

Miocæne blotninger i Nordjylland

Erik Skovbjerg Rasmussen & Karen Dybkjær

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



GEUS

Miocæne blotninger i Nordjylland

Erik Skovbjerg Rasmussen & Karen Dybkjær

Indhold

INTRODUKTION	4
GEOLOGISK RAMME	6
Litostratigrafi	8
Beskrivelse af lokaliteterne	9
Søndbjerg	9
Sedimentologi	9
Palynologi	9
Aflejringsmiljø	10
Skyum	11
Sedimentologi	11
Palynologi	11
Aflejringsmiljø	12
Gyldendal	13
Sedimentologi	13
Palynologi	13
Aflejringsmiljø	13
Lyby	15
Sedimentologi	15
Palynologi	15
Aflejringsmiljø	16
Skærbæk	17
Sedimentologi	17
Palynologi	17
Aflejringsmiljø	17
Lodbjerg	18
Sedimentologi	18
Palynologi	18
Aflejringsmiljø	18
Brøndum	19
Palynologi	19
Aflejringsmiljø	19
Korrelation og geologisk model	20
Konklusion	21
Referencer	22

Introduktion

Igennem to feltsæsoner, sommeren 2007 og 2008, blev 11 blotninger undersøgt i det nordlige Jylland. Formålet var at afklare, hvilke blotninger, der tilhører den miocæne lagserie. Den første feltsæson besøgte alle 11 lokaliteter: Tandskov, Gyldendal, Lyby, Brøndum, Mogenstrup, Harrevig, Sundby (Mors), Skærbæk (Mors), Skyum (Thy), Lodbjerg (Thy), Søndbjerg (Thyholm).

Sediment-prøver fra samtlige lokaliteter blev analyseret biostratigrafisk (palynologisk) og det blev klart at lagene ved Gyldendal, Lyby, Brøndum, Skærbæk, Skyum, Lodbjerg og Søndbjerg var af Miocæn alder (Fig. 1). På den efterfølgende feltsæson, blev de miocæne lokaliteter besøgt igen og opmålt sedimentologisk og supplerende prøver til palynologi blev udtaget.

I nærværende rapport præsenteres hver lokalitet. Den palynologiske datering af hver enkelt lokalitet er baseret på den dinoflagellat cyste zonerings, der for nylig er opstillet af Dybkjær & Piasecki (2008), se endvidere Dybkjær og Piasecki (2009) i nærværende rapport.

Geologisk ramme

Nordsøbassinet er blevet dannet som en konsekvens af den termale indsykning, der efterfulgte gravdannelsen i Jura (Ziegler 1982; Vejrbæk 1992). Dette bassin strakte sig fra Norge i nord, nedover Skåne, Baltikum og Nordtyskland, hvorefter den sydlige afgrænsning forløb nedover Belgien og Nordfrankrig. Den vestlige afgrænsning er mere upræcis, men har formentlig forløbet op langs Østengland og videre op langs Skotlands- og Shetlandsøernes østkyst. Mellem Shetland og Norge var der et smalt stræde, der virkede som en barriere så Nordsøen i perioder har været brak. Den maksimale udbredelse af havet i dette bassin forekom i Øvre Kridt, hvor kalk og limsten blev aflejret. I forbindelse med Den Alpine Foldning (Øvre Kridt og Paleocæn) blev dele af bassinet kraftig påvirket. Dette resulterede i kraftig inversionstektonik og sandsynligvis også i hævnning af Det fennoskandiske Skjold. Specielt ses en markant udbygning af kystlinien i bassinet fra nord i Eocæn, men paleocæne gravitetsafsætninger på Ringkøbing-Fyn Højderyggen (Danielsen *et al.* 1995) indikerer formodentligt at udbygningen startede allerede på dette tidspunkt. Den centrale del af bassinet var karakteriseret ved en typisk sokkeludbygning i et hav med 500 – 700 meters vandybde. Længere mod øst (det nuværende Danmark) var vandybderne væsentligt lavere, mellem 0 og ca. 100 meter (Hindsby *et al.* 1999). I Paleocæn og Eocæn tid var udbygningen koncentreret til de marginale dele af bassinet syd for det nuværende Norge (f.eks. Jordt *et al.* 1985) mens aflejringerne i Danmark var domineret af finkornede sedimenter (Heilmann-Clausen 1995). I Oligocæn nåede udbygningen ned i det danske område og der aflejredes lavmarine, sandrige sedimenter i Nordjylland og Midtjylland, især omkring Ringkøbing-Fyn Højderyggen. Deltaudbygning fra nord dominerede lokalt, men generelt blev sedimenterne aflejret i oddekomplekser med bagved liggende laguner og åbent hav mod syd og sydvest (Friis *et al.* 1998; Rasmussen 2004; Rasmussen & Dybkjær 2005). Tektoniske bevægelser i Oligocæn har sandsynligvis haft indflydelse på kildeområdet og aflejringsmønstret. Ligeledes har globale havniveauændringer i Oligocæn også sat sit præg på aflejringsmiljøet, bl.a. ved at en stor del af Nedre Oligocæn mangler (f.eks. Michelsen 1994; Heilmann-Clausen 1995). Nedre Oligocæne aflejringer er bevaret lokalt, i depressioner relateret til saltstrukturer og depressioner dannet i forbindelse med grundfjelds-relaterede 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, idet den adskilte mere åben marine/kystprograderende aflejringsmiljøer syd for ryggen fra parallel/afsnørede miljøer nord for ryggen (fig. 2B) (Rasmussen 2004; Rasmussen & Dybkjær 2005). De strukturelle rygge var vigtige områder for dannelse af oddekomplekser, der resulterede i en serie af barriere-øer med bagved liggende laguner på tværs af Jylland. Sedimentkilden til disse oddekomplekser har været store floder fra nord. Sedimenterne er transporteret langs kysten indtil aflejring i oddekomplekserne. Et markant fald i havniveau resulterede i en markant udbygning af kysten i seneste 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 havniveau faldet i Aquitanien steg havniveauet generelt op igennem Miocæn med maksimum i Serravallien (øvre MelleMiocæn) (fig. 2D–L) (Printice & Matthews 1988). Nye tektoniske bevægelser karakteriserede bassinet i slutningen af Burdigalien (øvre Nedre Miocæn). Dette resultere-

de i nye udbygninger, bl.a. aflejringer beriget med tungminerale (fig. 2I og J). Da denne udbygning foregik under stigende havniveau var den ikke så markant som den i Aquitanien og pga. stigende grundvandsspejl i landområderne var mulighederne optimale for afsætning af brunkul, som det kendes fra Midtjylland (fig. 2J). Langhien (Mellem Miocæn) repræsenterer en vigtig fase i udviklingen af Nordsøbassinet. Midt i perioden skete der en markant transgression og ligeledes viser forkastninger i Odderup Formationen at tektonisk aktivitet foregik ved denne overgang (Koch 1989). Kildeområdet skiftede i denne periode fra overvejende nord i Nedre Miocæn til nordøst og øst i Mellem og Øvre Miocæn. Under den markante transgression i Langhien var klimaet varmt. Det varme klima i begyndelsen af Mellem Miocæn var et globalt fænomen og derfor steg det globale havniveau også markant i denne periode. Sandsynligvis var hele det danske område oversvømmet i den sidste del af Mellem Miocæn under aflejring af Hodde Formationen. 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 sedimentter over Midtjylland (Japsen *et al.* 2002). Gram Formationen 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 i Jylland har vist at den tidligere litostratigrafiske opdeling (Sorgenfrei 1958; Larsen & Dinesen 1959; Rasmussen 1961) er for simpel. Den her anvendte litostratigrafiske opdeling er beskrevet i Rasmussen (2003) og Rasmussen & Hansen (2005). Denne opdelingen er vist på figur 3.

Den nederste del af Vejle Fjord Formationen, Brejning Ler, henregnes til oligocænet, så den miocæne lagserie starter med Vejle Fjord Leret. Vejle Fjord Leret efterfølges af Hvidbjerg sand. I det centrale og vestlige Jylland er der kortlagt et større deltakompleks, som er samtidig med og nogle steder lidt yngre end Vejle Fjord Formationen (Rasmussen *et al.* 2004). Dette benævnes Billund sand. Over disse enheder, der overordnet tilhører Vejle Fjord Formationen, kommer Klittinghoved Formationen, der hovedsageligt består af lerede sedimenter. Den nederste del af Klittinghoved Formationen består af sandrige sedimenter afsat på strandplan og i laguner. Disse lag benævnes Kolding Fjord Led. 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 Klittinghoved Formationen. Dette lag benævnes Bastrup sand. Over Bastrup sandet følger Arnum Formationen. Højere oppe i Arnum Formationen blev Stauning sandet aflejret som stormsandsaflejringer i forbindelse med aflejringen af de fluviale og kystslette-sedimenter der henføres til Odderup Formationen. Generelt bliver både Stauning sandet og Odderup Formationen successivt yngre mod sydvest. Såvel Stauning sand som Odderup sand interfingerer med det marine ler i den allerøverste del af Arnum Formationen. Over Odderup og Arnum formationerne træffes kun lerrige sedimenter i Jylland. Disse lag er kendt som Hodde, Ørnhøj og Gram formationerne.

Beskrivelse af lokaliteterne

I Limfjordsområdet blev der fundet 6 lokaliteter af Miocæn alder samt en lokalitet ved en nedlagt grusgrav, hvor der stadig lå sandsten fra Miocæn. De 6 lokaliteter er: Søndbjerg, Skyum, Gyldendal, Lyby, Skærbæk og Lodbjerg (Fig. 1). Den nedlagte grusgrav ligger ved Brøndum (Fig. 1).

Søndbjerg

Sedimentologi

Ved Søndbjerg er der blottet 6,8 m (Fig. 4; 5A). Lagserien består af finkornet sand, der er karakteriseret ved hvævede og swaley krydslejringer (Fig. 5B). I den øverste del af profilet ses indslag af tynde lerlag og sandlagene udviser bølgeribber (Fig. 5C). I enkelte sandlag ses dobbelte lerlag (Fig. 5D). Øverst ses 20 cm af det efterfølgende lag. Dette lag består af mørkebrunt, leret silt.

Palynologi

To prøver fra den nordlige (og nederste) del af profilet (prøve 1 og 2) og to prøver fra den sydlige (øverste) del (prøve 3 og 4) er analyseret. Se lokaliseringen af prøverne på den sedimentologiske log (Fig. 4)..

Alder: Tidlig Aquitanien (Tidlig Miocæn).

Dinoflagellat selskabet i de to nederste prøver er bl.a. domineret af *Homotryblium plectilum*. I de to øverste prøver blev der kun fundet et par enkelte *Homotryblium*, mens prøverne er karakteriseret af et stort antal ferskvandsalger (*Botryococcus*, *Lecaniella*, *Pediastrum*, *Ovoidites*, *Tetraporina*). Af stratigrafisk vigtige arter forekommer *Chiropteridium galea*, *Deflandrea phosphoritica*, *Membranophoridium aspinatum*, *Surculosphaeridium longifurcatum* og *Thalassiphora pelagica*. Dette dinoflagellat selskab henfører lagserien i dette profil til *Chiropteridium galea* Zonen af tidlig Aquitanien alder. Dinoflagellat selskabet er typisk for Vejle Fjord Ler.

Palynofacies: Dominans af *Homotryblium*, som det ses i de to nederste prøver, samt en hyppig forekomst af fersk- til brakvands alger er karakteristisk for Vejle Fjord Leret og er tolket til at reflektere et afsnøret marint, formodentligt brakvands miljø med stor ferskvands

influx. I de to øverste prøver optræder flere former for ferskvandsalger meget hyppigt, hvilket tolkes til at reflektere en øget ferskvandsinflux i denne del af profilet.

Aflejringsmiljø

Lagserien ved Søndbjerg er domineret af hvælvede og swaley krydslejring og indeholder dinoflagellater. Dette antyder aflejring på indre strandplan. Bølgebevægelser i forbindelse med storme er hovedprocessen bag aflejringen, men de dobbelte lerlag indikerer en vis indflydelse af tidevand. Den øverste del af profilet blev aflejret i et mere afsnøret marint miljø som en bugt eller lagune.

Skyum

Sedimentologi

Et 8 m mægtigt profil er opmålt (Fig. 6). De nederste 3 m består af mørkebrunt, leret silt med enkelte tynde, finkornede sandlag eller sandrige horisonter (Fig. 7A). Øverst i profilet ses mikro, hvælvede krydslejlrede sandlag (Fig. 7B). Sandlagene er ofte bioturbere (sømus)(Fig. 7C), ofte fra toppen og nedad. På stranden findes flere cementerede sandsten (Fig. 7D). Sandstenene er karakteriseret ved hvælvede krydslejringer og sporadisk bioturbation.

Palynologi

Fem prøver fra den sydlige del af profilet og fire prøver fra den nordlige del er analyseret. De tre af prøverne fra den sydlige del er fra løsblokke fundet på stranden nedenfor profilet. De to andre er fra et lille profil i skrænten. Dette profil tolkes til stratigrafisk at ligge over lagserien blottet i den nordlige del af profilet. Se lokaliseringen af prøverne fra det nordlige profil på den sedimentologiske log (Fig. 6).

Alder: Tidlig Aquitanien (Tidlig Miocæn).

Dinoflagellat selskabet i alle prøverne er domineret af *Homotryblum plectilum*. I prøverne fra den sydlige del af profilet optræder desuden *H. tenuispinosum*, mens der i prøverne fra den nordlige del er en almindelig forekomst af *H.? additense*. Af stratigrafisk vigtige arter forekommer desuden *Chiropteridium galea*, *Glaphyrocysta cf. pastielsii*, *Membranophoridium aspinatum*, *Hystrichokolpoma cinctum*, *Surculosphaeridium longifurcatum* og *Thalassiphora pelagica*. Dette dinoflagellat selskab henfører lagserien i dette profil til *Chiropteridium galea* Zonen og evt. *Homotryblum* spp. Zone af tidlig Aquitanien alder. Dinoflagellat selskabet er typisk for Vejle Fjord Ler.

Palynofacies: Dominans af *Homotryblum* samt en hyppig forekomst af fersk- til brakvands alger er karakteristisk for Vejle Fjord Leret og er tolket til at reflektere et afsnøret marint, formodentligt brakvands miljø med stor ferskvands influx. I prøve 3 fra den nordlige del af profilet (Fig. 6) optræder ferskvandsdinoflagellaten *Pseudokomewuia* aff. *granulata* meget hyppigt, hvilket tolkes til at reflektere en øget ferskvandsinflux. Desuden kunne det at *Homotryblum? additense* forekommer kun i den nordlige del af profilet mens *H. tenuispinosum* kun er registreret i prøverne fra den sydlige del, indikere en variation i salinitet med en faldende salinitet fra den nedre del (repræsenteret af den sydlige del af profilet) til den øvre del (repræsenteret af den nordlige del af profilet) (Dybkjær 2004).

Aflejringsmiljø

Hvælv, krydslejret sand, tilstedeværelsen af gravegange (sømus) og dinoflagellater viser at sedimenterne er aflejret i et marint miljø. Den nedre del blev aflejret uden for strandplanet mens den øvre del blev dannet på strandplanet. De hvælvede krydslejrede sandsten, der blev fundet på stranden, kan også være dannet på en åben tidevandsflade (Yang et al. 2005).

Gyldendal

Lokaliteten ligger 300 m vest for havnen. Profilet er uforstyrret, men afgrænset af kvartære dale på begge sider. Profilet er 7 m højt (Fig. 8 - 9A).

Sedimentologi

Lagserien er nederst karakteriseret ved veksellejrende mørkbrunt, leret silt og tynde, bølgeribbede, finkornede sandlag (Fig. 9B). Enkelte sandlag er tydeligt laminerede. Opad dominerer sandlag med hvælvede krydslejring, der er op til 10 cm tykke. Disse må karakteriseres som mikro-hvælvede krydslejring (Fig. 9C). Herover følger en erosiv grænse, som overlejres af et skrålejret konglomerat, der består af intraformationelle lerklaste og træstykker. Dette følges af et hvælvet krydslejret sandlag, som er op til 30 cm tykt (Fig. 9D). Herover følger 1 m veksellejrende mørkebrune lerede siltlag og bølgeribbede sandlag. Øverst i profilet ses et 20 cm tykt, finkornet, hvælvet krydslejret sandlag.

Palynologi

Fem prøver blev analyseret, se prøvernes placering på den sedimentologiske log (Fig. 8).

Alder: Sen Aquitanien til tidlig Burdigalien (Tidlig Miocæn).

Forekomsten af dinoflagellat arterne *Thalassiphora pelagica*, *Hystriosphæropsis obscura*, samt *Cordosphaeridium cantharellus*, kombineret med en sporadisk forekomst af *Homotryblium* spp. henfører disse aflejringer til *Thalassiphora pelagica* Zone.

Palynofacies: Kystnært, stor influx af ferskvand. Regressiv tendens opad i profilet.

De sedimentære organiske partikler i prøve 1 – 3 er domineret af træpartikler, men også sporer, pollen og ferskvandsalger forekommer almindeligt. Marine dinoflagellat cyster forekommer sporadisk. Denne sammensætning indikerer et kystnært, marint aflejringsmiljø med en stor influx af ferskvand. Sammensætningen af organiske partikler i prøve 4-5 er ligeledes domineret af træpartikler, sporer, pollen og ferskvandsalger. I disse to prøver er indholdet af dinoflagellat cyster dog markant mindre end i prøverne under, hvilket indikerer en regressiv tendens fra den nedre til den øvre del af profilet.

Aflejringsmiljø

Tilstedeværelsen af bølgeribber og hvælvede krydslejring samt et indhold af marine dinoflagellater indikerer et marint miljø. Den nedre del tolkes som aflejret uden for strandplanet, mens de tykkere, hvælvede krydslejrrede sandlag i den øverste del af profilet tolkes som

en opad-grunding i profilet. Alternativt er lagserien aflejret på en tidevandsflade på en ubeskyttet kyst (Yang et al. 2005). Den blottede lagserie tilhører sekvens B (Rasmussen 2004; Rasmussen & Dybkjær 2005). Dette bekræftes af en boring ved Gyldendal Havn (DGU 54.80), der gennemborer en lagserie på ca. 27 m. Ved 12 m er der erkendt et gruslag, der kan korreleres til sekvensgrænse C (Rasmussen 2004; Rasmussen & Dybkjær 2005).

Lyby

Lokaliteten findes 200 m nord for Lyby Strand. Profilet er forstyrret af gletsjere og hælder svagt mod nord. Det opmålte profil er sammensat af 4 mindre sektioner, som til sammen udgør et 16 m højt profil (Fig. 10 - 11A).

Sedimentologi

Lagserien begynder nederst med grønligbrune lag med glaukony. I visse horisonter findes konkretioner. Opad aftager indholdet af glaukony og lagserien består af mørkebrunt, leret silt med et højt indhold af organisk materiale og med et stigende indhold af sand opad. Lagene er totalt gennembioturberede. Omkring 7.5 m ses de første indslag af finkornet sand. I sandlaget ved 7,6 m ses tydelige sedimentstrukturer som hvælvede krydslejringer og bølgeribber. Ved 8,7 m domineres lagserien af sandede sedimenter (Fig. 10). De første 2 m af de sandede sedimenter er karakteriseret af mere eller mindre strukturløse sandlag (Fig. 11B). Laggrænser kan dog tydeligt erkendes og ved enkelte grænser ses swaley krydslejringer (Fig. 11B) og enkelte bølgeribber kan erkendes. Målinger viser at ryggen på bølgeribberne stryger NV-SØ. Ved 11 m ses en markant grænse med grus (Fig. 11C). Herover følger et tyndt lag med skrålejret grus og finkornet sand. Dette overlejres af 4,5 m finkornet sand domineret af hvælvede krydslejringer (Fig. 11D).

Palynologi

I alt 12 prøver fra denne lokalitet er analyseret, se placeringen af prøverne på den sedimentologiske log (Fig. 10).

Alder: Sen Chattien (seneste Oligocæn) til tidlig Aquitanien (tidligste Miocæn).

Dinoflagellat selskabet i de nederste 8 prøver fra denne lokalitet er bl.a. domineret af *Homotryblium plectilum* og *Deflandrea phosphoritica*. Denne kombination er kendetegnende for den yngste del af Brejning Leret og henfører denne del af lagserien til *Deflandrea phosphoritica* Zone af Sen Chattien (seneste Oligocæn) alder.

Dinoflagellat selskabet i de tre næste prøver er domineret af *Homotryblium plectilum* og *Membranophoridium aspinatum* ligesom ved Brøndum. Også her ses desuden en sporadisk forekomst af *Glaphyrocysta cf. pastielsii*, samt *Caligodinium amiculum*, samt et enkelt, tvivlsomt eksemplar af *Chiropteridium galea*. Der blev ikke fundet nogen eksemplarer af *Deflandrea phosphoritica*. Dette dinoflagellat selskab henfører denne del af lagserien til *Chiropteridium galea* Zone og/eller *Homotryblium* spp. Zone af tidlig Aquitanien alder. Oligocæn-Miocæn grænsen formodes således at være lokaliseret mellem prøve 8 og 9 i dette profil!

Den øverste af de analyserede prøver indeholder et dinoflagellat selskab med en almindelig forekomst af *Homotryblium plectilum* og *Deflandrea phosphoritica*, svarende til prøverne fra den øvre del af Brejning Ler. Dette tyder på at denne del af lagserien indeholder omlejret Brejning Ler. Hvorvidt prøven repræsenterer sedimenter af Miocæn eller Kvartær alder er usikkert.

Palynofacies: Prøverne i den nedre, lerede del af profilet (prøve 1– 8) er domineret af bisaccate- og non-saccate pollen og træstykker. Dinoflagellater optræder sporadisk til almindeligt. Fersk- til brakvandsalgen *Botryococcus* forekommer almindeligt. Blandt dinoflagellaterne dominerer *Homotryblium plectilum*, mens *Deflandrea phosphoritica* er almindelig. Førstnævnte indikerer formodentligt et lavsalint miljø, mens sidstnævnte indikerer stor tilførsel af næringsstoffer.

Prøverne 9–11 er domineret af brunt AOM (delvist nedbrudt ved-materiale), træpartikler, samt bisaccate og non-saccate pollen. Dinoflagellater optræder meget sjældent. Dinoflagellat selskabet er bl.a. domineret af *Homotryblium plectilum*. Der er ikke fundet nogen *Deflandrea phosphoritica*. Dette tolkes til et afsnøret marint aflejningsmiljø med en relativt stor influx af ferskvand.

Prøve 12 er domineret af træpartikler og bisaccate pollen. Dinoflagellater optræder meget sjældent. I dinoflagellat selskabet optræder *Deflandrea phosphoritica* almindeligt. Aflejningsmiljøet tolkes som et ?limnisk/marint miljø med en stor influx af ferskvand og terrigent materiale og med omlejret Brejning Ler i sedimentet.

Aflejringsmiljø

Lagserien ved Lyby repræsenterer både oligocæne og miocæne lag. Oligocæn-Miocæn grænsen er sat ved 8.5 m. De oligocæne lag blev aflejret på 70 m eller dybere vand (Schnetler & Beyer 1990). De miocæne lag afspejler et markant skift i aflejningsmiljøet til betydeligt lavere vanddybder. De hvælvede krydslejringer blev aflejret på ydre til indre strandplan i forbindelse med storme. Det markante skift til omlejrrede oligocæne dinoflagellater over gruslaget, tolkes som et resultat af reaktivering af nærliggende saltstrukturer under den nedre miocæne inversionsfase (Rasmussen 2009).

Skærbæk

Ved Skærbæk Klint blev der fundet en nedskredet blok, bestående af miocæne sedimenter (Fig. 12A). Blokkens primære leje er øverst i en meget stejl klint bestående af Fur Formationen. Den primære blotning er meget svær tilgængeligt og er derfor ikke opmålt. Det ser dog ud til at miocæne sedimenter ligger direkte på den Eocæne Fur Formation.

Sedimentologi

Den miocæne blok består af heterolitiske sedimenter med et indlejret sandlag (Fig. 12A). Den heterolitiske enhed består af lamineret, hvidt sand og mørkebrunt ler, med indikation af dobbelte lerlag. Dele af lagpakken udviser hvælvede krydslejninger, både makro og mikro hvælvede krydslejninger (Fig. 12B; C). Der blev også fundet et træstykke i de heterolitiske lag. Sandlaget er nederst homogent. I den øverste del ses tydelige hvælvede krydslejninger (Fig. 12C).

Palynologi

To prøver er analyseret.

Alder: Tidlig Aquitanien (Tidlig Miocæn).

Dinoflagellat selskabet i begge prøver er kraftigt domineret af *Homotryblium plectilum*. Af stratigrafisk vigtige arter forekommer desuden *Caligodinium amiculum*, *Glaphyrocysta* cf. *pastielsii* og *Membranophoridium aspinatum*. Dette dinoflagellat selskab henfører lagserien i dette profil til *Homotryblium* spp. Zonen af tidlig Aquitanien alder. Dinoflagellat selskabet er typisk for Vejle Fjord Ler.

Palynofacies: Dominansen af *Homotryblium plectilum* i de to prøver er karakteristisk for Vejle Fjord Leret og er tolket til at reflektere et afsnøret marint, formodentligt brakvands miljø.

Aflejringsmiljø

Lagene bærer tydeligt præg af bølgebevægelser, i det der er erkendt hvælvede krydslejninger. Dobbelte lerlag viser endvidere en vis tidevandsindflydelse. Lagene er formodentligt aflejret subtidalt i et afsnøret bassin, der under større storme blev påvirket af bølgeprocesser. Hermed blev sandlag karakteriseret ved hvælvede krydslejninger periodisk aflejret.

Lodbjerg

Sedimentologi

Lagene ved Lodbjerg er forstyrret af istektonik og består af mørkebrunt, leret silt, der stikker frem fra klinten (Fig. 12D). Der er ikke observeret nogen form for sedimentære strukturer og det er svært at se hvad der er op og ned.

Palynologi

To prøver er analyseret.

Alder: Tidlig Aquitanien (Tidlig Miocæn).

Dinoflagellat selskabet i begge prøver er domineret af *Homotryblium plectilum*. Af stratigrafisk vigtige arter forekommer desuden *Chiropteridium galea*, *Deflandrea phosphorica*, *Caligodinium amiculum* og *Thalassiphora pelagica*. Dette dinoflagellat selskab henfører lagserien til *Chiropteridium galea* Zone af tidlig Aquitanien alder. Dinoflagellat selskabet er typisk for Vejle Fjord Ler.

Palynofacies: Dominans af *Homotryblium* samt hyppig forekomst af *Botryococcus* i de to prøver er karakteristisk for Vejle Fjord Leret og er tolket til at reflektere et afsnøret marint, formodentligt brakvands miljø med stor ferskvands influx.

Aflejringsmiljø

Lagene indeholder dinoflagellater og er totalt gennembioturberede, hvilket indikerer et marint aflejringsmiljø som sandsynligvis har været lige uden for strandplanet på dybder hvor kun tynde stormsandslag blev aflejret således at bundfaunaen har kunnet blande sedimenterne grundigt efter aflejring.

Brøndum

Der findes ikke længere en blotning ved Brøndum (Fig. 1), men spredte løsblokke blev fundet. Blokkene består af finkornet sand med en del mollusker.

Palynologi

To prøver fra de mollusk-rige løsblokke ved Brøndum blev analyseret.

Alder: Tidlig Aquitanien (tidligste Miocæn).

En kraftig dominans af *Homotryblium plectilum* i begge de analyserede prøver kombineret med en almindelig forekomst af *Membranophoridium aspinatum*, samt sporadisk forekomst af *Glaphyrocysta* cf. *pastielsii*, og en mulig forekomst af *Caligodinium amiculum* indikerer at der her er tale om aflejringer, der kan henføres til *Homotryblium* spp. Zone.

Palynofacies: De sedimentære organiske partikler i de to prøver er domineret af delvist nedbrudt ved-materiale, træpartikler og saccate pollen. Marine dinoflagellat cyster forekommer sporadisk til almindeligt. Dinoflagellat selskabet er domineret af slægten *Homotryblium*. Ferskvandsalger forekommer sporadisk i den ene prøve, men er ikke registreret i den anden. Acritarchen *Cyclopsiella elliptica* forekommer meget almindeligt. Denne sammensætning indikerer et afsnøret marint aflejringsmiljø, formodentligt et brakvandmiljø (Dybkjær 2004).

Aflejringsmiljø

På grund af fossilindholdet, mollusker og dinoflagellater, tolkes sandstenene til at være dannet i et marint miljø. Molluskerne indikerer et lavmarint miljø. Sandstenene blev aflejret både under udbygningen af sekvens B (Billund sandet) og den efterfølgende transgression sekvens C (Kolding Fjord Led).

Korrelation og geologisk model

På grundlag af resultaterne fra de fire sedimentologiske sektioner og en boring ved Gyldendal (DGU 54. 80), er der foretaget en korrelation af lagene ved Limfjorden (Fig. 13). Overgangen mellem Oligocæn og Miocæn blev kun erkendt ved Lyby (Fig. 13). Her blev det oligocæne Brejning Ler opmålt. De miocæne lag i Limfjordsområdet er repræsenteret ved lerede sedimenter tilhørende Vejle Fjord Formationen. Vejle Fjord Formationen blev erkendt ved Lyby, i boringen ved Gyldendal Havn og ved Skyum. Vejle Fjord Formationen overlejres af sandede sedimenter fra Billund Formationen og må henregnes til Hvidbjerg ledet. Den øvre grænse af Billund Formationen er ikke erkendt ved nogen blotninger, men er tolket til at være gennemboret i boringen ved Gyldendal Havn, hvor et markant gruslag er fundet under lag, der tilhører Klittinghoved Formation. Dette lag tolkes til at korrelerer til et regionalt udbredt gruslag, der er karakteristisk for overgangen Billund og Klittinghoved formationerne og svarer til sekvensgrænse C (Rasmussen 2004; Rasmussen & Dybkjær 2005). Over gruslaget i boringen ved Gyldendal Havn følger sandede lag der kan tolkes som værende Kolding Fjord Led og øverst lerede lag tilhørende Klittinghoved Formation. Den udvikling er velkendt i Lillebælt området (Rasmussen & Dybkjær 2005). Den blottede sektion ved Gyldendal ligger tæt på boringen og følger naturligt de gennemborede lag. Alderen af lagene ved Gyldendal er Burdigalien og dermed yngre end lagene blottede på de andre lokaliteter, der er undersøgt i området.

Konklusion

Ved brug af dinoflagellater har det været muligt at erkende miocæne lag på 6 lokaliteter i Limfjordsområdet. De 6 lokaliteter er: Søndbjerg, Skyum, Gyldendal, Lyby, Skærbæk og Lodbjerg.

De miocæne lag er dannet i et kystnært miljø, hvor de homogene lerlag tilhørende Vejle Fjord Formation, blev aflejret subtidalt i et brakvandsbassin. De overliggende sandlag fra Billund Formation blev aflejret på indre og ydre strandplan og er tydeligt præget af bølgeprocesser. Lag fra Klintinghoved Formation, der kun er blottet ved Gyldendal, blev aflejret i et bølgedomineret miljø på ydre strandplan.

Referencer

- Danielsen, M., Michelsen, O. & Clausen, O.R. 1995: Oligocene sequence stratigraphy and basin development in the Danish North Sea sector based on log interpretations. EFP-92-project: Basin development of the Tertiary of the Central Trough with emphasis on possible hydrocarbon reservoirs., 26pp.
- Dybkjær, K. 2004. Morphological and abundance variations in *Homotryblium*-cyst assemblages related to depositional environments; uppermost Oligocene – Lower Miocene, Jylland, Denmark. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 206, 41–58.
- Dybkjær, K. and Piasecki, S., 2008: A new Neogene biostratigraphy of Denmark. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* 15, 29-32.
- Dybkjær, K. and Piasecki, S., 2009: Neogene dinocyst zonation in the eastern North Sea Basin, Denmark. *GEUS Rapport 2009/30*, This volume.
- Friis, H., Mikkelsen, J. & Sandersen, P. 1998: Depositional environment of the Vejle Fjord Formation of the Upper Oligocene – Lower Miocene of Denmark: a barrier island/barrier-protected depositional complex. *Sedimentary Geology* 117, 221–244.
- Heilmann-Clausen, C. 1995: Palæogene aflejringer over Danskekalken. In: Nielsen, O.B. (ed.): *Danmarks geologi fra Kridt til idag*. Aarhus Geokompender 1, 69–114.
- Hindsby, K., Harrar, B., Nyegaar, P., Konradi, P., Rasmussen, E.S., Bidstrup, T., Gregeresen, U. & Boaretto, E. 1999: The Ribe Formation i SW Jylland, Denmark: Holocene and Pleistocene groundwaters in a coastal Miocene sand aquifer. In: Edmunds & Milne (eds): *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. & Rasmussen, E.S. 2002: Cenozoic evolution of the eastern Danish North Sea Basin. Discussion. *Marine Geology* 177, 571–575.
- Jordt, H., Faleide, J.L., Bjørlykke, K. & Ibrahim, M.T. 1985: Cenozoic sequence stratigraphy of the central and northern North Sea Basin: tectonic development, sediment distribution and provenance areas. *Marine and Petroleum Geology* 12(8), 845–879.
- Koch, B.E. 1989: Geology of the Søby-Fasterholt area. Geological Survey of Denmark, Serie A 22, 177pp.
- Larsen, G. & Dinesen, A. 1959: Vejle Fjord Formationen ved Brejning. Sedimenterne og foraminiferfaunaen (Oligocæn–Miocæn). *Danmarks geologiske Undersøgelse*, II. Række Nr. 82, 114 pp.
- 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.
- Printice, M.L. & Matthews, R.K. 1988: Cenozoic ice volume history: Development of a composite oxygen isotope record. *Geology* 16, 963–966.

- Rasmussen, E.S. 1996: Sequence stratigraphic subdivision of the Oligocene and Miocene succession in South Jutland. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 43, 143–155.
- Rasmussen, E.S. 2003: Korrelation af miocæne grundvandsmagasiner i Vejle Amt med speciel fokus på Give–Brædstrup området. *Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2003/3*, 18pp.
- Rasmussen, E.S. 2004: Stratigraphy and depositional evolution of the uppermost Oligocene – Miocene succession in western Denmark. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 51, 89–109.
- Rasmussen, E.S. & Hansen, J.P.V. 2005: Kortlægning af grundvandsmagasiner i Ringkøbing Amt. *GEUS Rapport 2005/22*.
- Rasmussen, E.S., Dybkjær, K. & Piasecki, S., 2004: The Billund delta: a possible new giant aquifer in central and western Jutland. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* 4, 21–24.
- Rasmussen, E.S. & Dybkjær, K. 2005: Sequence stratigraphy of the Upper Oligocene – Lower Miocene of eastern Jylland, Denmark: role of structural relief and variable sediment supply in controlling sequence development. *Sedimentology* 52, 25–63.
- Rasmussen, L.B. 1961: De miocæne formationer i Danmark. *Danmarks geologiske Undersøgelse IV. Række*, Nr. 4, 45pp.
- Schnetler, K.I., Beyer, C. 1990: A Late Oligocene (Chattian B) molluscan fauna from the coastal cliff at Mogenstrup, North of Skive, Jutland, Denmark. *Contr. Tert. Quat. Geol.* 27, 39–81.
- Sorgenfrei, T. 1958: Molluscan assemblages from the marine Middle Miocene of South Jutland and their environments. *Danmarks geologiske Undersøgelse, II. Række*, Nr. 79, 503pp.
- Vejbæk, O. 1992: Geodynamic modelling of the Danish Central Trough. In: Larsen, R.M. *et al.* (eds): *Structural and tectonic modelling and its application to petroleum geology*, 1–17. Amsterdam, Elsevier: Norwegian Petroleum Society.
- Yang, B.C., Dalrymple, R.W. & Chun, S.S. 2005: Sedimentation on a wave-dominated, open coast tidal flat, southwestern coast of Korea: summer tidal flat – winter shoreface. *Sedimentology*, 52, 235-252.
- Ziegler, P.A. 1982: *Geological atlas of Western and Central Europe.*, 130pp. Amsterdam: Elsevier.

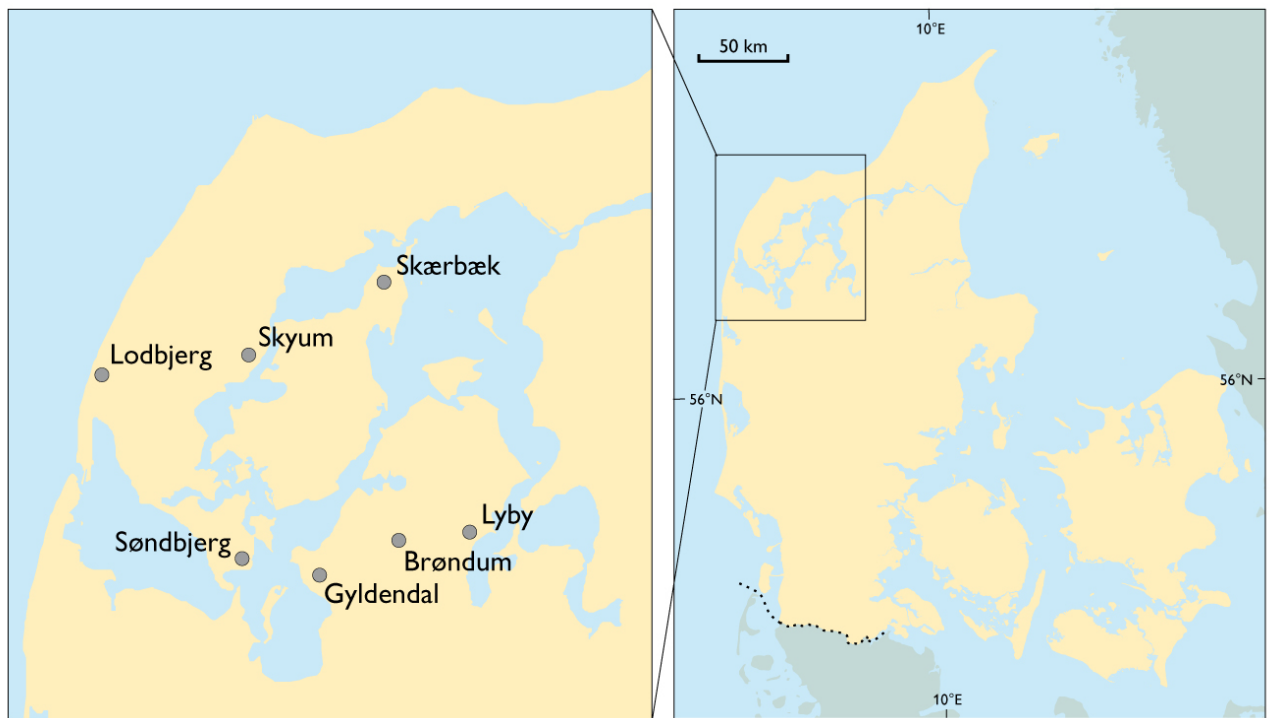


Fig. 1: Kort over limfjordsområdet med de miocæne lokaliteter.

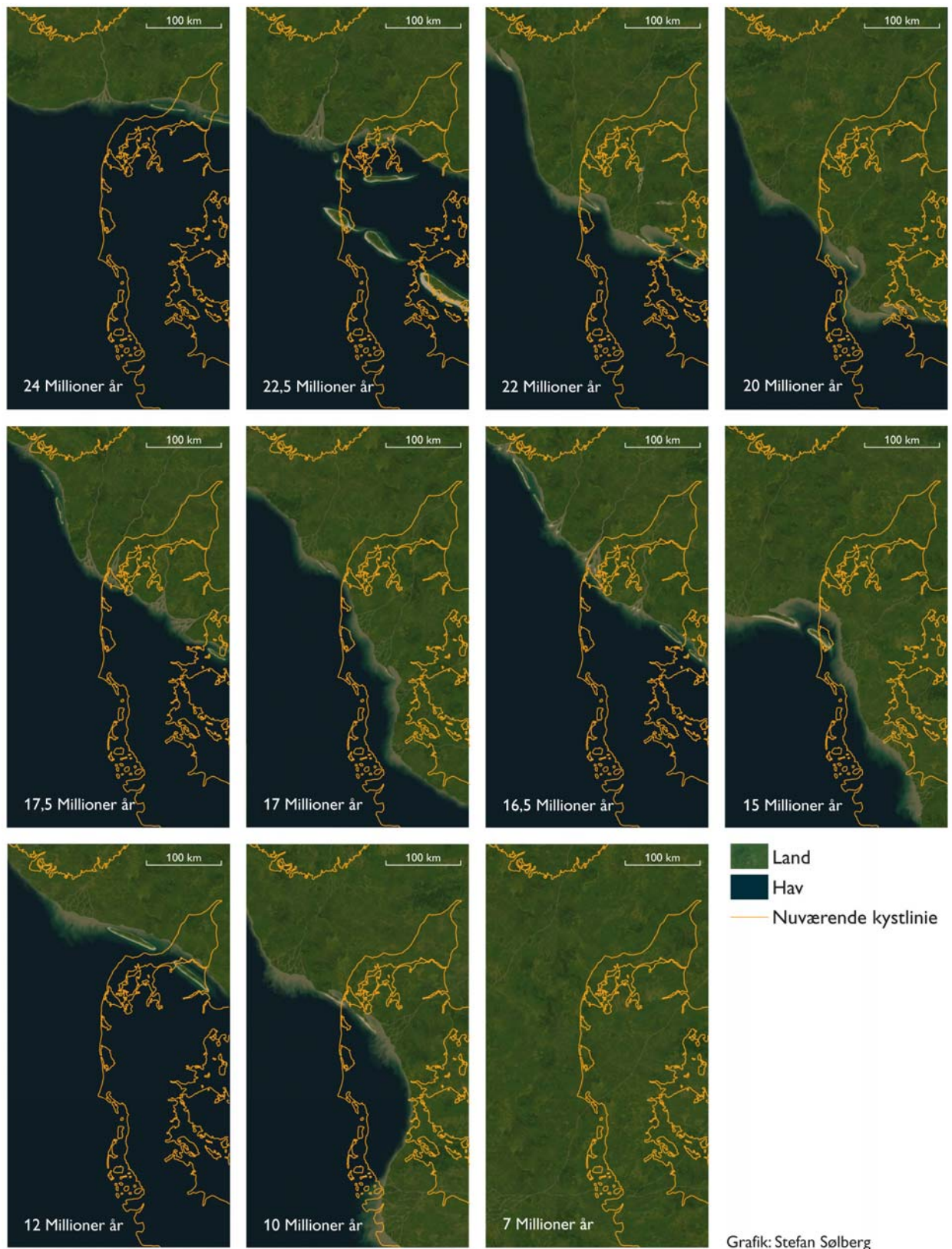


Fig. 2: Palæogeografisk udvikling af den østlige del af Nordsøen i Miocæn.

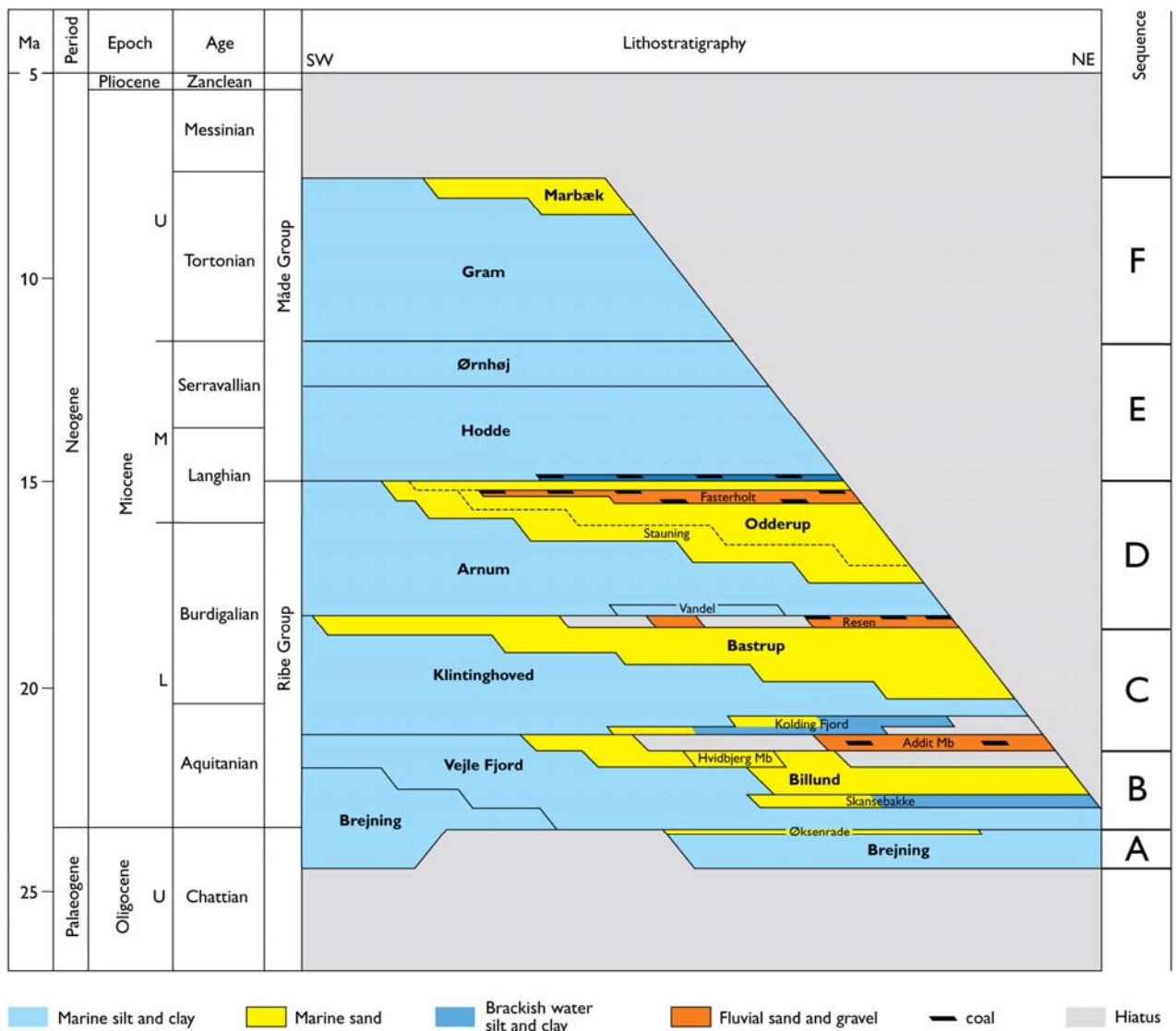


Fig. 3: Forslag til ny lithostratigrafi for den miocæne lagserie i Danmark.

SØNDBJERG

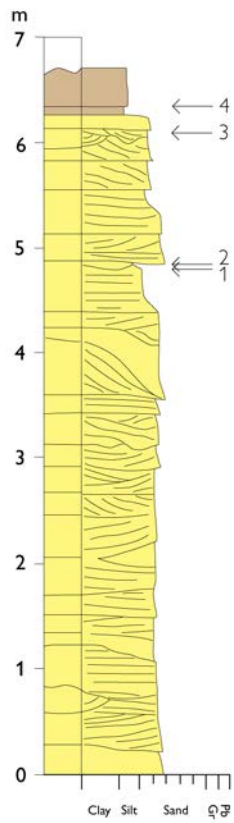


Fig.04

Fig. 4: Litologisk log af Søndbjerg. Pilene indikerer lokaliseringen af prøver til palynologi. For legende se figur 14.



Fig. 5: Fotografier af fra Søndbjerg blotningen: A) Hvidt sand domineret af sedimentstrukturer dannet af bølgebevægelser, B) Hvælvet krydslejret sandlag, C) Stormssandslag med bølgeribber på toppen. D) Hvælvede krydslejringer overlejret af mørkt ler.

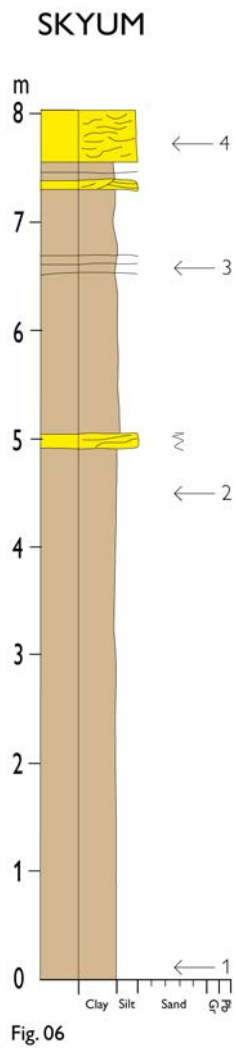


Fig. 6: Litologisk log fra Skyum. Pilene indikerer lokaliseringen af prøver til palynologi. For legende se figur 14.



Fig. 7: Fotografier fra Skyum blotningen. A) Mørkt ler. B) Lamineret sandlag med en skarp undergrænse. Bemærk sporadisk bioturbation. C) Hvælvet krydslejrning med bioturbation (sømus). D) Sandsten med hvælvet krydslejrning og bølgeribber. Bemærk at den øverste del af sandstenen er totalt bioturberet.

Gyldendal

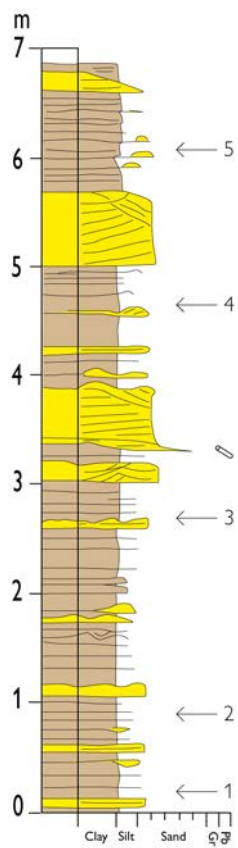


Fig. 08

Fig. 8: Litologisk log fra Gyldendal. Pilene indikerer lokaliseringen af prøver til palynologi. For legende se figur 14.

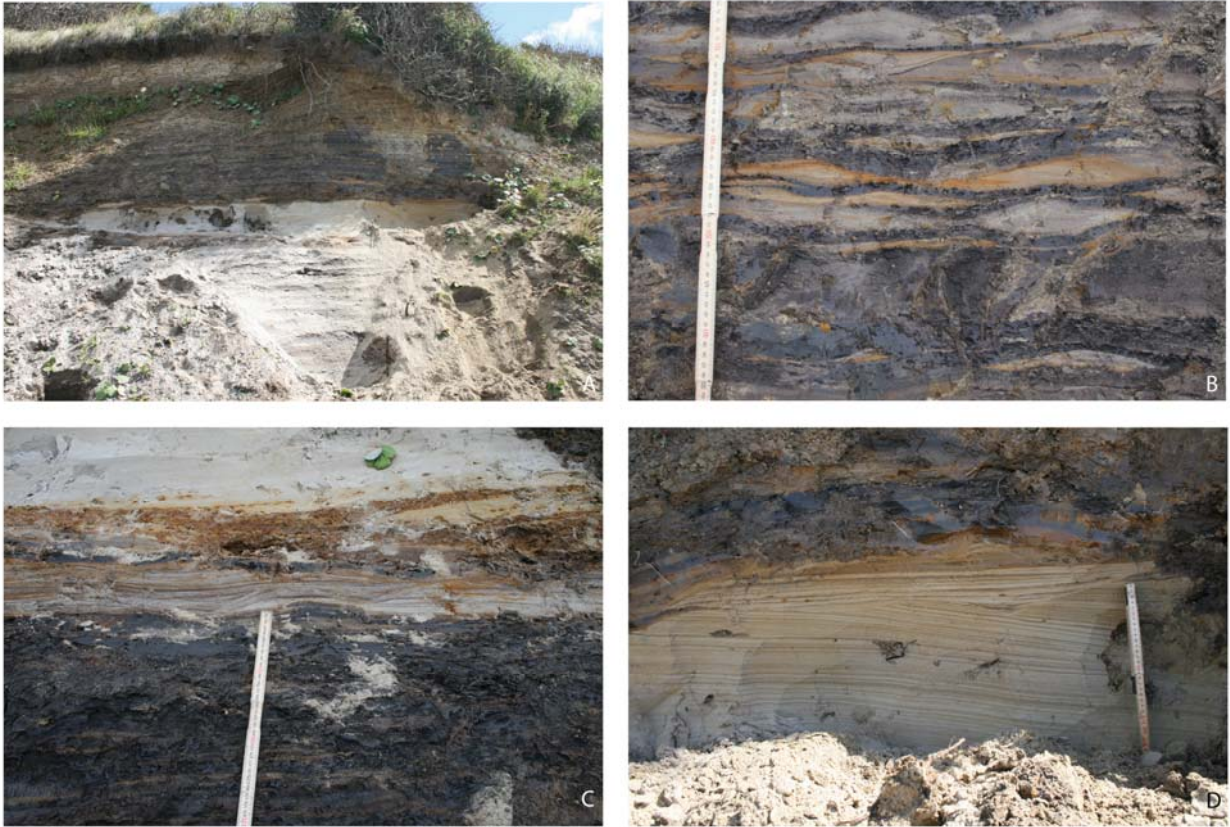


Fig. 9: Fotografier fra Gyldendal blotningen. A) Den sedimentære sektion der er blottet ved Gyldendal. B) Heterolitiske aflejringer fra den nederste del af blotningen. C) Mikro hvælvet krydslejring. D) Hvælvet krydslejring øverst i profilet.

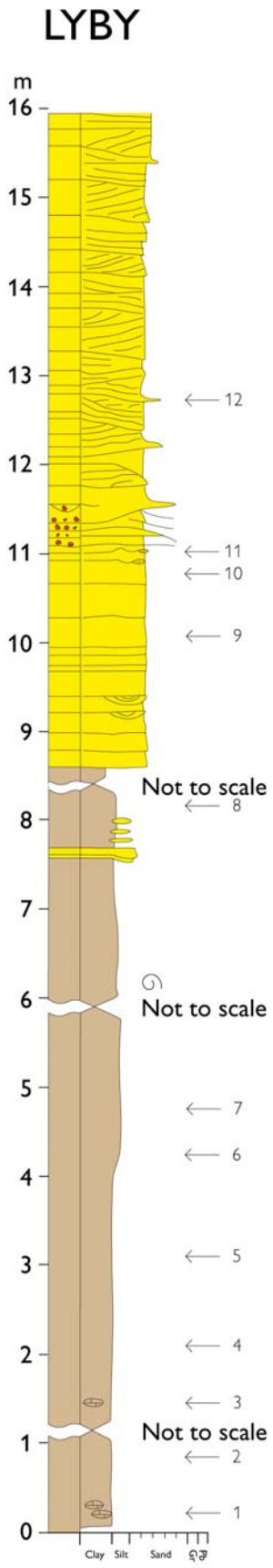


Fig. 10: Litologisk log fra Lyby. Pilene indikerer lokaliseringen af prøver til palynologi. For legende se figur 14.

Fig. 11

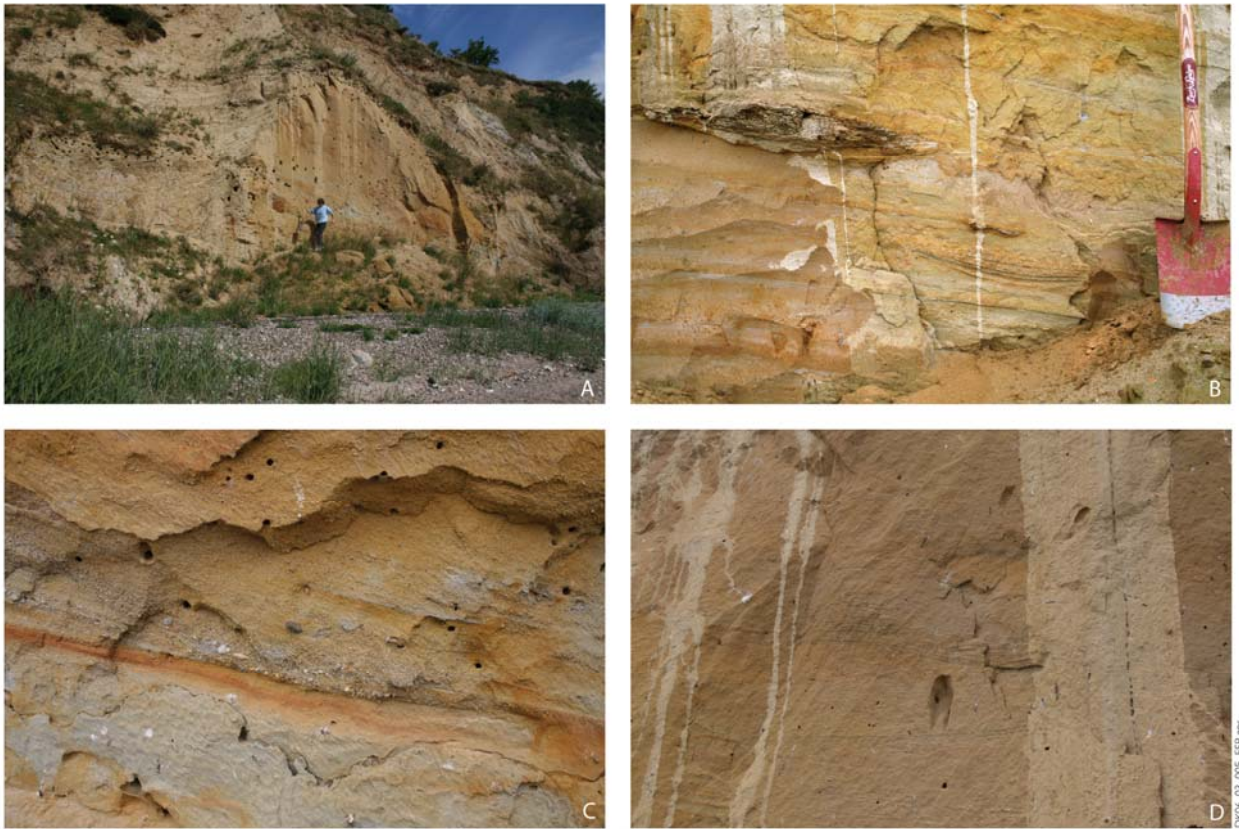


Fig. 11: Fotografier fra blotningen ved Lyby. A) Blotning af den sandede del af profilet. B) Nærbillede af sandlagene. Bemærk en "swaley" krydslejrning til venstre for spadehovedet. C) Skrålejret sand og grus. D) Hvælvede krydslejringer fra den øverste del af blotningen.

Fig. 12



Fig. 12 Fotografier fra Skærbæk (A–C) og Lodbjerg blotningerne. A) Den nedskredet blok ved Skærbæk. B) Heterolitiske lag formodentlig aflejret som tidevandsprægede hvælvede krydslejring. C) Hvælvet krydslejring. D) Strukturløse sedimenter blottet ved Lodbjerg.

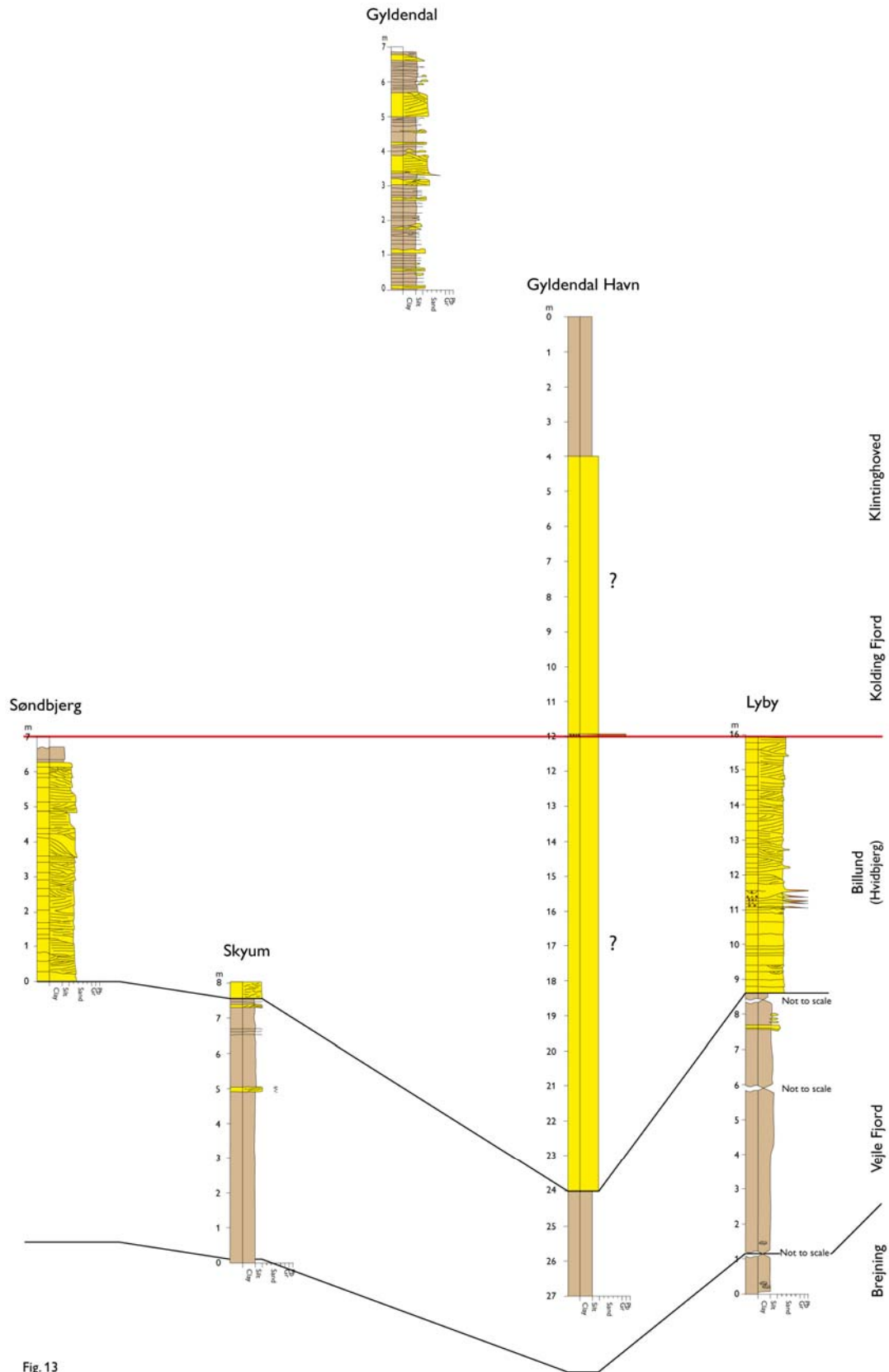


Fig. 13

Fig. 13: Korrelationspanel der viser korrelation af Søndbjerg, Skyum, Gyldendal (DGU 54.80) og Lyby samt boringen ved Gyldendal havn. For legende se figur 14.



Fig. 14

Fig. 14: Legende til de litologiske sektioner.