

Stratigrafisk analyse af boring DGUnr. 168.1467 ved Tinglev i Sønderjylland

Stefan Piasecki & Erik S. Rasmussen

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER FOR
DANMARK OG GRØNLAND, KLIMA- OG ENERGIMINISTERIET



GEUS

Stratigrafisk analyse af boring DGUnr. 168.1467 ved Tinglev i Sønderjylland

Stefan Piasecki & Erik S. Rasmussen

Indhold

Sammenfatning	3
Indledning	5
Geologisk ramme	7
Litostratigrafi	10
Metoder	12
Litologi.....	12
Palynologi	12
Sedimentologisk beskrivelse	13
DGU nr. 168.1467 ved Tinglev (Fig. 4)	13
Palynologi/biostratigrafi	19
Bastrup Formation.....	19
Arnum Formation	20
Stauning Led, Odderup Formation	21
Arnum Formation	21
Odderup Formation	22
Hodde Formation	23
Ørnhøj Formation	24
Gram Formation.....	25
Marbæk Formation.....	26
Regional geologisk korrelation	29
Konklusion	31
Referencer	32
Bilag	34

Sammenfatning

Denne undersøgelse er baseret på materiale fra boringen DGU nr. 168.1467, som er boret i det vestlige Tinglev i oktober 2008, i Region Syddanmark af Miljøcenter Ribe. Formålet med undersøgelsen er at bidrage til kortlægningen af potentielle grundvandsmagasiner i det undersøgte område.

Materialet fra boringen er beskrevet litologisk og i alt 40 udvalgte prøver er blevet analyseret biostratigrafisk. Biostratigrafien er baseret på forekomsten af fossile dinoflagellat cyster i sedimentprøverne. Fossile dinoflagellat cyster (fra protister; generelt betragtet som éncelledede 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 miocæne lagserie i området. Resultaterne præsenteres indenfor rammerne af den nye dinoflagellat zoner (Dybkjær & Piasecki 2008; in press) og den nye litostratigrafi (Rasmussen *et al.* in press) og er opsummeret i et stratigrafisk skema herunder (Figur 1).

De øverste 0–57 m af lagserien henføres til Kvartær på grundlag af observationer i felten under boringen.

Den gennemborede præ-kvartære lagserie indeholder øverst en ler–silt domineret succession og herunder en sand domineret lagserie som i det store hele svarer til henholdsvis Måde og Ribe Grupperne (Figur 1)

Måde Gruppen er repræsenteret ved Marbæk, Gram, og Hodde Formationerne fra 58–100 m (Figur 1). Ørnholm Formation og den nederste del af Gram Formation mangler eller er så kondenseret at de ikke er tydelig repræsenteret hverken i prøvematerialet (1 meter intervaller) eller i dinoflagellat stratigrafien. I kontrast hertil optræder dinoflagellater fra de manglende enheder som nedfald i boringen. En mulig tolkning er at boringen krydser en forkastning ved toppen af Hodde Formationen og at opblandet ler i forkastningsplanet fra den manglende lagserie, falder ned i boringen.

Ribe Gruppen er repræsenteret ved Odderup, Arnum og Bastrup Formationerne fra 100–250 m (Figur 1). Odderup Formation optræder fra 100–132 m. Arnum Formationen optræder fra 132–206 m med et tykt indslag af Stauning Member, Odderup Formation fra 136–180 m. De biostratigrafiske resultater for lagserien under Arnum Formationen er meget begrænsede. Næsten alt analyseret materiale stammer sandsynligvis fra nedfaldet ler fra Måde Gruppen øverst i boringen. Dinoflagellat selskabet i prøverne er høj marint i arts sammensætning og terrestrisk materiale er generelt fraværende. Ligeledes indeholder selskabet en blanding af stratigrafiske markører som hører hjemme i henholdsvis Hodde, Ørnholm og Gram Formation. Meget få prøver indeholder et fattigt dinoflagellat selskab sammen med terrestrisk materiale og de antages at være *in situ*. Især på grundlag af disse prøver henføres intervallet 206–250 m til Bastrup Formation.

Well Name : Tinglev

Operator : Region Sønderjylland

Well Code : TINGLEV-2

Interval : 50m - 255m

Scale : 1:1000

Chart date: 29 January 2010

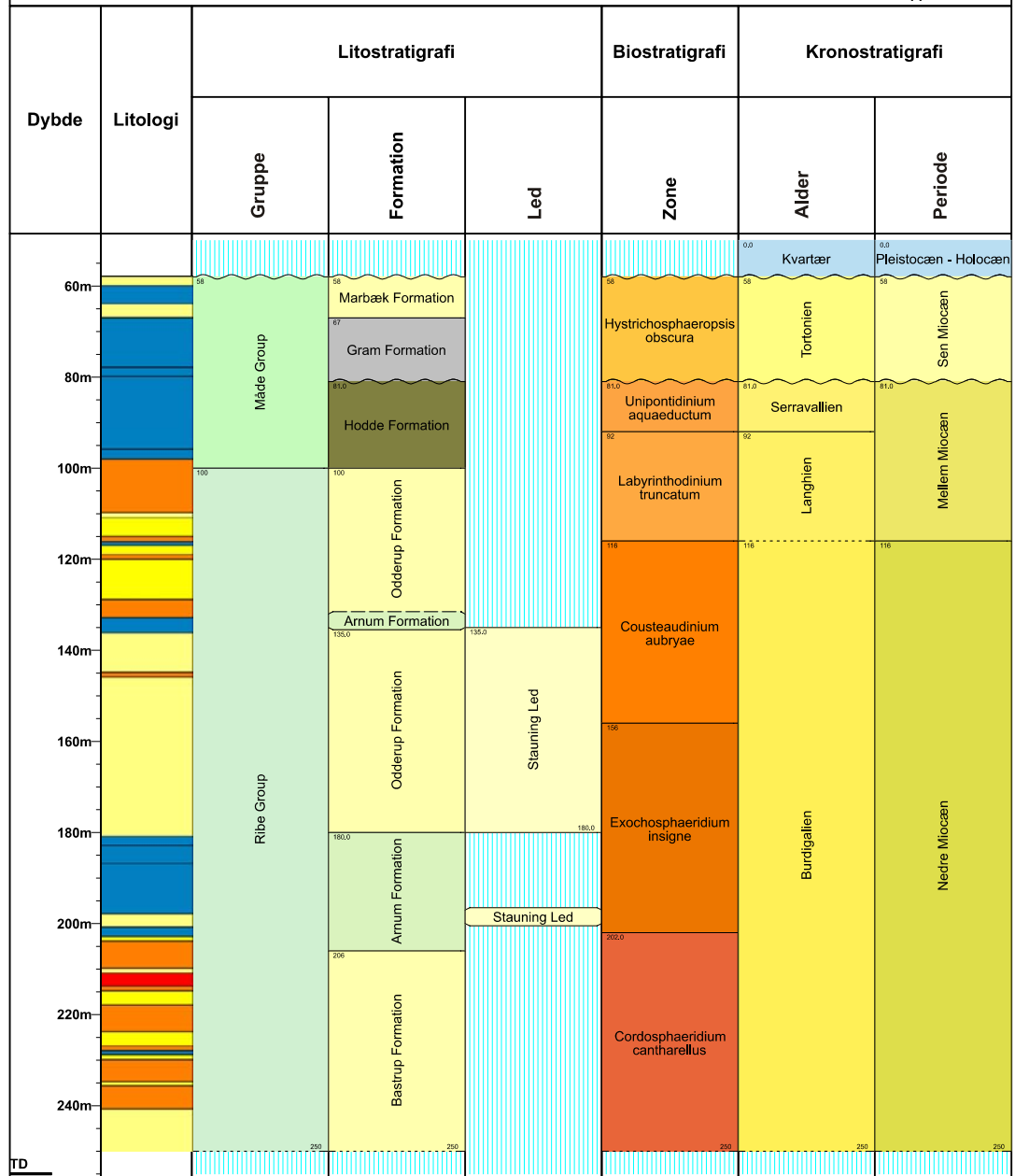
Tinglev DGUnr. 168.1467

Stratigrafi

S. Piasecki & Erik S. Rasmussen



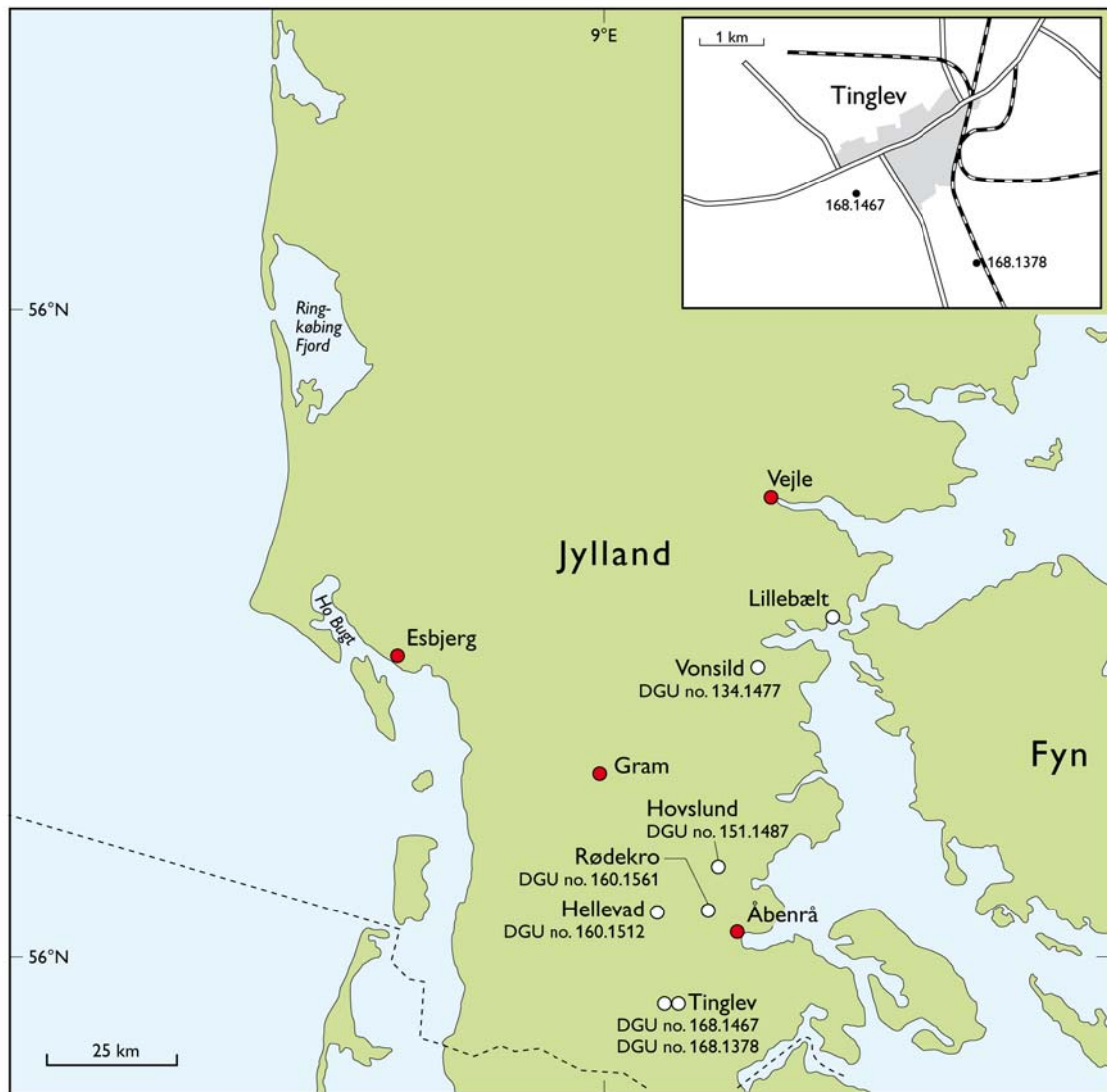
Geus Rapport 2010/04



Figur 1: Stratigrafisk opsummerings skema med litostratigrafi, kronostratigrafi og dinoflagellatzonering og for boringen DGU nr. 168.1467 ved Tinglev.

Indledning

Som et led i arbejdet med at kortlægge grundvandsmagasiner i Region Syddanmark, blev der i 2008 udført en boring (DGU nr.168.1467) i det vestlige Tinglev (Figur 2). Boringen skulle bidrage til at afklare hvilke dele af den miocæne lagserie der er til stede i det undersøgte område. En ældre boring i Tinglev DGU nr. 168.1378 er tidligere undersøgt på samme måde (Piasecki, 2001).



Figur 2: Lokalisering af boringen DGU nr. 168.1467, samt af øvrige borer og dagblotninger nævnt i teksten.

Undersøgelser gennem de sidste 10 år har vist at dinoflagellat stratigrafi er den bedste biostratigrafiske metode i de miocæne sedimenter og at denne metode, kombineret med sekvensstratigrafi, kan udrede de stratigrafiske forhold for lagserien (bl.a. Dybkjær *et al.*

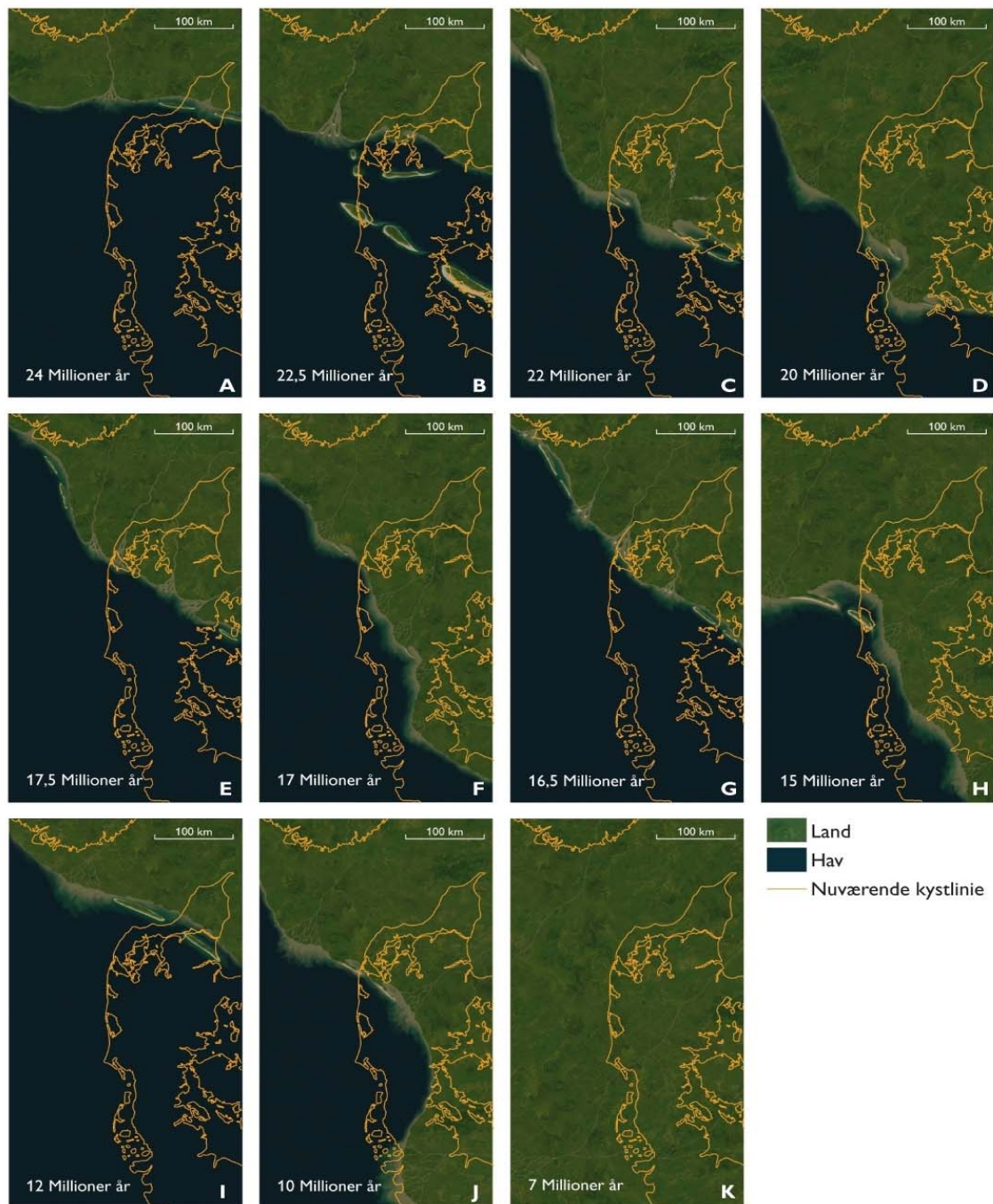
2003; Dybkjær 2004; Dybkjær *et al.* 2005; Rasmussen & Dybkjær 2005; Dybkjær *et al.* 2006; Dybkjær & Piasecki 2008).

Her præsenteres resultaterne fra en litologisk beskrivelse af de gennemborede lag samt en biostratigrafisk analyse baseret på fossile dinoflagellat cyster. Resultaterne præsenteres indenfor rammerne af en ny, Neogen dinoflagellat zonerings (Dybkjær & Piasecki 2008; in press) og en ny Miocæn litostratigrafi (Rasmussen *et al.* in press.). En samlet stratigrafisk konklusion præsenteres (Figur 1) og lagserien i boringen er desuden korreleret til nærliggende nøgleboringer og sat ind i den regionale geologiske model (Figur 7).

Geologisk ramme

Nordsøbassinet er blevet 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 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 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. 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 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 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 aflejringsmiljøet, bl.a. ved at en stor del af Nedre Oligocæn mangler (f.eks. Michelsen 1994; Heilmann-Clausen 1995). Nedre Oligocæne aflejringer 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. 3A). Den topografi, der dannedes i forbindelse med de tektoniske bevægelser, har haft afgørende betydning for aflejringsmiljøet. Ringkøbing-Fyn Højderyggen spillede en særlig rolle, idet den adskilte mere åben marine/kystprograderende aflejringsmiljøer syd for ryggen fra paraliske/afsnørede miljøer nord for ryggen (Fig. 3B) (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 Chattien (seneste Oligocæn) til Aquitanien (Tidlig Miocæn) (Fig. 3B) (Rasmussen 1996) og da udbygningen skete under stadig faldende havniveau aflejredes forholdsvis rent sand og grus. Efter havniveauet faldet i Aquitanien steg havniveauet generelt op igennem Miocæn med maksimum i Serravallien (øvre Mellem Miocæn) (Fig. 3D–I) (Printice & Matthews 1988). Nye tektoniske bevægelser karakteriserede bassinet i slutningen af Burdigalien (øv-

re Nedre Miocæn). Dette resulterede i nye udbygninger, bl.a. aflejringer beriget med tungmineraller (Fig. 3H).



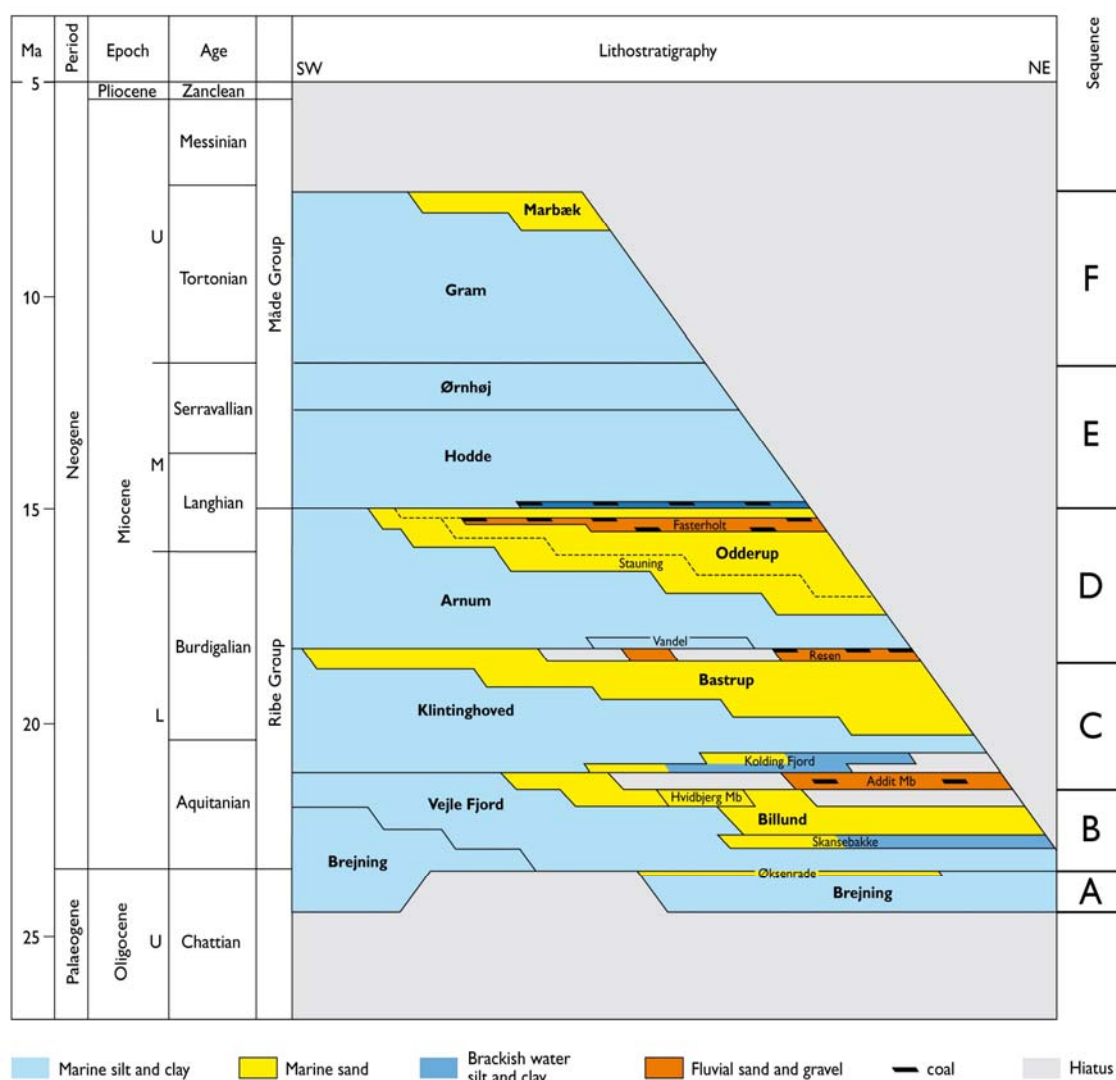
Figur 3: Palæogeografisk udvikling i den vestlige del af Danmark fra Chattien (Øvre Oligocæn) til Messinien (Øvre Miocæn).

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. 3H). Langhien (Mellem Miocæn) repræsenterer en vigtig fase i udviklingen af Nordsøbassinet. 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. 3I). 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 indsynkning, således at det meste af området forblev fuldt marint trods det faldende globale havniveau (Fig. 3J). 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. 3K).

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.* (in press). Denne opdeling er vist på figur 4.



Figur 4: Kronostratigrafi, litostratigrafi og sekvensstratigrafi for den øvre oligocæne – miocæne lagserie i Midt- og Sønderjylland. Navnene som er indikeret med "fed", er formations navne, mens navne med almindelig 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, marine sedimenter. 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, marine Arnum Formation som i den øverste del interfingerer dels med stormsandsaflejringer, der henføres til Stauning Led og dels med de fluviale og kystslette-sedimenter der henføres til Odderup Formation. Over Odderup og Arnum formationerne træffes marine, lerrige sedimenter henført til Hodde-, Ørnholm og Gram formationerne. Endelig overlejres Gram Formationen af den sandede Marbæk Formation.

Metoder

Nærværende rapport bygger på data fra boringen DGU nr. 168.1467 placeret ved Tinglev, Region Syddanmark. Lokaliseringen af boringen er vist på figur 2.

Litologi

Hver af boreprøverne er beskrevet sedimentologisk (side 12–16). Litologien af de gennemborede lag er vist grafisk (Figur 1, 4–5). Den farvesignatur, der er angivet i den litologiske søjle svarer til hver prøve. Litologien er opdelt i grus, grovkornet sand, mellemkornet sand, finkornet sand, samt silt/ler. På den litologiske søjle er der også indikeret, hvilken formation, der er gennemboret (Figur 4–5).

Palynologi

Til den palynologiske undersøgelse blev der udtaget 40 prøver i alt. 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 præparater blev så undersøgt i lysmikroskop. Først blev fordelingen af organiske partikler beskrevet, til brug for tolkningen af aflejringsmiljøet. 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 tilstedeværende dinoflagellater registreret ved en grundig gennemgang af 2 hele præparater pr. prøve.

I boringen 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.

Resultaterne af det palynologiske studie er præsenteret i et såkaldt "range-chart" (Bilag 1). Procentandelen af den enkelte dinoflagellat art i forhold til hele floraen og mængden af de enkelte ferskvandsalger i forhold til summen af registrerede marine dinoflagellater er vist for hver prøve. Disse variationer i dinoflagellatselskabet og i ferskvandsalgeselskabet afspejler dels stratigrafiske ændringer og dels ændringer i aflejringsmiljøet, f.eks. i salinitet, tilførsel af næringsstoffer og i havvandstemperaturer. En stor andel af ferskvandsalger indikerer f.eks. stor tilførsel af ferskvand til aflejringsområdet, som det bl.a. ses i Gram og Marbæk Formationerne, også i dette 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. Omlejrrede dinoflagellat arter ("reworked") er vist i et separat panel. Forekomster markeret med "?" betyder, at bestemmelsen til art eller slægt er usikker. Baseret på forekomsten af stratigrafisk vigtige dinoflagellat arter er det analyserede interval opdelt i dinoflagellat zoner (Dybkjær & Piasecki 2008; in press) (Figur 1 og 5; Bilag 1). Dinoflagellatselskab, aflejringsmiljø, biozonering og alder er beskrevet for hver litostratigrafiske enhed.

Sedimentologisk beskrivelse

DGU nr. 168.1467 ved Tinglev (Fig. 4)

I boringen DGU nr. 168.1467 ved Tinglev, er der gennemboret følgende litostratigrafiske enheder:

Grænsen mellem den kvartære lagpakke og miocæne lagserie er tolket til at ligge ved 57–58 m. Marbæk Formation (58–67 m), Gram Formation (67–81 m), Ørnshøj Formation mangler, Hodde Formation (81–100 m), egentlig Odderup Formation optræder (100–132 m), Arnum Formation (132–135 m & 180–206 m) men domineret af indslag af Stauning Led (Odderup Formation (35–180 m & 197–200 m) og Bastrup Formation (206–250 m).

Boringens TD er 250 m.

m: litologi

57–58: Sand: Mørkebrunt, leret silt og finkornet sand. Meget glimmer.

58–59: Sand: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og finkornet sand.

59–60: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.

60–61: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller og pellets. Lidt finkornet sand.

61–62: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Mange skaller.

62–63: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Mange skaller. Lidt finkornet sand.

63–64: Sand: Mørkebrunt, leret silt og sand. Sten og flint.

64–65: Sand: Mørkebrunt, leret silt og sand. Sten og flint.

65–66: Sand: Gråt, velsorteret, finkornet sand med tungminerale.

66–67: Silt: Mørkebrunt, leret silt med striber af finkornet sand.

67–68: Silt: Mørkebrunt, leret silt med striber af finkornet sand.

68–69: Silt: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og finkornet sand. Skaller.

69–70: Silt: Gråt, leret silt. Skaller.

70–71: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.

71–72: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt. Skaller.

72–73: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt. Skaller.

73–74: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt. Skaller.

74–75: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt. Skaller og glaukony.

75–76: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt. Skaller og lidt finkornet sand.

76–77: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt. Skaller.

77–78: Ler: Mørkebrunt, siltet leret. Skaller.

78–79: Ler: Mørkebrunt, siltet ler. Skaller.

79–80: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.

80–81: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.

81–82: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller og organisk materiale.

82–83: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller og organisk materiale.

83–84: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller og organisk materiale.

84–85: Silt: Mørkebrunt, leret silt med finsands striber. Organisk materiale.

85–86: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Organisk materiale.

86–87: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Organisk materiale.

87–88: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller og meget pyrit.

88–89: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller, glaukony og pyritificerede gravegange.

89–90: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller, glaukony og pyritificerede gravegange.

90–91: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller, glaukony og lidt finsandsstriber.

91–92: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller og lidt glaukony.

92–93: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.

93–94: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.

94–95: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Glaukony, skaller og pyritificerede gravegange.

95–96: Ler: Mørkebrunt, siltet ler. Skaller.

96–97: Ler: Mørkebrunt, siltet ler med groft sand og grus.

97–98: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og med lidt mørkebrunt, leret silt.

98–99: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og med lidt mørkebrunt, leret silt.

99–100: Sand: Gråt, grovkornet sand. Med lidt mørkebrunt, leret silt og meget glimmer.

100–101: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.

101–102: Sand: Gråt, grovkornet sand.

102–103: Sand: Gråt, grovkornet sand. Lidt mellemkornet sand.

103–104: Sand: Gråt, grovkornet sand. Lidt mellemkornet sand

104–105: Sand: Gråt, grovkornet sand. Tynde, mørkebrune, lerede siltlag.

105–106: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.

106–107: Sand: Gråt, grovkornet sand. Lidt mellemkornet sand.

107–108: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.

108–109: Sand: Gråt, grovkornet sand. Lidt finkornet sand og mørkebrunt, leret silt.

109–110: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Lidt grovkornet sand og lignit.

110–111: Sand: Gråt, mellemkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.

111–112: Sand: Gråt, mellemkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.

112–113: Sand: Gråt, mellemkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.

113–114: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand. Finkornet sandsten og mørkebrunt, leret silt.

114–115: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og lidt mørkebrunt, leret silt.

115–116: Mørkebrunt, leret silt og gråt grovkornet sand. Skaller.

116–117: Sand: Gråt, velsorteret, mellemkornet sand. Lignit.

117–118: Sand: Gråt, velsorteret, mellemkornet sand. Flint.

118–119: Sand: Gråt, grovkornet sand.

119–120: Silt: Mørkebrunt, leret silt og mellem- til grovkornet sand.

120–121: Sand: Gråt, velsorteret, mellemkornet sand. Finkornet sandsten.

121–122: Sand: Gråt, velsorteret, mellemkornet sand. Lidt grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt.

122–123: Sand: Gråt, velsorteret, mellemkornet sand. Lidt grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt.

123–124: Sand: Gråt, velsorteret, mellemkornet sand. Mørkebrunt, leret silt.

124–125: Sand: Gråt, velsorteret, mellemkornet sand. Mørkebrunt, leret silt.

125–126: Sand: Gråt, velsorteret, mellemkornet sand. Mørkebrunt, leret silt.

126–127: Sand: Gråt, velsorteret, mellemkornet sand. Mørkebrunt, leret silt.

127–128: Sand: Gråt, velsorteret, mellemkornet sand. Mørkebrunt, leret silt.

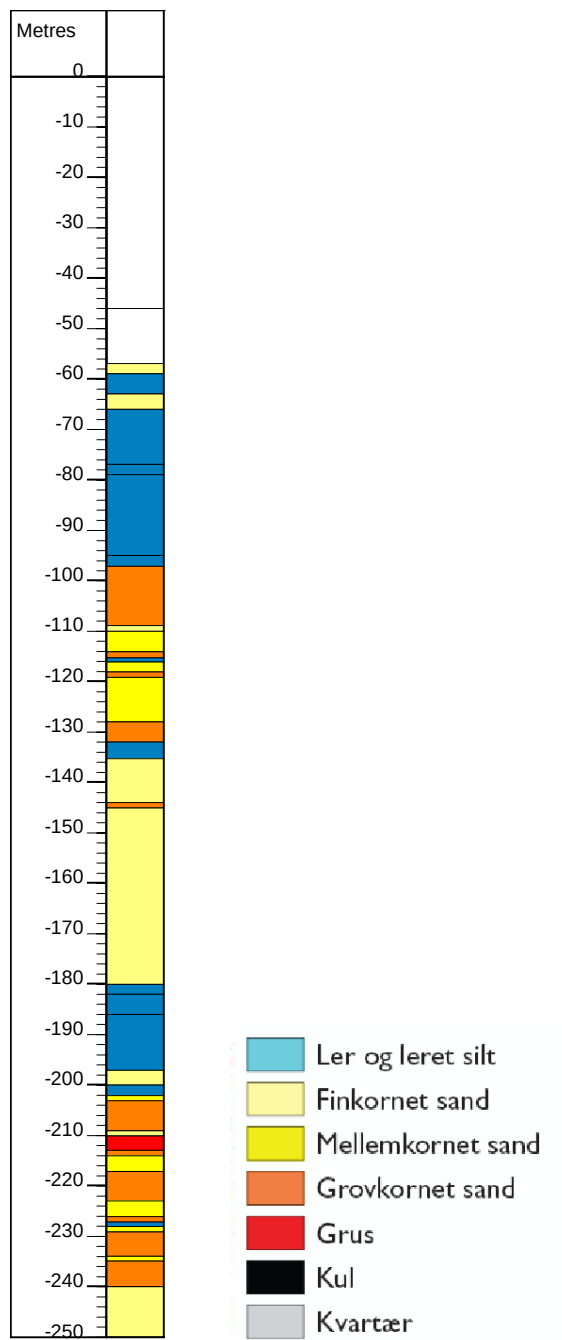
128–129: Sand: Gråt, fin- til grovkornet sand. Mørkebrunt, leret silt, skaller og gravegange.

129–130: Sand: Gråt, fin- til grovkornet sand. Mørkebrunt, leret silt, skaller og gravegange.

130–131: Sand: Gråbrunt, grovkornet sand. Mørkebrunt, leret silt og grus.
 131–132: Sand: Gråbrunt, grovkornet sand. Mørkebrunt, leret silt og grus.
 132–133: Silt: Mørkebrunt, leret silt og brunt, grovkornet sand. Tungminerale.
 133–134: Silt: Mørkebrunt, leret silt og brunt, grovkornet sand. Gruset og meget glimmer.
 134–135: Silt: Mørkebrunt, leret silt og brunt, grovkornet sand. Gruset og meget glimmer.
 135–136: Sand: Gråbrunt, grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt. Meget glimmer.
 136–137: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale.
 137–138: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale.
 138–139: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale. Finkornet sandsten.
 139–140: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale. Finkornet sandsten.
 140–141: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale og skaller.
 141–142: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale og skaller. Finkornet sandsten.
 142–143: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale og skaller.
 143–144: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale og skaller.
 144–145: Sand: Gråt, grovkornet sand og lidt ler. Skaller.
 145–146: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale og skaller.
 146–147: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale, gruset og skaller.
 147–148: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale og skaller.
 148–149: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale og skaller.
 149–150: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale og skaller.
 150–151: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale.
 151–152: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale.
 152–153: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale. Lidt ler og sandsten.
 153–154: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale. Sandsten.
 154–155: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale og skaller.
 155–156: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale og skaller.
 156–157: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale og skaller.
 157–158: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale og skaller.
 158–159: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale, sandsten og skaller.
 159–160: Sand: Grønliggråt, finkornet sand. Tungminerale og skaller.
 160–161: Sand: Brunliggråt, fin- til mellemkornet sand. Skaller og sandsten.
 161–162: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller og sandsten. Klast på ca. 1.5 cm.
 162–163: Sand: Gråt, Fin- til mellemkornet sand. Skaller og sandsten.
 163–164: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller og sandsten.
 164–165: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller og sandsten.
 165–166: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller og sandsten, samt lidt mørkebrunt, leret silt.
 166–167: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller og sandsten.
 167–168: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller.
 168–169: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller.
 169–170: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller.
 170–171: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller og sandsten.
 171–172: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller og sandsten.
 172–173: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller og sandsten.
 173–174: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller og sandsten.
 174–175: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller og sandsten.
 175–176: Sand: Gråt, finkornet sand.
 176–177: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller og mørkebrunt, leret silt.

177–178: Sand: Gråt, finkornet sand.
 178–179: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller.
 179–180: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller og lidt mørkebrunt, leret silt.
 180–181: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller og lidt lamineret.
 181–182: Silt: Veksellejrende, gråbrunt og mørkebrunt, leret silt. Skaller.
 182–183: Ler: Mørkebrunt ler og grovkornet sand og grus.
 183–184: Ler: Mørkebrunt ler og grovkornet sand og skaller.
 184–185: Ler: Mørkebrunt ler og grovkornet sand og skaller.
 185–186: Ler: Mørkebrunt ler og grovkornet sand og skaller.
 186–187: Silt: Gråt og mørkebrunt, leret silt. Skaller og lidt sand.
 187–188: Silt: Gråt og mørkebrunt, leret silt. Mange skaller.
 188–189: Silt: Gråt og mørkebrunt, leret silt. Mange skaller.
 189–190: Silt: Gråt og mørkebrunt, leret silt. Mange skaller.
 190–191: Silt: Gråt og mørkebrunt, leret silt. Mange skaller.
 191–192: Silt: Gråt og mørkebrunt, leret silt. Mange skaller.
 192–193: Silt: Gråt og mørkebrunt, leret silt. Mange skaller.
 193–194: Silt: Gråt og mørkebrunt, leret silt. Mange skaller.
 194–195: Silt: Gråt og mørkebrunt, leret silt. Mange skaller.
 195–196: Silt: Gråt og mørkebrunt, leret silt. Mange skaller.
 196–197: Silt: Gråt og mørkebrunt, leret silt. Mange skaller.
 197–198: Sand: Grønliggråt, siltet, finkornet sand. Skaller og tungminerale.
 198–199: Sand: Grønliggråt, siltet, finkornet sand. Skaller og tungminerale.
 199–200: Sand: Grønliggråt, siltet, finkornet sand. Skaller og tungminerale.
 200–201: Silt: Mørkebrunt, leret silt og lidt finkornet sand. Skaller og tungminerale.
 201–202: Silt: Mørkebrunt, leret silt og lidt finkornet sand. Skaller og en gravegang.
 202–203: Sand: Grønliggråt, fin- til mellemkornet sand. Skaller og tungminerale.
 203–204: Sand: Gråt, grovkornet sand. Skaller og lidt mørkebrunt, leret silt.
 204–205: Sand: Gråt, grovkornet sand. Skaller.
 205–206: Silt: Mørkebrunt, leret silt og lidt finkornet sand. Skaller.
 206–207: Sand: Gråt, grovkornet sand. Skaller og lidt mørkebrunt, leret silt.
 207–208: Sand: Gråt, grovkornet sand og lidt mellemkornet sand. Skaller og lidt mørkebrunt, leret silt.
 208–209: Sand: Gråt, grovkornet sand samt lidt mellemkornet sand. Skaller og sandsten.
 209–210: Sand: Gråt, fin- til grovkornet sand. Skaller.
 210–211: Grus: Gråt grus.
 211–212: Grus: Gråt grus.
 212–213: Grus: Gråt grus.
 213–214: Sand: Gråt, grovkornet sand og grus. Skaller.
 214–215: Sand: Gråt, mellemkornet sand og grus. Skaller og lidt mørkebrunt, leret silt.
 215–216: Sand: Mellem- til grovkornet sand.
 216–217: Sand: Mellem- til grovkornet sand.
 217–218: Sand: Grovkornet sand. Lidt fin- til mellemkornet sand.
 218–219: Sand: Grovkornet sand. Lidt fin- til mellemkornet sand.
 219–220: Sand: Grovkornet sand. Lidt fin- til mellemkornet sand.
 220–221: Sand: Grovkornet sand. Lidt fin- til mellemkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.
 221–222: Sand: Grovkornet sand. Lidt fin- til mellemkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.
 222–223: Sand: Grovkornet sand. Gruset.

223–224: Sand: Gråbrunt, mellem- til grovkornet sand.
224–225: Sand: Gråbrunt, mellemkornet sand. Gruset og med skaller.
225–226: Sand: Gråbrunt, mellemkornet sand. Gruset og med skaller.
226–227: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og lidt mørkebrunt, leret silt.
227–228: Silt: Mørkebrunt, leret silt med grovkornet sand og grus.
228–229: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand og mørkebrune, lerede siltlag.
229–230: Sand: Gråt, grovkornet sand og grus. Lidt mørkebrunt, leret silt.
230–231: Sand: Gråt, grovkornet sand og grus. Klast større end 1.5 cm.
231–232: Sand: Gråt, grovkornet sand og grus.
232–233: Sand: Gråt, grovkornet sand og grus. Klast på 1 cm.
233–234: Sand: Gråt, grovkornet sand og grus. Klast på 1 cm.
234–235: Sand: Gråt, mellemkornet sand og grus.
235–236: Sand: Gråt, grovkornet sand og grus. Lidt mørkebrunt, leret silt.
236–237: Sand: Gråt, grovkornet sand og grus. Skaller og sandsten.
237–238: Sand: Gråt, grovkornet sand og grus. Skaller.
238–239: Sand: Gråt, grovkornet sand og grus. Skaller.
239–240: Sand: Gråt, grovkornet sand og grus.
240–241: Sand: Gråt, finkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.
241–242: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller og sandsten.
242–243: Sand: Gråt, finkornet sand.
243–244: Sand: Gråt, finkornet sand. Sandsten.
244–245: Sand: Gråt, finkornet sand. Sandsten.
245–246: Sand: Gråt, finkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.
246–247: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller.
247–248: Sand: Gråt, finkornet sand. Skaller og lamineret mørkebrunt og gråt, leret silt.
248–249: Sand: Gråt, finkornet sand. Brune lerlag.
249–250: Sand: Gråt, finkornet sand. Mørkebrunt, leret silt. Skaller.



Figur 4: Grafisk fremstilling af litologien i boringen DGU nr. 168.1467.

Palynologi/biostratigrafi

I de følgende afsnit er variationerne i dinoflagellatselskabet præsenteret for hver litostratigrafisk enhed, der er repræsenteret i boringen. Hele datagrundlaget er præsenteret i et stratigrafisk "range-chart" (Bilag 1).

Bastrup Formation

Tilstedeværelse

Bastrup Formationen er repræsenteret i intervallet fra 250–206 m (Figur 5).

Dinoflagellatselskab

Der blev fundet et meget rigt og meget marint selskab domineret af *Spiniferites* spp., *Operculodinium* spp. og *Hystrichokolpoma rigaudiae* i de fleste prøver, sammen med stratigrafisk vigtige arter fra den overlejrende Måde Gruppe som f. eks. *Achomosphaera andalousiense*, *Barssidinium evangelinae*, *Cannosphaeropsis passio* og *Labyrinthodinium truncatum*. Pollen, sporer, ferskvands alger og andet terrestrisk materiale er næsten totalt fraværende i disse prøver. Tilsammen er dette et klart signal om at størstedelen eller hele den registrerede dinoflagellat flora ikke er *in situ* men er nedfald fra højere lag.

Nogle få prøver med et fattig dinoflagellat selskab associeret med terrestriske palynomorfer repræsenterer sandsynligvis *in situ* floraen. I denne flora er der også et tydeligt indhold af omlejrede dinoflagellater. Også her er de dominerende arter *Spiniferites* spp., *Operculodinium* spp. og *Hystrichokolpoma rigaudiae*.

Aflejringsmiljø

Aflejringsmiljøet i Bastrup Formationen er svært at vurdere på grund af det overvældende nedfald i boringen. Det er en marin aflejring men indholdet af ferskvandsalgerne *Mougeotia laetevirens*, *Botryococcus* spp. og *Ovoidites* spp. samt lokalt maximum af svampesporer, klumper af svampesporer og svampe frugtlegerer antyder marginalt marine forhold præget af ferskvands tilstrømning.

Dinoflagellatzonering

Cordosphaeridium cantharellus forekommer i hele Bastrup Formationen med sidste forekomst nederst i den overlejrende Arnum Formation. Ingen zone fossiler fra ældre zoner er registreret og Bastrup Formationen henføres derfor til *Cordosphaeridium cantharellus* Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; in press) (Figur 5, Bilag 1).

En enkelt observation af *Thalassiphora pelagica* i 228 m kaster dog tvivl på dateringen af den nederste del af formationen på grund af usikkerhed om den er omlejret eller *in situ*.

Alder

Tidlig Miocæn, tidlig Burdigalien.

Arnum Formation

Tilstedeværelse

Arnum Formation er repræsenteret fra 206–132 m i boringen men hovedsagelig som mindre enheder mellem tykke indslag af Stauning Led, Odderup Formation. De største enheder er fra henholdsvis 206–180 m og fra 135–132 m (Figur 5, Bilag 1). Den nederste er beskrevet her, mens den øverste er beskrevet efter Stauning Led afsnittet.

Dinoflagellatselskab

Det meget rige og høj marine, dinoflagellat selskab som optræder i prøverne fra Arnum Formation er ligeledes overvejende resultatet af nedfald fra højere lag i boringen. Det er vanskeligt at skelne det reelle indhold fra det nedfaldne materiale.

Dinoflagellat selskabet er domineret af *Operculodinium centrocarpum*, *Spiniferites* spp og *Hystriocholpoma rigaudiae* sammen med stratigrafisk vigtige arter fra den overlejrende Måde Gruppe som f. eks. *Achomosphaera andalousiense*, *Barssidinium evangelinae*, *Canosphaeropsis passio* og *Labyrinthodinium truncatum*. Pollen, sporer, ferskvands alger og andet terrestrisk materiale er næsten totalt fraværende i disse prøver. Med henblik på sammensætningen af dinoflagellat floraen er ikke muligt at diskriminere en forventelig *in situ* marin flora fra den nedfaldne flora. Der er et relativt lavt indhold af omlejlrede dinoflagellater.

Aflejringsmiljø

På grund af caving er det vanskeligt at vurdere den reelle relative hyppighed og diversitet af dinoflagellat selskabet og dermed at tolke aflejringsmiljøet. Fra andre borerer kendes Arnum Formationen som et interval præget af en relativt høj hyppighed og diversitet af marine dinoflagellater, hvilket indikerer et åbent marint aflejringsmiljø.

Dinoflagellatzonering

Sidsteforekomst af *Cordosphaeridium cantharellus* i 206 m i nederste Arnum Formation henfører den nederste meter af enheden til *Cordosphaeridium cantharellus* Zonen. Resten af denne enhed kan henføres til *Exochosphaeridium insigne* Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; in press) (Figur 5) på grundlag af førsteforekomsten af *Cousteaudinium aubryae* i 156 m i det overlejrende Stauning Led. *Exochosphaeridium insigne* er ikke registreret i dette interval.

Alder

Tidlig Miocæn, Burdigalien.

Stauning Led, Odderup Formation

Tilstedeværelse

Intervallet fra 180–135 m er henført til Stauning Led, Odderup Formation (Figur 5, Bilag 1)

Dinoflagellatselskab

Der blev fundet et meget rigt og meget marint selskab domineret af *Spiniferites* spp., *Operculodinium* spp. og *Hystriocholpoma rigaudiae* i de fleste prøver, sammen med stratigrafisk vigtige arter fra den overlejrende Måde Gruppe som f. eks. *Achomosphaera andalou-siense*, *Barssidinium evangelinae*, *Cannosphaeropsis passio* og *Labyrinthodinium trunca-tum*. Pollen, sporer, ferskvands alger og andet terrestrisk materiale er næsten totalt fravæ-rende i disse prøver. Tilsammen er dette et klart signal om at størstedelen eller hele den registrerede dinoflagellat flora ikke er *in situ* men nedfald fra højere lag.

Aflejringsmiljø

På grund af omfattende caving er det vanskeligt at vurdere den reelle relative hyppighed og diversitet af dinoflagellat selskabet og dermed at tolke aflejringsmiljøet. Fra andre borerer kendes Stauning Led som et interval præget af et lavdiverst dinoflagellatselskab ofte med mange ferskvand alger. Stauning Led indeholder mange *Ovoidites* spp. i én prøve.

Dinoflagellatzonering

Førsteforekomsten af *Cousteaudinium aubryae* i 156 m midt i Stauning Led medfører at den nederste del af leddet henføres til *Exochosphaeridium insigne* Zonen og øverste del til *Cousteaudinium aubryae* Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; in press) (Figur 5). *Exo-chosphaeridium insigne* er ikke registreret i dette interval.

Alder

Tidlig Miocæn, sen Burdigalien.

Arnum Formation

Tilstedeværelse

Arnum Formation strækker sig fra 206 til 132 m i boringen men hovedsagelig som mindre enheder mellem tykke indslag af Stauning Led. De største enheder er fra henholdsvis 206–180 m og fra 135–132 m (Figur 5 og 6). Den øverste del (135–132 m) er kun repræsenteret ved én prøve (134 m) som er beskrevet her (Figur 5, Bilag 1).

Dinoflagellatselskab

Det relativt fattige dinoflagellat selskab er domineret af *Cleistosphaeridium placacantha*, *Operculodinium* spp., *Spiniferites* spp. sammen med *Apteodinium tectata* og *Spiniferites pseudofurcatus* og selskabet ser undtagelsesvist ud til kun at omfatte *in situ* arter inklusiv

den stratigrafisk vigtige *Cousteaudinium aubryae*. Selskabet er ikke væsentligt påvirket af nedfald fra højere lag i boringen.

Aflejringsmiljø

Dinoflagellat selskabet er marint, relativt fattigt men ikke præget af terrestrisk materiale, bortset fra afrundede opake, sorte klaster. Aflejringsmiljøet tolkes som åbent marint. Fra andre borer kendes Arnum Formationen som et interval præget af en relativt høj hyppighed og diversitet af marine dinoflagellater, hvilket tolkes som et åbent marint aflejringsmiljø.

Dinoflagellatzonering

Den allernederste del af Arnum Formation i 206 m blev henført til *Cordosphaeridium cantharellus* Zonen efterfulgt af *Exochosphaeridium insigne* Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; in press) (Fig. 5). Denne øverste del (134 m) henføres til *Cousteaudinium aubryae* Zonen på grundlag af førsteforekomsten af *Cousteaudinium aubryae* under dette interval i 156 m og førsteforekomsten af *Labyrinthodinium truncatum* over dette interval i 116 m.

Alder

Tidlig Miocæn, sen Burdigalien.

Odderup Formation

Tilstedeværelse

Intervallet fra 133–100 m er henført til Odderup Formation. Enheden er repræsenteret ved 4 prøver (Figur 5, Bilag 1).

Dinoflagellatselskab

Der blev fundet et rigt, marint selskab domineret af *Spiniferites* spp., *Operculodinium* spp., *Operculodinium centrocarpum* og *Hystriochokolpoma rigaudiae* i de flere prøver, lige som maxima af f.eks. *Apteodinium tectatum*, *Cleistosphaeridium placacantha* og *Operculodinium centrocarpum* optræder i denne formation og dermed viser at i hvert fald dele af floraen er *in situ*. Der blev fundet en del nedfald af stratigrafisk vigtige arter fra den overlejrende Måde Gruppe som f. eks. *Achomosphaera andalousiense*, *Barssidinium evangelinae*, *Canosphaeropsis passio* og *Labyrinthodinium truncatum*. Pollen, sporer, ferskvands alger og andet terrestrisk materiale er næsten totalt fraværende i disse prøver.

Aflejringsmiljø

På grund af caving er det vanskeligt at vurdere den reelle relative hyppighed og diversitet af dinoflagellat selskabet og dermed at tolke aflejringsmiljøet præcist, men generelt er det et kystnært marint aflejrings miljø. Der er kun få ferskvandsalger af arterne *Mougeotia latevirens*, samt *Botryococcus* spp. I andre borer kendes Odderup Formationen som et interval der i bedste fald er præget af et sparsomt, lavdiverst dinoflagellatselskab, som indikerer et kystnært til terrestrisk aflejringsmiljø.

Dinoflagellatzonering

På grundlag af førsteforekomsten af *Cousteaudinium aubryae* i 156 m (under Odderup Formationen) og førsteforekomsten af *Labyrinthidium truncatum* i 116 m henføres den nederste del af Odderup Formationen til *Cousteaudinium aubryae* Zonen og den øverste del til *Labyrinthidium truncatum* Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; in press)(Figur 5, Bilag 1).

Alder

Tidlig – Mellem Miocæn, sen Burdigalien – tidlig Langhien.

Hodde Formation

Tilstedeværelse

Hodde Formationen er repræsenteret i intervallet fra 100–81 m. Dette er en usædvanlig tyk Hodde Formation Figur 5, Bilag 1).

Dinoflagellatselskab

Der er et høj diversit og rigt selskab i denne formation. *Spiniferites* spp. dominerer sammen med *Hystriachkolpoma rigaudiae*, *Operculodinium centrocarpum* og *Operculodinium* spp. *Palaeocystodinium minor/miocaenicum* er lokalt dominerende og *Cerebrocysta poulsenii*, *Dapsilidium pseudocolligerum/pastelsii*, *Lingulodinium machaerophorum* og *Melitasphaeridium choanophorum* forekommer jævnligt. Der er fundet især omlejlrede palæogene dinoflagellater i dette interval.

Aflejringsmiljø

Der er en meget høj hyppighed og diversitet af dinoflagellater, mens der kun er få ferskvandsalger hovedsagelig i den nederste prøve. Aflejringsmiljøet tolkes som åbent marint.

Dinoflagellatzonering

Labyrinthidium truncatum er til stede nederst i formationen og førsteforekomst af *Unipontidinium aquaeductum* er registreret i 92 m, mens sidsteforekomst af samme art forekommet ved 82 m. Den nederste del af formationen henføres til *Labyrinthidium truncatum* Zonen mens den øverste del henføres til *Unipontidinium aquaeductum* Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; in press)(Figur 5, Bilag 1).

Den stratigrafiske opløselighed kan ikke udelukke at en mindre, øverste del af Hodde Formation mangler i lagserien (se senere diskussion vedrørende Ørnholm og Gram Formationer).

Alder

Mellem Miocæn, sen Langhien – Serravallien.

Ørnhøj Formation

Tilstedeværelse

Ørnhøj Formationen er ikke tydeligt repræsenteret litologisk eller i dinoflagellat stratigrafien og det formodes derfor at den mangler i lagserien eller optræder meget kondenseret omkring ca. 81 m uden at være identificeret sedimentologisk eller biostratigrafisk (Figur 5, Bilag 1).

Dinoflagellatselskab

Dinoflagellat floraen som kendes fra Ørnhøj Formation, specielt zone fossilerne, er kun fundet dybere i boringen som nedfald formodentlig fra dette niveau. Den stratigrafisk vigtige *Cannosphaeropsis passio* optræder normalt kun i Ørnhøj Formation men findes regelmæssigt i prøver i den dybe del af boringen og antyder dermed at formationen, eller dele af denne, må være til stede på én eller anden måde.

Aflejringsmiljø

Der er registreret meget høj hyppighed og diversitet af dinoflagellater i Ørnhøj Formation i andre borer, mens alt terrestrisk materiale så som ferskvandsalger, blad kutikula og ved rester er næsten helt fraværende. Aflejringsmiljøet tolkes som åbent marint.

Dinoflagellatzonering

Sidsteforekomst af *Palaeocystodinium* spp. og *Unipontidinium aquaeductum* i 82 m samtidigt med fraværet af *Barssidinium evangelinae*, *Cannosphaeropsis passio*, *Cerebrocysta poulsenii*, *Cleistosphaeridium placacantha* og *Palaeocystodinium* spp. over 82 m, indikerer at *Achomosphaera andalousiense*, *Gramocysta verriculum* og *Amiculosphaera umbracula*. Zonerne ikke er til stede i lagserien ved overgangen fra Hodde til Gram Formation (Dyb-kjær & Piasecki 2008; in press).

Den manglende lagserie kan skyldes at successionen er forkastet og at boringen krydser forkastningsplanet på dette niveau. De nedfaldne dinoflagellater fra den manglende lagserie kan komme fra blandet ler i dette forkastningsplan.

Alder

Mellem Miocæn, Serravallien.

Gram Formation

Tilstedeværelse

Gram Formation er repræsenteret i intervallet fra 81–66 m (Figur 5, Bilag 1).

Dinoflagellatselskab

I Gram Formation er dinoflagellatselskabet domineret af *Operculodinium* spp. og *Spiniferites* spp., mens *Achomosphaera andalousiensis*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Labyrinthodinium truncatum*, *Lingulodinium machaerophorum* og *Melitasphaeridium choanophorum* er lokalt almindelige. Sporer, pollen, ferskvands alger og andet terrestrisk organisk materiale dominerer prøverne, tiltagende opad.

Omløjrede dinoflagellater repræsenterer især Kridt–Palæogen.

Aflejringsmiljø

Gram Formationen har normalt er en rig og meget divers dinoflagellat flora som i den øvre del af formationen "drukner" i mængden af terrestrisk materiale fra fronten af den prograde-rende kyst (Piasecki, 2005).

I denne boring viser Gram Formationen tiltagende dominans af terrestrisk materiale opad i lagserien, startende med pollen og sporer samt afrundede opake kul stykker og afsluttende dominerende af terrestrisk materiale. Ferskvandsalger er udbredt til stede i formationen; Alge sp. 10 SP, Alge sp. 8 SP, *Botryococcus* spp., *Mougeotia laetiverens* og *Ovoidites* spp. dominerer floraen, mens *Pseudokomewuia* aff. *granulata* og *Sculptizygodites* spp. er lokalt almindelige. Dette indikerer et marint men kystnært miljø. Hyppighed af ferskvands alger kunne være nedfald fra den ikke undersøgte kvartære lagserie, som overlejrer Gram og Marbæk formationerne. Men flere af algerne er ikke rapporteret fra Kvartær aflejringer og må formodes at repræsentere Øvre Miocæn floraen. Desuden er rigdommen af alger begrænset til Gram og Marbæk Formationer mens de kun optræder sporadisk længere nede i boringen.

Dinoflagellatzonering

Førsteforekomst af *Achomosphaera andalousiense* og *Gramocysta verricula* ved 80 m sammen med fravær af *Barssidinium evangelinae*, *Cannosphaeropsis passio*, *Cerebrocysta poulsenii*, *Cleistosphaeridium placacantha* og *Palaeocystodinium* spp. indikerer at *Achomosphaera andalousiense*, *Gramocysta verriculum* og *Amiculosphaera umbracula* Zonerne ikke er til stede eller er meget kondenserede i overgangen fra Hodde til Gram Formation. Tilstedeværelse af *Hystrichosphaeropsis obscura* og *Labyrinthodinium truncatum* i den øverste prøve betyder at Gram Formationen kan henføres til *Hystrichosphaeropsis obscura* Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; in press) (Figur 5, Bilag 1).

De manglende zoner og den manglende nedre del af Gram Formation kan forklares ved at boringen går gennem en forkastning således at (øverste Hodde?), Ørnhøj og nedre Gram Formation er nedforkastet og dermed mangler i boringen. Blandet ler i forkastningsplanet kan forklare nedfaldet af dinoflagellater i boringen fra enheder som ikke er gennemboret.

Alder

Sen Miocæn, Tortonien.

Marbæk Formation

Tilstedeværelse

Marbæk Formation er repræsenteret i intervallet fra 66–57 m (Figur 5, Bilag 1).

Dinoflagellatselskab

Dinoflagellatselskabet er marint men relativt fattigt og helt domineret af terrestrisk materiale. *Operculodinium* spp. og *Spiniferites* spp. dominerer mens *Achomosphaera andalousiensis*, *Invertocysta lacrymosa*, *Labyrinthodinium truncatum*, *Lingulodinium machaerophorum* og *Melitasphaeridium choanophorum* forekommer almindeligt. Forekomsterne af *Hystrichosphaeropsis obscura* og *Labyrinthodinium truncatum* i den øverste prøve af stratigrafisk betydning. Omlejrrede dinoflagellater repræsenterer især Kridt–Palæogen.

Aflejringsmiljø

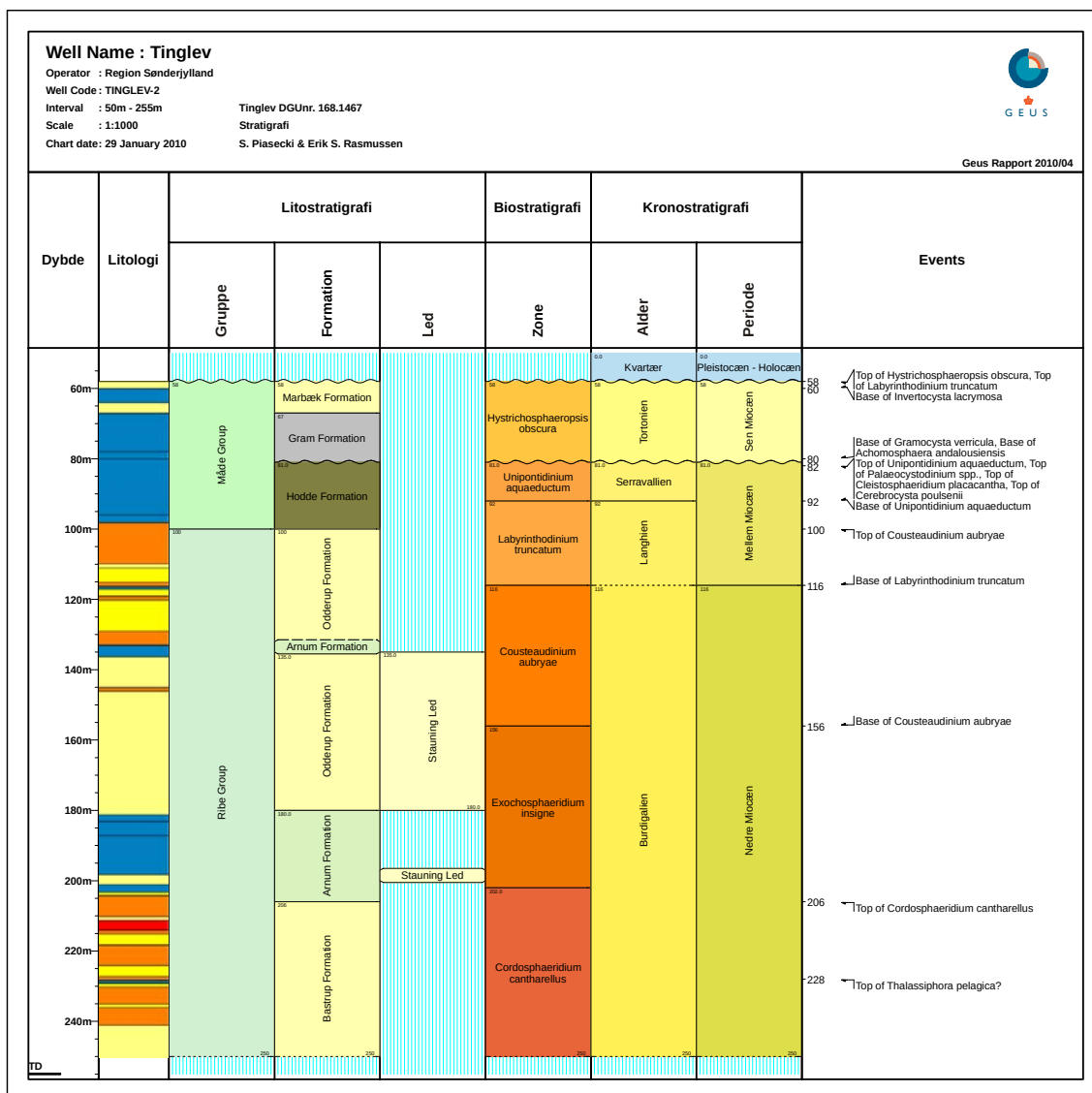
Tiltagende indhold af terrestrisk materiale opad i Gram Formationen kulminerer i Marbæk Formationen med fuldstændig dominans af terrestrisk materiale. Dinoflagellatselskabet er fattigere end i Gram Formationen. Ferskvandsalger er godt repræsenteret i formationen men i mindre omfang end i den underliggende Gram formation; Alge sp. 10 SP, Alge sp. 8 SP, *Botryococcus* spp., *Mougeotia laetiverens*, *Pediastrum* spp. og *Ovoidites* spp. dominerer floraen. Dette indikerer et marint, meget kystnært miljø. Hyppighed af ferskvands alger kunne være nedfald fra den ikke undersøgte kvartære lagserie, som overlejrer Marbæk Formationen. Men flere af algerne er ikke rapporteret fra Kvartær aflejringer og må formodes at repræsentere Øvre Miocæn floraen. Desuden er rigdommen af alger begrænset til Gram og Marbæk Formationerne mens de kun optræder sporadisk længere nede i boringen.

Dinoflagellatzonering

Dinoflagellat stratigrafien i den underliggende Gram Formation antyder at formationen kan henføres til *Hystrichosphaeropsis obscura* Zone. Tilstedeværelsen af *Hystrichosphaeropsis obscura* og *Labyrinthodinium truncatum* i Marbæk Formationen antyder at denne formation også kan henføres til *Hystrichosphaeropsis obscura* Zone (Dybkjær & Piasecki 2008; in press) (Fig. 5, Bilag 1).

Alder

Sen Miocæn, Tortonien.



Figur 5: Stratigrafisk opsummering med litostratigrafi, kronostratigrafi, dinoflagellat "events" og dinoflagellatzonering for boringen DGU nr. 1681467.

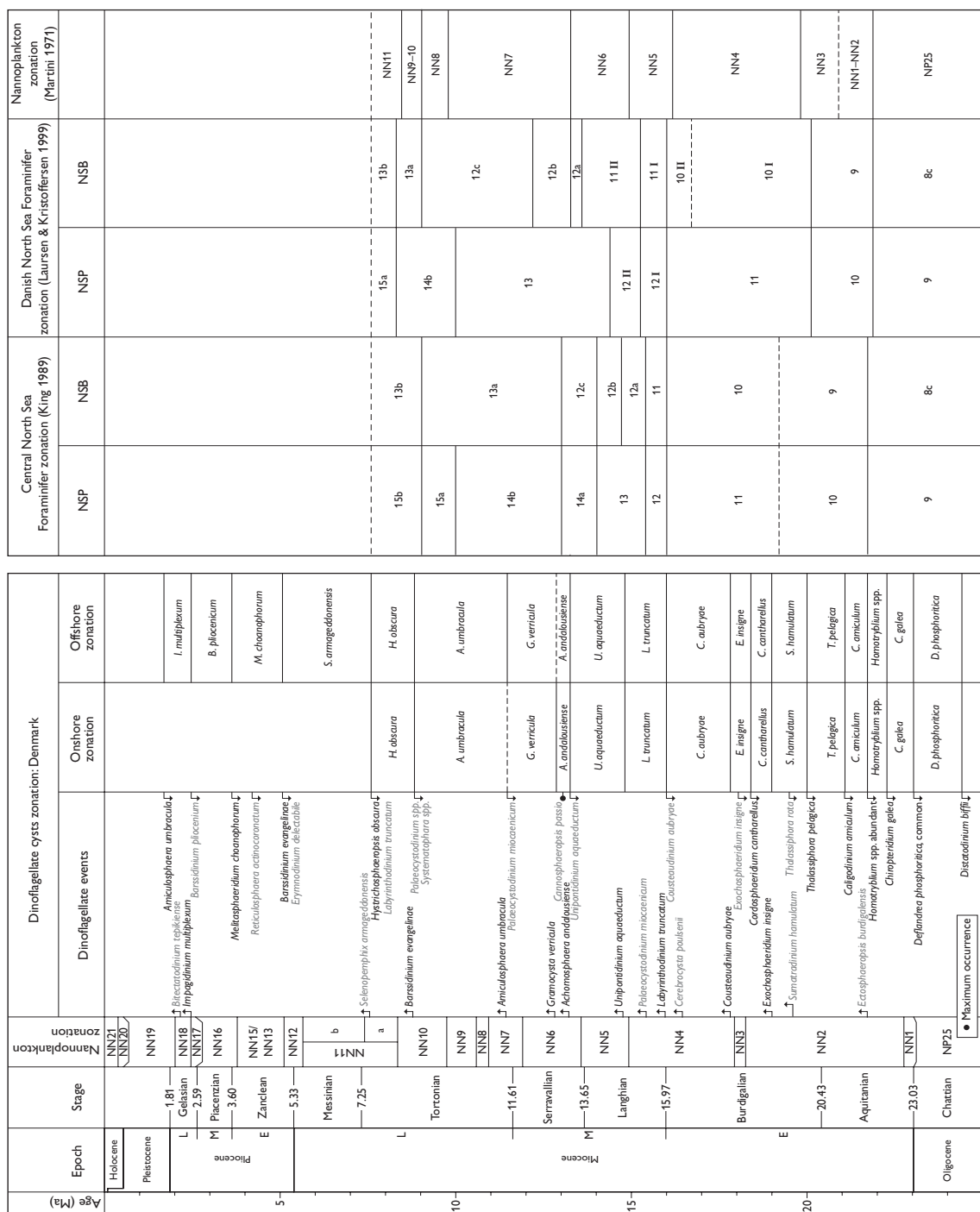


Figure 6: Dinoflagellatzonering opstillet af Dybkjær & Piasecki (2008; in press), korreleret med nannoplanktonzonering (Martini 1971) og foraminiferzonering (King 1989; Laursen & Kristoffersen 1999).

Regional geologisk korrelation

Den analyserede boring ved Tinglev DGU nr. 168.1467 er korreleret regionalt med boringerne DGU nr. 168.1378 ved Tinglev, DGU nr. 160.1512 ved Hellevad, DGU nr. 160.1561 ved Rødekro, DGU nr. 151.1487 ved Hovslund, DGU nr. 134.1477 ved Vonsild og dagblotninger ved Lillebælt i et nord-syd gående log panel (Fig. 7). Fra Hovslund til Hellevad er log panelet styret af top Bastrup Formation mens top Odderup Formation styrer panelet fra Hellevad til Tinglev boringerne.

Panelet viser at lagserien fra nord er rimelig ensartet i tykkelse og udbredelse indtil kanten af Tønder Graven ved Tinglev hvor tykkelsen af Klintinghoved – Bastrup Formationen tiltager mens tykkelsen af både Odderup Formationen – Stauning Leddet og Måde Gruppen tiltager voldsomt ud i Tønder Graven.

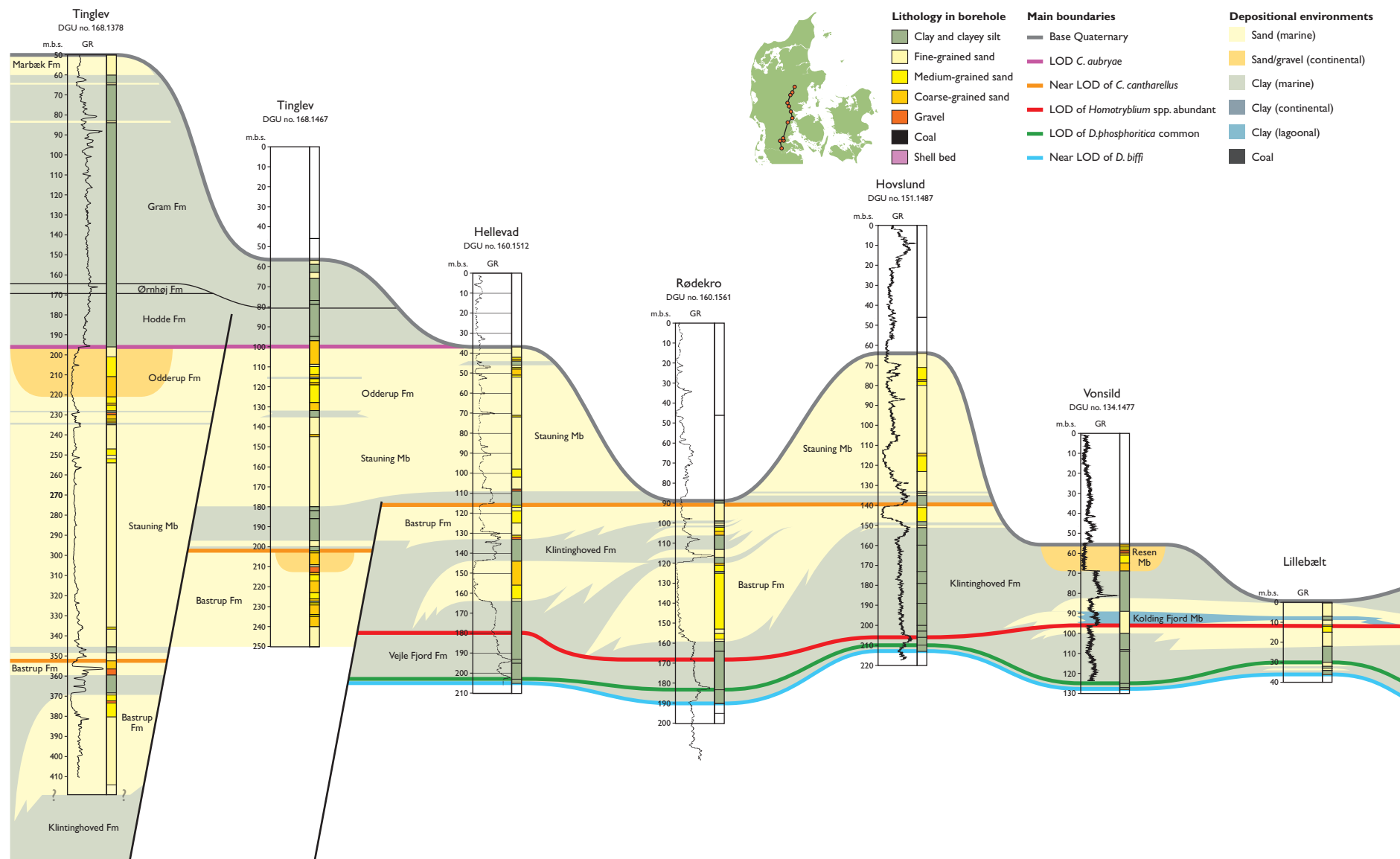
Tinglev boringen DGU nr. 168.1467 gennemborer lag af Kvartær og Miocæn uden at nå igennem Bastrup Formation, Nedre Miocæn. Den nederste del af lagserien er domineret af sand og grus i form af Bastrup Formation, Stauning Led og Odderup Formation mens marint ler fra Arnum Formation er til stede i få niveauer for eksempel over Bastrup deltaet og under Odderup deltaet. I toppen af Bastrup og Odderup deltaerne er der nedskårne dale med fluviale sedimenter.

Måde Gruppen er kun til stede i Tinglev boringerne men er 100 meter tykkere i Tinglev DGU no. 168.1378 end i den analyserede Tinglev boring (DGU no. 168.1467) hvor tykkelsen er ca. 42 meter. I den analyserede Tinglev boring er Hodde Formation veludviklet, Ørn-høj Formation mangler eller er meget kondenseret, nederste del af Gram Formation er meget kondenseret eller mangler og Marbæk Formation er til stede i de øverste miocæne lag i boringen. Den miocæne lagpakke overlejres erosivt af kvartære sedimenter.

Det er sandsynligt at Tinglev boringen går igennem en forkastning

- 1) Litologisk mangler Ørn-høj Formationen i lagserien men den kan være meget kondenseret.
- 2) Biostratigrafisk mangler 3 zoner svarende til Ørn-høj og nedre Gram Formationer.
- 3) De biostratigrafiske zonefossiler fra de manglende zoner optræder som nedfald i boringen. Der findes ligeledes et zonefossil fra øverste Hodde Formation, som måske antyder at der også mangler lidt af øverste Hodde Formationen (det er under den biostratigrafiske opløsning).
- 4) Hvis der er et forkastningsplan gennem boringen lige over Hodde Formationen med blandet ler fra det manglende interval, kan det være kilde til nedfald af zonefossilerne.
- 5) Hvis en væsentlig del af lagserien nedforkastet (ud af boringen) kan det forklare noget af forskellen i tykkelse mellem Måde Gruppen i de to Tinglev boringer.

South



Figur 7: Logkorrelations panel, nord-sydgående fra Tinglev til Lillebælt.

Konklusion

Baseret på data fra en ny boring (DGU nr. 168.1467) ved Tinglev i Region Syddanmark, er der opstillet en geologisk model for den miocæne lagserie (Figs 5 og 7) baseret på integrerede analyser af biostratigrafi (dinoflagellater), sedimentologi, borehuls logs, seismik og sekvensstratigrafi. Resultaterne er korreleret med en række andre boringer og tolket i et nord-syd gående log panel fra Lillebælt til Tinglev.

Den gennemborede lagserie indeholder overordnet 2 niveauer, domineret henholdsvis af sand og grus (Ribe Gruppen) og af ler-silt (Måde Gruppen):

Ribe Gruppe: Bastrup Formation (250–206 m) der aflejret som fluvialt sand og deltasand. Arnum Formation af marint ler (206–180 m og 135–132 m) alternerende med Stauning Leddet (især 180–135 m) af marint, kystnært sand med tungminerale. Odderup Formation (132–100 m) aflejret som fluvialt sand og deltasand.

Måde Gruppe: Hodde Formation (100–81 m) af marint, sort ler. Ørnholm Formation mangler. Gram Formation (81–67 m) af marint, gråt ler og Marbæk Formation af kystnært, marint sand.

Log panelet viser at enhederne generelt tiltager i tykkelse mod kanten af Tønder Graven ved Tinglev, men at især Odderup Formationen inklusiv Stauning Leddet og Måde Gruppen ekspanderer i tykkelse.

Det antages at boringen går igennem en forkastning ved toppen af Hodde Formationen, hvorved en del af lagserien mangler: øverste Hodde?, Ørnholm og nederste Gram Formation.

Referencer

- 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., 2004: 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., Rasmussen, E.S.R. & Piasecki, S. 2003: Stratigrafi i borerne: Fromsseier, Bække, Estrup og Føvling, Ribe Amt. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2003/95, 53pp.
- 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. & Rasmussen, E.S., 2006: Dinoflagellat-datering og lithostratigrafi i Assing Mølleby, Klosterhede og Torsbæk borerne, Ringkøbing Amt. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2006/58, 48pp.
- 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., in press: 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 Geokompender 1, 69–114.
- Hindsby, K., Harrar, B., Nyegaard, P., Konradi, P., Rasmussen, E.S., Bidstrup, T., Gregeresen, 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): *PALAEWAUX - management of coastal aquifers in Europe - Palaeowaters, natural controls and human influence*. Final report for the EU project PALAEWAUX (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.
- 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.
- Piasecki, S. 2001: Miocæn dinoflagellat stratigrafi i Tinglev boringen, 168.1378, Sønderjylland. *Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse Rapport 2001/126*, 20 pp.
- Piasecki, S. 2005: Dinoflagellate cysts of the Middle - Upper Miocene Gram Formation, Denmark. In: Roth, F. & Hoedemakers, K. (eds) *The Gram Book. Palaeontos* 7, 29–45.
- 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., in press: 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.
- 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. 168.1467. Den litostratigrafiske (Rasmussen *et al.* in press) og kronostratigrafiske opdeling af den analyserede lagserie er vist, dinoflagellat zoneringsen (Dybkjær & Piasecki 2008; in press) 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) omlejrrede (reworked) dinoflagellater, 3) acritarcher, 4) "other marine algae" (OM) og 5) ferskvandsalger angivet.

	Fungi
--	-------