

# Tolkning af seismiske data i Give – Brædstrup området samt litologisk beskrivelse af Gadbjerg boringen

Erik Skovbjerg Rasmussen



# Tolkning af seismiske data i Give – Brædstrup området samt litologisk beskrivelse af Gadbjerg boringen

Erik Skovbjerg Rasmussen

# Indhold

<b>Sammenfatning</b>	<b>3</b>
<b>Formål</b>	<b>4</b>
<b>Introduktion</b>	<b>5</b>
<b>Geologisk ramme</b>	<b>6</b>
<b>Litostratigrafi</b>	<b>8</b>
<b>Data</b>	<b>9</b>
<b>Borebeskrivelse</b>	<b>10</b>
<b>Korrelation af boringer</b>	<b>14</b>
V6.....	14
<b>Seismisk tolkning af shallow seismiske data</b>	<b>15</b>
GI01 .....	15
GI02 .....	16
<b>Billund deltaet</b>	<b>18</b>
<b>Konklusion</b>	<b>20</b>
<b>Referencer</b>	<b>21</b>
<b>Figurtekst</b>	<b>23</b>

## Sammenfatning

To nye seismiske linier, GI01 og GI02 er blevet tolket. Linierne viser at der i det område, som ligger vest for Brandegravsforkastningen, findes to sandenheder, Billund sandet og Bastrup sandet, som er særdeles velegnede som grundvandsmagasiner. Billund sandet er i den sydvestligeste del af området måske op til 75 meter tykt og mægtigheden af Bastrup sandet er ca. 50 meter. Øst for Brandegravsforkastningen er mægtigheden af Billundsandet begrænset og kan ikke anses som et vigtigt grundvandsmagasin. Bastrup sandet er derimod mere udbredt og mægtigere her og udgør et potentielt magasin. I Gadbjergboringen var den massive del af Bastrup sandet 14 meter tykt.

De nye seismiske linier, samt boringen ved Gadbjerg, giver et væsentligt bidrag til kortlægningen af Billund deltaet. Denne kortlægning bliver udført som et tværamtslig projekt. Deltaet kan følges fra Nordsøen og indover det centrale Jylland til Billund. Dette delta kan være særdeles sandrigt som det er vist ved boringer omkring Billund og Give, samt i en ældre boring, Eg-3, ved Dyrvig, Hoven. Undersøgelser af seismiske data omkring Billund, indikerer at disse sandrige lag kan være meget udbredte og måske have en mægtighed på op til 75 m.



## Formål

Projektets formål er at tolke 2 nye seismiske linier, G101 og G102, samt at beskrive Gadbjergboringen (DGU. 115.1474). Endvidere er det formålet løbende, i samarbejde med Ringkøbing og Ribe amter, at udbygge forståelsen af et større grundvandsmagasin, kaldet Billund sandet.

# Introduktion

Nærværende rapport er en fortsættelse af det geologiske arbejde, som har kørt i amtet siden 1999 og som har resulteret i en række rapporter om den miocæne geologi ( Dybkjær et al. 1999, Dybkjær et al. 2001, Rasmussen 2003c).

Denne rapport er baseret på tolkningen af 2 nye seismiske linier, GI 01 og GI02, der er skudt i 2003. En ny boring ved Gadbjerg er blevet beskrevet og korreleret til nærliggende boringer og eksisterende seismiske data. Yderligere er der i samarbejde med Ringkøbing og Ribe amter, et fælles projekt, der sigter mod at lave en detaljeret geologisk model for et større grundvandsmagasin, kaldet Billund deltaet.

## Geologisk ramme

Nordsø-bassinet blev dannet som en konsekvens af den termale indsynkning, der efterfulgte gravdannelsen i Jura (Ziegler 1982; Vejrbæk 1992). Dette bassin strakte sig fra Norge i nord, nedover Skåne, Baltikum og Nordtyskland, hvorefter den sydlige afgrænsning forløb nedover Belgien og Nordfrankrig (Fig. 1). 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 kraftigt 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 sedimentter (Heilmann-Clausen 1995). I Oligocæn nåede udbygningen ned i det danske område og der aflejredes lavmarine, sandrige sedimentter i Nordjylland og Midtjylland, især omkring Ringkøbing-Fyn Højderyggen. Deltaudbygning fra nord dominerede lokalt, men generelt blev sedimentterne aflejret i oddekomplekser med bagvedliggende laguner og åbent hav mod syd og sydvest (Friis *et al.* 1998; Rasmussen og Dybkjær 1999). Tektoniske bevægelser i Oligocæn har sandsynligvis haft indflydelse på kildeområdet og aflejringsmønstrer. Ligeledes har globale havniveauændringer i Oligocæn også sat sit præg på aflejringsmiljøet, bla. ved at en stor del af Nedre Oligocæn mangler (f.eks. Michelsen 1994; Heilmann-Clausen 1995). Nedre oligocæne aflejringer er bevaret lokalt, i depressioner relaterede til saltstrukturer og depressioner dannet i forbindelse med grundfjeldsrelateret tektoniske bevægelser i Oligocæn.

I Øvre Oligocæn transgrederedes Det danske Bassin på ny (fig. 2a). Den topografi, der dannedes i forbindelse med de tektoniske bevægelser har haft afgørende betydning for aflejringsmiljøet. Ringkøbing-Fyn Højderyggen spillede en særlig rolle her, idet den adskilte mere åben marine/kystprograderende aflejringsmiljøer syd for ryggen fra paraliske/afsnørede miljøer nord for ryggen (fig. 2) (Rasmussen og Dybkjær 1999). De strukturelle rygge var vigtige områder for dannelse af oddekomplekser, der resulterede i en serie af barriere-øer med bagvedliggende laguner på tværs af Jylland. Sedimentkilden til disse oddekomplekser var store floder fra nord. Sedimenterne blev transporteret langs kysten indtil aflejring i oddekomplekserne. Et markant fald i havniveau resulterede i en markant udbygning i seneste Chattian (seneste Oligocæn) til Aquitanien (Tidlig Miocæn) (fig. 2b,c) (Rasmussen 1996) og da udbygningen skete under stadig faldende havniveau aflejredes forholdsvis rent sand og grus. Efter havniveaufaldet i Aquitanien steg havniveauet generelt op igennem Miocæn med maksimum i Serravallien (Øvre Mellem Miocæn) (fig. 2d-l) (Prin-tice og Matthews 1988). Nye tektoniske bevægelser karakteriserede bassinet i slutningen

af Burdigalien (øvre Nedre Miocæn). Dette resulterede i nye udbygninger, bl.a. aflejring beriget med tungminerale (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 Odderup Formationen at tektonisk aktivitet foregik ved denne overgang (Koch 1989). Kildeområdet skiftede i denne periode fra overvejende nord i Nedre Miocæn til nordøst og øst i Mellem og Øvre Miocæn.

Under den markante transgression i Langhian var klimaet varmt. Det varme klima i begyndelsen af Mellem Miocæn var et globalt fænomen og derfor steg det globale havniveau også markant i denne periode. Sandsynligvis var hele det danske område oversvømmet i den sidste del af Mellem Miocæn. Under aflejringen af Gram Leret i Øvre Miocæn, blev det generelt koldere globalt og dermed skete der også et fald i havniveau i den sidste del af Miocæn. Dette blev kompenseret af en større regional indsykning, 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 sedimenter over Midtjylland (Japsen et al. 2002). Gram Leret er kendt for en rig flora og fauna der må derfor have været en høj tilførsel af næringsstoffer fra land.

## Litostratigrafi

De nyere undersøgelser af den øvre oligocæne – miocæne lagserie har vist at den tidligere litostratigrafiske inddeling er for simpel. Derfor vil der i nærværende undersøgelse blive benyttet en litostratigrafi for den miocæne lagserie, der er kraftig revideret (Dybkjær et al. 1999; Rasmussen et al. 2002) (Fig. 3 og 4).

Den ældste litostratigrafiske enhed er Vejle Fjord Formationen. Den nederste del af Vejle Fjord Formationen, Brejning Led, henregnes til oligocænet, så den miocæne lagserie starter med Vejle Fjord Leret. Vejle Fjord Leret efterfølges af Vejle Fjord Sand og Hvidbjerg sand. I det centrale og vestlige Jylland er der kortlagt et større deltakompleks, som er samtidig med Vejle Fjord Formationen. Dette benævnes Billund sand. I det sydlige Jylland aflejreredes et meget sandrigt system, som er en videreudbygning af Billund deltaet, men som dog er isoleret fra Billund deltaet. Dette sandrige system hedder Ribe Formationen. Over disse enheder, der overordnet tilhører Vejle Fjord Formationen, kommer Arnum Formationen, der hovedsageligt består af lerede sedimenter. Den nederste del af Arnum Formationen, som består af sandrige sedimenter benævnes, Kolding Fjord sand. De minder meget om Vejle Fjord Formationen, men er yngre og udgør ikke en del af Vejle Fjord systemet. I de nordlige og østlige egne af Jylland kiler der sig et sandlag ind i den lerede del af Arnum Formationen. Dette lag benævnes Bastrup sand. I forbindelse med en ny kystudbygning i den øverste del af Arnum Formationen aflejreredes finsand rigt på tungmineraler. Disse sandlag kaldes for Stauning sand. Over Arnum Formationen følger den sandrige Odderup Formation. Herover træffes kun lerrige sedimenter i Jylland. Disse lag er kendt som Hodde Formationen og Gram Formationen.

Der er endnu ikke konstrueret et prækvartært kort over de miocæne formationer, som omtalt ovenfor, men den overordnede fordeling af de miocæne og pliocæne aflejringer i det danske område er vist i figur 5. Her ser man, at de miocæne lag bliver ældre mod øst og nordøst. Dette er en konsekvens af den markante neogene og kvartære hævnning og erosion.

## Data

Nærværende undersøgelse bygger på to nye shallow-seismiske linier: GI01 og GI02, samt eksisterende multi-kanal seismiske linier skudt i forbindelse med olieefterforskning. Følgende borer er inddraget i undersøgelsen: Gadbjerg (DGU. 115.1474), Addit Mark (DGU. 98.928), Dauding (DGU.97.952), Klovborg (DGU. 106.1373), Lindved (DGU. 116.1569), Vandel Mark (DGU. 115.1371).

# Borebeskrivelse

## *Gadbjerg (Fig. 6)*

Gadbjerg boringen gennemborer kvartære og miocæne lag og stopper i eocænt Søvind Mergel (Fig. 7). Grænsen mellem Kvartær og Miocæn er tolket til at ligge 88 meter under terræn. Der kan dog være bevaret lidt Odderup Formation mellem 76 og 87 meter under terræn.

Den gennemborede miocæne lagserie er repræsenteret ved følgende litostratigrafiske enheder angivet ved toppen af enheden: 88 m Ø. Arnum Formation, 93 m Stauning sand, 93 - 101 m forkastningszone, 102 m øvre Arnum, 120 m Bastrup sand, 149 m nedre Arnum Formation, 167 m Hvidbjerg, 168 m Vejle Fjord Formation, 212 Øksenrade, 214 Brejning, 225 m Søvind Mergel Formation.

76-77: Gråt, mellem- til grovkornet sand med tynde, mørkebrune og grå lerlag.

77-78: Gråt, mellem- til grovkornet sand med tynde, mørkebrune og grå lerlag.

78-79: Velsorteret, fin- til mellemkornet sand.

79-80: Gråt, mellemkornet sand med tynde lerlag.

80-81: Velsorteret, finkornet sand. Gruset.

81-82: Velsorteret, finkornet sand.

82-83: Velsorteret, finkornet sand.

83-84: Velsorteret, finkornet sand.

84-85: Velsorteret, finkornet sand.

85-86: Velsorteret, finkornet sand.

86-87: Velsorteret, finkornet sand.

87-88: Mørkebrunt ler.

88-89: Mørkebrunt, siltet ler.

89-90: Mørkebrunt, siltet ler.

90-91: Mørkebrunt, siltet ler.

91-92: Mørkebrunt, siltet ler. Skalfragmenter.

92-93: Mellemkornet sand og mørkebrune lerlag. Skaller.

93-94: Mellemkornet sand og mørkebrune lerlag.

94-95: Mellemkornet sand og mørkebrune lerlag. Tungminerale?

95-96: Mellemkornet sand og mørkebrune lerlag. Skaller og tungminerale.

96-97: Gråt, grovkornet sand, lidt gruset og med tynde lerlag. Skaller.

97-98: Gråt, grovkornet sand. Gruset.

98-99: Gråt, grovkornet sand. Gruset.

99-100: Gråt, grovkornet sand. Gruset.

100-101: Gråt, mellemkornet sand med tynde lerlag. Bjergartsfragmenter?

101-102: Mørkebrunt, siltet ler veksellejrende med grønliggråt silt.

102-103: Mørkebrunt, siltet ler.

103-104: Mørkebrunt, siltet ler, svagt lamineret.

104-105: Mørkebrunt, siltet ler. Tynde finsandstriber.

105-106: Mørkebrunt, siltet ler. Cementeret sandsten.

106-107: Mørkebrunt, siltet ler veksellejrende med grønliggråt silt..

107-108: Lamineret, brunligt, siltet ler og grønliggråt silt.  
108-109: Lamineret, brunligt, siltet ler og grønliggråt silt. Lignit.  
109-110: Velsorteret, finkornet sand med tynde, lysebrune lerlag.  
110-111: Lysebrunt ler.  
111-112: Lysebrunt ler veksellejrende med grønliggråt silt.  
112-113: Lysebrunt ler veksellejrende med grønliggråt silt.  
113-114: Mørkebrunt ler med lidt finkornet sand.  
114-115: Mørkebrunt ler med lidt finkornet sand.  
115-116: Mørkebrunt ler med lidt finkornet sand.  
116-117: Mørkebrunt ler med lidt finkornet sand.  
117-118: Mørkebrunt ler veksellejrende med gråt, finkornet sand.  
118-119: Veksellejrende, brunt siltet ler og gråt siltet, finkornet sand.  
119-120: Veksellejrende, mellemkornet sand og gråt silt.  
120-121: Velsorteret, finkornet sand med tynde lerlag.  
121-122: Velsorteret, mellemkornet sand med tynde lerlag.  
122-123: Velsorteret, mellemkornet sand veksellejrende med brunt og grønligt, siltet ler.  
123-124: Velsorteret, mellemkornet sand veksellejrende med brunt og grønligt, siltet ler.  
Gruset.  
124-125: Mellemkornet, gruset sand og grønliggråt, siltet, finkornet sand.  
125-126: Grovkornet sand med tynde lerlag.  
126-127: Grovkornet sand.  
127-128: Grovkornet sand.  
128-129: Grovkornet sand  
129-130: Meget, grovkornet sand, med tynde lerlag.  
130-131: Grovkornet sand. Gråt silt.  
131-132: Mellemkornet sand med brune, siltede lerlag.  
132-133: Mellemkornet sand.  
133-134: Mellem- til grovkornet sand. Tynde lerlag.  
134-135: Brunt til chokoladebrunt, siltet ler. Sandet.  
135-136: Lamineret, brunt, siltet ler og brunt silt. Sandet.  
136-137: Lamineret, brunt, siltet ler og brunt silt. Sandet.  
137-138: Lamineret, brunt, siltet ler og brunt silt. Sandet.  
138-139: Lamineret, brunt, siltet ler og brunt silt. Sandet.  
139-140: Gråt, mellemkornet sand med mørkebrune til grålige lerlag.  
140-141: Brunt ler og finkornet sand.  
141-142: Brunt ler og finkornet sand.  
142-143: Lamineret brunt og grønligbrunt, siltet ler og finkornet sand.  
143-144: Lamineret brunt og grønligbrunt, siltet ler og finkornet sand.  
144-145: Lamineret brunt og grønligbrunt, siltet ler og finkornet sand.  
145-146: Lamineret brunt og grønligbrunt, siltet ler og finkornet sand.  
146-147: Lamineret brunt og grønligbrunt, siltet ler og finkornet sand.  
147-148: Lamineret brunt og grønligbrunt, siltet ler og finkornet sand.  
148-149: Lamineret brunt og grønligbrunt, siltet ler og finkornet sand.  
149-150: Lamineret brunt og grønligbrunt, siltet ler og finkornet sand.  
150-151: Lamineret brunt og grønligbrunt, siltet ler og finkornet sand.  
151-152: Lamineret brunt og grønligbrunt, siltet ler og finkornet sand.  
152-153: Lamineret brunt og grønligbrunt, siltet ler og finkornet sand.



153-154: Lamineret brunt og grønligbrunt, siltet ler og finkornet sand.  
154-155: Lamineret brunt og grønligbrunt, siltet ler og finkornet sand.  
155-156: Lamineret brunt og grønligbrunt, siltet ler og finkornet sand.  
156-157: Lamineret brunt og grønligbrunt, siltet ler og finkornet sand.  
157-158: Lamineret brunt og grønligbrunt, siltet ler og finkornet sand.  
158-159: Mørkebrunt, siltet ler.  
159-160: Mørkebrunt, siltet ler.  
160-161: Mørkebrunt, siltet ler.  
161-162: Mørkebrunt, siltet ler.  
162-163: Mørkebrunt, siltet ler.  
163-164: Mørkebrunt, siltet ler.  
164-165: Mørkebrunt, siltet ler. Skaller.  
165-166: Mørkebrunt, siltet ler. Noget finkornet sand og skaller.  
166-167: Mellemkornet sand og tynde lerlag. Mange skaller.  
167-168: Mørkebrunt, siltet ler og finkornet sand. Skaller.  
168-169: Veksellejrende brunt ler og grønliggråt silt.  
169-170: Veksellejrende brunt ler og grønliggråt silt.  
170-171: Veksellejrende brunt ler og grønliggråt silt.  
171-172: Veksellejrende brunt ler og grønliggråt silt. Skaller.  
172-173: Veksellejrende brunt ler og grønliggråt silt. Skaller.  
173-174: Mørkebrunt, leret silt.  
174-175: Mørkebrunt, leret silt.  
175-176: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.  
176-177: Brunt ler med grå siltstriber.  
178-179: Brunt ler med grå siltstriber. Skaller.  
179-180: Brunt ler med grå siltstriber.  
180-181: Brunt ler med grå siltstriber.  
181-182: Brunt ler med grå siltstriber. Skaller.  
182-183: Brunt ler med grå siltstriber.  
183-184: Brunt ler med grå siltstriber.  
184-185: Brunt ler med grå siltstriber. Skaller.  
185-186: Mørkebrunt, leret silt. Sideritkonkretion.  
186-187: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt. Skaller.  
187-188: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.  
188-189: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.  
189-190: Mørkebrunt, leret silt.  
190-191: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.  
191-192: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.  
192-193: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt. Skaller.  
193-194: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.  
194-195: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt. Skaller.  
195-196: Mørkbrunt, leret silt.  
196-197: Mørkebrunt, siltet, finkornet sand.  
197-198: Mørkebrunt, leret silt.  
198-199: Mørkebrunt, leret silt.  
199-200: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.  
200-201: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og gråt, finkornet sand.

201-202: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og gråt, finkornet sand.  
202-203: Mørkebrunt, leret silt.  
203-204: Mørkebrunt, leret silt.  
204-205: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og hvidt, finkornet sand.  
205-206: Mørkebrunt, leret silt.  
206-207: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og hvidt, finkornet sand  
207-208: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og hvidt, finkornet sand  
208-209: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og hvidt, finkornet sand  
209-210: Mørkebrunt, leret silt.  
210-211: Mørkebrunt, leret silt.  
211-212: Grønlig, glaukony-rig sandsten.  
212-213: Grønlig, glaukony-rig sandsten og brunt ler.  
213-214: Mørkegrønt til brunligt ler med finkornet sand.  
214-215: Mørkegrønt til brunligt ler med finkornet sand.  
215-216: Mørkegrønt til brunligt ler med finkornet sand. Gruset.  
216-217: Lamineret, chokoladebrunt og hvidt, siltet ler.  
217-218: Lamineret, chokoladebrunt og hvidt, siltet ler. Skaller.  
218-219: Brunt ler.  
219-220: Brunt, siltet ler.  
220-221: Lamineret, mørkebrunt siltet ler og grønligt, finkornet sand.  
221-222: Mørkebrunt til grønligt, siltet ler.  
222-223: Mørkebrunt, leret silt.  
223-224: Mørkebrunt og grønligt, leret silt.  
224-225: Grønliggråt ler.

## Korrelation af boringer

I nærværende rapport er der lavet et korrelationspanel V6, der sigter mod at sætte Gadbjergboringen ind i en geologisk ramme (Fig. 8, 9). Korrelationspanelet er en fortsættelse af korrelationspaneler i Rasmussen 2003c og derfor benævnt V6.

### V6

V6 korrelerer boringerne: Vandel Mark, Gadbjerg, Lindved, Klovborg, Dauding, og Addit Mark (Fig. 9). I den nordlige del af profilet dominerer lerede sedimenter fra Vejle Fjord Formationen. Vejle Fjord Formationen overlejres af et relativt tyndt sand- og gruslag tilhørende Hvidbjerg sand og Kolding Fjord formationen. Laget er sjældent over 10 meter mægtigt. I den sydligste del af profilet, ved Vandel Markboringen, som er beliggende i Brandegraven, er den tilsvarende succession tykkere og domineret af Billund sand nederst. Herover følger Vejle Fjord Formationens lerede sedimenter og øverst sandede sedimenter fra Kolding Fjord Formationen. I hele profilets længde følger lerede sedimenter tilhørende nedre Arnum Formation over de sandede og grusede lag fra Hvidbjerg sandet og Kolding Fjord Formationen. Arnum Formationen overlejres af sandede sedimenter fra Bastrup sand. Mægtigheden af dette sand varierer fra ca. 10 til 30 meter. Bastrup sandet følges af lerede sedimentter fra øvre Arnum Formation. I øvre Arnum Formation, gennemskærer Brandegravsfor-kastningen ved ca. 100 meter (Fig. 9 og 10). Over Arnum Formationen følger sandede sedimentter fra Odderup Formationen og i den sydligste del er der også anboret Stauning sand. Odderup Formationen er tykkest mod nord, her er den ca. 40 meter mægtig. Ved Daudingboringen er der kun et meget tyndt lag af Arnum Formationen, som adskiller Odde-rup Formationen fra Bastrup sandet. Den øvre grænse er kraftigt erosiv og den miocæne lagserie overlejres af kvartære sedimentter.

## Seismisk tolkning af shallow seismiske data

Der er i nærværende rapport tolket to seismiske linier, GI01 og GI02, som er skudt i Vejle Amt i 2003 (Fig. 11). De 2 linier er vist i figur 12 og 13. Bemærk at den del af GI01, der strækker sig ind i Ribe Amt og videre ind i Ringkøbing Amt, også er vist. Dette er gjort for helhedens skyld.

Den overordnede tolkning er baseret på korrelation til to nærliggende borer: Store Vorslunde og Risby-2 (Fig. 14) og består i en inddeling i sekvenser, som vist i figur 4 og beskrevet i Rasmussen 2002. Udover en generel tolkning er der også vist et seismisk facieskort (temakort), der søger at indikere, hvor man kan finde grundvandsmagasiner indenfor de forskellige sekvenser (Fig. 15).

Kvaliteten af de seismiske data er generelt høj. Der er kun observeret enkelte zoner med forringet signal.

### GI01

I den miocæne lagserie er der erkendt 3 sekvenser, sekvens B, C, og D (Fig. 12).

**Sekvens B:** Sekvens B er nederst karakteriseret ved lavt hældende reflektorer med kraftige amplitudevariationer. Reflektorene hælder både mod syd og nord, dog er den sydlige hældning dominerende, specielt i den nordlige del af sektionen. Herover følger et reflektionsmønster, der er karakteriseret ved tætliggende kliniformer (Fig. 12). Sydover dominerer dette reflektionsmønster gradvist hele sekvens B. Øverst i sekvensen er der erkendt enkelte erosionflader, som er fyldt ud med et transparent til højamplitudereflektionsmønster.

**Sekvens C:** Sekvens C er karakteriseret ved at have et stærkt varierende amplitude mønster, hvor der i de kraftigste reflektorer erkendes en overordnet svag hældning mod syd. Enkelte steder i den nedre del af sekvensen er der erkendt tætliggende kliniformer (markeret med gult på figur 12). Kliniformerne er øverst skarpt afskåret af en gennemgående erosionsflade. Over erosionsfladen ses et transparent til kaotisk reflektionsmønster.

**Sekvens D:** Denne sekvens er karakteriseret ved et parallelt til subparallelt reflektionsmønster. I den midterste del af sektionen er reflektionsmønsteret næsten transparent.

Den seismiske sektion ligger tæt på Store Vorslundeboringen. En direkte korrelation til boringen (Fig. 12) viser at den nederste del af sekvens B korrelerer til lerede sedimenter fra Vejle Fjord Formationen. De få højamplitudereflektorer afspejler variationen i litologien i Vejle Formationen. Øverst i sekvens B ses en tydelig korrelation af det kliniforme reflektionsmønster til Billund sandet. I Store Vorslundeboringen er Billund sandet 30 meter mægtigt. Det må derfor antages at de højere kliniformer i den sydlige del afspejler tykkere sandheder i Billund sandet. Områderne, med et mere transparent reflektionsmønster tolkes til at repræsentere mere finkornede dele af Billund deltakomplekset. Erosionsstrukturene øverst i sekvensen repræsenterer formodentligt erosionsdale øverst i deltakomplekset dannet under en sydlig udbygning af deltaet, sandsynligvis i forbindelse med faldende havniveau (Rasmussen 2002). Korrelation af sekvens C til Store Vorslundeboringen er også

ret entydig. Den nederste del af sekvensen svarer til nedre Arnum Formation og er ganske tynd her. Herover følger en ret mægtig sandenhed tilhørende Bastrup sandet. Det klinoforme reflektionsmønster korrelerer til en grovende opad enhed, der tolkes til at repræsentere en udbygning af et deltaet. Den skarpe grænse over det klinoformereflektionsmønster, korrelerer til et markant litologisk skift i Store Vorlundeboringen, hvor meget grovkornede sedimenter blev afsat. Grænsen blev dannet under kraftig subærisk erosion og de sandede sedimenter, der følger over, blev aflejret under den efterfølgende transgression. Sekvens D korrelerer til lerede til sandede sedimenter fra øvre Arnum Formation. Disse sedimenter blev aflejret i et fuldt marint aflejningsmiljø. Øverst i sekvens D er der i Store Vorlundeboringen anført strandsedimenter beriget med tungminerale og disse lag tilhører Odderup Formationen.

## GI02

I den miocæne lagserie er der erkendt 3 sekvenser, sekvens B, C, og D (Fig. 13). Den miocæne lagserie er forsat af 2 forkastninger i den østlige del.

Sekvens B: Sekvens B er nederst karakteriseret ved et parallelt til subparallelt reflektionsmønster. Omkring skudpunkt 1200 til 1800 er det seismiske signal meget dårligt. Opad i sekvensen erkendes en gradvis stigning i amplituden. Denne del kiler ud mod Risby-2 boringen og får også et mere transparent reflektionsmønster. Øverst i sekvensen er der en markant erosionsflade ved Store Vorlundeboringen og en mindre lidt øst herfor.

Sekvens C: Sekvens C er nederst domineret af et lavamplitude reflektionsmønster. Østhældende klinoforme erkendes svagt. Herover følger et klinofomt reflektionsmønster, der hen over sektionen veksler med et mere transparent til kaotisk reflektionsmønster. Der ses en tydelig udkiling af det klinoforme reflektionsmønster omkring skudpunkt 2000. Øst herfor er sekvensen karakteriseret ved et transparent reflektionsmønster. I den vestlige del af sektionen ses en skarp erosionsflade over det klinoforme reflektionsmønster. Over erosionsfladerne erkendes et transparent til kaotisk reflektionsmønster.

Sekvens D: Sekvensen er karakteriseret ved et parallelt til subparallelt reflektionsmønster. Amplituden er svag i den nederste del men stiger gradvist opad. Den miocæne lagserie skæres kraftig af en erosionsflade.

Linien skære Store Vorslunde og Risby-2 boringerne (Fig. 14). Sekvens B korrelerer, lige som ved linie GI01, til Vejle Fjord Formationen og Billund sandet (Fig. 14). På denne øst – vest gående linie erkendes ingen klinoforme idet linien løber på tværs af udbygningsretningen af Billund deltaet. Der har altså været en direkte nord – syd udbygning af Billund deltaet på dette sted. Øverst, hvor der er kendt en kanal, blev der aflejret sandede sedimenter under den efterfølgende transgression, som førte til fuldt marine forhold og senere aflejring af Arnum Formationen. Billund sandet er i Store Vorlundeboringen ca. 30 meter tykt og kiler ud mod Risby-2 boringen (se også Rasmussen 2003c). Den nederste del af sekvens C korrelerer til lerede sedimenter fra nedre Arnum Formation. Dette følges af Bastrup sand, som nederst er afbilledet ved det klinoforme reflektionsmønster, som hælder i østlig-retning. Den østlige hældning, sammenholdt med en sydlig hældning på GI01, antyder at udbygningen af deltaet foregik mod sydøst. Den øverste del af Bastrup sandet, som nedadtil er stærk erosiv, blev aflejret i nedskårne dale (Rasmussen 2002). Mægtigheden

af Bastrup sandet er tykt både i Store Vorslunde og Risby-2 boringerne med henholdsvis 55 meter og 35 meter. I Risby-1 boringen er Bastrup sandet mere leret. Sekvens C korrelerer til lerede sedimenter fra øvre Arnum Formation, der opadtil bliver mere sandet og korrelerer til Stauning sandet, som blev afleret i havet udfør Odderup Formationens kyst. Endelig, øverst, er der i Store Vorslundeboringen anført strandsedimenter beriget med tungminerale. Mod øst er der sandsynligvis bevaret noget mere af Odderup Formationen (Fig. 13 og 14).

## Billund deltaet

Den store mængde af data, både seismiske data og boringsdata, der er indsamlet i Ribe og Vejle amter, samt højopløselige seismiske data fra Nordsøen umiddelbart ud for den jyske vestkyst (Fig. 16) indsamlet af Holger Lykke-Andersen og kollegaer, gør at der efterhånden kan dannes et overblik over Billund deltaets udbredelse. Tolkningen er endvidere baseret på Rasmussen (2003a, b og c)

Ved at tolke en serie af seismiske linier fra Nordsøen (Fig. 17 og 18) samt sammensatte shallowseismiske linier fra det centrale Jylland (Fig. 19 og 20) kan man se at Billund deltaet er opbygget af en række enheder, som er karakteriseret ved enten at være domineret ved et klinofornt reflektionsmønster (klinotermer) eller en sigmoidal til subparallel reflektionsmønster. Disse 2 typer af reflektionsmønstre ses for eksempel i figur 17. Det mest interessante reflektionsmønster, med hensyn til kortlægning af grundvandsmagasiner, er det klinoforme reflektionsmønster, da det indtil videre har vist at indikere enheder med gode grundvandsmagasinegenskaber (mægtige sandenheder). Kortlægningen af udbredelsen af disse enheder er endnu begrænset, da der ikke er nogen tæt seismisk dækning på land, men i figur 21 er der indikeret, hvor vi på nuværende tidspunkt, kan kortlægge de klinoforme enheder. Mægtigheden af hele deltakomplekset er vist i figur 22A, som også viser den maksimale udbredelse af Billund deltaet. Deltaet havde sin vestligeste udbredelse ca. 50 km vest for den nuværende vestkyst på en strækning fra Nissum Fjord i syd til Hanstholm i nord. Hovedtrendet på deltaet var nordvest-sydpøst. Under den maksimale udbredelse af deltaet strakte kystlinien sig fra lidt syd for Ringkøbing ind over Dyrvig ved Hoven og videre ned over Sdr. Omme til Billund. Øst for Billund drejede kystlinien markant mod nord og hoveddeltaet var her begrænset af den østlige forkastning af Brandegraven (Fig. 21). Øst for Brandegraven aflejreredes associerede oddesystemer til deltaet. Disse oddekomsystemer går under navnet Hvidbjerg sand. Mægtigheden af deltakomplekset har varieret meget. I vest (nuværende Nordsø) har mægtigheden oversteget 300 m (Fig. 22A). Mod øst, ind over Jylland, er mægtigheden markant tyndere, her varierer tykkelsen mellem 150 m og 100 m, tykkest mod nordvest. Øst for Brandegravsforkastningen, hvor deltakomplekset er opbygget af oddesystemer, er tykkelsen sjældent over 30 m (Fig. 22A). På figur 22 B er vist en sammenstilling af tykkelseskortet og udbredelsen af et klinofornt reflektionsmønster.

Tidligere seismiske undersøgelser samt korrelationspaneler af boringer ned gennem Jylland (Rasmussen et al. 2002), indikerer at der under aflejringen af Billund deltaet, har været en vis topografi i området. Dette relief, der dels er forkastningsbetinget og dels relateret til saltbevægelser i den dybere undergrund, blev dannet under den saviske tektoniske fase i midt Oligocæn (Rasmussen et al. 2002). Denne topografi kan også erkendes på nogle af de nye seismiske data. Ved for eksempel at backstrippe den seismiske linie GI03 (Fig. 23), kan man se at dele af Ringkøbing-Fyn Højderyggen udgjorde et strukturelt element. Denne topografi har haft en stor indflydelse på tykkelsesvariationerne i deltakomplekset. Ligeledes er udbredelsen af hoveddeltaet mod øst begrænset af den østlige grænsforkastning af Brandegraven. Selve deltaloben ved Billund synes også at være kontrolleret af forkastninger i Brandegraven (Fig. 21). Endvidere kan strukturelle elementer på Ringkøbing-Fyn Højderyggen, i lighed med Nedre Kretassiske barrierekomplekser på Bornholm (Noe-Nygaard

and Surlyk 1988), have haft indflydelse på placeringen af oddekomplekser øst for hoved-deltaet.

Morfologiske og sedimentologiske undersøgelser viser at Billund deltaet er et bølgedomine-ret delta. Denne tolkning er baseret på både seismiske data, undersøgelser af boringer og sedimentologiske studier af det associerede oddesystem, Hvidbjerg sandet, der er blottet i Østjylland (Rasmussen et al. 2002, samt nærværende rapport).

Studier af moderne deltaer viser at der er en karakteristisk sammenhæng mellem længden af udkiling af deltalober, orienteringen af sandbarrer og fordeling af sedimentologiske facies af de 3 deltatyper, som man normalt arbejder med: bølge-, tidevands- og fluvialdominerede deltaer (Løseth and Helland-Hansen 2001). Bølgedominerede deltaer er karakteriseret ved at kile ud over meget kort afstand (ca 2 km) og have transverse sandbarrer. Tidevandsdo-minerede deltaer kiler ud over meget længere afstand (ca. 10 km) eller mere og har longi-tudinale sandbarrer. Fluvialdominerede deltaer kiler også ud over længere afstand (mere end 3 km) og er karakteriseret ved at have sandrige mundingsbarrer foran deltafronten og endvidere være domineret af kanal-associerede facies. Seismiske data fra Billund (Fig. 19 og 20) indikerer at hoved-deltaloben her kiler ud over 2 km, hvilket er i overensstemmelse med et bølgedomineret delta (Løseth and Helland-Hansen 2001). Sedimentologiske studier af de oddekomplekser i Østjylland, som er associeret med deltaet, viser at sedimenterne overvejende er aflejret i forbindelse med storme (Rasmussen et al. 2002). Der er erkendt tidevandsaflejring (Friis et al. 1998; Rasmussen et al. 2002), men disse er underordnede.

Ved at sammenstille forskellige dataset, seismiske data, boringer, samt undersøgelser af blotninger, kan der fremstilles en sedimentologisk model af deltakomplekset (Fig. 24). Billund deltaet byggede ud fra nord mod syd i Tidlig Miocæn og dækkede det, der i dag svarer til det centrale og vestlige Jylland. Under udbygningen af Billund deltaet blev der aflejret meget tykke sandenheder i det centrale Jylland. Her dominerede grovkornede fluviale og deltalobesedimenter. Mod øst (øst for Brandegraven) aflejredes mere finkornede sedi-menter, som fin- til mellemkornet sand, i oddekomplekser og tidevandsrender. Nordøst for odde- og barrierekomplekserne aflejredes lerede og siltede, ofte organiskrige sedimenter i laguner og mod sydvest sandede til lerede lag på indre og ydre strandplan.

Billund sandet er lidt ældre end Ribe Formationen i Sønderjylland (Sorgenfrei 1958; Friborg et al. 2002), men om det litostratigrafisk bliver en selvstændig formation eller et led i Ribe Formationen er ikke afklaret endnu.



## Konklusion

Nærværende undersøgelse viser at der i den vestlige del af amtet, i Brandegraven, eksisterer 2 store grundvandsmagasiner. Disse grundvandsmagasiner består af sand, der er aflejret i miocæne deltakomplekser. Sandlag i disse deltakomplekser kaldes for henholdsvis Billund og Bastrup sand.

De seismiske data, som er tolket i undersøgelsen, indikerer at sandlagene i Billund sandet kan være over 75 meter tykke. Boringer i nærheden viser mægtigheder på 40 til 50 meter, men disse boringer er ikke placeret optimalt. Mægtigheden af Bastrup sandet kan ikke angives ud fra seismiske data, men i flere boringer i amtet, samt i Ribe Amt, viser at tykkelsen ofte er på 50 meter når man er vest for Brandegravsforkastningen.

Gadbjerg boringen gennemborer 136 meter miocæne sedimenter, heraf kun 1 meter Hvidbjerg sand (ækvivalent med Billund sandet) og 14 meter Bastrup sand. I omkring 100 meters dybde gennemborer boringen Brandegravsforkastningen og prøverne heromkring er forurenet med Kvartære materialer.

## Referencer

- Danielsen, M., Michelsen, O. og 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., Piasecki, S. og Rasmussen 1999: Dinoflagellat-zonering og sekvensstratigrafi i den miocæne lagpakke i Midt- og Sønderjylland, 33pp, GEUS rapport 1999/
- Dybkjær, K. og Rasmussen, E.S. 2001: Oligocæn – Miocæn dinoflagellat-stratigrafi i Vorbasse-boringen, Ribe Amt. 28 pp. GEUS rapport 2001/120.
- Dybkjær, K., Rasmussen, E.S. og Piasecki, S., 2003: Stratigrafi i borerne: Fromsseier, Bække, Estrup og Føvling, Ribe Amt. Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse Rapport 2003/95.
- Friberg, R., Kirsch, R., Scheer, W., Stoepker, K. og Thomsen, S. 2002. Grundvand til Sønderjylland og Schleswig. Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, 93 pp. Laursen Gragisk, Tønder
- Friis, H., Mikkelsen, J. og Sandersen, P. 1998: Depositional environment of the Vejle Fjord Formation of the Upper Oligocene - Lower Miocene of Denmark: a barrier island/barrier-protected depositional complex. *Sedimentary Geology* 117, 221-244.
- Heilmann-Clausen, C. 1995: Palæogene aflejringer over Danskekalken. In: Nielsen, O.B. (ed.): Danmarks geologi fra Kridt til idag. Aarhus Geokompender 1, 69-114.
- Hindsby, K., Harrar, B., Nyegaard, P., Konradi, P., Rasmussen, E.S., Bidstrup, T., Gregersen, U. og Boaretto, E. 1999: The Ribe Formation i SW Jylland, Denmark: Holocene and Pleistocene groundwaters in a coastal Miocene sand aquifer. In: Edmunds og 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. and Rasmussen, E.S. 2002: Comment on: "Cenozoic evolution of the eastern Danish North Sea" by M. Huuse, H. Lykke-Andersen and O. Michelsen, *Marine Geology* 177, 243-269. *Marine Geology*, 186: 571-575.
- Jordt, H., Faleide, J.L., Bjørlykke, K. og Ibrahim, M.T. 1985: Cenozoic sequence stratigraphy of the central and northern North Sea Basin: tectonic development, sediment distribution and provenance areas. *Marine and Petroleum Geology* 12(8), 845-879.
- Koch, B.E. 1989: Geology of the Søby-Fasterholt area. Geological Survey of Denmark, Serie A 22, 177pp. A 118, 111pp.
- Laursen, G.V. og Kristoffersen, F.N. 1999: Detailed foraminiferal biostratigraphy of Miocene formations in Denmark. *Contr. Tert. Quatern. Geol.* 36(1-4), 73-107.
- Løseth, T.M. and Helland-Hansen, W. 2001: Quantification and evaluation of controls on coastal sandstone pinchout. In: Løseth, T.M. Regressive-to-transgressive shoreline tongues. Dissertation for the degree of Doctor Scientiarum, Bergens Universitet.
- 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.
- Noe-Nygaard, N. and Surlyk, F. (1988) Washover fan and brackish bay sedimentation in the Berriasian - Valanginian of Bornholm, Denmark. *Sedimentology*, 35, 197-217.

- Piasecki, S., accepted: Dinoflagellate cysts of the Middle – Upper Miocene Gram Formation, Denmark. In: (eds) F. Roth and K. Hoedemakers. The Gram Formation. *Palaeontos* vol. 3?, xx-xx.
- Piasecki, S., Dybkjær K. og Rasmussen E. S. 2004: Stratigrafi i Sønder Vium forskningsboring i Ringkøbing Amt (102.948) 1. udkast,
- Prentice, M.L. og 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. 2003a: Miocæn stratigrafi i den nordøstlige del af Ribe Amt. GEUS rapport 2003/2, 48 pp.
- Rasmussen, E.S. 2003b: Regionalgeologisk kortlægning af miocæne grundvandsmagasiner i Ringkøbing Amt. GEUS 2003/1, 38 pp.
- Rasmussen, E.S. 2003c: Korrelation af miocæne grundvandsmagasiner i Vejle Amt med speciel fokus på Give – Brædstrup området. GEUS rapport 2003/3, 34 pp.
- Rasmussen, E.S. 2004 (in press): Billund delta: a new giant aquifer in central and western Jylland. ROSA, GEUS.
- Rasmussen, E.S. and Dybkjær, K. 1999: Excursion: Upper Oligocene – Lower Miocene storm and tidal dominated deposits at Lillebælt and Vejle Fjord, Denmark. GEUS rapport 1999/52, 76 pp.
- Rasmussen, E.S., Dybkjær, K., and Piasecki, S. 2002: Miocene depositional systems of the eastern North Sea Basin, Denmark. Development of sedimentological and stratigraphical principles in modern sedimentology. GEUS rapport 2002/89, 131 pp.
- Sorgenfrei T. 1958: Molluscan assemblages from the marine Middle Miocene of South Jylland and their environments. Geological Survey of Denmark, Serie II 79, 166–171.
- Vejbæk, O. 1992: Geodynamic modelling of the Danish Central Trough. In: Larsen, R.M. et al. (eds): Structural and tectonic modelling and its application to petroleum geology, 1-17. Amsterdam, Elsevier: Norwegian Petroleum Society.
- Ziegler, P.A. 1982: Geological atlas of Western and Central Europe., 130pp. Amsterdam: Elsevier.

## Figurtekst

Fig. 1: Palæogeografisk rekonstruktion af den miocæne Nordsø. Fra Rasmussen (in press).

Fig. 2: Palæogeografisk rekonstruktion af øvre Oligocæn-miocæn i det område af Nordsøbassinet, der er dækket af Danmark.

Fig. 3: Korrelationspanel af boringer fra Sønderjylland og det centrale Jylland.

Fig. 4: Revideret litostratigrafi for den øvre oligocæne – miocæne lagserie. Bemærk at i kolonnerne til højre er angivet sekvenser og farvekode på seismiske nøglehorisonter.

Fig. 5: Fordelingen af de miocæne lag i Danmark.

Fig. 6: Placeringen af Gadbjergboringen.

Fig. 7: Litologisk log af Gadbjergboringen samt gamma-loggen.

Fig. 8: Kort over boringer, der er korreleret i rapporten.

Fig. 9: Korrelationspanel V6.

Fig. 10: Seismisk profil gennem Gadbjergboringen. Bemærk at boringen ligger på kanten af den østlige Brandegravsforkastning og at forkastningen skærer boringen ca. ved toppen af Bastrup sandet.

Fig. 11: Kort over de 2 shallow-seismiske linier i Vejle Amt. Den del af linierne der dækker Vejle Amt er markeret med rødt.

Fig. 12: Nord – syd gående seismisk linie GI01. Linien ligger centralt i en af lopperne i Billund deltaet. Bemærk at det kliniforme reflektionsmønster er angivet med gult på den tolkede sektion (seismisk data COWI).

Fig. 13: Øst – vest gående seismisk linie GI02. Bemærk at det kliniforme reflektionsmønster er angivet med gult på den tolkede sektion og nedskårede dale med orange. (seismisk data COWI).

Fig. 14: Korrelation mellem boringerne Store Vorslunde og Risby-2 og den seismiske linie GI02. Bemærk at det højamplitude reflektionsmønster ved Store Vorslunde korrelerer til Billund sandet. Det kliniforme reflektionsmønster på seismikken ses at korrelerer til deltafrontaflejringerne i Bastrup sandet og at man tydeligt kan korrelerer den nedskårnde dal over deltaet.

Fig. 15: Kort over udbredelsen af det kliniforme reflektionsmønster for både Billund sandet og Bastrup sandet. Deltafronten for Bastrup sandet er også angivet.

Fig. 16: Kort over seismiske linier anvendt til at illustrere udviklingen af Billund deltaet.

Fig. 17: Seismisk sektion fra Nordsøen (Da96-6), der viser den sydlige del af Billund deltaet. Bemærk de to enheder med forskelligt seismisk refleksionsmønster: 1) klinofornt refleksionsmønster og 2) sigmiodalt til subparallelt refleksionsmønster. Seismisk data H. Lykke-Andersen.

Fig. 18: Seismisk sektion fra Nordsøen (GR97-12-1), der viser Billund deltaet umiddelbart ud for den jyske vestkyst. Boringerne Vedersø Klit og Fjand er indikeret. Bemærk hvor forstyrret lagpakken er af saltstrukturer. Seismisk data H. Lykke-Andersen.

Fig. 19: Sammensat seismisk sektion (GI03 – BH6 – BH5), der viser et større udsnit af den miocæne lagserie omkring Løvlund i nord til Lindknud i syd. Bemærk hvordan Billund (blå horisont) og Bastrup (gul horisont) deltaerne kiler ud mod syd og at den miocæne lagserie går i dagen og er trunkeket mod nord. Seismisk data COWI.

Fig. 20: Sammensat seismisk sektion (GI01 – BH7 – BH8), som viser udviklingen af den miocæne lagpakke fra Brande i nord til nær Vorbasse i syd. Bemærk hvor tydeligt man kan se at Billund deltaet bygger ud fra nord mod syd og hvor hurtigt deltaet kiler ud syd for Billund boringen.

Fig. 21: Seismisk facies kort, der viser udbredelsen af klinofornt refleksionsmønster i Billund deltaet og den sydligste udbredelse af Billund deltaet. Bemærk at den lokale lobe ved Billund er begrænset til Brandegraven.

Fig. 22: A) Tykkelseskort over Billund deltaet. De meget mægtige lag i den vestlige del af Jylland og i Nordsøen skyldes større vanddybder under aflejring. B) Tykkelseskort med udbredelsen af et klinofornt refleksionsmønster.

Fig. 23: Sammensat seismisk sektion (GI03 – BH6 – BH5) som er vist i figur 19 og en fladnet udgave af samme seismiske sektion nedenunder. Bemærk at når lagserien bliver kippet tilbage som det var, da de miocæne lag blev aflejret, kan man se at dele af Ringkøbing-Fyn Højderyggen udgjorde et topografisk element. Derfor er Billund deltaet meget tykt i visse områder. Seismisk data COWI.

Fig. 24: Sedimentologisk model af det bølgedominerede Billund delta. Billund deltaet var begrænset til Brandegraven og de dybere dele af Nordsøbassinet mod vest er her opbygget af store prograderende deltalober. Mod øst var deltaet opbygget af oddekomplekser med laguner nord for odden og åbent hav syd for odden.

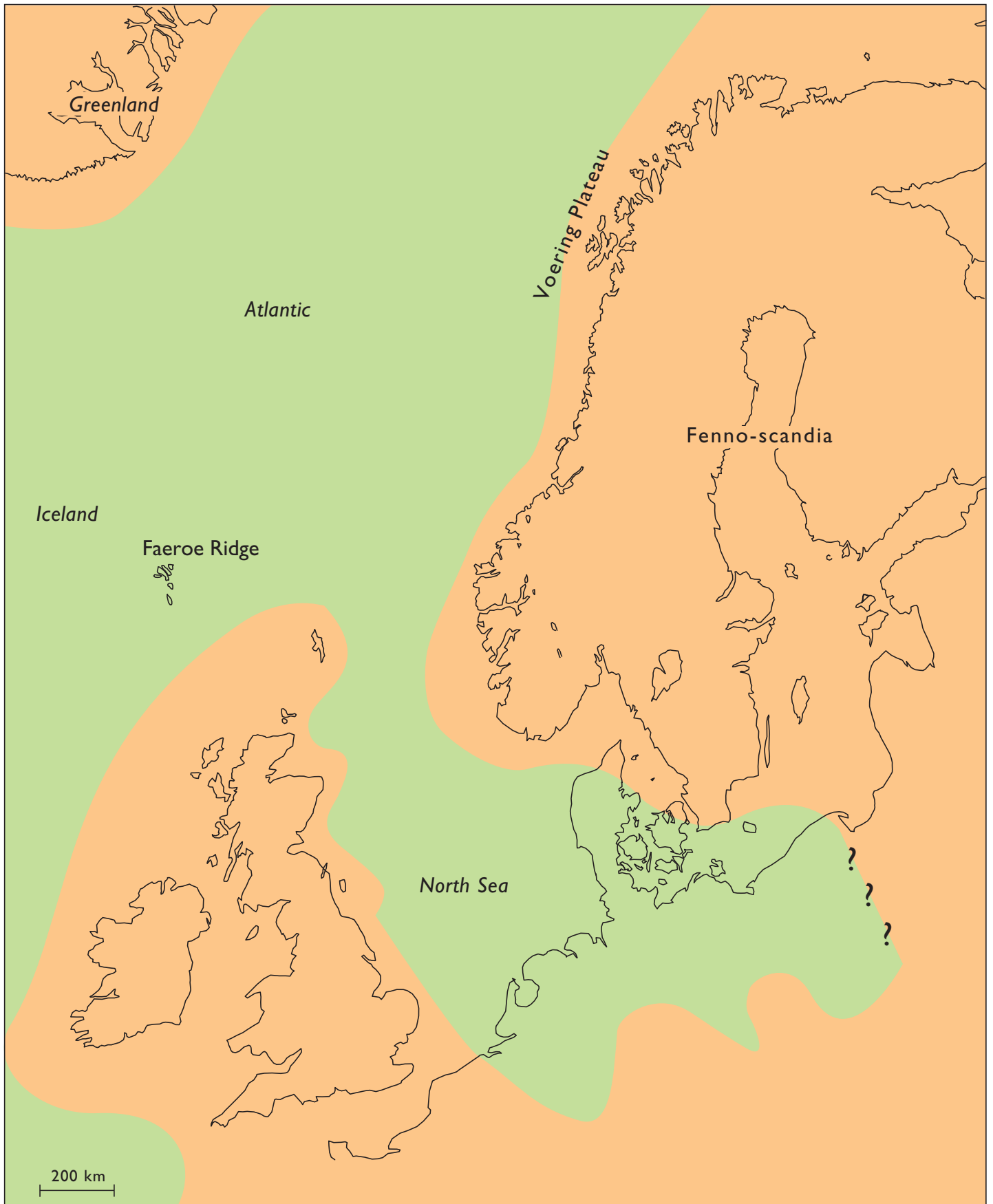


Fig. 1: Palæogeografisk rekonstruktion af den miocæne Nordsø. Fra Rasmussen (in press).

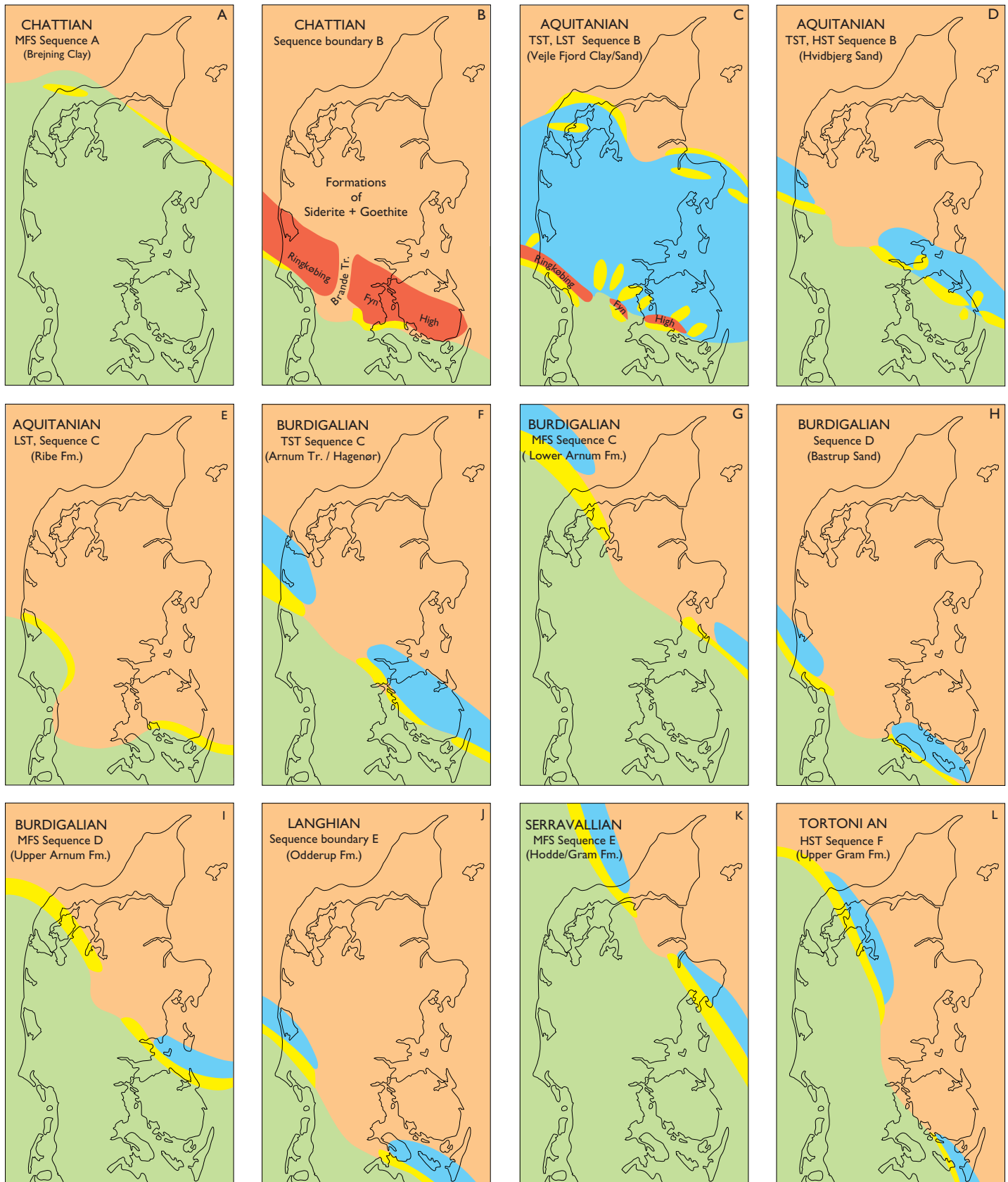


Fig. 2: Palæogeografisk rekonstruktion af øvre Oligocæn-miocæn i det område af Nordsøbassinet, der er dækket af Danmark.

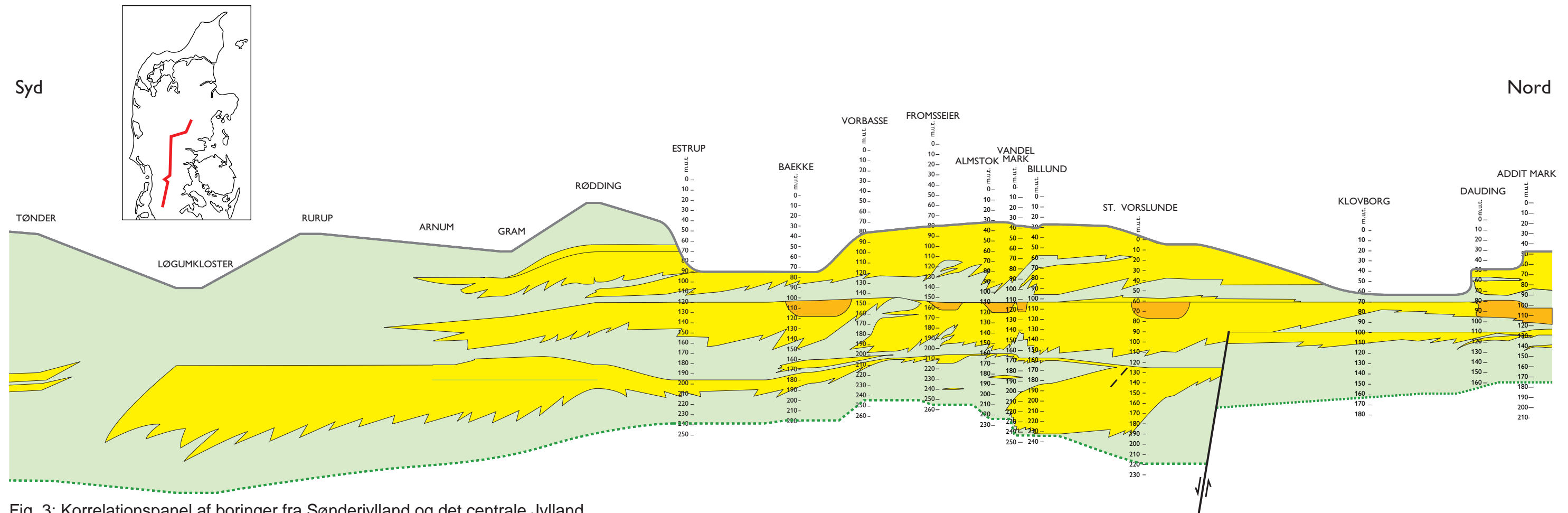
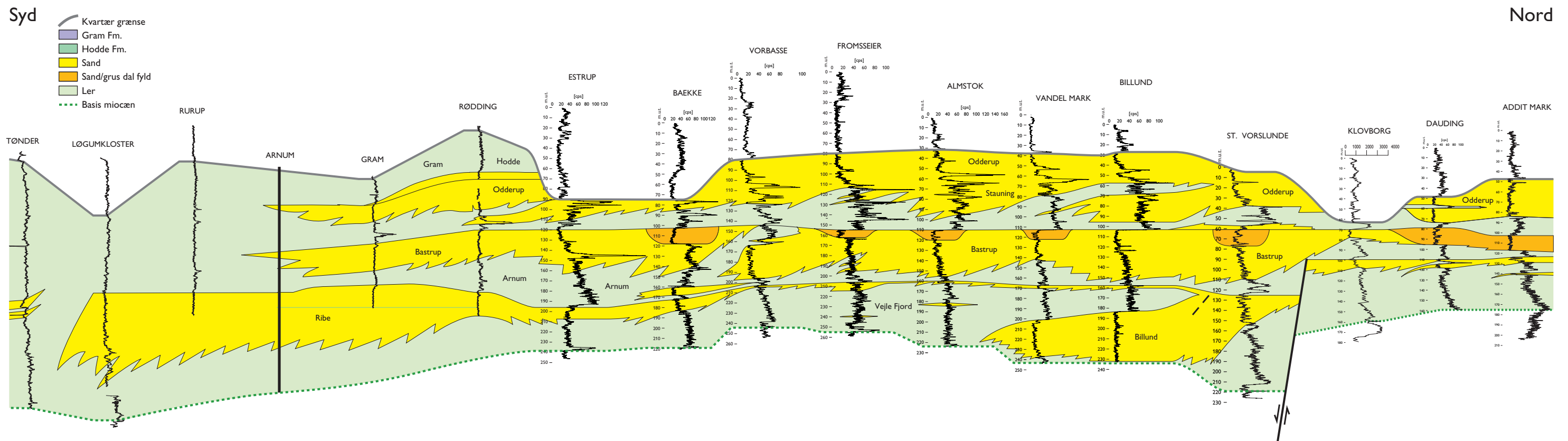
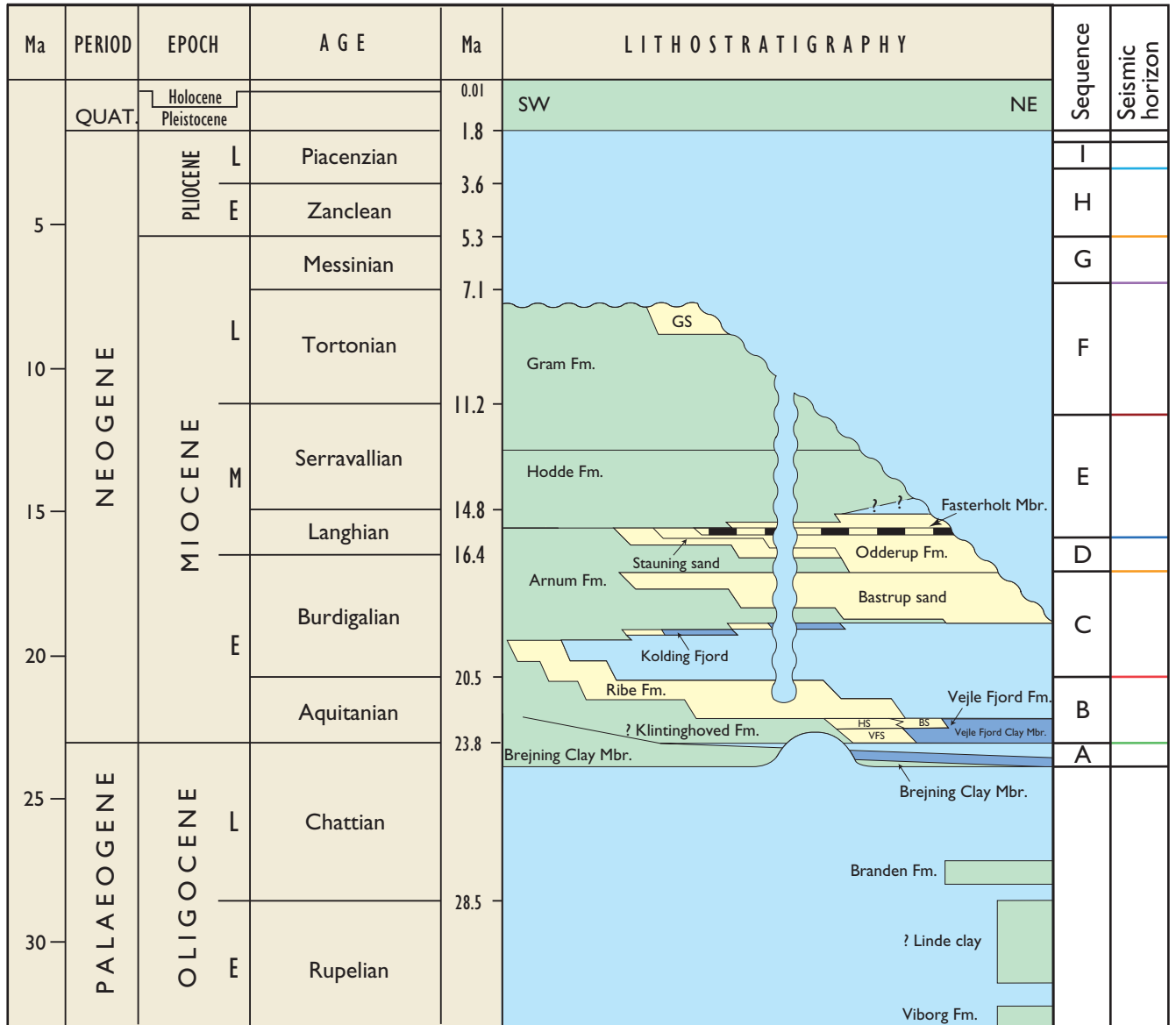


Fig. 3: Korrelationspanel af boreriger fra Sønderjylland og det centrale Jylland.





Lerede marine aflejringer     
  Sandede fluviale og marine aflejringer     
  Brakvandsaflejringer     
  Kullag     
  Hiatus

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

Fig. 4: Revideret litostratigrafi for den øvre oligocæne – miocæne lagserie. Bemærk at i kolonnerne til højre er angivet sekvenser og farvekode på seismiske nøglehorisonter.

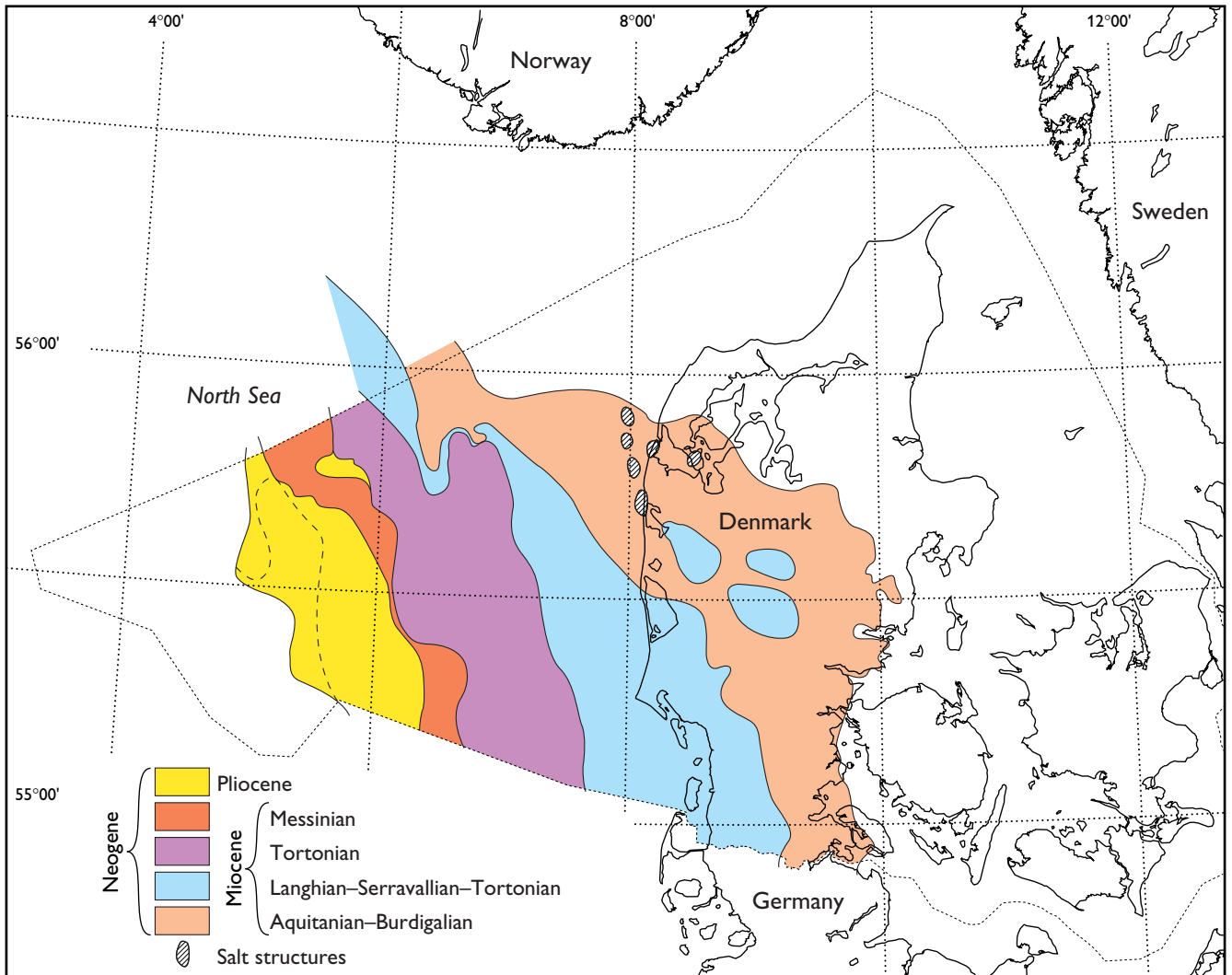


Fig. 5: Fordelingen af de miocæne lag i Danmark.

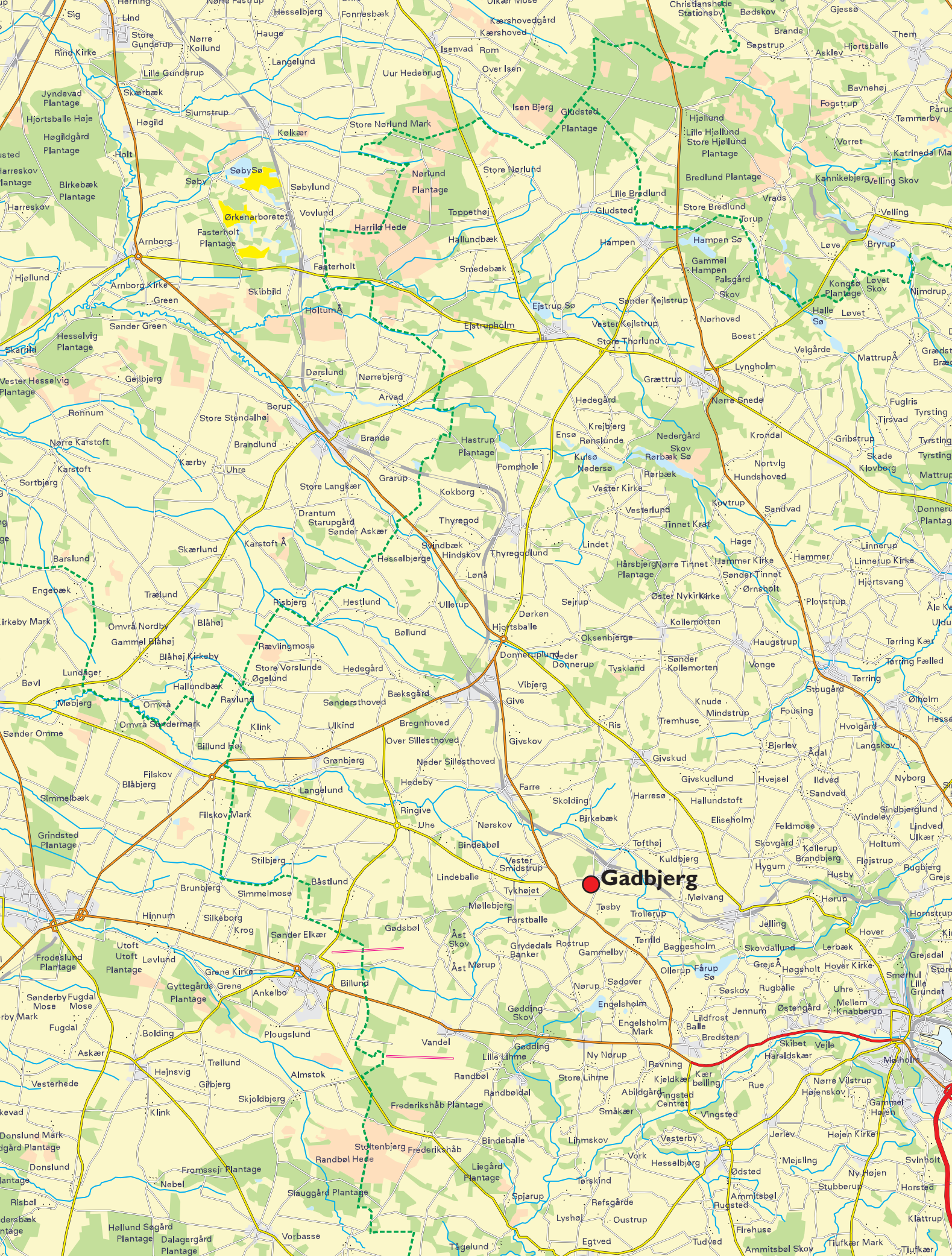


Fig. 6: Placeringen af Gadbjergboringen.

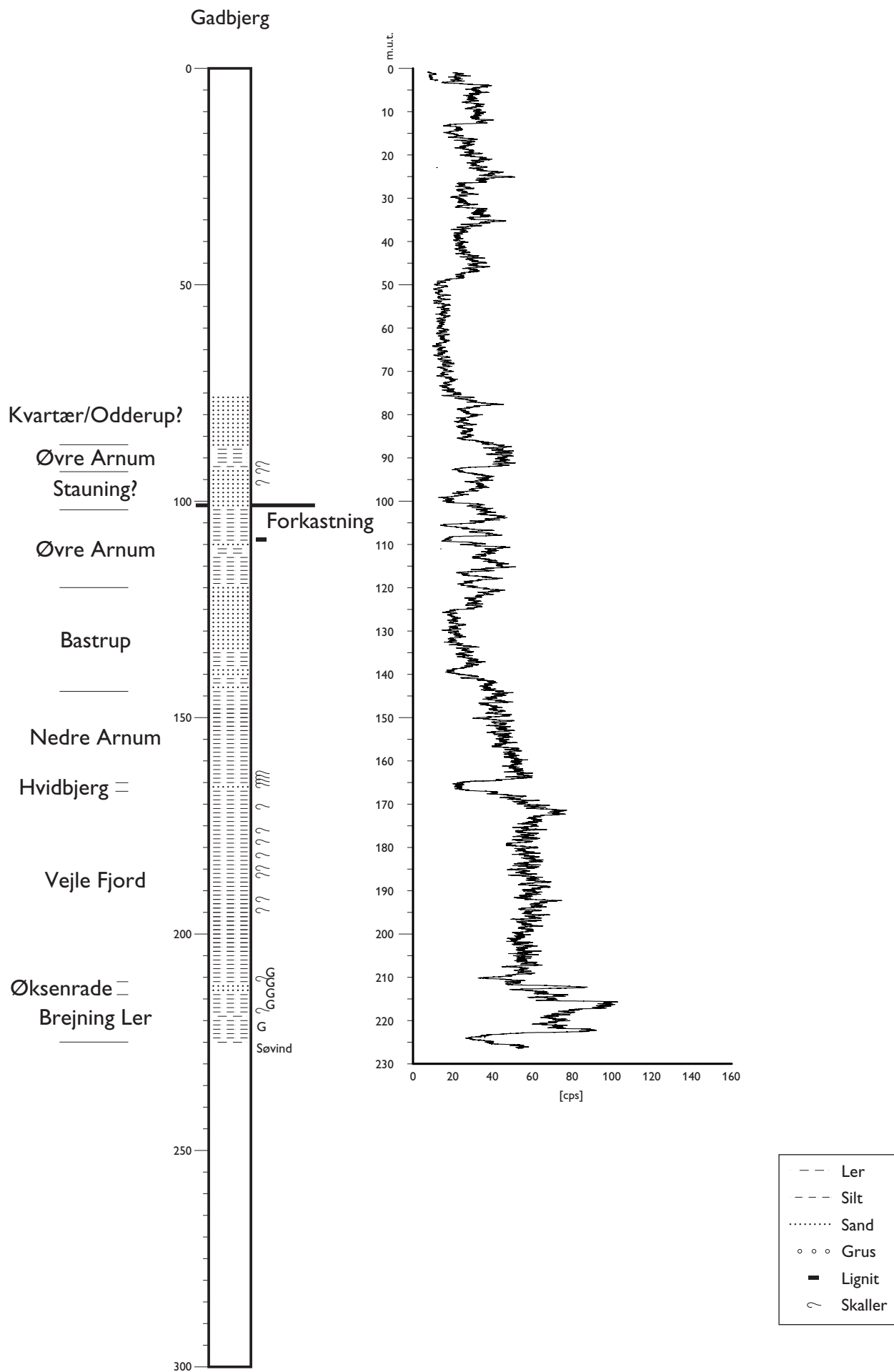


Fig. 7: Litologisk log af Gadbjergboringen samt gamma-loggen.

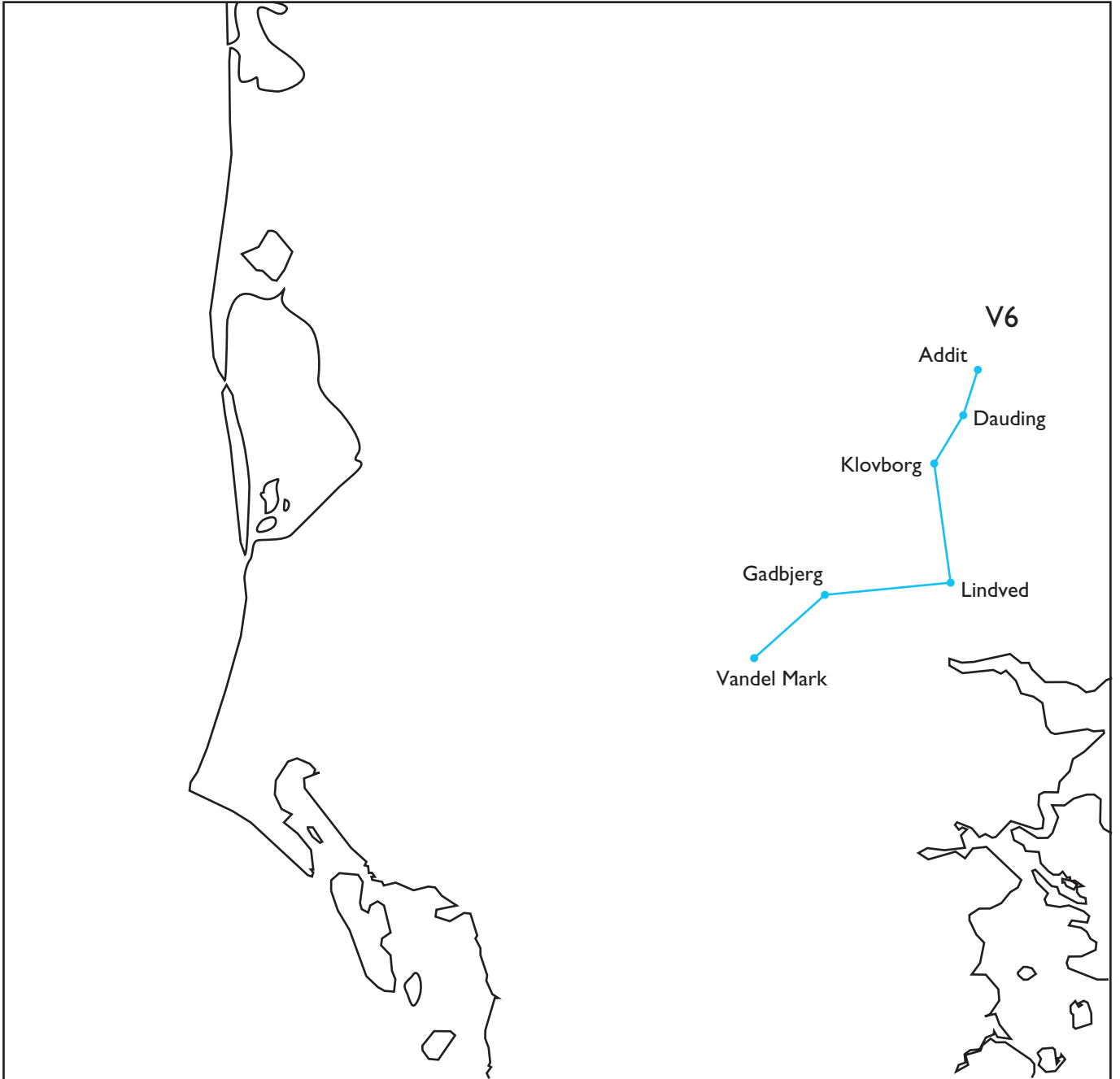


Fig. 8: Kort over boringer, der er korreleret i rapporten.



# V 6

Syd

Nord

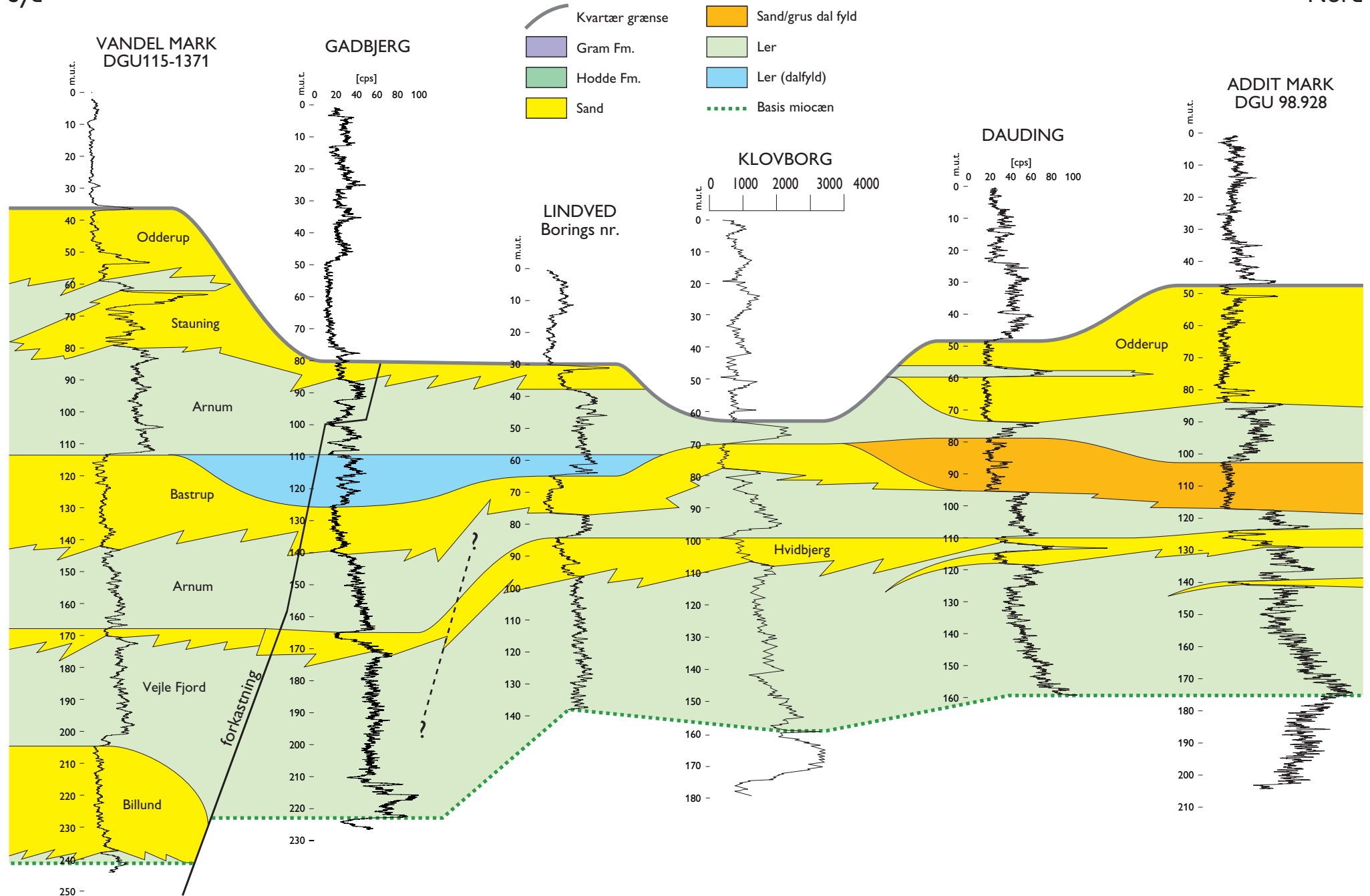


Fig. 9: Korrelationspanel V6.

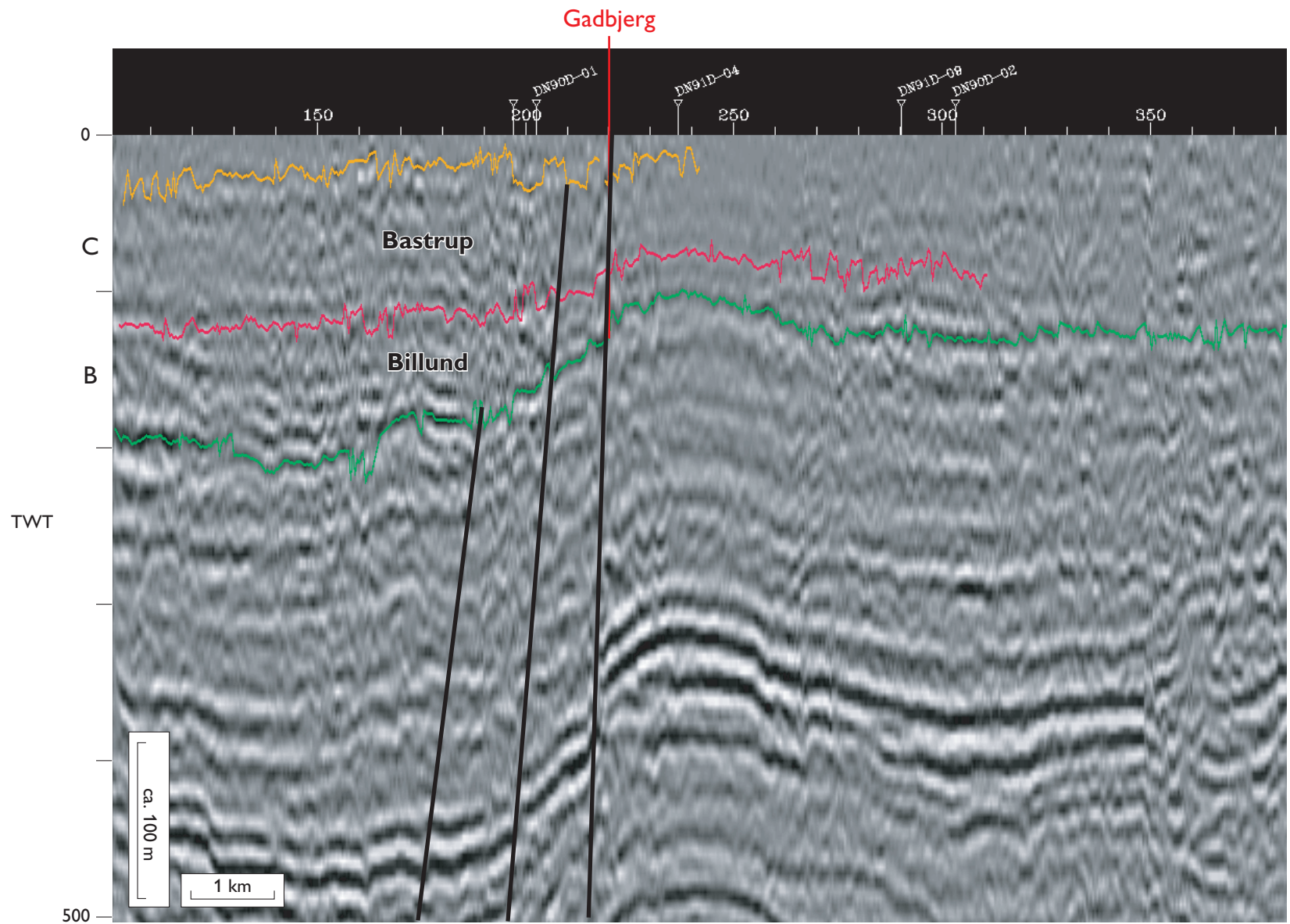


Fig. 10: Seismisk profil gennem Gadbjergboringen. Bemærk at boringen ligger på kanten af den østlige Brandegravsforkastning og at forkastningen skærer boringen ca. ved toppen af Bastrup sandet.



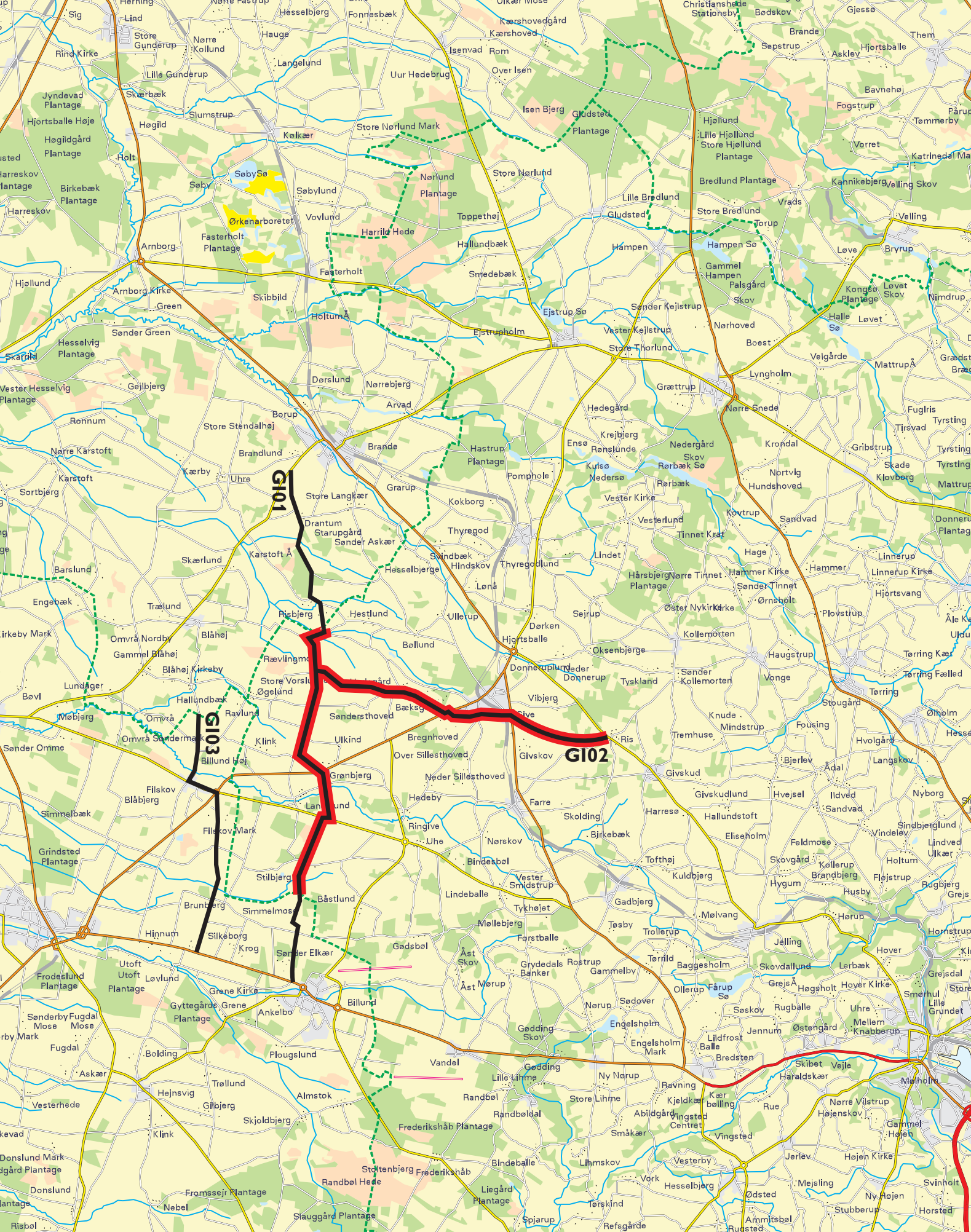


Fig. 11: Kort over de 2 shallow-seismiske linier i Vejle Amt. Den del af linierne der dækker Vejle Amt er markeret med rødt.



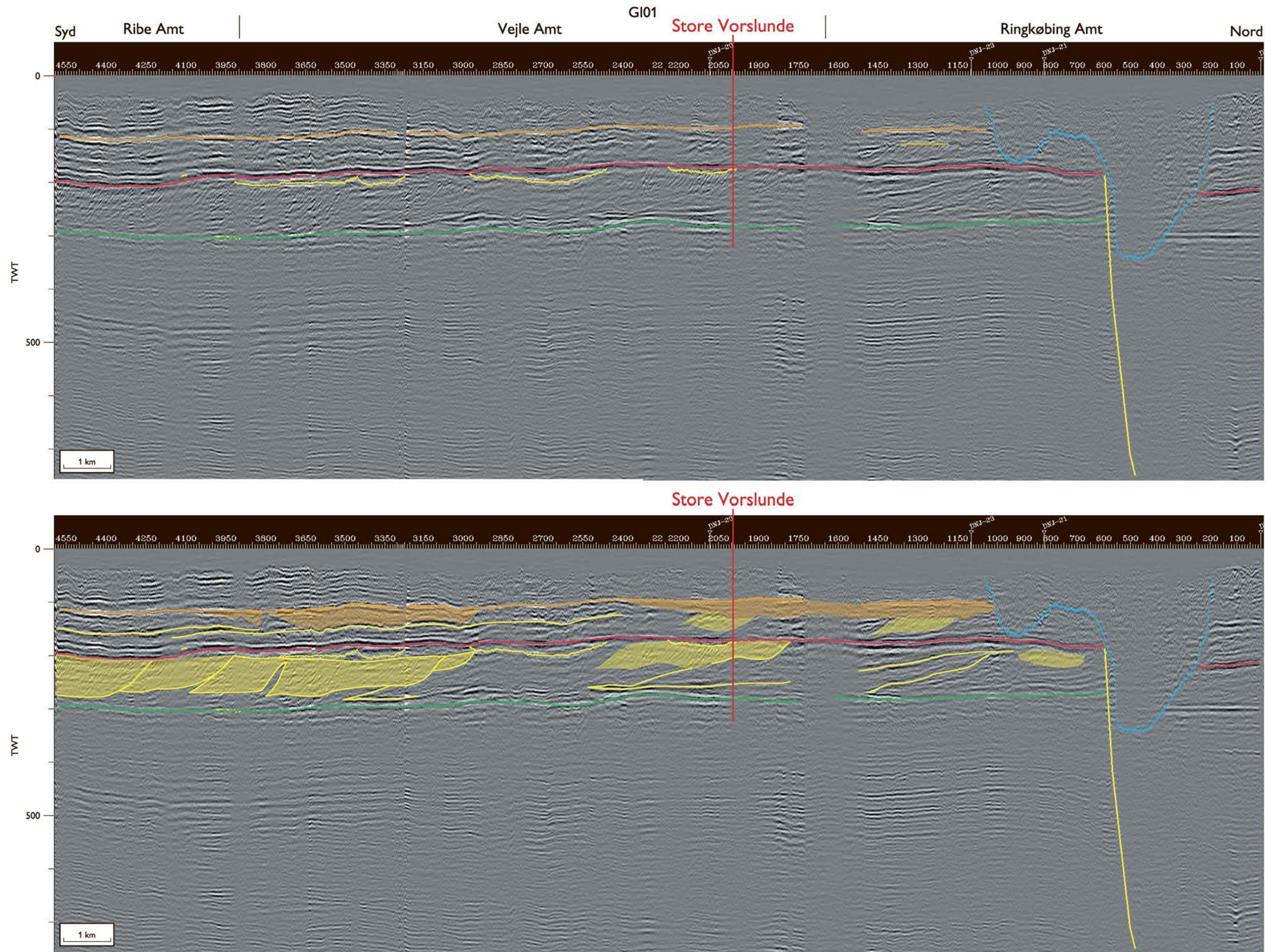


Fig. 12: Nord – syd gående seismisk linie GI01. Linien ligger centralt i en af lobeerne i Billund deltaet. Bemærk at det klinoforme refleksionsmønster er angivet med gult på den tolkede sektion (seismisk data COWI).





Fig. 13: Øst – vest gående seismisk linie GI02. Bemærk at det kliniforme refleksionsmønster er angivet med gult på den tolkede sektion og nedskårne dale med orange. (seismisk data COWI).



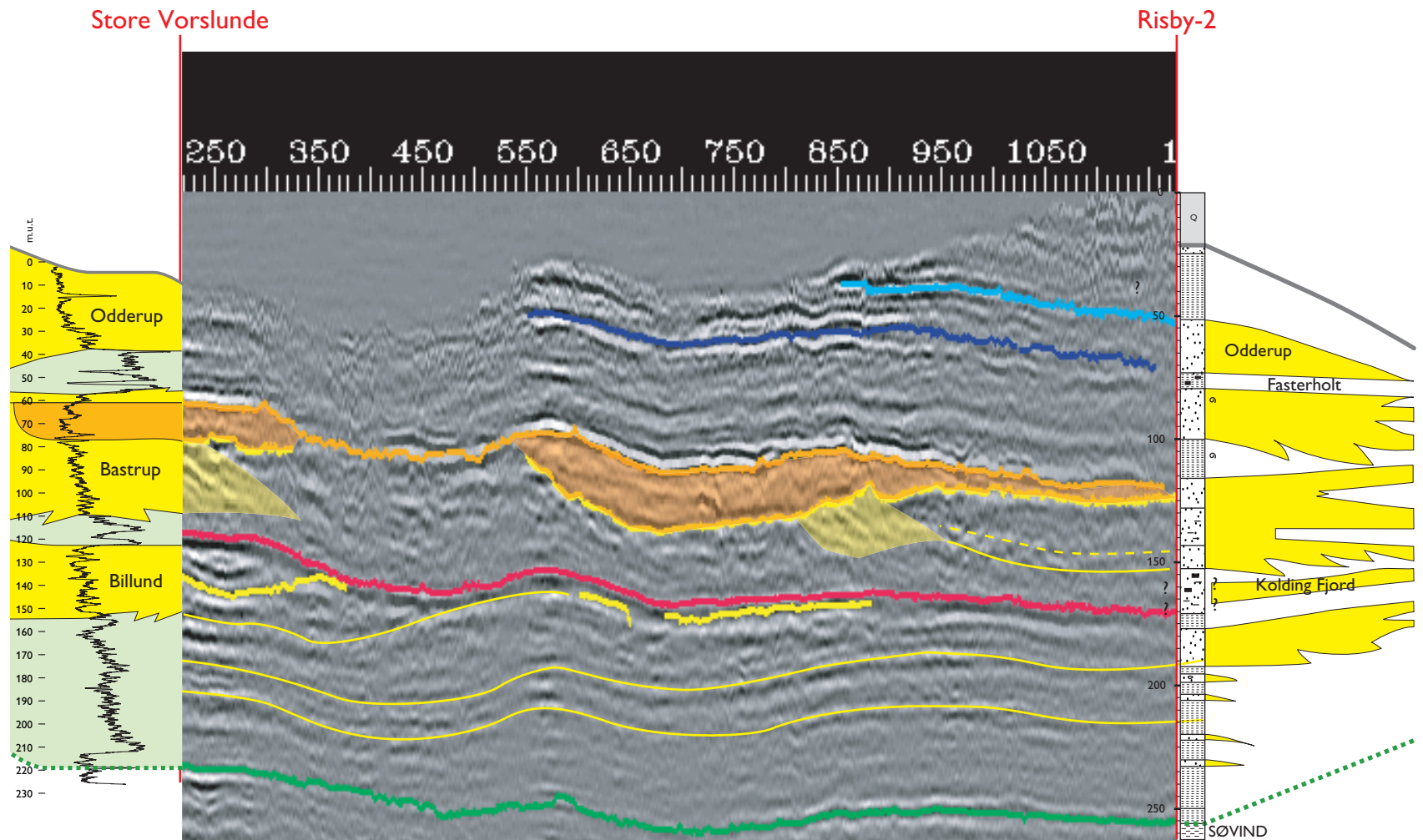


Fig. 14: Korrelation mellem borerne Store Vorslunde og Risby-2 og den seismiske linie GI02. Bemærk at det højamplitude refleksionsmønster ved Store Vorslunde korrelerer til Billund sandet. Det kliniforme refleksionsmønster på seismikken ses at korrelerer til deltafrontaflejringerne i Bastrup sandet og at man tydeligt kan korrelerer den nedskårende dal over deltaet.



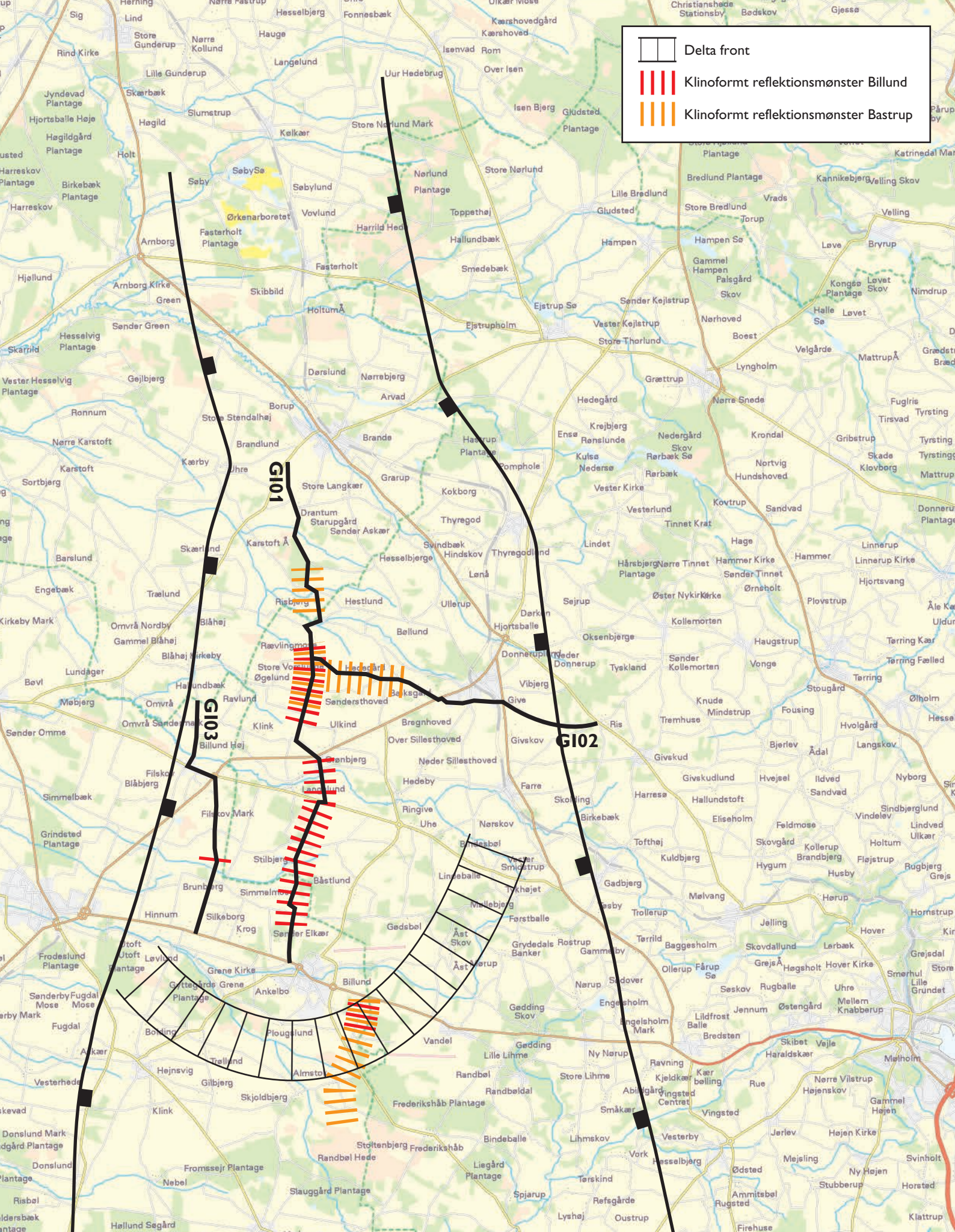


Fig. 15: Kort over udbredelsen af det klinoforme refleksionsmønster for både Billund sandet og Bastrup sandet. Deltafronten for Billund sandet er også angivet.



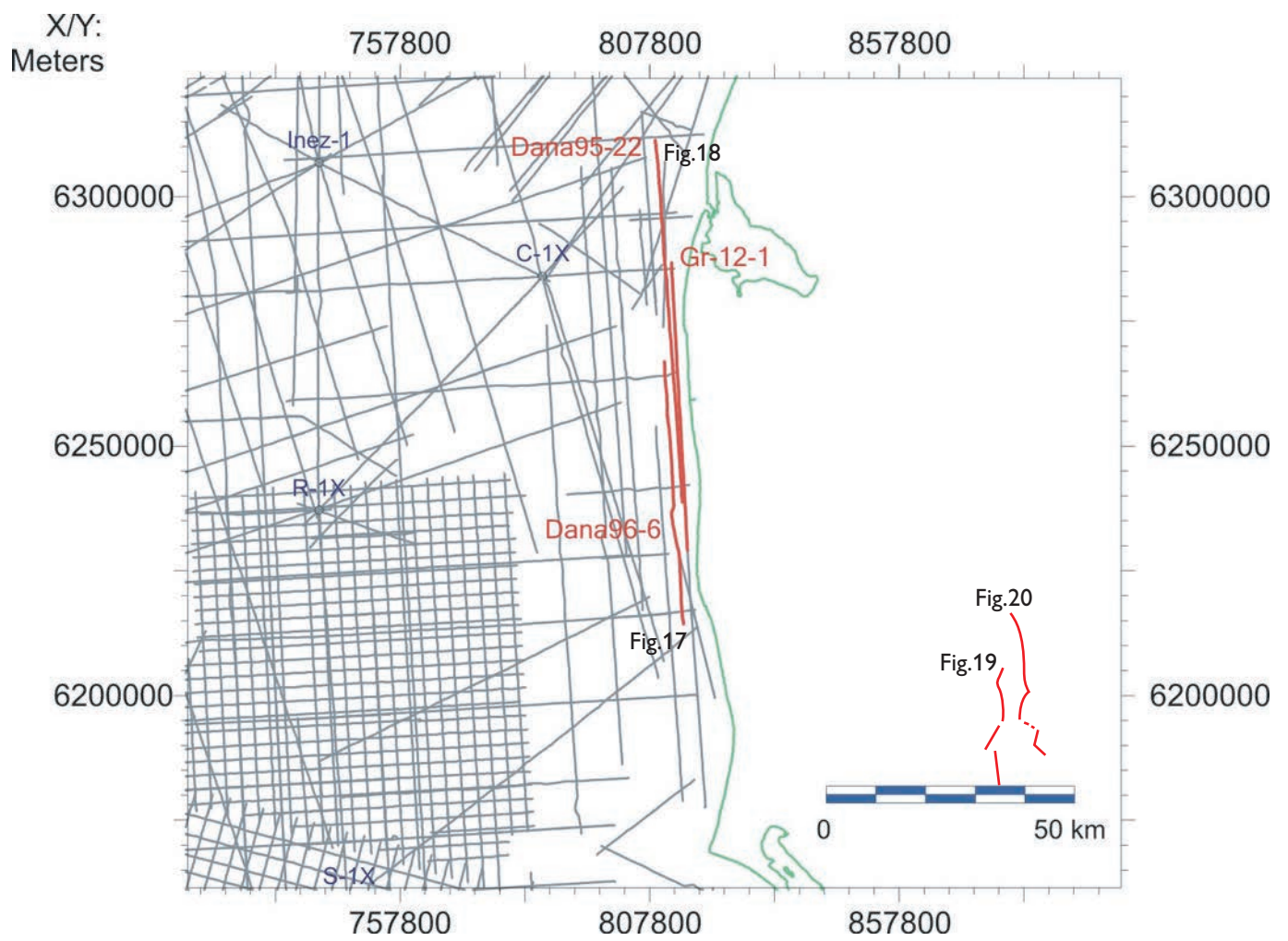
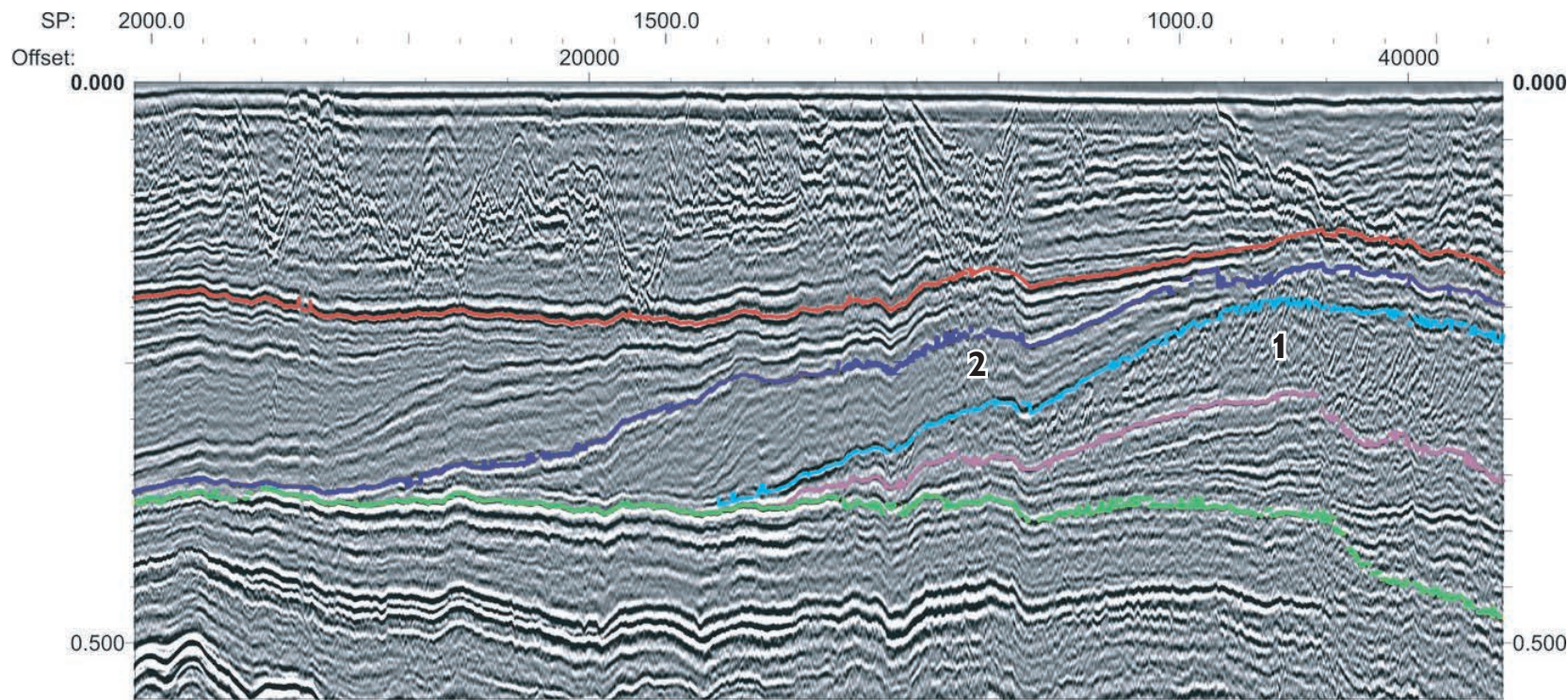


Fig. 16: Kort over seismiske linier anvendt til at illustrere udviklingen af Billund deltaet.

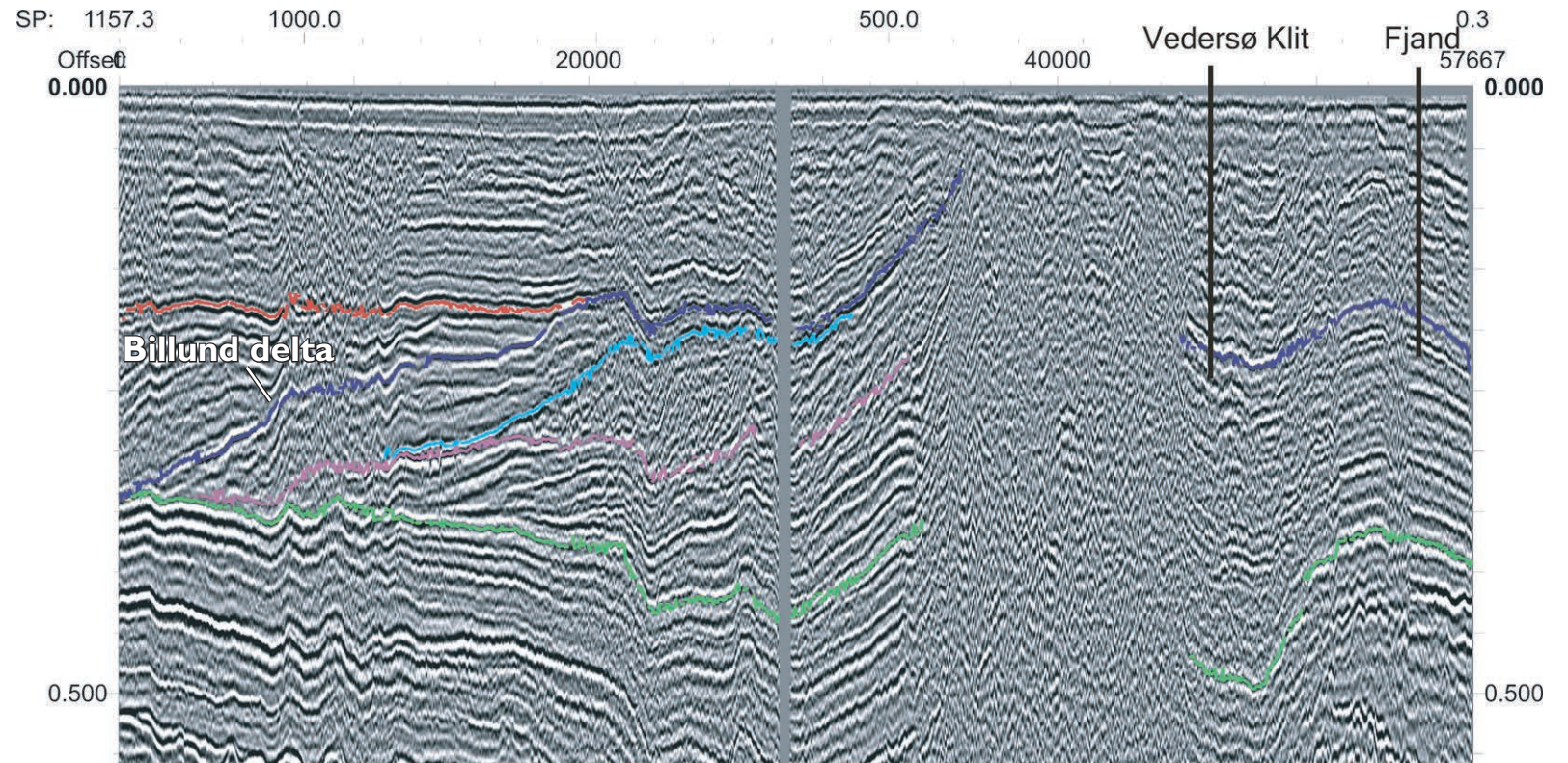


Line Da96-6-Sel, Amplitudes

- Top Billund delta
- Intern Billund delta
- Top Vejle Fjord Formation
- Basis Miocæn

Fig. 17: Seismisk sektion fra Nordsøen (Da96-6), der viser den sydlige del af Billund deltaet. Bemærk de to enheder med forskelligt seismisk refleksionsmønster: 1) klinoformt refleksionsmønster og 2) sigmiodalt til subparallelt refleksionsmønster. Seismisk data H. Lykke-Andersen.





Line GR97-12-1, Amplitudes



Fig. 18: Seismisk sektion fra Nordsøen (GR97-12-1), der viser Billund deltaet umiddelbart ud for den jyske vestkyst. Boringerne Vedersø Klit og Fjand er indikeret. Bemærk hvor forstyrret lagpakken er af saltstrukturer. Seismisk data H. Lykke-Andersen.



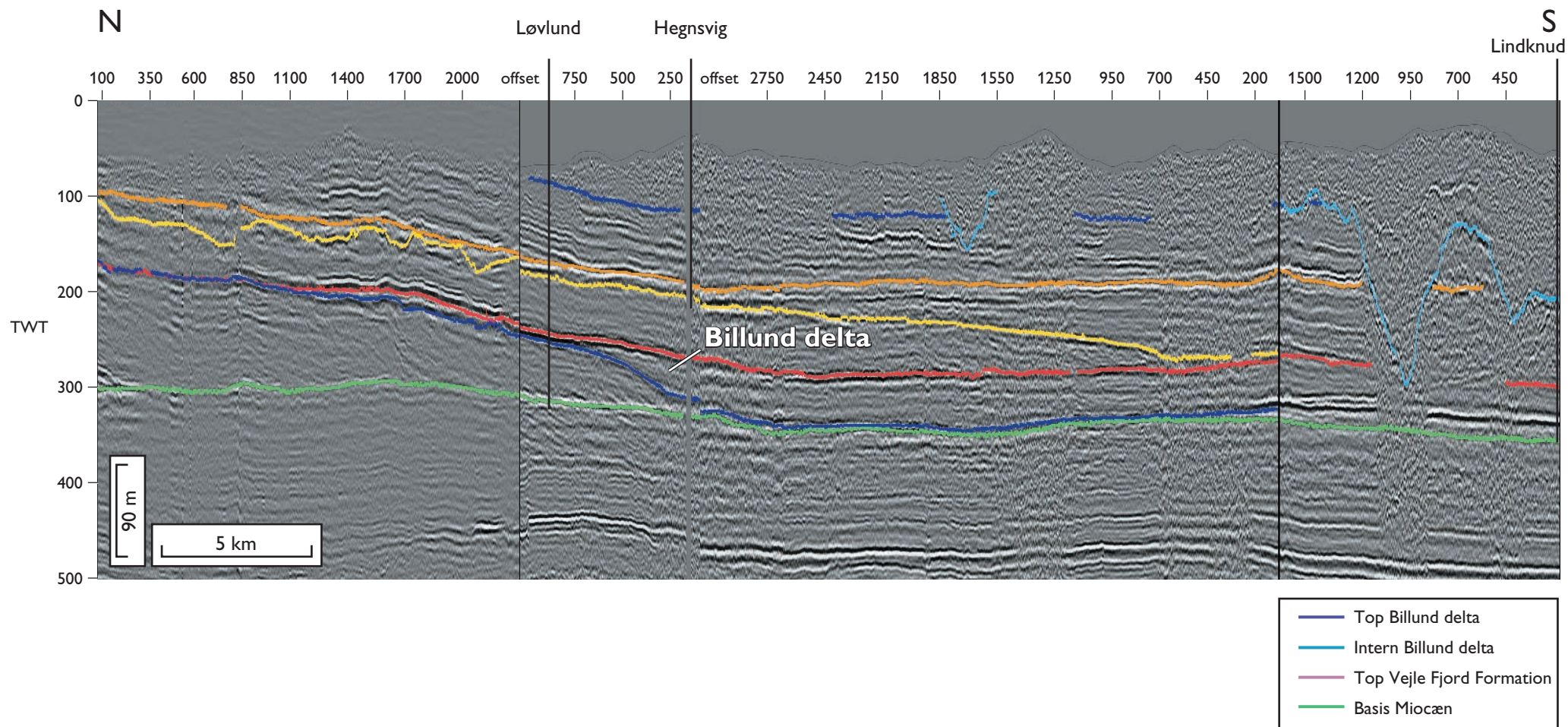
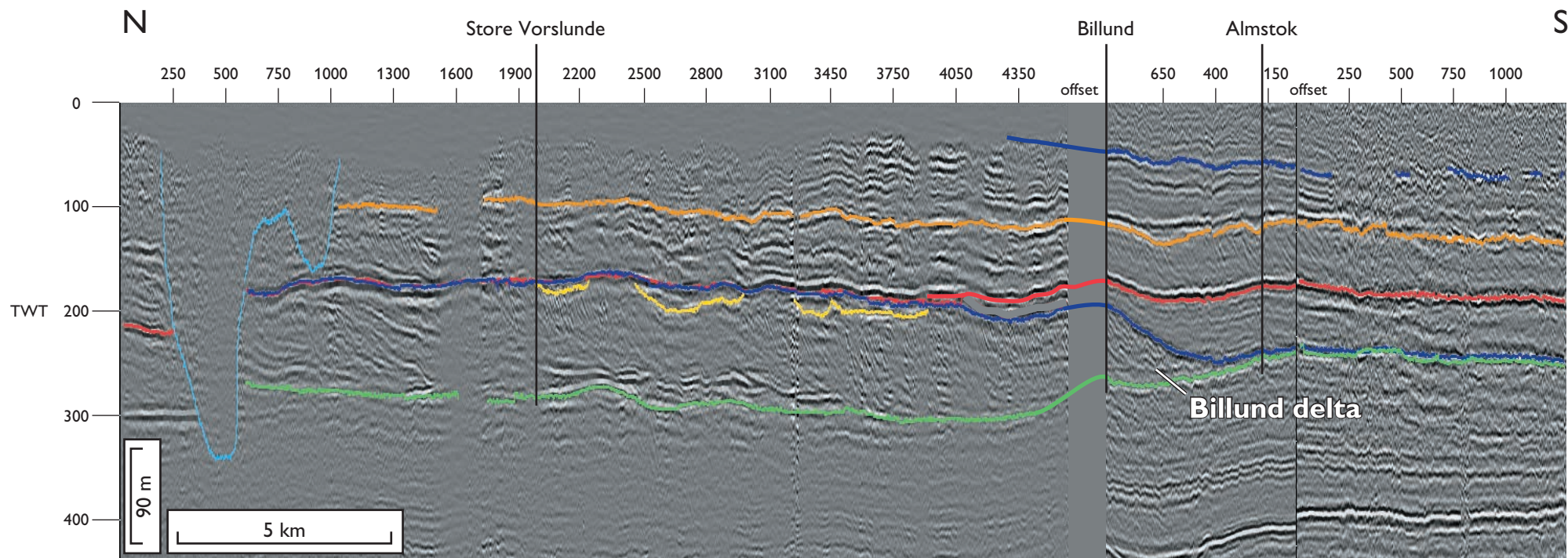


Fig. 19: Sammensat seismisk sektion (GI03 – BH6 – BH5), der viser et større udsnit af den miocæne lagserie omkring Løvlund i nord til Lindknud i syd. Bemærk hvordan Billund (blå horisont) og Bastrup (gul horisont) deltaerne kiler ud mod syd og at den miocæne lagserie går i dagen og er trunkeret mod nord. Seismisk data COWI.





- Top Billund delta
- Intern Billund delta
- Top Vejle Fjord Formation
- Basis Miocæn

Fig. 20: Sammensat seismisk sektion (GI01 – BH7 – BH8), som viser udviklingen af den miocæne lagpakke fra Brande i nord til nær Vorbasse i syd. Bemærk hvor tydeligt man kan se at Billund deltaet bygger ud fra nord mod syd og hvor hurtigt deltaet kiler ud syd for Billund boringen.



Fig. 21: Seismisk facies kort, der viser udbredelsen af klinoformt refleksionsmønster i Billund deltaet og den sydlige udbredelse af Billund deltaet. Bemærk at den lokale lobe ved Billund er begrænset til Brandegraven.



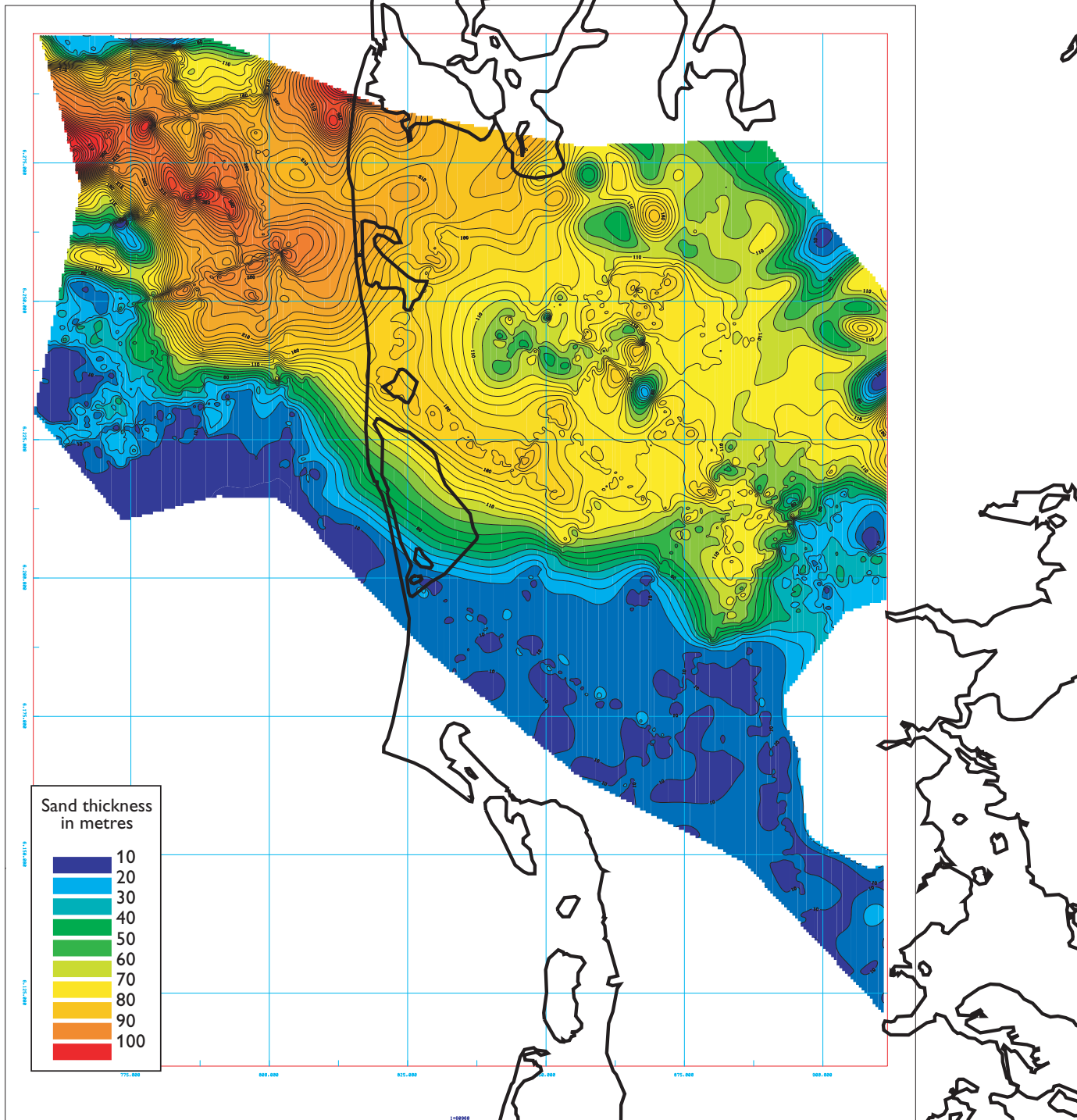


Fig. 22: A) Tykkelseskort over Billund deltaet. De meget mægtige lag i den vestlige del af Jylland og i Nordsøen skyldes større vanddybder under aflejring.

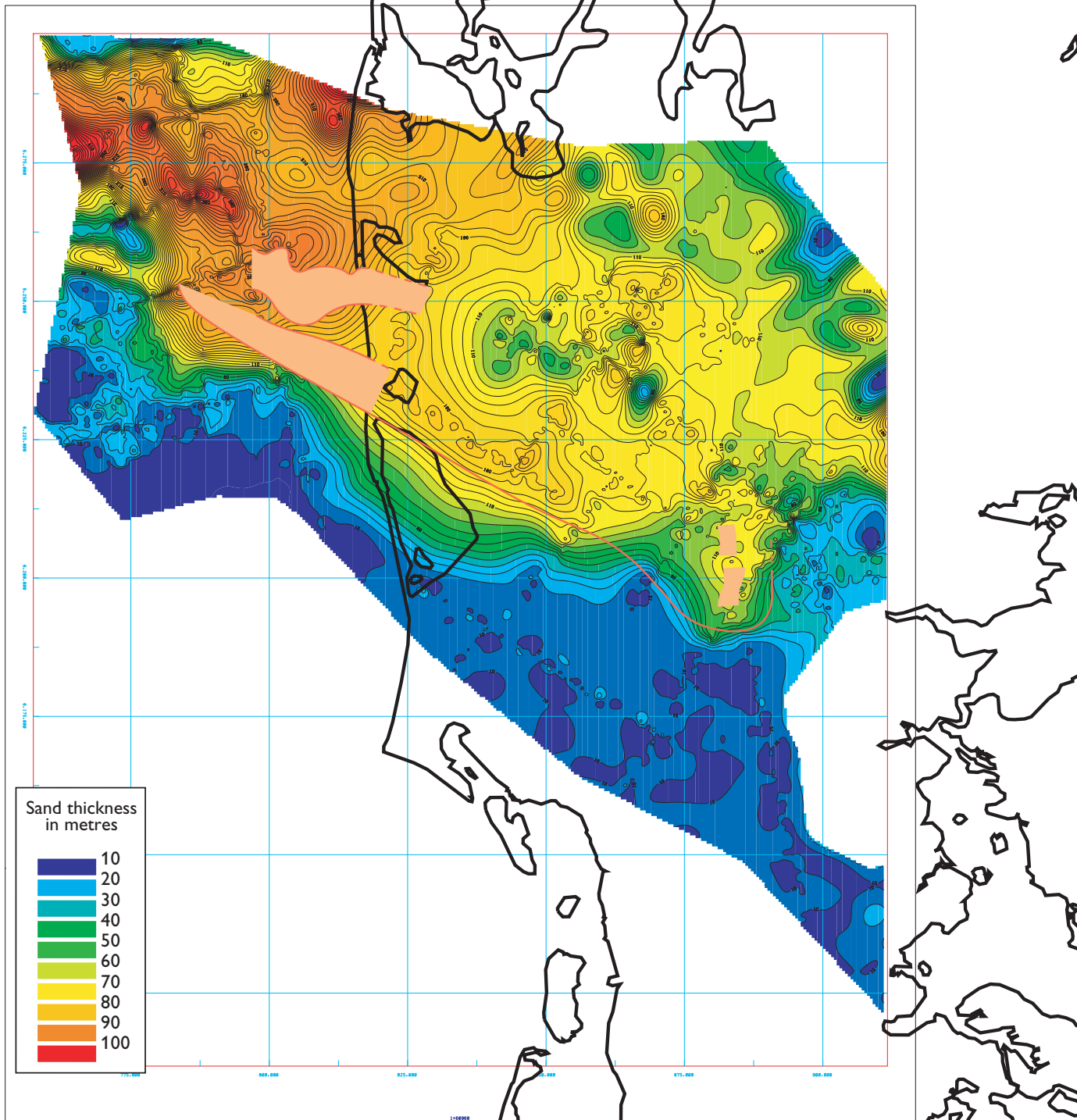


Fig. 22: B) Tykkelseskort med udbredelsen af et klinoformt refleksionsmønster



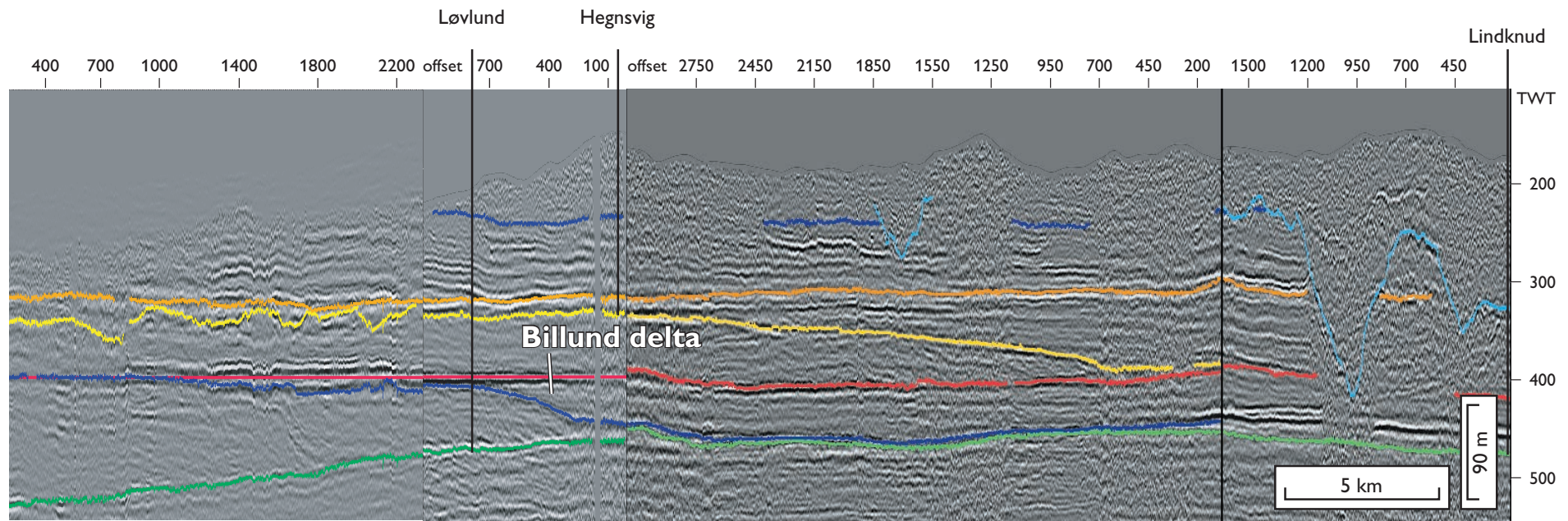
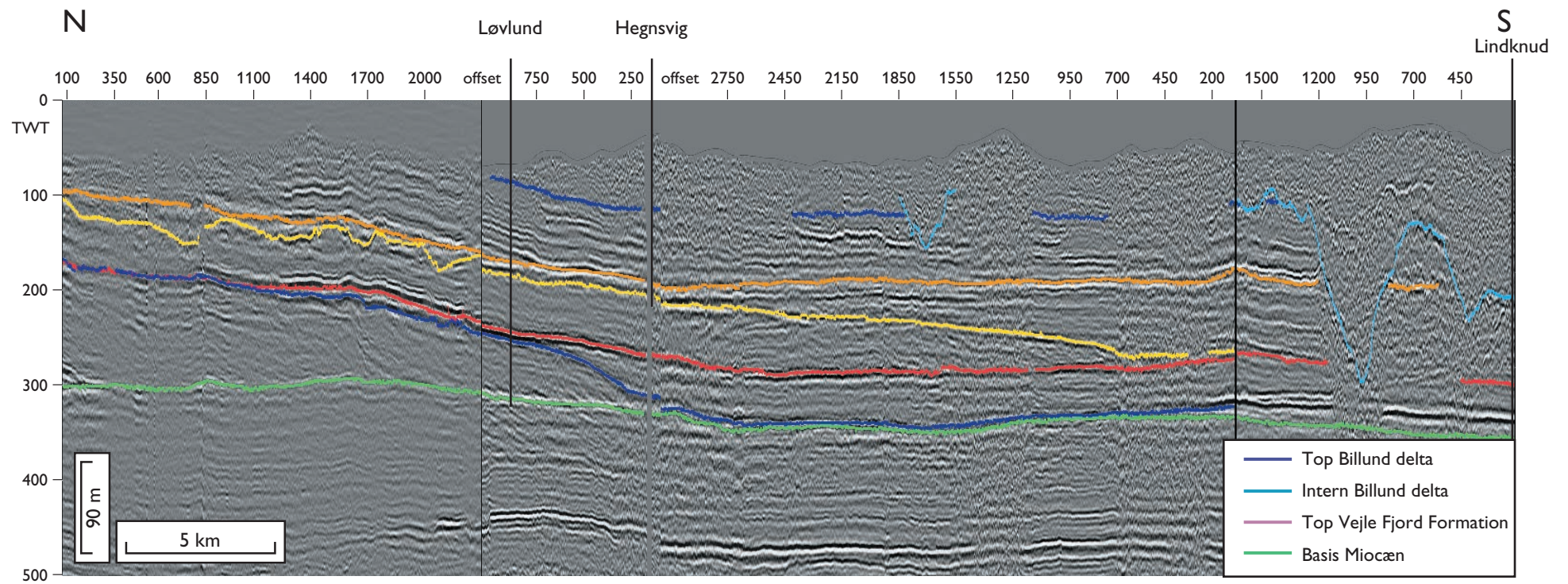


Fig. 23: Sammensat seismisk sektion (GI03 – BH6 – BH5) som er vist i figur 19 og en flatnet udgave af samme seismiske sektion nedenunder. Bemærk at når lagserien bliver kippet tilbage som det var, da de miocæne lag blev aflejret, kan man se at dele af Ringkøbing-Fyn Højderyggen udgjorde et topografisk element. Derfor er Billund deltaet meget tykt i visse områder. Seismisk data COWI.



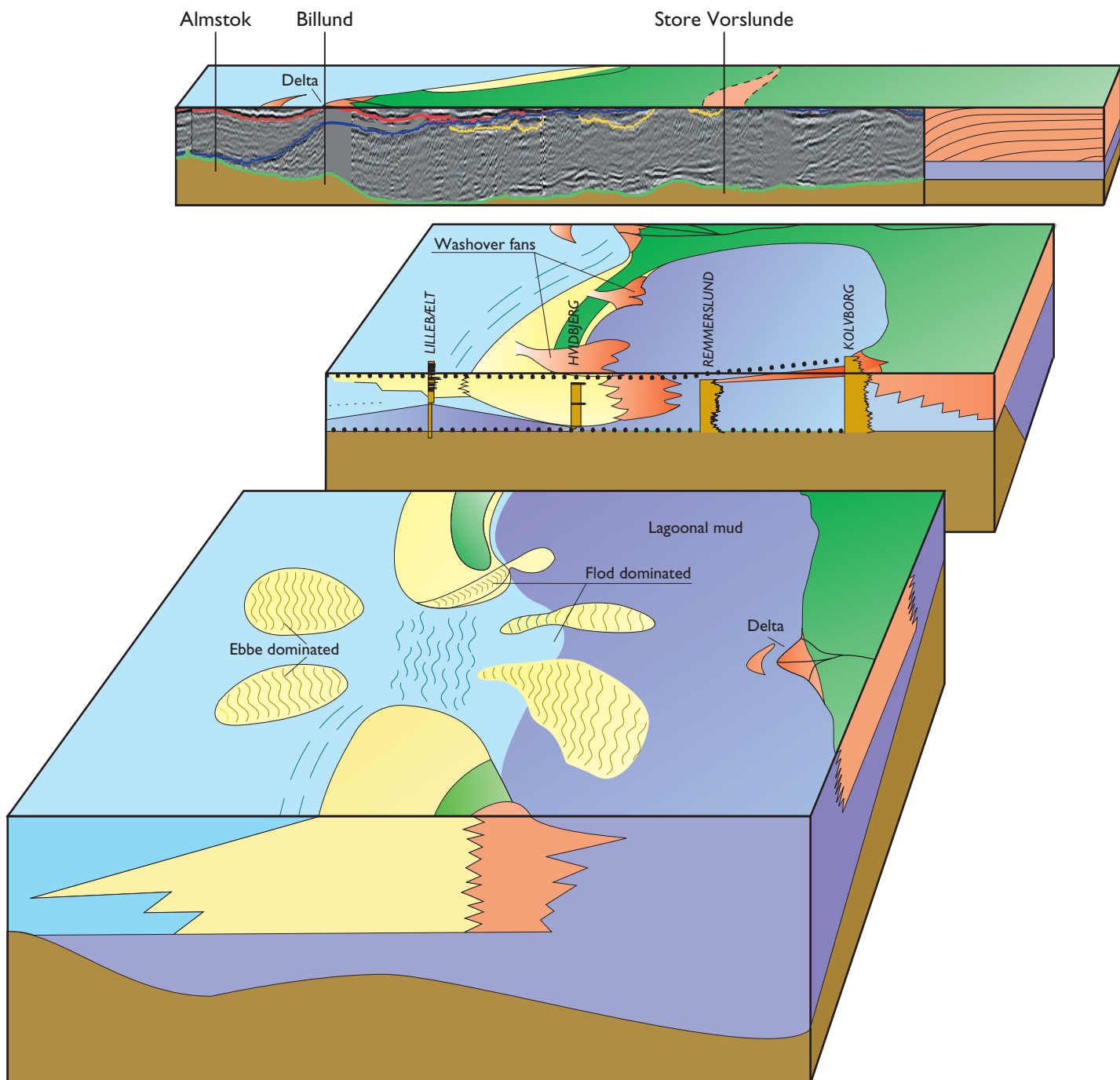
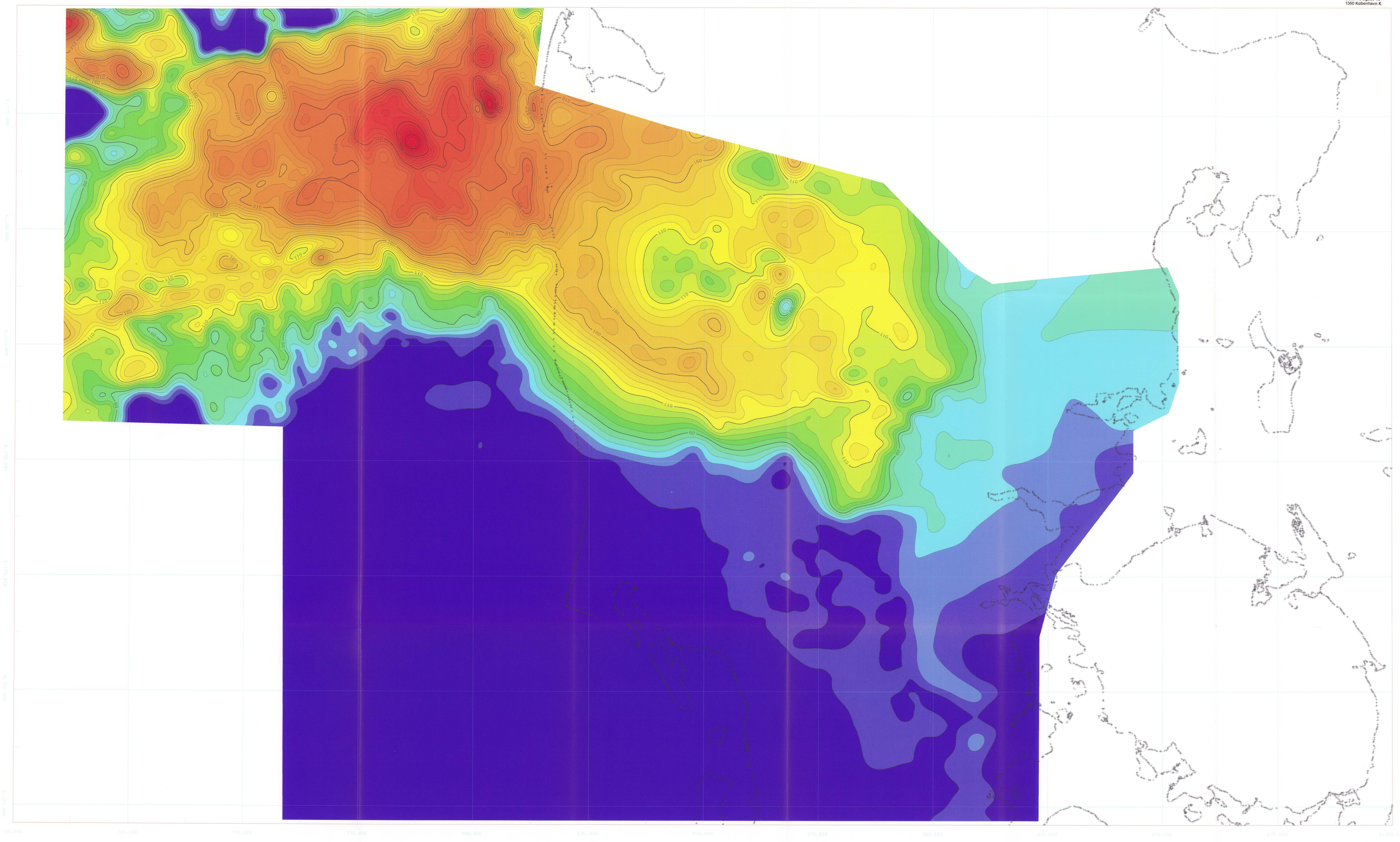


Fig. 24: Sedimentologisk model af det bølgedominerede Billund delta. Billund deltaet var begrænset til Brandegraven og de dybere dele af Nordsøbassinet mod vest er her opbygget af store prograderende deltalober. Mod øst var deltaet opbygget af oddekomplekser med laguner nord for odden og åbent hav syd for odden.





GEUS  
GEOLOGICAL SURVEY OF DENMARK AND GREENLAND  
BILLUND DELTA  
UTM ZONE 32  
SPHEROID \* HAYFORD 1989