

# Oligocæn - miocæn dinoflagellat-stratigrafi i Vorbasse-boringen, Ribe Amt

Inklusive en regionalgeologisk model  
for Midt- og Sønderjylland

Karen Dybkjær og Erik Skovbjerg Rasmussen

# **Oligocæn - miocæn dinoflagellat-stratigrafi i Vorbasse-boringen, Ribe Amt**

Inklusive en regionalgeologisk model  
for Midt- og Sønderjylland

Karen Dybkjær og Erik Skovbjerg Rasmussen

# Indhold

<b>Sammenfatning</b> .....	<b>3</b>
<b>Indledning</b> .....	<b>4</b>
<b>Geologisk ramme</b> .....	<b>5</b>
<b>Kronostratigrafi</b> .....	<b>7</b>
<b>Litostratigrafi</b> .....	<b>8</b>
<b>Metoder</b> .....	<b>9</b>
Litologi .....	9
Palynologi .....	9
<b>Sedimentologisk beskrivelse</b> .....	<b>10</b>
<b>Palynologi/biostratigrafi</b> .....	<b>14</b>
<b>Søvind Mergel Formationen</b> .....	<b>14</b>
<b>Vejle Fjord Formationen</b> .....	<b>15</b>
Vejle Fjord Ler og -Sand .....	15
<b>Nedre Arnum Formation</b> .....	<b>16</b>
<b>Bastrup sand</b> .....	<b>17</b>
<b>Øvre Arnum Formation</b> .....	<b>18</b>
<b>Odderup Formationen</b> .....	<b>19</b>
<b>Seismisk tolkning</b> .....	<b>21</b>
<b>Geologisk model for den nordøstlige del af Ribe Amt</b> .....	<b>23</b>
<b>Sekvens B (Vejle Fjord Ler og Hvidbjerg sand)</b> .....	<b>23</b>
<b>Sekvens C (Nedre Arnum Formation og Bastrup sand)</b> .....	<b>23</b>
<b>Sekvens D (Øvre Arnum Formation og Odderup Formation)</b> .....	<b>23</b>
<b>Regionalgeologisk model</b> .....	<b>24</b>
<b>Konklusion</b> .....	<b>25</b>
<b>Referencer</b> .....	<b>26</b>
<b>Bilag</b> .....	<b>28</b>

# Sammenfatning

I foråret 2001 blev der boret en boring ved Vorbasse. Formålet med boringen var at afklare i hvilke niveauer i den oligocæne og miocæne lagserie man kunne forvente sand eller grus af en sådan beskaffenhed at de udgør mulige grundvandsmagasiner. Materialet fra boringen er beskrevet litologisk og 31 udvalgte prøver er blevet analyseret biostratigrafisk.

Den biostratigrafiske opdeling af lagserien er baseret på dinoflagellatstratigrafi. Fossile dinoflagellatcyster (fra éncellede marine alger) har vist sig at være et effektivt biostratigrafisk redskab til at datere lagserien og opdele den i mindre enheder (biozoner) som kan korreleres på tværs af litologien. Kombineret med sedimentologiske undersøgelser er det desuden muligt at lave detaljerede tolkninger af aflejningsmiljøer og ændringer i disse.

Sekvensstratigrafi, hvor korrelation af erosionsflader og markante marine flader bruges til at korrelere borer, er ligeledes et meget vigtigt værktøj til at udrede stratigrafi. Ved at integrere palynologi/dinoflagellatstratigrafi og sekvensstratigrafi er det muligt at opstille en detaljeret geologisk model for de oligocæne-miocæne aflejringer i amtet. En sådan model kan korrelerer marine og fluviatile aflejringer og give en dybere forståelse af fordelingen af litologier og dermed en forbedret kortlægning af potentielle grundvandsmagasiner.

Resultaterne fra Vorbasse-boringen passer meget fint med den regionale geologiske model (se Dybkjær et al. 2001 og Rasmussen 2001).

Der blev fundet tre niveauer med sand:

82-103m: Odderup Formationen

122-143m: Bastrup sand

166-194m: Bastrup sand

Kun det øverste sandlag (Odderup Formationen) har en mægtighed, der gør det interessant som potentielt grundvandsmagasin. Endvidere kan det midterste sandlag, der ud fra seismikken tolkes til at være aflejret i kanaler, muligvis lokalt udgøre et betydeligt grundvandsmagasin.

Resultaterne danner et godt udgangspunkt for at opbygge en detaljeret stratigrafisk opdeling af den oligocæne-miocæne lagserie i Ribe Amt, men bør udbygges med en mere systematisk undersøgelse og med flere stratigrafiske borer. De detaljerede undersøgelser udført for Vejle Amt (Dybkjær et al. 2001) viser at der lokalt kan forekomme op til tre niveauer med gode, potentielle grundvandsmagasiner.



## Indledning

I forbindelse med kortlægning af grundvandsmagasiner i Ribe Amt blev der i foråret 2001 boret en boring ved Vorbasse (fig. 1). Boringen skulle afklare i hvilke niveauer i den oligocæne - miocæne lagserie man kunne forvente sand- eller gruslag af en sådan beskaffenhed at de udgør mulige grundvandsmagasiner. Boringens placering blev bestemt ud fra en seismisk tolkning af den miocæne lagpakke, der viste højamplitude-hældende reflektorer, der kunne tolkes som en prograderende kystlinie/delta.

Tidligere undersøgelser (Dybkjær *et al.* 1999; Dybkjær & Rasmussen 2000; Dybkjær *et al.* 2001) har vist at dinoflagellatstratigrafi er den bedste biostratigrafiske metode i de oligocæne og miocæne sedimenter og at denne metode, kombineret med sekvensstratigrafi, kan udrede de stratigrafiske forhold for lagserien. En detaljeret stratigrafisk ramme er nødvendig, hvis man skal lave en detaljeret tredimensionel kortlægning af grundvandsmagasiner i amtet.

## Geologisk ramme

Nordsø-bassinet er blevet dannet som en konsekvens af den termale indsynkning, der efterfulgte gravdannelsen i Jura (Ziegler 1982; Vejbæk 1992). Dette bassin strakte sig fra Norge i nord, nedover Skåne, Baltikum og Nordtyskland, hvorefter den sydlige afgrænsning forløb nedover Belgien og Nordfrankrig. Den vestlige afgrænsning er mere upræcist, men har formodentligt forløbet op langs Østengland og videre op langs Skotlands- og Shetlandsøernes østkyst. Mellem Shetland og Norge var der et smalt stræde, der virkede som en barriere så Nordsøen i perioder har været brakt. Den maksimale udbredelse af havet i dette bassin forekom i Øvre Kridt, hvor kalk og limsten blev aflejret. I forbindelse med Den alpine Foldning (Øvre Kridt og Paleocæn) blev dele af bassinet kraftig påvirket. Dette resulterede i kraftig inversionstektonik og sandsynligvis også i hævnning af Det fennoskandiske Skjold. Specielt ses en markant udbygning af kystlinien i bassinet fra nord i Eocæn, men paleocæne gravitetsafsætninger på Ringkøbing-Fyn Højderyggen (Danielsen *et al.* 1995) indikerer formodentligt at udbygningen startede allerede på dette tidspunkt. Udbygningen i den centrale del af bassinet var karakteriseret ved en typisk sokkeludbygning i et hav med 500 – 700 meters vandybde. Længere mod øst (det nuværende Danmark) var vandybderne væsentligt lavere, mellem 0 og ca. 100 meter (Hindsby *et al.* 1999). I Paleocæn og Eocæn tid var udbygningen koncentreret til de marginale dele af bassinet syd for det nuværende Norge (f.eks. Jordt *et al.* 1985) mens aflejringerne i Danmark var domineret af finkornede sedimenter (Heilmann-Clausen 1995). I Oligocæn nåede udbygningen ned i det danske område (fig. 2a) og der aflejredes lavmarine, sandrige sedimenter i Nordjylland og Midtjylland, især omkring Ringkøbing-Fyn Højderyggen (fig. 3). 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 & Dybkjær 1999). Tektoniske bevægelser i Oligocæn har sandsynligvis haft indflydelse på kildeområdet og aflejringens mønstret. Ligeledes har globale havniveauændringer i Oligocæn også sat sit præg på aflejringens miljøet, bla. ved at en stor del af Nedre Oligocæn mangler (f.eks. Michelsen 1994; Heilmann-Clausen 1995). Specielt i Sønderjylland mangler disse sedimenter, mens Nedre Oligocæne aflejringer er bevaret i Nordjylland i depressioner relateret til saltstrukturer og depressioner dannet i forbindelse med grundfjelds-relateret tektoniske bevægelser i Oligocæn. I Øvre Oligocæn transgrederedes Det danske Bassin på ny. Den topografi, der dannedes i forbindelse med de tektoniske bevægelser har haft afgørende betydning for aflejringens miljøet. Ringkøbing-Fyn Højderyggen spillede en særlig rolle her i det den adskilte mere åben marine/kystprograderende aflejringens miljøer syd for ryggen fra parallelle/afsnørede miljøer nord for ryggen (fig. 3) (Rasmussen & Dybkjær 1999). 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 Aquitanien (nedre Nedre Miocæn) (fig. 2b) (Rasmussen 1996) og da udbygningen skete under stadig faldende havniveau aflejredes forholdsvis rent sand og grus. Efter havniveauet i Aquitanien steg havniveauet generelt op igennem Miocæn med maksimum i Seravallien (øvre Melle Miocæn) (Printice & Matthews 1988). Nye tektoniske bevægelser karakteriserede bassinet i slutningen af Burdigalien (øvre Nedre Miocæn). Dette resulterede i nye udbygninger, bl.a. aflejringer beriget med tungminerale (fig. 2c og d).

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. 2d). Langhien (Mellem Miocæn) repræsenterer en vigtig fase i udviklingen af Nordsø Bassinet. Midt i perioden skete der en markant transgression og ligeledes viser forkastninger i Odderup Formationen at tektonisk aktivitet foregik ved denne overgang (Koch 1989). Kildeområdet skiftede i denne periode fra overvejende nord i Nedre Miocæn til nordøst og øst i Mellem og Øvre Miocæn.

## Kronostratigrafi

Der er gennem de sidste 15 år sket en markant udvikling i dateringer og opdeling af sedimentære lagserier. Dels er sekvensstratigrafi blevet etableret og dels er vi begyndt at bruge dinoflagellatcyster, som pga. deres ringe størrelse (gennemsnitligt omkring 1/10 mm) og deres bevaringspotentiale er langt mere brugbare i kystnære aflejringer end tidligere benyttede fossiler som foraminiferer og muslinger. Yderligere er der sket en ensartethed i kronostratigrafien i Nordvest Europa og for såvidt muligt også globalt. Det har medført at grænser mellem kronostratigrafiske enheder er blevet ændret og nye navne er blevet tilføjet (fig. 4). Derudover er gamle "kendte" navne som Tertiær skiftet ud med Palæogen (Palæocæn, Eocæn og Oligocæn) og Neogen (Miocæn og Pliocæn).

Den detaljeringsgrad, som vi nu er istand til at opdele lagserien i, gør det nødvendigt at indføre nye navne. Vi kan ikke længere nøjes med at bruge Nedre, Mellem og Øvre Miocæn om de sedimentter, der udgør grundvandsmagasinerne i Jylland. Derfor er det praktisk at indføre den inddeling af miocænet som er blevet standard over det meste af verden (fig. 4). Det medfører at Nedre Miocæn er opdelt i Aquitanien og Burdigalien. Mellem Miocæn er opdelt i Langhien og Serravalien og endeligt er Øvre Miocæn inddelt i Tortonien og Messinien.

## Litostratigrafi

Den øvre oligocæne – miocæne litostratigrafi, der vil blive benyttet her, er baseret på de undersøgelser, som er foretaget gennem de sidste 3 år (Rasmussen 2001). Den ældste litostratigrafiske enhed er Vejle Fjord Formationen (fig. 4). Vejle Fjord Formationen er formelt inddelt i 3 led: Brejning Ler, Vejle Fjord Ler og Vejle Fjord Sand. Resultaterne fra nærværende studie af dinoflagellater indikerer at Brejning Leret skal henregnes til øverste Øvre Oligocæn, mens den resterende del af Vejle Fjord Formationen skal henregnes til øverste Øvre Oligocæn – nedre Aquitanien. Herover kommer de to uformelle enheder, Hvidbjerg sand og Vandel sand, der er af tidlig Aquitanien alder. Hvidbjerg- og Vandel sandet følges af Ribe Formationen, der overvejende er Aquitanien, men muligvis strækker sig op i nedre Burdigalien. Ribe Formationen overlejres af Arnum Formationen, der generelt er finkornet. I det centrale Jylland kiler der sig en sandrig enhed ind i Arnum Formationen. Dette sand kaldes her for Bastrup sand. Over Arnum Formationen kommer den sandrige Odderup Formation. Arnum Formationen, Bastrup sand og det nederste af Odderup Formationen er af Burdigalien alder og grænsen til Langhien (Mellem Miocæn) ligger formodentligt inde i Odderup Formationen. Herover har vi i Danmark kun finkornede sedimenter, disse er kendt som Hodde Ler og Gram Ler. Disse formationer er af Serravalien og Tortonien alder (Mellem og Øvre Miocæn).

## Metoder

Nærværende rapport bygger på data fra Vorbasse-boringen (DGU-123-1167).

## Litologi

Litologien af de gennemborede lag er vist på figur 5. Den signatur, der er angivet i den litologiske søjle svarer til hver prøve. Der er altså en signatur for hver meter. Litologien er opdelt i grus, sand, silt og ler. Er der mange sten i en sandprøve er det angivet med en enkelt grus-signatur (cirkel). På den litologiske søjle er der også indikeret, hvilken formation, der er gennemboret. Endeligt er der vist om der er registreret mollusker.

## Palynologi

Til den palynologiske undersøgelse blev der udtaget 43 prøver ialt. Prøverne blev behandlet i det stratigrafiske laboratorium på GEUS efter palynologiske standardmetoder, omfattende behandling med HCl, HF, HNO<sub>3</sub> 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 glycerin-gelantine på præparatglas. Efter en hurtig gennemgang af præparaterne blev der udvalgt en serie på 31 prøver til videre analyse (ud fra kriterier som størst indhold af velbevarede dinoflagellater samt en jævn fordeling af prøver). Disse prøver blev så undersøgt i lysmikroskop. Først blev fordelingen af organiske partikler i hver prøve beskrevet, til brug for tolkningen af aflejningsmiljøet. Så blev alle tilstedeværende dinoflagellatarter registreret og der blev talt minimum 200 eksemplarer per prøve til brug for kvantitative analyser. Endelig blev procentandelen af andre marine alger, acritarcher samt ferskvandsalger registreret.

Resultaterne af det palynologiske studie er præsenteret i et såkaldt "range-chart", bilag 1 og 2. På basis af dette "range-chart" er der udpeget en række dinoflagellatbiohorisonter ("first appearance datum" (FAD) eller "last occurrence datum" (LOD) af en dinoflagellatart, eller evt. masseforekomster), der menes at kunne bruges stratigrafisk. Disse er angivet på "rangechartet".

Procentandelen af den enkelte dinoflagellatart og den enkelte ferskvandsalge-type i forhold til summen af registrerede dinoflagellater og ferskvandsalger i hver prøve, er vist i bilag 3. Disse variationer i dinoflagellatselskabet og i ferskvandsalgeselskabet afspejler dels stratigrafiske ændringer og dels ændringer i aflejningsmiljøet, f.eks. i salinitet, tilførsel af næringsstoffer og i havvandstemperaturer. Stor andel af ferskvandsalger (FA) indikerer f.eks. stor tilførsel af ferskvand til aflejningsområdet, som det bl.a. ses i Bastrup sandet, mens stor andel af *Homotryblium* ifølge Brinkhuis (1994) indikerer et afsnøret marint aflejningsmiljø med brakvandsforhold, som det ses i Vejle Fjord Ler og -Sand.

# Sedimentologisk beskrivelse

(Vorbasse-boringen, DGU-123-1167)

- 81-82 Gråt, velsorteret sand med enkelte grå lerlag.
- 82-83 Gråt, dårligt sorteret sand.
- 83-84 Gråt, mellemkornet sand med lignit.
- 84-85 Gråt, mellemkornet sand.
- 85-86 Gråt, mellemkornet sand.
- 86-87 Gråt, mellem- til grovkornet sand.
- 87-88 Gråt, mellem- til grovkornet sand. Lidt gruset.
- 88-89 Gråt, mellem- til grovkornet sand.
- 89-90 Gråt, mellemkornet sand med grus.
- 90-91 Gråt, mellemkornet sand med grus.
- 91-92 Gråt, mellemkornet sand med grus.
- 92-93 Gråt, mellemkornet sand med grus.
- 93-94 Gråt, grovkornet sand med enkelte mørkebrune, siltede lerbånd.
- 94-95 Gråt grus med mørkebrune, siltede lerbånd.
- 95-96 Gråt, mellem til grovkornet sand med mørkebrune, siltede lerbånd.
- 96-97 Gråt, grovkornet sand med mørkebrune, siltede lerbånd.
- 97-98 Gråt, grovkornet sand med mørkebrune, siltede lerbånd.
- 98-99 Gråt grus og mellemkornet sand.
- 99-100 Gråt grus og mellemkornet sand.
- 100-101 Gråt grus og mellemkornet sand.
- 101-102 Gråt, mellem til grovkornet sand med mørkebrune, siltede lerbånd.
- 102-103 Gråt finsand med tungminerale og lignit.
- 103-104 Gråt finsand med tungminerale.
- 104-105 Gråt finsand med tungminerale.
- 105-106 Gråt finsand med tungminerale.
- 106-107 Gråt finsand med tungminerale.
- 107-108 Gråt, gruset finsand med tungminerale.
- 108-109 Gråt, gruset finsand med tungminerale.
- 109-110 Gråt finsand med cementeret sandsten og tungminerale.
- 110-111 Gråt finsand med cementeret sandsten og tungminerale.
- 111-112 Gråt finsand med cementeret sandsten og tungminerale.
- 112-113 Gråt finsand med cementeret sandsten og tungminerale.
- 113-114 Gråt, leret finsand med cementeret sandsten og tungminerale.
- 114-115 Gråt finsand med cementeret sandsten og tungminerale.
- 115-116 Gråt finsand med cementeret sandsten og tungminerale.
- 116-117 Gråt, leret finsand med cementeret sandsten og tungminerale.
- 117-118 Gråt finsand med cementeret sandsten og tungminerale.
- 118-119 Gråt finsand med cementeret sandsten og tungminerale.
- 119-120 Mørkebrunt silt.
- 120-121 Mørkebrunt finsand.
- 121-122 Mørkebrunt siltet ler med grus.
- 122-123 Gråt grus.



123-124 Gråt, grovkornet sand.  
124-125 Gråt grus.  
125-126 Gråt grus med mørkebrune, siltede lerbånd.  
126-127 Gråt grus.  
127-128 Sort til brunt siltet finsand og grus.  
128-129 Gråt grus med mørkebrune, siltede lerbånd.  
129-130 Gråt grus.  
130-131 Gråt finsand, cementeret sand og tynde lerlag.  
131-132 Gråt finsand, cementeret sand og tungminerale.  
132-133 Gråt finsand, cementeret sand og tungminerale.  
133-134 Gråt finsand, cementeret sand og tungminerale.  
134-135 Gråt finsand, cementeret sand og tungminerale.  
135-136 Gråt finsand, cementeret sand og tungminerale.  
137-138 Gråt finsand, cementeret sand og tungminerale.  
138-139 Gråt finsand, cementeret sand og tungminerale.  
139-140 Gråt finsand, cementeret sand og tungminerale.  
140-141 Gråt finsand, cementeret sand og tungminerale.  
141-142 Gråt finsand, cementeret sand.  
142-143 Gråt finsand, cementeret sand.  
143-144 Brunt, siltet ler.  
144-145 Brunt, siltet ler.  
145-146 Lamineret finsand.  
146-147 Brunt, siltet ler.  
147-148 Lamineret finsand med brunt silt.  
148-149 Brunt, siltet ler med finsandslaminae.  
149-150 Mørkebrunt, siltet ler med finsandslaminae.  
150-151 Mørkebrunt, siltet ler.  
151-152 Brunt siltet ler med finsandslaminae.  
152-153 Brunt siltet ler med finsandslaminae.  
153-154 Brunt siltet ler med finsandslaminae.  
154-155 Brunt siltet ler med finsandslaminae.  
155-156 Brunt siltet ler med finsandslaminae.  
156-157 Brunt siltet ler med finsandslaminae.  
157-158 Brunt siltet ler med finsandslaminae.  
158-158 Gråt, siltet finsand.  
158-159 Gråt, siltet finsand.  
159-160 Gråt, siltet finsand.  
160-161 Gråt finsand.  
161-162 Mørkebrunt, siltet ler med finsand.  
162-163 Mørkebrunt, siltet ler med finsand.  
163-164 Mørkebrunt, siltet ler med finsand.  
164-165 Mørkebrunt, siltet ler med finsand.  
165-166 Mørkebrunt, siltet ler med finsand og grus.  
166-167 Gråt finsand med tynde lerlag.  
167-168 Gråt finsand med tynde lerlag.  
168-169 Gråt finsand med tynde lerlag.  
169-170 Gråt finsand.



170-171 Gråt finsand.  
171-172 Gråt finsand.  
172-173 Gråt finsand med tynde lerlag.  
173-174 Gråt finsand med tynde lerlag.  
174-175 Gråt finsand med tynde lerlag.  
175-176 Gråt finsand med tynde lerlag.  
176-177 Gråt finsand med tynde lerlag.  
177-178 Gråt finsand med tynde lerlag.  
178-179 Gråt finsand med tynde lerlag.  
179-180 Gråt finsand med tynde lerlag.  
180-181 Gråt finsand med tynde lerlag.  
181-182 Gråt finsand med tynde lerlag.  
182-183 Gråt finsand med tynde lerlag.  
183-184 Gråt finsand med tynde lerlag.  
184-185 Gråt finsand med tynde lerlag.  
185-186 Siltet ler med tynde finsandslag.  
186-187 Gråt finsand med tynde lerlag.  
187-188 Gråt finsand med tynde lerlag.  
188-189 Gråt finsand.  
189-190 Gråt finsand.  
190-191 Gråt finsand med tynde lerlag.  
190-191 Gråt finsand.  
191-192 Gråt finsand.  
192-193 Siltet ler med tynde finsandslag.  
193-194 Gråt finsand med tynde, siltede lerlag.  
194-195 Veksellejret finsand og siltet ler.  
195-196 Mørkebrune, siltede lerlag.  
196-197 Mørkebrune, siltede lerlag med grus.  
197-198 Gråt finsand med tynde, mørkebrune, siltede lerlag.  
198-199 Grus med mørkebrunt ler.  
199-200 Mørkebrunt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag og grus.  
200-201 Mørkebrunt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag og grus.  
201-202 Mørkebrunt, glimmerholdigt silt med finsandslag og grus.  
202-203 Mørkebrunt, glimmerholdigt silt med finsandslag og sten.  
203-204 Gråt til hvidt, glimmerholdigt silt med finsandslag.  
204-205 Gråt til hvidt, glimmerholdigt silt med finsandslag.  
205-206 Gråt til hvidt finsand med tungminerale.  
206-207 Gråt til hvidt, glimmerholdigt silt med finsandslag og mørkebrune lerlag.  
207-208 Gråt til hvidt, glimmerholdigt silt med finsandslag.  
208-209 Gråt til hvidt, glimmerholdigt silt med finsandslag.  
209-210 Gråt til hvidt, glimmerholdigt silt med finsandslag.  
210-211 Gråt til hvidt, glimmerholdigt silt med finsandslag.  
211-212 Gråt til hvidt, glimmerholdigt silt med finsandslag.  
212-213 Gråt til hvidt, glimmerholdigt silt med finsandslag.  
213-214 Gråt til hvidt finsand.  
214-215 Gråt til hvidt finsand.  
215-216 Gråt til hvidt, glimmerholdigt silt med finsandslag.

216-217 Gråt til hvidt, glimmerholdigt silt med finsandslag.  
217-218 Gråt til hvidt, glimmerholdigt silt med finsandslag.  
218-219 Gråt til hvidt finsand.  
219-220 Gråt til hvidt finsand.  
220-221 Gråt til hvidt, glimmerholdigt silt med finsandslag.  
221-222 Gråt til hvidt, glimmerholdigt silt med finsandslag.  
222-223 Gråt til hvidt, glimmerholdigt silt med finsandslag.  
223-224 Gråt til hvidt, glimmerholdigt silt med finsandslag.  
224-225 Gråt til hvidt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
225-226 Gråt til hvidt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
226-227 Gråt til hvidt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
227-228 Gråt til hvidt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
228-229 Gråt til hvidt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
229-230 Gråt til hvidt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
230-231 Gråt til hvidt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
231-232 Gråt til hvidt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
232-233 Gråt til hvidt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
233-234 Gråt til hvidt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
234-235 Gråt til hvidt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
235-236 Mørkebrunt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
236-237 Mørkebrunt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
237-238 Mørkebrunt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
238-239 Mørkebrunt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
239-240 Mørkebrunt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
240-241 Mørkebrunt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
241-242 Mørkebrunt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
242-243 Mørkebrunt, glimmerholdigt, siltet ler med finsandslag.  
243-244 Mørkebrunt, glimmerholdigt, siltet ler.  
244-245 Mørkebrunt, glimmerholdigt, siltet ler.  
245-246 Mørkebrunt, glimmerholdigt ler med finsandslaminae.  
246-247 Mørkebrunt til grønligt, glimmerholdigt ler, Glaucony.  
247-248 Gråt til brunligt, fedt ler.  
248-249 Gråt til brunligt, fedt ler.  
249-250 Gråt til brunligt, fedt ler.  
250-251 Gråt til brunligt, fedt ler.  
251-252 Grå-grønligt, fedt ler.  
252-253 Grå-grønligt, fedt ler.  
253-254 Grå-grønligt, fedt ler.  
254-255 Grå-grønligt, fedt ler.  
255-256 Grå-grønligt, fedt ler.  
256-257 Grå-grønligt, fedt ler.  
257-258 Grå-grønligt, fedt ler.  
258-259 Grå-grønligt, fedt ler.

## 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 foraminifer-zoneringen opstillet af hhv. Martini (1971) og King (1989).

### Søvind Mergel Formationen

**Tilstedeværelse:** Formationen er repræsenteret i intervallet 258m-247m.

**Aflejringsmiljø:** S sammensætningen af organiske sedimentære partikler i Søvind Mergelen er karakteriseret ved en kraftig dominans af marine dinoflagellater. Derudover ses sporadisk bisaccate pollen og træpartikler. Disse observationer indikerer et fuldmarint aflejningsmiljø.

**Dinoflagellatselskab:** Blandt dinoflagellaterne dominerer *Spiniferites*, *Areosphaeridium dictyoplokum* og *Systematophora placacantha* (bilag 1-3). Følgende arter forekommer jævnligt: *Achomosphaera alcicornu*, *Cordosphaeridium gracile*, *Diphyes pseudoficusoides*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Melitasphaeridium asterigum*, *Operculodinium centrocarpum*, *Cribooperidinium guisepei*, *Thalassiphora pelagica*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Impagidinium patulum*, samt *Phthanoperidinium geminatum*.

#### Biohorisonter:

Den almindelige forekomst af *Areosphaeridium dictyoplokum* og *Diphyes colligerum* i den nederste prøve indikerer en Mellem Eocæn (Lutetien) alder, mens forekomsten af *Heteraulacacysta porosa* i den øverste prøve indikerer en Mellem Eocæn (Bartonien) alder for denne prøve (Bujak & Mudge 1994; Hardenbol *et al.* 1998) (bilag 1-3, fig. 6).

**Alder:** Mellem Eocæn (Lutetien og Bartonien).

**Foraminifer/nannoplankton-zonering:** De ovenfor nævnte dinoflagellat-biohorisonter kan korreleres til nannoplankton-zonerne NP15–NP17 ifølge Hardenbol *et al.* (1998) (fig. 6). Ifølge Heilmann-Clausen (1995) tilhører Søvind Mergelen nannoplankton-zone NP15–NP21 (Martini 1971).

## Vejle Fjord Formationen

### Vejle Fjord Ler og -Sand

**Tilstedeværelse:** I intervallet 247m-209m.

**Aflejringsmiljø:** De sedimentære organiske partikler i denne enhed er kraftigt domineret af træpartikler, mørkebrunt amorft organisk materiale (AOM) og bisaccate pollen. Dinoflagellaterne er tydeligt mindre hyppige end i det underliggende sediment, i nogle prøver endda meget sporadiske. Desuden forekommer en del acritarcher og ferskvandsalger, især *Botryococcus* spp. Blandt dinoflagellaterne dominerer *Homotryblium*, der hovedsageligt forekommer i afsnørede marine (lagunære) aflejringsmiljøer (Brinkhuis 1994). Disse observationer tyder på et afsnøret marint, formodentligt brakvandsmiljø, med stor tilførsel af terrestrisk materiale.

#### Dinoflagellatselskab:

*Spiniferites*, *Homotryblium tenuispinosum* samt *Dapsilidinium pseudocolligerum* dominerer (bilag 1-3). Artsdiversiteten er generelt lavere end i Søvind Mergelen og end i den overlejlende nedre del af Arnum Formationen. *Membranilarnacia picena* group, *Distatodinium paradoxum*, *Operculodinium centrocarpum*, *Tityrosphaeridium cantharellus*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Lingulodinium machaerophorum* og *Systematophora placacantha* forekommer alle almindeligt.

#### Biohorisonter:

Den sporadiske forekomst af *Chiropteridium galea* op til 241m (bilag 1 og 2) indikerer en alder ikke yngre end tidlig Aquitanien, samtidigt med at fraværet af *Distatodinium biffi* indikerer en alder ikke ældre end seneste Sen Oligocæn (seneste Chattien) (Zevenboom 1996; Hardenbol *et al.* 1998) (fig. 6). *Homotryblium tenuispinosum* dominerer dinocyst-selskabet op til 214m (bilag 3). Tilsyneladende kan toppen af den dominerende forekomst af *Homotryblium* bruges til at udpege toppen af Vejle Fjord Formationen i området repræsenteret af Vorbasse boringen. Dette kendes også fra en række andre boringer i Midt- og Sønderjylland (Dybkjær *et al.* 2001).

**Alder:** seneste Sen Oligocæn (seneste Chattien) – tidlig Aquitanien.

**Foraminifer/nannofossil-zonering:** Ifølge Hardenbol *et al.* (1998) kan de ovenfor nævnte dinoflagellat-biohorisonter (fra sidsteforekomst af *D. biffi* til sidsteforekomst af *C. galea*) korreleres til den øverste del af NP25 – nederste del af NN2, (Martini 1971) (fig. 6). Ifølge Laursen & Kristoffersen (1999) korrelerer successionen mellem Brejning Leret og Arnum Formationen i Høruphav-boringen til foraminifer-zonerne NSP10–11 og NSB 9 (King 1989), hvilket stemmer fint overens med dateringen baseret på dinoflagellater.

## Nedre Arnum Formation

**Tilstedeværelse:** Den nedre del af Arnum Formationen er repræsenteret i 2 intervaller: 209-195m og 166-143m.

**Aflejringsmiljø:** De sedimentære organiske partikler er domineret af brunt AOM, træpartikler og saccate pollen. Den relative mængde af dinoflagellater varierer noget, men er generelt højere end i Vejle Fjord Formationen. Desuden forekommer *Homotryblium* kun sporadisk, mens flere nye arter kommer til, hvilket resulterer i en højere artsdiversitet af dinoflagellater end i Vejle Fjord Formationen. I visse niveauer er der en del ferskvandsalger, især *Pediastrum*, og også en del eksemplarer af ferskvandsdinoflagellaten *Pseudokomewuia* aff. *granulata*.

Den højere relative hyppighed og artsdiversitet af dinoflagellater indikerer et mere åbent marint miljø end i Vejle Fjord Formationen. Forekomsten blandt ferskvandsalgerne af såvel *Pediastrum*, *Botryococcus*, samt *Pseudokomewuia* aff. *granulata* tyder på at det er et fuld-marint miljø (ikke brakvand), hvori ferskvandsalgerne er skyllet ud (Batten 1996). Disse observationer indikerer samlet, at der sker en ændring mod mere åbne marine forhold på overgangen mellem Vejle Fjord Formationen og den nedre del af Arnum Formationen.

**Dinoflagellatselskab:** *Spiniferites* og *Systematophora placacantha* dominerer i den nedre del af Arnum Formationen. Artsdiversiteten er markant højere i den nedre del af Arnum Formationen end i Vejle Fjord Ler og Sand. Arterne *Operculodinium centrocarpum*, *Hystri-chokolpoma rigaudiae*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Dapsilidinium pseudocolligerum* og *Apteodinium australiense* forekommer alle almindeligt. Desuden ses *Impletosphaeridium insolitum* at have et mindre acme i de to intervaller repræsenterende den nedre del af Arnum Formationen (bilag 3).

### Biohorisonter:

Førsteforekomsten af *Sumatradinium hamulatum* i 195m indikerer en alder ikke ældre end midt Aquitanien, mens førsteforekomsten af *Hystrichosphaerosis obscura* i 166m indikerer en tidlig Burdigalien alder (Hardenbol et al. 1998) (fig. 6).

Desuden korrelerer førsteforekomsterne af *Polysphaeridium zoharyi* og *Operculodinium israelianum* i 205m, af *Operculodinium piaseckii* i 195m, samt sidsteforekomsten af *Thalassiphora pelagica* i 166m til den nedre del af Arnum Formationen i en række andre borer i Midt- og Sønderjylland (Dybkjær et al. 2001). Disse første- og sidsteforekomster er p.t. ikke brugbare til datering. Også det svage acme af *Impletosphaeridium insolitum* fra 205 -195m og fra 157-148m, samt den almindelige forekomst af ferskvandsdinoflagellaten *Pseudokomewuia* aff. *granulata* fra 205m (se bilag 3) indikerer en korrelation til den nedre del af Arnum Formationen (Dybkjær et al. 2001).

**Alder:** Den nedre del af Arnum Formationen er af Tidlig Miocæn alder, ?sen Aquitanien til tidlig Burdigalien.

**Foraminifer/nannofossil-zonering:** Ifølge Hardenbol *et al.* (1998) kan intervallet fra FAD *S. hamulatum* til LOD *T. cantharellus* korreleres til NN2 – nedre del af NN4 (Martini 1971) (fig. 6). Laursen & Kristoffersen (1999) har identificeret NSP 11 og NSB 10 I–10 II (King 1989) i Arnum Formationen. Dette tyder på at Arnum Formationen er af Burdigalien alder, hvilket generelt stemmer overens med dateringerne baseret på dinoflagellater.

## Bastrup sand

**Tilstedeværelse:** Den uformelle enhed, Bastrup sand, er repræsenteret i 2 intervaller: 195-166m og 143-122m. På grund af den overvejende grovkornede facies, især i det nederste interval, forventedes indholdet af dinoflagellater at være ret begrænset. Derfor er der udtaget relativt få prøver fra dette interval.

**Aflejringsmiljø:** De sedimentære organiske partikler er domineret af brunt AOM, træpartikler og saccate og non-saccate pollen. Den relative andel af dinoflagellater varierer en del, men generelt er der færre dinoflagellater end i intervallerne henført til Arnum Formationen. Især i prøverne 187m, 178m, 140m og 135m er der meget få dinoflagellater. Disse prøver indeholder til gengæld relativt mange ferskvandsalger, især *Pediastrum*. En dominans blandt ferskvandsalgerne af *Pediastrum* indikerer et limnisk aflejringsmiljø da denne art ikke er nær så tolerant for brakvand som *Botryococcus* (Batten 1996).

Denne sammensætningen af sedimentære organiske partikler indikerer et kystnært, marint aflejringsmiljø med stor influx af ferskvand.

**Dinoflagellatselskab:** Dinoflagellatselskabet i Bastrup sandet er stort set identisk med det, der kendetegner den nedre del af Arnum Formationen. Generelt er der lidt færre *Systematophora placacantha*, *Operculodinium centrocarpum* og *Impletosphaeridium insolitum* og lidt flere *Spiniferites* og *Lingulodinium machaerophorum* i Bastrup sandet. I prøverne 140m og 135m er der desuden lidt flere *Polysphaeridium zoharyi*. Endelig er der relativt mange *Apteodinium tectatum* i 135m. Den relativt store andel af omlejrede Paleocæne og Eocæne dinoflagellater i 195m, samt i intervallet 140-131m indikerer influx fra et kildeområde, hvor Paleocæne og Eocæne aflejringer var blottede i denne periode.

### Biohorisonter:

Førsteforekomsten af *Sumatradinium hamulatum* i 195m indikerer en alder ikke ældre end midt Aquitanien. Førsteforekomsten af *Hystriosphæropsis obscura* i 166m samt af *Exocosphaeridium insigne* i 140m indikerer en tidlig Burdigalien alder. Endelig indikerer sidsteforekomsten af *Tityrosphaeridium cantharellus* lige over det øverste interval med Bastrup sand (i119m) en alder ikke yngre end Burdigalien (Hardenbol *et al.* 1998) (fig. 6).

**Alder:** Bastrup sandet er af Tidlig Miocæn alder, ?sen Aquitanien til Burdigalien.



**Foraminifer/nannofossil-zonering:** Ifølge Hardenbol *et al.* (1998) kan intervallet fra FAD *S. hamulatum* til LOD *T. cantharellus* korreleres til NN2 – nedre del af NN4 (Martini 1971) (fig. 6). Laursen & Kristoffersen (1999) har identificeret NSP 11 og NSB 10 I–10 II (King 1989) i Arnum Formationen. Dette tyder på at Arnum Formationen er af Burdigalien alder, hvilket generelt stemmer overens med dateringerne baseret på dinoflagellater.

## Øvre Arnum Formation

**Tilstedeværelse:** Den øvre del af Arnum Formationen er repræsenteret i intervallet 122m–103m.

**Aflejringsmiljø:** De sedimentære organiske partikler er domineret af træpartikler og saccate pollen, mens brunt AOM udgør en mindre andel. I prøven 107m er der også en del kutikula. Den relative mængde af dinoflagellater varierer temlig meget, i 122m og 119m er der en hel del, mens der er relativt få i 112m og 107m (bilag 3). I de to sidstnævnte prøver er der til gengæld mange ferskvandsalger, især *Pediastrum*. Dinoflagellatselskabet udviser en relativ høj diversitet. Desuden blev der fundet en del omlejrrede Paleocæne og Eocæne dinoflagellater, især i 107m (bilag 1 og 2).

Den relativt store andel af træpartikler, saccate pollen, samt i 122m og 119m dinoflagellater, tyder på et fuld-marint, kystnært aflejringsmiljø med veliltede bundforhold. Det brune AOM, kutikula og de mange *Pediastrum*, især i prøve 107m, formodes at være skyllet ud fra de nærliggende landmasser. Den relativt store andel af omlejrrede Paleocæne og Eocæne dinoflagellater, igen i prøve 107m, indikerer influx fra et kildeområde, hvor Paleocæne og Eocæne aflejringer var blottede i denne periode.

**Dinoflagellatselskab:** Dinoflagellatselskabet i den øvre del af Arnum Formationen er stort set identisk med det, der kendetegner den nedre del af Arnum Formationen. *Spiniferites* og *Systematophora placacantha* er fortsat de dominerende taxa. Derudover forekommer *Operculodinium centrocarpum* og *Lingulodinium machaerophorum* almindeligt.

Til forskel fra den nedre del af Arnum Formationen forekommer *Exochosphaeridium insigne* almindeligt i hele intervallet, mens *Polysphaeridium zoharyi*, *Apteodinium tectatum*, samt *Heteraulacacysta campanula* forekommer almindeligt fra 107m. Derimod er *Impletosphaeridium insolitum* ikke så almindeligt forekommende. Som nævnt ovenfor blev der desuden fundet en del omlejrrede Paleocæne og Eocæne dinoflagellater, især i prøven 107m.

**Biohorisonter:** Sidsteforekomsten af *Tityrosphaeridium cantharellus* i 119m indikerer en alder ikke yngre end sen Burdigalien. Førsteforekomsten af *Cousteaudinium aubryae* i 102m (på grænsen mellem Arnum og Odderup Formationerne) indikerer en alder ikke yngre end Burdigalien (Hardenbol *et al.* 1998) (fig. 6).

Sidsteforekomsten af *T. cantharellus* i 119m, samt den første almindelige forekomst af *Polysphaeridium zoharyi* og *Heteraulacacysta campanula* i 107m korrelerer dette niveau til den øvre del af Arnum Formationen/nedre del af Odderup Formationen i en række andre borer i Midt- og Sønderjylland (Dybkjær *et al.* 2001).

**Alder:** Den øvre del af Arnum Formationen er af Tidlig Miocæn alder, sen Burdigalien.

**Foraminifer/nannofossil-zonering:** Ifølge Hardenbol *et al.* (1998) kan de ovenfor nævnte dinoflagellat-biohorisonter (fra LOD *T. cantharellus* til FAD *C. aubryae*) korreleres til NN4 (Martini 1971) (fig. 6). Laursen & Kristoffersen (1999) har identificeret NSP 11 og NSB 10 I–10 II (King 1989) i Arnum Formationen. Dette stemmer generelt overens med dateringerne baseret på dinoflagellater.

## Odderup Formationen

**Tilstedeværelse:** Odderup Formationen er repræsenteret i intervallet 103m-82m. Der er kun taget prøver i den nederste, mest finkornede del af intervallet, da det blev antaget at chancen for at finde dinoflagellater i de mest grovkornede intervaller ville være minimal.

**Aflejringsmiljø:** De sedimentære organiske partikler er domineret af brunt AOM, træpartikler, saccate og non-saccate pollen. Der er generelt få marine dinoflagellater, kun i prøven 101m er der en del. Artsdiversiteten er generelt høj. *Polysphaeridium zoharyi* bliver gradvis en af de dominerende arter. Ferskvandsalger (*Pediastrum*) forekommer kun hyppigt i den nederste prøve (102m).

Dominansen blandt palynomorferne af saccate og non-saccate pollen, kombineret med den relativt høje artsdiversitet blandt dinoflagellaterne indikerer et fuldt marint miljø med stor influx af ferskvand. Den hyppige forekomst af *Pediastrum* i 102m indikerer særlig stor influx af ferskvand på dette niveau.

Den hyppige forekomst af *P. zoharyi* afspejler formodentligt en markant ændring i klimaet, mod varmere, mindst subtropisk, klima (de Verteuil & Norris 1996a). Dette er i fin overensstemmelse med den glacioeustatiske kurve (Printice & Matthews 1988), der viser et markant skift mod højere vandstand i den tidlige del af Mellem Miocæn.

**Dinoflagellatselskab:** Dinoflagellatselskabet i Odderup Formationen er generelt meget lig det, der kendetegner den øvre del af Arnum Formationen. *Spiniferites* og *Systematophora placacantha* er fortsat de dominerende taxa. Derudover forekommer *Polysphaeridium zoharyi* meget hyppigt, mens *Apteodinium tectatum*, *Exochosphaeridium insigne*, *Heteraulacacysta campanula*, *Operculodinium centrocarpum*, *Lingulodinium machaerophorum* og *Dapsilidinium pseudocolligerum* alle forekommer almindeligt.

**Biohorisonter:** Førsteforekomsten af *Coosteaudinium aubryae* i 102m indikerer en sene Burdigalien alder, mens sidsteforekomsten af samme art, samt af *Distatodinium paradoxum* og *Apteodinium spiridoides* i 94m indikerer en alder ikke yngre end tidligste Serravallien for dette niveau (de Verteuil & Norris 1996b; Hardenbol *et al.* 1998) (fig. 6).

Den hyppige forekomst af *Polysphaeridium zoharyi* kendes også fra Odderup Formationen i en række andre borer fra Midt- og Sønderjylland (Dybkjær *et al.* 1999, 2001), samt fra Mallisser Folge i SW-Mecklenburg (tidligere Østtyskland), der svarer til overgangen øvre Arnum/Odderup/Hodde (Strauss 1991).



**Alder:** Odderup Formationen er af seneste Tidlig Miocæn til Mellem Miocæn alder, sen Burdigalien – tidlig Serravallien.

**Foraminifer/nannofossil-zonering:** Ifølge Hardenbol *et al.* (1998) kan de ovenfor nævnte dinoflagellat-biohorisonter (fra FAD *C. aubryae* til LOD *C. aubryae/A. spiridoides*) korreleres til NN4–NN5 (Martini 1971) (fig. 6). Laursen & Kristoffersen (1999) har identificeret NSP 12I og NSB 11I (King 1989) i Odderup Formationen. Dette stemmer fint overens med dateringerne baseret på dinoflagellater.

## Seismisk tolkning

Den seismiske tolkning er baseret på 3 linier: Vor-1, Vor-2 og Vor-3 (fig. 7). De seismiske linier blev skudt i år 2000 af Rambøll. De seismiske horisonter er korreleret til boringen Vorbasse (DGU 123-1167), hvor der også er foretaget en vsp-undersøgelse (Nørmark 2001). Der er tolket 8 horisonter (fig. 8-10). Den øverste svarer til den inkonforme grænse mellem kvartære og miocæne aflejringer. Derunder er der tolket 5 miocæne horisonter og endelig er toppen af aske-serien og top kalk tolket. Generelt er de seismiske data af høj kvalitet, men i enkelte områder, specielt over bakkeøer, er signalet meget svagt, formodentligt på grund af stor afstand ned til grundvandsspejlet.

I det følgende er de miocæne intervaller beskrevet og tolket.

Interval 1: Basis Miocæn – Basis Arnum.

Den nedre grænse er karakteriseret ved en markant reflektor, der svarer til den litologiske grænse mellem det eocæne Søvind Mergel og det oligocæne Brejning Ler. Den øvre grænse er ligeledes tolket ved en markant og kontinuerlig reflektor. Denne reflektor svarer til grænsen mellem Vejle Fjord Ler/Hvidbjerg sand og den nedre del af Arnum Formationen. Det interne reflektionsmønster er overvejende transparent. Der kan dog erkendes enkelte interne reflektorer, men disse er sporadiske og er ikke sammenhængende.

Interval 2: Basis Arnum – top nedre Bastrup.

Den nedre grænse er beskrevet ovenfor og den øvre grænse er karakteriseret ved en svag, men gennemgående reflektor. Det interne reflektionsmønster er generelt transparent med enkelte sporadiske refleksioner. På linien Vorb 2 kan der i den sydlige del af profilet erkendes en serie af hældende, højamplitude refleksioner. Dette seismiske karakteristika dannede grundlag for placeringen af Vorbasse-boringen (DGU-123-1167) og svarer til nedre Bastrup sand.

Interval 3: Top nedre Bastrup – SB øvre Bastrup.

Den nedre grænse er som ovenfor beskrevet og den øvre grænse er karakteriseret ved en kraftig og kontinuerlig reflektor. Det interne reflektionsmønster er generelt transparent, men i den øverste del af intervallet er der en kraftig, gennemgående reflektor. På den seismiske linie Vor-3 er der ved denne reflektor og det underliggende seismiske mønster erkendt en trunkering, der kan tolkes som en nedskåret dal.

Interval 4: SB øvre Bastrup – Basis Odderup.

Den nedre grænse er beskrevet ovenfor og den øvre grænse er karakteriseret ved en kraftig og kontinuerlig reflektor. Det interne seismiske mønster er karakteriseret ved en serie af parallelle reflektorer med varierende kontinuitet og amplitude.

Interval 5: Basis Odderup – basis Kvartær

Den nedre grænse er beskrevet ovenfor og den øvre grænse er generelt karakteriseret ved en markant reflektor, som dog varierer meget lateralt. Det interne refleksionsmønster er transparent.

## **Geologisk model for den nordøstlige del af Ribe Amt**

På baggrund af den seismiske tolkning og informationer fra en række boringer i den nordøstlige del af Ribe Amt (Vandel Mark (DGU-123-1371), DGU-123-846, DGU-123-876, Vorbasse (DGU-123-1167), Lindknud (DGU-123-19) og Bække (DGU-123-10), se fig. 7) er der opstillet en geologisk model for den øvre oligocæne – miocæne lagpakke (fig. 11). Lagserien er opdelt i 3 sekvenser, der i den overordnede sekvensstratigrafiske model for lagserien i Danmark svarer til sekvenserne B, C og D (se næste afsnit).

### **Sekvens B (Vejle Fjord Ler og Hvidbjerg sand)**

Den nedre grænse af sekvens B udgør grænsen mellem det eocæne Søvind Mergel og Vejle Fjord Leret. I undersøgelsesområdet består sekvensen hovedsageligt af lerede og siltede sedimenter. Nord for undersøgelsesområdet, i Vejle Amt og sandsynligvis også i den nordlige del af Ribe Amt, er der anført meget sandede deltaiske sedimenter, som sandsynligvis udgør gode grundvandsmagasiner indenfor denne sekvens. Udbredelsen af disse sandede deltaiske sedimenter synes ikke at nå Vorbasse-området, der mest er domineret af lerede prodeltaiske sedimenter. Den øvre grænse af sekvens B erkendes på gammalaggen ved at gamma-signalet skifter fra et generelt faldende signal op gennem Vejle Fjord Leret til et stigende gamma-signal over grænsen. Dette skift udgør grænsen til Arnum Formationen og er her kun markeret ved et indslag af enkelte sandede sedimenter, men kan erkendes ved hjælp af dinoflagellat-stratigrafi (se side 16).

### **Sekvens C (Nedre Arnum Formation og Bastrup sand)**

Den nedre grænse er beskrevet ovenfor. Den øvre grænse erkendes som et markant fald i gammasignalet (fig. 11) og litologisk ved en markant stigning i indholdet af sand. Den nedre del af sekvensen består af et 34 m tykt lag af finsand afgrænset nedad- og opad til af gruslag. Der er en svag grovende opad tendens i dette sandlag. Herover består sekvens C overvejende af siltede sedimenter.

### **Sekvens D (Øvre Arnum Formation og Odderup Formation)**

Den nedre grænse er beskrevet ovenfor. Den øvre grænse er markant og erkendes ved et højt indhold af bjergartsfragmenter. Denne grænse udgør grænsen til kvartære aflejringer. Internt er sekvens D opbygget som en overordnet grovende opad sektion (fig. 11). Gamma-log-signalet viser generelt også denne grovende opad tendens, men et stort indhold af tungminerale, der giver et højt gamma-signal, forstyrrer dog billedet. De øverste 20 meter består af groft- til gruset sand. Dette lag udgør et vigtigt grundvandsmagasin i området og kan desuden følges i det meste af det centrale Jylland.

## Regionalgeologisk model

Igennem de sidste 8 år er der på baggrund af detaljerede undersøgelser i Midt- og Sønderjylland opstillet en geologisk model for den miocæne lagserie. Specielt har de sidste 2 års borekampagne i Vejle Amt bidraget til en meget detaljeret geologisk model for lagserien, se rapporten "Oligocæn – Miocæn stratigrafi i Vejle Amt" (Dybkjær et al. 2001), samt "Tertiære Grundvandsmagasiner" (Rasmussen 2001). På figur 12 er Vorbasse-boringen indplaceret i denne model, således at man kan få et overblik over udbredelsen af potentielle grundvandsmagasiner i den østlige del af Ribe Amt.

Den øvre oligocæne – miocæne lagserie er inddelt i 6 sekvenser, benævnt A til F. Vorbasse-boringen gennemborer 3 af disse sekvenser, nemlig B, C og D.

# Konklusion

Baseret på materiale fra en ny boring ved Vorbasse i Ribe Amt er den oligocæne-miocæne lagserie opdelt stratigrafisk. Opdelingen bygger på en kombination af dinoflagellatstratigrafi, sedimentologi, samt sekvensstratigrafi.

Litostratigrafiske opdeling af Vorbasse boringen:

82-103m: Odderup Formation

103-209m: Arnum Formation/Bastrup sand:

103-122m: Øvre Arnum Formation

122-143m: Bastrup sand

143-166m: Nedre Arnum Formation

166-194m: Bastrup sand

194-209m: Nedre Arnum Formation

209-247m: Vejle Fjord Formation

209-220m: Hvidbjerg sand

220-247m: Vejle Fjord Ler

247-259m: Søvind Mergel

Resultaterne fra Vorbasse-boringen passer meget fint med den regionale geologiske model (se Dybkjær et al. 2001 og Rasmussen 2001).

Der blev fundet tre niveauer med sand: Odderup Formationen, samt to niveauer med Bastrup sand. Kun det øverste sandlag (Odderup Formationen) har en mægtighed, der gør det interessant som potentielt grundvandsmagasin. Endvidere kan det øverste Bastrup sand (122-143m), der udfra seismikken tolkes til at være aflejret i kanaler, muligvis lokalt udgøre et betydeligt grundvandsmagasin.

Resultaterne danner et godt udgangspunkt for at opbygge en detaljeret stratigrafisk opdeling af den oligocæne-miocæne lagserie i Ribe Amt, men bør udbygges med en mere systematisk undersøgelse og med flere stratigrafiske boringer. De detaljerede undersøgelser udført for Vejle Amt (Dybkjær et al. 2001) viser at der lokalt kan forekomme op til tre niveauer med gode, potentielle grundvandsmagasiner.

## Referencer

- Batten, D.J. 1996: Colonial Chlorococcales. In: Jansonius, J.M., D. C. (ed.) (ed.): Palynology: principles and applications 1, 191-203. Salt Lake City: American Association of Stratigraphic Palynologists.
- Bertelsen, F. 1978: The Upper Triassic - Lower Jurassic Vinding and Gassum Formations of the Norwegian-Danish Basin. Geological Survey of Denmark. Series B, 3, 26pp.
- 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.
- Bujak, J. & Mudge, D. 1994: A high-resolution North Sea Eocene dinocyst zonation. Journal of the Geological Society, London 151, 449-462.
- 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.
- de Verteuil, L. & Norris, G. 1996a: Middle to upper Miocene *Geonettia clineae*, an opportunistic coastal embayment dinoflagellate of the *Homotryblum* Complex. Micropaleontology 42(3), 263-284.
- de Verteuil, L. & Norris, G. 1996b: Miocene dinoflagellate stratigraphy and systematics of Maryland and Virginia. Micropaleontology 42(Supplement), 172 pp.
- Dybkjær, K., Piasecki, S. & Rasmussen, E.S. 1999: Dinoflagellat-zonering og sekvensstratigrafi i den miocæne lagpakke i Midt- og Sønderjylland. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 1999/73, 33pp.
- 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., Rasmussen, E.S. & Piasecki, S. 2001: Oligocæn - Miocæn stratigrafi i Vejle Amt. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2001/104, 37pp.
- 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 17, 221-244.
- Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M.B., Jacquín, 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.
- Hindsby, K., Harrar, B., Nyegaar, P., Konradi, P., Rasmussen, E.S., Bidstrup, T., Gregersen, U. & Boaretto, E. 1999: The Ribe Formation i SW Jylland, Denmark: Holocene and Pleistocene groundwaters in a coastal Miocene sand aquifer. In: Edmunds & Milne (eds): PALAEUX - management of coastal aquifers in Europe - Palaeowaters, natural controls and human influence. Final report for the EU project PALAEUX (ENV4-CT95-0156) British Geological Survey, BGS Technical Report, Hydrogeology Series, WD/99/35, 1999.

- 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. 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.
- Nørmark, E. 2001: VSP (vertikal seismisk profilering) i boring ved Vorbasse. Geologisk Institut, Aarhus Universitet.
- 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. 2001: Tertiære grundvandsmagasiner i Jylland. In: Binzer, K. & Hinsby, K. (eds): *Ferskvand, samfundets vigtigste ressource. Geologi og grundvandsmodeller.* **1/01**, 7-9.: Geologi, nyt fra GEUS
- Rasmussen, E.S. & Dybkjær, K. 1999: Excursion: Upper Oligocene - lower Miocene storm and tidal dominated deposits at Lillebælt and Vejle Fjord, Denmark. Unpublished excursion guide.,.
- Strauss, C. 1991: Dinozysten-biostratigrafie im Unter- und Mittel Miozän von Ostdeutschland. *Tagungsmaterial 38. Jahrestgg.*, Berlin, 67-68.
- 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
- Zevenboom, D. (ed.) 1996: Late Oligocene-early Miocene dinoflagellate cysts from the Lemme-Carrosio section (NW Italy). *Biostratigraphy and palaeoenvironmental interpretation. Giornale di Geologia. In search of the Paleogene/Neogene boundary. Part 3. The Global Stratotype Section and Point. The GSSP for the base of the Neogene (The Paleogene/Neogene boundary).* **58**(1/2), 81-93 pp. Bologna.
- Ziegler, P.A. 1982: *Geological atlas of Western and Central Europe.*, 130pp. pp. Amsterdam: Elsevier.



## Bilag

- Bilag 1: Rangechart for Vorbasse-boringen, organiseret efter førsteforekomster, samt vigtige biohorisonter.
- Bilag 2: Rangechart for Vorbasse-boringen, organiseret efter sidsteforekomster, samt vigtige biohorisonter.
- Bilag 3: Relative procenter af dinoflagellatarter og ferskvandsalger for Vorbasse-boringen.
- Bilag 4: Seismisk linie, Vor-1. Se tolkning på figur 8.
- Bilag 5: Seismisk linie, Vor-2. Se tolkning på figur 9.
- Bilag 6: Seismisk linie, Vor-3. Se tolkning på figur 10.

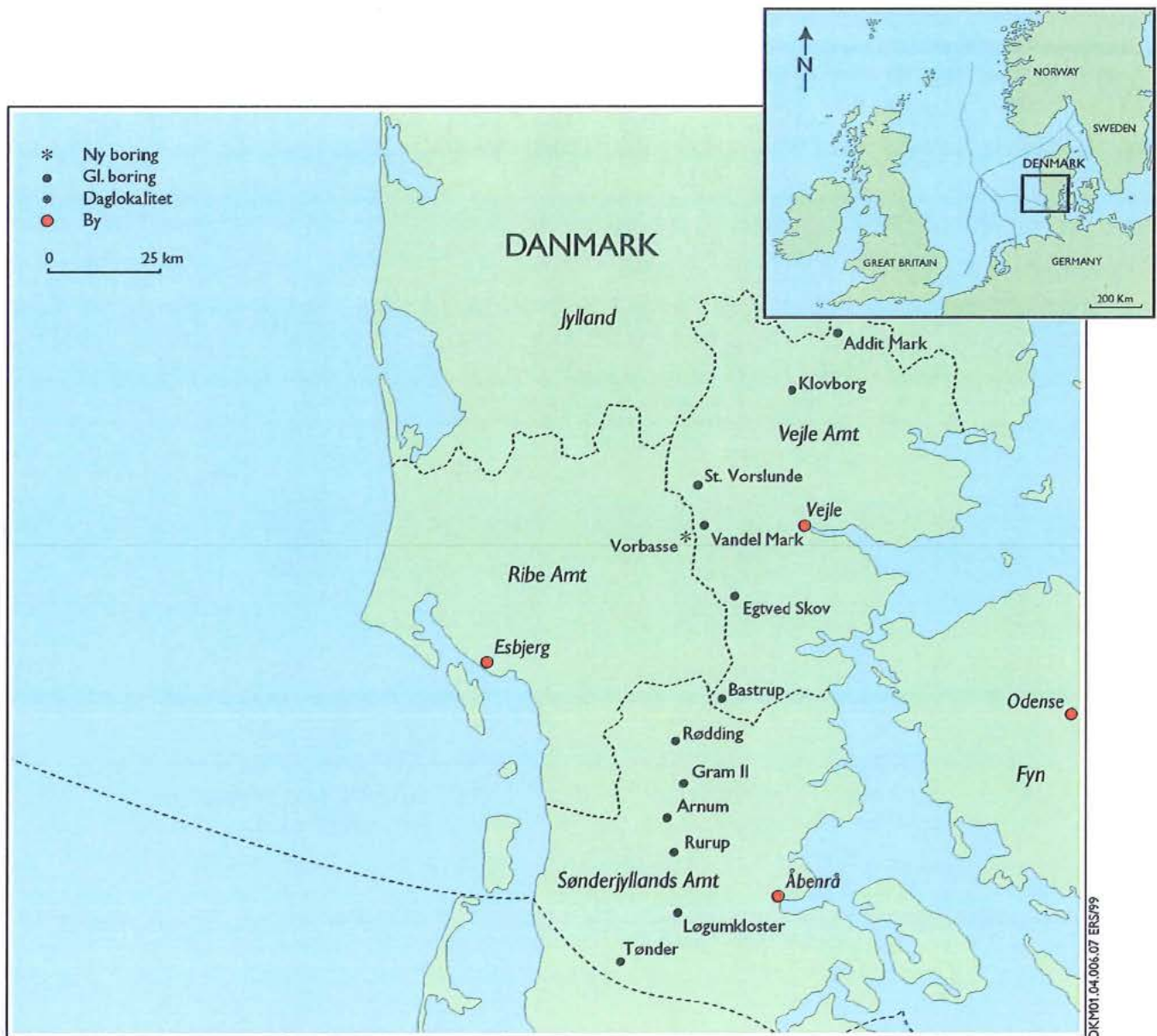
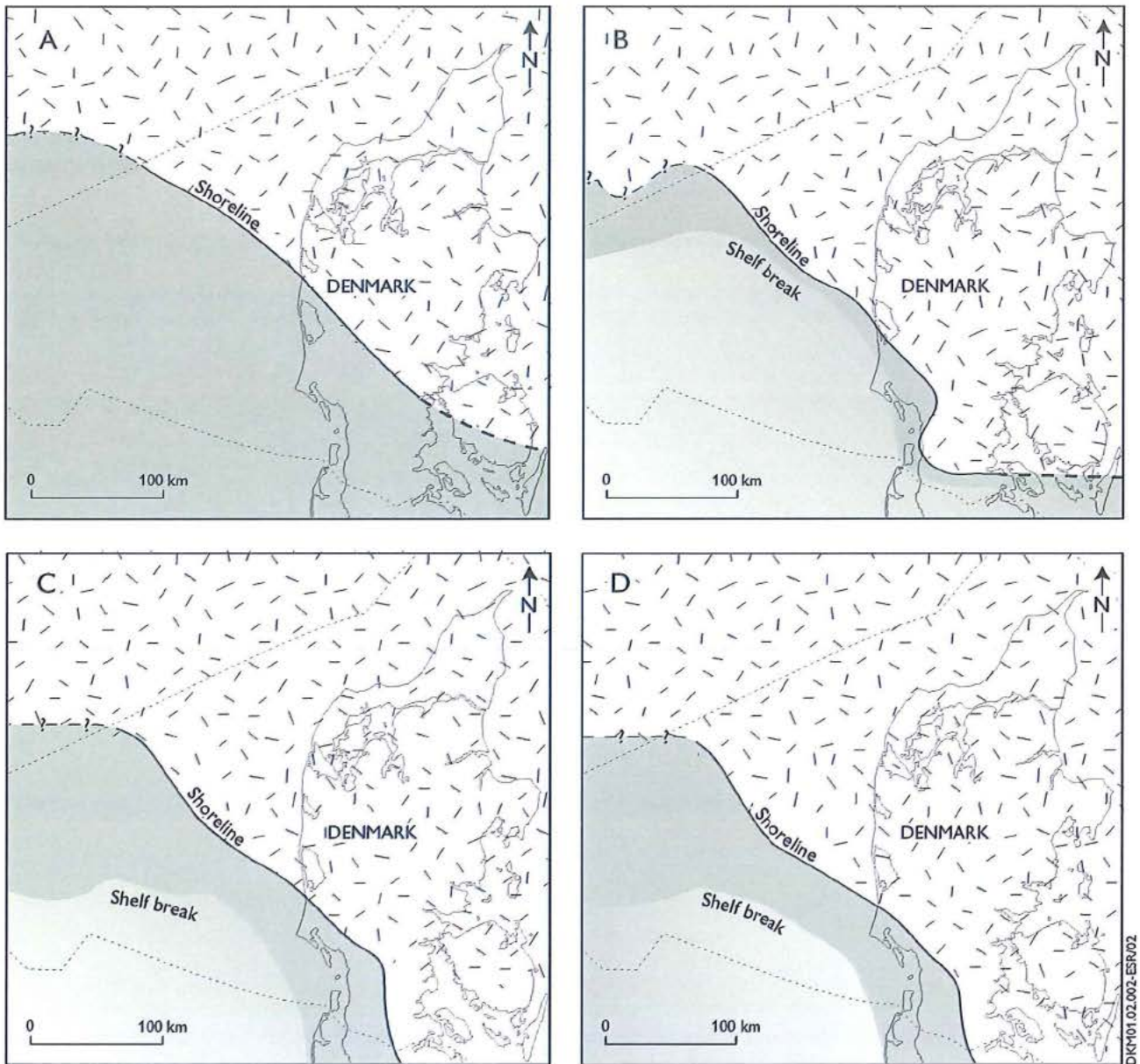


Fig.1

Lokalisering af den undersøgte boring, samt af boringer der indgår i den regionalgeologiske model.

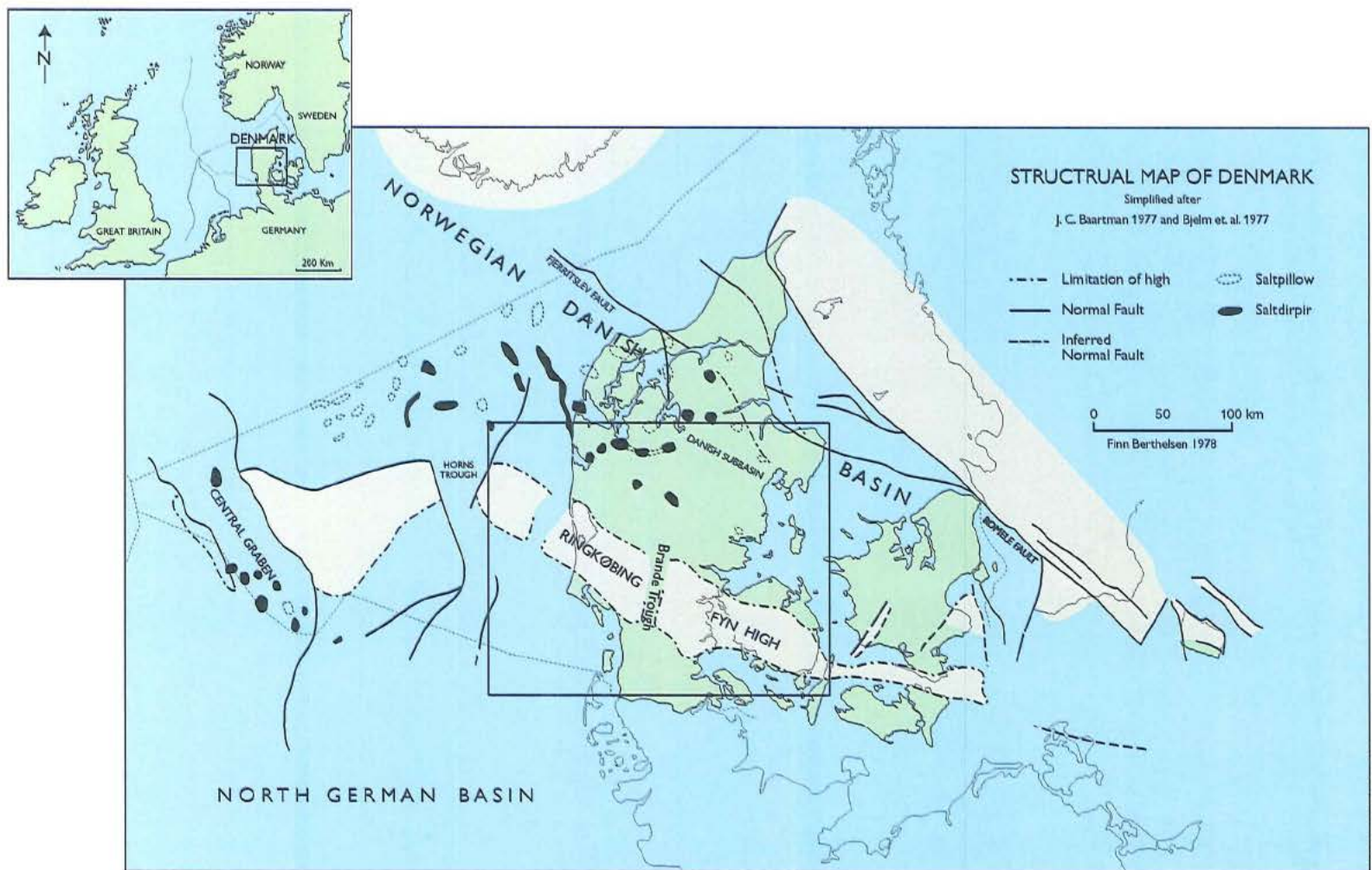


DKM01.02.002-ESR/02

**Fig. 2**

Kystliniens forløb i den østlige del af Nordsøen i A) Øvre Oligocæn til nedre Aquitanien (nederste Nedre Miocæn) B) Aquitanien C) Tidlig til midt Burdigalien D) Langhien.





DK01.02.004.05-ENS02

**Fig. 3**  
 Struktureologisk kort over det danske område, med lokaliseringen af Ringkøbing-Fyn Højderyggen og Brande Truget. Modificeret fra Bertelsen (1978).

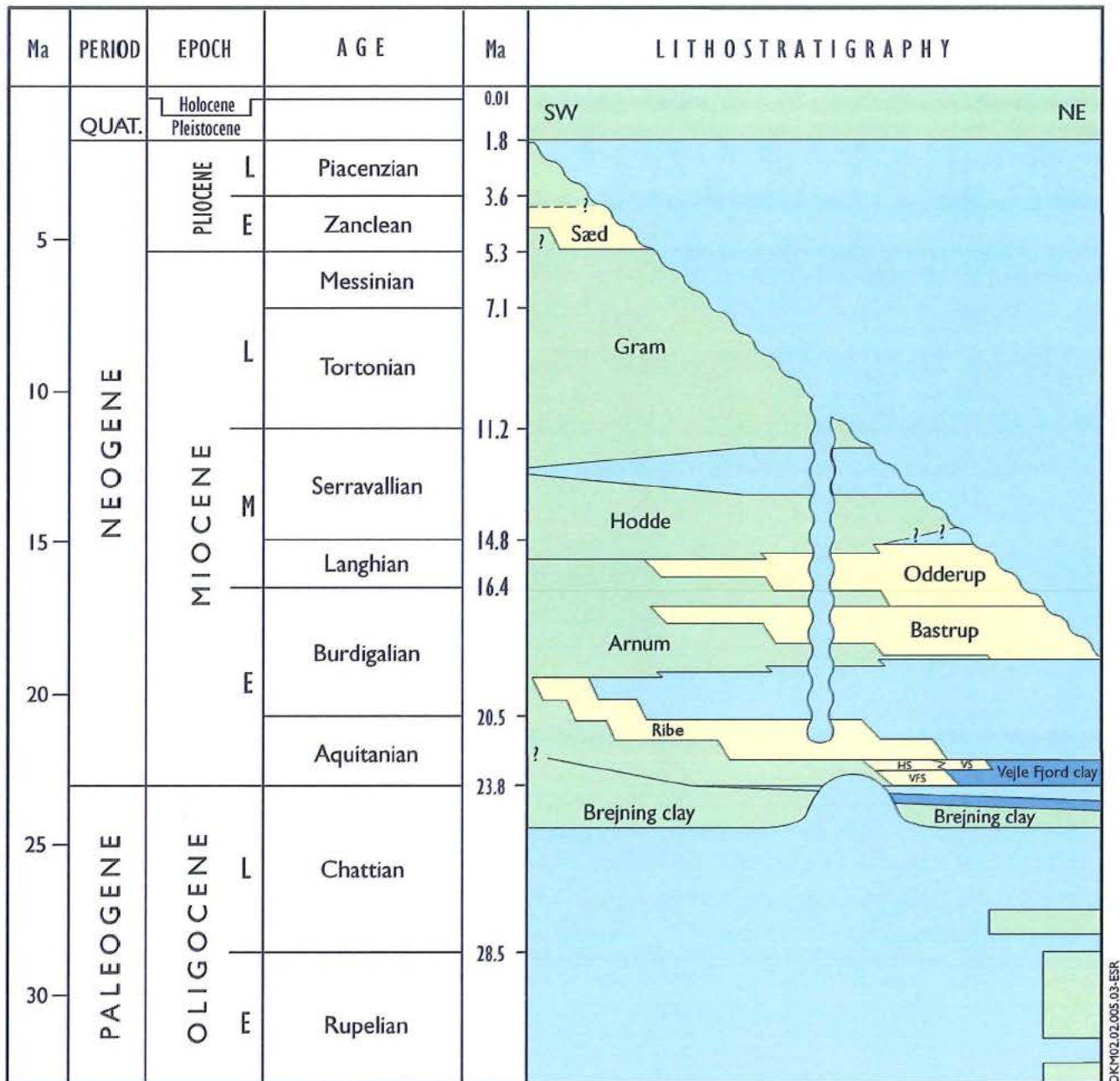
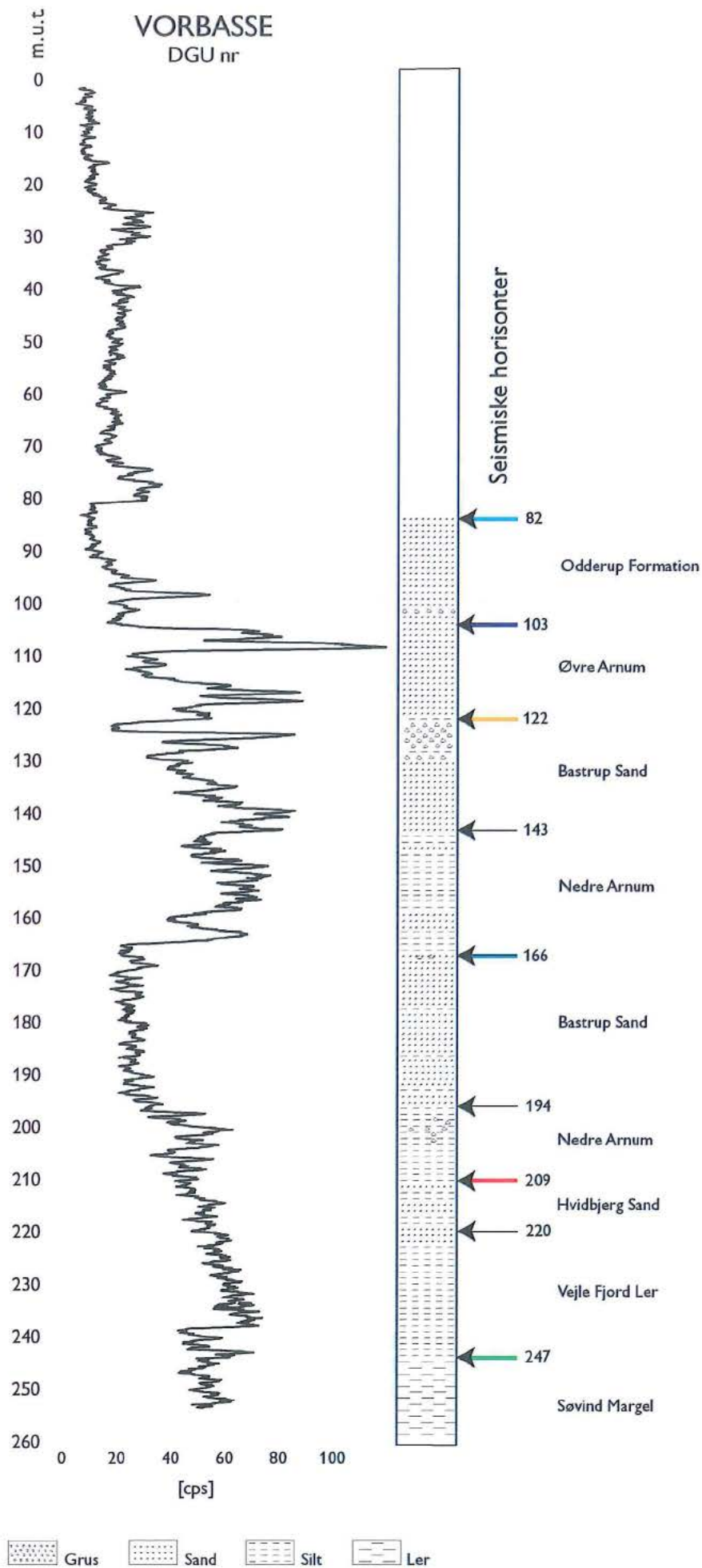
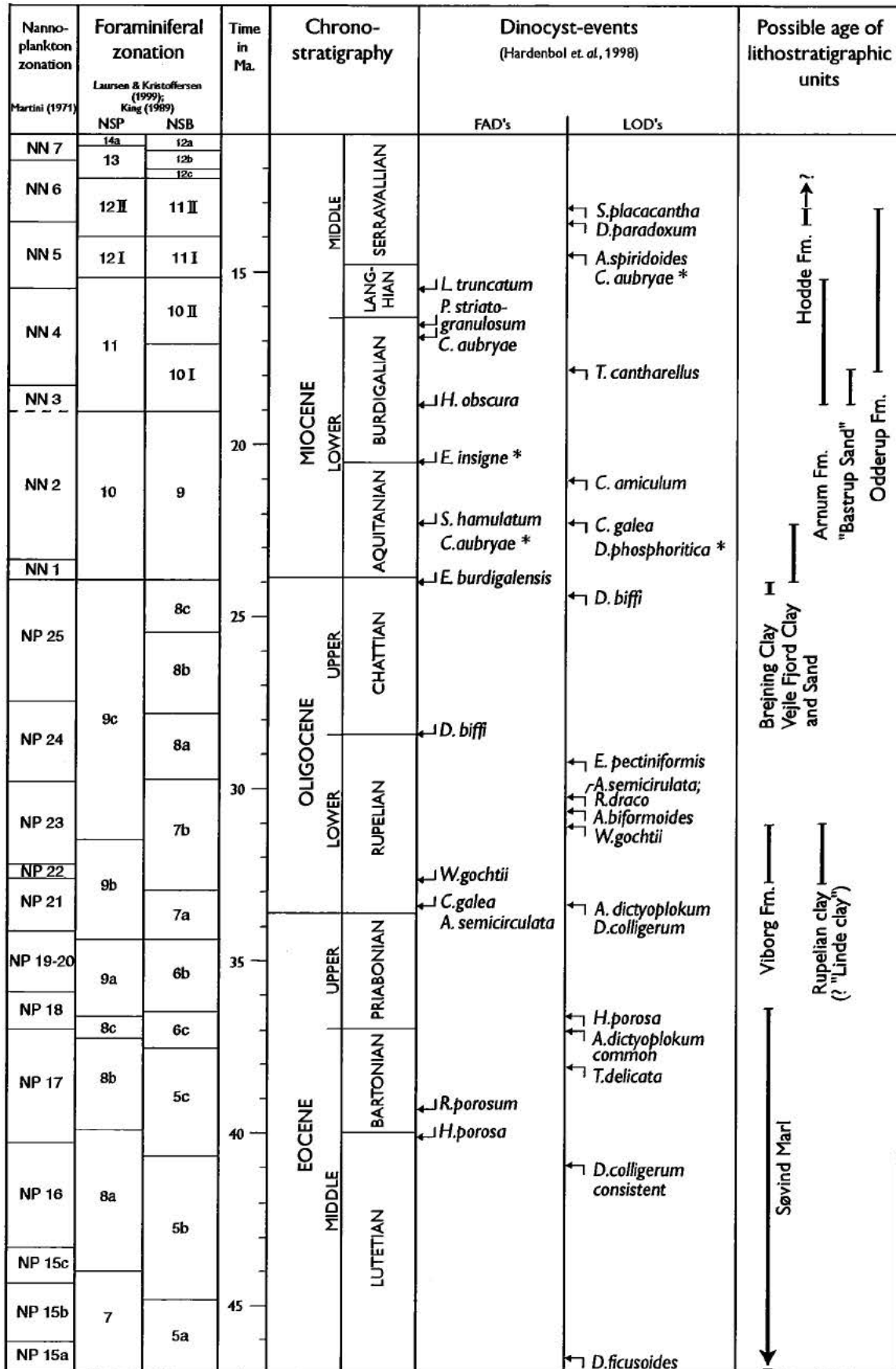


Fig. 4

Litostratigrafi og kronostratigrafi for den oligocæne og miocæne lagserie i Midt- og Sønderjylland. VFS=Veje Fjord S; VS=Vandel sand, HS=Hvidbjerg sand.



**Fig. 5**  
Vorbasse-boringen: Gamma-log, litologi, litostratigrafisk opdeling, samt seismiske horisonter (de farvede pile).



\* deVerteuil & Norris (1996)

Fig. 6

Stratigrafisk vigtige førsteforekomster (FAD's) og sidsteforekomster (LOD's) af dinoflagellat-arter korreleret til kronostratigrafien. Desuden er indikeret det tids-interval, hvor indenfor hver enkelt litostratigrafisk enhed er aflejret.



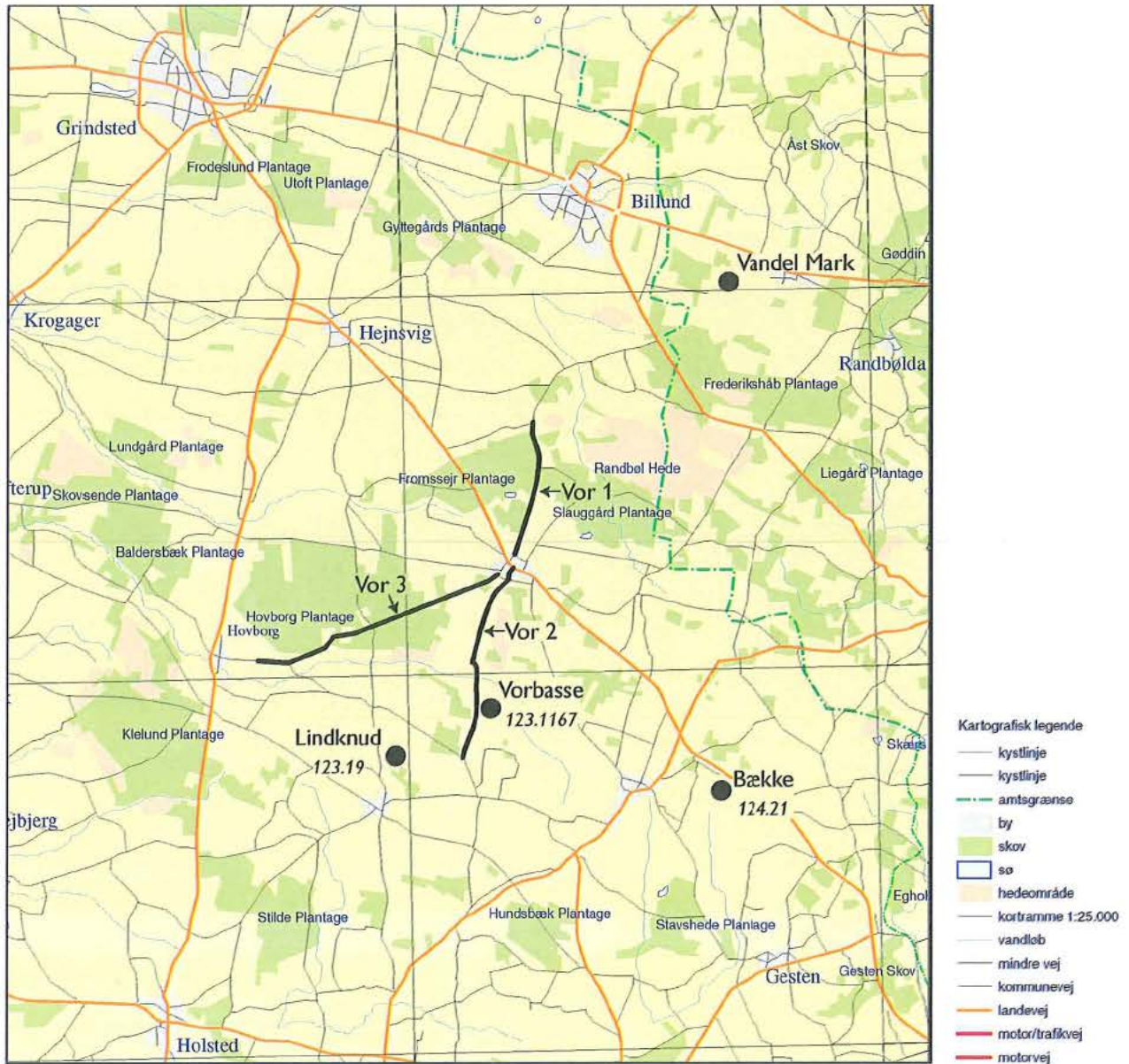


Fig.7  
Kort der viser placeringen af seismiske linier og borer i Vorbasse-området.



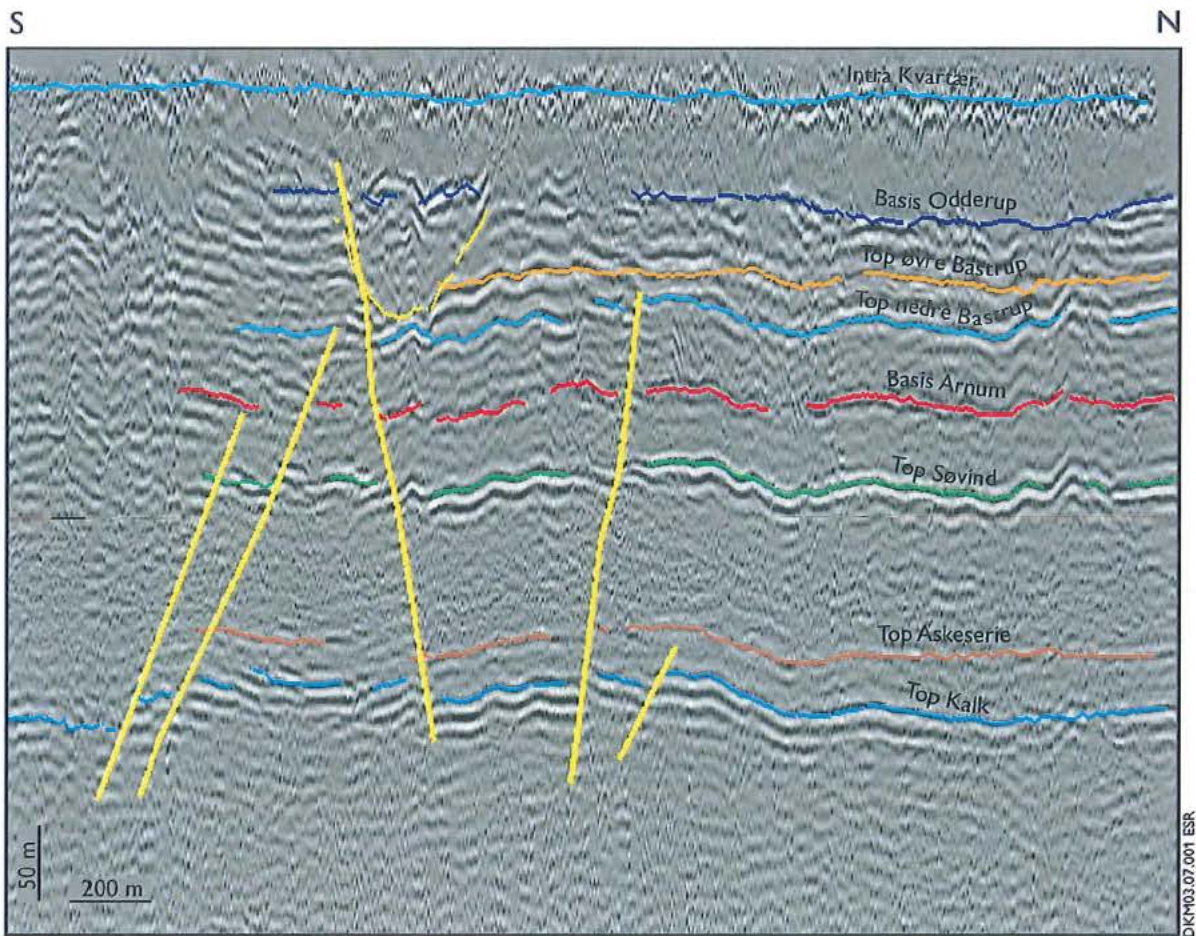


Fig.8  
Seismisk linie Vor-1

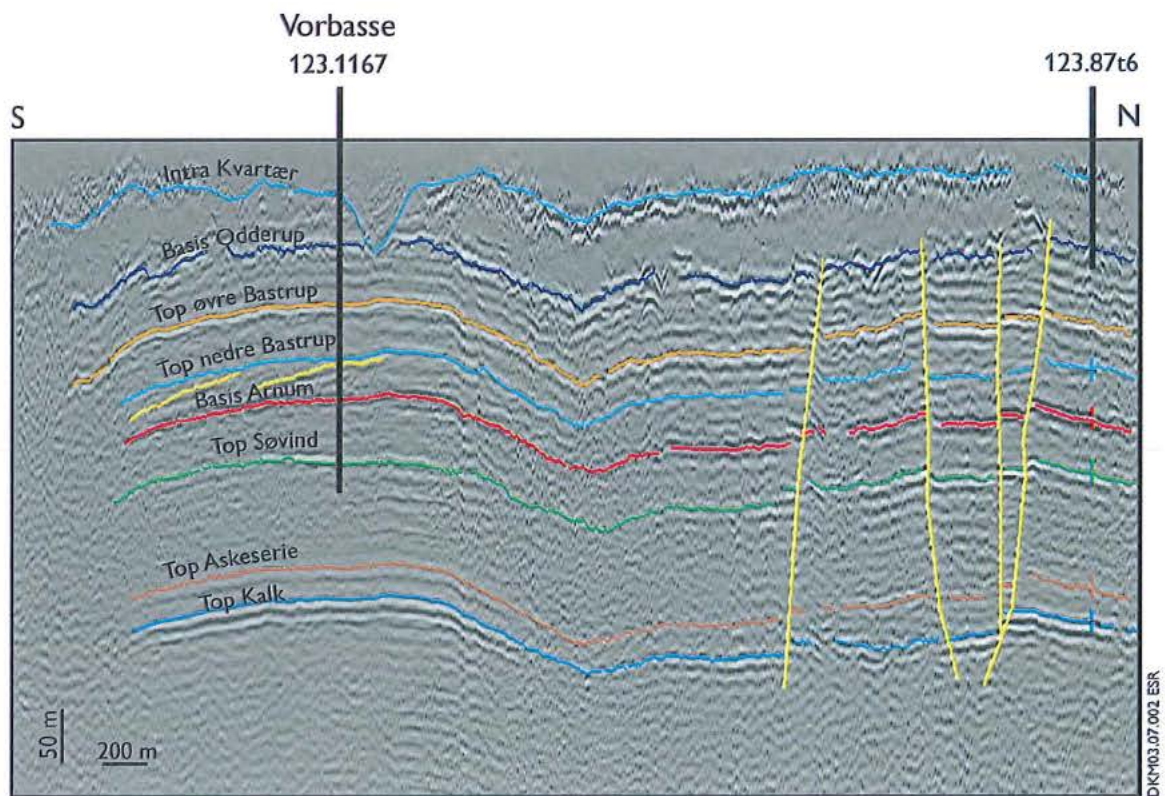


Fig. 9  
Seismisk linie Vor-2.



S

N

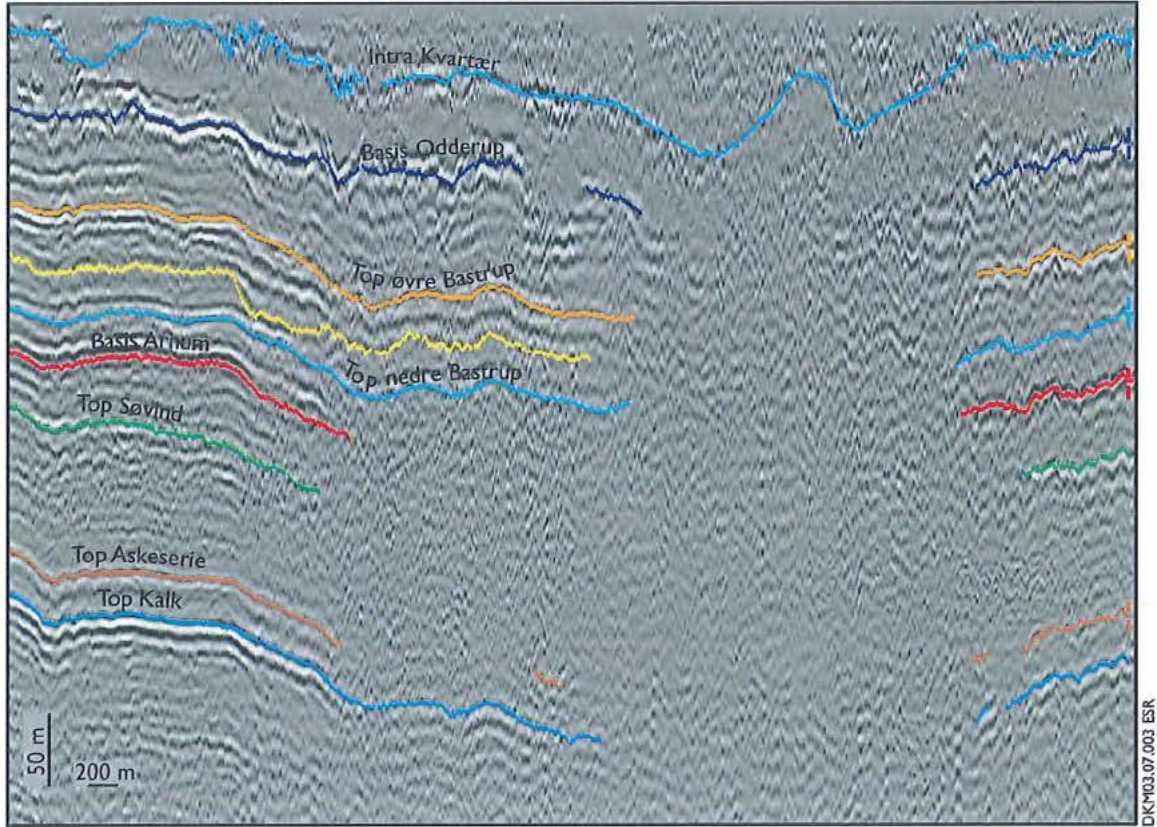
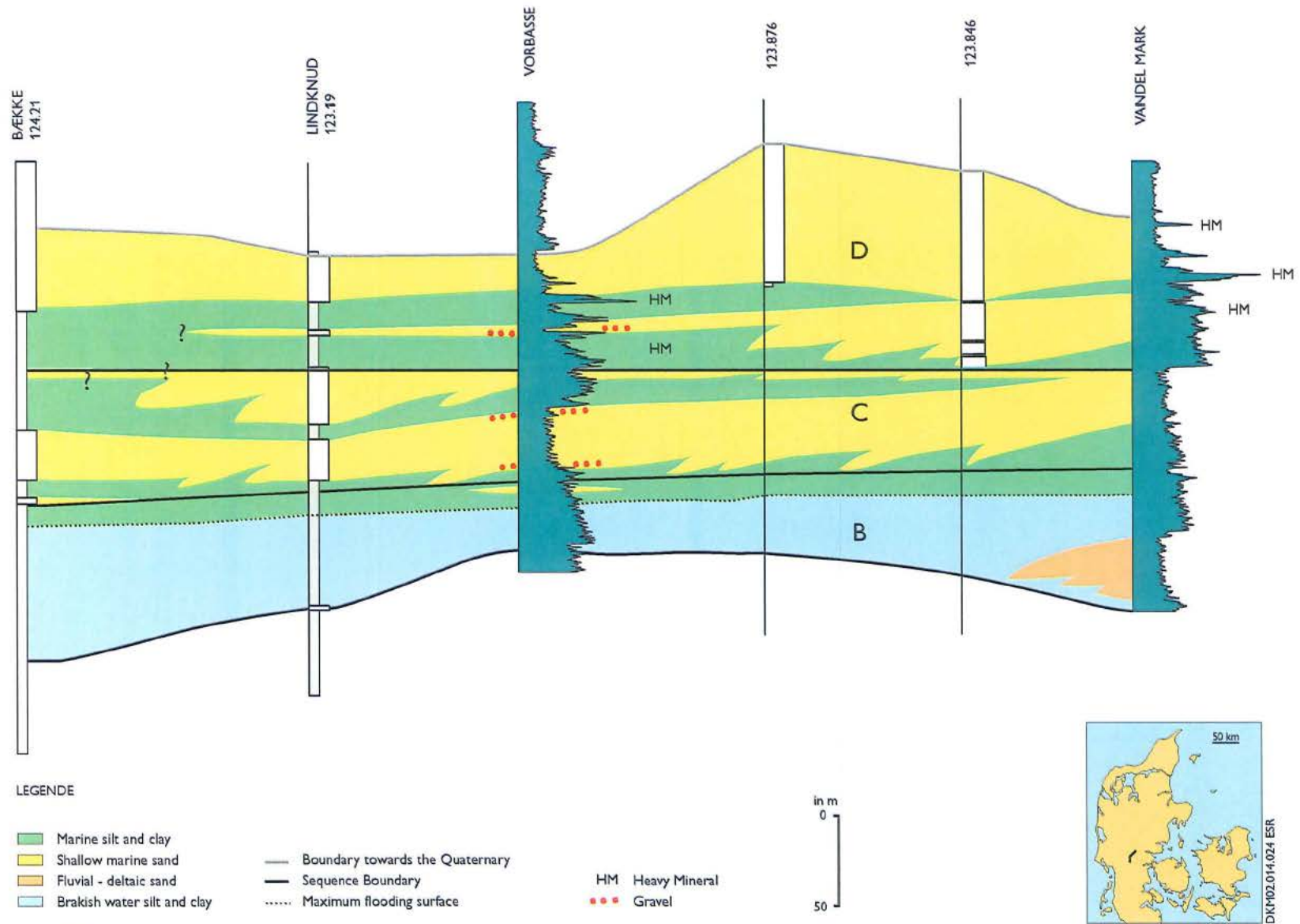


Fig. 10  
Seismisk linie Vor-3.



**Fig. 11**  
Logkorrelationspanel af boringer i Vorbasse-området.

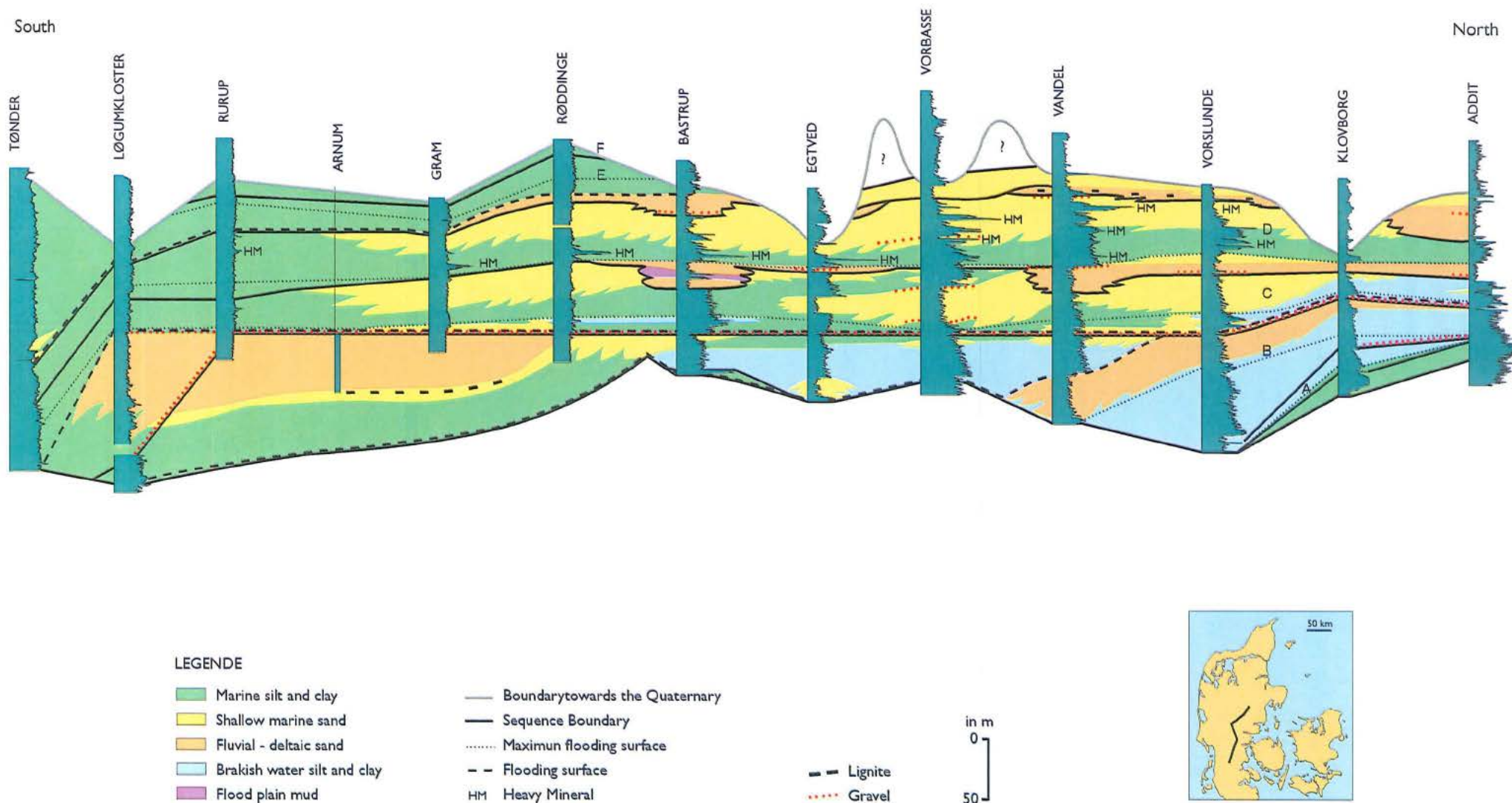


Fig. 12

Logkorrelationspanel, der viser den oligocæne-miocæne lagpakke i Midt- og Sønderjylland. Den sekvensstratigrafiske inddeling er vist (sekvens A-F)



Main stratigraphic chart table with columns for Lithostratigraphy, Formation, Member, Depth, Samples (metres), Dinoflagellate Cysts, Acritarchs, FA, and Chronostratigraphy. Includes detailed taxonomic lists and depth-based data points.





**Chronostratigraphy**

Period/Epoch	Age
Quaternary	
Langhian - earliest Serravallian	
Burdigalian	
Miocene	
Plate Aquitanian - Burdigalian	
Aquitanian	
Bartonian	
Lutetian	

**Comments**

LOD C: subryse, D. paradoxum, A. spheodes

FAD S: brevispinosa brevispinosa  
FAD C: subryse  
LOD S: hemisatum

FAD P: zoharyi common, A. tectatum, common, H. campanula, common

FAD C: satchelliae

LOD T: caithavikus

FAD H: reductum

FAD E: insigne

FAD S: nephroides

FAD A: tectatum

FAD H: obscurum  
LOD I: pelagica

FAD S: hamatum, O. gosseckii, H. pseudocostatum

FAD P: zoharyi, O. larsenianum, Pseudocostella aff. granulatum, common

LOD Homotryblum, common

LOD C: gales

FAD C: gales

FAD Homotryblum, common  
Membranilamella picea Group  
occurrence H. porosa  
LOD A: diocyplokum, common, T. delicata

LOD D: colligatum, consistent



Well Name : Vorbasse

Operator :

Well code : VB

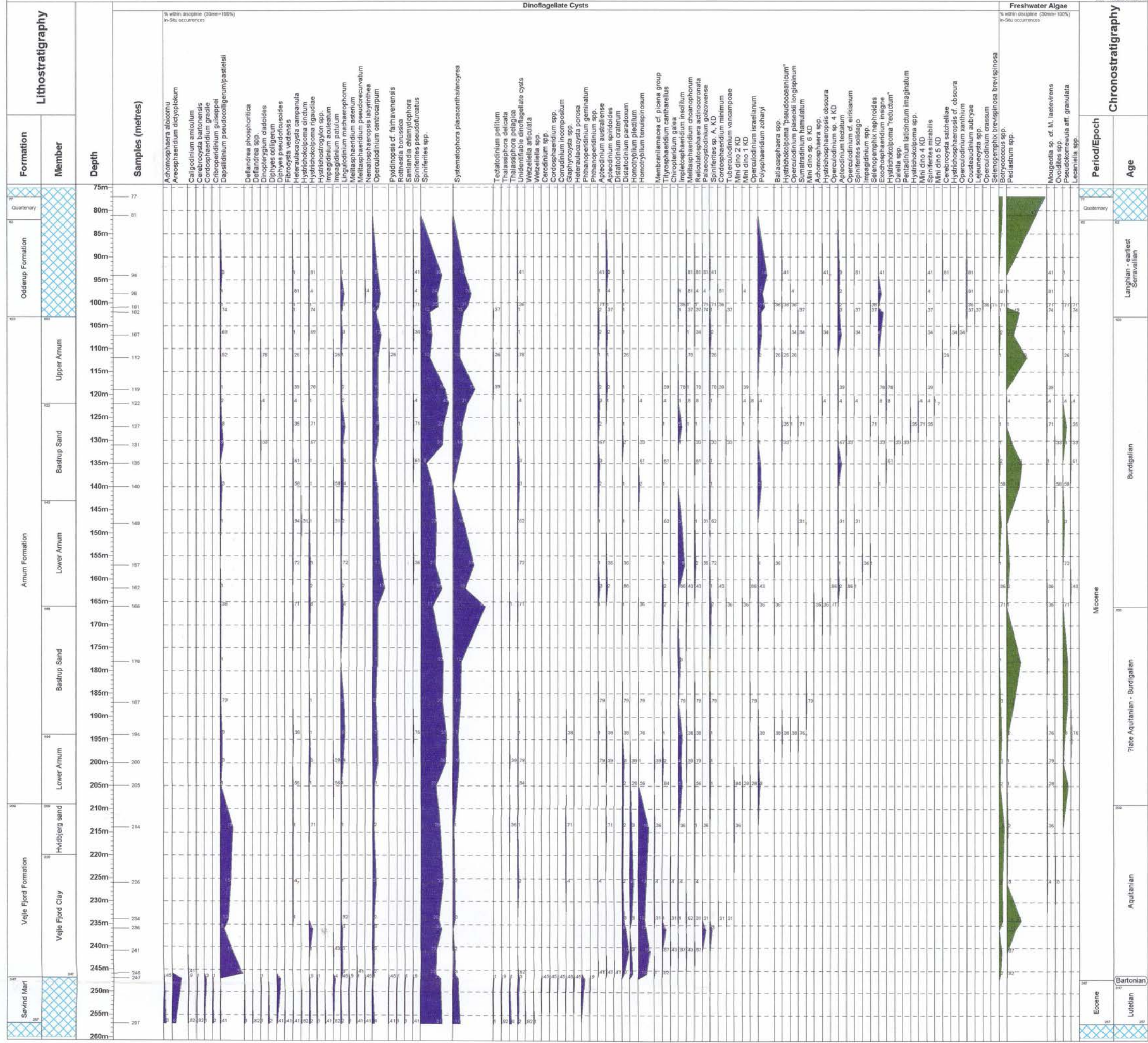
Interval : 75m - 260m

Scale : 1:500

Chart date: 18 January 2002

Report file no.  
Enclosure  
18389 (03/06)

GEUS  
Copenhagen









vor3m4f



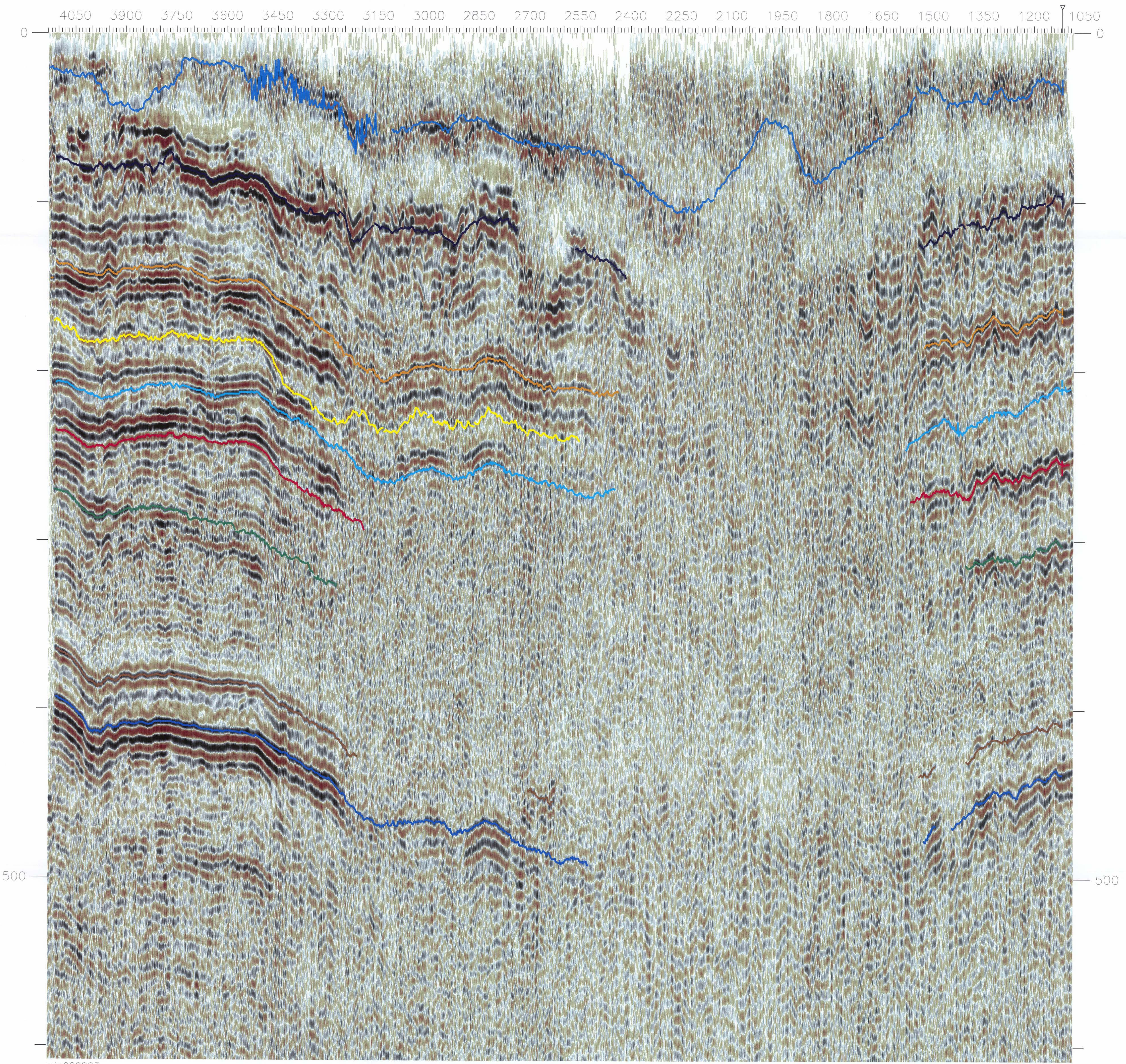
mig080003  
S

404m

vor2m4f  
N



vor2m4f



mig080003  
W

404m

vor3m4f  
E