

Stratigrafisk analyse af Jegerup boringen, DGU nr. 142.924, i Sønderjyllands Amt

Stefan Piasecki & Erik Skovbjerg Rasmussen



Stratigrafisk analyse af Jegerup boringen, DGU nr. 142.924, i Sønderjyllands Amt

Stefan Piasecki & Erik Skovbjerg Rasmussen

Indhold

Sammenfatning	4
Indledning	6
Geologisk ramme	9
Litostratigrafi	12
Sedimentologi	14
Litologisk beskrivelse	14
DGU no. 142.924	14
Biostratigrafi	19
Metoder	19
Analyse af Jegerup boringen (DGU no. 142.924)	20
Generelle bemærkninger	20
Vejle Fjord Formation, Brejning Ler (<i>in situ?</i>)	21
Pleistocæn sedimenter I.....	22
Pleistocæn sedimenter II	23
Pleistocæn sedimenter III	24
Pleistocæn – Holocæn sedimenter.....	24
Stratigrafisk konklusion	25
Figurtekster	28
Referencer	29

Sammenfatning

Denne undersøgelse er baseret på materiale fra én boring ved Jegerup (DGU nr. 142.924) i Sønderjyllands Amt. Formålet med boringen og undersøgelsen er at bidrage til kortlægningen af potentielle grundvandsmagasiner i Sønderjyllands Amt. Materialet er beskrevet litologisk og ca. 40 udvalgte prøver er blevet analyseret palynologisk med henblik på en biostratigrafisk datering og opdeling af lagserien. Biostratigrafien er baseret på fossile dinoflagellat cyster, som har vist sig at være et effektivt biostratigrafisk redskab til at datere den Miocæne lagserie og til at korrelere på tværs af litologien. Denne miocæne biostratigrafi i Danmark er baseret på analyser af et omfattende materiale fra mere end 40 boringer og daglokaliteter i Midt- og Sønderjylland samt boringer i Nordsøen.

Den gennemborede lagserie er domineret af sand og grus associeret med bjergartsfragmenter og flint ned til 153 meter. Der er ikke registreret marin fauna i form af mol-lusk skaller men lignit rester forekommer øverst til midt i boringen. Glaukony-holdigt, grønt ler er fundet nederst i boringen.

Miocæne dinoflagellater dominerer i den gennemborede lagserie og afspejler en Miocæn pseudo-stratigrafi med floraer fra Hodde- og Gram Formationer i den øvre del og Vejle Fjord Formationen i den nederste del. Det mellemliggende interval er domineret af en blanding af omlejrrede eller nedfaldne Miocæn dinoflagellater uden direkte at afspejle den kendte stratigrafi. Baseret på den ukarakteristiske stratigrafiske fordeling af dinoflagellat floraen og de afvigende værtssedimenter konkluderes det, at den gennemborede lagserie omfatter Pleistocæn – Holocæn aflejringer. Disse omfatter primært oparbejdede Miocæn sedimenter. Men de nederste 2–3 meter i boringen som er grønt, glaukony-holdigt ler antages at kunne være faststående Brejning Ler, Vejle Fjord Formation. Alternativt er dette Brejning Ler også en del af glacialt forstyrrede sedimenter.

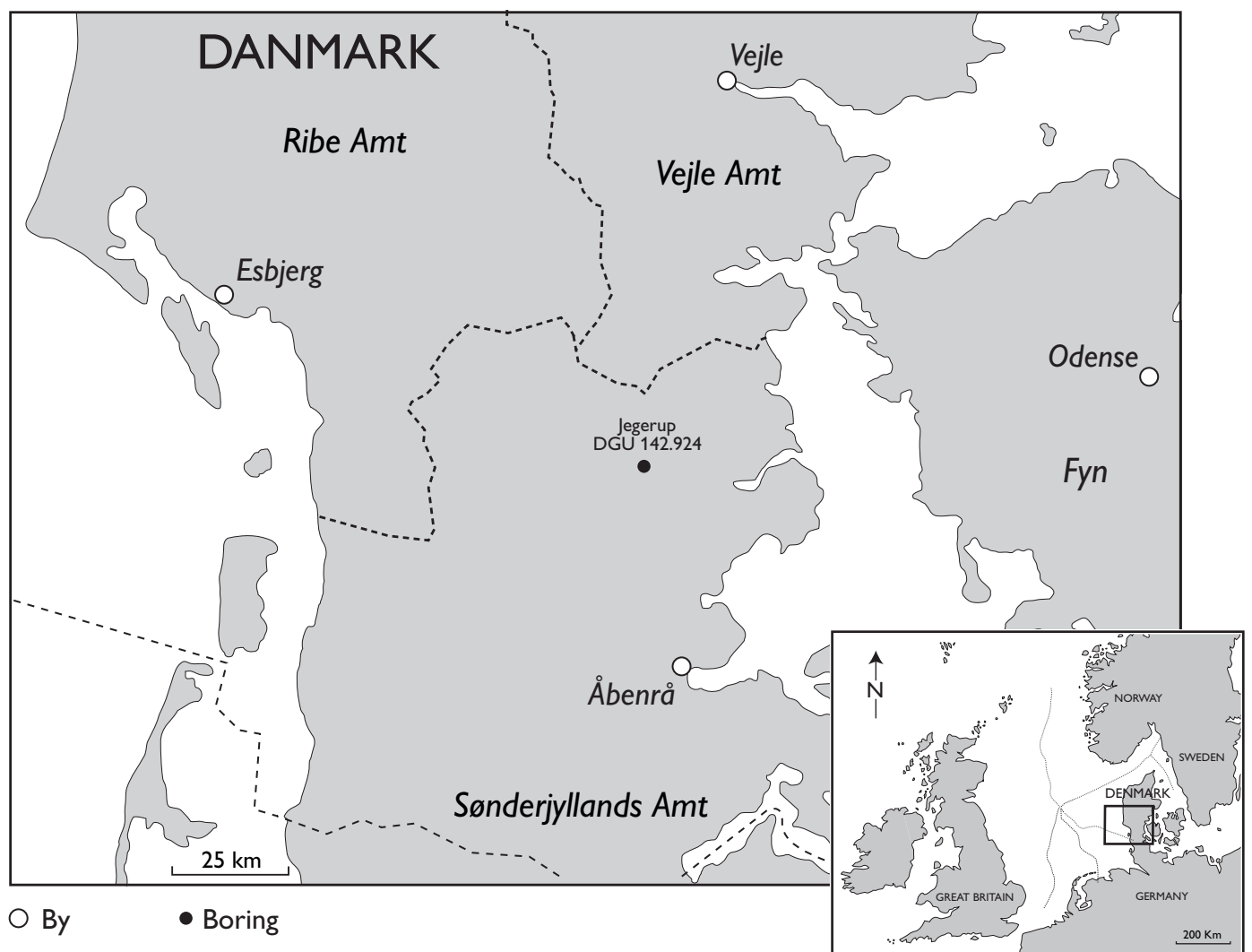
Lagserien kan opdeles i 5 enheder på grundlag af den palynologiske analyse. Den nederste antages at omfatte *in situ* Brejning Ler, overlejret af tre Pleistocæn enheder og øverst en Pleistocæn–Holocæn enhed. Da de pleistocæne – holocæne sedimenter ikke indeholder primære dinoflagellater eller spore-pollen i registrerbare mængder, er opdelingen baseret på omlejrrede fossiler som repræsenterer sedimenternes kildeområder; miocæne dinoflagellater, palæogene dinoflagellater og nedre palæozoiske acri-

tarcher. Ferskvandsalgen *Botryococcus* spp. er markant repræsenteret i en af enhederne, og kan være enten *in situ* eller stamme fra de miocæne sedimentter.

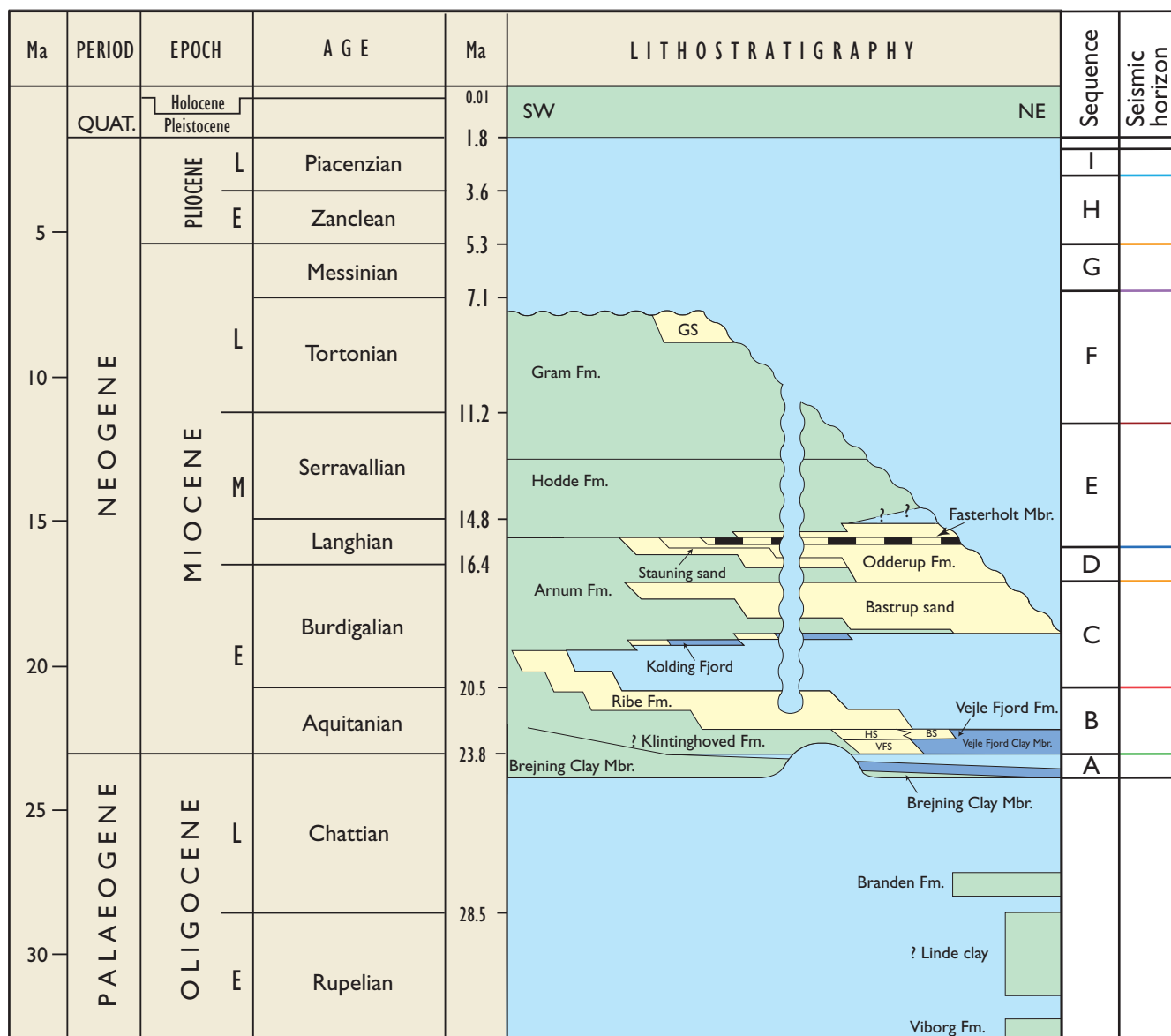
Indledning

I forbindelse med kortlægning af grundvandsmagasiner i Sønderjyllands Amt blev der i 2005 boret en 185 meter dyb boring ved Jegerup (Figur 1). Formålet med boringen og den stratigrafiske undersøgelse er at bidrage til kortlægningen og forståelsen af potentielle grundvandsmagasiner. En detaljeret tredimensionel kortlægning af lagseriens stratigrafi er nødvendig for en vurdering af volumen og udbredelse af disse potentielle grundvandsmagasiner.

Det opborende materiale er beskrevet litologisk og ca. 40 udvalgte prøver er blevet analyseret palynologisk med henblik på en biostratigrafisk datering og opdeling af lagserien. Biostratigrafien er baseret på fossile dinoflagellat cyster, som har vist sig at være et effektivt biostratigrafisk redskab til at datere den miocæne lagserie og til at korrelere på tværs af litologien (Dybkjær 2004a, b; Rasmussen & Dybkjær 2005). Den anvendte miocæne biostratigrafi i Danmark er baseret på analyser af et omfattende materiale fra mere end 40 boringer og daglokaliteter i Midt- og Sønderjylland samt boringer i Nordsøen. Kombineret med sedimentologiske og sekvensstratigrafiske analyser af boringer og geofysiske data kan de stratigrafiske forhold i lagserien udredes. Den opdaterede miocæne stratigrafi i Jylland er vist i figur 2.



Figur 1: Kort over det sydlige Jylland med placering af Jegerup boringen i Sønderjyllands Amt.

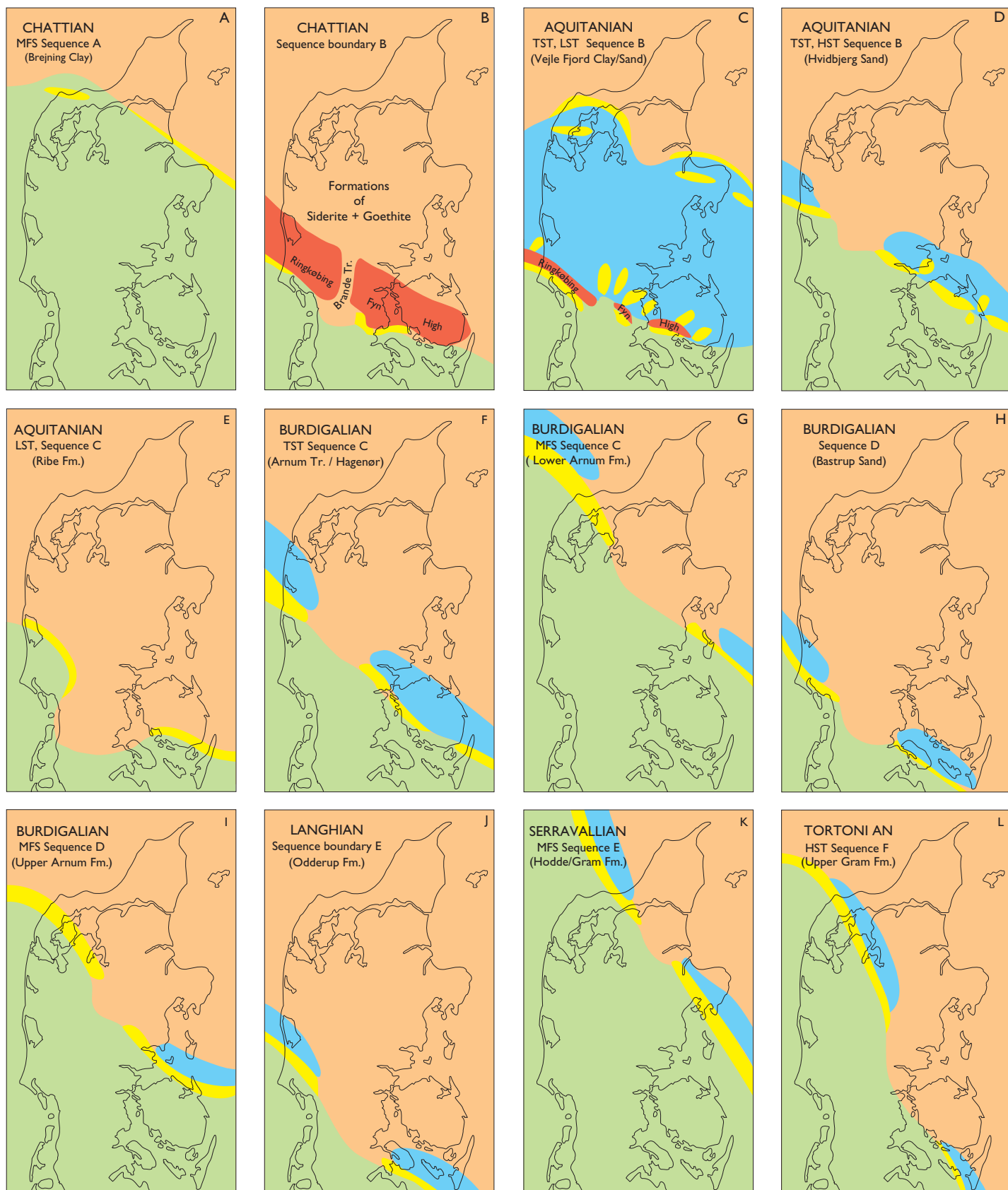


Figur 2: Den opdaterede litostratigrafi for øverste Oligocæn og Miocæn aflejringer i Jylland, dateret og korreleret med sekvensstratigrafi.

Geologisk ramme

Nordsøbassinet blev dannet som en konsekvens af den termale indsynkning, der efterfulgte gravdannelsen i Jura (Ziegler 1982; Vejrbæk 1992). Dette bassin strakte sig fra Norge i nord, nedover Skåne, Baltikum og Nordtyskland, hvorefter den sydlige afgrænsning forløb nedover Belgien og Nordfrankrig. Den vestlige afgrænsning er mere upræcist, men har formodentligt forløbet op langs Østengland og videre op langs Skotlands- og Shetlandsøernes østkyst. Mellem Shetland og Norge var der et smalt stræde, der virkede som en barriere, så Nordsøen i perioder har været brakt. Den maksimale udbredelse af havet i dette bassin forekom i Sen Kridt, hvor kalk og limsten blev aflejret. I forbindelse med Den alpine Foldning (Sen Kridt og Paleocæn) blev dele af bassinet kraftig påvirket. Dette resulterede i kraftig inversionstektonik og sandsynligvis også i hævnning af Det fennoskandiske Skjold. Specielt ses en markant udbygning af kystlinien i bassinet fra nord i Eocæn, men paleocæne gravitetsafsætninger på Ringkøbing-Fyn Højderyggen (Danielsen *et al.* 1995) indikerer formodentligt at udbygningen startede allerede på dette tidspunkt. Udbygningen i den centrale del af bassinet var karakteriseret ved en typisk sokkeludbygning i et hav med 500–700 meters vandybde. Længe mod øst (det nuværende Danmark) var vandybderne væsentligt lavere, mellem 0 og ca. 100 meter (Hindsby *et al.* 1999). I Paleocæn og Eocæn tid var udbygningen koncentreret til de marginale dele af bassinet syd for det nuværende Norge (for eksempel Jordt *et al.* 1985) mens aflejringerne i Danmark var domineret af finkornede sedimenter (Heilmann-Clausen 1995). I Oligocæn nåede udbygningen ned i det danske område og der aflejredes lavmarine, sandrige sedimenter i Nordjylland og Midtjylland, især omkring Ringkøbing-Fyn Højderyggen. Deltaudbygning fra nord dominerede lokalt, men generelt blev sedimenterne aflejret i oddekomplekser med bagvedliggende laguner og åbent hav mod syd og sydvest (Heilmann-Clausen 1995; Friis *et al.* 1998; Rasmussen 2004a). Tektoniske bevægelser i Oligocæn har sandsynligvis haft indflydelse på kildeområdet og aflejringsmønstret. Ligeledes har globale havniveau ændringer i Oligocæn også sat sit præg på aflejringsmiljøet, blandt andet ved at en stor del af Nedre Oligocæn mangler (f. eks. (Michelsen 1994; Heilmann-Clausen 1995). Nedre oligocæne aflejringer er bevaret lokalt, i depressioner relaterede til saltstrukturer og depressioner dannet i forbindelse med grundfjelds relaterede tektoniske bevægelser i Oligocæn.

I Sen Oligocæn transgrederedes Det danske Bassin på ny (Figur 3A). Den topografi, der dannedes i forbindelse med de tektoniske bevægelser har haft afgørende betyd-



Figur 3: Palæogeografisk udvikling i Jylland fra Chattien (Sen Oligocæn) til Tortonien (Sen Miocæn).

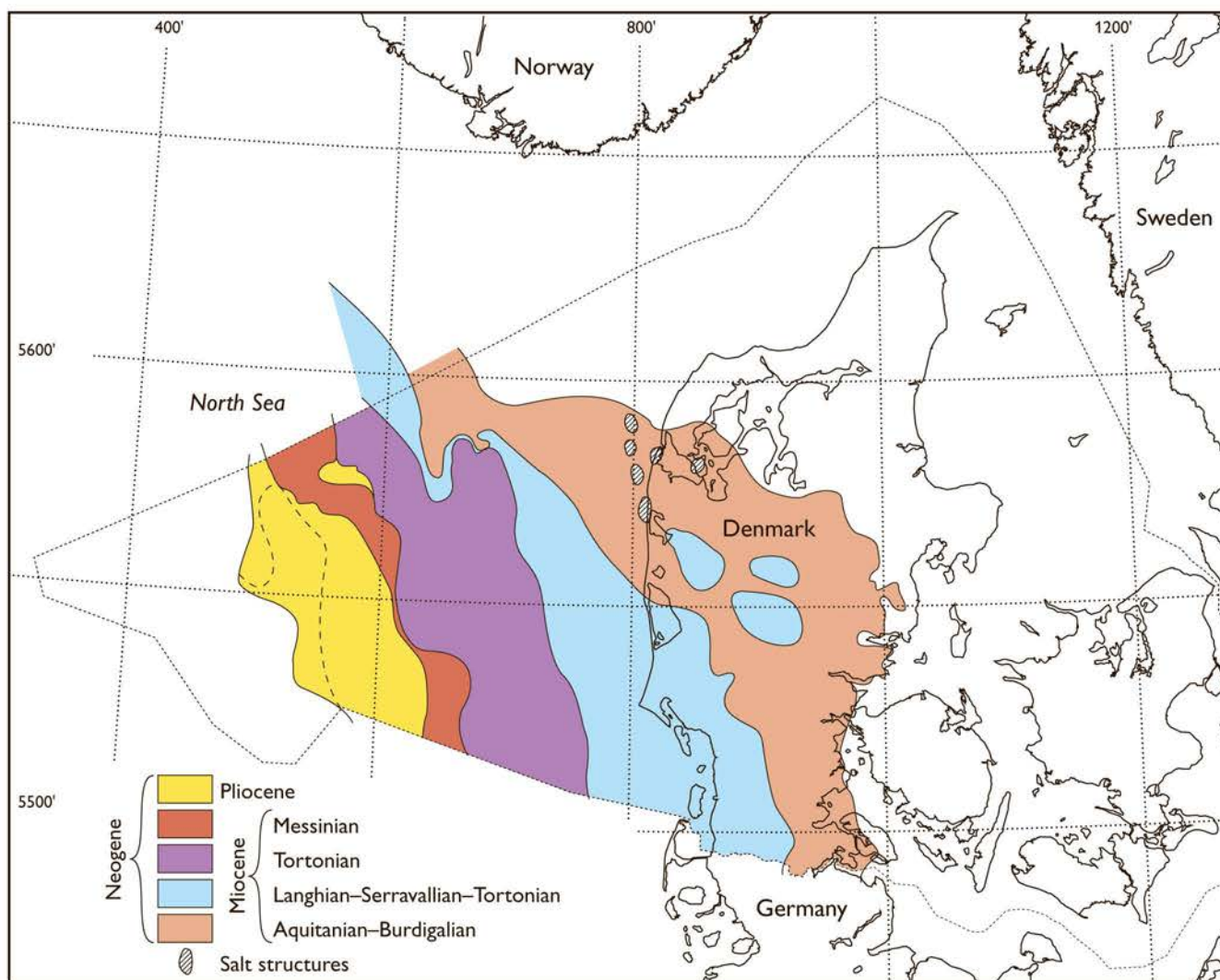
ning for aflejringsmiljøet. Ringkøbing-Fyn Højderyggen spillede en særlig rolle her, idet den adskilte mere åben marine/kystprograderende aflejringsmiljøer syd for ryggen fra paraliske/afsnørede miljøer nord for ryggen (Rasmussen & Dybkjær 1999). De strukturelle rygge var vigtige områder for dannelse af oddekomplekser, der resulterede i en serie af barriere-øer med bagvedliggende laguner på tværs af Jylland. Sedimentkilden til disse oddekomplekser var store floder fra nord. Sedimenterne blev transporteret langs kysten indtil aflejring i oddekomplekserne. Et markant fald i havniveau resulterede i en markant udbygning i seneste Chattien (seneste Oligocæn) til Aquitanien (Tidlig Miocæn) (Figur 3B–C) (Rasmussen 1996) og da udbygningen skete under stadig faldende havniveau aflejredes forholdsvis rent sand og grus. Efter havniveauet i Aquitanien steg havniveauet generelt op igennem Miocæn med maksimum i Serravalien (øvre Mellem Miocæn) (Figur 3D–I) (Printice & Matthews 1988). Nye tektoniske bevægelser karakteriserede bassinet i slutningen af Burdigalien (sen Tidlig Miocæn). Dette resulterede i nye udbygninger, bl.a. aflejringer beriget med tungminerale (Figur 3I–J). Da denne udbygning foregik under stigende havniveau var den ikke så markant som den i Aquitanien og på grund af stigende grundvandsspejl i landområderne var mulighederne optimale for afsætning af brunkul, som det kendes fra Midtjylland (Figur 3J). Langhien (Mellem Miocæn) repræsenterer en vigtig fase i udviklingen af Nordsø Bassinet. Midt i perioden skete der en markant transgression og ligeledes viser for-kastninger i Odderup Formationen at tektonisk aktivitet foregik på dette tidspunkt (Koch 1989). Kildeområdet skiftede i denne periode fra overvejende nord i Nedre Miocæn til nordøst og øst i Mellem og Øvre Miocæn.

Under den markante transgression i Langhien var klimaet varmt. Det varme klima i begyndelsen af Mellem Miocæn var et globalt fænomen som medførte en markant, global havniveau stigning i denne periode. Sandsynligvis var hele det danske område oversvømmet i den sidste del af Mellem Miocæn (Figur 3K). Under aflejringen af Gram Formationen i Sen Miocæn (Figur 3L) blev det generelt koldere globalt og dermed skete der også et fald i havniveau i den sidste del af Miocæn. Dette blev kompenseret af en større regional indsynkning, således at området forblev fuldt marint trods det faldende globale havniveau. Nye undersøgelser viser endda at der blev aflejret op til 400 m øvre miocæne sedimenter over Midtjylland (Japsen *et al.* 2002). Gram Formationen er kendt for en rig flora og fauna; der må derfor have været en høj tilførsel af næringsstoffer fra land.

Litostratigrafi

De nyere undersøgelser af den øvre oligocæne – miocæne lagserie har vist at den tidligere litostratigrafiske inddeling er for simpel. Derfor vil der i nærværende undersøgelse blive benyttet en litostratigrafi for den miocæne lagserie, der er kraftig revideret (Dybkjær *et al.* 1999; Rasmussen *et al.* 2002; Rasmussen 2004a, b)(Figur 2).

Den ældste litostratigrafiske enhed er Vejle Fjord Formationen. Den nederste del af Vejle Fjord Formationen (Larsen & Dinesen 1959). Brejning Leret henregnes til Oligocæn, så den miocæne lagserie starter med Vejle Fjord Leret. Vejle Fjord Leret efterfølges af Vejle Fjord Sand og Hvidbjerg sand. I det centrale og vestlige Jylland er der kortlagt et større deltakompleks, som er samtidig med Vejle Fjord Formationen. Dette benævnes Billund sand. I det sydlige Jylland aflejredes et meget sandrigt system, som er en videreudbygning af Billund deltaet, men som dog er isoleret fra Billund deltaet. Dette sandrige system hedder Ribe Formationen (Sorgenfrei 1958). Over disse enheder, der overordnet tilhører Vejle Fjord Formationen, kommer Arnum Formationen (Sorgenfrei 1958), der hovedsageligt består af lerede sedimenter. Den nederste del af Arnum Formationen, som består af sandrige sedimenter benævnes, Kolding Fjord sand. De minder meget om Vejle Fjord Formationen, men er yngre og udgør ikke en del af Vejle Fjord systemet. I de nordlige og østlige egne af Jylland kiler der sig et sandlag ind i den lerede del af Arnum Formationen. Dette lag benævnes Bastrup sand. I forbindelse med en ny kystudbygning i den øverste del af Arnum Formationen aflejredes finsand rigt på tungminerale. Disse sandlag kaldes for Stauning sand. Stauning sandet interfingerer med det marine ler øverst i Arnum Formationen mens den sandrige Odderup Formation overlejrer Arnum Formationen. Stauning sandet blev aflejret som stormsand i forbindelsen med udbygningen af Odderup deltaet og er derfor tidssækvivalent med Odderup Formationen. Generelt bliver både Stauning sandet og Odderup Formationen successivt yngre mod sydvest. Herover træffes kun lerrige sedimenter i Jylland. Disse lag er kendt som henholdsvis Hodde og Gram Formationen. Der er endnu ikke konstrueret et præ-pleistocæne kort over de miocæne formationer, som er omtalt ovenfor, men den overordnede fordeling af de miocæne og pliocæne aflejringer i det danske område er vist i figur 4 (Rasmussen *et al.* 2005) Her ser man, at de miocæne lag bliver ældre mod øst og nordøst. Dette er en konsekvens af den markante Plio–Pleistocæn hævnings og erosion.



Figur 4: Udbredelsen af de neogene aflejringer i Jylland og i Nordsøen. De yngste lag forekommer mod sydvest og de ældste mod nordøst. Glacial erosion har fjernet ca. 400 meter Miocæn lagserie på land.

Sedimentologi

Litologisk beskrivelse

Litologien af de gennemborede lag er vist grafisk i figur 5. Den signatur der er angivet i den litologiske søjle svarer til hver prøve. Der er altså en signatur for hver meter. Litologien er opdelt i grus, sand, silt og ler (se legenden i figur 5). Er der mange sten i en prøve er det angivet med en enkelt grus signatur. Ved den litologiske søjle er der angivet fund af mollusker og glaukony, men der er ikke registreret skaller i boringen.

DGU no. 142.924

Boringen er beskrevet ned til 185 meters dybde. Sedimentologisk opmåling af den miocæne del af boringen på basis af boreprøver (cuttings) viser en lagserie domineret af sand (Figur 5). Lignit/brunkul er især registreret i 113–127 meter men også højere i lagserien. De nederste prøver i 182–185 meter omfatter mørkt silt og ler med glaukony.

Meter under terræn: Litologi

- 42-43: Silt. Lamineret, gråt og hvidt, leret silt og finkornet sand.
- 43-44: Silt. Gråbrunt, leret silt og mørkebrunt, leret silt.
- 44-45: Silt. Gulligt ler og brunt, leret silt og sand.
- 45-46: Ler. Gulligbrunt ler.
- 46-47: Ler. Gulligbrunt ler og grovkornet sand.
- 47-48: Sand. Grovkornet sand med lignit. Gruset og med bjergartsfragmenter.
- 48-49: Sand. Grovkornet sand med lignit. Flint.
- 49-50: Sand. Grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
- 50-51: Sand. Grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
- 51-52: Sand. Grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt. Bjergartsfragment (Gnejs).
- 52-53: Grus. Grus, grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt. Bjergartsfragment.
- 53-54: Sand. Gulligbrunt, mellem- til grovkornet sand og brunt, leret silt. Flint.
- 54-55: Sand. Gulligbrunt, mellem- til grovkornet sand og brunt, leret silt. Bjergartsfragment.
- 55-56: Sand. Gulligbrunt, mellem- til grovkornet sand og brunt til lysebrunt, leret silt.
- 56-57: Sand. Grovkornet sand og brunt, leret silt. Flint.
- 57-58: Sand. Grovkornet sand og grus. Bjergartsfragment.
- 58-59: Sand. Veksellejrende mellem- til grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt.

59-60: Sand. Veksellejrende mellem- til grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
 60-61: Sand. Veksellejrende mellem- til grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt. Bjergartsfragmenter.
 61-62: Sand. Veksellejrende mellem- til grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
 62-63: Sand. Veksellejrende mellem- til grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
 63-64: Sand. Veksellejrende mellem- til grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
 64-65: Sand. Veksellejrende mellem- til grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt. Flint.
 65-66: Silt. Mørkebrunt, leret silt med sand. Flint.
 66-67: Sand. Veksellejrende, mørkebrunt, leret silt og mellem- til grovkornet sand.
 67-68: Sand. Veksellejrende, gråt, mellem- til grovkornet sand og gråt ler. Flint samt bjergartsfragmenter.
 68-69: Sand. Gråhvidt, mellem- til grovkornet sand.
 69-70: Sand. Veksellejrende, gråhvidt, mellem- til grovkornet sand og brunt, leret silt.
 70-71: Sand. Veksellejrende, grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt. Bjergartsfragmenter.
 71-72: Sand. Veksellejrende, gulliggråt, mellemkornet sand og mørkebrunt leret silt. Bjergartsfragmenter.
 72-73: Sand. Gråt mellem- til grovkornet sand og mørkebrune, lerede siltlag.
 73-74: Sand. Gråt, mellem- til grovkornet sand og mørkebrune, lerede siltlag.
 74-75: Sand. Grovkornet sand.
 75-76: Sand. Veksellejrende, mellem- til grovkornet sand og lerlag. Bjergartsfragmenter.
 76-77: Sand. Veksellejrende, mellem- til grovkornet sand og lerlag. Kalk.
 77-78: Sand. Veksellejrende, mellem- til grovkornet sand og lerlag.
 78-79: Sand. Veksellejrende, mellem- til grovkornet sand og lerlag. Kalk.
 79-80: Sand. Veksellejrende, mellem- til grovkornet sand og mørkebrune lerlag.
 80-81: Sand. Veksellejrende, mellem- til grovkornet sand og mørkebrune lerlag. Bjergartsfragmenter.
 81-82: Sand. Veksellejrende, mellem- til grovkornet sand og mørkebrune lerlag.
 82-83: Sand. Gråt, mellem- til grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt. Lignit?
 83-84: Sand. Veksellejrende, gråt, mellemkornet sand og mørkebrunt til gråt, leret silt.
 84-85: Sand. Veksellejrende, gråt, mellemkornet sand og mørkebrunt, leret silt. Lignit.
 85-86: Sand. Veksellejrende, gråt, mellemkornet sand og mørkebrunt, leret silt. Gruset.
 86-87: Sand. Gråt, grovkornet sand. Få lerlag.
 87-88: Sand. Mellemkornet sand, med få lerlag.
 88-89: Sand. Mellemkornet sand, med få lerlag. Tungminerale.
 89-90: Sand. Mellemkornet sand, med få lerlag. Tungminerale.
 90-91: Sand. Mellemkornet sand, med få lerlag. Gruset, flint og bjergartsfragmenter.
 91-92: Sand. Mellemkornet sand, med få lerlag. Gruset, flint og bjergartsfragmenter.
 92-93: Sand. Veksellejrende, gråbrunt, mellemkornet sand og tynde, grå lerlag. Gruset.
 93-94: Sand. Veksellejrende, gråbrunt, mellemkornet sand og tynde, grå lerlag. Gruset.
 94-95: Sand. Veksellejrende, gråbrunt, mellemkornet sand og tynde, grå lerlag. Bjergartsfragmenter.
 95-96: Sand. Veksellejrende, gråbrunt, mellemkornet sand og tynde, grå lerlag. Gruset, bjergartsfragmenter.
 96-97: Sand. Veksellejrende, gråbrunt, mellemkornet sand og tynde, grå lerlag.
 97-98: Sand. Gråt, grovkornet sand med få, mørkebrune lerlag. Bjergartsfragmenter.
 98-99: Sand. Gråt, grovkornet sand med få, mørkebrune lerlag. Bjergartsfragmenter.
 99-100: Sand. Gråt, grovkornet sand med få, mørkebrune lerlag. Bjergartsfragmenter.
 100-101: Sand. Gråt, grovkornet sand med mørkebrune lerlag. Bjergartsfragmenter.
 101-102: Sand. Gråt, grovkornet sand. Gruset og med bjergartsfragmenter.
 102-103: Sand. Velsorteret, mellemkornet sand og tynde, mørkebrune, lerede siltlag. Lidt grovkornet sand.

103-104: Sand. Velsorteret, mellemkornet sand og tynde, mørkebrune, lerede siltlag. Gruset.

104-105: Sand. Gråt, mellem- til grovkornet sand med tynde lerlag.

105-106: Sand. Gråt, grovkornet sand med tynde, mørkebrune, lerede siltlag.

106-107: Sand. Gråt, grovkornet sand med tynde, mørkebrune, lerede siltlag.

107-108: Sand. Gråt, grovkornet sand med tynde, mørkebrune, lerede siltlag.

108-109: Sand. Gråt, grovkornet sand med tynde, mørkebrune, lerede siltlag.

109-110: Silt. Mørkebrunt, leret silt og gråt mellemkornet sand.

110-111: Sand. Veksellejrende, gråt, mellemkornet sand og mørkebrunt, leret silt. Bjergartsfragmenter.

111-112: Sand. Veksellejrende, gråt, mellemkornet sand og lamineret mørkebrunt og gråt, leret silt.

112-113: Silt. Mørkebrunt, leret silt og finkornet sand. Lignit.

113-114: Sand. Gråt, grovkornet sand med mørkebrunt leret silt. Lignit.

114-115: Sand. Gråt, grovkornet sand og grus. Bjergartsfragmenter og Flint.

115-116: Sand. Gråt mellemkornet sand med tynde lerlag. Gruset.

116-117: Sand. Brunliggråt, grovkornet sand med tynde lerlag. Gruset og med lignit.

117-118: Sand. Brunliggråt, grovkornet sand med tynde lerlag. Gruset og med lignit.

118-119: Sand. Gråt, mellemkornet sand. Gruset.

119-120: Sand. Brunliggråt, mellemkornet sand med tynde lerlag.

120-121: Sand. Gråt, grovkornet sand med tynde lerlag. Gruset og med bjergartsfragmenter og flint.

121-122: Sand. Gråt, grovkornet sand med tynde lerlag. Gruset og med bjergartsfragmenter og flint.

122-123: Grus. Gråt grus og grovkornet sand.

123-124: Grus. Gråt grus og grovkornet sand.

124-125: Grus. Gråt grus og grovkornet sand. Bjergartsfragmenter.

125-126: Sand. Gråt, grov- til mellemkornet sand med tynde lerlag. Gruset og med flint.

126-127: Sand. Gråt, grovkornet sand med tynde lerlag. Gruset og med lignit.

127-128: Sand. Gråt, mellem- til grovkornet sand med tynde, mørkebrune lerlag.

128-129: Silt. Mørkebrunt, sandet, leret silt. Gruset.

129-130: Silt. Gråt, leret silt og finkornet sand.

130-131: Grus. Grus og grovkornet sand med tynde lerlag. Flint og bjergartsfragmenter.

131-132: Grus. Grus og grovkornet sand med tynde lerlag. Flint og bjergartsfragmenter.

132-133: Grus. Grus og grovkornet sand med tynde lerlag. Flint og bjergartsfragmenter.

133-134: Grus. Grus og grovkornet sand med tynde lerlag. Flint og bjergartsfragmenter.

134-135: Sand. Mellem- til grovkornet sand. Gruset og mange bjergartsfragmenter.

135-136: Sand. Brunliggråt, grovkornet sand. Gruset og med bjergartsfragmenter.

136-137: Sand. Brunliggråt, grovkornet sand med mørkebrunt, leret silt. Gruset og med bjergartsfragmenter.

137-138: Sand. Lamineret, mørkebrunt og gråt, siltet finkornet sand og mellemkornet sand.

138-139: Sand. Lamineret, mørkebrunt og gråt, siltet finkornet sand og mellemkornet sand.

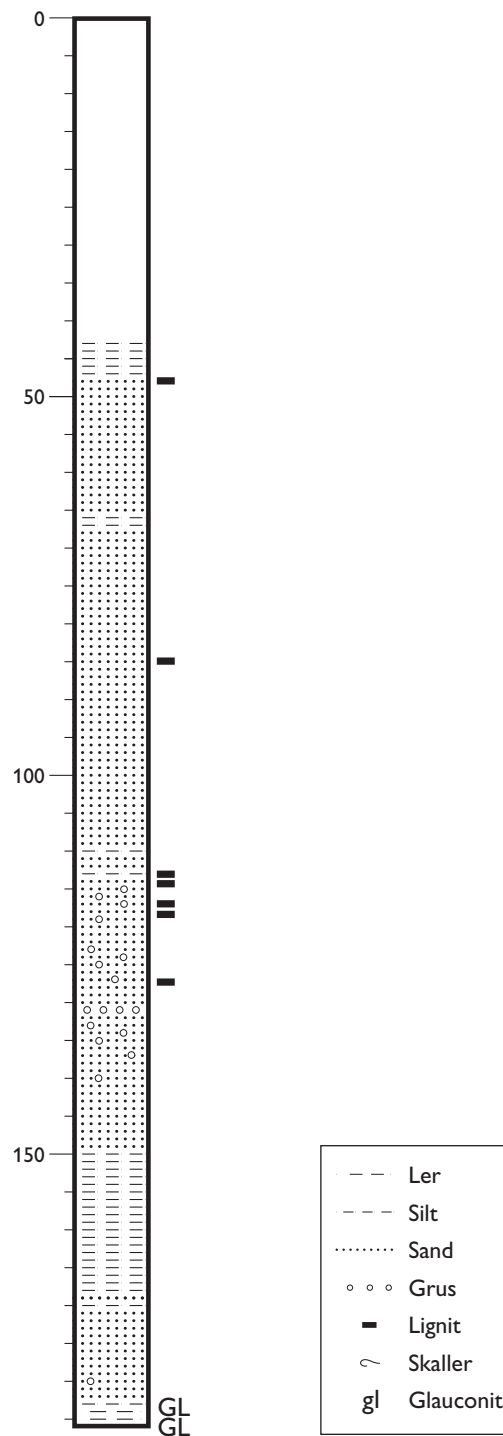
139-140: Sand. Lamineret, mørkebrunt og gråt, siltet finkornet sand og mellemkornet sand. Gruset.

140-141: Sand. Lamineret, mørkebrunt og gråt, siltet finkornet sand og mellemkornet sand. Gruset og meget glimmer.

141-142: Sand. Lamineret, mørkebrunt og gråt, siltet finkornet sand og mellemkornet sand.

142-143: Sand. Lamineret, mørkebrunt og gråt, siltet finkornet sand og mellemkornet sand. Gruset.
 143-144: Sand. Lamineret, mørkebrunt og gråt, siltet finkornet sand og mellemkornet sand. Gruset.
 144-145: Sand. Lamineret, mørkebrunt og gråt, siltet finkornet sand og mellemkornet sand.
 145-146: Sand. Veksellejrende, brunliggråt, mellemkornet sand og lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.
 146-147: Sand. Veksellejrende, brunliggråt, mellemkornet sand og lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt. Gruset og med flint.
 147-148: Sand. Veksellejrende, brunliggråt, mellemkornet sand og lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.
 148-149: Sand. Veksellejrende, brunliggråt, mellemkornet sand og lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt. Gruset.
 149-150: Silt. Mørkebrunt, leret silt og noget mellem- til grovkornet sand.
 150-151: Silt. Mørkebrunt, leret silt. Gruset.
 151-152: Silt. Mørkebrunt, leret silt. Gruset.
 152-153: Silt. Mørkebrunt, leret silt. Gruset og med flint.
 153-154: Silt. Brunt, leret silt. Gruset.
 154-155: Silt. Brunt, leret silt.
 155-156: ?
 156-157: Silt. Brunt, leret silt.
 157-158: Silt. Mørkebrunt, leret silt.
 158-159: Ler. Gråt til brunt, siltet ler.
 159-160: Ler. Gråt til brunt, siltet ler. Noget sand.
 160-161: Silt. Veksellejrende, mørkebrunt, leret silt og gråt, siltet ler.
 161-162: Silt. Lamineret, gråt, siltet ler og mørkebrunt, leret silt.
 162-163: Silt. Lamineret, gråt, siltet ler og mørkebrunt, leret silt.
 163-164: Silt. Lamineret, gråt, siltet ler og mørkebrunt, leret silt. Noget sand.
 164-165: Silt. Lamineret, gråt, siltet ler og mørkebrunt, leret silt. Gruset.
 165-166: Silt. Lamineret, gråt, siltet ler og mørkebrunt, leret silt. Noget, finkornet sand.
 166-167: Silt. Lamineret, gråt, siltet ler og mørkebrunt, leret silt. Sand og grus.
 167-168: Silt. Lamineret, gråt, siltet ler og mørkebrunt, leret silt. Noget finkornet sand.
 168-169: Sand. Veksellejrende, finkornet sand og lamineret, gråt og brunligt, leret silt.
 169-170: Silt. Lamineret, gråt og brunligt, leret silt og finkornet sand.
 170-171: Sand. Veksellejrende, finkornet sand og lamineret, gråt og brunt, leret silt.
 171-172: Sand. Velsorteret, finkornet sand med tynde lerlag.
 172-173: Sand. Velsorteret, finkornet sand med tynde lerlag.
 173-174: Sand. Velsorteret, finkornet sand med tynde lerlag.
 174-175: Sand. Velsorteret, finkornet sand med tynde lerlag.
 175-176: Sand. Veksellejrende, finkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
 176-177: Sand. Veksellejrende, finkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
 177-178: Sand. Veksellejrende, finkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
 178-179: Sand. Veksellejrende, finkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
 179-180: Sand. Veksellejrende, finkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
 180-181: Sand. Veksellejrende, finkornet sand og mørkebrunt, leret silt. Gruset.
 181-182: Sand. Veksellejrende, finkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
 182-183: Silt. Grønlig til mørkebrunt, leret silt og glaukony. Noget finkornet sand og lamineret, gråt og brunt, leret silt.
 183-184: Ler. Grønligt til mørkebrunt ler med glaukony.
 184-185: Ler. Grønligt til mørkebrunt ler med glaukony.

Jegerup
DGU nr. 142.924



Figur 5: Grafisk afbildning af litologien i Jegerup boringen.

Biostratigrafi

Metoder

Der er analyseret ca. 40 prøver fra boringen for indhold af dinoflagellat cyster. I hver prøve er der talt 200 dinoflagellater for at belyse sammensætningen af floraen. Minimum ét præparat (men oftest flere) er gennem søgt for at finde yderligere arter ud over de som blev registreret i tællingen. I de fattigste prøver, specielt i midterste til nedre del af boringerne, kunne der ikke tælles 200 dinoflagellater.

En del andre palynomorfer end dinoflagellater er ligeledes registreret systematisk; acritarcher, andre marine alger, *Botryococcus* spp., *Pediastrum* spp. og andre ferskvandsalger. Svampe sporer og frugtlegemer er ligeledes registreret.

Omløjrede palynomorfer (mærket R for "Reworked") identificeres og registreres til belysning af sedimenternes kildeområder. Tydeligt nedfaldne palynomorfer (mærket C for "Caved") er registreret og belyser usikkerheden i det associerede selskabs stratigrafiske signifikans.

De specielle forhold i denne boring er forsøgt illustreret (Bilag 1) ved at lade alle oprindeligt "miocæne" arter fremstå som "in situ" i range-chartet, mens alle ældre taxa fremstår som omløjrede (R). I denne boring er det ikke muligt at skelne eksemplarer, som er faldet ned i boringen (C), fra de fossiler som er tilfældigt omløjret. Forfatterne har valgt at vise alle registrerede dinoflagellater i samme skema (Bilag 1) både for at vise det omfattende registrerede fossilmateriale samt de mange omløjrede og nedfaldne eksemplarer i prøverne (se diskussion under "Generelt").

I opbygningen af den Miocæne dinoflagellat stratigrafi er der lagt vægt på første optræden og sidste optræden af udvalgte dinoflagellat arter og slægter. Ligeledes anvendes første og sidste almindelig/kontinuert optræden af udvalgte arter som biostratigrafiske hændelser ("events"). Nogle få arter optræder meget righoldigt i korte perioder ("peak"/"maksimum occurrence") eller dominerer floraen i længere perioder, og disse hændelser kan bruges både stratigrafisk og til tolkning af aflejringssmiljøet.

Der er endnu ikke formelt beskrevet en ny biostratigrafisk zonering af den danske Miocæn lagserie, lige som den eksisterende grovere zonering (Costa & Manum 1988; Powell 1992; Köthe 2003) ikke er anvendt. Den anvendte succession af events deler lagserien op i snævre, præcise enheder ("uformelle biostratigrafiske enheder") som bru-

ges indtil videre. Dette følger samme strategi som de nyeste større dinoflagellat stratigrafiske arbejde for Palæogen og Neogen i Nordvesteuropa (Hardenbol *et al.* 1998; Williams *et al.* 2004).

Datering af prøverne på basis af dinoflagellater sker især ved korrelering til foraminifer og nannoplankton standard zoner for Neogen (henholdsvis P og NN zoner). Speciel NN-zonerne har status som den grundlæggende Palæogen–Neogen stratigrafiske skala.

Analyse af Jegerup boringen (DGU no. 142.924)

Generelle bemærkninger

De analyserede prøver fra Jegerup boringen er karakteriseret ved et middel til højt indhold af dinoflagellater som kendes fra den miocæne lagserie i Midt- og Sønderjylland. Men den stratigrafiske fordeling og sammensætningen af floraerne afviger fra det kendte mønster. Analyserne af alle, eller næsten alle prøverne antyder at sedimenterne ikke er aflejret i Miocæn, men består af omlejret Miocæn sedimenter, antageligvis aflejret i løbet af Pleistocæn – Holocæn. Glaciale sedimenter indeholder kun omlejlrede palynomorfer og ingen stratigrafisk signifikante dinoflagellater.

Den gennemborede lagserie kan deles op i 5 enheder på grundlag af indholdet af palynomorfer, som i det efterfølgende beskrives og vurderes fra bunden af lagserien.

183–185 meter: *In situ*? Vejle Fjord Formation, Brejning Ler.

134–183 meter: Pleistocæn sedimenter (I) med en palynoflora domineret af omlejlrede miocæne dinoflagellater, nedre palæozoiske acritarcher og en rig *Botryococcus* spp. flora.

66–134 meter: Pleistocæn sedimenter (II) med en palynoflora domineret af omlejlrede miocæne og palæogene dinoflagellater samt nedfald af dinoflagellater fra Hodde–Gram floraen i den overliggende enhed.

49–66 meter: Pleistocæn sedimenter (III) med en palynoflora domineret af omlejlrede miocæne dinoflagellater især fra Hodde – Gram floraen.

42–49 meter: Pleistocæn – Holocæn? sedimenter med en meget fattig palynoflora af miocæne og palæogene dinoflagellater.

Vejle Fjord Formation, Brejning Ler (*in situ*?)

Tilstedeværelse: 183–185 meter

Dinoflagellatselskab: *Hystriochokolpoma rigaudiae*, *Homotryblum tenuispinosum* og *Spiniferites* spp. dominerer i dette interval sammen med en række dinoflagellater hvis tilstedeværelse som med sikkerhed er omlejret, eller hvis tilstedeværelse kan skyldes nedfald i boringen eller omlejring. *Operculodinium piaseckii* er tilstede.

Andre palynomorfer: Ferskvandsalgen *Botryococcus* spp. er tilstede mens acritarcher og svampe sporer er fraværende

Biostratigrafiske horisonter: Den stratigrafiske top af kontinuert dominans af *Homotryblum* spp. markerer toppen af Vejle Fjord Formationen (Dybkjær *et al.* 2003; Dybkjær 2004b). *Operculodinium piaseckii* optræder ofte første gang i toppen af Vejle Fjord Formationen (Dybkjær *et al.* 2003; Piasecki *et al.* 2004). Den registreres ofte først lidt højere fordi den ikke er særlig almindelig i disse facies.

Bemærkninger: Identifikationen af muligvis *in situ* Brejning Ler, Vejle Fjord Formation, er baseret på de mange *Homotryblum* spp. i en enkelt prøve i den rigtige litologi, mens flere andre stratigrafisk signifikante taxa ikke er registreret i prøven f.eks. de forventede *Glaphyrocysta vicina*, *Glaphyrocysta* spp., *Chiropteridium galea* og *Caligodinium amiculum*. En ligeledes *Homotryblum* spp. rig flora er registreret lidt højere i successionen efterfulgt af et betydeligt *Botryococcus* spp. maximum, men er næppe *in situ*.

Alder: Tidligste Miocæn, Aquitanien.

Foraminifer og nannofossil standard zoner: *Operculodinium piaseckii* optræder tidligst i NN2, Aquitanien, tidligste Tidlig Miocæn i det nordatlantiske område (Zevenboom 1995; de Verteuil & Norris 1996). I mange andre danske borer er det registrerede dinoflagellat selskab dateret til Aquitanien (Dybkjær *et al.* 2003).

Pleistocæn sedimenter I

Tilstedeværelse: 134–183 meter

Dinoflagellatselskab: Alle dinoflagellat cysterne antages at stammer fra omlejlrede sedimenter. *Spiniferites* spp., *Hystriochokolpoma rigaudiae* og *Operculodinium* spp. dominerer floraen igennem hele enheden mens *Homotryblum tenuispinosum* er dominerende i en enkelt prøve nær basis. *Operculodinium centrocarpum*, *Spiniferites solidago* og *Operculodinium* cf. *piaseckii* er konsistent tilstede igennem hele enheden mens en lang række miocæne arter optræder spredt i prøverne. Palæogene dinoflagellater er til stede i lavt antal igennem hele enheden.

Andre palynomorfer: Nedre palæozoiske acritarcher er almindelig forekommende i denne enhed lige som ferskvandsalgen *Botryococcus* spp. er rigt repræsenteret i næsten alle prøver med et markant maximum i basis af enheden. Undtagelsen er en enkelt prøve ca. midt i enheden med lavt indhold af acritarcher og *Botryococcus* spp. i kontrast til et højt indhold af palæogene dinoflagellater.

Der er bemærkelsesvis mange små (nye) *Botryococcus* spp. kolonier sammen med større og mere slidte kolonier.

Flercellede svampesporer forekommer (fungal clusters) ret udbredt i denne enhed, i modsætning til resten af den analyserede lagserie.

Alder: Palynofloraen indeholder kun omlejlrede dinoflagellater fra Jura, Kridt, Palæogen og Miocæn, samt acritarcher fortrinsvis fra Nedre Palæozikum. Sammenholdt med sedimenterne antyder dette en Pleistocæn alder.

Bemærkninger: Den maksimale forekomst af *Botryococcus* spp. i denne enhed, specielt nær basis af enheden, kan enten afspejle en reel, rig forekomst af *Botryococcus* spp. under aflejringen af sedimenterne eller en omlejring af en rig *Botryococcus* floraen gennem erosion af overgangen mellem Vejle Fjord- og Ribe Formationen, hvorfra en sådan flora er kendt (Piasecki & Rasmussen 2006). Én prøve i basis af enheden, rig på *Homotryblum tenuispinosus*, afspejler ligeledes erosion og omlejring af Vejle Fjord Formationen.

Denne enhed adskiller sig fra den overliggende enhed ved et lavt indhold af palæogene dinoflagellater versus et relativt højt indhold af palæozoiske acritarcher hvilket sandsynligvis afspejler forskelle i kildeområder for de Pleistocæne aflejringer. Forholdet

mellem omlejrrede acritarcher og dinoflagellater i denne enhed ligner det som findes i de miocæne sedimenter i Midt- og Vestjylland.

Pleistocæn sedimenter II

Tilstedeværelse: 66–134 meter

Dinoflagellatselskab: Alle dinoflagellat cysterne antages at stammer fra omlejrrede sedimenter. Floraen er domineret af *Spiniferites* spp. mens *Hystrihokolpoma rigaudiae*, *Operculodinium* spp. og *Paleocystodinium miocaenicum* er godt repræsenteret i alle prøverne. Der er en relativt rig og divers Miocæn flora repræsenteret i denne enhed samt et højt indhold af omlejrrede palæogene dinoflagellater.

Andre palynomorfer: Indholdet af omlejrrede, nedre palæozoiske acritarcher er meget lavt lige som indholdet af *Botryococcus* spp. er lavt med undtagelse af to prøver.

Biostratigrafiske horisonter: Der optræder dinoflagellater i hele enheden som er stratigrafisk signifikante for Mellem – Øvre Miocæn, Hodde og Gram Formationerne i Jylland f. eks. *Cerebrocysta poulsenii*, *Labyrinthodinium truncatum*, *Palaeocystodinium miocaenicum* og *Unipontidinium aqueductum*. Det er ikke muligt at skelne mellem nedfald (caving) fra den overlejrrede enhed hvor disse arter også er almindelige eller omlejrning af miocæne sedimenter gennem pleistocæne processer. For eksempel optræder *Palaeocystodinium miocaenicum* meget almindeligt i enheden over, men er lokalt dominerende i denne enhed.

Alder: Palynofloraen indeholder kun omlejrrede dinoflagellater fra Jura, Kridt, Palæogen og Miocæn, samt acritarcher fortrinsvis fra Nedre Palæozikum. Sammenholdt med sedimenterne antyder dette en Pleistocæn alder.

Bemærkninger: Det høje indhold af omlejrrede Palæogen dinoflagellater afspejler enten at de pleistocæne sedimenter også har et palæogent kildeområde eller at de miocæne sedimenter i Sønderjylland (her omlejret af pleistocæne processer) har et palæogent kildeområde i kontrast til Midt- og Vestjylland (se Pleistocæn sedimenter I)

Pleistocæn sedimenter III

Tilstedeværelse: 49–66 meter

Dinoflagellatselskab: Alle dinoflagellat cysterne antages at stamme fra omlejrrede sedimenter. Floraen er domineret af *Spiniferites* spp. og *Hystrihokolpoma rigaudiae*, mens *Hystrihokolpoma salacium*, *Labyrinthodinium truncatum*, *Melitasphaeridium choanophorum*, *Operculodinium* spp., *Palaeocystodinium miocaenicum*, *Spiniferites solidago* og *Tectatodinium pelittum* alle er velrepræsenteret i floraen.

Biostratigrafiske horisonter: Dinoflagellaterne i enhede er stratigrafisk signifikante for Mellem – Øvre Miocæn. Tilstedeværelsen af *Cerebrocysta poulsenii*, *Labyrinthodinium truncatum*, *Palaeocystodinium miocaenicum* og *Unipontidinium aqueductum* i de tre nederste prøver og *Achomosphaera andalousiense*, *Gramocysta verricula* og *Hystrihokolpoma salacium* i den øverste prøve korellerer respektivt med Hodde- og Gram Formationerne i Jylland.

Men også her er det svært at skelne mellem nedfald af sedimenter fra højere lag, hvor nogle af disse arter er almindelige, og generel omlejring af de miocæne sedimenter gennem pleistocæne processer. For eksempel optræder *Hystrihokolpoma salacium* meget almindeligt i øverste prøve (hvor den hører til) men er også meget almindelig i den nedre del af enheden, hvor den stratigrafisk set ikke skulle være. *H. salacium* optræder kun sporadisk dybere i boringen og fordelingen ligner derfor almindelig nedfald (caving) som fortyndes nedad i boringen.

Alder: Dinoflagellat floraen vurderes at være omlejret på grundlag af tilsyneladende opblanding af de stratigrafisk vigtige arter således at palynofloraen indeholder omlejrrede dinoflagellater fra Miocæn, Jura, Kridt og Palæogen, samt acritarcher fortrinsvis fra Nedre Palæozikum. Sammenholdt med sedimenterne antyder dette en Pleistocæn alder.

Bemærkninger: Den stratigrafiske fordeling af dinoflagellat arterne inden for denne enhed er velkendt fra de Mellem – Øvre Miocæn, Hodde- og Gram Formationer.

Pleistocæn – Holocæn sedimenter

Tilstedeværelse: 42–49 meter

Dinoflagellatselskab: Mindeholder meget få dinoflagellater som er repræsenteret med ét eksemplar af hver art, hovedsagelig af Miocæn eller Palæogen oprindelse. Alle dinoflagellat cysterne antages at stamme fra omlejrrede sedimenter.

Alder: Sandsynligvis af Pleistocæn – Holocæn alder

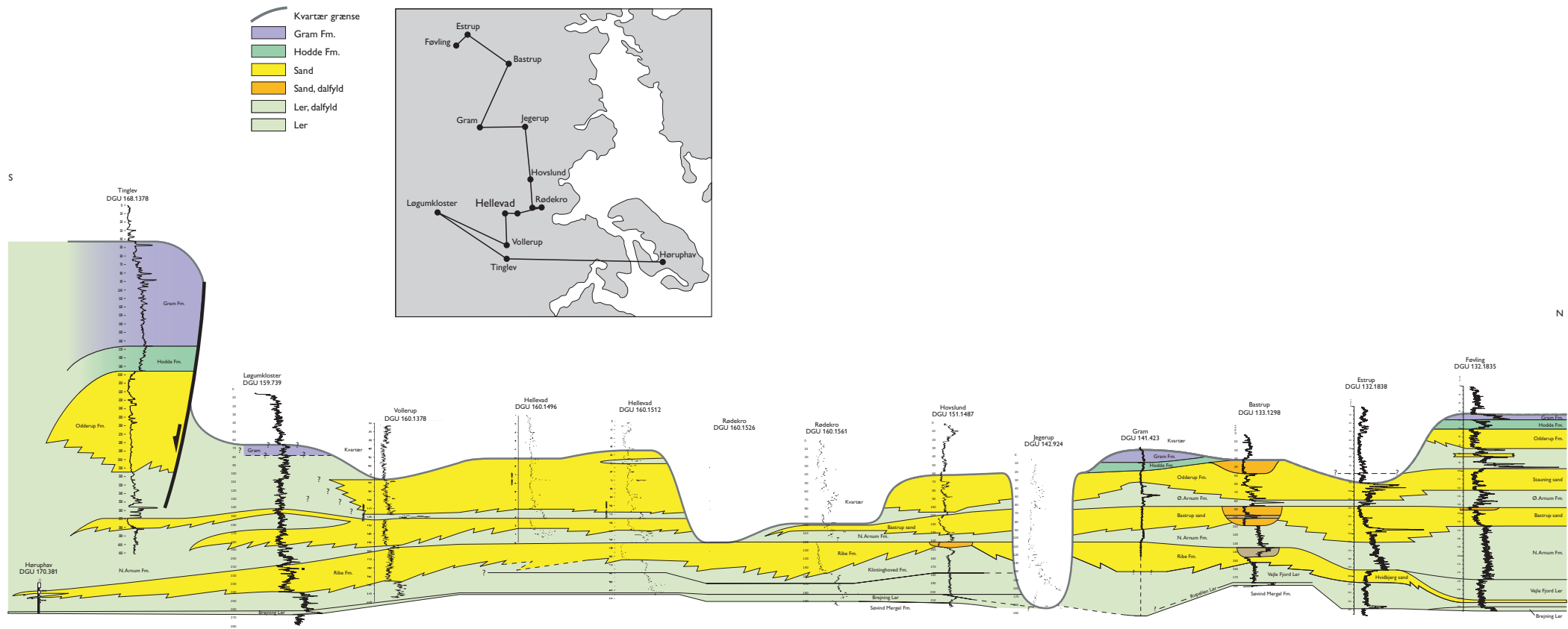
Bemærkninger: Ingen

Stratigrafisk konklusion

Den sedimentologiske beskrivelse af den gennemborede lagserie angiver dominans af sand og grus med bjergartsfragmenter og/eller flint langt ned i boringen (153 meter). Den biostratigrafiske analyse af Jegerup boringen på grundlag af indholdet af dinoflagellater sætter spørgsmål ved selskabernes oprindelse. Både sammensætningen af de registrerede floraer og den stratigrafiske fordeling af arterne antyder opblanding af forskellige stratigrafiske niveauer udover den almindelige omlejring af ældre sedimenter og nedfald fra højere niveauer i boringen.

På grundlag af de sedimentologiske og biostratigrafiske data konkluderes derfor af den gennemborede lagserie overvejende omfatter glaciale og postglaciale sedimenter af Pleistocæn og Holocæn alder. På trods af dette findes der en pseudo-stratigrafisk fordeling af dinoflagellaterne i boringen som spejler den kendte Miocæne dinoflagellat stratigrafi. En *Homotryblum* domineret flora nederst i boringen kendes fra Vejle Fjord Formationen mens en rig og varieret flora øverst i boringen kendes fra Hodde- og Gram Formationerne. Værtssedimenterne for disse floraer afviger dog fra de kendte formationer og bestyrker dermed at der er tale om omlejrrede floraer og sedimenter. Undtagelsen findes i de 2 nederste meter i boringen, hvor glaukonitholdigt, grønt ler indeholde en *Homotryblum* spp. domineret dinoflagellat flora og derfor henføres til Brejning Leret, Vejle Fjord Formationen. Det er dog ikke sikkert at disse 2 meter Brejning Ler ikke også er oparbejdet.

Baseret på disse konklusioner er Jegerup boringen (DGU no. 142.924) indarbejdet i et stratigrafisk korrelationsprofil med boringer fra Føvling og Estrup i nord til Tinglev og Høruphav i syd (Figur 6).



Figur 6: Korrelation mellem Føvling, Estrup, Bastrup, Gram, Jegerup, Hovslund, Rødekro, Hellevad, Vollerup, Løgumkloster, Tinglev og Høruphav borerne baseret på biostratigrafi, sedimentologi og logkorrelation. Profilet går i nord-syd retning fra Føvling til Vollerup, og derefter fra Vollerup til Høruphav i ca. øst-vest retning igennem Sønderrjyllands Amt.

Figurtekster

Figur 1: Kort over det sydlige Jylland med placering af Jegerup boringen i Sønderjyllands Amt.

Figur 2: Den opdaterede litostratigrafi for øverste Oligocæn og Miocæn aflejringer i Jylland, dateret og korreleret med sekvensstratigrafi.

Figur 3: Palæogeografisk udvikling i Jylland fra Chattien (Sen Oligocæn) til Tortonian (Sen Miocæn).

Figur 4: Udbredelsen af de neogene aflejringer i Jylland og i Nordsøen. De yngste lag forekommer mod sydvest og de ældste mod nordøst. Glacial erosion har fjernet ca. 400 meter miocæn lagserie på land.

Figur 5: Grafisk afbildning af litologien i Jegerup boringen korreleret med gamma-borehulsloggen (Uffe Korsbech, DTU).

Figur 6: Korrelation mellem Føvling, Estrup, Bastrup, Gram, Jegerup, Hovslund, Rødekro, Hellevad, Vollerup, Løgumkloster, Tinglev og Høruphav boringerne baseret på biostratigrafi, sedimentologi og logkorrelation. Profilet går i nord–syd retning fra Føvling til Vollerup, og derefter fra Vollerup til Høruphav i ca. øst–vest retning igennem Sønderjyllands Amt.

Bilag 1: Biostratigrafi i Jegerup boringen. Alle registrerede arter opfattes som tilhørende enten omlejrrede eller forstyrrede sedimenter. Alle oprindeligt "miocæne" arter er markeret som "in situ" i range-chartet, mens alle ældre taxa fremstår som omlejrrede (R). I denne boring er det ikke muligt at skelne eksemplarer, som er faldet ned i boringen (C), fra de fossiler som er tilfældigt omlejret. Forfatterne har valgt at vise alle registrerede dinoflagellater i samme skema (Bilag 1) både for at vise det omfattende registrerede fossilmateriale samt de mange omlejrrede eller nedfaldne eksemplarer i prøverne (se diskussion under "Generelt").

Referencer

- Costa, L.I. & Manum, S. 1988: The description of the interregional zonation of the Paleogene (D1–D15) and the Miocene (D16–D20). *Geologisches Jahrbuch, Reihe A* 100, 321–330.
- Danielsen, M., Michelsen, O. & Clausen, O.R. 1995: Oligocene sequence stratigraphy and basin development in the Danish North Sea sector based on log interpretations. EFP-92 Project. Basin development of the Tertiary of the Central Through with emphasis on possible hydrocarbon reservoirs, 26 pp.
- de Verteuil, L. & Norris, G. 1996: Miocene dinoflagellate stratigraphy and systematics of Maryland and Virginia. *Micropaleontology* 42 (Supplement), 172 pp.
- Dybkjær, K., Piasecki, S. & Rasmussen, E.S. 1999: Dinoflagellat zoner og sekvensstratigrafi i den miocæne lagpakke i Midt- og Sønderjylland. *Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse Rapport 1999/73*, 33 pp.
- Dybkjær, K., Rasmussen, E.S. & Piasecki, S. 2003: Stratigrafi i borerne: Fromseier, Bække, Estrup og Føvling, Ribe Amt. *Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse Rapport 2003/95*, 53 pp.
- Dybkjær, K. 2004a: Dinocyst stratigraphy and palynofacies studies used for refining a sequence stratigraphic model--uppermost Oligocene to lower Miocene, Jylland, Denmark. *Review of Palaeobotany and Palynology* 131(3–4), 201–249.
- Dybkjær, K. 2004b: Morphological and abundance variations in *Homotryblium*-cyst assemblages related to depositional environments; uppermost Oligocene – Lower Miocene, Jylland, Denmark. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 206, 41–58.
- Friis, H., Mikkelsen, J. & Sandersen, P. 1998: Depositional environment of the Vejle Fjord Formation of the Upper Oligocene – Lower Miocene of Denmark: a barrier island/barrier-protected depositional complex. *Sedimentary Geology* 117, 221–244.
- Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M.B., Jacquin, T., de Graciansky, P.-C. & Vail, P. 1998: Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins. In: de Graciansky, P.-C. *et al.* (eds) *Mesozoic and Cenozoic sequence stratigraphy of European basins*. SEMP (Society for Sedimentary Geology) Special Publication 60, 3–13 and charts.
- Heilmann-Clausen, C. 1995: Palæogene aflejringer over Danskekalken. In: Nielsen, O.B. (ed.) *Danmarks geologi fra Kridt til i dag*. Aarhus Geokompender1, 69–114.
- Hindsby, K., Harrar, B., Nyegaard, P., Konradi, P., Rasmussen, E.S., Bidstrup, T., Gregersen, U. & Boaretto, E. 1999: Holocene and Pleistocene groundwaters in a coastal Miocene sand aquifer. In: Edmunds & Milne (eds) *PALAEAUX - managements of coastal aquifers in Europe - Palaeowaters, natural controls and human influence*. Final report for the EU project PALAEAUX (ENV4-CT95-

- 0156). British Geological Survey, BGS technical report, Hydrogeology Series, WD/99/35, 1999
- Japsen, P., Bidstrup, T. & Rasmussen, E.S. 2002: Comment on: "Cenozoic evolution of the eastern Danish North Sea" by M. Huuse, H. Lykke-Andersen and O. Michelsen, [Marine Geology 177, 243–269]. Marine Geology 186, 571–575.
- Jordt, H., Faleide, J.L., Bjørlykke, K. & Ibrahim, M.T. 1985: Cenozoic sequence stratigraphy of the central and northern North Sea Basin: tectonic development, sediment distribution and provenance areas. Marine and Petroleum Geology 12(8), 845–879.
- Koch, B.E. 1989: Geology of the Søby-Fasterholt area. Geological Survey of Denmark, Serie A 22, 177 pp.
- Köthe, A. 2003: Dinozysten-Zonierung im Tertiär Norddeutschland. Revue Paléobiologie, Geneve 22(2), 895–293.
- Larsen, G. & Dinesen, A. 1959: Vejle Fjord Formationen ved Brejning. Sedimenterne og foraminifer faunaen (Oligocæn–Miocæn). Danmarks geologiske Undersøgelse, II Række 82, 114 pp.
- Michelsen, O. 1994: Stratigraphic correlation of the Danish onshore and offshore Tertiary successions based on sequence stratigraphy. Bulletin of the Geological Society of Denmark 41, 145–161.
- Piasecki, S., Dybkjær, K. & Rasmussen, E.S. 2004: Miocæn stratigrafi i Sønder Vium forskningsboring i Ringkøbing Amt (102.948). Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse Rapport 2004/5, 22 pp.
- Piasecki, S. & Rasmussen, E.S. 2006: Stratigrafisk analyse af borerne ved Vind (DGU nr. 74.1148) og Gudum (DGU nr. 53.615) i Ringkøbing Amt. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2006/01, 45 pp.
- Powell, A.J. 1992: Dinoflagellate cysts of the Tertiary System. In: Powel, A.J. (ed.) A stratigraphic index of dinoflagellate cysts, 155–251.
- Printice, M.L. & Matthews, R.K. 1988: Cenozoic ice volume history: development of a composite oxygen isotope record. Geology 16, 963–966.
- Rasmussen, E.S. 1996: Sequence stratigraphic subdivision of the Oligocene and Miocene succession in South Jutland. Bulletin of the Geological Society of Denmark 43, 143–155.
- Rasmussen, E.S. & Dybkjær, K. 1999: Upper Oligocene - Lower Miocene storm and tidal dominated deposits at Lillebælt and Vejle Fjord, Denmark. Unpublished excursion guide.
- Rasmussen, E.S., Dybkjær, K. & Piasecki, S. 2002: Miocene depositional systems of the eastern North Sea Basin, Denmark. Development of sedimentological and stratigraphical principles in modern sedimentology. Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse Rapport 2002/89, 127 pp.

- Rasmussen, E.S. 2004a: Stratigraphy and depositional evolution of the uppermost Oligocene - Miocene succession in western Denmark. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 51, 89–109.
- Rasmussen, E.S. 2004b: The interplay between true eustatic sea-level changes, tectonics, and climatic changes: what is the dominating factor in sequence formation of the Upper Oligocene - Miocene succession in the eastern North Sea Basin, Denmark. *Global and Planetary Change* 41, 15–30.
- Rasmussen, E.S. & Dybkjær, K. 2005: Sequence stratigraphy of the Upper Oligocene - Lower Miocene of eastern Jylland, Denmark: role of structural relief and variable sediment supply in controlling sequence development. *Sedimentology* 52, 25–63.
- Rasmussen, E.S., Piasecki, S., Andsbjerg, J., Dybkjær, K., Vejbæk, O.V., Jacobsen, C., Britze, P. & Bryde-Auken, M. 2005: Cenozoic maps of the Danish North Sea area. *Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2005/33*, 40 pp.
- Sorgenfrei, T. 1958: Molluscan assemblages from the marine Middle Miocene of South Jutland and their environments. *Danmarks geologiske Undersøgelse. Serie II* 79, 503 pp.
- Vejbæk, O. 1992: Geodynamic modelling of the Danish Central Trough. In: Larsen, R.M.e.a. (ed.) *Structural and tectonic modelling and its application to petroleum geology*, 1–17. Amsterdam, Elsevier, Norwegian Petroleum Society.
- Williams, G.L., Brinkhuis, H., Pearce, M.A., Fensome, R.A. & Weegink, J.W. 2004: Southern ocean and global dinoflagellate cyst events for the latest Cretaceous-Neogene. In: Exon, N.F. *et al.* (eds) *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific results* 189, 98 pp.
- Zevenboom, D. 1995: Dinoflagellate cysts from the Mediterranean Late Oligocene and Miocene, 221 pp. Unpublished Ph. D. thesis, Universiteit Utrecht, Faculteit Biologie, Utrecht, Netherlands.
- Ziegler, P.A. 1982: *Geological atlas of Western and central Europe*, 130 pp. Amsterdam: Elsevier.

