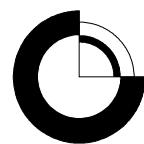


**Palynologisk datering og stratigrafi i boringerne
DGUnr. 87.1366 (Fæstibakke) og
DGUnr. 76.2013 (Mausing Mark),
Region Midtjylland**

Karen Dybkjær & Erik S. Rasmussen

**Palynologisk datering og stratigrafi i boringerne
DGUnr. 87.1366 (Fæstibakke) og
DGUnr. 76.2013 (Mausing Mark),
Region Midtjylland**

Karen Dybkjær & Erik S. Rasmussen



Indhold

Indhold	2
Sammenfatning	3
Indledning	6
Geologisk ramme	7
Litostratigrafi.....	10
Metoder	12
Litologi	12
Palynologi.....	12
Sedimentologisk beskrivelse	14
DGU nr. 87.1366, ved Fæstibakke, (Fig. 4).....	14
DGU nr. 76.2013, ved Mausing Mark (Fig. 5).....	17
Palynologi/biostratigrafi	21
Fæstibakke, DGU nr. 87.1366 (bilag 1)	22
Brejning Formation	22
Billund Formation og Vejle Fjord Formation	23
Mausing Mark, DGU nr. 76.2013 (bilag 2)	26
Rupelien ler	26
Brejning Formation	26
Vejle Fjord Formation og Billund Formation	27
Regional geologisk korrelation	31
Konklusion	34
Referencer	35
Bilag	37

Sammenfatning

Denne undersøgelse er baseret på materiale fra boringerne DGU nr. 87.1366 (Fæstibakke) lokaliseret nær Gammel Ry og DGU nr. 76.2013 (Mausing Mark) lokaliseret nordvest for Silkeborg. Formålet med undersøgelsen har været at bidrage til kortlægningen af potentielle grundvandsmagasiner i de to områder.

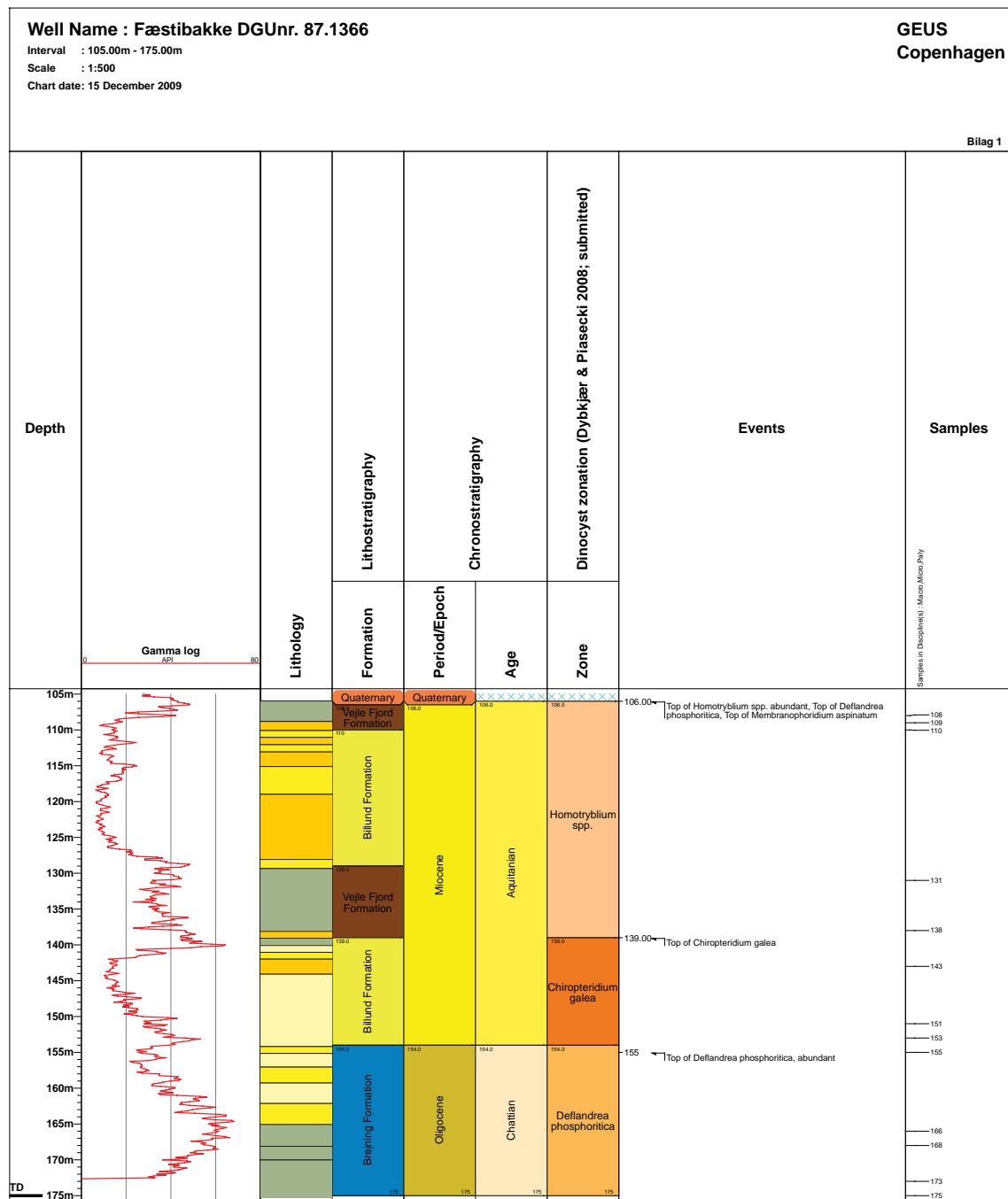
Materialet fra boringerne er beskrevet litologisk og i alt 37 udvalgte prøver (13 fra Fæstibakke og 24 fra Mausing Mark) er blevet analyseret biostratigrafisk. Biostratigrafien er baseret på forekomsten af fossile dinoflagellat cyster i sedimentprøverne. Fossile dinoflagellat cyster (fra encellede marine alger) er et effektivt biostratigrafisk redskab til at datere den miocæne lagserie og korrelere på tværs af litologien.

Resultaterne af den biostratigrafiske undersøgelse danner sammen med den sedimentologiske beskrivelse en solid basis for en detaljeret stratigrafisk opdeling af den øvre oligocæne – miocæne lagserie i de to områder. Resultaterne præsenteres indenfor rammerne af den nyudviklede dinoflagellatzonering (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) og den nye litostratigrafi (Rasmussen et al. submitted), her opsummeret i to stratigrafiske skemaer (Figs. a, b).

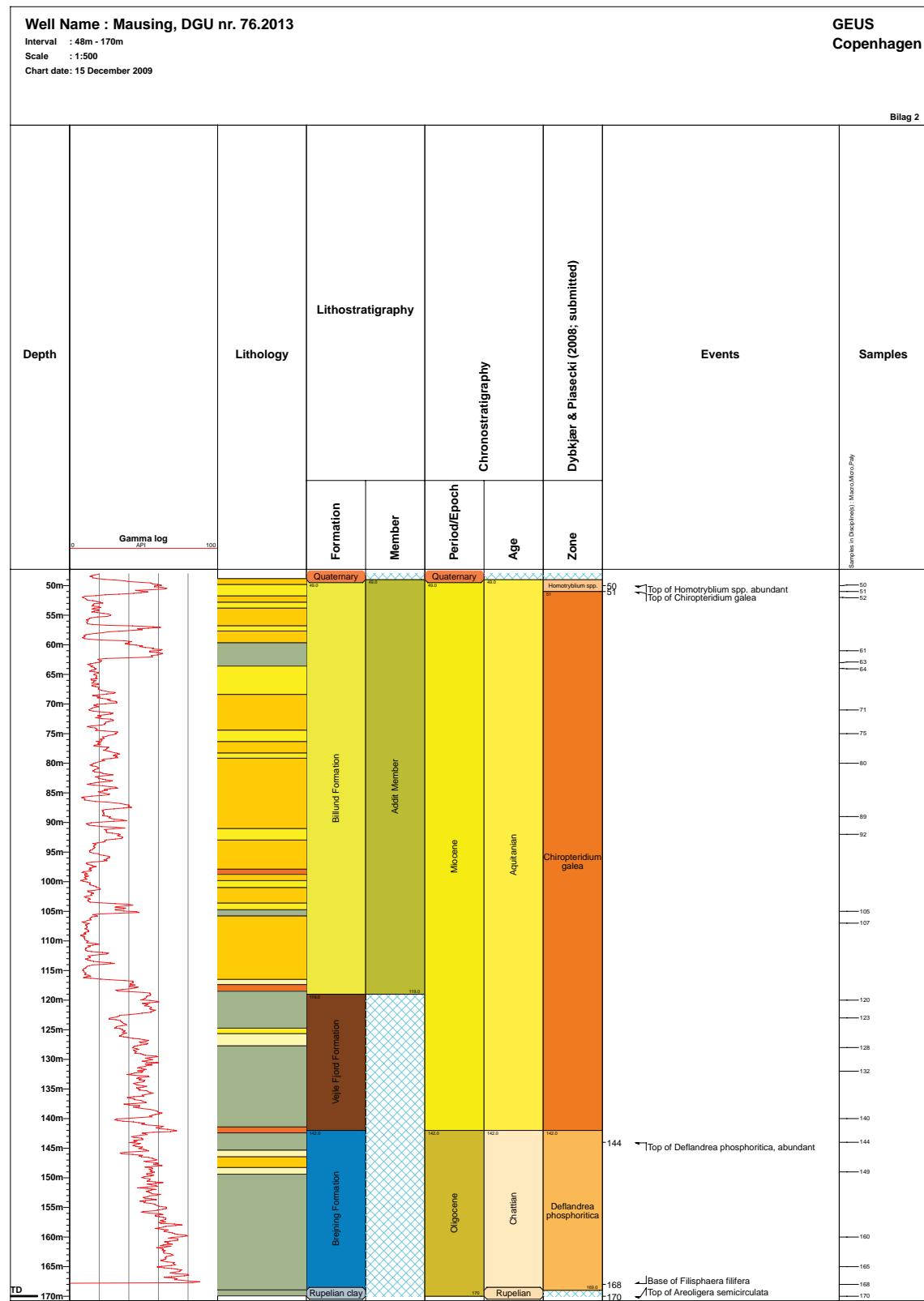
Den gennemborede lagserie indeholder 1 niveau med sandlag henført til Billund Formationen (154–139 m og 129–110 m i Fæstibakke boringen, samt 119–49 m i Mausing Mark-boringen), aflejret som sand i flettede flodsystemer. Det nederste sand i Fæstibakke blev dog aflejret i en deltalobe.

I boringen DGU nr. 87.1366 (Fæstibakke) består den analyserede lagserie nederst af marint ler tilhørende Brejning Formationen. Herover kommer de to intervaller med sand tilhørende Billund Formationen, mellemlejret af marint ler tilhørende Vejle Fjord Formationen.

I boringen DGU nr. 76.2013 (Mausing Mark) består lagserien nederst af marint ler tilhørende Brejning Formationen og Vejle Fjord Formationen. Herover er der et 70 m mægtigt interval med sand tilhørende Billund Formationen.



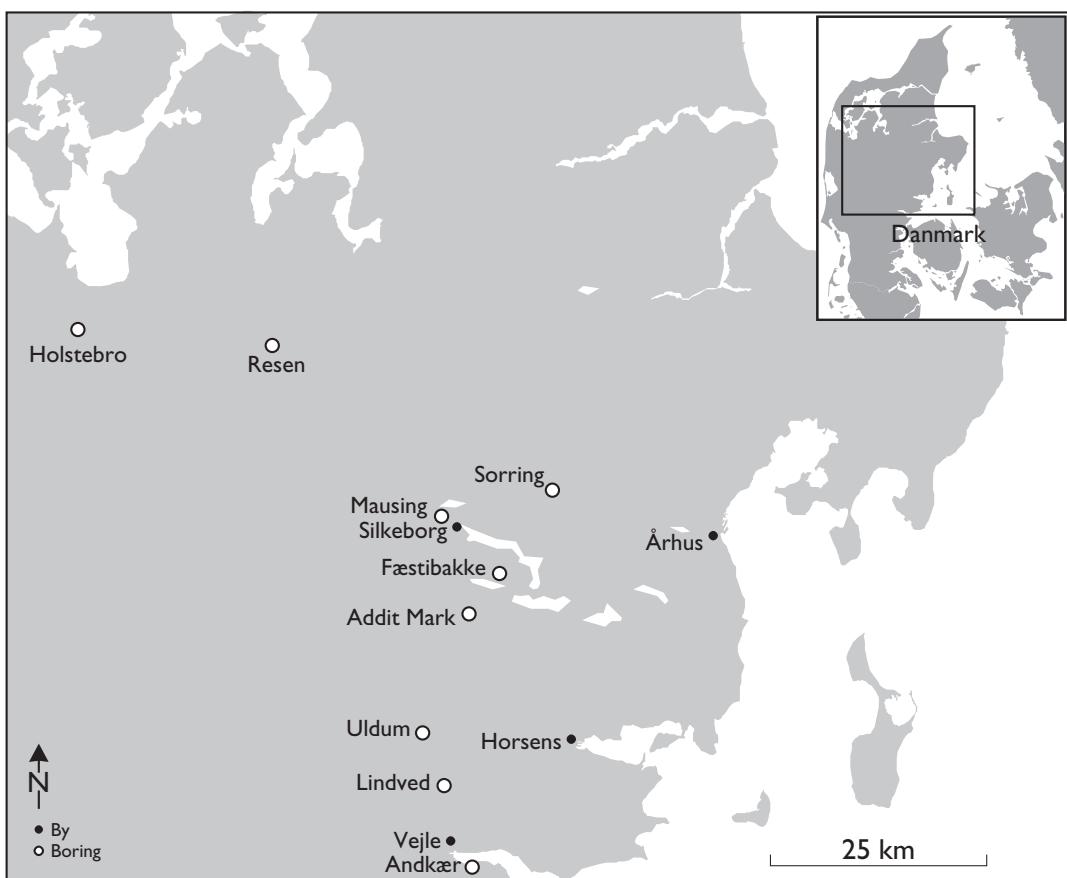
Figur a: Stratigrafisk opsummering med litostratigrafi, kronostratigrafi og dinoflagellatzoner for boringen DGU nr. 87.1366 (Fæstibakke).



Figur b: Stratigrafisk opsummering med litostratigrafi, kronostratigrafi og dinoflagellatzonering for boringen DGU nr. 76.2013 (Mausing Mark).

Indledning

Som et led i arbejdet med at kortlægge grundvandsmagasiner i Region Midtjylland, blev der i marts 2009 udført en boring (DGU nr. 87.1366) ved Fæstibakke nær Gammel Ry, samt en boring (DGU nr. 76.2013) ved Mausing Mark nordvest for Silkeborg (Fig. 1). Boringerne skulle bidrage til at afklare hvilke dele af den miocæne lagserie der er til stede i de undersøgte områder. Tidligere undersøgelser (bl.a. Dybkjær 2004a; Dybkjær *et al.* 2005; Rasmussen & Dybkjær 2005; Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) har vist at dinoflagellat stratigrafi er den bedste biostratigrafiske metode i de miocæne sedimenter og at denne metode, kombineret med sekvensestratigrafi, kan udrede de stratigrafiske forhold for lagserien.



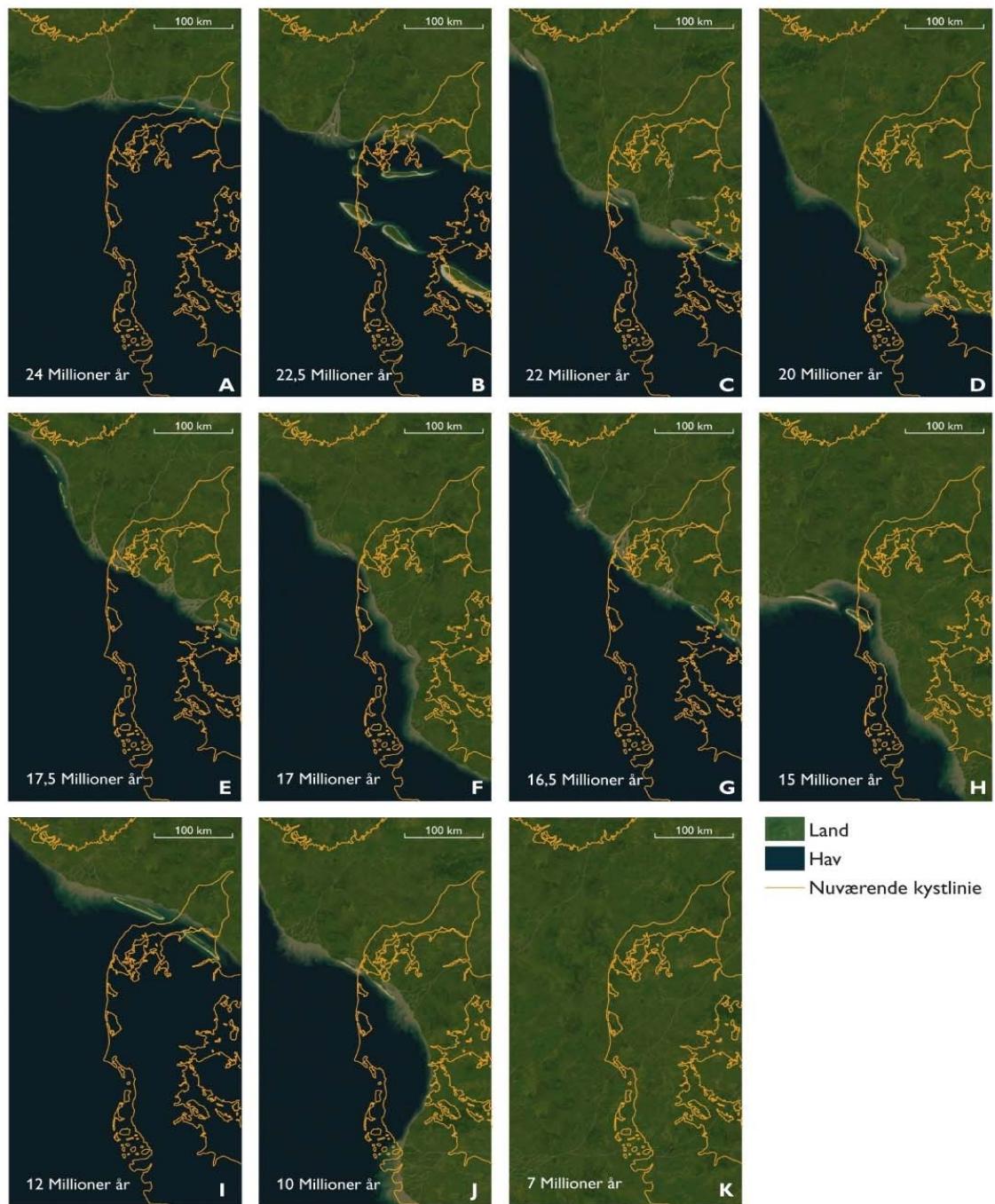
Figur 1: Lokalisering af boringerne DGU nr. 87.1366 (Fæstibakke) og DGU nr. 76.2013 (Mausing Mark), samt af øvrige boringer nævnt i teksten.

Her præsenteres resultaterne af en detaljeret biostratigrafisk analyse baseret på fossile dinoflagellat cyster. Resultaterne præsenteres indenfor rammerne af den nyudviklede dinoflagellat zonering (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) og den nye litostratigrafi (Rasmussen *et al.* submitted). Lagserien i den analyserede boring er desuden beskrevet litologisk og korreleret til nærliggende nøgleboringer.

Geologisk ramme

Nordsøbassinet er blevet dannet som en konsekvens af den termale indsunkning, der efterfulgte gravdannelsen i Jura (Ziegler 1982; Vejbæk 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 upræcis, 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 brak. 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 hævning af Det fennoskandiske Skjold. Specielt ses en markant udbygning af kystlinien i bassinet fra nord i Eocæn, men paleocæne gravitetsafsætninger på Ringkøbing-Fyn Højderiggen (Danielsen *et al.* 1995) indikerer formodentligt at udbygningen startede allerede på dette tidspunkt. Den centrale del af bassinet var karakteriseret ved en typisk sokkeludbygning i et hav med 500 – 700 meters vanddybde. Længere mod øst (det nuværende Danmark) var vanddybderne 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 aflejrerne 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 Højderiggen. Deltaudbygning fra nord dominerede lokalt, men generelt blev sedimenterne aflejret i oddekomplekser med bagved liggende laguner og åbent hav mod syd og sydvest (Friis *et al.* 1998; Rasmussen 2004; Rasmussen & Dybkjær 2005). Tektoniske bevægelser i Oligocæn har sandsynligvis haft indflydelse på kildeområdet og aflejringsmønstret. Ligeledes har globale havniveauændringer i Oligocæn også sat sit præg på aflejningsmiljøet, bl.a. ved at en stor del af Nedre Oligocæn mangler (f.eks. Michelsen 1994; Heilmann-Clausen 1995). Nedre Oligocæne aflejrerne er bevaret lokalt, i depressioner relateret til saltstrukturer og depressioner dannet i forbindelse med grundfjeldsrelaterede tektoniske bevægelser i Oligocæn. I Øvre Oligocæn transgrederedes Det danske Bassin på ny (Fig. 2A). Den topografi, der dannedes i forbindelse med de tektoniske bevægelser, har haft afgørende betydning for aflejningsmiljøet. Ringkøbing-Fyn Højderiggen spillede en særlig rolle, idet den adskilte mere åben marine/kystprøgraderende aflejningsmiljøer syd for ryggen fra paraliske/afsnørede miljøer nord for ryggen (Fig. 2B) (Rasmussen 2004; Rasmussen & Dybkjær 2005). De strukturelle rygge var vigtige områder for dannelse af oddekomplekser, der resulterede i en serie af barriere-øer med bagved liggende laguner på tværs af Jylland. Sedimentkilden til disse oddekomplekser har været store floder fra nord. Sedimenterne er transporteret langs kysten indtil aflejring i oddekomplekserne. Et markant fald i havniveau resulterede i en markant udbygning af kysten i seneste Chattian (seneste Oligocæn) til Aquitanien (Tidlig Miocæn) (Fig. 2B) (Rasmussen 1996) og da udbygningen skete under stadig faldende havniveau aflejredes forholdsvis rent sand og grus. Efter havniveau faldet i Aquitanien steg havniveauet generelt op igennem Mio-

cæn med maksimum i Serravallien (øvre Mellem Miocæn) (Fig. 2D–I) (Printice & Matthews 1988). Nye tektoniske bevægelser karakteriserede bassinet i slutningen af Burdigalien (øvre Nedre Miocæn). Dette resulterede i nye udbygninger, bl.a. aflejninger beriget med tungmineraler (Fig. 2H).



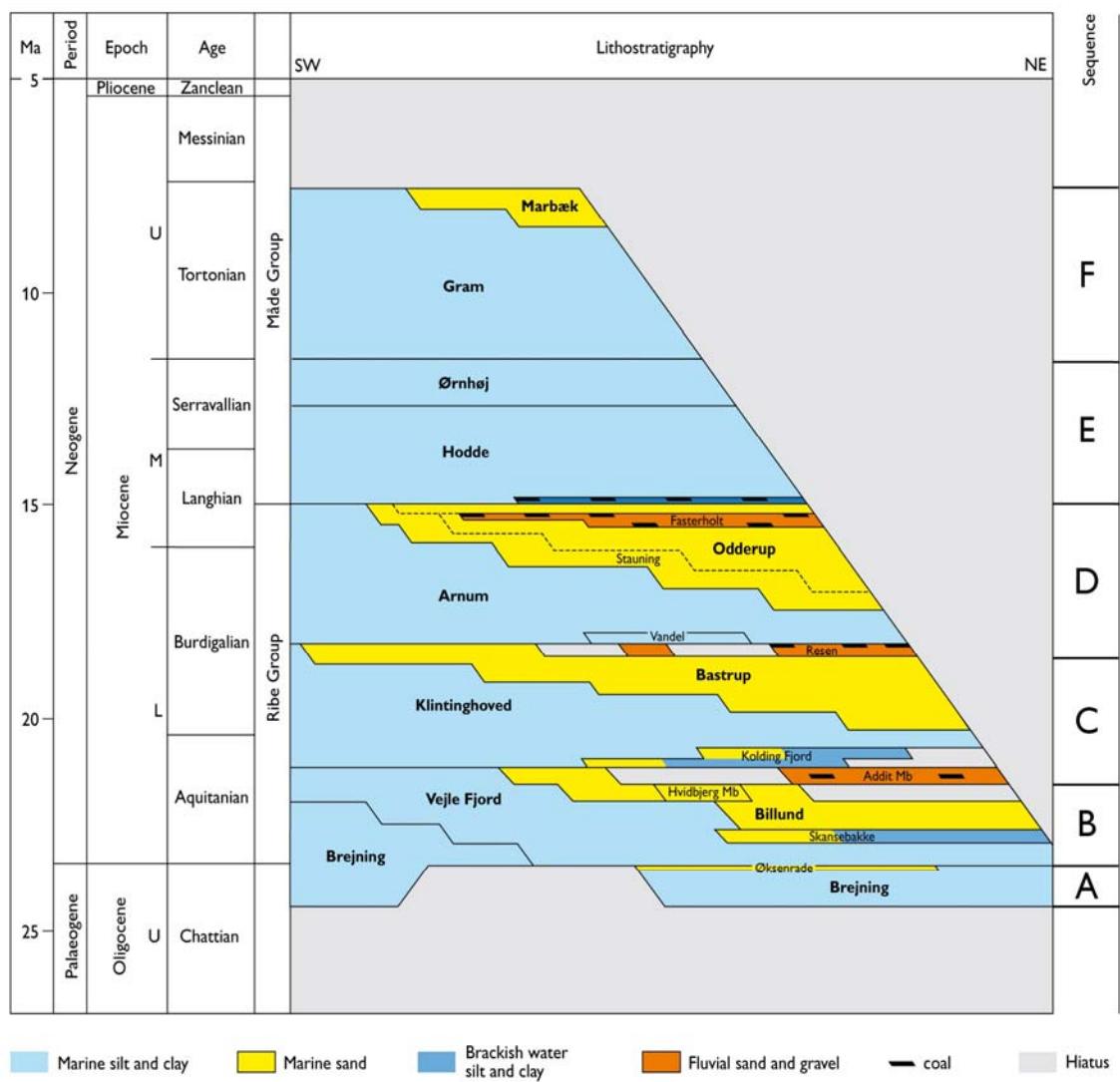
Figur 2: Palæogeografisk udvikling i den vestlige del af Danmark fra Chattien (Øvre Oligocæn) til Messinien (Øvre Miocæn).

Da denne udbygning foregik under stigende havniveau var den ikke så markant som den i Aquitanien og pga. stigende grundvandsspejl i landområderne var mulighederne optimale for afsætning af brunkul, som det kendes fra Midtjylland (Fig. 2H).

Langhien (Mellem Miocæn) repræsenterer en vigtig fase i udviklingen af Nordsøbasinet. 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 under aflejring af Hodde Formationen (Fig. 2I). Under aflejringen af Ørnhøj og Gram formationerne i Øvre Miocæn, 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 indslynkning, således at det meste af området forblev fuldt marint trods det faldende globale havniveau (Fig. 2J). Nye undersøgelser viser endda at der blev aflejret op til 400 m øvre miocæne – pliocæne sedimenter over Midtjylland (Japsen *et al.* 2002). I Messinien var kystlinien rykket langt ud i Nordsø Bassinet og det nuværende Jylland var en del af et stort landområde (Fig 2K).

Litostratigrafi

De nyere undersøgelser af den øvre oligocæne – miocæne lagserie i Jylland har vist at den tidligere litostratigrafiske opdeling (Sorgenfrei 1958; Larsen & Dinesen 1959; Rasmussen 1961) er for simpel. Den her anvendte litostratigrafiske opdeling er den, der er opstillet af Rasmussen et al. (submitted). Denne opdeling er vist på figur 3.



Figur 3: Kronostratigrafi, litostratigrafi og sekvensstratigrafi for den øvre oligocæne – miocæne lagserie i Midt- og Sønderjylland. Navnene indikeret med "fed" er formationsnavne, mens navne med "normal" typografi er led.

Overordnet er den miocæne lagserie inddelt i to grupper, Ribe og Måde grupperne. Brejning Formationen henregnes til Oligocæn, så den miocæne lagserie starter med Vejle Fjord Formationen. I det centrale og vestlige Jylland er der kortlagt et større deltakompleks, som er samtidig med og nogle steder lidt yngre end Vejle Fjord Formationen (Rasmussen *et al.* 2004). Dette benævnes Billund Formationen. Over disse enheder kommer Klintinghoved Formationen, der hovedsageligt består af lerede sedimentter. I store områder af midt- og sønderjylland findes et stort delta-kompleks tidsækvivalent med den øvre del af Klintinghoved Formationen. Dette deltakompleks benævnes Bastrup Formationen. Herover kommer den lerede Arnum Formation, som i den øverste del interfingerer dels med stormsandsaflejringer, der henføres til Stauning Led og dels med de fluviale og kystslette-sedimentter der henføres til Odderup Formation. Over Odderup og Arnum formationerne træffes marine, lerrige sedimentter, henført til Hodde-, Ørnhøj og Gram formationerne. Endelig overlejres Gram Formationen af den sandede Marbæk Formation.

Metoder

Nærværende rapport bygger på data fra boringerne DGU nr. 87.1366 lokaliseret ved Fæstibakke nær Gammel Ry, og DGU nr. 76.2013 lokaliseret ved Mausing Mark nordvest for Silkeborg. Lokaliseringen af boringerne er vist på figur 1.

Litologi

Litologien af de gennemborede lag i de to boringer er vist på figur 4 og 5. Den farve-signatur, der er angivet i de litologiske søjler svarer til hver prøve. Litologien er opdelt i grus, grovkornet sand, mellemkornet sand, finkornet sand, samt silt/ler. På de litologiske søjler er der også indikeret, hvilken formation, der er gennemboret.

Palynologi

Til den palynologiske undersøgelse blev der udtaget 37 prøver i alt (13 fra Fæstibakke og 24 fra Mausing Mark). Prøverne blev behandlet i det stratigrafiske laboratorium på GEUS efter palynologiske standard metoder, omfattende behandling med HCl, HF, HNO₃ og filtrering på 20 µm filtre. Denne behandling fjerner karbonater (kalk) og silikater (ler, silt, sand) fra prøverne. De organiske sedimentære partikler, der er modstandsdygtige overfor syrebehandlingen, blev derefter monteret i glyceringelantine på præparatglas. Disse præparerater blev så undersøgt i lysmikroskop. Først blev fordelingen af organiske partikler beskrevet, til brug for tolkningen af aflejningsmiljøet. Så blev der (om muligt) talt minimum 200 dinoflagellater pr. prøve og samtidigt blev andelen af andre marine alger, acritarcher samt ferskvandsalger registreret til brug for kvantitative analyser. Endelig blev alle tilstede værende dinoflagellat arter registreret ved en grundig gennemgang af 2 hele præparerater pr. prøve.

I boringerne er der nogle intervaller, hvori der generelt er meget få dinoflagellater, mens prøvernes indhold af organisk materiale domineres af ferskvandsalger og/eller træpartikler. I nogle af disse prøver, var det ikke muligt at tælle 200 dinoflagellater.

I teksten benævnes taxa, der udgør over 10% (af det samlede antal talte dinoflagellater, andre marine alger, acritarcher og ferskvandsalger) som "dominerende", 5–10% som "almindeligt forekommende", 2–4% som "jævnligt" forekommende, mens en forekomst under 2% benævnes hhv. "sporadisk" eller "konsistent" alt efter om den aktuelle slægt eller art forekommer spredt eller optræder i de fleste prøver indenfor det beskrevne interval.

Resultaterne af det palynologiske studie er præsenteret i såkaldte "range-charts", Bilag 1 og 2. Procentandelen af den enkelte dinoflagellat art og den enkelte ferskvandsalge type i forhold til summen af registrerede dinoflagellater og ferskvandsalger i hver prøve, er vist. Disse variationer i dinoflagellatselskabet og i ferskvandsalgeselskabet afspejler dels stratigrafiske ændringer og dels ændringer i aflejningsmiljøet, f.eks. i salinitet, tilførsel af næringsstoffer og i havvandstemperaturer. En stor andel af ferskvandsalger indikerer f.eks. stor tilførsel af ferskvand til aflejningsom-

rådet, som det bl.a. ses i Billund Formationen i nærværende studie. Forekomsten af dinoflagellat arter, der er tolket som et resultat af forurening med nedfaldet materiale, kaldes "caving" og er markeret med et C i rangechartet. Omlejrede dinoflagellat arter ("reworked") er vist i et separat panel. Forekomster markeret med "?" betyder, at bestemmelsen til art eller slægt er usikker. Basert på forekomsten af stratigrafisk vigtige dinoflagellat arter ("Events") er det analyserede interval opdelt i dinoflagellat zoner (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) og desuden er boringen opdelt i litostratigrafiske enheder (se Figs. 6 og 7, samt Bilag 1 og 2).

Sedimentologisk beskrivelse

DGU nr. 87.1366, ved Fæstibakke, (Fig. 4)

I boringen DGU nr. 87.136 ved Fæstibakke, er der anboret følgende litostratigrafiske enheder: Brejning Formation (175–154 m), Billund Formation (154–139 m), Vejle Fjord Formation (139–129 m), Billund Formation (129–110 m), Vejle Fjord Formation (110–106 m). Grænsen mellem den miocæne lagserie og den overliggende kvarterære lagpakke er tolket til at ligge ved 106 m. Boringens TD er 175 m.

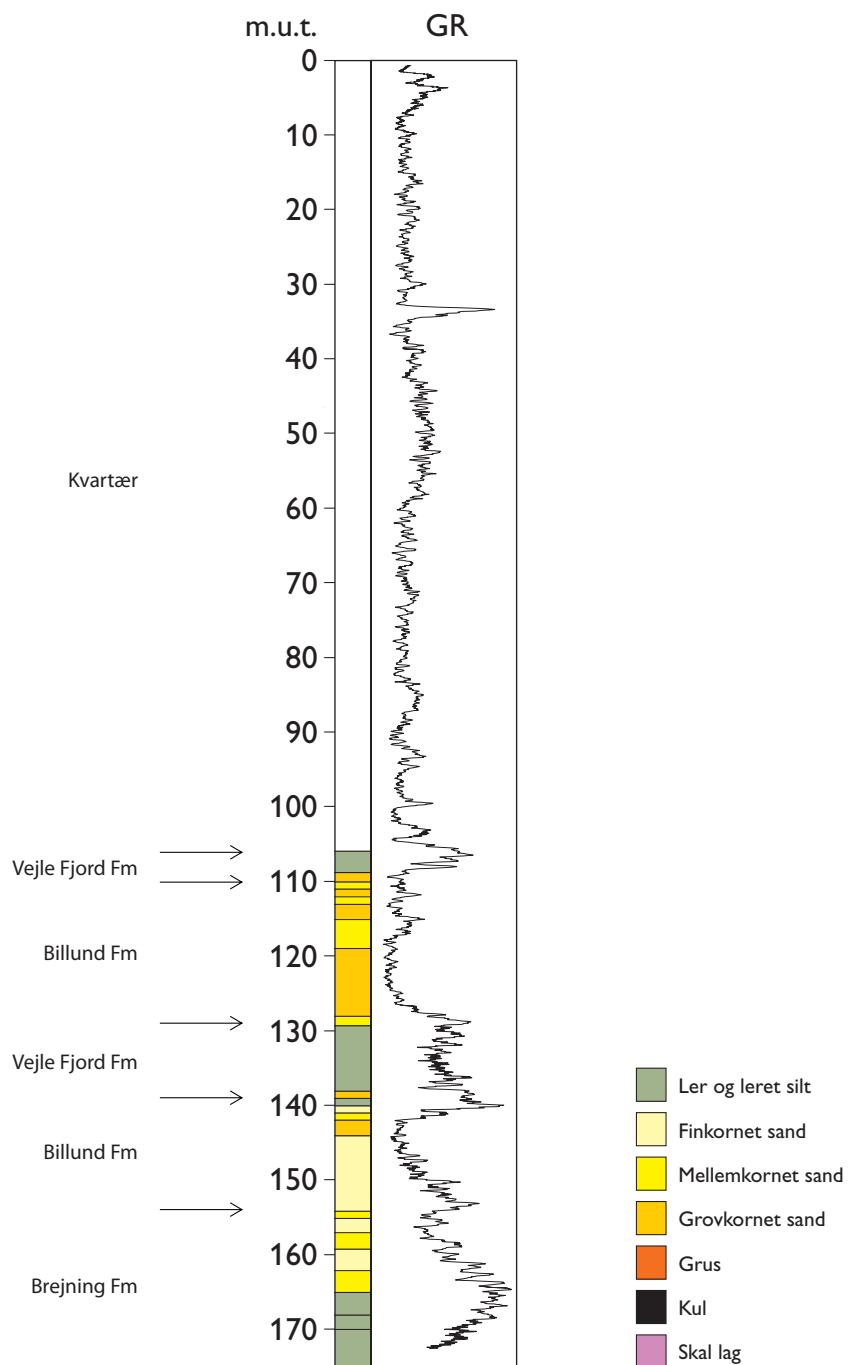
Dybde i meter: litologi

- 106-107: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lignit og lidt rødt sand.
- 107-108: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lignit.
- 108-109: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lignit og lidt gulligt, mellem- til grovkornet sand..
- 109-110: Sand: Gulliggråt, grovkornet sand og grus. Lidt mørkebrunt, leret silt.
- 110-111: Sand: Gulliggråt, mellem- til grovkornet sand.
- 111-112: Sand: Gulliggråt, grovkornet sand.
- 112-113: Sand: Gulliggråt, grovkornet sand. Gruset.
- 113-114: Sand: Gulliggråt, grovkornet sand. Gruset, lidt mellemkornet sand og bjergartsfragmenter.
- 114-115: Sand: Gulliggråt, grovkornet sand.
- 115-116: Sand: Gulliggråt, mellem- til grovkornet sand.
- 116-117: Sand: Gråhvidt, mellemkornet sand. Lidt grovkornet sand.
- 117-118: Sand: Gråhvidt, mellemkornet sand. Lidt grovkornet sand.
- 118-119: Sand: Gråhvidt til okkerfarvet, grovkornet sand.
- 119-120: Sand: Gråt, grovkornet sand. Meget flint.
- 120-121: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
- 121-122: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
- 122-123: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
- 123-124: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og lidt finkornet sand.
- 124-125: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
- 125-126: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
- 126-127: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og med flint.
- 127-128: Sand: Gråt, grovkornet sand. Lidt okkerfarvet sand.
- 128-129: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand. Mørkebrunt, leret silt.
- 129-130: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt mellem- til grovkornet sand. Bjergartsfragment.
- 130-131: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt mellem- til grovkornet sand.
- 131-132: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt mellem- til grovkornet sand.
- 132-133: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
- 133-134: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
- 134-135: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
- 135-136: Silt: Mørkebrunt, leret silt.
- 136-137: Silt: Mørkebrunt, leret silt.

- 137-138: Silt: Mørkebrunt, leret silt.
- 138-139: Sand: Gråt, grovkornet sand og grus. Mørkebrunt, leret silt.
- 139-140: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt grovkornet sand.
- 140-141: Sand: Gråt, finkornet sand.
- 141-142: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand.
- 142-143: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.
- 143-144: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og lidt mørkebrunt, leret silt.
- 144-145: Sand: Gråt, mellemkornet sand. Lidt fin- og grovkornet sand.
- 145-146: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand.
- 146-147: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand.
- 147-148: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand.
- 148-149: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand.
- 149-150: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Lidt mellemkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
- 150-151: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Mørkebrunt, leret silt.
- 151-152: Sand: Gråt, finkornet sand.
- 152-153: Sand: Gråt, finkornet sand og mørkebrunt, leret silt. Klast på ca. 1 cm.
- 153-154: Sand: Gråt, finkornet sand. Mørkebrunt, leret silt. Flint?
- 154-155: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Mørkebrunt, leret silt.
- 155-156: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand.
- 156-157: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Mørkebrunt leret silt.
- 157-158: Sand: Gråt, mellemkornet sand. Lidt finkornet sand. Flint?
- 158-159: Sand: Gråt, mellemkornet sand. Mørkebrunt, leret silt.
- 159-160: Sand: Gråt, finkornet sand. Lidt mellemkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
- 160-161: Sand: Gråt, finkornet sand. Lidt mellemkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
- 161-162: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Lidt lysegråt, leret silt.
- 162-163: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand.
- 163-164: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand. Gruset.
- 164-165: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand. Gruset.
- 165-166: Silt: Mørkebrunt, lamineret, leret silt.
- 166-167: Silt: Mørkebrunt, lamineret, leret silt.
- 167-168: Ler: Mørkebrunt ler.
- 168-169: Ler: Mørkebrunt ler.
- 169-170: Ler: Mørkebrunt ler. Lidt grovkornet sand.
- 170-171: Silt: Mørkebrunt, lamineret, leret silt. Lidt sand.
- 171-172: Silt: Mørkebrunt, lamineret, leret silt. Lidt sand.
- 172-173: Silt: Mørkebrunt, lamineret, leret silt. Lidt sand.
- 173-174: Silt: Mørkebrunt, lamineret, leret silt. Lidt sand
- 174-175: Silt: Mørkebrunt, lamineret, leret silt. Lidt sand.

Fæstibakke

DGU nr. 87.1366



Figur 4: Grafisk fremstilling af litologien og den litostratigrafiske opdeling i boringen
DGU nr. 87.1366 (Fæstibakke).

DGU nr. 76.2013, ved Mausing Mark (Fig. 5)

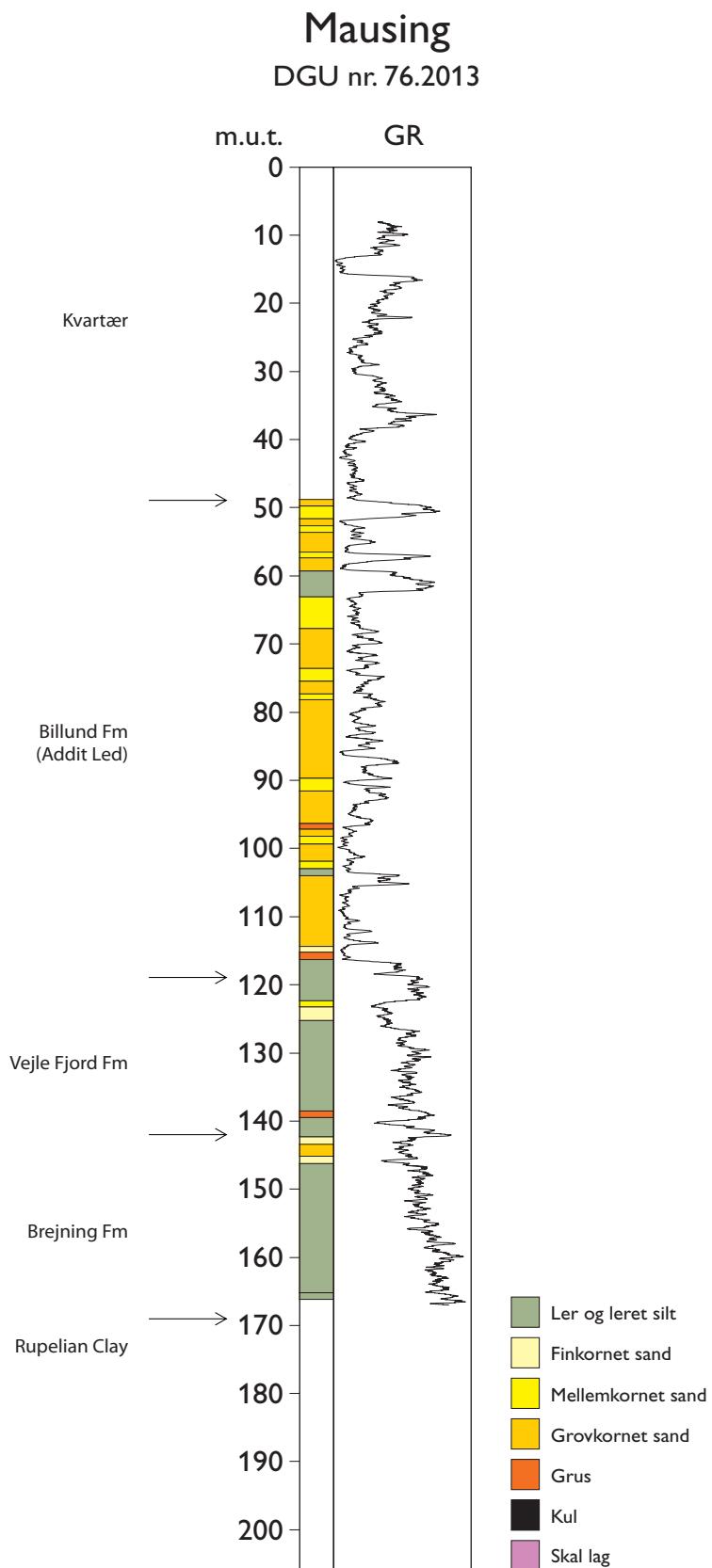
I boringen DGU nr. 76.2013 ved Mausing Mark, er der anboret følgende litostratigrafiske enheder: Rupelien ler (170–169 m), Brejning Formation (169–142 m), Vejle Fjord Formation (142–119 m), Billund Formation (Addit Led) (119–49 m). Grænsen mellem den miocæne lagserie og den overliggende kvartære lagpakke er tolket til at ligge ved 49 m. Boringens TD er 170 m.

Dybde i meter: litologi

- 49-50: Sand: Gråt (gulligt), grovkornet sand. Lidt gråbrunt, leret silt.
50-51: Sand: Mørkegråt, mellemkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.
51-52: Sand: Mørkegråt, mellemkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.
52-53: Sand: Mørkegråt, grovkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.
53-54: Sand: Mørkegråt, mellem- til grovkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.
54-55: Sand: Mørkegråt, grovkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt. Lignit.
55-56: Sand: Gråt, grovkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt. Lignit.
56-57: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
57-58: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand.
58-59: Sand: Gråt, grovkornet sand. Lidt mellemkornet sand.
59-60: Sand: Gråt, grovkornet sand. Mørkebrunt, leret silt.
60-61: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt grovkornet sand.
61-62: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt mellemkornet sand.
62-63: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
63-64: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt mellemkornet sand.
64-65: Sand: Mørkebrunt, mellemkornet sand.
65-66: Sand: Mørkebrunt, mellemkornet sand.
66-67: Sand: Mørkebrunt, mellemkornet sand. Lidt grovkornet sand.
67-68: Sand: Mørkebrunt, mellemkornet sand.
68-69: Sand: Mørkebrunt, mellemkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.
69-70: Sand: Mørkegråt, grovkornet sand. Gruset og lidt mørkebrunt, leret silt. Meget glimmer.
70-71: Sand: Mørkegråt, grovkornet sand. Gruset og lidt mørkebrunt, leret silt.
71-72: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
72-73: Sand: Gråt, grovkornet sand.
73-74: Sand: Gråt, grovkornet sand.
74-75: Sand: Gråt, grovkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.
75-76: Sand: Gråt, mellemkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.
76-77: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand. Mørkebrunt, leret silt.
77-78: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
78-79: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og lidt mørkebrunt, leret silt.
79-80: Sand: Gråt, mellemkornet sand. Gruset og lidt mørkebrunt, leret silt.
80-81: Sand: Gråt, mellemkornet sand. Gruset og lidt mørkebrunt, leret silt.
81-82: Sand: Gråt, mellemkornet sand. Gruset.
82-83: Sand: Gråt, mellemkornet sand. Gruset.
83-84: Sand: Gråt, mellemkornet sand.

- 84-85: Sand: Gråt, mellemkornet sand. Gruset og lidt mørkebrunt, leret silt.
- 85-86: Sand: Gråt, mellemkornet sand. Gruset.
- 86-87: Grus: Gråt grus. Lidt grovkornet sand.
- 87-88: Grus: Gråt grus. Lidt mørkebrunt, leret silt.
- 88-89: Grus: Gråt grus. Lidt mørkebrunt, leret silt.
- 89-90: Sand: Gråt, grovkornet sand.
- 90-91: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
- 91-92: Sand: Gråt, grovkornet sand. Lidt mellemkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
- 92-93: Sand: Gråt, mellemkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.
- 93-94: Sand: Gråt, mellemkornet sand. Gruset og lidt mørkebrunt, leret silt.
- 94-95: Sand: Gråt, grovkornet sand.
- 95-96: Sand: Gråt, grovkornet sand.
- 96-97: Sand: Gråt, grovkornet sand. Lidt mellemkornet sand.
- 97-98: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
- 98-99: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
- 99-100: Grus: Gråt grus. Lidt grovkornet sand.
- 100-101: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
- 101-102: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand.
- 102-103: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
- 103-104: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
- 104-105: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og lidt mørkebrunt, leret silt.
- 105-106: Sand: Gråt, mellemkornet sand. Gruset og lidt mørkebrunt, leret silt.
- 106-107: Silt: Brunt, leret silt og mellem- til grovkornet sand.
- 107-108: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
- 108-109: Sand: Gråt, grovkornet sand.
- 109-110: Sand: Gråt, grovkornet sand.
- 110-111: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
- 111-112: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og lidt mørkebrunt, leret silt.
- 112-113: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og lidt mørkebrunt, leret silt.
- 113-114: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og lidt mørkebrunt, leret silt.
- 114-115: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og lidt mørkebrunt, leret silt.
- 115-116: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
- 116-117: Sand: Gråt, grovkornet sand.
- 117-118: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og lidt mørkebrunt, leret silt.
- 118-119: Sand: Mørkebrunt, finkornet sand og grus.
- 119-120: Grus: Gråt grus. Lidt mørkebrunt, leret silt.
- 120-121: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt grovkornet sand.
- 121-122: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt grovkornet sand.
- 122-123: Silt: Lamineret, gråt og brunt, leret silt.
- 123-124: Silt: Brunt, leret silt. Lidt grovkornet sand.
- 124-125: Sand: Brunt, mellem- til grovkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.
- 125-126: Sand: Mørkegråt, finkornet sand.
- 126-127: Sand: Mørkegråt, finkornet sand.
- 127-128: Silt: Brunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
- 128-129: Silt: Brunt, leret silt. Lidt finkornet sand. Gruset.
- 129-130: Silt: Brunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
- 130-131: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt mellemkornet sand.

- 131-132: Silt: Mørkebrunt, leret silt.
- 132-133: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
- 133-134: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
- 134-135: Silt: Mørkebrunt, leret silt.
- 135-136: Silt: Mørkebrunt, leret silt.
- 136-137: Silt: Mørkebrunt, leret silt.
- 137-138: Silt: Mørkebrunt, leret silt.
- 138-139: Silt: Mørkebrunt, leret silt.
- 139-140: Silt: Mørkebrunt, leret silt.
- 140-141: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt grovkornet sand.
- 141-142: Grus: Gulliggråt grus og grovkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.
- 142-143: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt grovkornet sand.
- 143-144: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt grovkronet sand.
- 144-145: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt grovkornet sand.
- 145-146: Sand: Gråbrunt, finkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
- 146-147: Sand: Gråt, grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
- 147-148: Sand: Gråt, grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
- 148-149: Sand: Brunt, finkornet sand og mørkebrunt, leret silt. Skaller.
- 149-150: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand. Skaller.
- 150-151: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt lamineret.
- 151-152: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
- 152-153: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt lamineret. Skaller.
- 153-154: Silt: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og finkornet sand.
- 154-155: Silt: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og finkornet sand.
- 155-156: Silt: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og finkornet sand.
- 156-157: Silt: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og finkornet sand.
- 157-158: Silt: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og finkornet sand.
- 158-159: Silt: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og finkornet sand.
- 159-160: Silt: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og finkornet sand.
- 160-161: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
- 161-162: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
- 162-163: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller. Gravegang.
- 163-164: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
- 164-165: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
- 165-166: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
- 166-167: Silt: Mørkebrunt, leret silt.
- 167-168: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
- 168-169: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
- 169-170: Silt: Lamineret, lysebrunt og grønligråt, leret silt og finkornet sand. Skaller.



Figur 5: Grafisk fremstilling af litologien og den litostratigrafiske opdeling i boringen DGU nr. 76.2013 (Mausing Mark).

Palynologi/biostratigrafi

I de følgende kapitler er variationerne i dinoflagellatselskabet præsenteret for hver af de to borer, se desuden Bilag 1 og 2. Hver litostratigrafisk enhed, der er repræsenteret i boringen, er beskrevet mht. dinoflagellatselskab, aflejringsmiljø, dinoflagellatzone (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted), alder, samt korrelation med nanoplanktonzoneringen opstillet af Martini (1971) og med foraminiferzoneringerne opstillet af hhv. King (1989) og Laursen & Kristoffersen (1999) (Fig. 8).

Fæstibakke, DGU nr. 87.1366 (bilag 1)

Brejning Formation

Tilstedeværelse

Brejning Formationen er til stede i den nedre del af boringen, fra 175–154 m.

Dinoflagellatselskab

Homotryblium? *additense* og *Spiniferites* spp. dominerer selskabet. I prøven ved 155 m er *Chiropteridium galea* ligeledes dominerende. *Cleistosphaeridium placacanthum*, *Cordosphaeridium cantharellus*, *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Deflandrea phosphoritica*, *Homotryblium pectilum*, *H. tenuispinosum*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Operculodinium centrocarpum*, *Spiniferites pseudofurcatus* og *Thalassiphora pelagica* forekommer jævnligt.

Den jævnlige forekomst af *Deflandrea phosphoritica* er af stratigrafisk betydning. Desuden er forekomsten af *Chiropteridium galea* stratigrafisk vigtig. Omlejrede jurassiske og palæogene dinoflagellater forekommer sporadisk.

Aflejringsmiljø

Alle prøverne i dette interval indeholder et forholdsvis rigt og diverst dinoflagellat selskab. Samtidigt udgør fersk- til brakvandsalgen *Botryococcus* mellem 10 og 71% af de registrerede palynomorfer i dette interval. Derudover er der registreret en jævn til almindelig forekomst af ferskvandsalgerne *Lecaniella* spp., *Mougeotia laetivirens*, *Pediastrum* spp. og *Pseudokomewuia* aff. *granulata* op gennem hele intervallet. Denne sammensætning af palynomorfer indikerer et marint aflejringsmiljø med en stor tilførsel af ferskvand.

Den jævnlige forekomst af *Deflandrea phosphoritica* indikerer en høj tilførsel af næringsstoffer (Brinkhuis 1994), mens dominansen af *Homotryblium?* *additense* tolkes til at afspejle et lav-salint miljø (Dybkjær 2004b). Dette stemmer fint overens med den regionale geologiske model, ifølge hvilken kystlinien rykker markant frem (mod syd), fra det norske område under aflejringen af den øvre del af Brejning Formationen (Rasmussen & Dybkjær 2005).

Dinoflagellatzonering

Den jævnlige forekomst af *Deflandrea phosphoritica* henfører intervallet til *Deflandrea phosphoritica* Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) (Figs. 6 og 8).

Alder

Seneste Oligocæn (sen Chattien).

Foraminifer/nannoplanktonzoner (Figur 6)

Deflandrea phosphoritica Zonen korrelerer til den øverste del af nannoplanktonzonen NP25 (Martini 1971). I Harre-1 boringen korrelerer *D. phosphoritica* Zonen direkte med den bentoniske foraminiferzone NSB 8c (King 1989) (King 1994; Dybkjær & Piasecki, submitted) (Fig. 8).

Billund Formation og Vejle Fjord Formation

Tilstedeværelse

Billund Formationen er repræsenteret fra 154–139 m, samt fra 129–110 m. Vejle Fjord Formationen er repræsenteret fra 139–129 m, samt fra 110–106 m. Det øverste interval henført til Billund Formationen er ikke repræsenteret af prøver til palynologisk analyse.

Dinoflagellatselskab

Dinoflagellatselskabet domineres af *Homotryblium? additense* og *Spiniferites* spp. *H. pectilum* forekommer almindeligt, mens *Apteodinium* cf. *australiense*, *Cordosphaeridium cantharellus*, *Deflandrea phosphoritica*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Pyxidinopsis psilatum* og *Spiniferites pseudofurcatus* forekommer jævnligt. I prøven ved 138 m udgør *H. ?additense* 67 % af de registrerede palynomorfer. De stratigrafisk vigtige taxa *Caligodinium amiculum*, *Chiropertidium galea*, samt *Deflandrea* spp. forekommer sporadisk.

Dominans af *Homotryblium*, samt den sporadiske forekomst af *Caligodinium amiculum* og *Chiropertidium galea* er karakteristisk for disse litostratigrafiske enheder.

Der er kun registreret to omlejrede dinoflagellater, *Deflandrea heterophlycta* og *Wetzelella* spp. i dette interval, begge palæogene.

Aflejringsmiljø

Hyppigheden og diversiteten af dinoflagellater i dette interval er generelt noget lavere end i Brejning Formationen og i nogle prøver, f.eks. fra 151 m, 143 m, 109 m og 108 m er hyppigheden og diversiteten af dinoflagellater meget lav. Samtidigt udgør fersktill brakvandsalgen *Botryococcus* mellem 7 og 51 % af det samlede antal registrerede palynomorfer i intervallet og ferskvandsalgen *Mougeotia laetivirens* og ferskvandsdinoflagellaten *Pseudokomewuia* aff. *granulata* forekommer begge hyppigt (op til 9 % og 21% hhv.).

Denne fordeling formodes at afspejle et kystnært aflejringsmiljø med en stor influx af ferskvand og ferskvandsalger op gennem hele intervallet. Denne tolkning støttes af den høje relative hyppighed af *Homotryblium? additense*. Denne slægt forekommer hovedsageligt i afsnørede marine, lav-saline aflejringsmiljøer (Brinkhuis 1994; Dybkjær 2004b).

Dinoflagellatzonering

Sidsteforekomsten af *Chiropteridium galea* i prøven ved 139 m henfører intervallet fra 154–139 m til *Chiropteridium galea* Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) (Figs. 6 og 8).

Dominansen af *Homotryblium* op til toppen af den miocæne lagserie repræsenteret i boringen henfører intervallet fra 139–106 m til *Homotryblium* spp. Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted)

Alder

Tidligste Miocæn (tidlig Aquitanien).

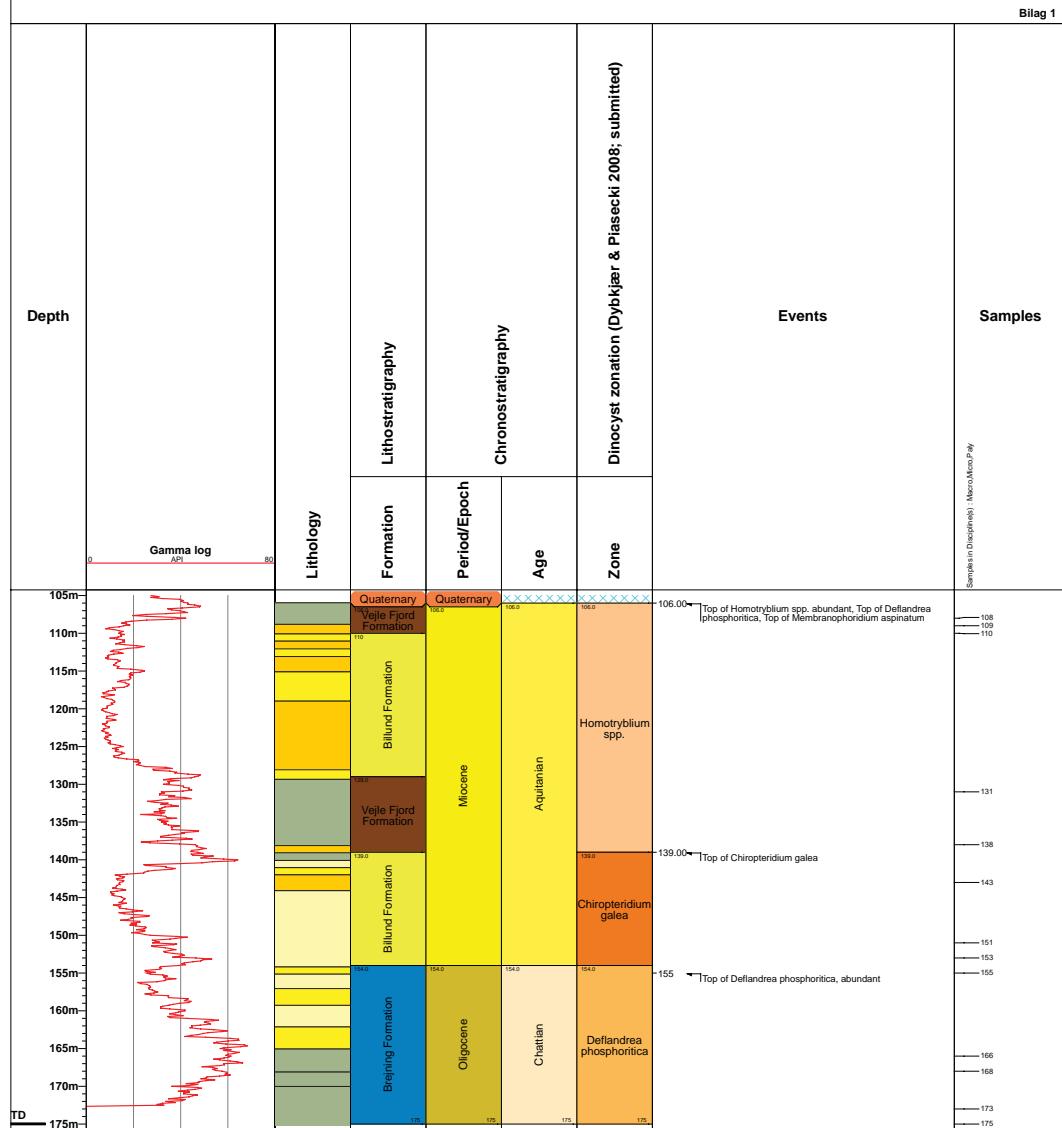
Foraminifer/hannoplanktonzonering

Chiropteridium galea Zonen korrelerer med nannoplanktonzone NN1 og nederste del af NN2 (Martini 1971), mens *Homotryblium* spp. Zonen korrelerer med nannoplanktonzone NN2. *C. galea* Zonen korrelerer desuden med den bentoniske foraminiferzoner NSB 8c og med den planktoniske foraminiferzoner NSP 9 af Laursen & Kristoffersen (1999). Disse zoner svarer til NSB 8c og NSP 9 i zoneringen af King (1989) (Fig. 8). *Homotryblium* spp. Zonen korrelerer desuden med den bentoniske foraminiferzoner NSB 8c og nederste del af NSB 9 og med de planktoniske foraminiferzoner NSP 9 og nederste del af NSP10 af Laursen & Kristoffersen (1999). Disse zoner svarer til den øverste del af NSB 8c og den øverste del af NSP 9 i zoneringen af King (1989) (Fig. 8).

Well Name : Fæstibakke DGUnr. 87.1366
 Interval : 105.00m - 175.00m
 Scale : 1:500
 Chart date: 15 December 2009

GEUS
 Copenhagen

Bilag 1



Figur 6: Stratigrafisk opsummering med litostratigrafi, kronostratigrafi og dinoflagellatzonering for boringen DGU nr. 87.1366 (Fæstibakke).

Mausing Mark, DGU nr. 76.2013 (bilag 2)

Rupelien ler

Tilstedeværelse

Der blev fundet ler af Rupelien (Tidlig Oligocæn) alder i den nederste del af boringen, i intervallet fra 170–169 m (Fig. 7). Intervallet er repræsenteret af en enkelt prøve fra 170 m. Tynde lerlag af Rupelien alder kendes også fra andre borer i Midt- og Sønderjylland, f.eks. i Addit Mark- og Sorring borerne (hhv. DGU nr. 97.928 og DGU nr. 88.1450).

Dinoflagellatselskab

Cleistosphaeridium placacanthum, *Dapsilidinium pseudocolligerum*, og *Spiniferites* spp. dominerer selskabet, mens *Enneadocysta pectiniformis*, *Lingulodinium machae-*
rophorum, *Operculodinium centrocarpum*, *Operculodinium* spp. og *O. tiara* forekommer jævnligt. Forekomsten af *Areoligera semicirculata* og *Enneadocysta pectiniformis* er stratigrafisk vigtige. Forekomsten af *Eatonicysta ursulae* indikerer omlejret Eocæn.

Aflejringsmiljø

Der er en stor hyppighed og en høj diversitet af dinoflagellater i prøven. Der blev desuden fundet enkelte acritarcher, mens der ikke blev fundet nogen ferskvandsalger. Denne sammensætning indikerer et fuldmarint aflejringsmiljø med en relativt stor afstand til kysten.

Dinoflagellatzonering

Den samtidige forekomst af *Areoligera semicirculata* og *Enneadocysta pectiniformis* henfører intervallet til én af zonerne NSO-2, NSO-3 eller NSO-4a af Van Simaeys et al. (2004).

Alder

Tidlig Oligocæn (Rupelien)

Brejning Formation

Tilstedeværelse

Brejning Formationen er til stede i den nedre del af boringen, fra 169–142 m.

Dinoflagellatselskab

Deflandrea phosphoritica, *Homotryblium? additense*, *Homotryblium plectilum* og *Spiniferites* spp. dominerer selskabet. mens *Apteodinium cf. australiense*, *Chiropertidium galea*, *Cleistosphaeridium placacanthum*, *Cordosphaeridium cantharellus*, *Hystrichokolpoma rigaudiae* og *Operculodinium centrocarpum* forekommer jævnligt.

Dominansen af *Deflandrea phosphoritica* er af stratigrafisk betydning. Desuden er forekomsten af *Chiropteridium galea* stratigrafisk vigtig. Omlejrede palæogene dinoflagellater forekommer sporadisk.

Aflejringsmiljø

De fleste prøver i dette interval indeholder et forholdsvis rigt og diverst dinoflagellat selskab, dog er prøven ved 149 m karakteriseret ved et sporadisk dinoflagellatselskab, mens fersk- til brakvandsalgen *Botryococcus* i denne prøve udgør 54 % af de registrerede palynomorfer. I den øvrige del af intervallet udgør *Botryococcus* mellem 4 % og 25%. Derudover er der registreret en jævn til almindelig forekomst af ferskvandsalgerne *Mougeotia laetivirens*, *Pediastrum* spp. og *Pseudokomewuia* aff. *granulata* op gennem hele intervallet. Denne sammensætning af palynomorfer indikerer et marint aflejringsmiljø med en varierende tilførsel af ferskvand.

Dominansen af *Deflandrea phosphoritica* indikerer en høj tilførsel af næringsstoffer (Brinkhuis 1994), mens dominansen af *Homotryblium?* *additense* og *Homotryblium pectilum* tolkes til at afspejle et lav-salint miljø (Dybkjær 2004b). Dette stemmer fint overens med den regionale geologiske model, ifølge hvilken kystlinien rykker markant frem (mod syd) fra det norske område under aflejringen af den øvre del af Brejning Formationen (Rasmussen & Dybkjær 2005).

Dinoflagellatzonering

Dominansen af *Deflandrea phosphoritica* henfører intervallet til *Deflandrea phosphoritica* Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) (Figs. 7 og 8).

Alder

Seneste Oligocæn (sen Chattien).

Foraminifer/nannoplanktonzoner (Figur 6)

Deflandrea phosphoritica Zonen korrelerer til den øverste del af nannoplanktonzoneren NP25 (Martini 1971). I Harre-1 boringen korrelerer *D. phosphoritica* Zonen direkte med den bentoniske foraminiferzone NSB 8c (King 1989) (King 1994; Dybkjær & Piasecki, submitted) (Fig. 8).

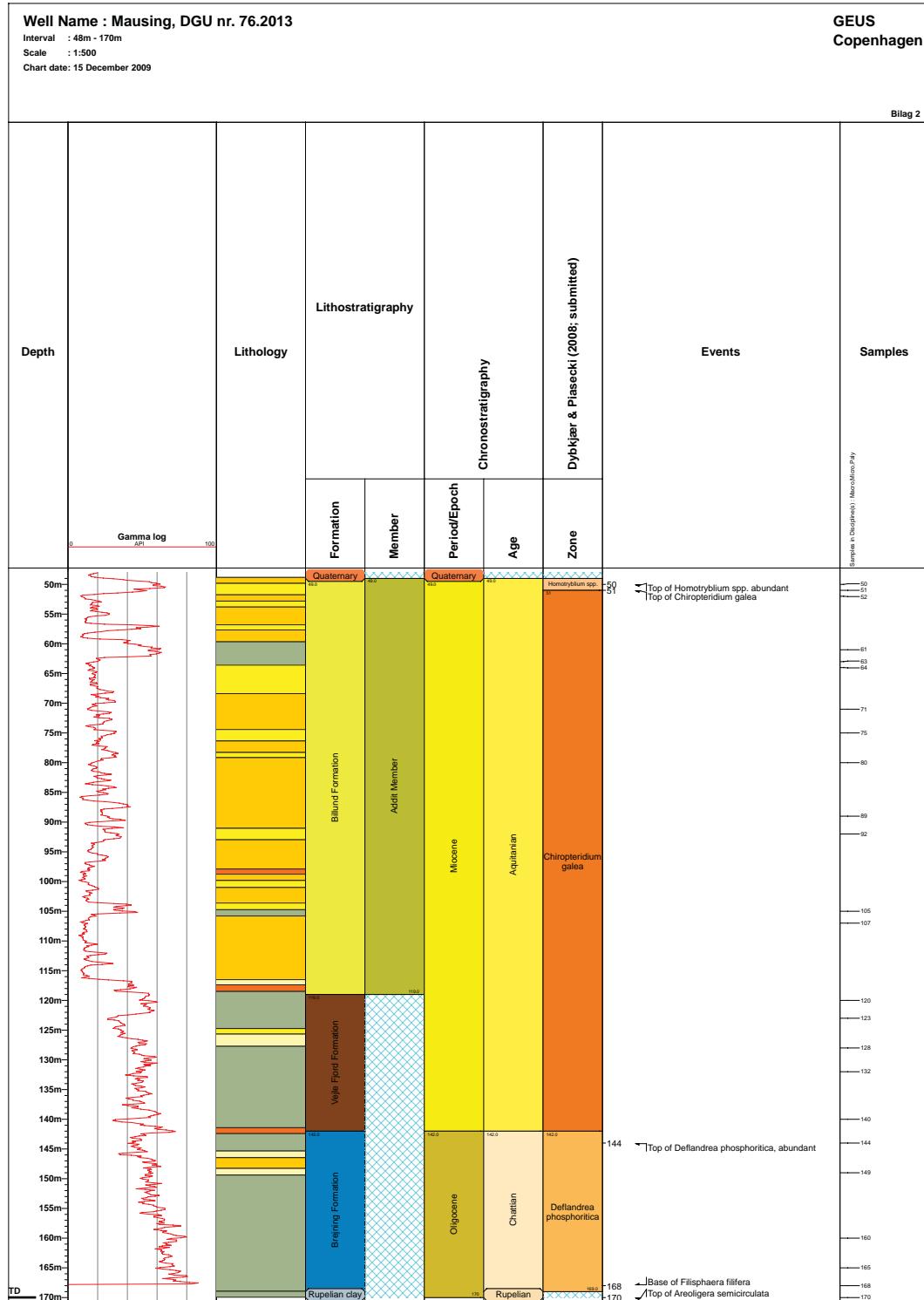
Vejle Fjord Formation og Billund Formation

Tilstedeværelse

Vejle Fjord Formationen er repræsenteret fra 142–119 m. Billund Formationen er repræsenteret fra 119–49 m.

Dinoflagellatselskab

Dinoflagellatselskabet domineres af *Homotryblium?* *additense*, *H. pectilum* og *Spiniferites* spp. *Apteodinium* cf. *australiense*, *Chiropteridium galea* og *Operculodinium*



Figur 7: Stratigrafisk opsummering med litostatigrafi, kronostatigrafi og dinoflagellatzonering for boringen DGU nr. 76.2013 (Mausing Mark).

centrocarpum forekommer almindeligt, mens *Apteodinium australiense*, *Cleistosphaeridium placacanthum*, *Cordosphaeridium cantharellus*, *Dapsilidinium*

pseudocolligerum, *Deflandrea phosphoritica*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Lingulodinium machaerophorum* og *Membranophoridium aspinatum* forekommer jævnligt. De stratigrafisk vigtige taxa *Caligodinium amiculum* og *Chiropteridium galea* forekommer konsistent op gennem hele intervallet.

Dominansen af *Homotryblium*, samt forekomsten af *Caligodinium amiculum* og *Chiropteridium galea* er karakteristisk for disse litostratigrafiske enheder.

Omlejrede kretassiske og palæogene dinoflagellater forekommer sporadisk.

Aflejringsmiljø

Hypigheden og diversiteten af dinoflagellater i dette interval varierer en del, men er generelt noget lavere end i Brejning Formationen og i nogle prøver, f.eks. fra 92 m og 89 m (fra Billund Formationen) er hypigheden og diversiteten af dinoflagellater meget lav. Samtidigt udgør fersk- til brakvandsalgen *Botryococcus* mellem 6 og 57 % af det samlede antal registrede palynomorfer i intervallet. Ferskvandsalgen *Mougeotia laetivirens* udgør hhv. 22 % og 66% i prøverne ved 92 m og 89 m, men optræder ellers jævnligt, mens ferskvandsdinoflagellen *Pseudokomewuia aff. granulata* forekommer almindeligt.

Denne fordeling formodes at afspejle et kystnært aflejringsmiljø med en stor influx af ferskvand og ferskvandsalger op gennem hele intervallet. Denne tolkning støttes af den høje relative hypighed af *Homotryblium*. Denne slægt forekommer hovedsageligt i afsnørede marine, lav-saline aflejringsmiljøer (Brinkhuis 1994; Dybkjær 2004b).

Dinoflagellatzonering

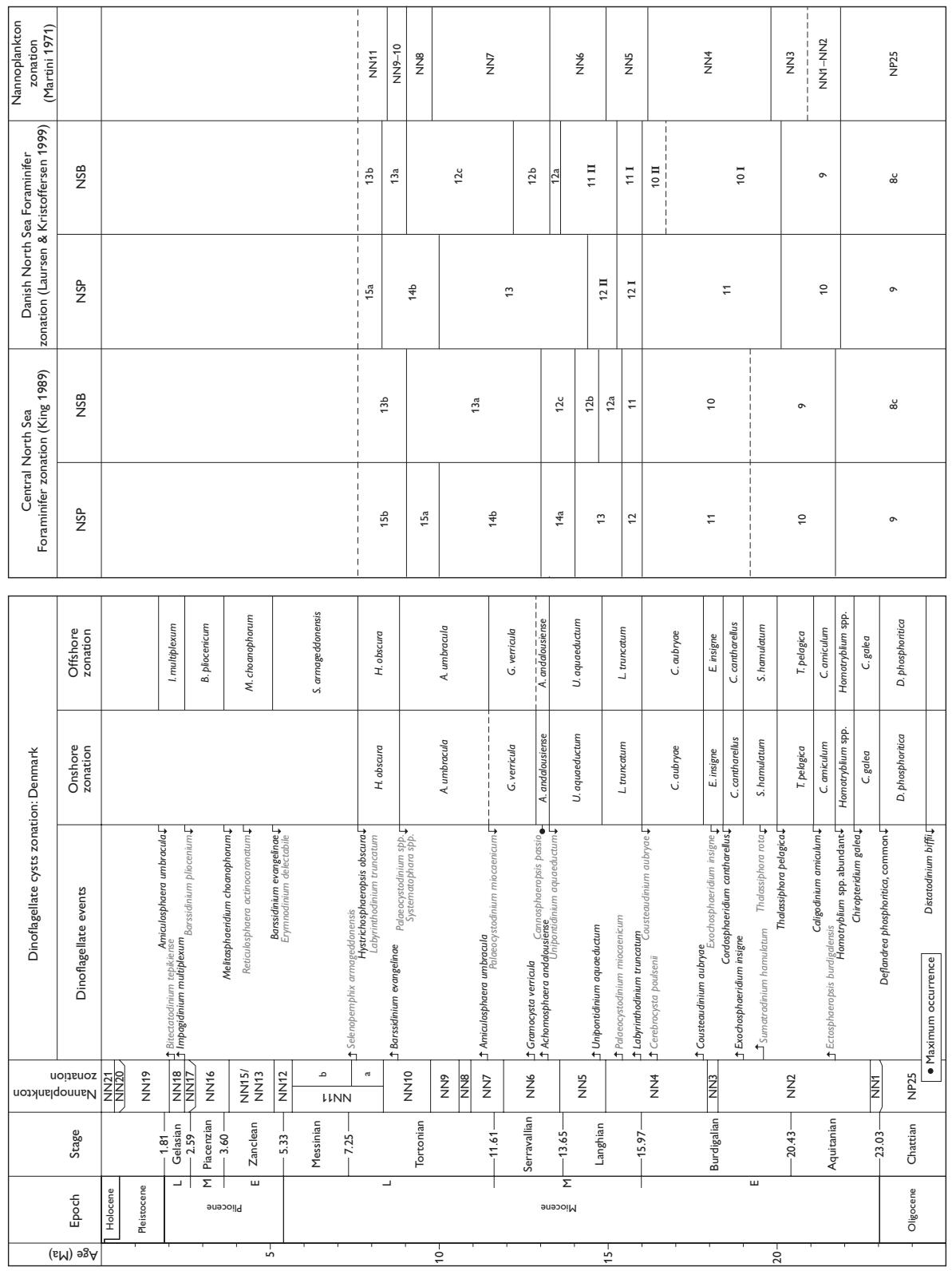
Sidsteforekomsten af *Chiropteridium galea* i prøven ved 51 m henfører intervallet fra 142–51 m til *Chiropteridium galea* Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) (Figs. 7 og 8). Den fortsatte dominans af *Homotryblium* i den øverste prøve henfører intervallet fra 51–49 m til *Homotryblium* spp. Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted)

Alder

Tidligste Miocæn (tidlig Aquitanien).

Foraminifer/nannoplanktonzoner

Chiropteridium galea Zonen korrelerer med nannoplanktonzone NN1 og nederste del af NN2 (Martini 1971), mens *Homotryblium* spp. Zonen korrelerer med nannoplanktonzone NN2. *C. galea* Zonen korrelerer desuden med den bentoniske foraminiferzoner NSB 8c og med den planktoniske foraminiferzoner NSP 9 af Laursen & Kristoffersen (1999). Disse zoner svarer til NSB 8c og NSP 9 i zoneringen af King (1989) (Fig. 8). *Homotryblium* spp. Zonen korrelerer desuden med den bentoniske foraminiferzoner NSB 8c og nederste del af NSB 9 og med de planktoniske foraminiferzoner NSP 9 og nederste del af NSP10 af Laursen & Kristoffersen (1999). Disse zoner svarer til den øverste del af NSB 8c og den øverste del af NSP 9 i zoneringen af King (1989) (Fig. 8).



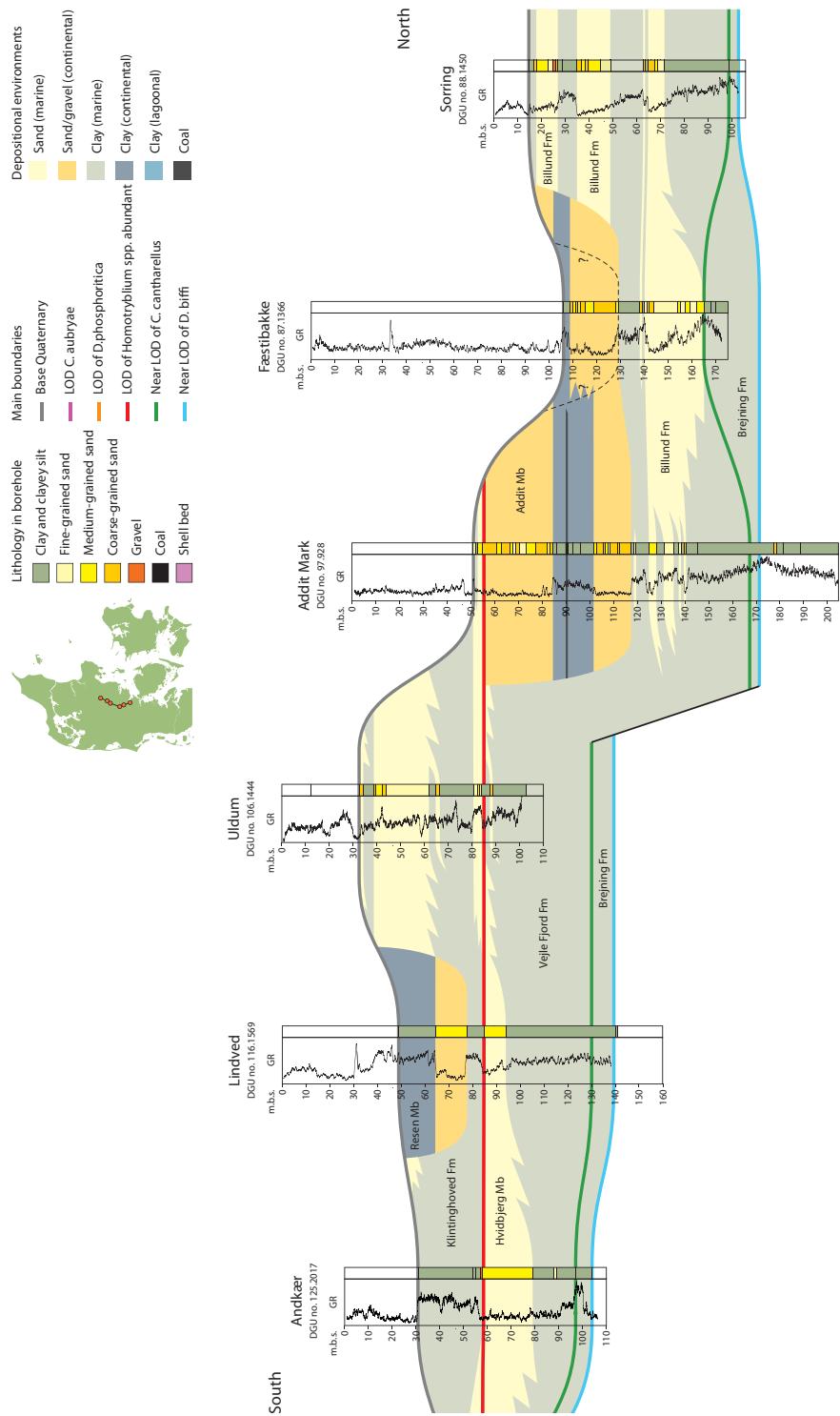
Figur 8: Dinoflagellatzonering opstillet af Dybkjær & Piasecki (2008; submitted), korreleret med nannoplanktonzonering (Martini 1971) og foraminiferzonering (King 1989; Laursen & Kristoffersen 1999).

Regional geologisk korrelation

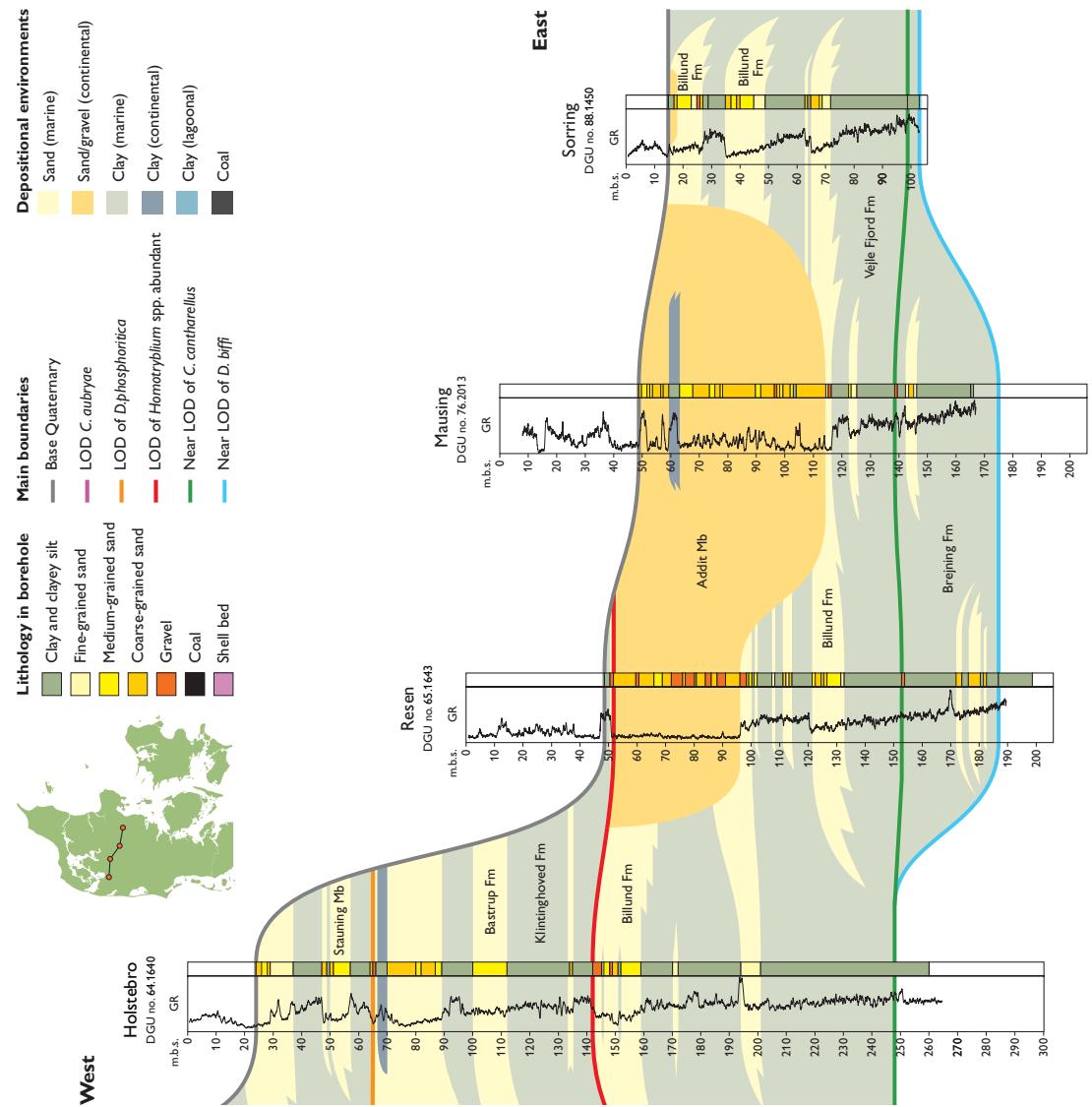
Boringen DGU nr. 87.1366, lokaliseret ved Fæstibakke nær Gammel Ry, er korreleret regionalt med borerne Sorring (DGU nr. 88.1450), Addit Mark (DGU nr. 97.928), Uldum (DGU nr. 106.1444), Lindved (DGU nr. 116.1569) og Andkær (DGU nr. 125.2017) i et nord-sydgående log panel (Fig. 9). Boringen gennemborer lag af Kvartær, Miocæn og Oligocæn alder. Det ældste lag i korrelationspanelet er det lerholdige Brejning Formation. Dette overlejres af ler tilhørende Vejle Fjord Formation. Ved Fæstibakke er det dog sand fra Billund Formationen der dominerer. Dette sand viser en tydelig grovende opad tendens, der kan tolkes som en grundende opad udvikling i forbindelse med udbygning af en kystslette eller delta system. Dette system overlejres af endnu en gang lerede sedimenter fra Vejle Fjord Formationen, formodentligt aflejret i forbindelse med en mindre transgression af kystsletten. Dette følges af veksellejrende sand og ler tilhørende Vejle Fjord Formationen i Sorring, Uldum, Lindved og Andkær borerne. I borerne Addit Mark og Fæstibakke, følger grovkornede sedimenter, sand og grus, dannet i et fluvialt system. Denne del af lagpakke blev aflejret i flettede floder i nedskårede dale og har en stor udbredelse af sand og grusrige sedimenter. Addit ledet er opdelt i to sandenheder adskilt af en mere finkornet succession med hyppige indslag af brunkul. Kvartære lag overlejrer de miocæne sedimenter i Sorring, Fæstibakke og Addit Mark borerne. I Uldum, Lindved og Andkær følger lerede sedimenter tilhørende Klintinghoved Formationen. Ved Uldum fortsættes det med sandede sedimenter fra Bastrup Formationen, formodentligt aflejret i et prograderende kyst system. Dette system når dog ikke så sydligt som til Andkær, hvor lerede sedimenter tilhørende Klintinghoved Formationen dominerer. Ved Lindved blev der aflejret sand og ler i et nedskåret dalkompleks. Denne del tilskrives Resen Led. Herover følger kvartære lag i de sidstnævnte borer.

Boringen DGU nr. 76.2013, lokaliseret ved Mausing Mark nordvest for Silkeborg, er korreleret regionalt med borerne Sorring (DGU nr. 88.1450), Resen (DGU nr. 65.1643) og Holstebro (DGU nr. 64.1640) i et øst-vestgående logpanel (Fig. 10). Boringen gennemborer Kvartær, Miocæn og Oligocæn. Den oligocæne Brejning Formation er gennemboret i Sorring-, Mausing- og Resen-borerne. Formationen består overvejende af lerede sedimenter med enkelte indslag af sandlag. Overvejende erkendes en grovende opad udvikling (gradvis lavere gamma-ray respons opad) og i både Mausing og Resen er den øvre grænse markeret ved et gruslag. Over Brejning Formationen følger lerede sedimenter fra Vejle Fjord Formationen. Vejle Fjord Formationen er karakteriseret ved veksellejrende ler- og sandlag, der opad viser en generel stigning i kornstørrelse og tykkelse af sandlagene (Billund Formationen). Denne udvikling er typisk for deltalobe udbygning i et bassin. Ved Mausing og Resen ses markant grovere sedimenter, der viser en generelt finende opad trend. Dette er karakteristisk for sedimentation i en nedskåret dal og de grovkornede sedimenter her, er overvejende aflejret i flettede flodsystemer. Denne del af lagserien tilhører Addit Led i Billund Formationen. Ved Sorring, Mausing og Resen følges de miocæne lag af Kvartær. I Holstebro overlejres Billund Formationen af lerede sedimenter fra Klintinghoved Formationen. Klintinghoved Formationen følges gradvist af sandede sedimenter tilhørende Bastrup Formationen. Herover følger lerede

sedimenter fra Arnum Formationen i Holstebro boringen, med indslag af sandede sedimenter fra Stauning leddet.



Figur 9: Logkorrelationspanel, nord-sydgående.



Figur 10: Logkorrelationspanel, øst-vestgående.

Konklusion

Baseret på data fra to nye borer, DGU nr. 87.1366 lokaliseret ved Fæstibakke nær Gammel Ry, samt DGU nr. 76.2013 lokaliseret ved Mausing Mark nordvest for Silkeborg, er der opstillet en detaljeret geologisk model for den øvre oligocæne – miocæne lagserie (Figs. 9 og 10). Modelen bygger på en kombination af palynologi/dinoflagellatstratigrafi, sedimentologi, seismik og sekvensstratigrafi.

Den gennemborede lagserie indeholder 1 niveau med sandlag henført til Billund Formationen (154–139 m og 129–110 m i Fæstibakke borgen, samt 119–49 m i Mausing Mark-borgen), aflejret som sand i flettede flodsystemer. Det nederste sand i Fæstibakke blev dog aflejret i en deltalobe.

I borgen DGU nr. 87.1366 (Fæstibakke) består den analyserede lagserie nederst af marint ler tilhørende Brejning Formationen. Herover er der to intervaller med sand tilhørende Billund Formationen, mellemlejret af marint ler tilhørende Vejle Fjord Formationen.

I borgen DGU nr. 76.2013 (Mausing Mark) består lagserien nederst af marint ler tilhørende Brejning Formationen og Vejle Fjord Formationen. Herover er der et 70 m mægtigt interval med sand tilhørende Billund Formationen.

Referencer

- Brinkhuis, H. 1994: Late Eocene to Early Oligocene dinoflagellate cysts from the Priabonian type-area (Northeast Italy): biostratigraphy and paleoenvironmental interpretation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 107, 121–163.
- 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 Trough with emphasis on possible hydrocarbon reservoirs., 26pp.
- 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, 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.
- Dybkjær, K., Piasecki, S. & Rasmussen, E.S., 2005: Dinoflagellat-datering og sekvensstratigrafi i 5 dybe borer i Ringkøbing Amt. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2005/5, 69pp.
- Dybkjær, K. & Piasecki, S. 2008: A new Neogene biostratigraphy of Denmark. Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin 15, 29–32.
- Dybkjær, K. & Piasecki, S., submitted: Neogene dinocyst zonation in the eastern North Sea Basin, Denmark. *Review of Palaeobotany and Palynology*.
- 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.
- Heilmann-Clausen, C. 1995: Palæogene aflejringer over Danskekalken. In: Nielsen, O.B. (ed.): Danmarks geologi fra Kridt til idag. Aarhus Geokompendier 1, 69–114.
- Hindsby, K., Harrar, B., Nyegaar, P., Konradi, P., Rasmussen, E.S., Bidstrup, T., Gregersen, U. & Boaretto, E. 1999: The Ribe Formation i SW Jylland, Denmark: Holocene and Pleistocene groundwaters in a coastal Miocene sand aquifer. In: Edmunds & Milne (eds): PALAEAUX - management 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: Cenozoic evolution of the eastern Danish North Sea Basin. Discussion. *Marine Geology* 177, 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.
- King, C. 1989: Cenozoic of the North Sea. In: Jenkins, D.G. & Murray, J.W. (eds): Stratigraphical atlas of fossil Foraminifera (2nd ed.), 418–489. Chichester: Ellis Horwood Ltd.

- King, C. 1994: Biostratigraphic correlation of Late Paleocene to Oligocene sequences in the Harre borehole (north Jylland, Denmark) with those in the North Sea. *Aarhus Geosci.* 1, 85–92.
- Koch, B.E. 1989: Geology of the Søby-Fasterholt area. Geological Survey of Denmark, Serie A 22, 177pp.
- Larsen, G. & Dinesen, A. 1959: Vejle Fjord Formationen ved Brejning. Sedimenterne og foraminiferfaunaen (Oligocæn–Miocæn). Danmarks geologiske Undersøgelse, II. Række Nr. 82, 114 pp.
- Laursen, G.V. & Kristoffersen, F.N. 1999: Detailed foraminiferal biostratigraphy of Miocene formations in Denmark. *Contr. Tert. Quatern. Geol.* 36(1–4), 73–107.
- Martini, E. 1971: Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: Farinacci, A. (ed.): Proceedings II Planktonic Conference, Roma 1970.
- 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.
- Prentice, 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. 2004: 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., Dybkjær, K. & Piasecki, S., 2004: The Billund delta: a possible new giant aquifer in central and western Jutland. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* 4, 21–24.
- 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., Dybkjær, K., Piasecki, S., submitted. Lithostratigraphy of the Upper Oligocene – Miocene succession in Denmark. *Geol. Surv. Den. Green. Bull.*
- Rasmussen, L.B. 1961: De miocæne formationer i Danmark. Danmarks geologiske Undersøgelse IV. Række, Nr. 4, 45pp.
- Sorgenfrei, T. 1958: Molluscan assemblages from the marine Middle Miocene of South Jutland and their environments. Danmarks geologiske Undersøgelse, II. Række, Nr. 79, 503pp.
- Van Simaeys, S., Munsterman, D., Brinkhuis, H., 2005: Oligocene dinoflagellate cyst biostratigraphy of the southern North Sea Basin. *Review of Palaeobot. Palynol.* 134, 105–128.
- Vejbæk, O. 1992: Geodynamic modelling of the Danish Central Trough. In: Larsen, R.M. et al. (eds): Structural and tectonic modelling and its application to petroleum geology, 1–17. Amsterdam, Elsevier: Norwegian Petroleum Society.
- Ziegler, P.A. 1982: Geological atlas of Western and Central Europe., 130pp. Amsterdam: Elsevier.

Bilag

Bilag 1: Rangechart for dinoflagellater i boringen DGU nr. 87.1366. Den litostratigrafiske og kronostratigrafiske opdeling af den analyserede lagserie er vist, dinoflagellat zoneringen (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) for den undersøgte lagserie er præsenteret og stratigrafisk vigtige events er indikeret. Endelig er den relative hyppighed af følgende palynomorf-kategorier: 1) *in situ* og cavede dinoflagellater, 2) omlejrede (reworked) dinoflagellater, 3) acritarcher, 4) "other marine algae" (OM), 5) ferskvandsalger, 6) udvalgte *in situ*, samt omlejrede sporer og pollen (SP), samt svampesporer og -hyfer, altsammen angivet i procent af det samlede antal registrede palynomorfer.

Bilag 2: Rangechart for dinoflagellater i boringen DGU nr. 76.2013. Se forklaring til Bilag 1.

