

Palæotidale processer i en mundingsbarre association fra den Nedre Jurassiske Galgeløkke Member, Bornholm

PETER TYGE



Tyge, P.: Palæotidale processer i en mundingsbarre association fra den Nedre Jurassiske Galgeløkke Member, Bornholm. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1987-1989*, side 37-40, København, 15. januar 1990.

The type locality of the L. Jurassic Galgeløkke Member, Bornholm in the southern Baltic Sea, is interpreted as sediments of a delta front mouth bar and associated intertidal flats. Analysis of lateral bundle thickness sequences within subtidal sandwaves suggests that the sequence was deposited in a semi-diurnal mesotidal environment with tidal ranges between 1.4 and 2.6 m at neap- and springtide respectively. Random water level deviations of up to 1.4 m superimposed on the tidal ranges may have been caused by storm and fluvial events. In a larger context the sequence is believed to have been located within a large tide-dominated delta once spread out over the aulacogenic Rønne Graben.

Peter Tyge, Institut for Almene Geologi, Øster Voldgade 10, 1350 København K. Nuværende adresse; Jord Teknik Aps, Buddingevej 211, 2860 Søborg. 2. februar 1989.

Galgeløkke klinten syd for Rønne på Bornholm, typelokaliteten for den Nedre Jurassiske Galgeløkke Member (Gravesen et al. 1982), har siden begyndelsen af 70'erne være betragtet som et unikt eksempel på fossile tidale aflejringer (Sellwood 1972), og har som sådan været refereret i flere internationale lære- og temabøger. Bygning af hofder sidst i 70'erne har i mellemtiden afskåret klinten fra direkte bølgeerosion, og blottingsgraden er desværre hastigt blevet mindre. Interessen for Galgeløkke Member er nu på ny øget, idet kulbrinte-eftersøgning i Rønne Gravens op til 5 km tykke aflejringer netop er sat igang. Etableringen af en detaljeret aflejringsmodel for Galgeløkke Member baseret på eksisterende landblotninger vil være en vigtig hjælp ved tolkningen af de N. Jurassiske sedimentter i Rønne Graven.

Galgeløkke Member opbygges af 2 facies associationer, nederst en subtidal mundingsbarre association, opbygget af en distal og en proximal facies. Herover følger en intertidal association, hvori der øverst forekommer tynde supratidale kullag.

Den distale mundingsbarre facies består af heterolitiske, 10-40 cm tykke, finsandede enheder markeret af en rytmisk variation mellem flaser og wavy laminerede partier ('superbundles'). Tykkelsen af enhederne og median kornstørrelsen af sandfraktionen øges gradvist op mod overgangen

til den proximale facies, samtidigt med at muddering og ribbeindex aftager. De enkelte enheder repræsenterer sedimentationen i en nip-springflods periode (14-15 døgn). Herudover afspejles springflodens størrelse under henholdsvis ny- og fuldmåne ved skiftevis tykke og tynde enheder.

Den proximale mundingsbarre facies består af storskala krydslejet, mellemkornet, heterolitisk sand med sæthøjder på op til 80 cm. Palæostrømmønstret er skævt bimodalt, og alle storskala bundformer viser mere eller mindre veludviklede tidale bundter (tidal bundles), hvorfor de bør benævnes 'sandwaves' (Allen 1980). Et tidalt bundt repræsenterer den mængde sand, der aflejres på læsiden af en bundform under asymmetriske tidale strømninger (flod- eller ebbedomineret) i løbet af en enkelt tidevandsperiode og indkapsles mellem to mudder draperinger afsat ved strømkæntring (Visser 1980). Tykkelsen af et tidalt bundt er således et mål for sedimenttransporten i én tidevandsperiode, hvilket åbner store muligheder for at estimere diverse palæotidale parametre.

Registreres den successive tykkelse af de tidale bundter i hver enkelt sandwave, opnås en tids-serie, som ved hjælp af Fourier analyse og digital filtrering kan danne baggrund for en detaljeret rekonstruktion af de palæotidale processer (Yang & Nio 1985, Tyge 1988).

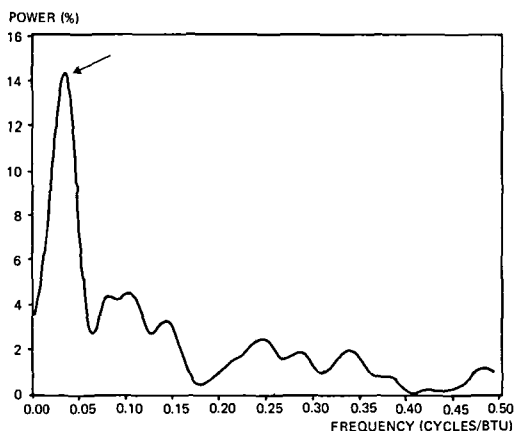


Fig. 1. Frekvens-spectrum på den i Fig. 2A viste tids-serie af tidale bundter. Den største top (ved pilen) angiver frekvensen for den dominerende periodicitet i tidsserien.

Power-spectrum of the tidal bundle sequence in fig. 2. The arrowed peak corresponds to the dominant periodicity in this time-series.

I alt 9 af de største sandwaves på typelokaliteten er blevet opmålt og deres tidsserier af tidale bundter analyseret. Resultaterne er her illustreret med den længste af tidsserierne, nemlig 80 tidale bundter aflejret over en horisontal afstand af 7.8 m, svarende til 40 dages sandwave migration (fig. 2A). De fleste af tidsserierne har en umiddelbart iøjefaldende cyklisk variation, men en yderligere analyse kræver en præcis kvantificering af denne variation.

Fourier analysen beskriver tidsseriens periodiske komponenter ved deres fase og frekvens. Af fig. 1 fremgår det bl.a., at et signal med en frekvens på 0.035 svingninger per BTU (bundle time unit, 12.4 timer) dominerer denne tidsserie. Omsat til bølgelængde svarer dette til 28.6 tidale bundter. Denne størrelse svarer til det antal aflejringshændelser, der må forventes i en komplet nip-springflods periode, i øjeblikket 28.5 bundter på 14.7 døgn.

Spredningen på antallet af tidale bundter, der indgår i en nipspringflods periode i de analyserede tidsserier (15–38 bundter), forekommer at være for stor til at kunne bekræfte den af astronomisk og palæontologisk vej beregnede bremsning af Jordens rotation, forårsaget af tidal friktion (Lambeck 1978).

For at separere tilfældig støj fra signalerne, er der udarbejdet tre digitale filtre, hvor de inter-

essante frekvenser er de af sol og måne styrede gravitative tidevandsbølger. De aktuelle frekvenser og faseforskydninger for hver tidsserie er bestemt ved Fourier analysen, og resultatet af de tre successive filtreringer er en opsplitning af tids-serien i 4 dele. To komponenter tilskrives henholdsvis den døgnlige ulighed og nip-springflods variationen, og to komponenter repræsenterer henholdsvis den aktuelle størrelse af bundformen og den tilfældige støj, som begge udviser tidevandssignalerne.

Tilstedeværelsen af en døgnlig ulighed, og hermed halvdøgntidevand (semidiurnalt), bekræftes ved en skiftevis positiv og negativ afvigelse fra en vægtet gennemsnitstykkelser i et 3-bundter bredt vindue (fig. 2B).

De variationer, filtreringen efterlader, er irregulært fordelt gennem hele tidsserien (fig. 2C). De omfatter aperiodiske hændelser, såsom vindstuvning, interferens mellem bundformer (især hvis mindre og hurtigere bundformer har vandret på stødsiden), fluvial påvirkning af tidevandet, og endelig fejl fra opmålingen af tidsserien.

Variation i tidevandets størrelse som følge af interferens mellem de gravitative kræfter i Jord-Måne-Sol systemet, nip- og springflod, var også af betydning i Nedre Jura (fig. 2D).

Under bundformens aktive udbygning i ca. 40 dage eller knap 3 nip-springflods perioder, øgede den gradvist sæthøjden og dermed tykkelsen af de tidale bundter (fig. 2E), for herefter brat at ende sin vandring markeret af en drapering af irregulært laminerede heteroliter. Forvrængningerne i begge ender af tidsserien skyldes selve filtreringsprocessen.

Hvorvidt denne filtrering har ført til et troværdigt resultat kan diskuteres. »Resultaterne er ene og alene en følge af de målte størrelser, som altid kun er fragmenter af den sandhed, der søges forstået« (Hoch 1987). I dette tilfælde skønnes det dog, at signal/støj-forholdet er på et sådant niveau, at yderligere slutninger heraf kan retfærdiggøres.

Filtreringen viser tykkelsesvariationen af de tidale bundter som en funktion af tidevandets forskellige komponenter. Ved brug af 'Error Propagation Law', en kinematisk sedimenttransportformel (Teyssen 1984), en sensitivitets-analyse, samt en skønnet aflejringsdybde, kan tidevandets størrelse og variation beregnes (Nio et al. 1983). Resultaterne af disse beregninger ses i tabel 1.

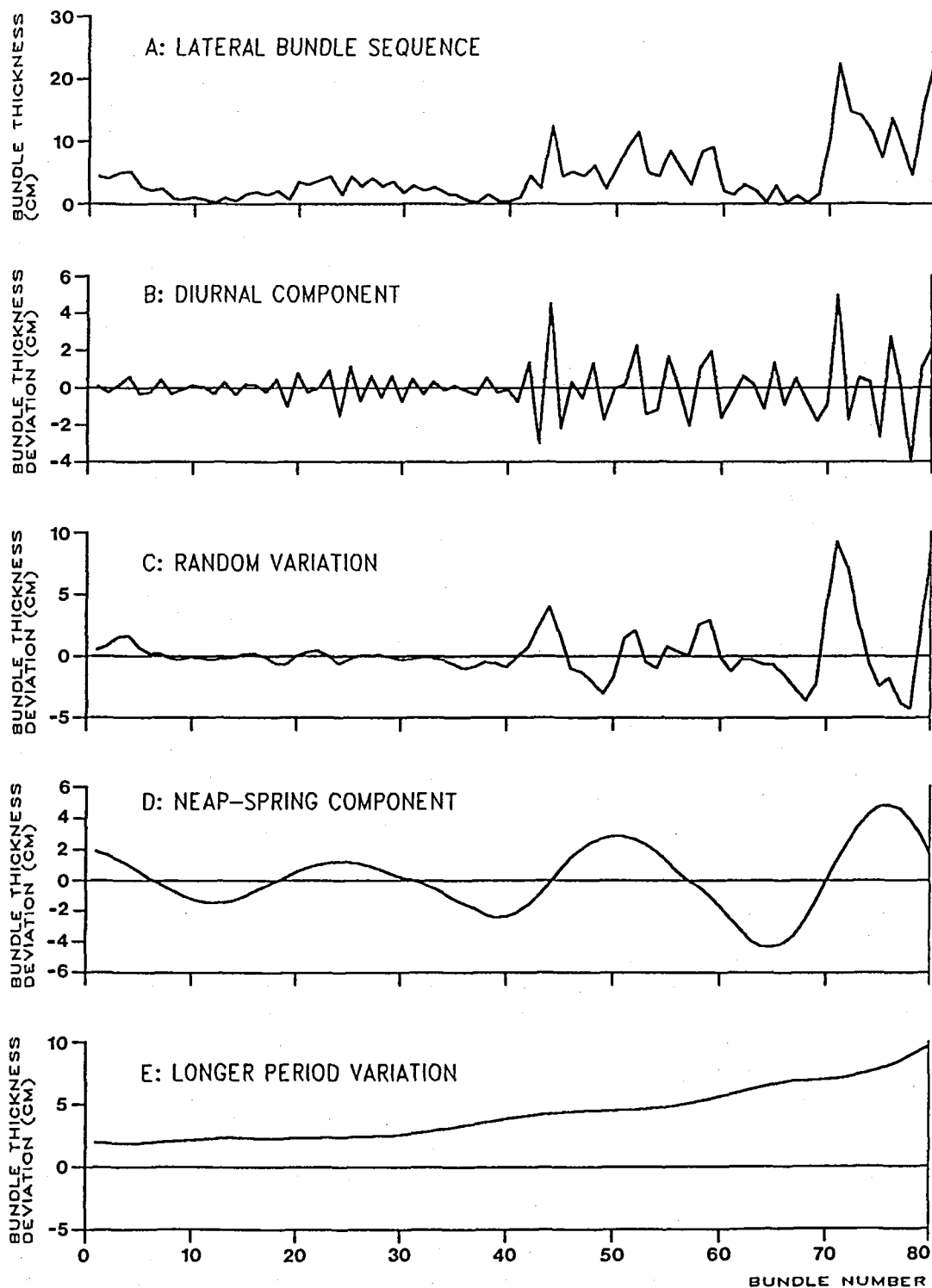


Fig. 2. Palæotidale komponenter (B: døgnlig ulighed, D: nip-springtid) og aperiodiske variationer (C: støj, E: langtids variationer) separeret ved filtrering af en tids-serie af tidale bundter (A) fra den Nedre Jurassiske Galgeløkke Member, Bornholm.

Palaeotidal components, random and longer-period variations derived from filtering analysis of a tidal bundle sequence from the Lower Jurassic Galgeløkke Member, Bornholm in the southern Baltic Sea.

OBSERVATIONER:		
gennemsnit af tidale bundt tykkelser	4.6	cm
gennemsnitshældning af forsæt	28.0°	
median kornstørrelse	1.5	φ
døgnlige komponents afvigelse	1.0	cm
nip-spring komponents afvigelse	4.0	cm
maksimal afvigelse på støj	9.8	cm
SKØNNEDE PARAMETRE:		
tidevandsperiodens varighed	12.4	hr
palæotidal hastighed (Teyssen 1984)	60	cm/s
friktionskoefficient	0.0547	
friktionshastighed	3.3	cm/s
overfladehastighed	74.7	cm/s
Froude tal	0.08	
sandwave sæthøjde	80	cm
vanddybde	600	cm
RESULTATER:		
niptids størrelse	142	cm
middel tidevandsstørrelse	200	cm
springtids størrelse	258	cm
semidiurnal amplitude	129	cm
diurnal amplitude	14	cm
nip-springtids amplitude	58	cm
maksimal støj amplitude	141	cm
F'-faktor	0.11	

Tabel 1. Observationer, skønnede parametre og estimerede palæotidale størrelser og variationer.

Original data, inferred parameters and estimated palaeotidal ranges and variations.

Aflejringen af sedimenterne på typelokaliteten for Galgeløkke Member forgik derfor halvdøgnsvis i et mesotidalt miljø, hvor tidevandets størrelse varierede mellem 1.4 og 2.6 m ved henholdsvis nip- og springflod. Aperiodiske vandstandsændringer på op til ± 1.4 m med 1–2 dages varighed forekom, tilkendegivet ved at et par usædvanligt tykke tidale bundter ofte efterfølges af flere usædvanligt tynde (Fig. 2C).

Mundingsbarre sekvensen er et produkt af både ebbe- og flodrettede subtidale sandwaves, hastigt pro- og aggraderende over den distale mundingsbarre-facies som består af rytmiske 'superbundles'. De blottede 6 m af den distale mundingsbarre-facies repræsenterer knap 10 måneders sedimentation, og dokumenterer herved en horisontal progradering på omkring 80 m per år, forudsat at den primære sedimentære hældning har været 5°. De beskrevne sedimentter efterlader derfor kun kort tids indtryk af sedimentationen i Nedre Jura på Bornholm.

Set i en større sammenhæng kunne typelokali-

teten være en del af deltafronten et større tidevands-påvirket delta, som muligvis dækkede store dele af Rønne Graven i Nedre Jura. Sådanne aulacogene bassiner bærer også i dag de store flodsystemer. En recent analog til deltafrontens sedimentære processer kunne være Mahakam deltaet på Borneos østkyst.

Et mesotidalt regime associeres oftest med barriereø kyster, en konfiguration, hvori de beskrevne sedimentter kunne placeres som et 'ebb tidal delta'. Der er dog ingen indicier for en sådan tolkning og ovennævnte aflejningsmodel fortrækkes derfor.

Tak

Denne artikel repræsenterer et kort uddrag af en specialeopgave, der er udført under vejledning af lektor Lars Clemmensen. For kritisk gennemlæsning af manuskriptet takkes Lars Clemmensen, Kaare Lund Rasmussen og Gunver K. Pedersen.

Litteratur

- Allen, J. R. L. 1980a: Sandwaves: a model of origin and internal structure. *Sediment. Geol.* 25, 281–328.
- Gravesen, P., Rolfe, F., Surlyk, F. 1982: Lithostratigraphy and sedimentary evolution of the Triassic, Jurassic and Lower Cretaceous of Bornholm, Denmark. *Danm. geol. Unders.*, Ser. B, 7, 51 pp.
- Hoch, E. 1987: Geologien som en del af vor kultur. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1986.* 75–78.
- Lambeck, K. 1978: The Earth's palaeorotation. In: P. Brosche and J. Sündemann (eds): *Tidal Friction and the Earth's Rotation*, 145–153. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- Nio, S. D., Siegenthaler, C. & Yang, C. S. 1983: Megaripple crossbedding as a tool for the reconstruction of the palaeohydraulics in a Holocene subtidal environment, SW. Netherlands. *Geol. Mijnbouw* 62, 499–510.
- Sellwood, B. W. 1972: Tidal-flat sedimentation in the Lower Jurassic of Bornholm, Denmark. *Palaeogeog. Palaeoclim. Palaeoecol.* 11, 93–106.
- Teyssen, T. 1984: Physical model and FORTRAN IV program to estimate paleotidal flow velocities from features of sand waves. *Computers & Geosciences* 10(2–3), 237–244.
- Tyge, P. 1988: *Sedimentary facies and depositional environment, Galgeløkke Member, L. Jurassic, Bornholm*. Unpubl. specialeopgave, Inst. Almen Geol., Københavns Universitet, 118 pp.
- Visser, M. J. 1980: Neap-spring cycles reflected in Holocene subtidal large-scale bedform deposits: a preliminary note. *Geology* 8, 543–546.
- Yang, C. & Nio, S. 1985: The estimation of palaeohydrodynamic processes from subtidal deposits using time series analysis methods. *Sedimentology* 32, 41–57.