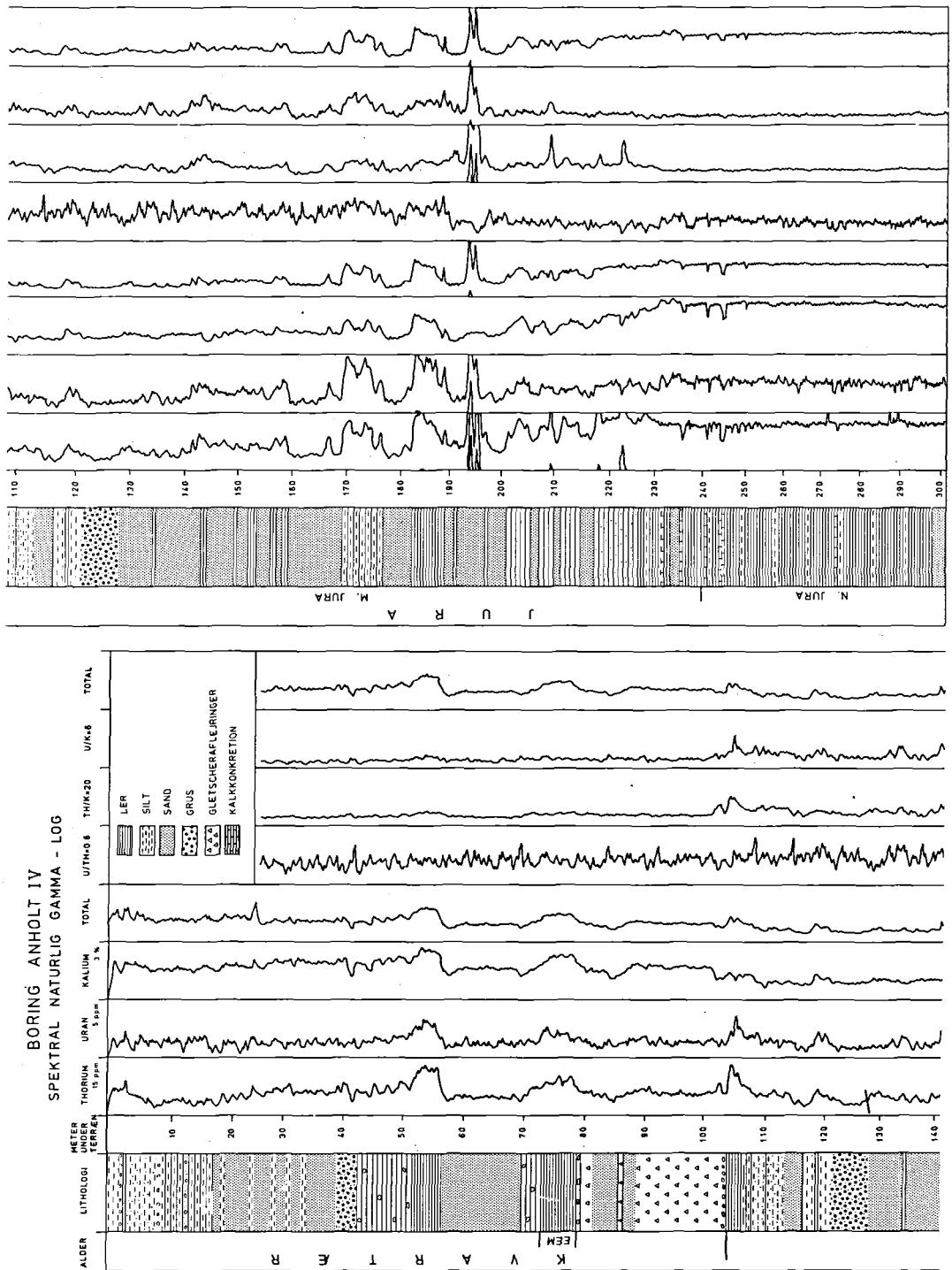


Fig. 2. Lithologi og Spektral Naturlig Gammalog.

Lithology and Spectral Natural Gammalog.

7 m smeltevandssand og derefter af 8 m marine lerlag fra Eem interglaciertiden. Derover ses 70 m vekslende sandede og lerede, overvejende ikke-marine sedimenter. Weichselmoræner er ikke truffet i boringen. Umiddelbart syd for borestedet hæver terrænet sig op til ca. 40 m, og gletscheraflejringer fra sidste istid må formodes at være tilstede i disse højereliggende sedimenter. Sedimenternes sammensætning er præget af to forskellige kildebjergarter: a) Mesozoiske sedimenter, der markerer sig ved et ret højt karbonatindhold samt flint i hele den kvartære del, sandsynligvis stammende fra erosion og genaflejring af sedimenter fra Øvre Kridt/Danien og ved et stort indhold af muskovit og brunkulsfragmenter, sandsynligvis stammende fra erosion af jurassiske klastiske sedimenter. b) Det skandinaviske grundfjeldsområde, der markerer sig ved tilstedeværelsen af en lang række ret uforvitrede bjergartsfragmenter af grus- og stenstørrelse med et karakteristisk indhold af forskellige ustabile feldspater og amfiboler.

Gammaloggen

At dømme efter den spektrale gammalog (Fig. 2), synes der ikke at være variationer i kildematerialets sammensætning op gennem de kvartære sedimenter. Alle ratioer mellem de forskellige bidrag til den totale gammastråling, K, U og Th, er konstante og dermed tilsyneladende helt uafhængige af sedimenternes alder, type og aflejningsmiljø. En biostratigrafisk undersøgelse af den kvartære del er udført af Seidenkrantz (dette hefte).

Den jurassiske del

Den jurassiske del (Fig. 2) består af ler- og sandaflejringer af både marin og ikke-marin oprindelse. Sedimenterne kan opdeles i to dele; en nedre del, tilhørende Fjerritslev Formationen og en øvre del, tilhørende Haldager Sand Formationen (se Michelsen, 1989).

Fjerritslev Formationen, fra ca. 196–306 m, omfatter de to Members, F-III og F-IV. Grænsen mellem de to Members kan ikke fastlægges entydigt. I de nederste meter af boringen ses enkelte horisonter med ammonitrestes, og der optræder også her lidt mere sandmateriale, ligesom bioturbationsgraden er større end i den øvrige del af

lagserien. Den resterende del af Fjerritslev Formationen består af ret homogene marine lerlag vekslende med mm og cm-tykkede stormsandlag. Lerlagene bliver tyndere og mere grovkornede opadtil. Sandlagene bliver også mere grovkornede opadtil og tiltager samtidig i tykkelse. I nogle af de øverste sandlag ses småskala skråløjninger. Det er denne øvre del, der formentlig kan henføres til Member F-IV.

Haldager Sand Formationen, fra ca. 104–196 m, består af mere varierende overvejende ikke-marine ler- og sandlag med enkelte cm-tykkede brunkulslag.

Gammaloggen

Den spektrale gammalog er helt uden variationer i den nedre del, bortset fra enkelte cm-tykkede niveauer i øvre del, hvor karbonatkonkretioner optræder. Den øvre del er langt mere varierende i lithologi, og også gammalog responset varierer meget. Det kan ikke udelukkes, at der er en kontinuert overgang mellem de marine opadgrovende sedimenter i den nedre del og de ligeledes opadgrovende, og efterhånden også ikke-marine sedimenter fra øvre del, men det er også muligt, at der er en eller flere hiati i sekvensen. Kerne-dækningen er ikke god i dette interval.

I intervallet fra ca. 196–225 m optræder på gammaloggen flere tynde horisonter med et stærkt forhøjet Th-indhold. Det mest markante ses i et større sandlag, medens flere mindre kraftige horisonter ses i lerlag eller på overgangen mellem tyndere sand- og lerlag. Oprindelsen af disse specielle lag er ikke kendt, men der kan være tale om koncentration af Th-holdige tungminerale og evt. en Th-berigning af stærkt kaoliniserede lag. I tilsvarende lagserier fra andre borer findes flere eksempler på authigen kaolinitdannelse i porerummene i sandede lag, men der er endnu ikke målt Th-koncentrationer i disse kaolinitter.

Mineralogien

Sammensætningen af den jurassiske lagserie er præget af meget modne mineraler, såsom velafrundet kvarts, muskovit og velkrystalliseret kaolinit. Herudover findes små mængder authigent pyrit, siderit og andre karbonater.

Især kaolinitten påkalder sig megen opmærk-

somhed, idet den i den øvre sandede del er ekstremt velkrystalliseret og dominerer helt lerfraktionen. Der kan være tale om enten aflejring af store velkrystalliserede detritiske kaolinitpartikler eller authigen kaolinitdannelse i porerummet mellem kvartskornene i Haldagersandet (Nielsen og Friis, 1985). Authigen kaolinitdannelse er fundet mange steder i Nordsø-regionen i jurassiske sandede aflejringer. Hvor disse sedimenter er blevet diagenetisk modnede gennem overlejring af 2-3 km sediment, har man kunnet iagttage en stigende termisk stabilitet af kaoliniten, således at man i prøver fra de dybeste niveauer har skullet op på 575-600°C for at destruere kaolinitkrystallerne, medens 500°C er tilstrækkelig i diagenetisk mindre modnede sediment. I Anholt-boringen har 500°C været en tilstrækkelig høj temperatur til krystaldestruktionen, selv om kaoliniten fremtræder ekstremt velkrystalliseret. Den maksimale overlejring af disse sedimenter har, på baggrund af vitrinitreflektans (Birthe Schmidt (pers. mædd.)), været ca. 1000 m.

I den nedre lerede del forekommer stigende andele af illit og klorit, og i de mest finkornede dele under ca. 250 m efterhånden også substantielle andele af smectiter. Denne karakteristiske udvikling af lermineralparagenesen er i nøje overensstemmelse med kornstørrelses-variationerne, således at de mest finkornede sedimenter, der formentlig er aflejret under størst vanddybde og længst borte fra kystzonen, indeholder en tilsvarende større andel af lermineraler med statistisk mindst partikelstørrelse, altså af smectit. Klorit er sandsynligvis dannet diagenetisk, medens illit både kan være af detritisk og diagenetisk oprindelse.

Biostratigrafiske undersøgelser af den mellem- og nedre jurassiske serie er udført af Ravn-Sørensen (dette hefte) og Koppelhus (dette hefte).

Tektoniske forstyrrelser

Intervallerne fra 0-104 og 189,2-306 m har horisontal lagdeling, medens der er en hældning på op til 20° i det mellemliggende interval. Fra 187,05-189,2 m er alle primære sedimentstrukturer destruerede, formentlig forårsaget af en forkastning, der også kan have været ansvarlig for hældningen af lagserien fra 104-187,2 m. På seismiske profiler i området mellem Anholt og Sjælland er

der flere steder erkendt dybt nederoderede kanaler (ned til ca. 250 m), der er overlejret af ca. 100 m sediment af formentlig Kvartær alder. Disse kanalers fortsættelse under Anholt er ikke endnu stedfæstet, og de ses ikke i området nord for øen. Der kunne være en sammenhæng mellem erosionen af kanalerne og forkastningen og den hældende lagserie, således at brinken i en kanal, der består af mellem-jurassisk materiale, kan være blevet ustabil og skredet ud i kanalen i en normal forkastning. Der forekommer dog også på Fig. 1 en normal forkastning i området lige nord for Anholt som kunne hænge sammen med forkastningen lokaliseret i boringen på Anholt.

I området nordøst for Anholt er der på flere undergrundskort angivet tilstedeværelsen af kalksten af Øvre Kridt-Danien alder i et tungformet legeme med nordvest-sydøstlig udbredelse. Dette kunne indicere, at Anholt-området har deltaget i den senkretassiske-tidlige tertiære inversion, men det kan ikke afgøres på baggrund af det forhåndenværende materiale.

Konklusion

1) Den kvartære del, ned til ca. 104 m, omfatter nederst moræner af Saale alder, overlejret af smeltevandssand og derefter af marine lerlag fra Eem interglaciale tiden. Derover ses vekslende sandede og lerede, overvejende ikke-marine sediment. Der er formentlig overvejende tale om smeltevandssand og issøler. Sedimenternes sammensætning er præget af 2 forskellige kildebjergarter. a) Mesozoiske sediment, såsom karbonater og flint samt muskovit og brunkulsfragmenter, og b) Uforvitrede bjergartsfragmenter fra det skandinaviske grundfjeldsområde.

2) Den jurassiske del består af ler- og sandlag, og kan opdeles i: a) en nedre del, ca. 196-306 m, bestående af ret homogent marint ler med mm-tykkede stormsandlag tilhørende Fjerritslev Formationens Member F-III og F-IV og b) en øvre del, ca. 104-196 m, bestående af mere varierende ikke-marine ler- og sandlag med enkelte cm-tykkede brunkulslag tilhørende Haldager Sand Formationen.

Der kan være en kontinuert overgang mellem de marine opadgrovende sediment i den nedre del og de ligeledes opadgrovende, og efterhånden også ikke-marine sediment fra øvre del,

men der kan også være hiati i sekvensen. På gammaloggen ses flere tynde lag med et meget stort Th-indhold, både i sand- og lerlag. Oprindelsen af disse er ikke kendt, men kan skyldes Th-holdige tungmineraller og evt. en Th-berigning af stærkt kaolinitiske lag.

Intervallerne fra 0–104 og 189,2–306 m har horisontal lagdeling, medens der er en hældning på op til 20° i det mellemliggende interval. Fra 187,05–189,2 m er alle primære sedimentstrukturer destruerede af en forkastning, der også kan have været ansvarlig for hældningen af lagserien fra 104–187,2 m. Den jurassiske lagserie er præget af modne mineraller, som velafrundet kvarts, muskovit og kaolinit. Herudover findes lidt pyrit og siderit. I den marine nedre del findes også klorit, illit og smectit.

Tak

Projektet er finansieret af Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd (j.nr. 11-7775).

Litteratur

- Jensen, L. N. og Schmidt, B. J., 1991: Neogene uplift and erosion in the Northeastern North Sea; magnitude and consequences for hydrocarbon exploration in the Farsund Basin. *3rd E.A.P.G. Conference, Florence*, side 00–00.
- Koppelhus, E. B., 1992: Palynologiske analyser fra Anholt boringen sammenlignet med tilsvarende undersøgelser i Øresundsboringerne 2,3 og 15 og korreleret til ostracod-zoner. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1990–91*, side 73–78.
- Korsbech, U. og Gynther Nielsen, K., 1990a: SNG-log i Anholt IV. *Upubliceret rapport, BHR-56, DTH, Afd. f. Elektrofysik*, 16 sider.
- Korsbech, U. og Gynther Nielsen, K., 1990b: Supplerende SNG-log i Anholt IV boringen. *Upubliceret rapport, BHR-59, DTH, Afd. f. Elektrofysik*, 11 sider.
- Liboriussen, J., Ashton, P. og Tygesen, T., 1987: The tectonic evolution of the Fennoscandian Border Zone in Denmark. *Tectonophysics* 37, 21–29.
- Michelsen, O., 1989: Revision of the Jurassic lithostratigraphy of the Danish Subbasin. *Danm. geol. Unders., Ser. A, 24*, 22 sider.
- Nielsen, B. L. og Friis, H., 1985: Diagenesis of Middle Jurassic Haldager Formation Sandstone in the Danish Subbasin, North Jutland. *Bull. geol. Soc. Denmark*, 33, 273–285.
- Ravn-Sørensen, H., 1992: En palynologisk undersøgelse af intervallet 232 m.u.t. – 105 m.u.t. i Anholt boringen – En præsentation og diskussion af foreløbige resultater. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1990–91*, s. 79.
- Seidenkrantz, M.-S., 1992: Nye oplysninger om Kvartær stratigrafi – baseret på foraminiferer fra en ny boring på Anholt, Kattegat. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1990–91*, 81–88.