

Palynologisk datering og stratigrafi i Andkær boringen, DGU nr. 125.2017, Vejle Amt

Karen Dybkjær & Erik Skovbjerg Rasmussen



Palynologisk datering og stratigrafi i Andkær boringen, DGU nr. 125.2017, Vejle Amt

Karen Dybkjær & Erik Skovbjerg Rasmussen

Indhold

Sammenfatning	4
Indledning	5
Geologi	6
Geologisk ramme.....	6
Litostratigrafi	7
Metoder	8
Litologi.....	8
Palynologi	8
Sedimentologisk beskrivelse	10
Palynologi/biostratigrafi	12
Søvind Mergel Formation.....	12
Vejle Fjord Formationen.....	13
Brejning Ler.....	13
Vejle Fjord Ler, Vejle Fjord Sand og Hvidbjerg sand.....	15
Arnum Formation	16
Kolding Fjord formation	16
Konklusion	19
Referencer	20
Figurer	23
Bilag	24

Sammenfatning

I forbindelse kortlægningen af dybe grundvandsmagasiner i Midt- og Sønderjylland er den øverste oligocæne – miocæne lagserie i Andkær-boringen blevet dateret ved hjælp af mikrofossiler. Boringen er en nøgleboring for Vejle Fjord Formationen, da den er lokaliseret i typeområdet og gennemborer en komplet lagserie omfattende den nedre del af Arnum Formationen og Vejle Fjord Formationen, inklusiv det oligocæne Brejning Ler. Andkær-boringen (DGU nr. 125.2017) er lokaliseret i den østlige del af Vejle Amt. Materialet fra boringen er beskrevet litologisk og 27 udvalgte prøver er blevet analyseret biostratigrafisk. Biostratigrafien er baseret på palynologi/dinoflagellatstratigrafi. Fossile dinoflagellatcyster (fra éncelledede marine alger) har vist sig at være et effektivt biostratigrafisk redskab til at datere lagserien og opdele den i mindre enheder som kan korreleres på tværs af litologien. Kombineret med sedimentologiske undersøgelser er det desuden muligt at lave detaljerede tolkninger af aflejringsmiljøer og ændringer i disse.

Lagserien omfatter følgende litostratigrafiske enheder:

107m–101m: Søvind Mergel

Alder: Bartonien til Priabonien (Mellem til Øvre Eocæn).

Aflejringsmiljø: Fuldt marine forhold med en relativt stor afstand til kysten.

Sekvensstratigrafi: Ikke defineret.

101m–96m: Brejning Ler

Alder: Seneste Chattien (seneste Sen Oligocæn).

Aflejringsmiljø: 101m–98m: Fuldt marint aflejringsmiljø med nogen influx af terrestrisk materiale, formodentligt indre til ydre shelf.

98m–96m: Prograderende kyst (som følge af faldende havniveau) medførende øget influx af terrestrisk materiale kulminerende i et brakvandmiljø i den øverste prøve.

Sekvensstratigrafi: Sekvens A (Rasmussen 2004).

96m–57m: Vejle Fjord Ler, Vejle Fjord Sand og Hvidbjerg sand

Alder: Seneste Chattien – tidlig Aquitanien (seneste Sen Oligocæn – tidligste Tidlig Miocæn).

Aflejringsmiljø: Et delvist afsnøret marint, formodentligt brakvandmiljø, med stor tilførsel af terrestrisk materiale.

Sekvensstratigrafi: Sekvens B (Rasmussen 2004).

57m–30m: Kolding Fjord formation (tidsækvivalent med nedre Arnum Formation)

Alder: Tidlig Burdigalien (Tidlig Miocæn).

Aflejringsmiljø: Marint aflejringsmiljø med stor influx af terrestrisk materiale.

Sekvensstratigrafi: Sekvens C (Rasmussen 2004).

Indledning

I Midt- og Sønderjylland indeholder den øverste oligocæne – miocæne lagserie tykke sandlag, der udgør vigtige grundvandsmagasiner. Det er derfor vigtigt at opbygge en detaljeret og velunderbygget geologisk model for denne lagserie. Formålet med nærværende undersøgelse har været at datere den øverste oligocæne – miocæne lagserie i Andkær-boringen, samt at opdele lagserien stratigrafisk. Andkær-boringen (DGU nr. 125.2017) er lokaliseret i den østlige del af Vejle Amt (Fig. 1). Boringen er en nøgleboring for Vejle Fjord Formationen, da den er lokaliseret i typeområdet og gennemborer en lagserie omfattende den nedre del af Arnum Formationen og Vejle Fjord Formationen, inklusiv det oligocæne Brejning Ler.

Tidligere undersøgelser (bl.a. Dybkjær & Rasmussen 2000; Dybkjær 2004a; Rasmussen & Dybkjær 2005) har vist at dinoflagellatstratigrafi er den bedste biostratigrafiske metode til datering af de oligocæne og miocæne sedimenter og at denne metode, kombineret med sekvensstratigrafi, kan udrede de stratigrafiske forhold for lagserien.

Geologi

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 Sen Kridt, hvor kalk og limsten blev aflejret. I forbindelse med Den Alpine Foldning (Sen Kridt og Paleocæn) blev dele af bassinet kraftig påvirket. Dette resulterede i kraftig inversionstektonik og sandsynligvis også i hævnning af Det fennoskandiske Skjold. Specielt ses en markant udbygning af kystlinien i bassinet fra nord i Eocæn, men paleocæne gravitetsafsætninger på Ringkøbing-Fyn Højderyggen (Danielsen *et al.* 1995) indikerer formodentligt at udbygningen startede allerede på dette tidspunkt. Udbygningen i den centrale del af bassinet var karakteriseret ved en typisk sokkeludbygning i et hav med 500 – 700 meters vandybde. Længere mod øst (det nuværende Danmark) var vandybderne væsentligt lavere, mellem 0 og ca. 100 meter (Hindsby *et al.* 1999). I Paleocæn og Eocæn tid var udbygningen koncentreret til de marginale dele af bassinet syd for det nuværende Norge (f.eks. Jordt *et al.* 1985) mens aflejringerne i Danmark var domineret af finkornede sedimenter (Heilmann-Clausen 1995). I Oligocæn nåede udbygningen ned i det danske område og der aflejredes lavmarine, sandrige sedimenter i Nordjylland og Midtjylland, især omkring Ringkøbing-Fyn Højderyggen. Deltaudbygning fra nord dominerede lokalt, men generelt blev sedimenterne aflejret i oddekomplekser med 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 Sen Oligocæn transgrededes Det danske Bassin på ny (fig. 2a). Den topografi, der dannedes i forbindelse med de tektoniske bevægelser, har haft afgørende betydning for aflejringsmiljøet. Ringkøbing-Fyn Højderyggen spillede en særlig rolle her idet den adskilte mere åben marine/kystprograderende aflejringsmiljøer syd for ryggen fra parali-ske/afsnørede miljøer nord for ryggen (fig. 2) (Rasmussen 2004). 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 i sene-ste Chattien (seneste Oligocæn) til Aquitanien (Tidlig Miocæn) (fig. 2b,c) (Rasmussen 1996) og da udbygningen skete under stadig faldende havniveau aflejredes forholdsvist

rent sand og grus. Efter havniveaufaldet i Aquitanien steg havniveauet generelt op igennem Miocæn med maksimum i Serravallien (øvre Mellem Miocæn) (fig. 2d–l) (Printice & Matthews 1988). Nye tektoniske bevægelser karakteriserede bassinet i slutningen af Burdigalienen (sen Tidlig Miocæn). Dette resulterede i nye udbygninger, bl.a. aflejringer beriget med tungminerale (fig. 2i og j). 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. 2j). Langhien (Mellem Miocæn) repræsenterer en vigtig fase i udviklingen af Nordsø Bassinet. Midt i perioden skete der en markant transgression og ligeledes viser forkastninger i Odde-
rup Formationen at tektonisk aktivitet foregik på dette tidspunkt (Koch 1989). Kildeområdet skiftede i denne periode fra overvejende nord i Tidlig Miocæn til nordøst og øst i Mellem og Sen Miocæn. Dette 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. Under aflejringen af Gram leret i Sen 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 området forblev fuldt marint trods det faldende globale havniveau. Nye undersøgelser viser endda at der blev aflejret op til 400 m øvre miocæne sedimente over Midtjylland (Japsen *et al.* 2002).

Litostratigrafi

De nyere undersøgelser af den øvre oligocæne – miocæne lagserie i Jylland har vist at den tidligere litostratigrafiske opdeling er for simpel. Den her anvendte litostratigrafiske opdeling er vist på figur 3. De enkelte litostratigrafiske enheder er beskrevet af Rasmussen (2003).

Den ældste litostratigrafiske enhed er Vejle Fjord Formationen (Larsen & Dinesen 1959). Den nederste del af Vejle Fjord Formationen, Brejning Leret, henregnes til Oligocænet, så den miocæne lagserie starter med Vejle Fjord Leret. Vejle Fjord Leret efterfølges af Vejle Fjord Sand og Hvidbjerg sand. I det centrale og vestlige Jylland er der kortlagt et større deltakompleks, som er samtidig med Vejle Fjord Formationen. Dette benævnes Billund sand. I det sydlige Jylland aflejredes et meget sandrigt system, som er en videre udbygning af Billund deltaet, men som dog er isoleret fra Billund deltaet. Dette sandrige system hedder Ribe Formationen (Sorgenfrei 1958). Over disse enheder følger Arnum Formationen (Sorgenfrei 1958), der hovedsageligt består af lerede sedimente. Den nederste del af Arnum Formationen, som består af sandrige sedimente, benævnes Kolding Fjord sand. Det minder meget om Vejle Fjord Formationen, men er yngre og udgør ikke en del af Vejle Fjord systemet. I de nordlige og østlige egne af Jylland kiler der sig et sandlag ind i den lerede del af Arnum Formationen. Dette lag benævnes Bastrup sand. Stauning sandet interfingerer med det marine ler i den allerøverste del af Arnum Formationen, mens Odde-
rup Formationen overligger Arnum Formationen. Stauning sandet blev aflejret som stormsand i forbindelse med udbygningen af Odde-
rup deltaet og er således tidsækvivalent med Odde-
rup Formationen. Generelt bliver både Stauning sandet og Odde-
rup Formationen succes-
sivt yngre mod sydvest. Herover træffes kun lerrige sedimente i Jylland. Disse lag er kendt som Hodde Formationen og Gram Formationen (Rasmussen 1961).

Metoder

Nærværende rapport bygger på data fra Andkær-boringen (DGU nr. 125.2017). Lokaliseringen af boringen er vist på figur 1.

Litologi

Litologien af de gennemborede lag er vist på figur 4. Den signatur, der er angivet i den litologiske søjle svarer til hver prøve. Litologien er opdelt i grus, sand, silt og ler. Er der mange sten i en sandprøve, er det angivet med en enkelt grussignatur (cirkel). På den litologiske søjle er der også indikeret, hvilken formation, der er gennemboret. Endeligt er der vist om der er registreret mollusker og glaukony.

Palynologi

Til den palynologiske undersøgelse blev der udtaget 31 prøver i alt. Boringen blev boret ved luft-hæve metoden, hvilket medfører at hver prøve repræsenterer et interval på 1 meter. I denne rapport angives dybden for hver prøve som bunden af det interval prøven repræsenterer. Prøven der repræsenterer intervallet fra 94m–95m benævnes således 95m.

Prøverne blev behandlet i det stratigrafiske laboratorium på GEUS efter palynologiske standardmetoder, omfattende behandling med HCl, HF, HNO₃ og filtrering på 20µm 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 per prøve og samtidigt blev andelen af andre marine alger, acritarcher samt ferskvandsalger registreret til brug for kvantitative analyser. Endelig blev alle tilstedeværende dinoflagellatarter registreret ved en grundig gennemgang af 2 hele præparater per prøve. Formodet omløjrede dinoflagellater blev også registreret. 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. Bilag 1 præsenterer den relative hyppighed af den enkelte dinoflagellatart semikvantitativt. Omløjrede dinoflagellatarter er vist i næste kolonne ("Reworked occurrences"). Andre marine alger (OM), acritarcher og ferskvandsalger er også vist. Desuden er der udpeget en række "bioevents" ("first appearance datum" (FAD) eller "last occurrence datum" (LOD) af en dinoflagellatart, eller evt. masseforekomster), der menes at kunne bruges stratigrafisk. Bilag 2 præsenterer procentandelen af den enkelte dinoflagellatart og den enkelte ferskvandsalge i forhold til summen af registrerede ("*in situ*") dinoflagellater og ferskvandsalger i hver prøve. Arterne er listet alfabetisk. Variationerne i dinoflagellatselska-

bet og i ferskvandsalgeselskabet afspejler dels stratigrafiske ændringer (opståen og uddøen af arter), dels ændringer i aflejringsmiljøet, f.eks. i salinitet. En stor andel af ferskvandsalger (FA) indikerer stor tilførsel af ferskvand til aflejringsområdet, mens stor andel af dinoflagellat-slægten *Homotryblium* ifølge Brinkhuis (1994) og Dybkjær (2004b) indikerer et afsnøret marint aflejringsmiljø med brakvandsforhold, som det ses i Vejle Fjord Ler og -Sand.

Sedimentologisk beskrivelse

Andkær

Dybde

(m.u.t.)

- 30–31: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt. Flint.
- 31–32: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt.
- 32–33: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt.
- 33–34: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt.
- 34–35: Ler. Brunt, siltet ler.
- 35–36: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt.
- 36–37: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt.
- 37–38: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt.
- 38–39: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt.
- 39–40: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt.
- 40–41: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt.
- 41–42: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt.
- 42–43: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt.
- 43–44: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt.
- 44–45: Ler. Veksellejrende, mørkebrunt, organiskholdigt, siltet ler.
- 45–46: Ler. Veksellejrende, mørkebrunt, organiskholdigt, siltet ler.
- 46–47: Ler. Mørkebrunt, siltet ler.
- 47–48: Silt. Mørkebrunt, leret silt.
- 48–49: Silt. Mørkebrunt, leret silt.
- 49–50: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt.
- 50–51: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt.
- 51–52: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt.
- 52–53: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt.
- 53–54: Ler. Mørkebrunt ler og finkornet sand.
- 54–55: Silt. Mørkebrunt, leret silt.
- 55–56: Silt. Mørkebrunt, organiskholdigt, leret silt.
- 56–57: Grus. Gråt grus og mørkebrunt, leret silt.
- 57–58: Sand. Velsorteret, mellemkornet sand med få lerlag. Gruset.
- 58–59: Sand. Velsorteret, mellemkornet sand med få lerlag. Gruset.
- 59–60: Sand. Velsorteret, mellemkornet sand.
- 60–61: Sand. Velsorteret, mellemkornet sand med få lerlag.
- 61–62: Sand. Velsorteret, mellemkornet sand med få lerlag.
- 62–63: Sand. Velsorteret, mellemkornet sand med mørkebrunt og brunt lamineret, leret silt.
- 63–64: Sand. Gråt, mellemkornet sand og brune, lerede siltlag.
- 64–65: Sand. Gråt, mellemkornet sand og brune, lerede siltlag.
- 65–66: Sand. Gråt, mellemkornet sand. Cementeret sand.
- 66–67: Sand. Gråt, mellemkornet sand og mørkebrunt, leret silt. Cementeret sand.
- 67–68: Sand. Gråt, mellemkornet sand og mørkebrunt, leret silt. Cementeret sand.

68–69: Sand. Gråt, mellemkornet sand. Cementeret sand.
69–70: Sand. Gråt, mellemkornet sand. Cementeret sand.
70–71: Sand. Brungråt, fin- til mellemkornet sand.
71–72: Sand. Brungråt, fin- til mellemkornet sand med få siltlag. Kalkklast.
72–73: Sand. Brungråt, fin- til mellemkornet sand med få siltlag.
73–74: Sand. Brungråt, fin- til mellemkornet sand med få siltlag.
74–75: Sand. Brungråt, fin- til mellemkornet sand med få siltlag.
75–76: Sand. Brungråt, fin- til mellemkornet sand.
76–77: Sand. Brungråt, fin- til mellemkornet sand.
77–78: Sand. Brungråt, mellemkornet sand og mørkebrune, lerede siltlag.
78–79: Sand. Veksellejrende, mellemkornet sand og mørkebrune, lerede siltlag.
79–80: Silt. Mørkebrunt, leret silt.
80–81: Silt. Veksellejrende brunt, leret silt og gråt, finkornet sand. Omløjret Søvind Mergel?
81–82: Silt. Veksellejrende brunt, leret silt og gråt, finkornet sand.
82–83: Silt. Mørkebrunt, leret silt og få, finkornede sandlag.
83–84: Silt. Mørkebrunt, leret silt og få, finkornede sandlag.
84–85: Silt. Veksellejrende brunt, leret silt og finkornet sand.
85–86: Silt. Veksellejrende brunt, leret silt og finkornet sand.
86–87: Silt. Veksellejrende brunt, leret silt og finkornet sand.
87–88: Sand. Veksellejrende finkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
88–89: Silt. Veksellejrende brunt, leret silt og finkornet sand.
89–90: Silt. Veksellejrende brunt, leret silt og finkornet sand.
90–91: Silt. Veksellejrende brunt, leret silt og finkornet sand.
91–92: Silt. Veksellejrende brunt, leret silt og finkornet sand.
92–93: Silt. Brunt, leret silt.
93–94: Silt. Veksellejrende mørkebrunt og brunt, leret silt.
94–95: Silt. Veksellejrende mørkebrunt og brunt, leret silt.
95–96: Silt. Mørkebrunt, leret silt.
96–97: Ler. Spættet brunt og grønligbrunt, glaukonyholdigt ler. Skaller.
97–98: Ler. Spættet brunt og grønligbrunt, glaukonyholdigt ler. Skaller.
98–99: Ler. Grønligbrunt ler med et lavt indhold af glaukony. Skaller.
99–100: Ler. Grønligbrunt, glaukonyholdigt ler. Skaller og konkretioner.
100–101: Ler. Grønligbrunt, glaukonyholdigt ler. Skaller.

Palynologi/biostratigrafi

I det følgende er hver litologisk enhed, der indgår i studiet, beskrevet mht. aflejningsmiljø, dinoflagellatselskab, vigtige biohorisonter, alder, samt indplacering i nannoplankton- og foraminiferzoneringsen opstillet af hhv. Martini (1971) og King (1989).

Søvind Mergel Formation

Tilstedeværelse:

Formationen er repræsenteret i intervallet 104m–101m (se figur 4). Mægtigheden af formationen er dog større, men nærværende undersøgelse strækker sig kun lige ned i den øverste del af Søvind Mergel Formationen.

Aflejringsmiljø:

De sedimentære organiske partikler er stærkt domineret af marine dinoflagellater. Dinoflagellatselskabet udviser en høj diversitet. Derudover ses sporadisk bisaccate pollen og træpartikler. Denne sammensætning indikerer et fuldmarint aflejningsmiljø med en relativt stor afstand til kysten (til ferskvandsinflux).

Dinoflagellatselskab:

Domineret af *Areosphaeridium michoudii*, *Spiniferites* spp., samt *Systematophora placacantha*. *Corrudinium incompositum*, *Dapsilidium pseudocolligerum* og *Operculodinium centrocarpum* forekommer almindeligt, mens *Diphyes ficusoides*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Operculodinium tiara*, *Spiniferites pseudofurcatus*, *Tectatodinium pellitum* og *Thalassiphora fenestrata* forekommer jævnlige. Desuden er forekomsten af *Areosphaeridium diktyoplokum*, *Cerebrocysta bartonensis* og *Tityrosphaeridium cantharellus* karakteristisk for denne enhed.

Der blev fundet én enkelt omlejret dinoflagellat af slægten *Apectodinium*.

Biohorisonter:

I det nyligt publicerede studie af Kysing-4 boringen, lokaliseret syd for Århus (Heilmann-Clausen & Van Simaey 2005) forekommer *Thalassiphora fenestrata* ikke i lag ældre end Bartonien (Mellem Eocæn). Forekomsten af *T. fenestrata* i den nederste prøve (104m) i Andkær-boringen indikerer derfor at Søvind Merglen her ikke er ældre end Bartonien. Samtidigt indikerer forekomsten af *Cerebrocysta bartonensis* i begge de prøver, der repræsenterer Søvind Mergel Formationen (104m og 102m) en alder ikke yngre end Bartonien (Heilmann-Clausen & Van Simaey 2005). Forekomsten af *Reticulatosphaera actinocoronata* og *Homotryblium plectilum* i prøven ved 102m indikerer dog en alder ikke ældre end Priabonien (Sen Eocæn) (Heilmann-Clausen & Van Simaey 2005).

Alder:

Mellem til Sen Eocæn (Bartonian til Priabonien).

Foraminifer/nannoplankton-zonering:

De ovenfor nævnte dinoflagellatbiohorisonter kan korreleres til nannoplanktonzonerne NP17–NP18 (fig. 5) (Hardenbol *et al.* 1998; Williams *et al.* 2004).

Vejle Fjord Formation

Brejning Ler

Tilstedeværelse:

Brejning Leret, som er det nederste led i Vejle Fjord Formationen, er repræsenteret af intervallet fra 101m–96m (fig. 4). Den nederste prøve (101m) indeholder dog også opblandet Søvind Mergel, hvilket afspejles i dinoflagellat selskabet. De eocæne arter fra Søvind Mergelen er i bilag 1 angivet som omlejlrede. Brejning Ler kendes fra en række borer og daglokaliteter i Midt- og Sønderjylland, bl.a. Addit Mark-, Klovborg- og Føvling-boringerne, samt daglokaliteterne ved Dykær, Jensgård og Øksenrade.

Aflejringsmiljø:

I den nederste prøve (101m) er de organiske sedimentære partikler domineret af dinoflagellater og bisaccate pollen, mens træpartikler og non-saccate pollen forekommer almindeligt. Ferskvandsalger forekommer kun meget sporadisk. Denne sammensætning indikerer et fuldt marint aflejringsmiljø med en vis ferskvandsinflux (Dybkjær 2004a).

I den øvrige del af Brejning Leret (i prøverne fra 100m til 97m) udgøres de organiske partikler af ca. lige dele træpartikler, bisaccate pollen, non-saccate pollen og dinoflagellater. Andelen af ferskvandsalger stiger gradvist fra 100m til 97m. Blandt ferskvandsalgerne dominerer *Botryococcus*. Den relative hyppighed af dinoflagellat-slægten *Homotryblium* (her repræsenteret af *H. plectilum* og *H. tenuispinosum*) stiger ligeledes gradvist og *H. plectilum* er blandt de dominerende arter i den øverste prøve (97m). En stor andel af denne slægt, og især af *H. plectilum*, indikerer formodentligt et lavsalint aflejringsmiljø (Brinkhuis 1994; Dybkjær 2004b).

Denne sammensætning med en markant større andel af organiske partikler med terrestrisk oprindelse end i den nederste prøve, samt med stigende andel af *Homotryblium* indikerer en prograderende kyst, formodentligt kulminerende i et afsnøret brakvandmiljø i den øverste prøve (Dybkjær 2004b). Den prograderende kyst er formodentligt en følge af et markant fald i havniveau på overgangen mellem Oligocæn og Miocæn (Printice & Matthews 1988), se diskussionen hos Dybkjær (2004a).

Dinoflagellatselskab:

Dinoflagellatselskabet i Brejning Leret er generelt domineret af *Spiniferites* spp. *Apteodinium australiense*, *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Homotryblium tenuispinosum*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Operculodinium centropum* og *Systematophora placacantha* forekommer almindeligt, mens *Distatodinium paradoxum*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Melitasphaeridium choanophorum*, *Spiniferites solidago* og *Tityrosphaeridium cantharellus* forekommer jævnlige. Som omtalt ovenfor forekommer *Homotryblium plectilum* sporadisk i de nederste prøver (101m til 99m), mens den forekommer jævnlige i 98m og er én af de dominerende arter i den øverste prøve ved 97m.

Der blev fundet en del omlejrrede, palæogene dinoflagellater op gennem Brejning Leret.

Biohorisonter:

Forekomsten af *Chiropteridium galea* i hele intervallet med Brejning Leret indikerer en alder ikke ældre end Tidlig Oligocæn (Rupelian), mens forekomsten af *Caligodinium amiculum* og *Chiropteridium galea* gennem hele Brejning Leret indikerer en alder ikke yngre end tidligste Miocæn (Aquitaniens) (Williams *et al.* 2004) (fig. 5). Disse biohorisonter giver ikke nogen særlig detaljeret alder, men ved at korrelere det fundne dinoflagellatselskab regionalt kan alderen indsnævres væsentligt. I Frida-1 boringen i Nordsøen forekommer et interval ækvivalent til Brejning Leret. I denne boring er sidsteforekomsten af *Distatodinium biffi* fundet under dette interval og førsteforekomsten af *Ectosphaeridium burdigalensis* over (Dybkjær 2003). Disse to biohorisonter indsnævrer alderen af Brejning Leret til seneste Sen Oligocæn (seneste Chattien) (Williams *et al.* 2004) (fig. 5). Dette understøttes af dateringen af Brejning Leret i Harre Boringen, baseret på foraminiferer (King 1994).

Der forekommer ofte et influx af *Deflandrea phosphoritica* i den øverste del af Brejning Leret, f.eks. i landboringerne Addit Mark, Føvling og Klovborg (Dybkjær 2004a), i Frida-1-boringen lokaliseret i Nordsøen (Dybkjær 2003), samt i Dykær profilet (Rasmussen & Dybkjær 2005). Denne hyppige forekomst af *D. phosphoritica* i den øvre del af Brejning Leret har således vist sig at være en god biostratigrafisk markør. I Andkær-boringen er der kun en svag tendens til en øget relativ hyppighed af *D. phosphoritica* i prøven ved 99m. Førsteforekomsten af *Membranilarnacia* cf. *picena* group i 98m har muligvis potentiale som en regional stratigrafisk marker.

Alder:

Seneste Sen Oligocæn (seneste Chattien).

Foraminifer/nannoplankton-zonering:

Ifølge Hardenbol *et al.* (1998) korrelerer intervallet fra sidsteforekomsten af *D. biffi* til førsteforekomsten af *E. burdigalensis* til den øverste del af NP25 (Martini 1971). Laursen & Kristoffersen (1999) har identificeret den bentoniske foraminifer-zone NSB 8c (King 1989) i Brejning Leret, som korrelerer til seneste Chattien (fig. 5).

Vejle Fjord Ler, Vejle Fjord Sand og Hvidbjerg sand

Tilstedeværelse:

Prøverne fra 96m til 57m er henført til disse litostratigrafiske enheder. Vejle Fjord Ler og - Sand er de to øverste led i Vejle Fjord Formationen (fig. 2). Hvidbjerg sand er en uformel betegnelse for sand aflejret i oddekomplekser. Disse oddekomplekser er tidsækvivalente med Vejle Fjord Leret, der blev aflejret i det mere eller mindre afsnørede bassin bag de barrierer som odderne var med til at danne, og med Vejle Fjord Sandet, der betegner sand aflejret som overskylsvifter på landværtssiden af barriererne.

Aflejringsmiljø:

De sedimentære organiske partikler i denne enhed består hovedsageligt af bisaccate og non-saccate pollen samt brunt AOM og træpartikler. Dinoflagellater forekommer sporadisk og artsdiversiteten af dinoflagellater er meget lav (bilag 1). Ferskvandsalger forekommer jævnlige og blandt ferskvandsalgerne dominerer *Botryococcus*.

Homotryblum plectilum er en af de dominerende dinoflagellater i hele dette interval. Som nævnt tidligere forekommer denne art hovedsageligt i lavsaline aflejringsmiljøer (Brinkhuis 1994; Dybkjær 2004b). Disse observationer tyder på et delvist afsnøret marint, formodentligt brakvandsmiljø, med stor tilførsel af terrestrisk materiale.

Dinoflagellatselskab:

Dapsilidinium pseudocolligerum, *Homotryblum plectilum* og *Spiniferites* spp. dominerer generelt. *Systematophora placacantha* forekommer almindeligt til jævnlige, mens *Hystrihokolpoma rigaudiae*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Operculodinium centrocarpum*, *Spiniferites crassivariabilis* type Strauss & Lund og *Tityrosphaeridium cantharellus* forekommer jævnlige. Dinoflagellater henført til *Membranilarnacia* cf. *picena* gruppen dominerer i den nederste prøve i dette interval (96m), forekommer almindeligt i prøven ved 95m og jævnlige i den øvrige del af intervallet. Desuden er den sporadiske forekomst af *Deflandrea phosphoritica* og *Thalassiphora pelagica* karakteristiske for denne enhed.

Der blev kun fundet omlejrrede (palæogene) dinoflagellater i den nederste prøve (96m) i denne enhed.

Biohorisonter:

Forekomsten af *Deflandrea phosphoritica* op til 74m indikerer en alder ikke yngre end tidligste Tidlig Miocæn (tidlig Aquitanien). Samtidigt indikerer fraværet af *Distatodinium biffi* en alder ikke ældre end seneste Sen Oligocæn (seneste Chattien) (Williams *et al.* 2004) (fig. 5).

Sidsteforekomsterne af *Chiropteridium galea* og *Deflandrea phosphoritica* internt eller ved toppen af Vejle Fjord Formationen udgør vigtige biohorisonter (Dybkjær 2004a, Rasmussen & Dybkjær 2005). Den ofte sporadiske forekomst af disse arter medfører dog at dette kriterie ikke altid er anvendeligt. I Andkær-boringen forekommer disse to arter således kun i Brejning Leret. Den dominerende eller almindelige forekomst af *Homotryblum*-slægten op til toppen af formationen udgør et godt, supplerende kriterie for identifikation af enheden. Her dominerer *Homotryblum* op til og med 63m. Endelig udgør den konsistente

forekomst af *Thalassiphora pelagica* ligeledes et godt kriterie for at kende Vejle Fjord Formationen fra Arnum Formationen, da denne art har sidsteforekomst i den allernederste del af Arnum Formationen (Dybkjær 2004a; Rasmussen & Dybkjær 2005). I Andkær-boringen forekommer denne bioevent i 47m.

Alder:

Seneste Sen Oligocæn (seneste Chattien) – tidligste Tidlig Miocæn (tidlig Aquitanien).

Foraminifer/nannoplankton-zonering:

Ifølge Hardenbol *et al.* (1998) kan de ovenfor nævnte dinoflagellat biohorisonter (fra sidsteforekomst af *D. biffi* til sidsteforekomst af *D. phosphoritica*) korreleres til den øverste del af NP25 – nederste del af NN2 (Martini 1971). Ifølge Laursen & Kristoffersen (1999) korrelerer successionen mellem Brejning Leret og Arnum Formationen i Høruphav-boringen til foraminiferzonerne NSP10–11 og NSB 9 (King 1989), hvilket stemmer fint overens med dateringen baseret på dinoflagellater.

Arnum Formation

Kolding Fjord formation

Tilstedeværelse:

Kolding Fjord formation er repræsenteret i intervallet fra 57m til 30m. Kolding Fjord formation er en uformel betegnelse for lagunale til kystnære aflejringer tidsækvivalent med den nedre del af Arnum Formationen. Grænsen mellem miocæne aflejringer og Kvartæret er tolket til at ligge ved 30m.

Aflejringsmiljø:

De sedimentære organiske partikler i denne enhed består hovedsageligt af træpartikler, brunt AOM, samt bisaccate og non-saccate pollen. Dinoflagellater er almindeligt forekommende i prøverne op til og med 46m, herover forekommer de sporadisk. Også diversiteten af dinoflagellater er højst i den nedre del af intervallet. Forekomsten af ferskvandsalger varierer noget. I den nedre del af intervallet er det *Pseudokomewuia* aff. *granulata*, der er den dominerende ferskvandsalge, især har den en høj relativ hyppighed i prøven ved 56m. I intervallet repræsenteret af prøverne fra 54m til 46m er der ikke mange ferskvandsalger, men fra 42m og op til den øverste prøve i 30m er *Pediastrum* almindeligt forekommende og også den relative hyppighed af *Pseudokomewuia* aff. *granulata* stiger gradvis.

Det organiske materiale og sammensætningen af dinoflagellat selskabet indikerer et kystnært, marint aflejringsmiljø med en gradvis stigning i influx af ferskvand efter den basale transgression.

Dinoflagellatselskab:

Spiniferites spp. dominerer i alle prøver i denne litologiske enhed. Også *Dapsilidinium pseudocolligerum* og *Systematophora placacantha* dominerer gennem hele intervallet. *Apteodinium tectatum* dominerer i den nederste del af intervallet, mens *Apteodinium australiense* og *A. spiridoides* optræder almindeligt. Herover, fra 51m, forekommer denne slægt kun sporadisk. *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Impletosphaeridium insolitum*, *Lingulodinium machaeophorum* og *Operculodinium centrocarpum* optræder almindeligt, mens *Membranilarnacia* cf. *picena* group, Mini dino 1 KD, *Reticulosphaera actinocoronata* og *Spiniferites crassivariabilis* type (Strauss & Lund) optræder jævnlige.

Førsteforekomsterne af *Apteodinium tectatum* og *Sumatradinium hamulatum* i 57m og af *Hystrichosphaeropsis obscura* i 35m, samt sidsteforekomsten af *Thalassiphora pelagica* i 47m er karakteristiske for denne litostratigrafiske enhed.

Forekomsten af *Membranilarnacia* cf. *picena* group i 54m og 51m er muligvis stratigrafisk relateret til intervallet 124–114m i Engesvang boringen, intervallet 138–85m i Isenvad boringen, samt til intervallet fra 140–127m i Holstebro boringen karakteriseret af bl.a. forekomsten af denne art kombineret med en sporadisk forekomst af *Homotryblium* (Dybkjær *et al.* 2005), men det kan ikke afgøres ud fra det eksisterende datagrundlag. Der blev fundet omljrede dinoflagellater i den nederste prøve, lige over sekvensgrænse C (Rasmussen 2004), samt i prøverne fra 47m og opefter. De omljrede taxa er fra Palæogen.

Biohorisonter:

Forekomsten af *Hystrichosphaeropsis obscura* i 35m indikerer en alder ikke ældre end tidlig til midt-Burdigalien (Hardenbol *et al.* 1998), mens forekomsten af *Tityrosphaeridium cantharellus* også i 35m indikerer en alder ikke yngre end tidlig Burdigalien (Williams *et al.* 2004) (fig. 5).

Skiftet fra en dominerende til en sporadisk forekomst af *Homotryblium* spp. er i det østlige Jylland karakteristisk for overgangen fra Vejle Fjord Formationen til den nederste del af Arnum Formationen. Samtidigt er førsteforekomsterne af *Apteodinium tectatum*, *Hystrichosphaeropsis obscura* og *Sumatradinium hamulatum* og sidsteforekomsten af *Thalassiphora pelagica* karakteristiske biohorisonter for den nedre del af Arnum Formationen (Dybkjær 2004a; Rasmussen & Dybkjær 2005).

Tilstedeværelsen af grus i prøverne fra 59m til 57m støtter en placering af den nedre grænse af Sekvens C (Rasmussen 2004), svarende til den basale del af Arnum Formationen, ved 57m.

Alder:

Tidlig Miocæn (tidlig Burdigalien).

Foraminifer/nannofossil-zonering:

Ifølge Hardenbol *et al.* (1998) kan intervallet fra førsteforekomsten af *H. obscura* til sidsteforekomsten af *T. cantharellus* korreleres til NN3 – nederste del af NN4 (Martini 1971). Laursen & Kristoffersen (1999) har identificeret NSP 11 og NSB 10 I – 10 II (King 1989) i Arnum Formationen. Dette stemmer fint overens med dateringerne baseret på dinoflagellater.

Konklusion

Den øverste oligocæne – miocæne lagserie i Andkær-boringen (DGU nr. 125.2017), Vejle Amt, er beskrevet litologisk og dateret ved hjælp af dinoflagellat stratigrafi. Desuden er aflejringsmiljøet vurderet på basis af sammensætningen af de organiske sedimentære partikler. Boringen er en nøgleboring for Vejle Fjord Formationen, da den er lokaliseret i typeområdet og gennemborer en komplet lagserie omfattende den nedre del af Arnum Formationen og hele Vejle Fjord Formationen, inklusiv det oligocæne Brejning Ler. Materialet fra boringen er beskrevet litologisk og 27 udvalgte prøver er blevet analyseret biostratigrafisk. Biostratigrafien er baseret på palynologi/dinoflagellatstratigrafi.

Lagserien omfatter følgende litostratigrafiske enheder:

107m–101m: Søvind Mergel

Alder: Bartonien til Priabonien (Mellem til Øvre Eocæn).

Aflejringsmiljø: Fuldt marine forhold med en relativt stor afstand til kysten.

Sekvensstratigrafi: Ikke defineret.

101m–96m: Brejning Ler

Alder: Seneste Chattien (seneste Sen Oligocæn).

Aflejringsmiljø: 101m–98m: Fuldt marint aflejringsmiljø med nogen influx af terrestrisk materiale, formodentligt indre til ydre shelf.

98m–96m: Prograderende kyst (som følge af faldende havniveau) medførende øget influx af terrestrisk materiale kulminerende i et brakvandsmiljø i den øverste prøve.

Sekvensstratigrafi: Sekvens A (Rasmussen 2004).

96m–57m: Vejle Fjord Ler, Vejle Fjord Sand og Hvidbjerg sand

Alder: Seneste Chattien – tidlig Aquitanien (seneste Sen Oligocæn – tidligste Tidlig Miocæn).

Aflejringsmiljø: Et delvist afsnøret marint, formodentligt brakvandsmiljø, med stor tilførsel af terrestrisk materiale.

Sekvensstratigrafi: Sekvens B (Rasmussen 2004).

57m–30m: Kolding Fjord formation (tidsækvivalent med nederste Arnum Formation)

Alder: Tidlig Burdigalien (Tidlig Miocæn).

Aflejringsmiljø: Marint aflejringsmiljø med stor influx af terrestrisk materiale.

Sekvensstratigrafi: Sekvens C (Rasmussen 2004).

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. 2003: Palynostratigraphy of the Upper Miocene – Middle Miocene succession in the Frida-1 well. Danish North Sea sector and correlation to onshore sections, 28pp., Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2003/28, 27pp.
- 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. & Rasmussen, E.S. 2000: Palynological dating of the Oligocene – Miocene successions in the Lille Bælt area, Denmark. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 47, 87–103.
- 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.
- Friis, H., Mikkelsen, J. & Sandersen, P. 1998: Depositional environment of the Vejle Fjord Formation of the Upper Oligocene – Lower Miocene of Denmark: a barrier island/barrier-protected depositional complex. *Sedimentary Geology* 117, 221–244.
- Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M.B., Jacquin, T., de Graciansky, P.-C. & Vail, P. 1998: Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins. In: de Graciansky, P.-C. et al. (eds): *Mesozoic and Cenozoic sequence stratigraphy of European basins*. SEMP (Society for Sedimentary Geology) Special Publication 60, 3–13 and charts.
- Heilmann-Clausen, C. 1995: Palæogene aflejringer over Danskekalken. In: Nielsen, O.B. (ed.): *Danmarks geologi fra Kridt til idag*. Aarhus Geokompender 1, 69–114.
- Heilmann-Clausen, C. & Van Simaëys, S. 2005: Dinoflagellate cysts from the Middle Eocene to ?lowermost Oligocene succession in the Kysing research borehole, central Danish Basin. *Palynology* 29, 143–204.
- Hindsby, K., Harrar, B., Nyegaard, 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. & Lidmar-Bergström, K. 2002: Neogene uplift and erosion of southern Scandinavia induced by the rise of the South Swedish Dome. In: Doré, A.G., Cartwright, J.A., Stoker, M.S., Turner, J.P. & White, N. (eds): *Exhumation of the North*

- Atlantic margin: Timing, Mechanisms and Implications for Petroleum Exploration. Geological Society, London, Special Publications, 196, 183–207.
- Jordt, H., Faleide, J.L., Bjørlykke, K. & Ibrahim, M.T. 1985: Cenozoic sequence stratigraphy of the central and northern North Sea Basin: tectonic development, sediment distribution and provenance areas. *Marine and Petroleum Geology* 12(8), 845–879.
- 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 Geoscience* 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 82 (II Række), 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.
- Mikkelsen, J. 1983: *En lithofaciesundersøgelse af ungtertiæret omkring Vejle Fjord*, 100 pp. Unpublished Cand. Scient. thesis, Aarhus University, Aarhus, Denmark.
- Printice, M.L., Matthews, R.K., 1988. Cenozoic ice volume history: Development of a composite oxygen isotope record. *Geology* 16, 963–966.
- Rasmussen, E.S. 1996: Sequence stratigraphic subdivision of the Oligocene and Miocene succession in South Jutland. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 43, 143–155.
- Rasmussen, E.S. 2003: *Korrelation af miocæne grundvandsmagasiner i Vejle Amt med speciel fokus på Give-Brædstrup området*. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2003/3, 18pp.
- Rasmussen, E.S. 2004: Stratigraphy and depositional evolution of the uppermost Oligocene – Miocene succession in Denmark. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 51, 89–109.
- 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, L.B., 1961. *De Miocæne formationer i Danmark*. Danmarks Geologiske Undersøgelse, IV Række 5, 45 pp.
- Sorgenfrei, T., 1958. Molluscan assemblages from the marine middle Miocene of South Jutland and their environments. *Danmarks geologiske Undersøgelse*, 79 (II Række), 503 pp.
- 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.
- Williams, G.L., Brinkhuis, H., Pearce, M.A., Fensome, R.A. & Weegink, J.W., 2004.

Southern Ocean and global dinoflagellate cyst events compared: Index events for the Late Cretaceous–Neogene. In: Exon, N.F., Kennett, J.P. and Malone, M.J. (Eds.): Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 189.

Ziegler, P.A. 1982: Geological atlas of Western and Central Europe., 130pp. Amsterdam: Elsevier.

Figurer

Figur 1: Lokalisering af Andkær-boringen, samt af korrelationsprofilet vist i figur 6.

Figur 2: Palæogeografisk udvikling fra Chattien (Sen Oligocæn) til Tortonien (Sen Miocæn).

Figur 3: Litostratigrafi og kronostratigrafi for den oligocæne og miocæne lagserie i Midt- og Sønderjylland.

Figur 4: Grafisk fremstilling af litologien og den litostratigrafiske opdeling af den øverste oligocæne – miocæne lagserie i Andkær-boringen korreleret med Gamma-loggen.

Figur 5: Stratigrafisk vigtige førsteforekomster (FAD's) og sidsteforekomster (LOD's) af dinoflagellat-arter korreleret til nannoplanktonzoner, foraminiferzoner og kronostratigrafi. Desuden er indikeret det tidsinterval, hvor indenfor hver litostratigrafisk enhed er aflejret.

Figur 6: Korrelation mellem borerne Fjand, Eg-3, St. Vorslunde, Gadbjerg, Vejle Fjord Bro og Andkær, samt med et sammensat profil for Lillebælt området, baseret på biostratigrafi, sedimentologi, og logkorrelation. Data fra Vejle Fjord Bro fra Mikkelsen (1983).

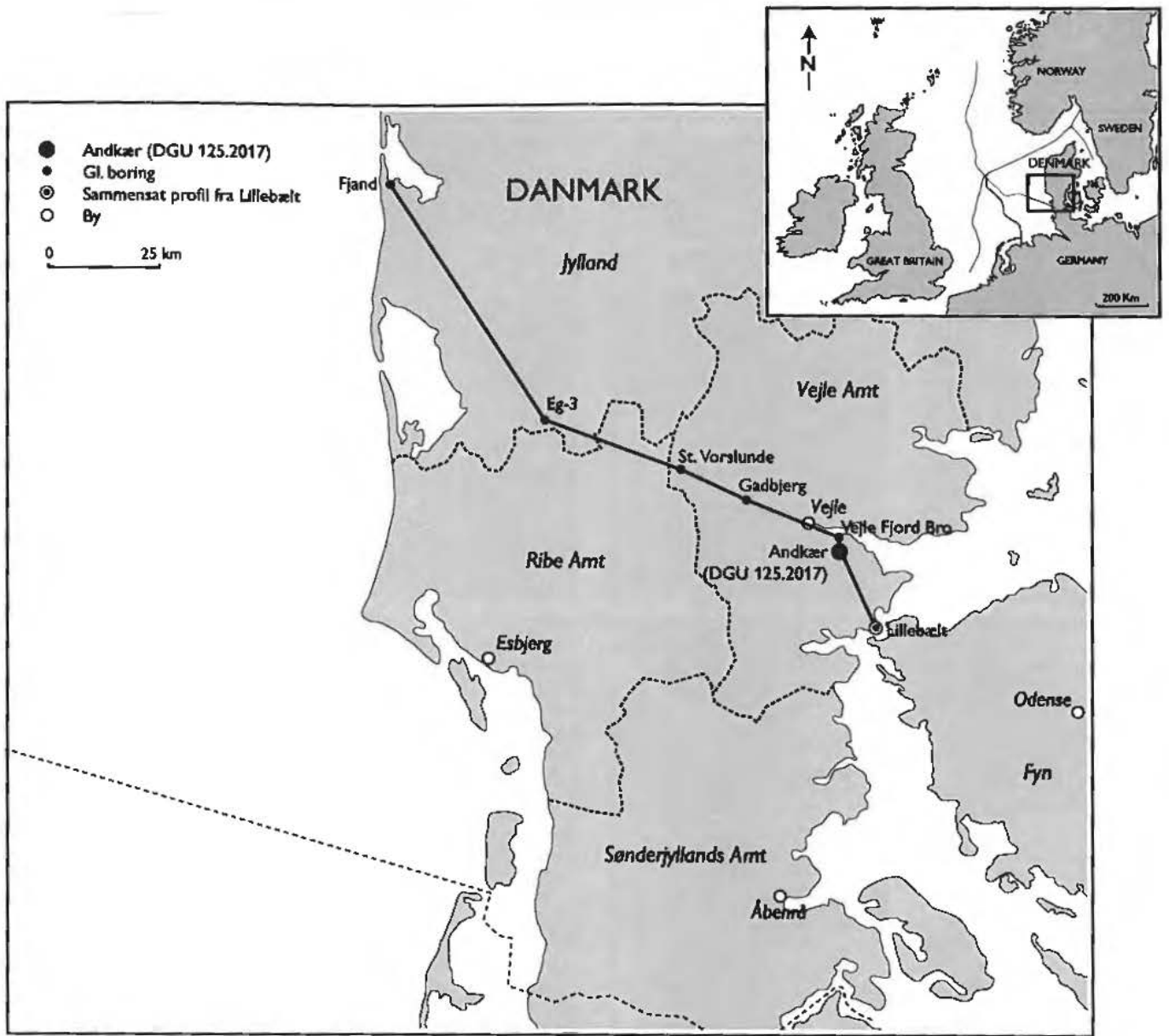


Fig.01

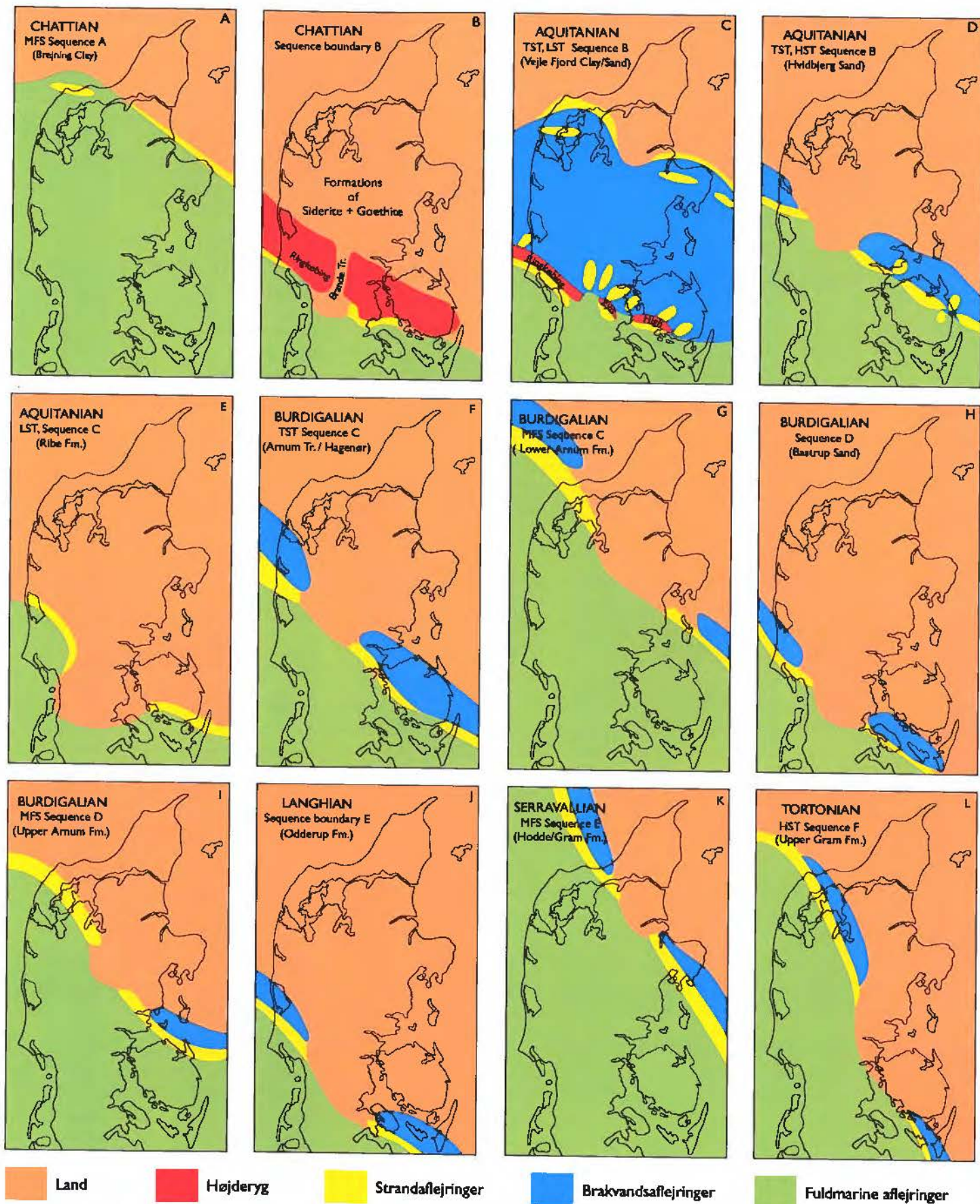
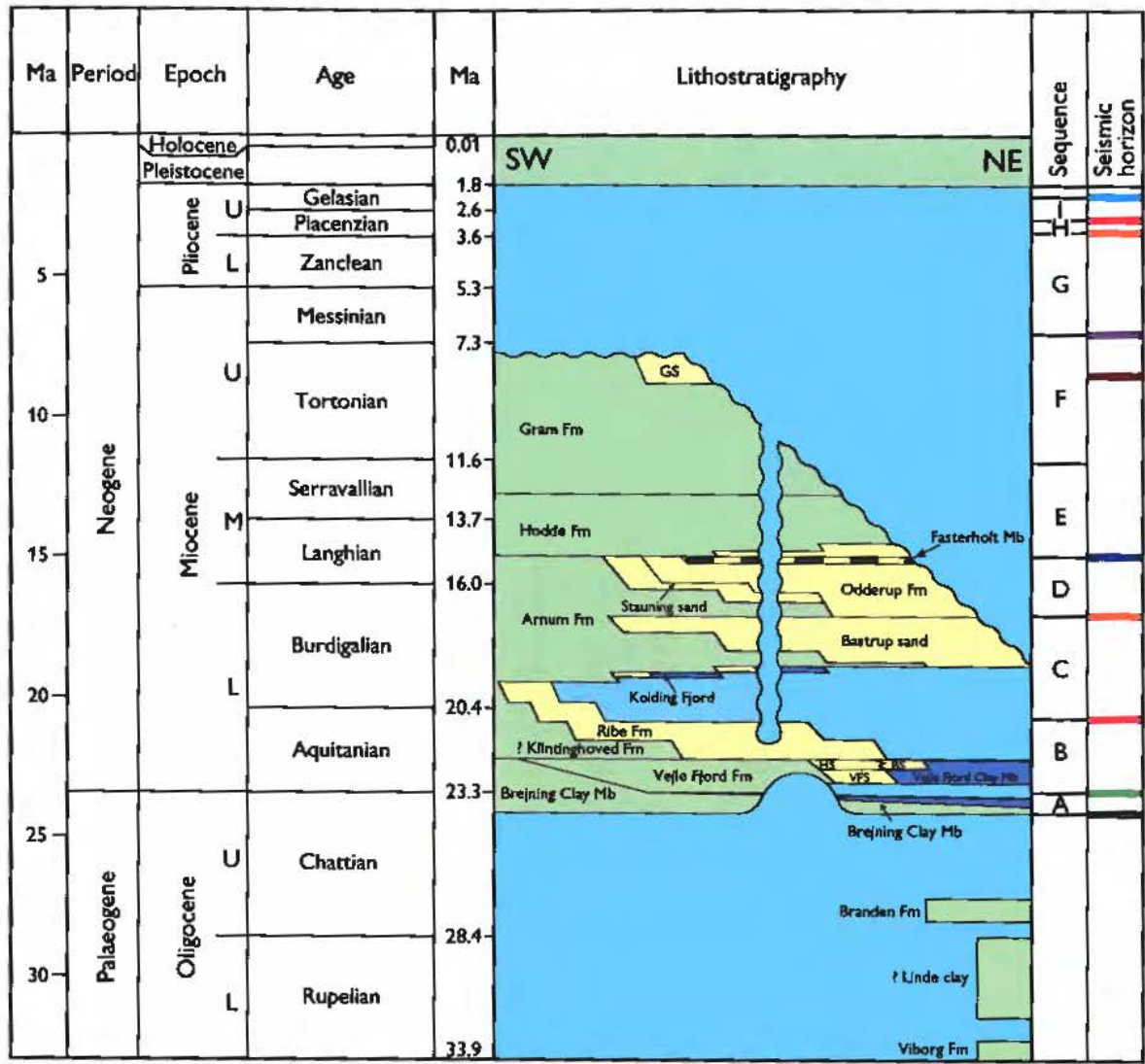


Fig.02



Marine silt and clay
 Fluvial and marine sand
 Brackish water silt and clay
 coal
 hiatus

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

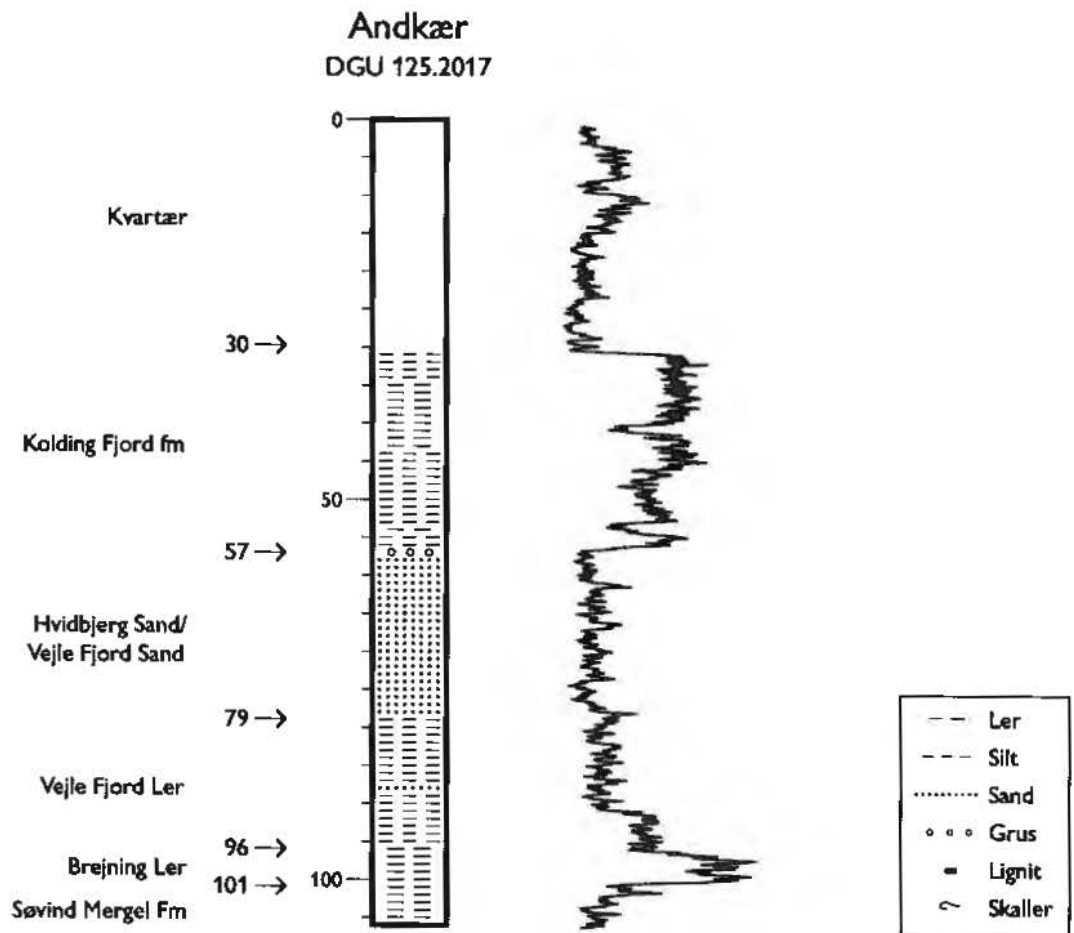
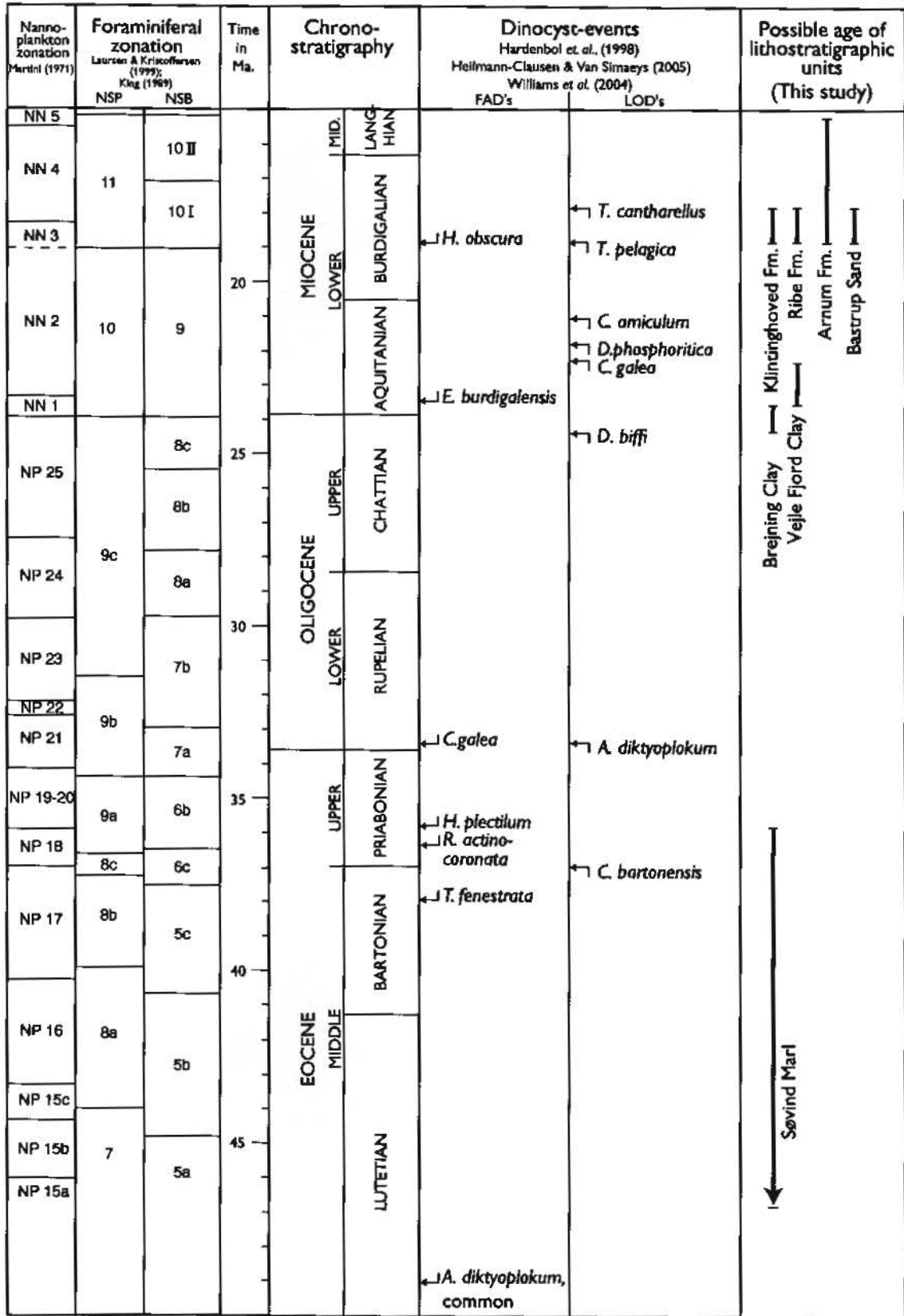


Fig.04



DK-M02.02.007.03-KJ001

Vest

Øst

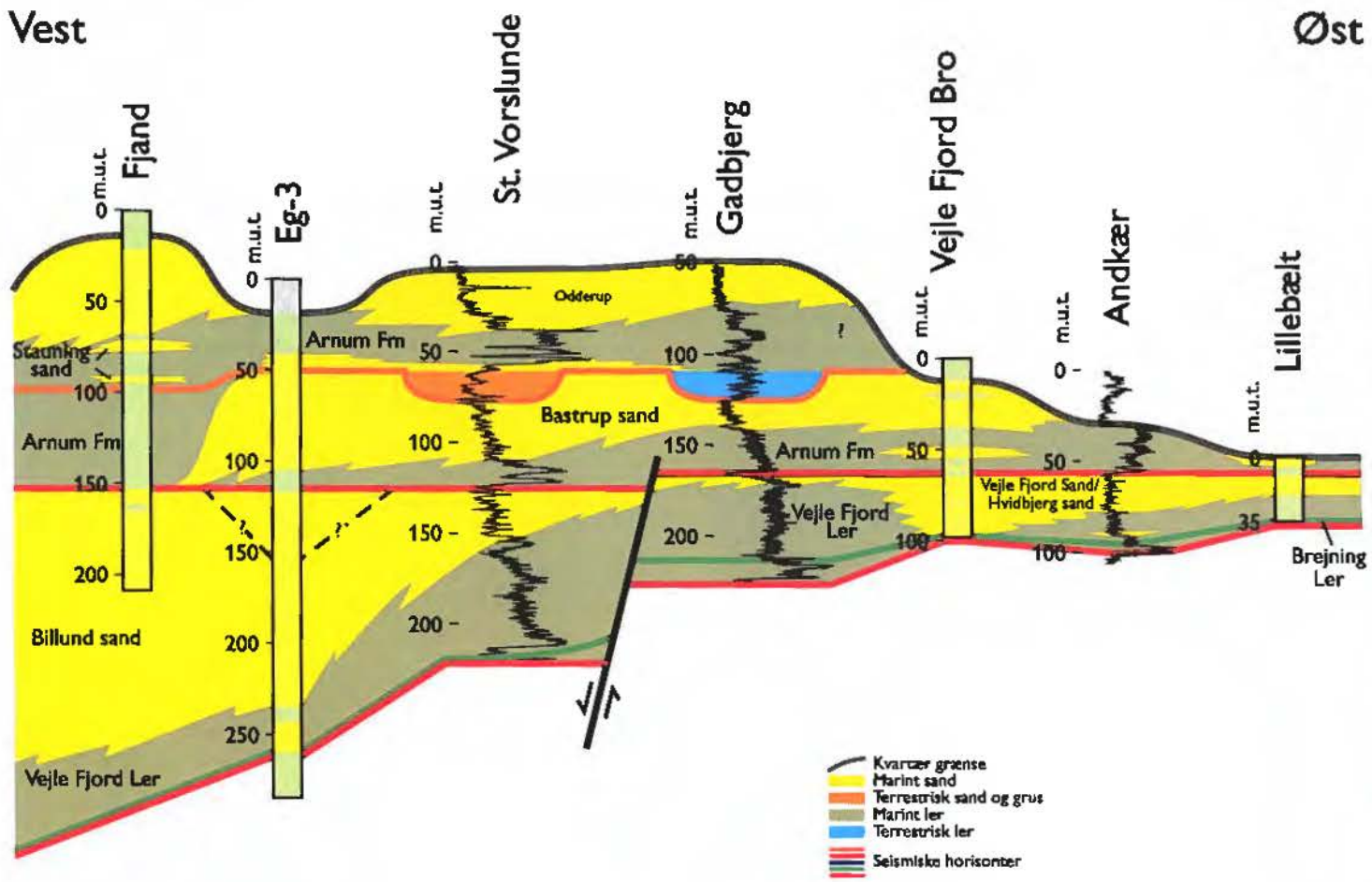


Fig.06

Bilag

- Bilag 1: Rangechart for dinoflagellat cyster i den øverste oligocæne – miocæne lagserie i Andkær-boringen. Dinoflagellaterne og de øvrige viste palynomorfgrupper er organiseret efter sidsteforekomster. Deres relative hyppighed er her vist semikvantitativt. De vigtigste biohorisonter er angivet under "bioevents".
- Bilag 2: Rangechart der viser de relative procenter af dinoflagellat taxa og ferskvandsalger i Andkær-boringens øverste oligocæne – miocæne lagserie.

