Miocæn stratigrafi i den nordøstlige del af Ribe Amt

Erik Skovbjerg Rasmussen

Revised edition



DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE MILJØMINISTERIET

Miocæn stratigrafi i den nordøstlige del af Ribe Amt

Erik Skovbjerg Rasmussen

Revised edition



Indhold

Sammenfatning	4
Indledning	5
Geologisk ramme	6
Litostratigrafi	8
Vejle Fjord Ler	8
Vejle Fjord Sand	8
Hvidbjerg sand	9
Billund sand	9
Ribe Formationen	9
Kolding Fjord sand og ler	9
Arnum Formationen	9
Bastrup sand	10
Stauning sand	10
Odderup Formationen	10
Fasterholt led	10
Hodde Formationen	10
Gram Formationen	11
Gram sand	11
Miocæne grundvandsmagasiner	12
Seismisk tolkning	12
BH7 (Fig. 5):	12
BH8 (Fig. 6):	13
BH6 (Fig. 7)	13
BH5 (Fig. 8):	14
BH4 (Fig. 9):	14
BH3(Fig. 10)	15
BH2(Fig. 11):	15
BH1(Fig. 12)	16
VA1(Fig. 13 og 14):	16
Boringskorrelationer	16
Fordelingen af grundvandsmagasiner i Jylland	19
Dæklag	21
Konklusion	22

Referencer

Figurliste

24

23

Sammenfatning

Nærværende undersøgelse er en geologisk tolkning af den miocæne lagserie i den nordøstlige del af Ribe Amt. Studiet er baseret på 7 stratigrafiske boringer, 4 vandforsyningsboringer og 7 olieefterforskningsboringer. Endvidere er der tolket 8 nye seismiske sektioner fra Billund – Holsted området samt en enkelt linie sydvest for Varde.

Undersøgelsen viser at de mest mægtige og veludviklede (grovkornede) grundvandsmagasiner ligger i Billund området. Her er Billund sandet op mod 50 meter tykt og seismiske data antyder at det sandsynligvis er tykkere, ca. 80 m, nord for Billund – Vejle vejen. Bastrup sandet er også veludviklet i området og ligger i en dybde, der gør sandet meget attraktivt som grundvandsmagasin. Opadtil er Bastrup sandet beskyttet af den finkornede Arnum Formation.

Kortlægningen og den geologiske forståelse af grundvandsmagasiner i den nordøstlige del af amtet er meget fremskredet og vil kunne indgå i en strategisk planlægning af grundvandsindvindingen fremover. Nærværende undersøgelse viser endvidere at tilstedeværelsen af miocæne grundvandsmagasiner er mere begrænset i den centrale del af amtet. Det er stadig uafklaret hvorvidt Bastrup sandet er tilstede i den centrale del af amtet, samt i hvilke områder indenfor amtet Ribe Formationen forekommer i mægtigheder relevant for vandforsyningen. Disse problemstillinger kræver yderligere boringer, specielt i den sydlige del af amtet og evt. suppleret med seismiske data.

Indledning

Nærværende rapport udgør en geologisk tolkning af den miocæne lagserie i den nordøstlige del af Ribe Amt. Studiet er baseret på 7 stratigrafiske boringer, 4 vandforsyningsboringer og 7 olieefterforskningsboringer. Studiet er et forsøg på at kortlægge de niveauer i den miocæne lagserie, hvor man kan finde sand og grus af en sådan beskaffenhed, at de udgør mulige grundvandsmagasiner i området, samt at korrelere disse til den regionalgeologiske model. Boringerne er udvalgt i samarbejde med Ribe Amt. På baggrund af de udvalgte boringer er der konstrueret 2 geologiske profiler, benævnt Ribe1 og Ribe2.

Tidligere undersøgelser (Dybkjær et al. 1999; 2001) har vist at der er 3 niveauer i den miocæne lagserie, hvor man kan forvente at finde gode grundvandsmagasiner. En detaljeret kortlægning af magasinerne og deres indbyrdes sammenhæng er vigtigt for fremtidig planlægning af vandforsyningen i området og af vital betydning for udnyttelsen af magasinerne, samt for at kunne beskytte grundvandet mod forurening.

Geologisk ramme

Grænsen mellem Oligocæn og Miocæn er en markant begivenhed i jordens historie. På grund af en istid blev havvand bundet i ismasser på Antarktis og formodentligt også på Arktis, men det sidste har vi ikke nogen beviser for. Som følge af at havvandet blev bundet i ismasser faldt vandstanden i verdenshavene. I Nordsøområdet kan denne overgang ses som en markant erosionsbegivenhed, hvor en del af de underliggende lag er blevet fjernet. Grænsen kan blandt andet ses som et gruslag indlejret i lerede sedimenter i kystblotningen Dykær ved Juelsminde (Rasmussen og Dybkjær 1999).

Efter istiden steg havet igen og de første miocæne sedimenter blev aflejret. I den centrale del af Nordsøen skete det på større vanddybder og under fuldt marine forhold. I det område, der udgør Danmark i dag, skete aflejringen i afsnørede bassiner på og bag Ringkøbing-Fyn Højderyggen (Fig. 1 og 2). Derfor er de nederste miocæne lag afsat i brakvand og er ret fattige på fossiler. Disse aflejringer er kendt som Vejle Fjord Formationen (Fig. 1 og 2). Havet steg dog stadigt og det resulterede i at hele det område, der i dag svarer til Sønder- og Midtjylland blev oversvømmet. Kysten var placeret langs en linie, der går fra Thy ned over Århus og formodentligt ned over Falster. På grund af en aftagen i havniveaustigningen og et efterfølgende fald, begyndte kystlinien at bygge ud i havet igen fra nordøst mod sydvest. Som et resultat af denne tidlige udbygning aflejredes et større delta kompleks samt de tilhørende oddesystemer kaldet Billund sand (Fig. 1) og Hvidbjerg sand (Fig. 2) respektivt. Under den maksimale udbygning var kystlinien rykket ned til Sønderjylland, altså en udbygning af kystlinien på ca. 200 km. Den sidste del af denne udbygning foregik under faldende havniveau og derfor er den formation, Ribe Formationen, der blev aflejret her, meget sandrig (Fig. 1).

Under en ny stigning af havniveauet, trængte havet igen ind over dele af Danmark og landet rykkede tilbage til Midtjylland. I dette hav aflejredes den nederste del af den lerrige Arnum Formation (Fig. 1 og 2). I de sydvestlige egne af landet er disse sedimenter meget rige på fossiler, der indikerer at der har været rigeligt med næringsstoffer i havet. Kystlinien begyndte igen at bygge ud og de sandrige aflejringer, som kaldes Bastrup sandet blev afsat (Fig. 1 og 2). Bastrup sandet er visse steder kraftigt nedskåret i de underliggende sedimenter (afleiret i dale), hvilket antyder at der har været et markant fald i havniveau på dette tidspunkt. I forbindelse med aflejringen af den sidste del af Bastrup sandet, er der tegn på markante jordskorpebevægelser på Det fennoskandiske Skjold og også i Nordsø Bassinet. Dette kan vi erkende ved nye bevægelser af saltstrukturer i området og ved at vi får en markant tilførsel af tungmineraler og omlejrede fossiler, som der ikke tidligere har været observeret i sedimenterne. Disse bevægelser, samt en stigning i det globale havniveau, førte til at havet atter oversvømmede det meste af Danmark og dermed aflejredes den øverste del af Arnum Formationen (Fig. 1 og 2). Denne del af Arnum Formationen er ligesom den nedre del meget fossilrig, specielt i Sydvestjylland. Det relief som skabtes på Det fennoskandiske Skjold som følge af de før omtalte jordskorpebevægelser resulterede i en meget kraftig udbygning af kystlinien kendt som Odderup Formationen (Fig. 1). Denne tredje og sidste markante udbygning af kystlinien foregik under stabilt havniveau eller endda svagt stigende havniveau. Et svagt stigende havniveau samt et subtropisk klima, var ideelt for dannelsen af de brunkulsaflejringer, der er så karakteristiske for Odderup Formationen (Fig. 1). De tykkeste brunkulsaflejringer blev endvidere afsat i forbindelse med gamle forkastningszoner, hvilket vidner om at disse forkastningszoner var aktive i denne periode. Der er erkendt 3 brunkulshorisonter i Midtjylland og disse er definerede som Fasterholt Led (Koch 1989).

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 indsynkning, således at området forblev fuldt marint trods det faldende globale havniveau. Nye undersøgelser viser endda at der blev aflejret op til 400 m øvre miocæne sedimenter over Midtjylland (Japsen et al. 2002). Gram Leret er kendt for en rig flora og fauna der må derfor have været en høj tilførelse af næringsstoffer fra land.

Litostratigrafi

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

Den ældste litostratigrafiske enhed er Vejle Fjord Formationen. Den nederste del af Veile Fjord Formationen, Brejning Led, henregnes til oligocænet, så den miocæne lagserie starter med Veile Fjord Leret. Veile Fjord Leret efterfølges af Veile Fjord Sand og Hvidbjerg sand. I det centrale og vestlige Jylland er der kortlagt et større deltakompleks, som er samtidig med Vejle Fjord Formationen. Dette benævnes Billund sand. I det sydlige Jylland aflejredes et meget sandrigt system, som er en videre udbygning af Billund deltaet, men som dog er isoleret fra Billund deltaet. Dette sandrige system hedder Ribe Formationen. Over disse enheder, der overordnet tilhører Veile 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 aflejeredes finsand rig 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.

I det følgende vil der være en kort beskrivelse af de litologiske enheder:

Vejle Fjord Ler

Mørkebrunt, siltet ler med et højt organisk indhold. Lokalt findes der indslag af sandede lag, der enten viser rytmisk veksellejrende tynde ler- og sandlag eller centimeter tykke sandlag med en tydelig gradering og ofte med bølgeribber på toppen. Vejle Fjord leret er sort i iltet tilstand. Tykkelsen af laget kan være op til 100 m.

Aflejringsmiljø: Ofte beskyttede brakvandsbassiner bag topografiske rygge eller laguner.

Vejle Fjord Sand

Centimeter tykke, gullige, graderede, fin- til mellemkornet sandlag ofte med en skarp undergrænse. De mellemlejrende lerlag består enten af mørkebrunt siltet ler eller lysebrunt, ofte fed ler. Vejle Fjord sandet er op til 6 m tykt.

Aflejringsmiljø: barriere-slette

Hvidbjerg sand

Hvidt, fin- til mellemkornet sand. Optræder ofte i form af amalgamerede homogene sandlag. Tykkelsen af Hvidbjerg sandet kan være op til 25 m.

Aflejringsmiljø: oddekomplekser, tidevandsrender og øvre og nedre strandplan.

Billund sand

Gråt, mellem- til grovkornet sand, ofte gruset. Enkelte lerede horisonter findes. Billund sandet kan være op til 50 m (?100 m) tykt.

Aflejringsmiljø: Delta.

Ribe Formationen

Gråt, mellem- til grovkornet sand, ofte gruset. De enkelte sandkorn kan både være velafrundede og kantede. Enkelte lerede horisonter findes. Ribe Formationen kan være fra 50 m til 100 m tykt. I boringer, hvor formationen er tykkest, er den opdelt i 2 sandlag adskilt af et ler- eller siltlag som for eksempel i Løgumkloster-1 boringen (Dybkjær et al. 1999).

Aflejringsmiljø: Delta og tilhørende strandplan med flodaflejringer på toppen.

Kolding Fjord sand og ler

Gulligt, fin- til mellemkornet sand, der veksler med mørkebrunt til brunt siltet ler. Lokalt grusede aflejringer, der er rige på fossiler. Den samlede tykkelse af Kolding Fjord sand og ler er ca. 10 m.

Aflejringsmiljø: Barriereø komplekser og tidevandsrender.

Arnum Formationen

Mørkebrunt, siltet glimmerler med enkelte indslag af laminerede finsandslag. Enkelte lag kan bestå af gråhvidt siltet finsand, med et grønligt skær (ofte lige over Bastrup sandet). Der kan forekomme glaukonyrige horisonter i enheden. Arnum Formationen er rig på fossiler. Formationen er op til 130 m tyk.

Aflejringsmiljø: Marint.

Bastrup sand

Fin- til mellemkornet, gråt sand. Grus horisonter forekommer ofte i den øverste del af Bastrup sandet. Der kan forekomme tykke lerlag i enheden. Sandet er op til 50 m tykt.

Aflejringsmiljø: Delta og tilhørende strandplan med flodaflejringer på toppen.

Stauning sand

Mørkt, finkornet sand. Sandet har et ekstremt højt indhold af tungmineraler. Lagene i Stauning sandet er graderede med en skarp undergrænse og ofte med bølgeribber på toppen. Enheden er op til 20 m tyk.

Aflejringsmiljø: Marint.

Odderup Formationen

Mellem- til grovkornet, gråt sand. Bliver specielt gruset mod nordøst. Lokalt er Odderup Formationen beriget med tungmineraler og optræder som næsten sort sand her. Odderup Formationen er op til 50 m tyk.

Aflejringsmiljø: Fluviale og strandplans aflejringer

Fasterholt led

Mørkebrune, organisk rige sedimenter (Brunkul). Den samlede tykkelse af enheden kan komme op på 6-8 m.

Aflejringsmiljø: Deltasump og lagune.

Hodde Formationen

Mørk, organisk-rig, siltet glimmerler. Nederst i enheden findes et gruslag. De enkelte lag i Hodde leret er laminerede. I den vestligste del af Jylland er der et højt indhold af glaukony i den øverste del af Hodde leret.

Aflejringsmiljø: Marint. Den nederste del af Formationen er formodentligt afsat i et estuarint miljø.

Gram Formationen

Mørkbrunt glimmerler. Den nederste del af formationen har et højt indhold af glaukony, der øverst er delvist omdannet til goethit og derfor fremstår i rødbrunlige nuancer. Øverst i enheden findes enkelte indslag af centimeter tykke, laminerede finsandslag. Gram Formationen har et højt indhold af fossiler.

Aflejringsmiljø: Marint.

Gram sand.

Gråt, glimmerholdigt finsand bestående af laminerede sandlag.

Aflejringsmiljø: Marint.

Miocæne grundvandsmagasiner

For at udrede geologien af de miocæne grundvandsmagasiner er en række seismiske linier skudt i den nordøstlige del af amtet (BH 1 til BH 8) samt en enkelt sydvest for Varde (Va1). Endvidere er der korreleret 14 boringer fra amtet samt 5 relevante boringer fra naboamterne.

Seismisk tolkning

Den seismiske tolkning er baseret på de ovenfor nævnte seismiske sektioner (BH1 til BH8 samt V1). Seismiske horisonter, som kan følges regionalt er angivet med forskellig farvekode i figur 3. Den stratigrafiske placering af disse horisonter er angivet i det litostratigrafiske skema (Fig. 3). Vigtige litologiske grænser er vist med gult på de enkelte figurer.

Den efterfølgende beskrivelse og tolkning af de seismiske data vil ikke blive gjort i numerisk rækkefølge efter nummereringen på de seismiske data, men i en orden, der er bestemt af datatætheden, således at seismikken kan korreleres til boringer og dermed en kendt geologisk udvikling af lagserien. Derfor starter beskrivelsen med BH7 og følges af BH8, da denne er en naturlig forlængelse af BH7 i et nord – syd profil. Herefter beskrives BH6, hvor der ikke er boredata at korrelere med, men som i princippet er en parallel forskydning af BH7-BH8 sektionen. BH6 følges af BH5, der er en sydlig forlængelse af BH6 osv. Kort over de seismiske linier ved Billund kan ses i (Fig. 4).

BH7 (Fig. 5):

Det seismiske reflektionsmønster i Sekvens B er i den nordlige del af linien karakteriseret ved et relativt højamplitude, klinoformt reflektionsmønster. Dette lag kiler ud mod syd og følges af et parallelt semitransparent reflektionsmønster, der viser pålap mod nord på den underliggende kile.

Det klinoforme reflektionsmønster tolkes til at repræsenter Billund sandet, der bla. er anboret i Vandel Mark boringen (Fig. 1). Denne tolkning er senere blevet bekræftet af en boring ved Billund placeret på basis af den seismiske linie (Fig. 5). Det relativt svage reflektionsmønster, som ses syd for deltaet er blevet anboret i Vandel Mark boringen (Fig. 1) og repræsenterer lerede, marine aflejringer, der tolkes til at tilhøre Vejle Fjord Formationen.

Det seismiske reflektionsmønster i Sekvens C er karakteriseret ved et klinoformt reflektionsmønster. Den øvre grænse er uregelmæssig og viser erosive nedskæringer i enheden.

Sekvensen er anboret i Vandel Mark boringen (Fig. 1), hvor den sedimentære lagpakke tydeligt viser en opad grovende tendens. Dette sammenholdt med det seismiske reflektionsmønster antyder at sedimenterne er aflejret i et delta-kompleks tilhørende Bastrup sandet. Den lerede nedre del af sekvensen tilhører Arnum Formationen.

Det seismiske reflektionsmønster i Sekvens D er karakteriseret ved et parallelt til subparallelt reflektionsmønster. Enkelte højamplitude refleksioner kan erkendes, specielt over de erosive former øverst i Sekvens C. Opadtil er sekvensen svær at definere, men en gennemgående reflektor er tolket på linien. Sekvens D er anboret i Vandel Mark boringen (Fig. 1). Her består enheden af lerede til finsandede sedimenter. De finsandede lag er rige på tungmineraler og tolkes til at tilhøre Stauning sandet. De lerede dele repræsenterer den øvre del af Arnum Formationen. Den blå reflektor på det seismiske profil repræsenterer en marker i den nederste del af Odderup Formationen. Fra Vandel Mark boringen ved vi at kvartære sedimenter overlejrer den nederste del af Odderup Formationen, således at sekvensgrænsen til Sekvens E ikke findes i området.

BH8 (Fig. 6):

Det seismiske reflektionsmønster i Sekvens B er karakteriseret ved et generelt lavamplitude, subparallelt reflektionsmønster. Midt på sektionen er der antydning af en nedskæring, der internt er domineret af et diskontinuert, lavamplitude reflektionsmønster.

Sekvens B er en sydlig forlængelse af samme sekvens på linie BH7 og kan derfor korreleres til Vandel Mark boringen (Fig. 1). Sekvensen tolkes derfor til at repræsentere marine lerede aflejringer.

Det seismiske reflektionsmønster i Sekvens C er karakteriseret ved et klinoformt reflektionsmønster dog mere diffust end på BH7. Den øvre grænse er uregelmæssig og varierer stærkt i amplitude.

De seismiske karakteristika indikerer en naturlig forlængelse af samme sekvens fra linie BH7 og kan derfor tolkes til at repræsentere et deltakompleks tilhørende Bastrup sandet.

Det seismiske reflektionsmønster i Sekvens D er i den nordlige del af profilet karakteriseret ved et parallelt, relativt højamplitude reflektionsmønster. Den midterste og den sydlige del er præget af meget støj, men synes at være domineret af et subparallelt, lavamplitude reflektionsmønster.

Sekvensen tolkes lige som på linie BH7 til at består af lerede til finsandede sedimenter. De finsandede lag er rige på tungmineraler og tolkes til at tilhøre Stauning sandet. De lerede dele repræsenterer den øvre del af Arnum Formationen. Den blå reflektor på det seismiske profil repræsenterer en marker i den nederste del af Odderup Formationen. Fra Vandel Mark boringen ved vi at kvartære sedimenter overlejre den nederste del af Odderup Formationen, således at sekvensgrænsen til Sekvens E ikke findes i området.

BH6 (Fig. 7)

Det seismiske reflektionsmønster i Sekvens B er i den nordlige del karakteriseret ved et svagt hældende, aggraderende seismisk reflektionsmønster, der lapper ned på Top Palæogen-fladen. Enheden kiler ud ca. midt på den seismiske linie. Dette efterfølges af en seismisk enhed, som er karakteriseret ved et subparallelt, lavamplitude reflektionsmønster, der viser pålap mod nord på den underliggende enhed.

Den sedimentære kile, der bygger ud fra nord lige over Top Palæogen fladen tolkes til at korrelere til Billund sandet på linie BH7. Enheden repræsenterer derfor Billund deltaet. Modsat Billund deltaet på linie BH7, ses der ingen klinoformer, men mere en aggraderende lagpakke. Dette er formodentligt fordi linien krydser Billund deltaet i yderkanten af deltaloben. Den pålappende enhed, indenfor Sekvens B, repræsenterer marine lerede aflejringer, som det blev tolket på linie BH7.

Det seismiske reflektionsmønster i Sekvens C er karakteriseret ved et subparallelt, lavamplitude reflektionsmønster. I toppen erkendes en lidt kraftigere reflektor.

Sekvens C er på denne linie væsentligt forskelligt fra den samme sekvens på linie BH7, hvor et veldokumenteret delta tilhørende Bastrup sandet, var repræsenteret ved klinoformer. Det parallelle reflektionsmønster, som repræsenterer sekvensen her, kan tolkes til at afspejle delta front aflejringer.

Det seismiske reflektionsmønster i Sekvens D er karakteriseret ved et højamplitude, parallelt reflektionsmønster. Der er en lille tendens til at reflektorene hælder mod syd.

Sekvens D tolkes til at repræsenterer veksellejrende ler og finsandslag, formodentligt aflejret foran et delta som stormsandslag tilhørende Stauning sandet. Dette sand er meget veludviklet i Billund området, for eksempel i Vandel Mark boringen (Fig. 1).

BH5 (Fig. 8):

Det seismiske reflektionsmønster i Sekvens B er karakteriseret ved et lavamplitude, svagt hældende, parallelt reflektionsmønster. Der erkendes en svag hældning mod syd.

Sekvens B på linie BH5 er en sydlig fortsættelse af samme sekvens på BH6 og sekvensen tolkes derfor til at repræsentere overvejende lerede sedimenter fra Vejle Fjord Formationen.

Det seismiske reflektionsmønster i Sekvens C er, i den nordlige del af linien, karakteriseret ved et horisontalt til svagt hældende reflektionsmønster. Denne del kiler ud mod syd og følges af en pålappende enhed, hvis reflektionsmønster er karakteriseret ved at have overvejende svagt amplitude, svagt hældende, subparallelle reflektorer. Øverst i enheden er der erkendt en reflektor, der stedvist har en høj amplitude.

Den nederste enhed i sekvensen tolkes til at korrelere til Bastrup deltaet, erkendt fra BH7 og BH8. Den er også erkendt på en seismisk linie syd for Vorbasse (Vor 2) og er anboret i Vorbasse boringen (Dybkjær og Rasmussen 2001) (Fig. 1). Sekvensen er her tolket som en distal del af en deltalobe fra Bastrup sandet. Over deltaloben følger marine overvejende lerede, sedimenter, der her er repræsenteret ved den pålappende enhed. Der er ingen data der kan afklare amplitude variationen øverst i sekvensen.

Det seismiske reflektionsmønster i Sekvens C er karakteriseret ved et svagt amplitude, subparallelt reflektionsmønster. Der erkendes en del støj i den øverste del af den seismiske sektion.

Sekvens C tolkes til at korrelere til øvre Arnum samt til Stauning sandet (Fig. 1).

BH4 (Fig. 9):

Det seismiske reflektionsmønster i Sekvens B er karakteriseret ved et svagt hældende, generelt lavamplitude reflektionsmønster. Der er dog i den nederste del af sekvensen og specielt i den nordlige del af sektionen, erkendt nogle meget højamplitude reflektorer.

Sekvens B på BH4, er en fortsættelse af samme sekvens fra BH5 og sekvensen tolkes som overvejende lerede sedimenter i Vejle Fjord Formationen. De højamplitude reflektioner, der er erkendt nederst i sekvensen kan ikke korreleres til nogen boringer, men der kendes fra denne del af lagserien konkretionslag og jerncementeret sandsten (Rasmussen et al. 2002) så det er sandsynligt de kraftige reflektioner afspejler sådanne lag. Det seismiske reflektionsmønster i Sekvens C er karakteriseret ved et svagt hældende reflektionsmønster med lav amplitude. Midt i sekvensen ses en gennemgående, lidt kraftigere reflektor.

Sekvens C på linien er en fortsættelse af Sekvens C på BH5, hvor sekvensen blev tolket til at repræsentere en distal deltalobe af Bastrup sandet eller en mere leret del af en lobe under en generel progradering (deltalobe skift). Sekvensen er overvejende leret med sand i toppen.

Det seismiske reflektionsmønster i Sekvens D er karakteriseret ved et lavamplitude, parallelt til subparallelt reflektionsmønster. Den øvre grænse er meget markant med en distinkt nedskæring i lagserien.

Sekvens D tolkes, ligesom på linie BH5, som lerede til finsandede sedimenter aflejret i et marint miljø.

BH3(Fig. 10)

Over den palæogene marker er der erkendt en transparent enhed, der kiler ud mod sydvest. Herover følger et lavamplitude, subparallelt reflektionsmønster, der opad begrænses af sekvensgrænsen C/D. Der ses tydeligt pålap på den transparente enhed fra syd.

Den transparente enhed tolkes til at repræsenter en intern lobe i Vejle Fjord Formationen. Den nedre del af enheden med lavamplitude reflektionsmønster repræsenterer sandsynligvis endnu en del af Vejle Fjord Formationen, mens den øvre del repræsenterer Arnum Formationen. På grund af det dårlige seismiske signal kan grænsen mellem disse formationer ikke erkendes. Arnum Formationen går gradvist over i Bastrup sandet, som det kendes fra Klelund-1 boringen.

Sekvens D er karakteriseret ved et parallelt reflektionsmønster. På grund af meget støj i den øverste del af de seismiske data, kan der ikke placeres en klar grænse opadtil. Der er erkendt to markante nedskæringer (inkonformiteter) øverst på linien.

Sekvens D tolkes til at repræsentere øvre Arnum Formationen og Stauning sand.

BH2(Fig. 11):

Over den palæogene marker er der erkendt en transparent enhed, der kiler ud mod sydøst. Herover følger et lavamplitude, parallelt reflektionsmønster, der opadtil begrænses af sekvensgrænsen C/D.

Den nederste transparente enhed tolkes til at repræsentere en intern lobe i Vejle Fjord Formationen. Den nedre del af enheden med lavamplitude reflektionsmønster repræsenterer sandsynligvis også en del af Vejle Fjord Formationen, mens den øvre del repræsenterer Arnum Formationen. På grund af det dårlige seismiske signal kan grænsen mellem formationerne heller ikke erkendes på denne seismiske linie. Arnum Formationen går gradvist over i Bastrup sandet, som det kendes fra Klelund-1 boringen.

Sekvens D er karakteriseret ved et parallelt reflektionsmønster. På grund af meget støj i den øverste del af de seismiske data, kan der ikke placeres en klar grænse opadtil. I den sydøstlige del af den seismiske linie erkendes en markant nedskæring (inkonformitet). Sekvens D tolkes til at repræsentere øvre Arnum Formationen og Stauning sand.

BH1(Fig. 12)

Over den palæogene marker er der, i den nordligste del af profilet, erkendt en enhed, som kiler ud mod syd. Internt er enheden karakteriseret ved et parallelt reflektionsmønster. Dette følges af en succession der har et parallelt reflektionsmønster, specielt i den nordligste del af den seismiske sektion. Dette går dog hurtigt over i et mere kaotisk reflektionsmønster mønster mod syd. Opadtil begrænses enheden af sekvensgrænsen C/D i den nordlige del af profilet, mens det mod syd er begrænset af en markant inkonformitet.

Den nordlige del af sektionen korrelerer til Klelund-1 boringen. Den nederste kile repræsenterer en intern enhed i Vejle Fjord Formationen, formodentligt en distal del af en lobe tilhørende Billund sandet. Herover følger endnu en del af Vejle Fjord Formationen, samt Arnum Formationen, der op mod sekvensgrænsen går over i Bastrup sandet.

I den ekstreme nordlige del af den seismiske linie kan der erkendes en enhed over sekvensgrænsen, der er karakteriseret ved et parallelt reflektionsmønster.

Denne enhed kan korreleres til Klelund-1 Boringen og tolkes til at tilhøre Arnum Formationen. Den markante inkonformitet repræsenterer en Kvartær dal.

VA1(Fig. 13 og 14):

Enheden over top Palæogen er karakteriseret ved et parallelt reflektionsmønster med varierende amplitude, specielt 3 horisonter er markante. Opadtil begrænses enheden af en markant grænse, der viser en distinkt nedskæring i lagserien.

Ud fra en regionalgeologisk betragtning repræsenterer enheden en mægtig lagserie tilhørende Arnum Formation (Rasmussen et al. 2002). Enheden er aflejret foran de store nedre miocæne deltakomplekser og det er derfor sandsynligt at enheden overvejende består af lerede sedimenter med enkelte indslag af finkornede stormsandslag.

Boringskorrelationer

De følgende korrelationer er baseret på 7 stratigrafiske boringer (Føvling, Billund, Vandel Mark, Vorbasse, Egtved, Ejstrup og Bastrup), 4 vandforsyningsboringer (Stakroge, Rødding, DGU 123.846, DGU 123. 876) og 7 olieefterforskningsboringer (Eg-1, -2 og -4, Grindsted-1, Klelund-1, Lindknud-1 og Bække-1). For at præsenterer den miocæne lagserie i den nordøstlige og centrale del af amtet er der lavet 2 profiler (Fig. 16 og 17). Der er korreleret til 5 boringer, Stakroge, Rødding, Vandel Mark, Egtved og Bastrup, der er placeret i naboamterne. Dette er gjort for at give en mere sikker korrelation og et bedre overblik over udbredelsen af de miocæne sandlag. Der er ikke i nærværende undersøgelse inddraget boringer fra den sydlige del af amtet da hovedindsatsen indtil videre, har være fokuseret på den centrale og nordøstlige del af amtet.

Ribe1-profilet korrelerer boringerne: Stakroge, Eg-4, Eg-1, Grindsted-1, Eg-2, Klelund-1, Holsted, Føvling og Rødding (Fig. 16). Den nederste del af profilet er domineret af lerede sedimenter fra Vejle Fjord Formationen. Der er kun enkelte tynde sandlag, der i den nordlige del af profilet formodentligt tilhører distale sandede sedimenter fra Billund sandet og i den sydlige del af profilet tilhører Ribe Formationen. I Føvling-1 er det ikke helt klart om sandlaget omkring 165 meter korrelerer til Ribe Formationen, dette vil blive afklaret når den

biostratigrafiske analyse er færdig. Vejle Fjord Formationen og evt. Ribe Formationen, overlejres af Kolding Fjord enheden, der hovedsageligt består af fin- til mellemkornet sand aflejret i forbindelse med Arnum transgressionen. Kolding Fjord enheden udgør et tyndt, ca 10 m mægtigt, men særdeles godt grundvandsmagasin i Føvling boringen. Disse grovkornede sedimenter, anboret i Føvling boringen, blev sandsynligvis aflejret i en tidevandsrende mellem de barriereø-komplekser, der udgjorde aflejringsmiljøet under den første del af Arnum transgressionen. Hvis denne tolkning holder, vil udbredelsen af dette sand være begrænset. Men sand af god kvalitet, anboret i både Rødding og Holsted, antyder dog at der på dette niveau findes et mere regionalt udbredt grundvandsmagasin (formodentligt strandplansaflejringer). Kolding Fjord enheden følges af lerede sedimenter tilhørende Arnum Formationen. Herover følger sandede sedimenter fra Bastrup sandet, der lokalt kan være af ganske god kvalitet. De mere lerede indslag i Bastrup sandet, som ses i Eg-1 og Eg-2 boringerne, skyldes sandsynligvis skiftende retninger af deltalober under udbygningen af Bastrup sandet. Endvidere kan lokal indsynkning omkring gamle forkastningssystemer være årsag til fortyndingen med ler i Bastrup sandet i disse boringer. Bastrup sandet overleires af lerede sedimenter fra Arnum Formationen. I de boringer, hvor der er foretaget logging (gamma-log), antydes det at der er finsandslag beriget med tungmineraler. Arnum Formationen følges af den sand-rige Odderup Formation. I den nordlige del af profilet er Odderup Formationen udviklet i en mere kontinental facies med hyppige indslag af brunkul. Mod syd er den mere finkornet med forekomst af enkelte skaller, der antyder at en mere marin facies er udviklet her. Odderup Formationen overlejres af de ler-rige Hodde og Gram formationer i den sydlige del og/eller af kvartære sedimenter enten i form af nedskårede dale som ved Holsted og Klelund, eller bare mere konkordant som nord for Eg-2 boringen.

Ribe2-profilet korrelerer boringerne: Billund, Vandel Mark, DGU 123.846, DGU 123.876, Vorbasse, Lindknud, Bække, Estrup og Bastrup (Fig. 17). Billund boringen er ny og er derfor ikke beskrevet endnu sedimentologisk. En mere korrekt korrelation og beskrivelse af Billund boringen følger senere. Boringen er alligevel medtaget her fordi den tydeligt illustrerer, hvordan miocænet er udviklet i denne del af amtet. I den nordlige del af profilet dominerer sandrige sedimenter fra Billund sandet. Udbredelsen af dette sand er beskrevet ovenfor under den seismiske tolkning og er derfor velkendt i Amtet (se også Fig. 20). Ellers er den nederste del af profilet domineret af lerrige sedimenter tilhørende Vejle Fjord Formationen. I den sydlige del, ved Estrup og Bastrup ses en udvikling mod tykkere og mere grovkornede sedimenter af Ribe Formationen. Billund sandet, Vejle Fjord Formationen og Ribe Formationen overlejres af lerede sedimenter tilhørende Arnum Formationen. I den nordlige del findes tynde sandlag, der formodentligt korrelerer sandede kystnære aflejringer fra Kolding Fjord enheden. Arnum Formationen overlejres af Bastrup sandet. Dette sand er særdeles veludviklet i den nordlige del af profilet, hvor seismiske data tydeligt viser at Bastrup sandet er aflejret i et deltakompleks med kanaliserede flodsedimenter øverst. I Vandel Mark boringen er disse kanal aflejringer meget grovkornede og udgør derfor gode grundvandsmagasiner. Bastrup sandet er mere finkornet i den centrale del af profilet og splitter op i to sandenheder, specielt i Lindknud boringen. Mod syd, ved Estrup og Bastrup, er Bastrup sandet igen mere grovkornet og væsentligt tykkere. I Bastrup boringen er det decideret flodsedimenter der er anboret, hvorimod der i Estrup boringen sandsynligvis er anbore prodeltasedimenter. Denne variation i Bastrup sandet skyldes dels deltalobe skift under udbygningen og dels at et andet delta system bygger ud nede i den sydøstlige del af amtet og i Sønderjylland. Bastrup sandet følges af lerrige sedimenter fra Arnum Formationen. Omkring Fromsejer og boringen DGU 123.846, er Arnum Formationen meget sandrig. Dette sand er ekstremt rigt på tungmineraler og blev aflejret foran et delta som finkornede stormsandslag. Arnum Formationen følges af den sandrige Odderup Formation, der er særdeles veludviklet langs profilet. Odderup Formationen er i kontakt med kvartærer lag opadtil.

Fordelingen af grundvandsmagasiner i Jylland

I den miocæne lagserie er der 3 niveauer med gode grundvandsmagasiner. Det nederste niveau indeholder 2 fysisk adskilte sandlegemer Billund sand og Ribe Formationen. Herover følger Bastrup sandet og endeligt, øverst Odderup Formationen. Udbredelsen af disse magasiner i vil blive gennemgået i det følgende.

Udbredelsen af Billund sandet er stærkt styret af topografiske elementer, der var aktive umiddelbart før aflejringen af sandet. De tykkeste flod- og deltaaflejringer var koncentreret til Brande Truget og de topografisk lavere-liggende områder i Vestjylland og den nuværende Nordsø. På figur 18 ses en skitse af de palæogeografiske forhold i denne del af Tidlig Miocæn. Fra boringer og seismiske data ved vi at i et område omkring Billund og Hoven blev større daltakomplekser aflejret (Fig. 5). I Eg-3 boringen blev der aflejret ca 100 m sand, så der er tale om betydelige tykkelser af magasinet lokalt. Mod sydvest tynder disse sandlag ud over et kort distance, ca. 2 km, hvorefter der kun aflejredes ler (Fig. 19 og 20). Mod nord aflejredes der fluvio-deltaiske sedimenter, hvis tykkelse varierer. Lagene er dog sjældent under 20 m. Specielt mellem Give og Billund findes der formodentligt mægtige lag tilhørende Billund sandet. I en boring syd for Herning (Lind) er grovkornede fluviatile sedimenter, tilhørende Billund sandet, anboret. Dette betyder at man kan forvente at finde gode magasiner, fra dette niveau, over der meste af Midtjylland. Det må dog tilføjes, at sedimenterne mod nord kan have en mere lokal udbredelse, dels på grund af aflejringsmiljøet (fluviale kanaler) og dels på grund af saltstrukturers indflydelse på aflejringsforholdene. Øst for Brande truget er det tilhørende sandlag, Hvidbjerg sand, væsentlig tyndere og mere finkornede. Endvidere veksler Hvidbjerg sandet mere med de lerede afsætninger fra Vejle Fjord Leret. I det sydlige Jylland aflejredes nogenlunde samtidig sandede og grusede sedimenter tilhørende Ribe Formationen (Fig. 21). Ribe Formationen har en mere østlig kilde end Billund sandet.

Lokalt findes forholdsvis tynde, men grovkornede lag, tilhørende Kolding Fjord sand. Disse lag er afsat i tidevandsrender og har derfor en begrænset udbredelse. De bedste eksempler med gode magasinegenskaber kendes fra Føvling og Rækker Mølle boringerne. Lagene er her ca. 10 m tykke.

Bastrup sandet er udbredt i det meste af Syd- og Centraljylland samt i Nordvestjylland (Fig. 22). Tilførslen af sedimenter til Bastrup sandet er igen koncentreret i det centrale Jylland og i Sydjylland (østlig kilde som var tilfældet for Ribe Formationen). Seismiske data fra Billund området viser tydeligt at et større deltakompleks var beliggende i det Centrale Jylland (Fig. 19 og 20). Disse data viser endvidere, at kvaliteten af magasinet varierer indenfor hundrede meter, for eksempel i form af kanaler, ca 400 m brede, med mere grusede aflejringer. De sandede delta aflejringer kiler også hurtigt ud mod sydvest, således at kun mindre grundvandsmagasinet kan forventes i Sydvestjylland. Nord for Billundområdet findes særdeles gode magasiner både ved Give og Addit. I den østlige del af Sydjylland, omkring Vamdrup/Bastrup, er der aflejret ca. 40 m flodaflejringer i en nedskåret dal. Dette tyder på at floder fra øst har tilført grovklastiske sedimenter til denne del af Jylland og et større deltakompleks må eksistere i dette område. Det har dog ikke være muligt at kortlægge dette delta da data mangler herfra.

Odderup Formationen er kendt fra store dele af Jylland på nær det sydvestligeste Jylland (Fig. 22). Formationen er domineret af fluviale, grovkornede sedimenter i Midtjylland og dele af Sønderjylland. I Vestjylland veksler formationen mellem mere finkornede strandsedimenter og grovkornede fluvio-deltaiske sedimenter. Stratigrafiske boringer og boringer lavet i forbindelse med kortlægning af tungmineraler i Jylland, samt georadar data fra Give-området (pers. Kom. Torben Jensen 2002), viser at Odderup Formationen udgør en normal progradering med afsætning af sandede sedimenter i nedre og øvre strandplan. I havstokken aflejredes et gruslag. Dette lag overlejres af gradvist mere finkornede sedimenter aflejret i strandzonen. Sedimenterne aflejret i strandzonen er meget rige på tungmineraler. Disse lag efterfølges af lagunesedimenter, der i visse horisonter er rige på organisk materiale. Endeligt aflejredes sandede sedimenter under den efterfølgende transgresssion i form af overskylsvifter.

Dæklag

De marine lag tilhørende Arnum Formationen og Hodde- og Gram formationerne udgør til en vis grad dæklag for de ovenfornævnte grundvandsmagasiner.

I hele det undersøgte område (Vejle, Ribe og Ringkøbing amter) er der finkornede lag over Billund sand. I det centrale Jylland kan dæklaget være under 10 m. Billund sandet er dog formodentligt i kontakt med det recente grundvand i forbindelse med dybe nedskårede dale som for eksempel ved Brædstrup. Bastrup sandet er også beskyttet af et dæklag i hele undersøgelsesområdet. Her er det den øvre del af Arnum Formationen, som udgør det beskyttende lag. På grund af den lave begravelsesdybde, vil der ofte være forbindelse til recent grundvand i forbindelse med nedskårede dale. Odderup Formationen er kun beskyttet af dæklag i syd og sydvest Jylland (Fig. 1 og 2). Her er det Gram Leret og de mere lerede dele af Hodde Formationen der udgør dæklaget. I den øvrige del af Jylland, hvor Odderup Formationen findes, vil formationernes aflejringer enten være i kontakt med de kvartære lag eller være direkte blottet.

Konklusion

I nærværende undersøgelse er der korreleret 18 boringer i den nordøstlige del af amtet samt tolke 9 nye seismiske linier. Der er opstillet en geologisk model for den miocæne lagserie med henblik på at kortlægge den rumlige fordeling af sand- og lerlag i området.

Undersøgelsen viser at de mest mægtige og veludviklede (grovkornede) grundvandsmagasiner ligger i Billund området. Her er Billund sandet op mod 50 meter tykt og seismiske data antyder at det sandsynligvis er tykkere, ca. 80 m, nord for Billund – Vejle vejen. Bastrup sandet er også veludviklet i området og ligger i en dybde, der gør sandet meget attraktivt som grundvandsmagasin. Opadtil er Bastrup sandet beskyttet af den finkornede Arnum Formation.

Kortlægningen og den geologiske forståelse af grundvandsmagasiner i den nordøstlige del af amtet er meget fremskredet og vil kunne indgå i en strategisk planlægning af grundvandsindvindingen fremover. Nærværende undersøgelse viser endvidere at tilstedeværelsen af miocæne grundvandsmagasiner er mere begrænset i den centrale del af amtet. Det er stadig uafklaret hvorvidt Bastrup sandet er tilstede i den centrale del af amtet, samt i hvilke områder indenfor amtet Ribe Formationen forekommer i mægtigheder relevant for vandforsyningen. Disse problemstillinger kræver yderligere boringer, specielt i den sydlige del af amtet og evt. suppleret med seismiske data.

Referencer

- 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., Rasmussen, E.S og Piasecki, S, 2001: Oligocæn Miocæn stratigrafi i Vejle Amt. 37pp, GEUS rapport 2001/104.
- Dybkjær, K. og Rasmussen, E.S. 2001: Oligocæn Miocæn dinoflagellat-stratigrafi i Vorbasse-boringen, Ribe Amt. 28 pp. GEUS rapport 2001/120.
- 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.
- Knudsen, K. 1998: Heavy mineral exploration in Miocene sediments, Jylland. 44pp, GEUS rapport 45.
- Koch, B.E. 1989: Geology of the Søby-Fasterholt area. DGU, Serie A 22, 177pp.
- Kristoffersen, F.N. 1973: Oligocæn og Miocæn i Nøvling Nr. 1. DGU. III Række, Nr. 40: 63-70.
- Rasmussen, E.S. 2003a: Regeologisk kortlægning af miocæne grundvandsmagasiner i Ringkøbing Amt. GEUS 2003/1.
- Rasmussen, E.S. 2003b: Korrelation af miocæne grundvandsmagasiner i Vejle Amt med speciel fokus på Give Brædstrup området. 33 pp, GEUS rapport 2003/3.
- Rasmussen, E.S. and Dybkjær, K. 1999: Excursion: Upper Oligocene Lower Miocene storm and tidal dominated deposits at Lillebælt and Vejle Fjord, Denmark. 76 pp., GEUS rapport 1999/52.
- Rasmussen, E.S., Dybkjær, K., and Piasecki, S. 2002: Miocene depositional systems of the eastern North Sea Basin, Denmark. Development of sedimentological and stratigraphical principels in modern sedimentology. 131pp, GEUS rapport 2002/89.

Figurliste

Figur 1. Korrelationspanel af boringer fra Sønderjylland og det centrale Jylland. Bemærk at litologiske enheder og sekvenser (A til F) er vist på figuren.

Figur 2. Korrelationspanel af boringer fra Sønderjylland og Østjylland. Bemærk at litologiske enheder og sekvenser (A til F) er vist på figuren.

Figur 3. Revideret litostratigrafi for den øvre oligocæne – miocæne lagserie. Bemærk at i kolonnerne til højre er angivet sekvenser og farvekoden på seismiske nøglehorisonter.

Figur 4. Kort over seismiske linier vist fra Billund området.

Figur 5. BH7. Seismiske nøglehorisonter er angivet i højre kolonne på figur 3.

Figur 6. Seismisk linie BH8. Seismiske nøglehorisonter er angivet i højre kolonne på figur 3.

Figur 7. Seismisk linie BH6. Seismiske nøglehorisonter er angivet i højre kolonne på figur 3.

Figur 8. Seismisk linie BH5. Seismiske nøglehorisonter er angivet i højre kolonne på figur 3.

Figur 9. Seismisk linie BH4. Seismiske nøglehorisonter er angivet i højre kolonne på figur 3.

Figur 10. Seismisk linie BH3. Seismiske nøglehorisonter er angivet i højre kolonne på figur 3.

Figur 11. Seismisk linie BH2. Seismiske nøglehorisonter er angivet i højre kolonne på figur 3.

Figur 12. Seismisk linie BH1. Seismiske nøglehorisonter er angivet i højre kolonne på figur 3.

Figur 13. Kort over den seismiske linie SV for Varde .

Figur 14. Seismisk linie Va1. Seismiske nøglehorisonter er angivet i højre kolonne på figur 3.

Figur 15. Kort over boringer, der er korreleret i rapporten.

Figur 16. *Ribe1: Korrelationspanel, der viser den miocæne lagserie fra den centrale del af Ribe Amt.*

Figur 17. Ribe2: Korrelationspanel fra østlige del af Ribe Amt.

Figur 18. Palæogeografisk rekonstruktion af Billund sandet under maksimal udbredelse.

Figur 19. Udkiling af Billund deltaet og et delta, som korrelerer til Bastrup sandet.

Figur 20. Nord – syd gående seismisk profil øst for Billund (BH7 se figur 14). Nederst i den miocæne lagserie ses, hvorledes Billund deltaet kiler ud mod syd. Over Billund deltaet ses et nyt delta, der tilhører Bastrup sandet. Bemærk de nedskårede dale i toppen af deltaet. Disse dale er ikke mere end ca. 400 m brede. Seismiske nøglehorisonter er angivet i højre kolonne på figur 3. (Seismiske data COWI)

Figur 21. Palæogeografisk rekonstruktion af Ribe Formationen under maksimal udbredelse.

Figur 22. Palæogeografisk rekonstruktion af Bastrup sandet under maksimal udbredelse.

Figur 23. Palæogeografisk rekonstruktion af Odderup Formationen under maksimal udbredelse.





Fig. 1

Korrelationspanel af boringer fra Sønderjylland og det centrale Jylland. Bemærk at litologiske enheder og sekvenser (A til F) er vist på figuren.









Fig. 2

Korrelationspanel af boringer fra Sønderjylland og Østjylland. Bemærk at litologiske enheder og sekvenser (A til F) er vist på figuren.



Fig. 3

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



Fig. 4: Kort over seismiske linier vist fra Billund området.



Fig. 5:

Seismisk linie BH7. Seismiske nøglehorisonter er angivet i højre kolonne på figur 3.

Ν



Fig. 6: Seismisk linie BH8. Seismiske nøglehorisonter er angivet i højre kolonne på figur 3.







Fig. 8: Seismisk linie BH5. Seismiske nøglehorisonter er angivet i højre kolonne på figur 3.







Fig. 10: Seismisk linie BH3. Seismiske nøglehorisonter er angivet i højre kolonne på figur 3.





Fig. 11: Seismisk linie BH2. Seismiske nøglehorisonter er angivet i højre kolonne på figur 3.







Fig. 13: Kort over den seismiske linie SV for Varde .









Fig. 15: Kort over boringer, der er korreleret i rapporten.



Fig. 16: Ribe1: Korrelationspanel, der viser den miocæne lagserie fra den centrale del af Ribe Amt.



LEGENDE

Marine silt and clay Shallow marine sand Fluvial - deltaic sand Brakish water silt and clay

Flood plain mud

- Boundary towards the Quaternary
- Maximum flooding surface
- HM Heavy Mineral
 - ••• Gravel

SO km

Fig. 17: Ribe2: Korrelationspanel fra østlige del af Ribe Amt.









Ν





Fig. 20:

Nord – syd gående seismisk profil øst for Billund (BH7 se figur 14). Nederst i den miocæne lagserie ses, hvorledes Billund deltaet kiler ud mod syd. Over Billund deltaet ses et nyt delta, der tilhører Bastrup sandet. Bemærk de nedskårede dale i toppen af deltaet. Disse dale er ikke mere end ca. 400 m brede. Seismiske nøglehorisonter er angivet i højre kolonne på figur 3. (Seismiske data COWI)





Late Aquitanian - early Burdigalian







Fig. 23 Palæogeografisk rekonstruktion af Odderup Formationen under maksimal udbredelse.