

Læsøs Postglaciale udvikling i relation til den Fennoskandiske Randzone

JENS MORTEN HANSEN



Hansen, J. M.: Læsøs Postglaciale udvikling i relation til den Fennoskandiske Randzone. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1979*, side 23–30, København, 18. januar 1980.

In a previous work a remarkable alternation between intertidal (pseudo-tidal) and subtidal sediments has been demonstrated. This alternation indicates several periods of sudden isostatic/tectonical uplift of the area while it was still a shoal.

Topographical studies of the islands surface, utilizing a new method, show that the island is composed of 8 shore-terraces separated by minor abandoned sea-cliffs. The shore-terraces show a general accumulated tilting towards SW. However, when comparing the individual shore-terraces it can be shown, that at least three shorelines initially have been tilted towards NE, which is in opposition to all other measured tilting directions of old shorelines in Denmark as well as at the Swedish West Coast.

This feature is most probably explained by neo-tectonical movements in the Fennoscandian Border Zone. On the basis of a hypothetical isostatic/tectonical curve including sudden uplifts and NE-wards tilting of the island during Postglacial time the sedimentology and depositional water-depths of the sediments forming the entire island is much easier explained.

Jens Morten Hansen, Danmarks Geologiske Undersøgelse, Thoravej 31, DK-2400 København NV, 7. oktober 1979.

I et tidligere arbejde over Læsøs geologi (Hansen, 1977) påvistes en ejendommelig vekslen mellem lag dannet på ganske lavt vand og lag dannet på mindst 6 m vand. Dette afspejles dels i de rent fysiske sedimentstrukturer, dels i biogene sedimentstrukturer. Således kan der i klinterne langs Læsøs nordkyst iagttages 3 horisonter, hvor de fysiske sedimentstrukturer fuldstændig domineres af småribber og vandret lamination, og hvor de biogene sedimentstrukturer helt domineres af gravengange efter sømuseen *Echinocardium cordatum*. Disse 3 horisonter omgives af lag, hvor de fysiske sedimentstrukturer helt domineres af storribber, og hvor den dominerende biogene sedimentstruktur er trage dannet af sandormen *Arenicola marina*. Hertil kommer, at de storribbede lag viser en række uregelmæssige erosionsflader, som ved sammenligning med de recente pseudo-titale flader syd for Læsø kan tolkes som dannet ved partiel erosion af algesammenkittede sandflader, såkaldte algemåtter.

Ud fra disse iagttagelser kan det konkluderes, at dele af Læsø i sine ældre Postglaciale udviklingstrin (banke-stadiet) udgjorde et til tider meget lavvandet område med vanddybder omkring 0 m, til andre tider udgjorde et mere dybvandet

område med vanddybder på mindst 6 m. Dette støttes især af kendskabet til sandormens og sømusens forskellige krav til vanddybden.

Disse ret drastiske ændringer i vanddybden synes ikke umiddelbart at kunne korreleres med tilsvarende forskydninger af strandniveaet i hverken Vendsyssel eller Sverige, især fordi kortvarige regressioner på mere end 6 meter langt overskrider størrelsen af de regressioner, som er beskrevet fra Kattegat (jvf. Mörrner, 1969).

Da sådanne niveauforskelle ikke alene kan tilskrives eustasien, må der nødvendigvis være tale om, at Læsø har fulgt et andet isostatisk hævningsmønster end både Vendsyssel og den svenske vestkyst.

Nye undersøgelser

For at kaste mere lys over de nævnte forhold er der derfor fremstillet en relativ strandniveauforskydningskurve fra den første transgression af området til den nuværende strandlinie. Dette arbejde må nødvendigvis falde i to faser, hvoraf den første må beskæftige sig med strandniveauerne i øens *banke-stadium*, som kan studeres i klinterne på nordkysten, mens den anden må beskæftige sig

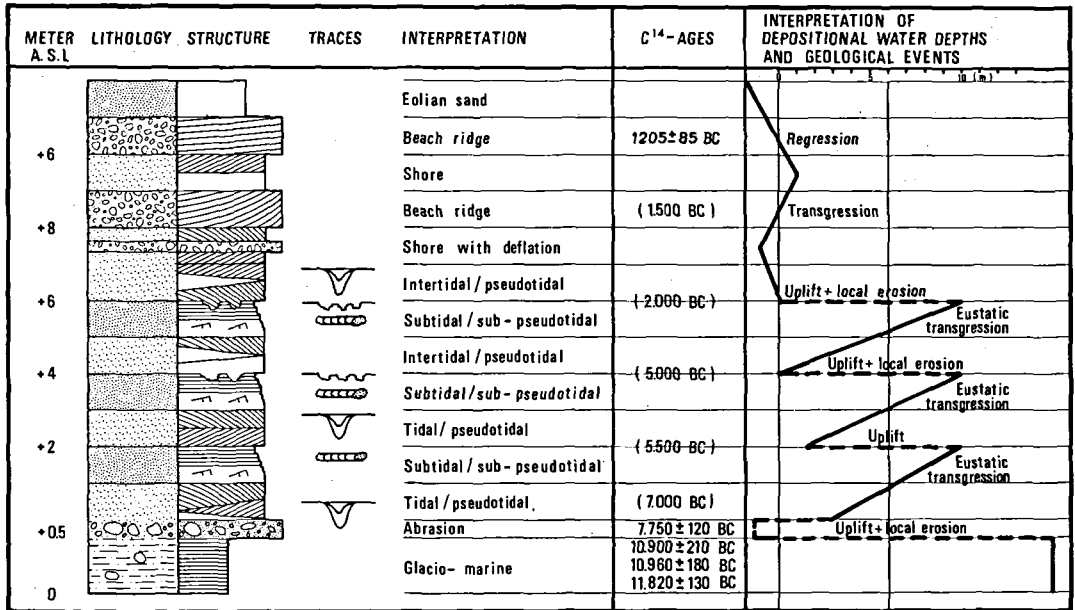


Fig. 1A. Generaliseret sedimentologisk profil af klinerne langs Læsøs nordkyst. For tolkning se Hansen (1977). Kulstof-14 aldrene i parentes angiver værdier, som fejlagtigt er skønnet ud fra den eustatiske kurve i fig. 1B (Læsø efterskrift).

Generalized sedimentological section of the cliffs along the northern coast of Læsø. For interpretation see Hansen (1977). Radiocarbon-ages in brackets are erroneously obtained from the eustatic curve in fig. 1B. (Read »Efterskrift«).

med øens \emptyset -stadium, som kan studeres topografisk.

Banke-stadiet

Strandniveauforskydningskurven for banke-stadiet (fig. 1) er konstrueret på basis af et generaliseret profil over klinerne på nordkysten (jvf. Hansen, 1977), idet der er taget hensyn til såvel fysiske som biogene sedimentstrukturer, kornstørrelser og lagenes højde over det nuværende strandniveau. Strandforskydningskurven for banke-stadiet antyder således, at der har været en række gradvise transgressioner afbrudt af abrupte regressioner.

\emptyset -stadiet

For at konstruere en strandforskydningskurve for \emptyset -stadiet er det nærliggende at benytte de gamle strandlinier (fig. 2), således som de fremgår af øens topografi. Imidlertid kræves der en præcision, som ikke umiddelbart fremgår af det eksisterende kortmateriales kurvebillede. Der er derfor udarbejdet en metode, som udnytter de mange kotepunkter på målebordsbladene, idet disse er angivet med 1 fods nøjagtighed. Metoden kombi-

nerer de fra luftfotografier udtegnede gamle strandlinier (fig. 2) med målebordsbladenes kotepunkter.

Metoden har til hensigt på forskellige steder at fremstille et så præcist profil som muligt over øens højdeforhold. Dette kan gøres ved, at man i en passende omegn omkring den ønskede profil-linie indtegner de gamle strandlinier (fig. 3). Parallelt med disse projiceres derefter kotepunkterne ind på profillinien. Herved opnår man en forholdsvis stor punktmængde, som med mindre end 1 fods unøjagtighed beskriver den marine flades højdeforhold i profillinien omegn.

Ud fra det eksisterende kortmateriale har det således været muligt at konstruere 4 profiler (fig. 4) med et rimeligt overlap fra forskellige dele af Læsø. To af disse er kontrolleret med nivelemeter. Et slående træk ved disse profillinier er, at Læsø synes at kunne opdeles i 8 strandterrasser (A-H) adskilt af mere eller mindre markante skråninger. Disse skråninger, som en række steder er udviklet som gamle kystkliner med en højde på over en meter (Hansen, 1977), synes ved den omtalte metode, at kunne skelnes selv hvor højden næppe overskrider 50 cm.

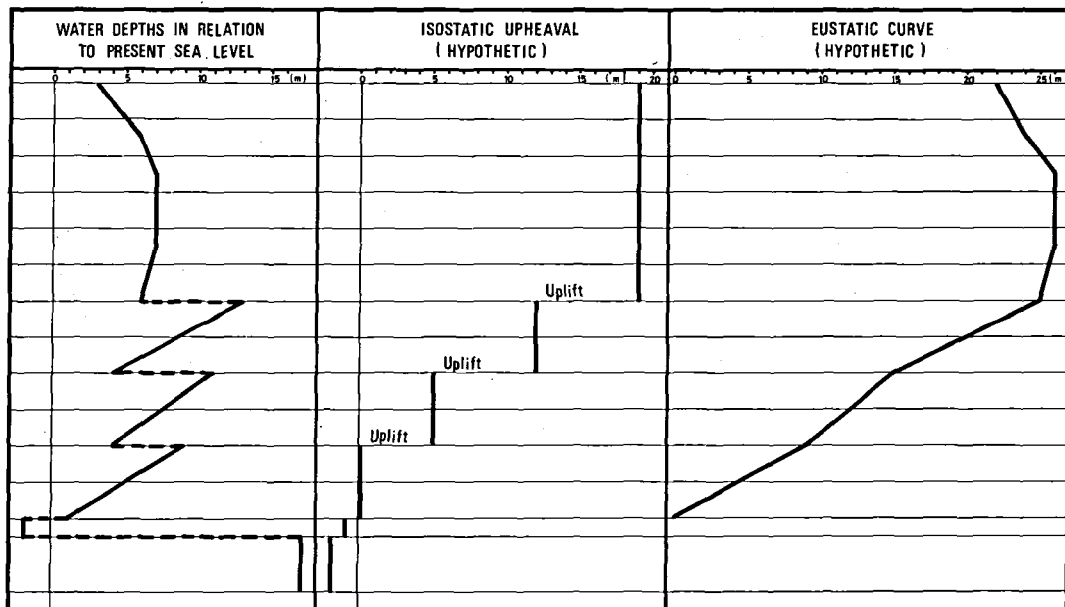


Fig. 1B. Fortsættelse af fig. 1A. Vanddybden i forhold til nuværende havniveau er beregnet ud fra kurven over sedimentationsdybden i fig. 1A og angiver en inverteret strandniveauafskydningskurve. Ud fra den antagelse, at hævnningen har været springvis fremkommer en hypotetisk isostatisk/tektonisk kurve, som ved addition med den inverterede strandforskydningskurve giver en hypotetisk eustatisk kurve. Ud fra denne eustatiske kurve og ved sammenligning med Mörners (1969) eustatiske kurve er aldrene (fig. 1A) anslået.

Continuation of fig. 1A. Water depths in relation to present sea level are calculated from the curve of depositional water depths in fig. 1A, giving rise to an inverted shorelevel displacement curve. In the middle a hypothetical isostatic/tektonical curve based on the assumption that the upheaval has been stepwise. The eustatic curve is obtained by addition of the inverted shorelevel displacement curve and the hypothetical isostatic curve. By comparison of this curve and the eustatic curve of Möerner (1969) the ages in fig. 1A have been estimated.

Strandterrasserne i sig selv har en meget ensartet udformning for den enkelte terrasse i hele sin udstrækning, idet deres hældning ud mod havet er omtrent ens fra sted til sted. Derimod viser det sig, at den enkelte terrasse ikke ligger i samme højde fra sted til sted (Tabel I), idet højden generelt tiltager mod NØ. Dette svarer udmærket

til forestillingen om, at den Postglaciale landhævning er størst mod NØ og mindst mod SV (Mertz, 1924).

Denne tipning af strandlinierne, som generelt er det eneste konkrete holdepunkt for en sondring mellem eustasi og isostasi (Mörner, 1969), lader sig udtrykke i tal (Tabel II). Her er valgt at

Tabel I: Tabel over strandterrassernes højdeforhold (i meter). tallene angiver punktsværmens over- og underkant (upper/lower) ved de enkelte terrassers (A-H) inder og yderkant (inner/outer). For placering af de enkelte profiler se fig. 2.

Heights of shore-terraces (meter). Numbers refer to the upper and lower limit of the terraces at the inner and outer margin of the terraces (A-H). For location of the sections see fig. 2.

TERRACE	SECTION I				SECTION II				SECTION III				SECTION IV				
	INNER		OUTER		INNER		OUTER		INNER		OUTER		INNER		OUTER		
	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	
A	12.2	10.3	11.4	9.7													
B	8.3	7.4	7.4	6.2	7.9	7.4	7.2	6.2			6.6	6.1					
C					6.4	5.4	5.3	4.5	6.1	5.3					6.5	5.4	
D					4.5	3.4	4.2	3.4						5.8	4.5	5.0	3.7
E					3.7	2.5	3.7	2.5			3.8	2.7		4.4	3.5	4.4	3.5
F					3.0	(1.8)			3.1	2.7	2.3	1.6	3.7	2.6	2.0	1.5	
G									1.9	1.0	1.9	1.0	2.0	1.3	1.6	1.0	
H							0	0	1.4	1.0	0	0	1.0		0	0	

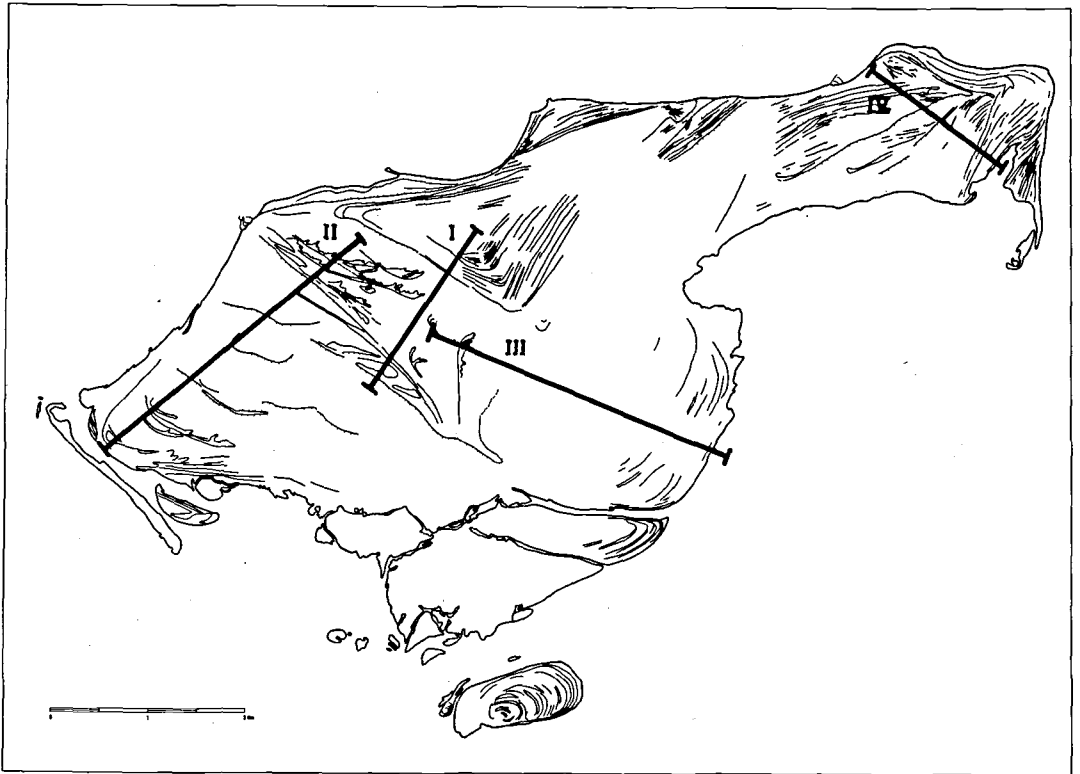


Fig. 2. Kort over Læsøs strandvolde o.l. Tegnet af Niels Just (1978) på basis af luf fotografier; sammenlign med mit eget kort (Hansen, 1977: fig. 1). Placeringen af topografiske profiler angivet.

Map showing beach ridges etc. on Læsø. Drawn by Niels Just (1978) on the basis of aerial photographs: compare with my own map (Hansen, 1977: fig. 1). Position of topographical sections indicated.

Tabel II: Tabel visende de enkelte strandterrassers yder- og inderkanters gennemsnitlige højde i profil II, III og IV. På basis heraf er de enkelte strandliniers gradient udregnet i forhold til en NØ-SV gående linie. C₀-strandliniens højde i profil IV og dens hældning til forskellige tidspunkter er ligeledes beregnet.

Average heights of the inner and outer limits of shoreterraces in topographical section II, III and IV. On the basis of these heights the gradient of the individual shorelines are calculated in relation to a NE-SW striking line. The height of the C₀-shoreline and the tilting of it is calculated with reference to different points of time.

	Shore-terraces	Section II Height in meter	Section III Height in meter	Section IV Height in meter	Difference in mm	Distance in kilometers	Gradients of Shorelines (ppm) mm/km	Elevation of Co- Shoreline at different stages	Gradient of Co- Shoreline at different stages
C	INNER	5.90	5.70						
	OUTER	4.90		5.95	1015	5.0	203	0	0
D	INNER	3.95		5.15	1020	5.0	204	0.80	-1
	OUTER	3.80		4.35	505	6.0	84	1.65	120
E	INNER	3.10		3.95	850	6.0	142	2.00	61
	OUTER	3.10	3.25	3.95	850/700	6.5-4.75	131/147	2.00	72/56
F	INNER	2.40	2.90	3.15	750/250	4.75-6.75	111/53	2.80	92/150
	OUTER		1.95	1.75	-200	4.75	-42	4.20	245
G	INNER		1.45	1.65	200	4.75	42	4.30	161
	OUTER		1.45	1.30	150	4.75	32	4.65	171
H	INNER		1.20	1.00	-200	4.75	-42	4.95	245
	OUTER		0	0	0	4.75	0	5.95	203

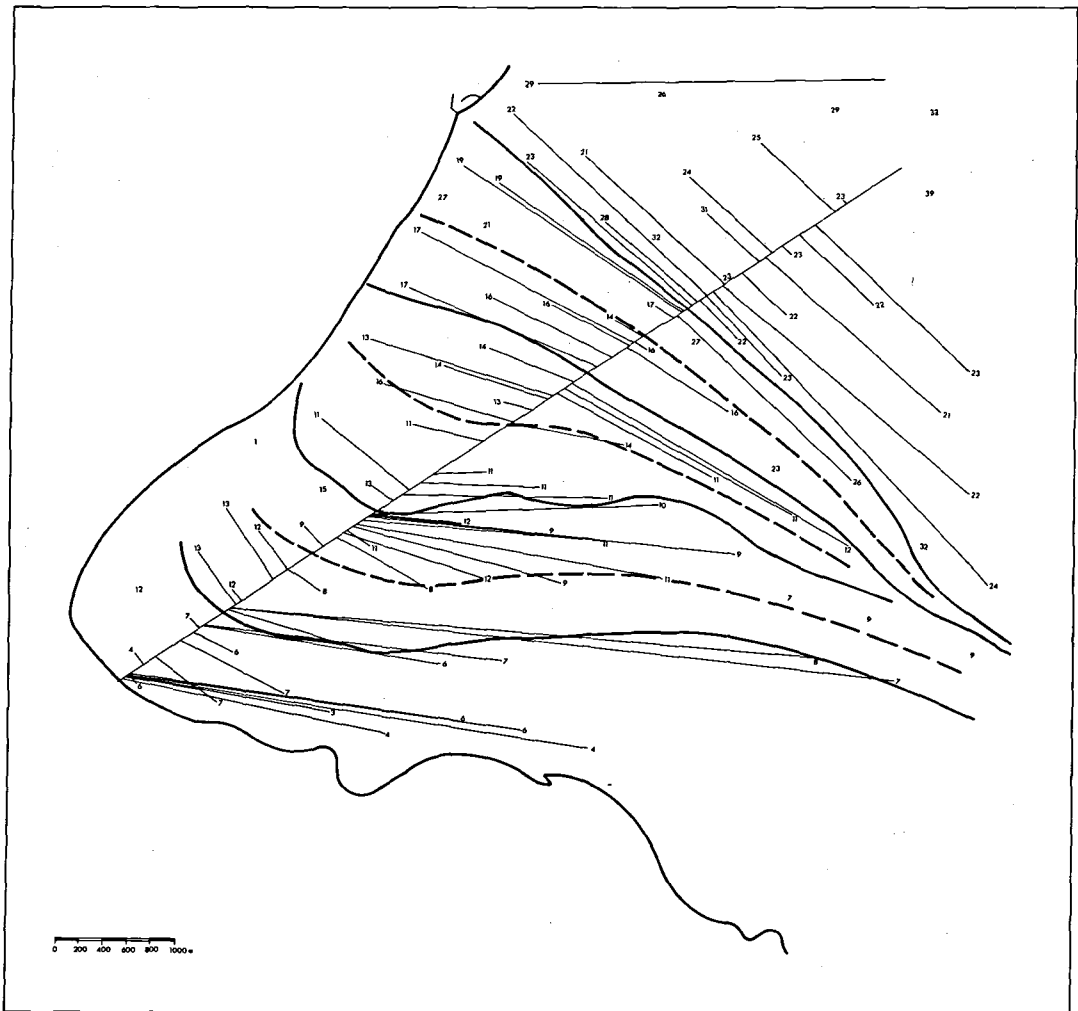


Fig. 3. Eksempel på den anvendte metode til fremstilling af topografiske profiler. Tallene angiver kotepunkter (fod). Parallelt med strandlinierne er disse projiceret ind på den ønskede profilinie.

Example on the method used for calculation of topographical profiles. Numbers refer to fixed levels (Danish feet). Parallel with the shorelines the fixed levels have been projected on the section wanted.

arbejde med ppm (= mm/km). Ud fra den akkumulerede tippning, som afspejles i de gamle strandliniers nuværende stilling, kan man beregne de enkelte strandliniers tippning fra tid til anden (fig. 5, 6 og Tabel II). Dette gøres simplest ved at definere en række tidspunkter svarende til de enkelte strandterrassers inder- og yderkant.

Den ældste strandlinie, som kan erkendes i områder med tilstrækkelig stor afstand for en rimeligt sikker gradientberegning, er strandterrasse C's yderkant, i det følgende benævnt som C₀-linien. I fig. 6 er vist, hvordan denne strandli-

nie er tippet gennem tiderne. Dette er beregnet ved tilbageregning fra den nuværende strandlinie via stadig ældre strandliniers stilling. Heraf fremgår det, at C₀-linien ikke mindre end 3 (-4) gange er tippet mod NØ, selv om den fremherskende tipperetning har været mod SV, således som er tilfældet med stort set alle andre indmålte strandlinier i Danmark og det vestlige Sverige. De 3 »forkerte« tippinger må uvægerligt betyde, at en forstyrrende faktor har grebet ind i det almindelige isostatisk hævningens mønster.

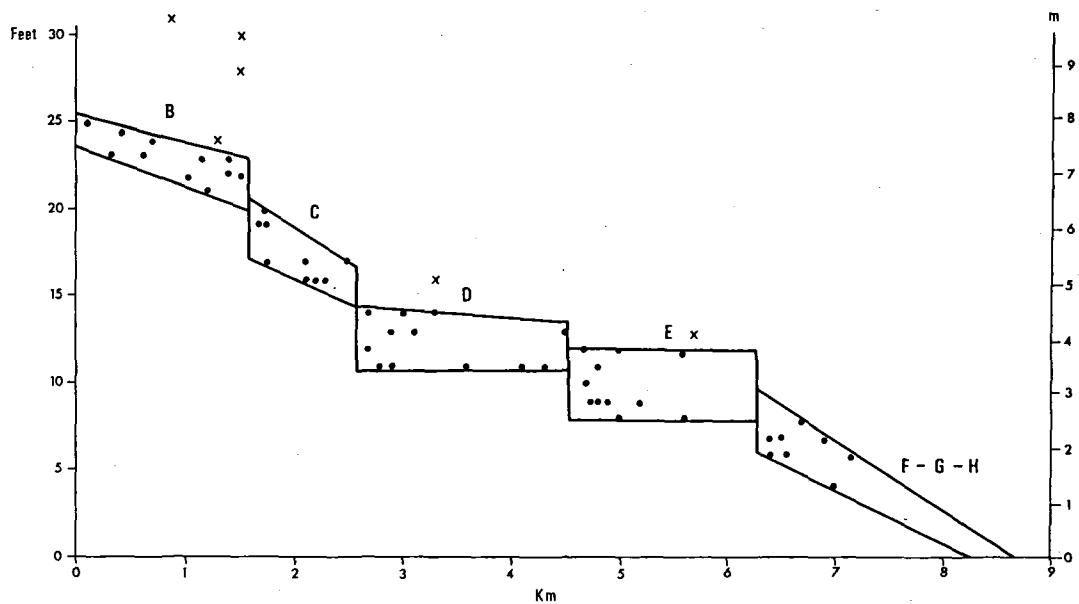


Fig. 4. Eksempel på topografisk profil opnået ved projicering af kotepunkter ind på profillinien parallelt med strandlinierne.

Eksempler on topographical section obtained by projection of fixed levels on the section line parallel with old shorelines.

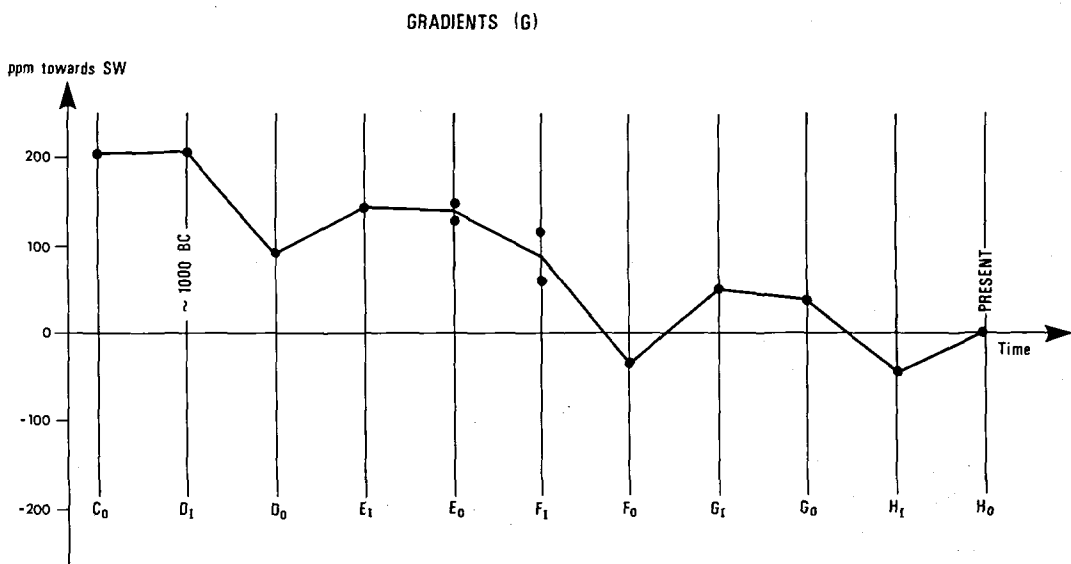


Fig. 5. Gradienten af forskellige strandlinier (strandterrasser), idet disse er beregnet på basis af strandterrassernes yder- og inderkanters højde i forskellige topografiske profiler. Gradienten er angivet i parts per million (ppm; mm/km) i forhold til en NØ-SV gående linie.

Gradients of different shorelines (shore-terraces) calculated on the basis of the levels of the outer and inner limits of the terraces in different topographical sections. Gradients measured in parts per million (ppm; mm/km) in relation to a NE-SW striking line.

CHANGE IN C_0 -SHORELINE GRADIENT (ΔG) -
VELOCITY OF GRADIENT CHANGE (dG)---

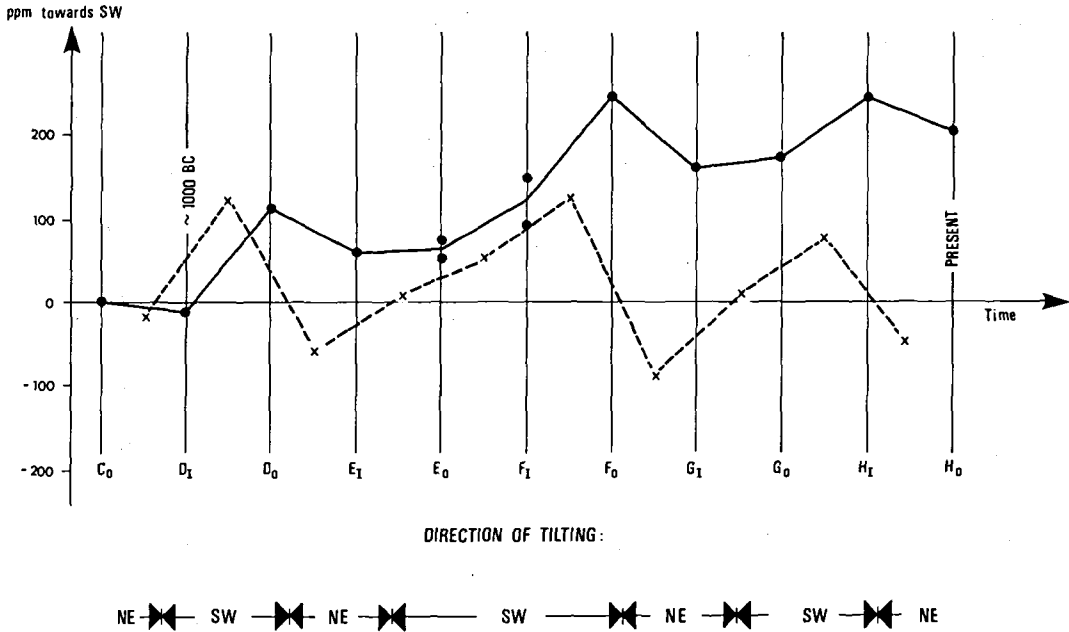


Fig. 6. C_0 -strandliniens gradient til forskellige tider. Som tidspunkter er anvendt andre strandlinier, hvis orden er kendt. Den stiplede linie giver et mål for den hastighed, hvormed gradienten har ændret sig, idet hvert tidsinterval gennemsnitligt svarer til 330 år. Gradientens ændringshastighed er derfor angivet som ppm/330 år, svarende til mm/km/330 år. De største ændringshastigheder ligger således på godt 0.6 mm/km/år.

Gradient of the C_0 -shoreline to different times. Other shorelines are used as points of time. Dashed line shows the velocity of gradient change calculated from the average time-interval between the shorelines (330 years). Therefore the velocity of gradient change is expressed as ppm/330 years, corresponding to mm/km/330 years. Thus the largest values are more than 0.6 mm/km/year.

Diskussion

Det er nærliggende at antage, at den Fennoskandiske Randzone har påvirket de isostatisk bevægelser på Læsø i Postglacial tid. Geofysiske undersøgelser i det nordlige Kattegat viser da også en forbløffende overensstemmelse mellem havbundens højdeforhold og dybtgående forkastninger. Her skal især nævnes den 10–40 m høje skrænt mellem de pseudo-tidale flader S for Læsø og Læsø Rende mod vest og den ca. 20 m høje skrænt mellem de pseudo-tidale flader og Østerrenden mod øst. Begge disse skrænter stryger omtrent NV–SØ og afgrænser ligeledes de lavvandede områder N for Anholt, hvorfra de fortaber sig ned mod Kullen.

På basis af disse observationer er det derfor fristende at postulere en isostatisk kurve for Læ-

sø, som springvis snarere end gradvis beskriver den isostatisk/tektoniske hævnning af området. M.h.t. banke-stadiet giver dette en simpel forklaring på den tilsyneladende paradoxale vekslen mellem dyb- og lavvandsfaunaer, da det formodes, at banke-stadiet fandt sted i en periode med kraftig eustatisk transgression. For hver hævnning af havbunden blev den eustatiske transgression, så at sige indhentet af isostasien/tektonikken. Dette vil i et sedimentologisk profil (jvf. fig. 1) vise en gradvis transgression efterfulgt af en abrupt regression, sådan som tilfældet er i klinterne på nordkysten af Læsø. Ved sammenstilling af strandniveauforskydningskurven og den isostatisk/tektoniske kurve fremkommer en eustatisk kurve (fig. 1B), som beskriver en eustatisk

transgression på ca. 26 m. Ifølge Mörner (1969) fandt en sådan eustatisk transgression sted fra ca. 7.000 f.Kr. til ca. 2.000 f.Kr., hvilket således giver en mulig datering af banke-stadiet.

(Foredrag i Dansk Geologisk Forening, 20. april 1979, Århus)

Efterskrift

Efter afholdelsen af dette foredrag er der fremkommet to væsentlige nye C-14 dateringer, idet der under det marine sand i klinten ved Bansten Bakke (cf. Hansen, 1977) er fundet to daterbare faunaer. Den ene fauna udgøres hovedsagelig af *Balanus crenatus* og *Balanus balanus* og er dateret til 1040 ± 80 f.Kr. i C-14 år (kalibreret efter Clark, 1975: 1305 f.Kr., K-3222, DGU 936). Denne fauna, som er fundet i kote ca. +0,5 m, enkrusterer oversiden af stenene i et ca. 60 cm tykt abrasionskonglomerat over det yngre Yoldialer og overlejres af indtil 8 m marint sand, som igen eroderes (overlejres) af strandvolde.

Den anden fauna består hovedsagelig af *Mytilus edulis* og er dateret til 1070 ± 75 f.Kr. i C-14 år (kal.: 1345 f.Kr., K-3223, DGU 937). Dateringen er foretaget på dobbeltskallede individer af *Mytilus*. Faunaen findes i et 10 cm tykt lag umiddelbart over *Balanus*-faunaen og overlejres ligeledes af indtil 8 m marint sand. Strandvolde, som overlejrer og eroderer sig ind i det marine sand kan følges til Byrum, hvor en kaskelothval tidligere er dateret til 970 ± 85 f.Kr. i C-14 år (kal.: 1205 f.Kr., K-2576, DGU 742). Dette betyder, at hele den forholdsvis tykke sandserie i den østlige del af Læsøs »gamle« kærne er aflejret indenfor et meget snævert tidsrum på højst ca. 300 år, og at disse aflejringer er hævet betydeligt mere, end man skulle forvente ud fra en traditionel omfattelse af de isostatiske bevægelser i Nordjylland. Disse aldre kan således ikke forklares uden at antage, at der i området har været betydelig tektonisk aktivitet.

Hertil melder sig det faktum, at der omtrent midt på den »gamle« kærne over det marine sand

er fundet og dateret en gytje. Alderen herpå er 1400 ± 100 f.Kr. i C-14 år (kal.: 1710 f.Kr., K-1696, DGU 432), altså samtidig med eller ældre end skallerne under det marine sand længere mod NØ. Dette må betyde, at sandet i den »gamle« kærne består af mindst to helt forskellige aflejringer, således at den centrale del er ældre end den nordøstlige del. De to aflejringer synes adskilt af en hiatus, nemlig mellem dannelsen af gytjen og indtil Læsøs nordøstlige del (atter) transgredes omkring 1345 f.Kr. Intet tyder på, at den ældste (sydvestlige) del af den gamle kærne atter blev transgredet, idet man herfra har (ukalibrerede) tørvedateringer indtil 730 år f.Kr. Desuden er der i dette område fundet stenalderredskaber. Derimod viser sedimentologien i klinterne ved Bansten Bakke, at strandlinien omkring 1345 f.Kr. her lå 1–2 m over den nuværende strandlinie, hvorefter strandlinien kortvarigt har ligget mindst 9.5 m over nuværende strandniveau. Derefter er strandlinien forskudt til kote 7 m og derunder omkring 1205 år f.Kr.

Dette kan lettest forklares som resultatet af en endnu kraftigere tipning end antydnet i foredraget af Læsø mod nordøst i en kort periode omkring år 1345 f.Kr.

Tak

De omtalte kulstof-14 dateringer er udført af H. Tauber på DGU og Nationalmuseets kulstof-14 dateringslaboratorium. De i efterskriftet nævnte gytje- og tørveprøver er indsamlet af J. Stockmarr.

Litteratur

- Clark, R. M. 1975: A calibration curve for radiocarbon dates. *Antiquity* (1975): 251–266.
- Hansen, J. M. 1977: Sedimentary history of the island Læsø, Denmark. *Bull. geol. Soc. Denmark* 26: 217–236.
- Mertz, E. L. 1924: Oversigt over de sen- og postglaciale Niveauforandringer i Danmark. *Danmarks geol. Unders. Rk II*, 41: 50 pp.
- Mörner, N.-A. 1969: The Late Quaternary history of the Kattegat Sea and the Swedish west coast. *Sveriges geol. Unders. Ser. C*, 640: 487 pp.