

# Miocæn stratigrafi i Forumlund (121.1234) og Klelund-2 (123.1218) boringerne i Ribe Amt

Stefan Piasecki og Erik S. Rasmussen

# Miocæn stratigrafi i Forumlund (121.1234) og Klelund-2 (123.1218) borerne i Ribe Amt

Stefan Piasecki og Erik S. Rasmussen

# Indhold

## Miocæn stratigrafi i Forumlund (121.1334) og Klelund-2 (123.1218) borerne i Ribe Amt

Resumé.....	4
Indledning .....	5
Geologisk ramme.....	6
Litostratigrafi .....	10
Litostratigrafisk opdeling af Forumlund boringen (121.1334) .....	12
Litostratigrafisk opdeling af Klelund boringen (123.1218).....	17
Biostratigrafi.....	24
Metoder .....	24
Biostratigrafi i Forumlund boringen (121.1334) .....	26
Generelle bemærkninger.....	26
Arnum Formation.....	27
Nedre Arnum Formation.....	27
Øvre Arnum Formation.....	28
Hodde Formation.....	29
Kvartær .....	30
Biostratigrafi i Klelund-2 boringen (123.1218) .....	30
Generelle bemærkninger.....	30
Vejle Fjord Formation .....	31
Ribe Formation/Kolding Fjord sand .....	32
Arnum Formationen (nedre del) .....	32
Arnum Formationen (øvre del) .....	33
Kvartær .....	34
Sammenligning af Klelund-2 og Forumlund borerne .....	35
Bilag .....	36
Referencer .....	36

## Resumé

Sedimenterne i skylleprøver fra Forumlund og Klelund-2 borerne er beskrevet sedimentologisk. Desuden er prøverne biostratigrafisk dateret på grundlag af indholdet af dinoflagellat cyster, og aflejningsmiljøet er vurderet på grundlag af indholdet af organisk materiale. Resultaterne er sammenlignet med de geofysiske målinger fra borehullerne og lagserien er litostratigrafisk korreleret med andre borer ved hjælp af seismiske profiler.

Forumlund boringen (121.1334) når gennem Miocæn i 294 meters dybde. Hovedparten af den miocæne lagserie i boringen (108–294 meter) omfatter Arnum Formationen. Det tynde, eneste sandlag i lagserien opdeler formationen i nedre Arnum Formation (294–185 meter) og øvre Arnum Formation (185–108 meter). De øverste 8 meter af miocænet henføres til Hodde Formationen (100–108 meter) og her over findes 100 meter formodet Kvartær aflejringer, som ikke er undersøgt. Den grå mergel under Miocæn lagserien henføres til Søvind Mergel Formationen (294–295 meter).

Klelund-2 boringen (123.1218) når gennem Miocæn i 224 meters dybde. Der er 184 meter Miocæn lagserie, som er overlejret af 40 meter formodet Kvartær. Der er analyseret én prøve fra øverste 40 meter formodet Kvartær men denne lagserie er ikke direkte dateret. Den miocæne lagserie omfatter nederst Vejle Fjord Formation (224–190 meter), Ribe Formation/Kolding Fjord sand (190–171 meter) og Arnum Formation (171–40 meter). Arnum Formationen kan yderligere opdeles i en nedre Arnum Formation med Bastrup sand i toppen (171–112 meter) og en øvre Arnum Formation med Stauning sand i toppen (112–40 meter). Den grå mergel under Miocæn lagserien henføres til Søvind Mergel Formation (224–225 meter).

Alderen af den miocæne lagserie i Forumlund boringen er Tidlig Miocæn til Mellem Miocæn, Burdigalien til Serravallien. Den miocæne lagserie i Klelund-2 boringen strækker sig fra Tidlig til Mellem Miocæn, fra Aquitanien til Langhien.

Toppen af Søvind Mergel Formationen er af Mellem Eocæn alder i begge borer; henholdsvis Lutetien – tidligste Bartonien i Forumlund boringen og Lutetien i Klelund boringen.

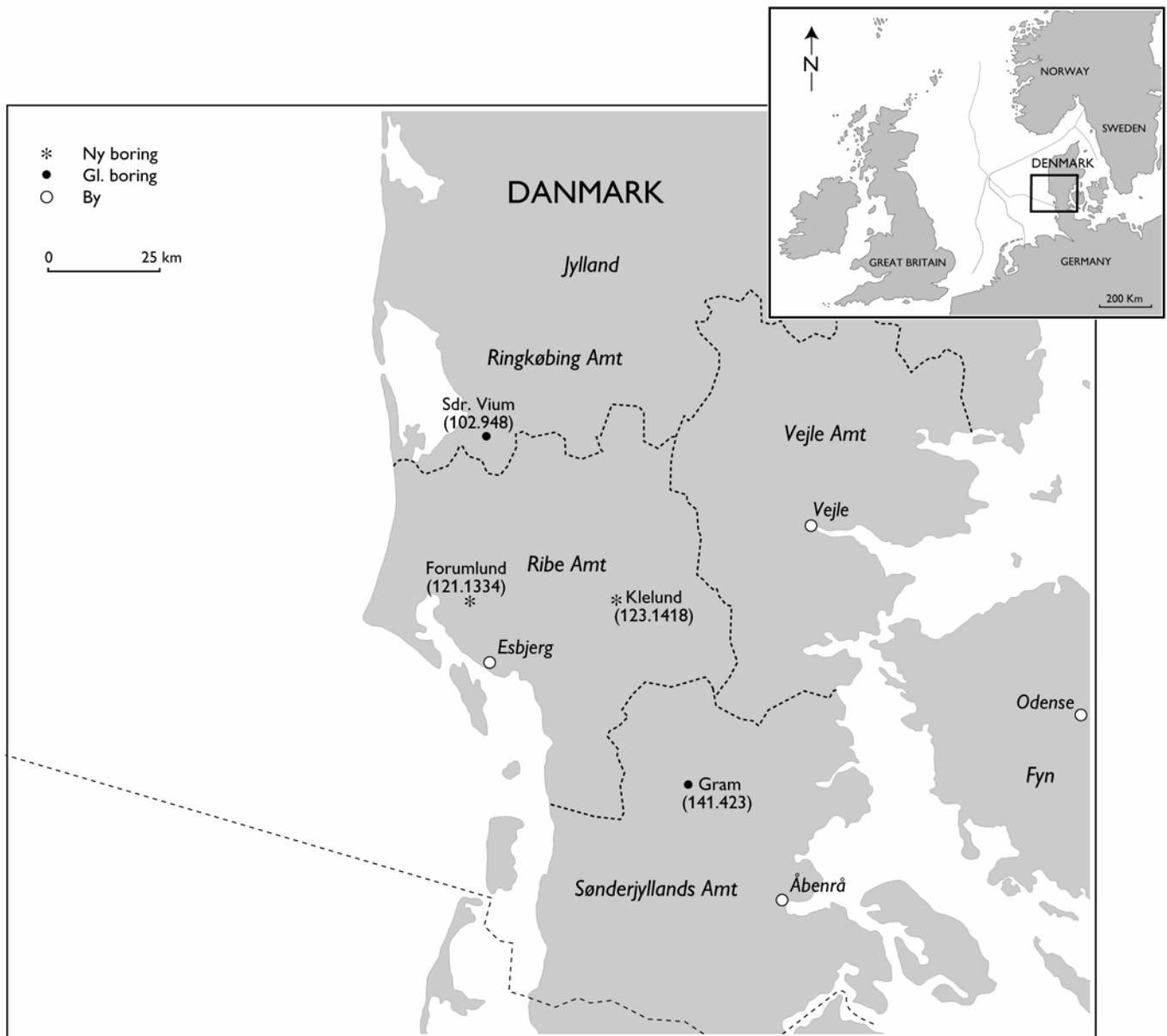
## Indledning

I forbindelse med kortlægning af grundvandsmagasiner i Ribe Amt blev der i 2003 boret to nye borerer ved henholdsvis Forumlund og Klelund (Figur 1). En detaljeret tredimensionel kortlægning af lagseriens stratigrafi er nødvendig for en vurdering af volumen og udbredelse disse potentielle grundvandsmagasiner. Tidligere undersøgelser har vist at dinoflagellat cyster er et godt stratigrafisk redskab i den neogene lagserie (Dybkjær *et al.* 1999; Dybkjær & Rasmussen 2001; Dybkjær *et al.* 2003). Kombineret med sekvensstratigrafisk analyse af geofysiske data kan de stratigrafiske forhold i lagserien udredes. Den opdaterede Miocæn stratigrafi i Jylland er vist i figur 2.

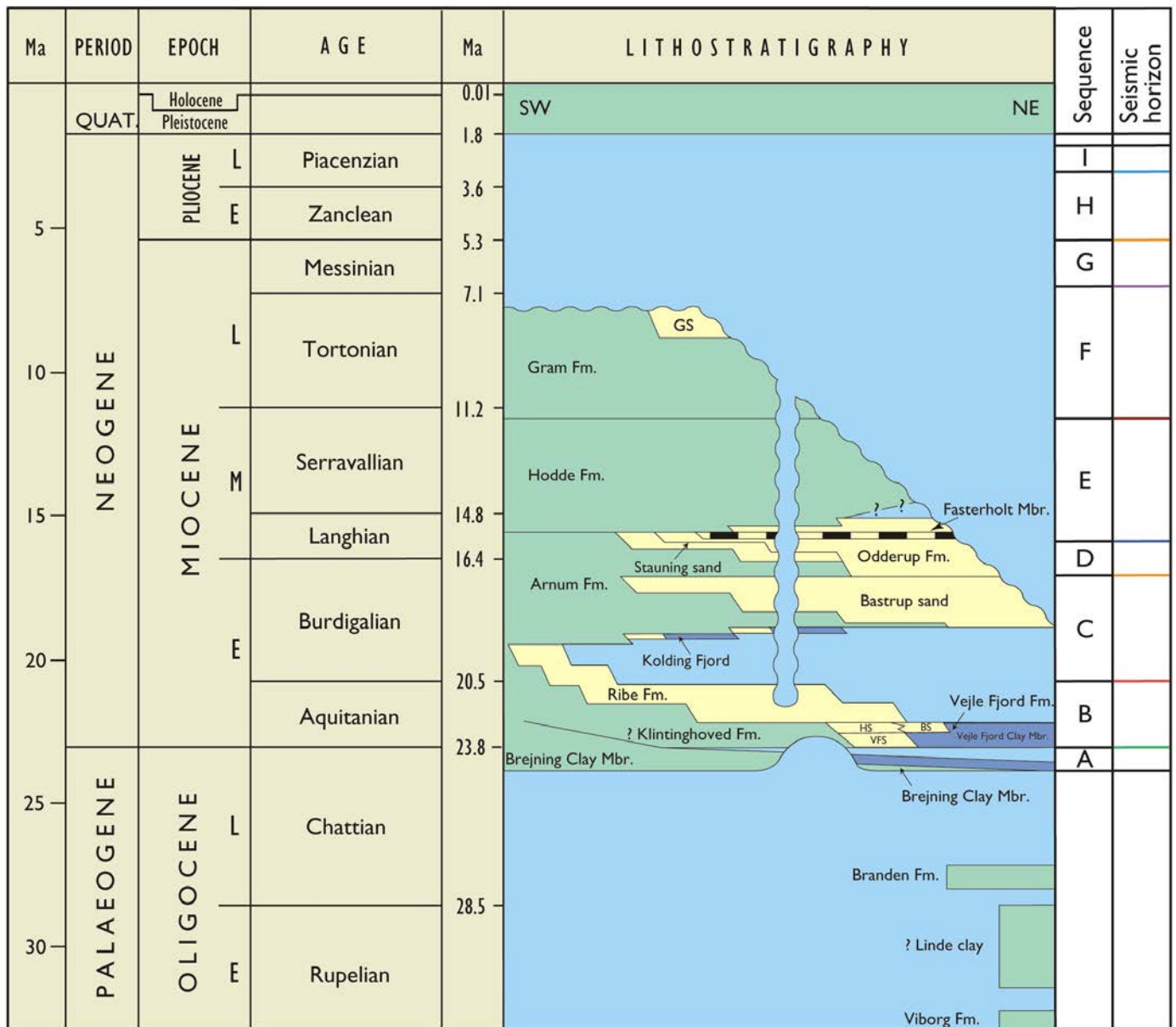
## Geologisk ramme

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 Øvre Kridt, hvor kalk og limsten blev aflejret. I forbindelse med Den alpine Foldning (Øvre 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. Længere 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 (f. eks. 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 (Friis *et al.* 1998; Rasmussen *in press* (2004)). Tektoniske bevægelser i Oligocæn har sandsynligvis haft indflydelse på kildeområdet og aflejringsmønstret. Ligeledes har globale havniveauændringer 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 relateret tektoniske bevægelser i Oligocæn.

I Øvre Oligocæn transgrederedes Det danske Bassin på ny (Figur 3A). Den topografi, der dannedes i forbindelse med de tektoniske bevægelser har haft afgørende betydning for aflejringsmiljøet. Ringkøbing-Fyn Højderyggen spillede en særlig rolle her, idet den adskilte mere åben marine/kystprograderende aflejringsmiljøer syd for ryggen fra parali-ske/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 havniveaufaldet i Aquitanien steg havniveauet generelt



Figur 1: Kort over det sydlige Jylland med markering af Forumlund (121.1334) og Klelund (123.1218) borerne i Ribe Amt samt Sdr. Vium boringen (102.948) i Ringkøbing Amt og Gram boringen (141.423) i Sønderjyllands Amt.

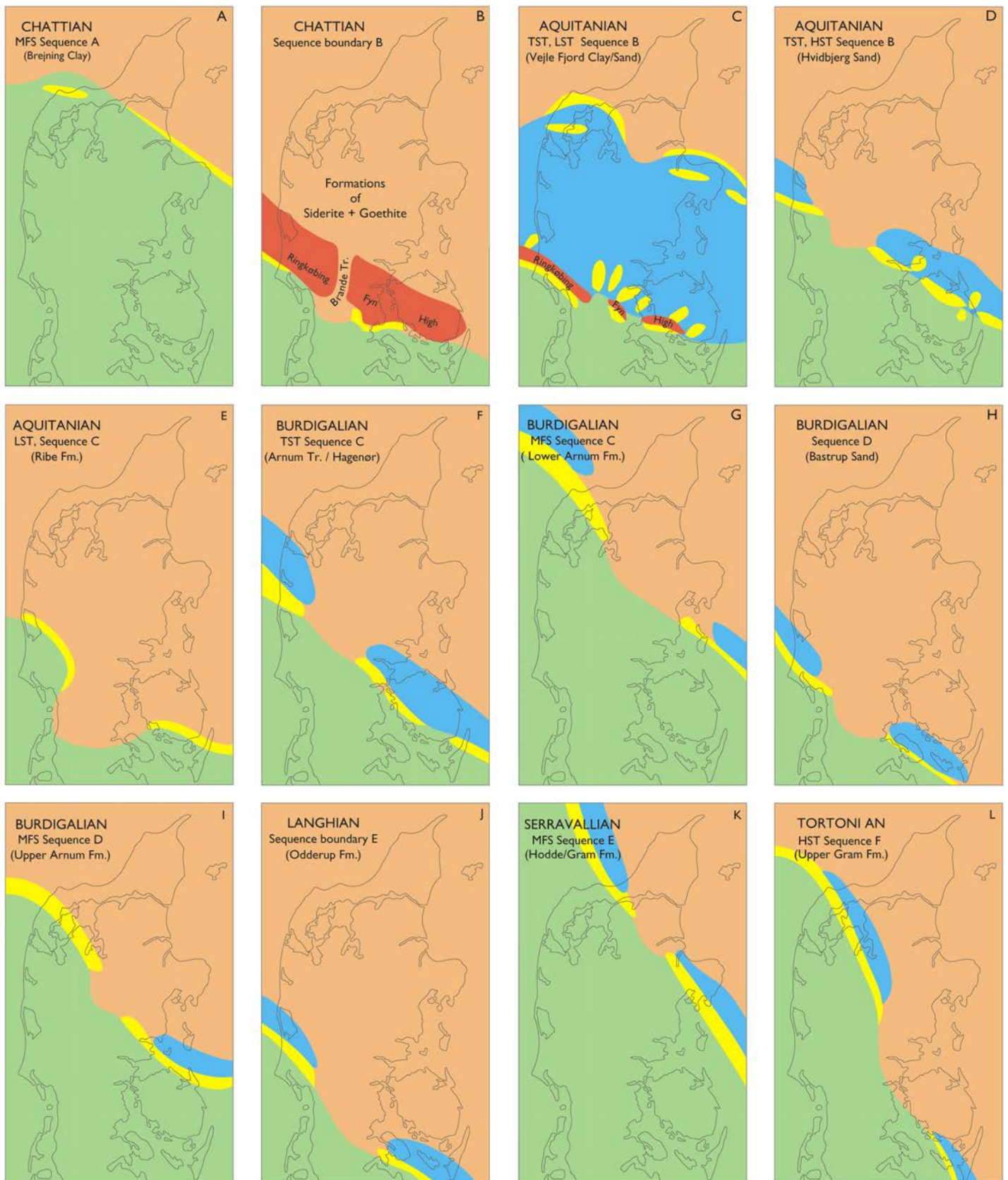


Marine silt and clay    
  Fluvial and marine sand    
  Brackish water silt and clay    
  Coal    
  Hiatus

VFS= Vejle Fjord Sand Mbr.     BS= Billund sand     HS=Hvidbjerg sand     GS=Gram silt/sand     ~~~~~ Quaternary erosion

Figur 2: Stratigrafisk skema over Øvre Oligocæn - Øvre Miocæn aflejringer i det sydlige Jylland. Den litostratigrafiske inddeling af lagserien er vist i en sekvensstratigrafisk ramme med datering af de stratigrafiske enheder.





Figur 3: Palæogeografisk udvikling fra Chattien, Øvre Oligocæn, til Tortonien, Øvre Miocæn i Jylland-Fyn området.

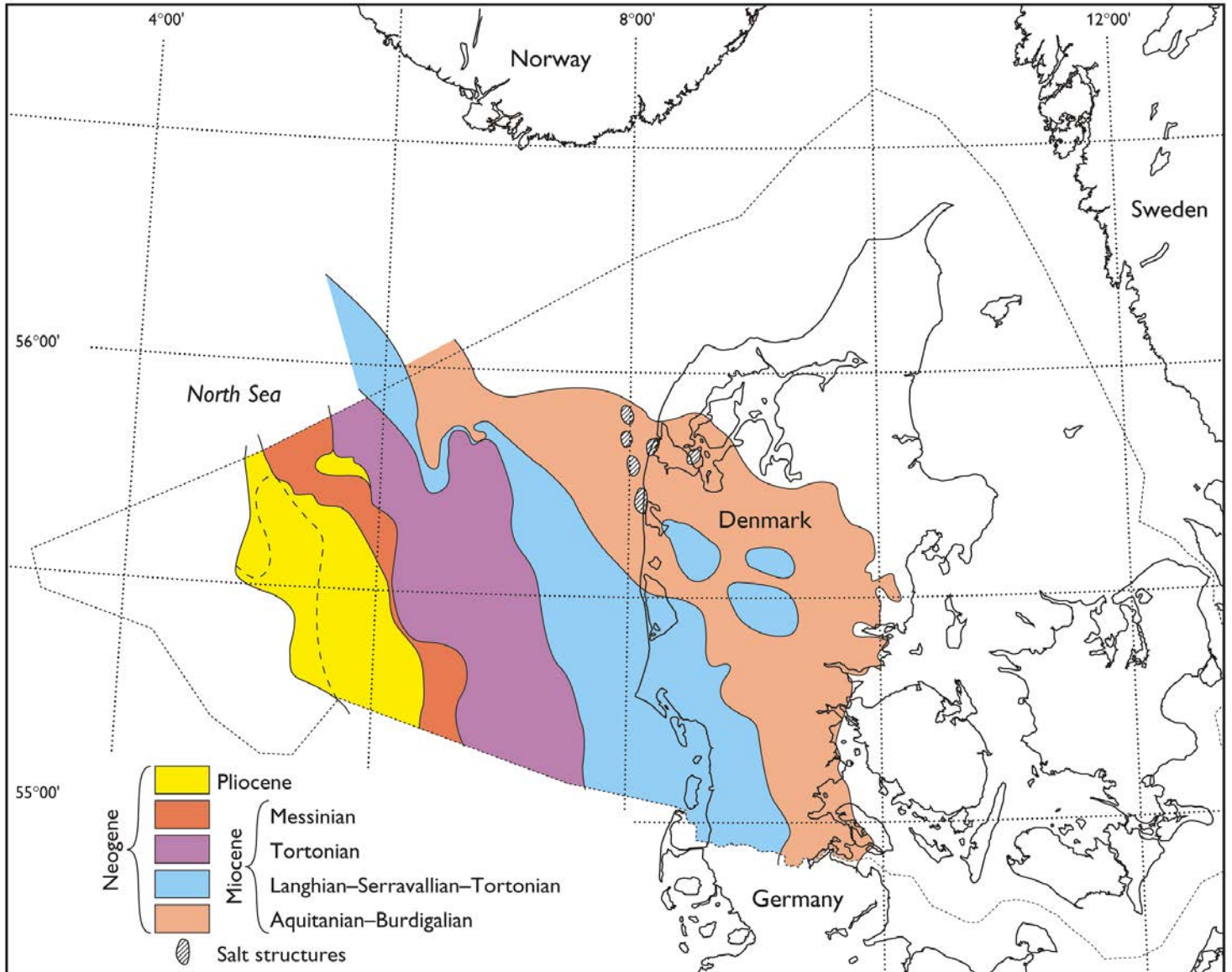
op igennem Miocæn med maksimum i Serravallien (øvre Mellem Miocæn) (Figur 3D–I) (Printice & Matthews 1988). Nye tektoniske bevægelser karakteriserede bassinet i slutningen af Burdigalien (øvre Nedre Miocæn). Dette resulterede i nye udbygninger, bl.a. aflejring beriget med tungminerale (Figur 3I–J). Da 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 forkastninger i Odderup Formationen at tektonisk aktivitet foregik ved denne overgang (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 og derfor steg det globale havniveau også markant 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 Øvre 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 indsinking, 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 sedimente 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 *in press* (2004))(Figure 2).

Den ældste litostratigrafiske enhed er Vejle Fjord Formationen. Den nederste del af Vejle Fjord Formationen, Brejning Led, henregnes til oligocænet, 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 aflejreredes 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. Over disse enheder, der overordnet tilhører Vejle Fjord Formationen, kommer Arnum Formationen, der hovedsageligt består af lerede sedimente. Den nederste del af Arnum Formationen, som består af sandrige sedimente 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 aflejreredes finsand rigt på tungminerale. Disse sandlag kaldes for Stauning sand. Over Arnum Formationen følger den sandrige



Figur 4: Kort over de neogene aflejrings nuværende udbredelse i det danske område efter Neogen - Kvartær hævnning og erosion.

Odderup Formation. Herover træffes kun lerrige sedimenter i Jylland. Disse lag er kendt som Hodde Formationen og Gram Formationen.

Der er endnu ikke konstrueret et prækvartært kort over de miocæne formationer, som omtalt ovenfor, men den overordnede fordeling af de miocæne og pliocæne aflejringer i det danske område er vist i figur 4. Her ser man, at de miocæne lag bliver ældre mod øst og nordøst. Dette er en konsekvens af den markante neogene og kvartære hævnning og erosion.

### **Litostratigrafisk opdeling af Forumlund boringen (121.1334)**

Boringen er beskrevet ned til 295 meters dybde. De øverste 100 meter henføres til kvartære aflejringer og er ikke analyseret. Sedimentologisk opmåling af den miocæne del af boringen på basis af boreprøver (cuttings) viser en lagserie domineret af sort til mørk brun, silt og ler (Figur 5). Der er kun registreret sand i et mindre interval ved ca. 185 meters dybde. Molluskskaller er meget udbredt i størstedelen af lagserien med intervallerne 205–225 meter og 260–295 meter som markante undtagelser. Den nederste prøve i 295 meter omfatter grå mergel.

En kombination af biostratigrafien, tolkning af gammaloggen (Figur 5) samt korrelation til de nærmeste boringer ved hjælp af lokale seismiske data giver følgende opdeling af den genemborede lagserie:

Kvartær	0–100 meter
Miocæn	100–108 meter: 8 meter Hodde Formation
	108–294 meter: 186 meter Arnum Formation
Eocæn	294–295 meter: 1 meter Søvind Mergel Formation

#### Sedimentologisk beskrivelse af Forumlund boringen

Dybde i meter: sedimentbeskrivelse

100-101: Grønliggråt ler.

101-102: Grønliggråt ler vekslende med brunt ler.

102-103: Grønliggråt ler vekslende med brunt ler.

103-104: Brunt ler vekslende med grønligt ler.

104-105: Brunt ler vekslende med grønligt ler.

105-106: Brunt ler vekslende med grønligt ler.

106-107: Brunt ler vekslende med grønligt ler, samt skaller.

107-108: Brunt ler.

108-109: Lamineret brunt og gråt ler.

109-110: Lamineret brunt og gråt ler, samt gråt silt.

110-111: Lamineret brunt og gråt ler, samt gråt silt og skaller.

111-112: Lamineret brunt og gråt ler.

112-113: Lamineret brunt og gråt ler.

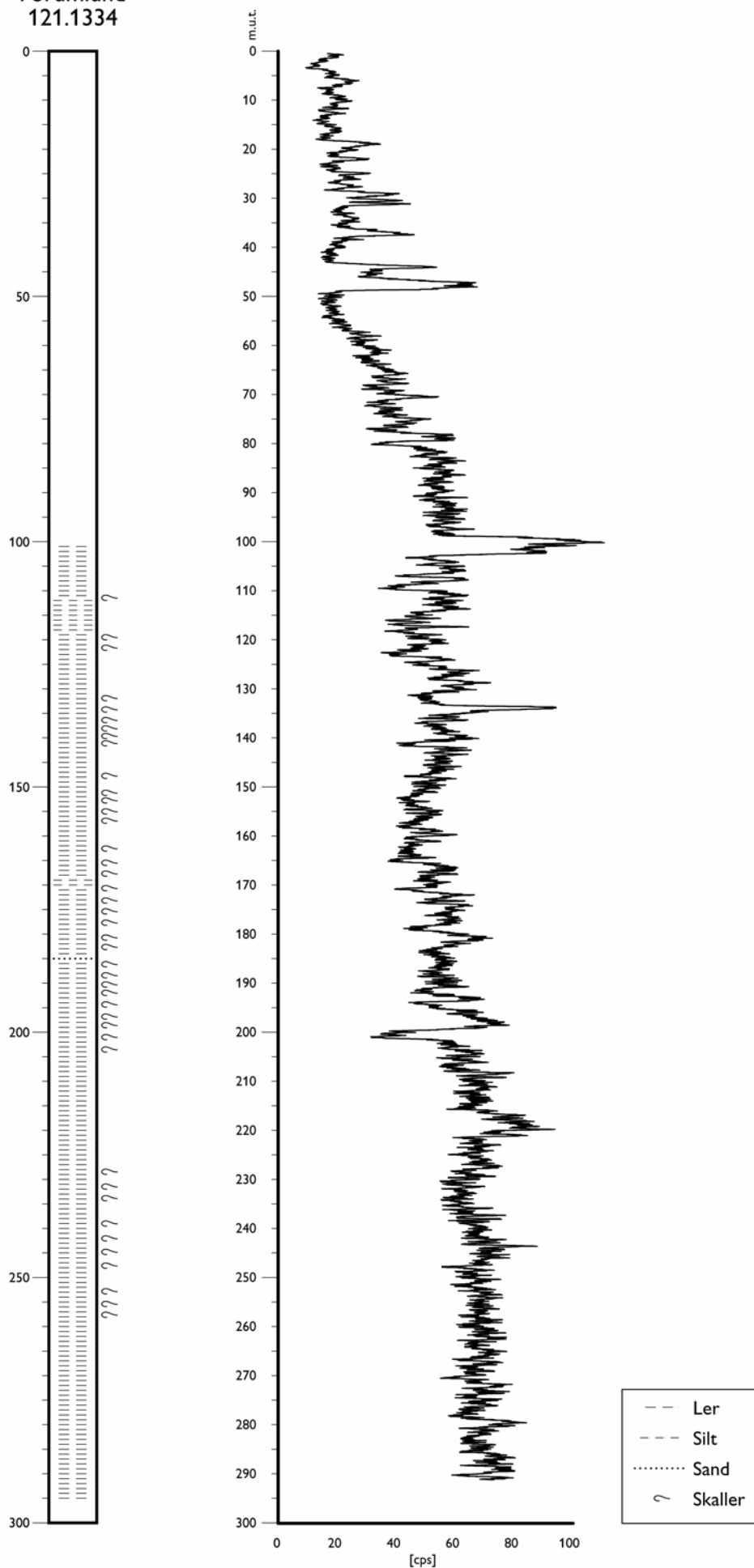
113-114: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber.

114-115: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber.

115-116: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber.

116-117: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber og cementeret sandsten.

Forumlund  
121.1334



Figur 5: Simplificeret sedimentologisk log af Forumlund boringen (121.1334) med angivelse af mollusk fauna, og korreleret med gamma loggen fra borehullet.

117-118: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber og cementeret sandsten.  
118-119: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber.  
119-120: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber.  
120-121: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber og skaller.  
121-122: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber.  
122-123: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber og skaller.  
123-124: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber og skaller.  
124-125: mangler.  
125-126: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber.  
126-127: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber.  
127-128: Homogen brunt, siltet ler.  
128-129: Brunt ler.  
129-130: Brunt ler.  
130-131: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber.  
131-132: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber og mange skaller.  
132-133: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber og mange skaller.  
133-134: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber og cementeret sandsten.  
134-135: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber og mange skaller.  
135-136: mangler.  
136-137: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber og skaller.  
137-138: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber og skaller.  
138-139: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber og skaller.  
139-140: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber og skaller.  
140-141: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber.  
141-142: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber og skaller.  
142-143: Lamineret brunt og gråt ler.  
143-144: Lamineret brunt og gråt ler.  
144-145: Lamineret brunt og gråt ler og skaller.  
145-146: Lamineret brunt og gråt ler.  
146-147: Lamineret brunt og gråt ler.  
147-148: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber.  
148-149: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber og skaller.  
149-150: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber og skaller.  
150-151: Lamineret brunt og gråt ler.  
151-152: Lamineret brunt og gråt ler.  
152-153: Lamineret brunt og gråt ler og skaller.  
153-154: Lamineret brunt og gråt ler og skaller.  
154-155: Lamineret brunt og gråt ler og skaller.  
155-156: Homogent brunt ler.  
156-157: Homogent brunt ler.  
157-158: Veksellejrende homogent ler og lamineret brunt og gråt ler.  
158-159: Homogent ler.  
159-160: Homogent ler og skaller.  
160-161: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber.  
161-162: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
162-163: Homogent ler.  
163-164: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.

164-165: Lamineret brunt og gråt ler.  
165-166: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
166-167: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
167-168: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
168-169: Lamineret, grønligt siltet finsand og brunt ler.  
169-170: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber.  
170-171: Lamineret brunt og gråt ler, samt finsandsstriber og skaller.  
171-172: Veksellejrende brunt og gråt ler, samt skaller.  
173-174: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
174-175: Lamineret brunt og gråt, fed ler, samt skaller..  
175-176: Lamineret brunt og gråt, fed ler, samt mange skaller.  
176-177: Lamineret brunt og gråt, fed ler, samt skaller.  
178-179: Lamineret brunt og gråt, fed ler, samt skaller.  
179-180: Lamineret brunt og gråt, fed ler, samt skaller.  
180-181: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
181-182: Lamineret brunt og gråt ler.  
182-183: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
183-184: Lamineret brunt og gråt ler.  
184-185: Grønliggråt, siltet finsand og brunt ler.  
185-186: Lamineret brunt og gråt ler.  
186-187: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
187-188: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
188-189: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
189-190: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
190-191: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
191-192: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
192-193: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
193-194: Lamineret brunt og gråt, fed ler, samt skaller.  
194-195: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
195-196: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
196-197: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
197-198: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
198-199: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
199-200: Lamineret brunt og gråt, fed ler, samt skaller.  
200-201: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
201-202: Homogent, brunt siltet ler.  
202-203: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller.  
203-204: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller og cementeret sandsten.  
204-205: Lamineret brunt og gråt ler, samt skaller og cementeret sandsten.  
205-206: Homogent, brunt, siltet ler.  
206-207: Lamineret brunt og gråt ler.  
207-208: Lamineret brunt og gråt ler veksellejrende med homogent, brunt ler.  
208-209: Lamineret brunt og gråt ler veksellejrende med homogent, brunt ler.  
209-210: Homogent brunt, siltet ler, samt lamineret, brunt og gråt ler  
210-211: Veksellejrende, gråt og brunt, siltet ler.  
211-212: 'Skifrigt', brunt ler.  
212-213: Homogent brunt, siltet ler.

213-214: 'Skifrigt', brunt ler.  
215-216: 'Skifrigt', brunt ler, lidt laminering.  
216-217: Lamineret brunt og gråt, siltet ler.  
217-218: Lamineret brunt og gråt, siltet ler.  
218-219: Gråt, siltet ler.  
219-220: Gråt, siltet ler.  
220-221: Lamineret brunt og gråt, silt.  
221-222: Lamineret brunt og gråt, silt.  
222-223: Lamineret brunt og gråt, silt.  
223-224: Lamineret brunt og gråt, siltet ler.  
224-225: Lamineret brunt og gråt, siltet ler.  
225-226: Lamineret brunt og gråt, siltet ler.  
226-227: Lamineret brunt og gråt, siltet ler.  
227-228: Lamineret brunt og gråt, siltet ler.  
228-229: Lamineret brunt og gråt, siltet ler, samt skaller.  
229-230: Homogent, brunt, siltet ler.  
230-231: Lamineret brunt og gråt, siltet ler, samt skaller.  
231-232: Lamineret brunt og gråt, siltet ler, samt skaller og konkretioner.  
232-233: Lamineret brunt og gråt, siltet ler.  
233-234: Lamineret brunt og gråt, siltet ler, samt skaller.  
234-235: Lamineret brunt og gråt, siltet ler.  
235-236: Lamineret brunt og gråt, siltet ler, samt konkretioner.  
236-237: Lamineret brunt og gråt, siltet ler, samt skaller.  
237-238: Lamineret brunt og gråt, siltet ler.  
238-239: Lamineret brunt og gråt, siltet ler  
239-240: Brunt, siltet ler.  
240-241: Brunt, siltet ler, samt skaller.  
241-242: Brunt, siltet ler.  
242-243: Brunt, siltet ler, samt skaller, samt få skaller.  
243-244: Lamineret brunt og gråt, siltet ler, samt skaller.  
244-245: Lamineret brunt og gråt, siltet ler, samt skaller.  
245-246: Lamineret brunt og gråt, siltet ler.  
246-247: Homogent, brunt, siltet ler.  
247-248: Homogent, brunt, siltet ler.  
249-250: Homogent, brunt, siltet ler.  
251-252: Homogent, brunt, siltet ler, samt grå silt lag.  
252-253: Homogent, brunt, siltet ler, samt grå silt lag.  
253-254: Homogent, brunt, siltet ler, samt skaller.  
254-255: Homogent, brunt, siltet ler.  
255-256: Homogent, brunt, siltet ler, samt skaller.  
256-257: Homogent, brunt, siltet ler.  
257-258: Homogent, brunt, siltet ler, lidt skifrig.  
258-259: Lamineret brunt og gråt, siltet ler.  
259-260: Homogent brunt, siltet ler.  
260-261: Lamineret brunt og gråt, siltet ler.  
261-262: Lamineret brunt og gråt, fedt ler.  
262-263: Lamineret brunt og gråt, fedt ler.

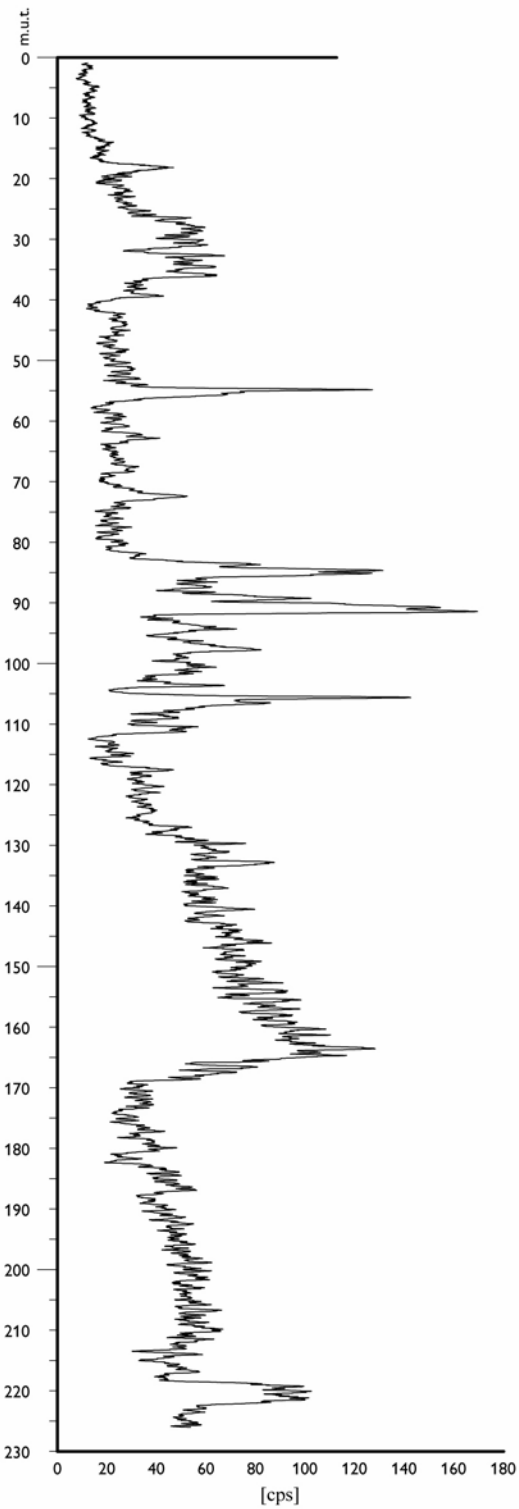
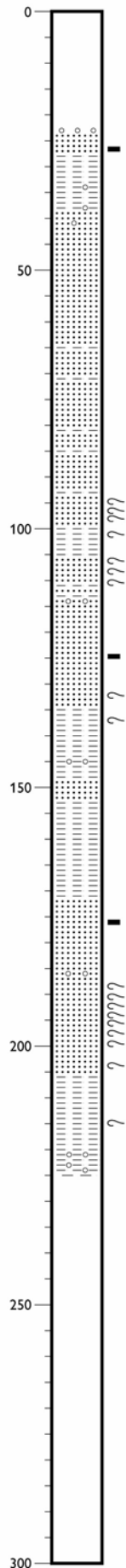


263-264: Lamineret brunt og gråt, fedt ler.  
264-265: Lamineret brunt og gråt, fedt ler.  
265-266: Lamineret brunt og gråt, fedt ler.  
266-267: Lamineret brunt og gråt, fedt ler.  
267-268: Lamineret brunt og gråt, fedt ler.  
268-269: Lamineret brunt og gråt, fedt ler.  
269-270: Lamineret brunt og gråt, fedt ler.  
270-271: Lamineret brunt og gråt, fedt ler.  
271-272: Lamineret brunt og gråt, fedt ler.  
272-273: Homogent, brunt, siltet ler.  
273-274: Lamineret brunt og gråt, fedt ler.  
275-276: Lamineret brunt og gråt, fedt ler.  
276-277: Lamineret brunt og gråt, fedt ler, samt konkretioner.  
277-278: Lamineret brunt og gråt, fedt ler.  
278-279: Lamineret brunt og gråt, fedt ler.  
279-280: Lamineret, gråbrunt, fedt ler.  
280-281: Lamineret, gråbrunt, fedt ler.  
281-282: Lamineret, gråbrunt, fedt ler.  
282-283: Lamineret, gråbrunt, fedt ler.  
283-284: Lamineret, gråbrunt, fedt ler.  
284-285: Lamineret, gråbrunt, fedt ler.  
285-286: Lamineret, gråbrunt, fedt ler.  
286-287: Lamineret, gråbrunt, fedt ler.  
287-288: Lamineret, gråbrunt, fedt ler.  
288-289: Lamineret, gråbrunt, fedt ler.  
289-290: Lamineret, gråbrunt, fedt ler, samt konkretioner.  
290-291: Lamineret, gråbrunt, siltet ler.  
291-292: Lamineret, gråbrunt, fedt, ler.  
292-293: Lamineret, gråbrunt, fedt ler.  
293-294: Lamineret, gråbrunt, fedt ler.  
294-295: Gråt ler.

### **Litostratigrafisk opdeling af Klelund boringen (123.1218)**

Boringen er beskrevet fra 22 til 225 meters dybde. Sedimentologisk opmåling af den mio-cæne del af boringen på basis af boreprøver (cuttings) viser en lagserie der overvejende består af lerede til siltede lag med indslag af finsandslag (Figur 6). I 40–64 meter og 106–134 meter er der gennemboret mellemkornet til groft sand, mens der i 172–200 meter er gennemboret fin- til mellemkornet sand. Kombineret tolkning af gammaloggen fra borehullet (Figur 6) og korrelation til nærmeste borer ved hjælp af lokale seismiske data samt de biostratigrafiske data giver følgende opdeling af den gennemborede lagserie:

Klelund-2  
123.1218



Figur 6: Simplificeret sedimentologisk log af Klelund boringen (123.1218) med angivelse af mollusk fauna og korreleret med gamma loggen fra borehullet.

Kvartær	0–40 meter
Miocæn	40–113 meter: 73 meter Arnum Formation (øvre del)
	40–101 meter: 41 meter Stauning sand
	113–170 meter: 57 meter Arnum Formation (nedre del)
	113–133 meter: 20 meter Bastrup sand
	148–152 meter: ca. 4 meter Bastrup sand
	170–190 meter: 20 meter Ribe Formation/Kolding Fjord sand
	190–224 meter: 34 meter Vejle Fjord Formation Eocæn
	224–225 meter: 1 meter Søvind Mergel Formation

#### Sedimentologisk beskrivelse af Klelund-2 boringen

##### Dybde i meter: sedimentbeskrivelse

- 22-23: Finkornet sand med sten og grus.
- 23-24: Gråt, velsorteret fint til mellemkornet sand.
- 24-25: Gråt, velsorteret fint til mellemkornet sand, mange feldspat korn og ?tungmineraller.
- 25-26: Gråt, velsorteret fint til mellemkornet sand.
- 26-27: Gråt, velsorteret fint til mellemkornet sand, samt brunt ler og lignit.
- 27-28: Gråbrunt, siltet ler.
- 28-29: Gråbrunt, siltet ler, samt enkelte sandlag.
- 29-30: Gråbrunt, siltet ler, samt enkelte sandlag.
- 30-31: Gråbrunt, siltet ler.
- 31-32: Gråbrunt, siltet ler.
- 32-33: Gråbrunt, siltet ler, samt sandlag og enkelte feldspat korn.
- 33-34: Gråbrunt, siltet ler, samt sandlag og sten.
- 34-35: Gråbrunt, siltet ler.
- 35-36: Gråbrunt, siltet ler.
- 36-37: Gråbrunt, siltet ler.
- 37-38: Gråbrunt, siltet ler, samt grus.
- 38-39: Gråt finsand, flint.
- 39-40: Gråt mellemkornet sand, gruset, samt lidt flint.
- 40-41: Gråt, velsorteret, mellem- til grovkornet sand.
- 41-42: Velsorteret, mellem- til grovkornet sand, enkelte lysebrune lerlag.
- 42-43: Velsorteret, mellem- til grovkornet sand, enkelte lysebrune lerlag.
- 43-44: Velsorteret, mellem- til grovkornet sand, enkelte lysebrune lerlag, lidt flint.
- 44-45: Velsorteret, mellem- til grovkornet sand, enkelte lysebrune lerlag.
- 45-46: Velsorteret, mellem- til grovkornet sand, enkelte lysebrune lerlag.
- 46-47: Velsorteret, mellem- til grovkornet sand, enkelte lysebrune lerlag.
- 47-48: Velsorteret, mellem- til grovkornet sand, enkelte lysebrune lerlag
- 49-50: Velsorteret, mellem- til grovkornet sand, lidt mere leret, samt enkelte lysebrune lerlag
- 50-51: Velsorteret, mellem- til grovkornet sand, enkelte lysebrune lerlag.
- 51-52: Velsorteret, mellem- til grovkornet sand, enkelte lysebrune lerlag og feldspat.
- 52-53: Velsorteret, mellem- til grovkornet sand, enkelte lysebrune lerlag.
- 53-54: Velsorteret, mellem- til grovkornet sand, enkelte lysebrune lerlag.
- 54-55: Velsorteret, mellem- til grovkornet sand, enkelte lysebrune lerlag.
- 55-56: Velsorteret, mellem- til grovkornet sand, enkelte lysebrune lerlag.

56-57: Velsorteret, mellem- til grovkornet sand, enkelte lysebrune lerlag.  
57-58: Velsorteret, mellemkornet sand, enkelte lerlag.  
58-59: Velsorteret, mellemkornet sand, enkelte lerlag.  
59-60: Velsorteret, mellemkornet sand, enkelte lerlag.  
60-61: Velsorteret, mellemkornet sand, enkelte lerlag.  
61-62: Grovkornet sand, enkelte lerlag.  
62-63: Grovkornet sand, gruset.  
63-64: Grovkornet sand  
64-65: Mørkebrunt, siltet ler, gruset.  
65-66: Mørkebrunt, siltet ler.  
66-67: Mørkebrunt, siltet ler.  
67-68: Gråt finsand, ?kalk.  
68-69: Gråt finsand, ?kalk.  
69-70: Gråt finsand, feldspat.  
70-71: Lysebrunt ler, sandet.  
71-72: Gråt finsand, samt lysebrune lerlag.  
72-73: Gråt finsand, samt lysebrune lerlag.  
73-74: Gråt finsand, samt lysebrune lerlag.  
74-75: Gråt finsand, samt lysebrune lerlag.  
75-76: Gråt finsand, samt lysebrune lerlag.  
76-77: Gråt finsand, samt lysebrune lerlag.  
77-78: Gråt finsand, cementeret sandsten.  
78-79: Gråt finsand, cementeret sandsten.  
79-80: Gråt finsand, samt lysebrune lerlag.  
80-81: Lysebrunt ler, samt finsand.  
81-82: Gråt, fin- til mellemkornet sand, samt tungminerale.  
82-83: Gråt, fin- til mellemkornet sand, samt tungminerale.  
83-84: Gråt, fin- til mellemkornet sand, samt tungminerale.  
84-85: Brunt ler, samt finkornet sandlag.  
85-86: Brunt, leret, finkornet sand, samt tungminerale.  
86-87: Grågrønt, finkornet sand, samt tungminerale.  
87-88: Grågrønt, finkornet sand.  
88-89: Grågrønt, finkornet sand, leret.  
89-90: Grågrønt, finkornet sand.  
90-91: Grågrønt, finkornet sand, samt tungminerale.  
91-92: Grågrønt, leret silt, samt finkornet sandlag.  
92-93: Veksellejrende mørkebrune og grågrønne lerlag med finsandslaminae.  
93-94: Veksellejrende mørkebrune og grågrønne lerlag med finsandslaminae, cementeret sandsten.  
95-96: Veksellejrende mørkebrune og grågrønne lerlag med finsandslaminae, samt skaller.  
96-97: Veksellejrende mørkebrune og grågrønne lerlag med finsandslaminae, samt skaller.  
98-99: Veksellejrende mørkebrune og grågrønne lerlag med finsandslaminae, samt skaller.  
99-100: Veksellejrende mørkebrune og grågrønne lerlag med finsandslaminae, samt skaller.

- 100-101: Veksellejrende mørkebrune og grågrønne lerlag med finsandslaminae, samt skaller.
- 101-102: Veksellejrende mørkebrune og grågrønne lerlag med finsandslaminae, samt skaller.
- 102-103: Veksellejrende mørkebrune og grågrønne lerlag med finsandslaminae, samt skaller.
- 103-104: Veksellejrende mørkebrune og grågrønne lerlag med finsandslaminae, samt skaller.
- 104-105: Veksellejrende mørkebrune og grågrønne lerlag med finsandslaminae og grovkornet sand.
- 105-106: Gråt, grovkornet sand samt enkelte lerlag.
- 106-107: Gråt, grovkornet sand samt enkelte lerlag og skaller (tykke).
- 107-108: Gråt, grovkornet sand samt enkelte lerlag.
- 108-109: Gråt, grovkornet sand samt enkelte lerlag og skaller.
- 109-110: Gråt, grovkornet sand samt enkelte lerlag.
- 110-111: Brunt, siltet ler med groft sand og skaller.
- 111-112: Velsorteret, gråt, grovkornet sand samt enkelte lerlag
- 112-113: Mørkebrunt, siltet ler.
- 113-114: Gråt, grovkornet sand samt enkelte lerlag og grus.
- 114-115: Brunligt, velsorteret mellemkornet sand, samt enkelte lerlag.
- 115-116: Brunligt, velsorteret mellemkornet sand, samt enkelte lerlag.
- 116-117: Brunligt, velsorteret mellemkornet sand, samt enkelte lerlag.
- 117-118: Brunligt, velsorteret mellemkornet sand, samt enkelte lerlag.
- 118-119: Brunligt, velsorteret mellemkornet sand, samt enkelte lerlag.
- 119-120: Brunligt, velsorteret mellemkornet sand, samt enkelte lerlag.
- 120-121: Brunligt, velsorteret mellemkornet sand, samt enkelte lerlag.
- 121-122: Veksellejrende mellemkornet sand og lerlag.
- 122-123: Brunligt, velsorteret mellemkornet sand.
- 123-124: Brunligt, velsorteret mellemkornet sand.
- 124-125: Brunligt, velsorteret mellemkornet sand, samt lignit.
- 125-126: Brunligt, velsorteret mellemkornet sand, samt flint.
- 126-127: Brunligt, velsorteret mellemkornet sand.
- 127-128: Brunligt, velsorteret mellemkornet sand, samt enkelte lerlag.
- 128-129: Brunligt, velsorteret mellemkornet sand, samt enkelte lerlag.
- 129-130: Brunligt, velsorteret mellemkornet sand, samt enkelte lerlag.
- 130-131: Leret finkornet sand.
- 131-132: Gråt, velsorteret, finkornet sand
- 132-133: Gråt, mellem- til grovkornet sand, samt mørkebrune lerlag og skaller.
- 133-134: Gråt, mellem- til grovkornet sand, samt mørkebrune lerlag og skaller. Feldspat og flint.
- 134-135: Lamineret, brunt siltet ler og grønligt, finkornet sand.
- 135-136: Lamineret, brunt siltet ler og grønligt, finkornet sand.
- 136-137: Lamineret, brunt siltet ler og grønligt, finkornet sand. Skaller.
- 137-138: Lamineret, brunt siltet ler og grønligt, finkornet sand. Skaller.
- 138-139: Lamineret, brunt siltet ler og grønligt, mellemkornet sand.
- 139-140: Fejl ifølge brøndborerens journal.
- 140-141: Lamineret, brunt siltet ler og grønligt, finkornet sand. Skaller.

141-142: Lamineret, brunt siltet ler og grønligt, finkornet sand.  
142-143: Lamineret, brunt siltet ler og grønligt, finkornet sand.  
143-144: Lamineret, brunt siltet ler og grønligt, finkornet sand.  
144-145: Lamineret, brunt siltet ler og grønligt, finkornet sand. Gruset og med skaller.  
145-146: Mørkebrunt, siltet ler.  
146-147: Mørkebrunt, siltet ler.  
147-148: Mørkebrunt, siltet ler.  
148-149: Mellemkornet sand samt enkelte siltede, lerlag.  
149-150: Mellemkornet sand samt enkelte siltede, lerlag.  
150-151: Mellemkornet sand samt enkelte siltede, lerlag. Flint.  
151-152: Mellemkornet sand samt siltede, lerlag.  
152-153: Mørkebrunt, siltet ler med lidt sand.  
153-154: Mørkebrunt, siltet ler samt gråt lamineret silt.  
154-155: Mørkebrunt, siltet ler samt groft sand.  
155-156: Mørkebrunt, siltet ler samt gråt lamineret silt.  
156-157: Gråt silt, samt laminerede, mørkebrune, siltede lerlag.  
157-158: Gråt silt, samt laminerede, mørkebrune, siltede lerlag. Flint.  
158-159: Gråt silt, samt laminerede, mørkebrune, siltede lerlag.  
159-160: Gråt silt, samt laminerede, mørkebrune, siltede lerlag.  
160-161: Gråt silt, samt laminerede, mørkebrune, siltede lerlag.  
161-162: Gråt silt, samt laminerede, mørkebrune, siltede lerlag.  
162-163: Gråt silt, samt laminerede, mørkebrune, siltede lerlag. Groft sand og feldspat.  
163-164: Gråt silt, samt laminerede, mørkebrune, siltede lerlag.  
164-165: Gråt silt, samt laminerede, mørkebrune, siltede lerlag.  
165-166: Gråt silt, samt laminerede, mørkebrune, siltede lerlag.  
166-167: Gråt silt, samt laminerede, mørkebrune, siltede lerlag.  
167-168: Gråt silt, samt laminerede, mørkebrune, siltede lerlag.  
168-169: Gråt silt, samt laminerede, mørkebrune, siltede lerlag.  
169-170: Gråt silt, samt laminerede, mørkebrune, siltede lerlag.  
170-171: Gråt, siltet finkornet sand. Feldspat.  
171-172: Gråt, velsorteret, fin- til mellemkornet sand samt enkelte, brune lerlag.  
173-174: Gråt, velsorteret, fin- til mellemkornet sand samt enkelte, brune lerlag.  
174-175: Gråt, velsorteret, fin- til mellemkornet sand samt enkelte, brune lerlag.  
175-176: Gråt, velsorteret, fin- til mellemkornet sand samt enkelte, brune lerlag. Lignite.  
176-177: Gråt, velsorteret, fin- til mellemkornet sand samt enkelte, brune lerlag.  
178-179: Gråt, velsorteret, fin- til mellemkornet sand.  
179-180: Gråt, velsorteret, fin- til mellemkornet sand.  
180-181: Gråt, velsorteret, fin- til mellemkornet sand, samt enkelte, brune lerlag.  
181-182: Gråt, velsorteret, fin- til mellemkornet sand, samt enkelte, brune lerlag.  
182-183: Gråt, velsorteret, mellemkornet sand, samt enkelte, brune lerlag  
183-184: Gråt, velsorteret, mellemkornet sand, samt enkelte, brune lerlag.  
184-185: Gråt, velsorteret, mellem- til grovkornet sand, samt enkelte, brune lerlag  
185-186: Gråt, velsorteret, mellem- til grovkornet sand, samt enkelte, brune lerlag. Gruset.  
186-187: Gråt, velsorteret, fin- til mellemkornet sand, samt enkelte, brune lerlag.  
187-188: Gråt, velsorteret, fin- til mellemkornet sand, samt enkelte, brune lerlag.  
188-189: Gråt, velsorteret, fin- til mellemkornet sand, samt enkelte, brune lerlag. Skal?.  
189-190: Lamineret finkornet sand, samt brune, lerede siltlag.

190-191: Gråt, finkornet sand. Leret og med skaller.  
191-192: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Leret og med skaller.  
192-193: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Leret og med skaller.  
193-194: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Leret og med skaller.  
194-195: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Leret og med skaller.  
195-196: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Leret og med skaller.  
196-197: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Leret og med skaller.  
197-198: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Leret og med skaller.  
198-199: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Leret og med skaller.  
199-200: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Leret og med skaller.  
200-201: Siltet, finkornet sand. Skaller.  
201-202: Lamineret, siltet finkornet sand.  
202-203: Lamineret, siltet finkornet sand. Skaller.  
203-204: Lamineret, siltet finkornet sand.  
204-205: Brunt, finkornet sand, samt lerlag.  
205-206: Lamineret, siltet finkornet sand.  
206-207: Mørkebrunt, leret silt.  
207-208: Mørkebrunt, leret silt.  
208-209: Mørkebrunt, leret silt.  
209-210: Mørkebrunt, leret silt.  
210-211: Mørkebrunt, leret silt.  
211-212: Mørkebrunt, leret silt.  
212-213: Mørkebrunt, leret silt.  
213-214: Mørkebrunt, leret silt. Skal?.  
214-215: Mørkebrunt, leret silt.  
215-216: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.  
216-217: Mørkebrunt, leret silt samt lamineret, grønligt, finkornet sand.  
217-218: Mørkebrunt, leret silt samt lamineret, grønligt, finkornet sand.  
218-219: Mørkebrunt, leret silt samt lamineret, grønligt, finkornet sand.  
219-220: Mørkebrunt, leret silt samt lamineret, grønligt, finkornet sand.  
220-221: Grønligbrunt, siltet ler. Gruset og med glaucony.  
221-222: Grønligbrunt, siltet ler. Glaucony.  
222-223: Grønligbrunt, siltet ler. Gruset og med glaucony, samt skaller.  
223-224: Grønligbrunt ler. Gruset og med glaucony  
224-225: Gråt ler.

# Biostratigrafi

## Metoder

Der er analyseret ca. 80 prøver fra de to borerer for indhold af dinoflagellat cyster. I hver prøve er der talt 200 dinoflagellater for at belyse sammensætningen af floraen. Minimum ét slide (men oftest flere) er gennemført for at finde yderligere arter ud over de som blev registreret i tællingen. I de fattigste prøver, specielt nederst i borerer, kunne der ikke tælles 200 dinoflagellater.

En del andre palynomorfer end dinoflagellater er ligeledes registreret systematisk; acritar-cher, andre marine alger, *Botryococcus* spp. og *Pediastrum* spp. samt andre ferskvands alger og nogle få pollen.

Omljerede palynomorfer er generelt identificeret og registreret til belysning af sedimenternes kildeområder. Tydeligt nedfaldne palynomorfer er registreret og belyser usikkerheden i det associerede selskabs stratigrafiske signifikans. Forfatterne har valgt at vise alle registrerede palynomorfer fra de to borerer i denne rapport (Bilag 1 og 2) både for at vise det omfattende fossilmateriale, den åbne taxonomi for de mange nye og ubeskrevne arter samt de mange omljerede og nedfaldne eksemplarer i prøverne (se diskussion under "generelt" i Klelundboringer).

I opbygningen af dinoflagellat stratigrafien 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 aflejringsmiljøet (Figur 7).

Der er ikke formelt beskrevet en ny biostratigrafisk zonerer af lagserien, lige som den eksisterende grovere zonerer (Costa & Manum 1988; Powell 1992) ikke er anvendt. Den anvendte succession af events deler lagserien op i snævre, præcise enheder ("uformelle biostratigrafiske enheder") som bruges indtil videre. Dette følger samme strategi som det nyeste større dinoflagellat stratigrafiske arbejde for Palæogen og Neogen i Nordvesteuropa (Hardenbol *et al.* 1998).

Datering af prøverne på basis af dinoflagellater sker især ved korrelering til foraminifer og nannoplankton standard zonerer for Neogen (henholdsvis P og NP zoner). Speciel NP-zonerne har status som den grundlæggende tertiære stratigrafiske skala (Figur 7).

Da både indholdet af dinoflagellater og den gennemborede lagserie i Forumlund og Klelund-2 borerer er ret forskellige, er de to borerer beskrevet hver for sig.



Time (Ma)	(Berggren et al. 1995)		Planktic foraminiferal zonation (Blow, 1969, 1979)	Nannoplankton zonation (Martini, 1971)	Dinoflagellate cyst events		
	Epoch	Age					
5	Pliocene	Zan.	N18	NN13			
					NN12		
6	Late	Messinian	N17	NN11			
7							
8		Tortonian	N16	NN10	<u>S. solidago/L. truncatum</u>		
9						<u>H. obscura</u>	
10						<u>H. tenuispinosum</u>	
11	Middle	Serravallian	N15	NN9	<u>S. pseudofurcatus, abund. G. verricula</u>		
12						<u>S. placacantha, Palaeocystodinium spp., "C." minimum</u>	
					NN8		
					NN7	<u>O. giganteum</u> <u>G. verricula</u>	
						<u>C. passio</u>	
						<u>C. poulsenii</u> <u>A. andalusiense</u>	
						<u>B. aborichiarum</u>	
						<u>abund. S. placacantha</u>	
						<u>U. aquaeductum</u>	
						<u>U. aquaeductum</u>	
13			N10	NN6			
14				NN5			
15			N9		<u>L. truncatum</u>		
16		Langhian	N8		<u>C. aubryae</u>		
17	Early	Burdigalian	N7	NN4	<u>* P. zoharyi</u>		
18						<u>*A. tectatum</u> <u>C. aubryae</u>	
						<u>E. insigne</u>	
						<u>*I. insolitum</u> <u>"H". reducta</u>	
						<u>T. cantharellus</u> <u>C. poulsenii</u>	
19			N6	NN3	<u>H. obscura</u>		
20			N5		<u>E. insigne</u>		
21				NN2			
22		Aquitanian			<u>O. piaseckii</u>		
					<u>S. hamulatum</u>		
23			N4	NN1			

\* Maximum abundance

Figur 7: Dinoflagellat biostratigrafiske events, som bruges til datering af Forumlund og Klelund boringerne, korreleret med nannoplakton og foraminifer standard zoner og Neogen chronostratigrafi.

## Biostratigrafi i Forumlund boringen (121.1334)

### Generelle bemærkninger

Den miocæne lagserie i Forumlund boringen indeholder relativt fattige dinoflagellat selskaber i den nederste del (nedre Arnum Formation) mens de er rigere i den øvre del (øvre Arnum og Hodde Formationer). Dette svarer helt til resultaterne fra samme del af lagserien i andre borer i den miocæne lagserie i Jylland for eksempel Klelund og Sdr. Vium borerne. I nogle få af prøverne kan der ikke tælles 200 dinoflagellater i ét slide og i de fleste prøver må hele slidet tælles før de 200 eksemplarer er opnået.

Der findes især omljrede dinoflagellater fra eocæne lag men også fra Paleocæn og Kridt aflejringer. Der er nedfald i boringen fra den øverste del af lagserien.

Den miocæne lagserie i Forumlund boringen adskiller sig markant fra Klelund boringen ved stort indhold af marine acritarcher for eksempel *Michhystridium* spp. og *Spheripollenites* spp. Disse optræder mangfoldigt især i kystnære aflejringer og en stigning i indholdet af disse acritarcher vil ofte markere en prograderende kyst før kystsandet dukker op i lagserien. I sammenlignelige lag (øvre Arnum Formation) i Sdr. Vium boringen er *Michhystridium* spp. speciel dominerende i forbindelse med top og bund af Odderup Formationen (Piasecki *et al.* 2004). I Forumlund boringen findes de talrigeste *Michhystridium* spp. øverst i nedre Arnum Formation hvor begyndende påvirkning af de mest distale dele af Bastrup sandet kan forventes. Også acritarchen *Comasphaeridium cometes* og *Microdino* sp. 18 forekommer usædvanligt velrepræsenteret i Arnum Formationen i Forumlund boringen.

#### Søvind Mergel Formation

Tilstedeværelse: 294–295 meter.

Dinoflagellatselskab: Selskabet er domineret af *Spiniferites* spp. mens mange arter optræder almindeligt for eksempel *Achomosphaera* aff. *alcicornu*, *Areosphaeridium michoudii*, *Cordosphaeridium funiculatum*, *Kisselovia crassiramosa*, *Operculodinium* aff. *nannocunulum*, *Tectatodinium pellitum* og *Thalassiphora pelagica*.

Andre palynomorfer: Acritarchen *Paucilobimorpha* spp. forekommer almindeligt i prøven.

Aflejringsmiljø: Det organiske indhold består af en blanding af dinoflagellat cyster, sporer og pollen, brunt amorft materiale og sorte afrundede vedstykker. Det afspejler et marint aflejringsmiljø på den ydre shelf under iltfattige bundforhold med meget lidt transport af plantemateriale fra land.

Biostratigrafiske horisonter: Forekomsten af en række, stratigrafisk signifikante dinoflagellater indikerer tilsammen tydeligt Eocæn affinitet for dette dinoflagellatselskab for eksempel *Areosphaeridium diktyoplokus*, *Areosphaeridium michoudii*, *Hystriosphaeopsis costae*, *Rottnestia borussica*, *Samlandia clamydophora* og *Thalassiphora delicata* (Powell 1992)

(Bujak 1994). Disse arter, samt tilstedeværelsen af en endnu ubeskevet art (*Costacysta buccinae*), begrænser selskabets stratigrafiske udbredelse til Mellem Eocæn, Lutetian – nederste Bartonien.

Alder: Mellem Eocæn, Lutetien – tidligste Bartonian.

Foraminifer og nannofossil standard zoner: Da *Hystriosphæeropsis costae* og *Thalassiphora delicata* har sidste forekomst i NP15 (Bujak 1994) mens *Cordosphaeridium funiculatum* har første optræden i NP16 (Powell 1992) må prøven omfatte en vis opblanding af et snævert interval i NP15–16.

## Arnum Formation

Arnum Formationen er tilstede fra 105–294 meter. Baseret på dinoflagellat stratigrafien herunder omfatter lagserien både nedre Arnum Formation (294–185 meter) og øvre Arnum Formation (185–105 meter) svarende til henholdsvis over og under den eneste, meget tynde, forekomst af sand i boringen.

## Nedre Arnum Formation

Tilstedeværelse: 294–185 meter.

Dinoflagellatselskab: Selskabet er generelt præget af lav diversitet domineret af *Spiniferites* spp. og *Operculodinium* spp. sammen med acritarchen *Michrystidium* spp. Der er en markant dominans af *Pseudokomewuia granulata* nederste i enheden med maksimum i 248 meter. mens *Operculodinium* spp., Microdino sp. 1 og Microdino sp. 18 optræder maksimalt øverst i enheden.

Andre palynomorfer: Der er markante maksima af acritarcherne *Michrystidium* spp. og *Spheripollenites* spp. øverst i enheden mens *Comasphaeridium cometes* er velrepræsenteret i hele enheden. Ferskvandsalgerne *Pediastrum* spp. og *Botryococcus* sp. har markante maksima øverst i enheden.

Aflejringsmiljø: Det organiske materiale er domineret af terrestrisk materiale mens dinoflagellater forekommer underordnet. Nedbrudt landplantemateriale dominerer generelt sammen med varierende mængder af saccate og non-saccate pollen og sporer. Amorft organisk materiale er ret almindeligt til dominerende i øvre del af enheden. Sort, afrundet vedmateriale er udbredt til dominerende nederst og øverst i enheden.

Aflejringen er derfor foregået i et marint miljø meget præget af terrestrisk materiale skyllet ud fra land svarende til et prodelta aflejringsmiljø i det indre shelf område. Nederste del er aflejret kystnært – nær bølgebasis mens hovedparten er aflejret godt under bølgebasis med periodevis lavt iltindhold i bundsedimenter i den øvre del. Øverst dominerer sort vedmateriale igen og antyder kystnære aflejringsforhold.

Dinoflagellatselskabet i de to nederste prøver er en smule mere marine end højere i enheden (bl. a. er *Hystriokolpoma rigaudiae* mere almindelig) mens det efterfølgende selskab er meget præget af kystnære, brak- eller ferskvandsalger og dinoflagellater. Dette nederste

selskab repræsenterer en kort transgressiv periode mens resten af floraen med små lokale variationer afspejler en generelt prograderende kyst.

Biostratigrafiske horisonter: *Tityrosphaeridium cantharellus* og *Impletosphaeridium insolitum* er kontinuert tilstede fra basis af Arnum Formationen til den øverste del af dette interval hvorefter de begge to kun forekommer sporadisk. *Pseudokomewuia granulata* optræder dominerende i en stor del af denne enhed med et signifikant maksimum i 248 meter. *Operculodinium piaseckii* optræder fra 288 meter. *Hystrichosphaeropsis obscura* er meget dårligt repræsenteret i denne enhed men optræder for første gang i 262 meter, efterfulgt af *Microdino* sp. 15 samt *Sumatradinium hamulatum* i 197 meter og *Hystrichokolpoma "reducta"* i 193 meter øverst i enheden. Disse udbredelser og første forekomster er kendt fra Arnum Formationens nedre del.

Første forekomst af *Hystrichosphaeropsis obscura* sker i nedre Burdigalien (de Verteuil & Norris 1996; Hardenbol *et al.* 1998) mens sidste forekomst af *Tityrosphaeridium cantharellus* sker i midt-Burdigalien, Nedre Miocæn (Hardenbol *et al.* 1998). *Hystrichokolpoma "reducta"* er rapporteret med en kort range i det italienske midt-Burdigalien, Nedre Miocæn (Zevenboom 1995).

Alder: Tidlig Miocæn, Burdigalien.

Foraminifer og nannofossil standard zoner: Første optræden af *Hystrichosphaeropsis obscura* i Burdigalien er korreleret til NN3 (Hardenbol *et al.* 1998) mens sidste optræden af *Tityrosphaeridium cantharellus* i midt-Burdigalien er korreleret til NN4 (Hardenbol *et al.* 1998). Den fulde stratigrafiske udbredelse af *Hystrichokolpoma "reducta"* er korreleret til nederste NN4 (Zevenboom 1995).

## Øvre Arnum Formation

Tilstedeværelse: 108–185 meter

Aflejringsmiljø: Det organiske materiale er generelt domineret af brunt amorft materiale. Mens dinoflagellater er velrepræsenteret lokalt, er sporer og pollen tilstede som baggrundsmateriale. I de nederste ca. 60 meter dominerer afrundet, sort vedmateriale sammen med dinoflagellater. Det indikerer tydeligt at kysten prograderede på dette tidspunkt og at aflejringen var mere kystnær. Herefter foregår aflejringen i et åbent marint miljø under bølgebasis, svarende til det indre shelfområde, sandsynligvis ved lavt indhold af ilt i sedimenterne og eventuelt i bundvandet. Øverst i enheden optræder kystnære aflejringsforhold igen, reflekteret ved maksima i kystnære dinoflagellater og acritarcher samt ferskvandsalger.

Dinoflagellatselskab: *Spiniferites* spp. og *Operculodinium* spp. dominerer selskabet med lokal dominans af *Apteodinium tectatum* og *Spiniferites pseudofurcatus*. *Dapsilidinium partielsii*, *Melitasphaeridium choanophorum*, *Spiniferites solidago* og *Systematophora placantha* er almindelige. Denne dinoflagellat flora er den rigeste og mest varierede i hele Arnum Formationen.

Andre palynomorfer: Acritarchen *Micrhystridium* spp. er vel repræsenteret i hele enheden mens *Spheripollenites* spp. har lokale maksima øverst og nederst i enheden. Ferskvandsalgen *Botryococcus* spp. er almindelig i det meste af enheden mens *Pedistrum* spp. især er almindelig i den øverste del.

Biostratigrafiske horisonter: Første optræden af *Exochosphaeridium* *insigne* i 177 meter efterfølges af en serie af events: sidste optræden af *Microdino* sp. 15 (173 meter), sidste optræden af *Exochosphaeridium* *insigne* (169 meter), første optræden af *Cousteaudinium* *aubryae* (161 meter), sidste optræden af *Cerebrocysta* *sachelliae* (141 meter), første optræden af *Labyrinthodinium* *truncatum* (132 meter), sidste optræden af *Cousteaudinium* *aubryae* (111 meter). *Apteodinium* *tectatum* har signifikant maksimum i 129 meter.

Alder: Tidlig – Mellem Miocæn, sen Burdigalien til tidlig Langhien.

Foraminifer og nannofossil standard zoner: *Exochosphaeridium* *insigne* har en relativ kort stratigrafisk udbredelse i nedre Burdigalien, øverste NN2 (de Verteuil & Norris 1996). *Cousteaudinium* *aubryae* har i Tyskland en udbredelse fra Burdigalien til Langhien, NN4–5 (Strauss et al. 2001). *Labyrinthodinium* *truncatum* har første optræden fra øverste Burdigalien NN4 (de Verteuil & Norris 1996; Hardenbol et al. 1998).

## Hodde Formation

Tilstedeværelse: 100–108 meter og afgrænset opad af erosion.

Aflejringsmiljø: Det organiske materiale er helt domineret af brunt amorft materiale. Dinoflagellater, samt sporer og pollen, udgør en lille, men indbyrdes varierende, andel mens vedmateriale udgør en helt ubetydelig fraktion. Ferskvandsalgerne *Botryococcus* spp. og *Pseudokomewuia* *granulata* er meget almindelige i den nederste del (kystnært aflejringsmiljø) men den diverse dinoflagellat flora viser at aflejringen er foregået i et åbent marint miljø under bølgebasis, sandsynligvis ved lavt iltindhold i bundsedimenterne, eventuelt i bundvandet, svarende til det indre shelfområde.

Dinoflagellatselskab: Domineret af *Spiniferites* spp. og *Pseudokomewuia* *granulata* mens *Hystrichokolpoma* *rigaudiae*, *Labyrinthodinium* *truncatum*, *Operculodinium* *centrocarpum*, *Palaeocystodinium* *miocaenicum* og *Polysphaeridium* *zoharyi* er lokalt almindelige til dominerende.

Andre palynomorfer: Ferskvandalgen *Botryococcus* spp., samt acritarcherne *Micrhystridium* spp. og *Spheripollenites* spp., er velrepræsenterede men hurtigt aftagende opad. *Pediastrum* spp. og *Tetraporina* sp. 3 er almindelige.

Biostratigrafiske horisonter: Første optræden af *Palaeocystodinium* *miocaenicum* nederst i enheden sammen med markant stigning i indholdet af *Labyrinthodinium* *truncatum* og efterfølgende maksimum af *Polysphaeridium* *zoharyi*. Der er også en forsinket første optræden af *Cerebrocysta* *poulsenii*. Den fulde range af *Unipontidinium* *aqaeducta* forekommer i den øvre del af enheden. Sidste optræden af *Apteodinium* spp. og velrepræsenteret *Systematophora* *placacantha*.

Alder: Mellem – Øvre Miocæn, sen Langhien – midt Serravallien.

Foraminifer og nannofossil standard zoner: *Palaeocystodinium miocaenicum* har første optræden i NN4/N7 i Tyskland (Strauss *et al.* 2001). Den totale udbredelse af *Unipontidinium aquaeducta* er fra NN5–6/N10 svarende til top Langhien — midt Serravallien (de Verteuil & Norris 1996; Hardenbol *et al.* 1998).

## Kvartær

Tilstedeværelse: 100–0 meter.

Ingen prøver er undersøgt palynologisk.

## Biostratigrafi i Klelund-2 boringen (123.1218)

### Generelle bemærkninger

Den miocæne lagserie i Klelund-2 boringen indeholder relativt fattige dinoflagellatselskaber; der er ofte mindre end 200 dinoflagellater i ét slide. Til gengæld er diversiteten af *in situ* dinoflagellater meget sammenlignelig med diversiteten i for eksempel Forumlund og Sønder Vium borerne for de samme dele af lagserien. Der er omlejrrede dinoflagellater i selskaberne især af Eocæn alder, lige som der lokalt er nedfald af Øvre Miocæn dinoflagellater fra Hodde og Gram Formationerne. Da der hverken findes Hodde eller Gram Formation i boringen må disse Øvre Miocæn dinoflagellater stamme fra det omlejrrede dinoflagellatselskab (for eksempel i prøven 27–28 meter) i de kvartære lag, som udgør den øverste del af boringen. Dette dinoflagellatselskab er domineret af Eocæn dinoflagellater, som således også må være repræsenteret i nedfaldet i boringen. De registrerede Eocæn arter længere nede i boringen er derfor ikke nødvendigvis omlejrrede. Men i range-chartet for boringen er alle dinoflagellater fra lag ældre end Miocæn angivet som omlejrret (R for reworked) mens alle Øvre Miocæn dinoflagellater er angivet som nedfaldne (C for caved). I den kvartære prøve er også de øvre miocæne arter registreret som omlejrrede.

Nedfald af Øvre Miocæn dinoflagellater er markant ned til 109 meter og forekommer spredt der under.

Ribe Formation og Kolding Fjord sand kan ikke med sikkerhed adskilles på grundlag af dinoflagellatselskabet idet den nuværende viden om stratigrafien i de to meget lidt undersøgte enheder er utilstrækkelig belyst (se diskussion senere).

Søvind Mergel Formationen

Tilstedeværelse: 225–224 meter

Aflejringsmiljø: Det organiske materiale er helt domineret af amorft kerogen med ganske lidt sort vedmateriale og få bisaccate pollen. Aflejringen er foregået under iltfattige forhold i den dybere del af shelf området.

Dinoflagellatselskab: *Areosphaeridium michoudii* og *Homotryblium tenuispinosum* dominerer selskabet sammen med *Operculodinium* spp., *Systematophora placacantha*, *Spiniferites* spp.

Andre palynomorfer: Acritarcherne *Domasia* spp. og *Paucilobimorpha* spp. er tilstede.

Biostratigrafiske horisonter: *Phthanoperidinium regalis* har en kortvarig optræden i Lutetien, Mellem Eocæn (Bujak 1994). *Areosphaeridium ebedonii* har sidste forekomst sammen med *P. regalis*, mens *Diphyes pseudoficusoides* og *Deflandrea denticulata* har sidste forekomst lidt højere i Lutetien (Bujak 1994).

Alder: Mellem Eocæn, Lutetien.

Foraminifer og nannofossil standard zoner: *Phthanoperidinium regalis* optræder kun i en del af NP15 svarende til øverste P10 og nederste P11. NP14 – NP19 er registreret i Søvind Mergel Formationen (Thiede *et al.* 1980).

## Vejle Fjord Formation

Tilstedeværelse: 224–190 meter

Aflejringsmiljø: Det organiske materiale er domineret (> 90%) af brunt amorft materiale med få, især bisaccate pollen. Sporer og dinoflagellat cyster er tilstede. Aflejringen er foregået i et marint miljø under iltfattige bundforhold.

Dinoflagellatselskab: *Homotryblium tenuispinosum* og *H. plectilum* optræder udbredt til dominerende i dette interval sammen med *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Distatodinium paradoxum*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Systematophora placacantha* og *Spiniferites* spp. Det er et tydeligt skift i floraen over 190 meter markeret ved lokale maksima af for eksempel *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Homotryblium tenuispinosum*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Lingulodinium machaerophorum* og *Systematophora placacantha* efterfulgt af fravær eller ringe tilstedeværelse over 190 meter.

Andre palynomorfer: Fersk-brakvandsalgen *Paralecaniella indentata* har et lokalt maksimum i toppen af Vejle Fjord Formationen. Det forvarsler sandsynligvis prograderingen af den overliggende Ribe Formation men også de marine dinoflagellater *Hystrichokolpoma rigaudiae* og *Dapsilidinium pseudocolligerum* har lokale maksima i disse prøver.

Biostratigrafiske horisonter: Den stratigrafiske top af kontinuert dominans af *Homotryblium* spp. markerer toppen af Vejle Fjord Formationen (Dybkjær & Rasmussen 2001; Dybkjær *et al.* 2003). Sporadisk tilstedeværelse af *Glaphyrocysta vicina* og *Glaphyrocysta* spp. støtter korrelation til Vejle Fjord Formation, mens de forventede spredte forekomster af *Chiropt-*

*ridium galea* og *Caligodinium amiculum* endnu ikke er registreret i dette interval af boringen. Sidste optræden af *Thalassiphora pelagica* i dette interval støtter korrelation til Aquitanien (Powell 1992). *Operculodinium piaseckii* optræder første gang i 211 meter i toppen af Vejle Fjord Formationen som for eksempel også i Sønder Vium og Estrup borerne (Dybkjær *et al.* 2003; Piasecki *et al.* 2004). Den registreres ofte først lidt højere fordi den ikke er særlig almindelig i disse facies.

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). Sidste optræden af *Thalassiphora pelagica* er i NN1 – tidligste NN2, Aquitanien (Powell 1992).

## Ribe Formation/Kolding Fjord sand

Tilstedeværelse: 170–189 meter

Aflejringsmiljø: Det organiske materiale er domineret (> 90–95%) af brunt amorft materiale samt pollen og sporer, især bisaccate pollen.

Dinoflagellatselskab: Selskabet er fattigt og af relativt lav diversitet (generelt mindre end 20 arter) men er ellers et normalt marint selskab. *Spiniferites* spp., *Operculodinium* spp. og *Systematophora placacantha* dominerer selskabet. *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Hystri-chokolpoma rigaudiae*, *Impletosphaeridium insolitum*, *Lingulodinium machaerophorum* og *Operculodinium centrocarpum* er almindelige. En generelt kystnær art som *Pseudokomewuia granulata* er registreret, mens *Polysphaeridium zoharyi* næsten ikke er tilstede.

Andre palynomorfer: Ferskvandsalgerne *Botryococcus* spp. og *Pediastrum* spp. samt acritarchen *Micrhystridium* spp. er tilstede i enheden

Biostratigrafiske horisonter: *Dapsilidinium pastielsii* optræder lokalt fra basis af Ribe Formationen, men ellers er der ingen stratigrafisk signifikante dinoflagellater som optræder for første gang i formationen.

Alder: Alderen er Tidlig Miocæn, sen Aquitanien til tidlig Burdigalien. Det er primært indikeret af første og sidste forekomster af stratigrafisk signifikante dinoflagellater under og over Ribe Formationen/Kolding Fjord sandet.

Foraminifer og nannofossil standard zoner: Ingen direkte korrelering.

## Arnum Formationen (nedre del)

Tilstedeværelse: 170–113 meter



Aflejringsmiljø: Amorft organisk materiale, nedbrudt landplante materiale og sporer-pollen dominerer sammen det organiske indhold. Dinoflagellater udgør en lille fraktion. Enheden er aflejret på den indre shelf foran et prograderende delta. Terrestrisk organisk materiale dominerer men dinoflagellat floraen afspejler tiltagende marine forhold i den øvre del af enheden.

Dinoflagellatselskab: *Spiniferites* spp., *Operculodinium* spp., *Hystrichokolpoma rigaudiae* og *Systematophora placacantha* dominerer selskabet som bliver markant rigere i den øverste del af enheden hvor alle fire taxa tiltager i mængde. Diversiteten er lav nederst i enheden men tiltager opad til det dobbelte i den øvre del. *Dapsilidinium pseudocolligerum* er bedst repræsenteret i den nederste del af enheden, mens indholdet af *Dapsilidinium pastielsii* tiltager i den øverste del sammen med stigningen i diversiteten (mere marint?). *Pseudokomewuia granulata* har et lille maksimum nederst i enheden, i modsætning til den markante dominans af denne art på samme stratigrafiske niveau i Forumlund boringen.

Andre palynomorfer: Fersvandsalgen *Botryococcus* spp. er bedst repræsenteret i den nederste del af enheden hvor diversiteten af den marine dinoflagellat flora er lavest mens *Pediastrum* spp. er bedst repræsenteret midt i enheden hvor diversiteten i dinoflagellat floraen stiger.

Biostratigrafiske horisonter: Første forekomst af *Apteodinium tectatum* i 168 meter ser ud til at være stratigrafisk anvendelig. *Hystrichokolpoma "reducta"* optræder fra 133 meter svarende til midt Burdigalien, Nedre Miocæn (Zevenboom 1995). *Exochosphaeridium insigne* optræder fra 127 meter svarende til nedre – midt Burdigalien (de Verteuil & Norris 1996) mens *Hystrichosphaeropsis obscura*, som først optræder fra 118 meter, er rapporteret med første optræden i nedre Burdigalien (de Verteuil & Norris 1996; Hardenbol *et al.* 1998).

Alder: Tidlig Miocæn, tidlig til midt Burdigalien.

Foraminifer og nannofossil standard zoner: *Exochosphaeridium insigne* optræder tidligst fra øverste NN2, basis Burdigalien, i det østlige USA (de Verteuil & Norris 1996) og *Hystrichokolpoma "reducta"* har en kort udbredelse i midt Burdigalien ækvivalent til nederste NN4 i Italien (Zevenboom 1995). *Hystrichosphaeropsis obscura* optræder tidligst i NN3 i Burdigalien (Hardenbol *et al.* 1998)

## **Arnum Formationen (øvre del)**

Tilstedeværelse: 113–40 meter

Aflejringsmiljø: I den nederste del af enheden er det organiske materiale domineret af brunt amorft materiale og nedbrudt landplantemateriale samt mindre mængder af pollen og sporer. Sort vedmateriale bliver dominerende i den nedre del af Stauning sandet, men er ikke udbredt højere i sandet. Her er det organiske indhold sammensat som nederst i enheden. Aflejringsmiljøet er et marint prodelta miljø med stor transport af plantemateriale fra land og periodevis iltfattige bundforhold. Stigende dominans af sort vedmateriale nederst i Stauning sandet afspejler mere energirige og iltede aflejringsforhold foran den prograderende kyst, mens materialet den øvre del enten indikerer at prograderingen drejer i en anden retning eller druknes i en fornyet transgression.

Dinoflagellatselskab: *Spiniferites* spp. og *Systematophora placacantha* dominerer selskabet mens *Dapsilidinium pastielsii*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Operculodinium* spp. og *Apteodinium tectatum* (i den øvre del af enheden) er almindelige. *Homotryblium tenuispinosum* er almindelig i mange prøver men tolkes som nedfald i boringen lige som tilstedeværelsen af mange øvre miocæne arter i samme interval, for eksempel *Achomosphaera andalousiense*, *Gramocysta verricula*, *Palaeocystodinium miocaenicum* og *Unipontidinium aquaeductum*.

Andre palynomorfer: Der er kun få acritarcher tilstede for eksempel *Micrhystridium* spp. Ferskvandsalgen *Pediastrum* spp. er godt repræsenteret mens *Botryococcus* spp. er underordnet tilstede.

Biostratigrafiske events: Sen første forekomst af *Microdino* sp.15 (112 meter) i basis af øvre Arnum Formation men overlappende med udbredelsen af *Exochosphaeridium insigne* som i Forumlund boringen. Sidste forekomst af *Impletosphaeridium isolitum* (101 meter), sidste kontinuerte forekomst af *Distatodinium paradoxum* (99 meter), sidste forekomst af *Exochosphaeridium insigne* (95 meter) og af *Comasphaeridium cometes* (91 meter), første forekomst af *Cousteaudinium aubryae* og *Dissiliodinium* sp. (88 meter) samt sidste forekomst af *C. aubryae* (64 meter = højeste miocæne prøve). Maksimum forekomst af *Apteodinium tectatum* (88 meter) og af *Polysphaeridium zoharyi* (64 meter) i den øverste del af Arnum Formationen er velkendt fra utallige boringer i Jylland (Dybkjær *et al.* 2003; Piasecki *et al.* 2004; Piasecki in print).

Alder: Tidlig – Mellem Miocæn, Burdigalien – Langhien.

Foraminifer og nannofossil standard zoner: *Exochosphaeridium insigne* har en kort optræden i Nedre Burdigalien, øvre NN2 i det østlige USA (de Verteuil & Norris 1996). Sidste optræden af *Tityrosphaeridium cantharellus* er i basis af NN4, Burdigalien, i det nordatlantiske område (Hardenbol *et al.* 1998). *Cousteodinium aubryae* optræder i NN4–5, Burdigalien – Langhien, i Tyskland (Strauss *et al.* 2001).

## Kvartær

Tilstedeværelse: 40–0 meter

Én prøve fra intervallet 27–28 meter.

Aflejringsmiljø: Det organiske materiale er domineret af nedbrudt platemateriale samt pollen og sporer. Alge floraen er helt domineret af mange arter af *Pediastrum* spp. som indikerer at prøven er aflejret i et lakustrint miljø. Alle dinoflagellater samt mange pollen og sporer i prøven antages at være omlejrrede.

Dinoflagellatselskab: Prøven er rig på velbevarede dinoflagellat cyster. Der er dinoflagellater af Paleocæn alder (f. eks. *Cerodinium speciosa*, *Palaeoperidinium pyrophorum*, *Tanyosphaeridium variecalamus*), af Eocæn alder (f. eks. *Cerebrocysta bartonensis*, *Diphyes ficusoides*, flere arter af *Enneadocysta* spp., *Eatonicysta ursulae* og flere arter af *Glaphyrocysta* spp.) og af Miocæn alder (f. eks. *Palaeocystodinium miocaenicum* og *Unipontidinium*

*aquaeducta* fra Hodde Formationen og *Achomosphaera andalousiense*, *Gramocysta verricula* og *Bitectatodinium aborichiarum* fra Gram Formationen). De fleste af disse arter er også registreret dybere i boringen men med en mere sporadisk optræden.

Dinoflagellater, som er signifikante for Oligocæn, er ikke direkte observeret men flere arter med længere stratigrafisk udbredelse kan være omlejret fra oligocæne lag.

Alder: Formodet Kvartær. Der er ingen direkte datering af prøven på basis af dinoflagellater men de yngste dinoflagellater er af Sen Miocæn alder. Sammenblandingen af dinoflagellat floraer af meget forskellige aldre i en formentlig søaflejring peger dog mere i retning af en Kvartær alder.

## Sammenligning af Klelund-2 og Forumlund boringerne

De to boringen er litologisk og stratigrafisk forskellige. Forumlund er ler/silt domineret mens Klelund er domineret af sand. Den miocæne lagserie i Forumlund boringen omfatter nederste del af Hodde Formationen og hele Arnum Formationen, mens Klelund boringen omfatter Arnum -, Ribe - (Kolding Fjord sand?) og Vejle Fjord Formationerne.

Dinoflagellatselskaberne er alligevel rimeligt ens i de to boringer, men specielt arter med marginal marin affinitet og fersk/brakvandsalger optræder ret forskelligt i de to boringer. Forumlund boringen afviger ved at have et signifikant maksimum af *Pseudokomewuia granulata* nederst i øvre Arnum Formation efterfulgt af et maksimum af *Micrhystridium* spp., og kortvarige "toppe" af *Spheripollenites* spp. og ferskvandsalgerne *Botryococcus* spp. og *Pediastrum* spp. samt en lille opblomstring af *Polysphaerium zoharyi* omkring midten af enheden. I overgangen mellem Arnum- og Hodde Formationerne ved Hodde transgressionen findes tilsvarende, men mindre markante, maksima af *Pseudokomewuia granulata*, *Micrhystridium* spp., *Spheripollenites* spp., *Botryococcus* spp., *Pediastrum* spp. samt stratigrafisk signifikante maksima af *Apteodinium tectatum* og *Polysphaerium zoharyi*. Kun de to sidstnævnte, regionalt udbredte maksima af *Apteodinium tectatum* og *Polysphaerium zoharyi* er tilstede i Klelund boringen.

Sandet mellem Vejle- og Arnum Formationerne benævnes traditionelt Ribe Formationen som er den yngste del af Vejle Fjord systemet (Sekvens B i figur 2). Den ækvivalente dinoflagellat flora er endnu ikke analyseret grundigt i en boring men toppen af Vejle Fjord systemet er markeret tydeligt ved bortfald af markant dominans af *Homotryblium* spp. i dinoflagellat floraen (som det sker i prøve 190 meter i Klelund boringen). Men der er endnu usikkert om dette sker før eller efter aflejringen af den yngste del af Ribe Formationen (pers. komm. Karen Dybkjær, 2004). Kolding Fjord sandet er den basale del af Arnum Formation/Bastrup sand systemet (Sekvens C i figur 2). Sandet udfylder nedskårede dale og optræder både i terrestriske og marine aflejningsfacies. I Klelund boringen er dinoflagellat floraen i prøverne fra sandet (181–178 meter) fattig men tydelig marin. Der er ikke noget fremtrædende terrestrisk islæt i prøverne, snarere minder end i den overliggende Arnum Formation. Sandet i Klelund boringen kan derfor endnu ikke, med sikkerhed henføres til enten Ribe Formationen eller Kolding Fjord sandet.

## Bilag

Bilag 1: Biostratigrafi i Forumlund boringen. Udbredelsen af alle registrerede palynologiske fossiler er vist i "range-chartet" inklusiv nedfaldne og omløjrede forekomster. Denne præsentation af data er valgt for at give den bedst mulige forståelse af de tolkninger, ud over identifikationen, som er sket allerede i disse grunddata.

Bilag 2: Biostratigrafi i Klelund boringen. Udbredelsen af alle registrerede palynologiske fossiler er vist i "range-chartet" inklusiv nedfaldne og omløjrede forekomster. Denne præsentation af data er valgt for at give den bedst mulige forståelse af de tolkninger, ud over identifikationen, som er sket allerede i disse grunddata.

## Referencer

- Bujak, J.P. 1994: New dinocyst taxa from the Eocene of the North Sea. *Journal of Micropalaeontology* **13**, 119–131.
- 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 zonerung og sekvensstratigrafi i den miocæne lagpakke i Midt- og Sønderjylland, 9 Bilag maps Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse Rapport **1999/73**, 33 pp.
- Dybkjær, K. & Rasmussen, E.S. 2001: Oligocæn – Miocæn dinoflagellat stratigrafi i Vorbasse-boringen, Ribe Amt. Inklusiv en regionalgeologisk model for Midt- og Sønderjylland. Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse Rapport **2001/120**, 40 pp.
- Dybkjær, K., Rasmussen, E.S. & Piasecki, S. 2003: Stratigrafi i borerne: Fromsseier, Bække, Estrup og Føvling, Ribe Amt. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport **2003/95**, 53 pp.
- 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 Geokompender **1**, 69–114.
- Hindsby, K., Harrar, B., Nyegaar, P., Konradi, P., Rasmussen, E.S., Bidstrup, T., Gregeresen, U. & Boaretto, E. 1999: Holocene and Pleistocene groundwaters in a coastal Miocene sand aquifer. In: Edmunds & Milne (eds): PALAEUX – 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.
- Japsen, P., Bidstrup, T. & Lidmar-Bergström, K. 2002: Neogene uplift and erosion of southern Scandinavia induced by the South Swedish Dome. In: Doré, A.G. *et al.* (eds): Exhumation of the North Atlantic Margin: Timing, Mechanisms and Implications for Petroleum Exploration. Geological Society, London, Special Publications **196**, 183–207.
- 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.
- 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. in print: Shallow marine dinoflagellate cysts in the Gram Formation, Middle - Upper Miocene of Jutland. Gram bogen, Sønderjyllands Amts Museum.
- 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.
- 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. in press (2004): Stratigraphy and depositional evolution of the uppermost Oligocene – Miocene succession in Denmark. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* **51**.
- 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.
- Strauss, C., Lund, J.J. & Lund-Christensen, J. 2001: Miocene dinoflagellate cyst stratigraphy of the Nieder Octenhausen research borehole (NW Germany). *Geologisches Jahrbuch, Reihe A* **152**, 395–447.
- Thiede, J., Nielsen, O.B. & Perch-Nielsen, K. 1980: Lithofacies, Mineralogy and Biostratigraphy of Eocene sediments in Northern Denmark (Deep test Viborg 1). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* **160**(2), 149–172.
- 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.

- Zevenboom, D. 1995: Dinoflagellate cysts from the Mediterranean Late Oligocene and Miocene, 221 pp. Unpublished Thesis thesis, Universiteit Utrecht, Faculteit Biologie, Utrecht, Netherlands.
- Ziegler, P.A. 1982: Geological atlas of Western and Central Europe, 130 pp. Amsterdam, Elsevier.

Well Name : Forumlund (121.1334)  
Spudded : 24 September 2003  
Completed : 24 September 2003  
Interval : 15m - 300m  
Scale : 1:500  
Chart date: 15 April 2004

Report file no.  
Enclosure  
25613 (01/02)

BIOSTRATIGRAFI I FORUMLUND BØRNINGEN  
BILAG 1: GEUS RAPPORT 2004/03  
STEFAN PIASECKI & ERIK S. RASMUSSEN

# Forumlund (121.1334)

