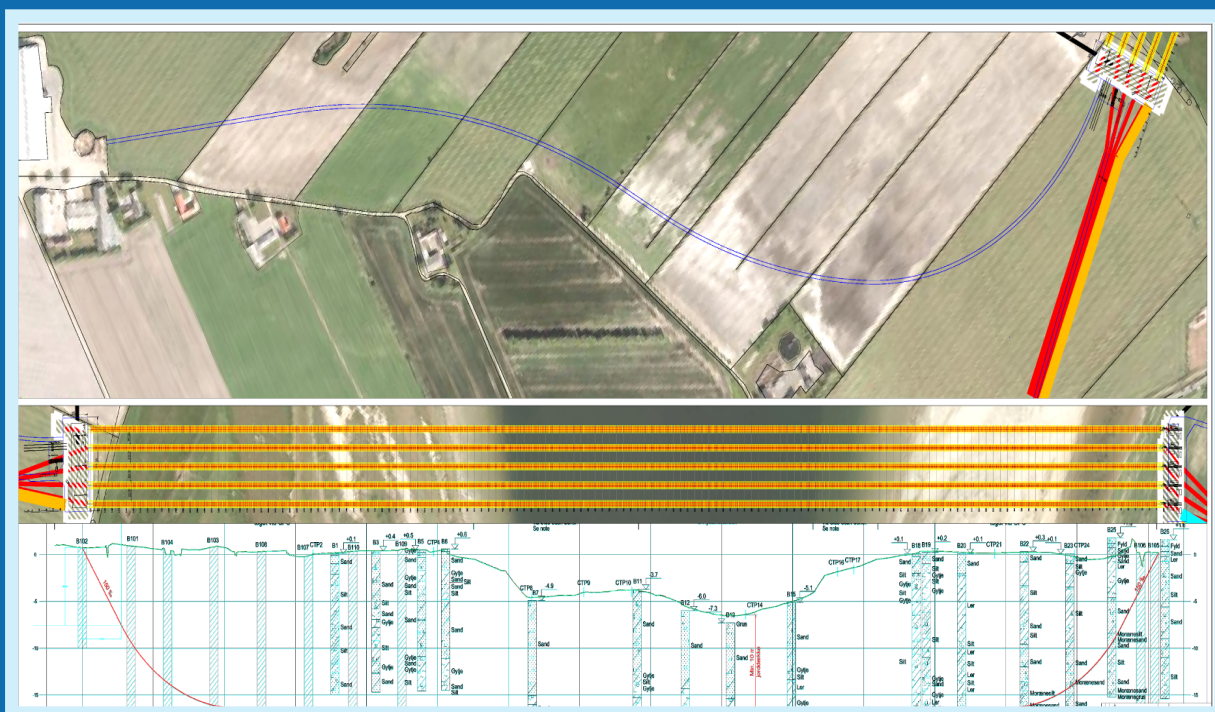


Nørrekær Enge

Vindmøllepark – boring i dybtliggende mose
– stenalderens store havstigning



Catherine Jessen og Charlie Christensen

Miljøarkæologi og Materialeforskning
Bevaring og Naturvidenskab
Nationalmuseet
Rapport 19/2014

NNU J-nr A8818

Introduktion

Her i 150-året for 1864-krigen er det katastrofale tab af en tredjedel af Danmarks landareal blevet begrædt igen og igen. Mellem 8000 og 6000 f. Kr. mistede det daværende Danmark og dets jæger- befolkning dog et langt større areal – opslugt af det stigende hav. Hvor hurtigt dette skete, har været til diskussion. Inden denne havstigning var de danske øer landfast forbundet, og det var muligt at gå tørfodet over Øresund til Sverige, over Femern-bælt til Tyskland og over Doggerbanke til England og Irland. Havstigningen var en følge af nedsmeltning af de store isdækker på landjorden. Under maksimum af istiden lå havets overflade omkr. 130 m under nuværende, men det er kun de sidste 40 m af den efterfølgende stigning, vi kan registrere i det danske område. Der har været fremlagt data, der skulle vise, at de sidste 25 m's stigning var sket på ikke meget mere end 500 år, mere præcist 4,8 m/100 år, se fig. 1. Disse data stammer fra en boring ved Vust i Hanherred. Da Vattenfall A/S skulle undersøge funderingsforholdene for vindmølleparken i Nørrekær Enge ved Løgstør, ikke langt fra Vust, viste der sig en oplagt mulighed for at kontrollere disse data. Bjarne Henning Nielsen fra Vesthimmerlands Museum opdagede nemlig i de udarbejdede bore- profiler, at der fandtes en mose på 10 m's dybde under de marine sandlag. En særlig boring blev derefter finansieret af Vattenfall, og det er analyserne herfra der fremlægges i denne rapport.



Fig 1. Udsnit af artikel af K. S. Petersen 1991 i DGU information.

Boring og prøveudtagning

I vinteren 2009 påbegyndte Vattenfall A/S anlæggelsen af en ny vindmøllepark i Nørrekær Enge øst for Aggersund ved Limfjorden. De 13 nye 2,3 MW-møller skulle erstatte 77 små og forældede. Møllerne kom til at stå på en række øst-vest over munden af en tidligere fjord, som blev inddiget og afvandet i 1947, fig. 2 og 11. Det var nødvendigt at udføre et større antal boringer for at få styr på funderingsforholdene for hver enkelt mølle. Forelagt de geologiske boreprofiler opdagede Bjarne Henning Nielsen fra Vesthimmerlands Museum, at der ved møllerne 8 og 9 nord for Marbjerg, i den østligste del af fjordmundingen, var registreret ferskvandsaflejringer under næsten 10 m marint sand. Denne sø/mose stammer altså fra en tid, hvor havet endnu ikke var nået op til søens niveau.

Søens gytje- og tørveaflejringer blev registreret i flere boringer (108 A+B, 109, B5, 111 A+B og B117), og kunne følges over en strækning på ca. 1,5 km i øst-vestlig retning. Højeste niveau blev fundet i boring 111 i kote ca. - 8, så det har formentlig været søens vandspejl inden den overskylledes af havet.

Nationalmuseets Naturvidenskabelige Undersøgelser (NNU) blev kontaktet af museet i Års, og forfatterne så straks muligheden for at kontrollere den meget høje havstigningstakt, der er postuleret i denne region (Petersen 1981, 1985a, 1991, 1992, 1998; Petersen et al. 2005).

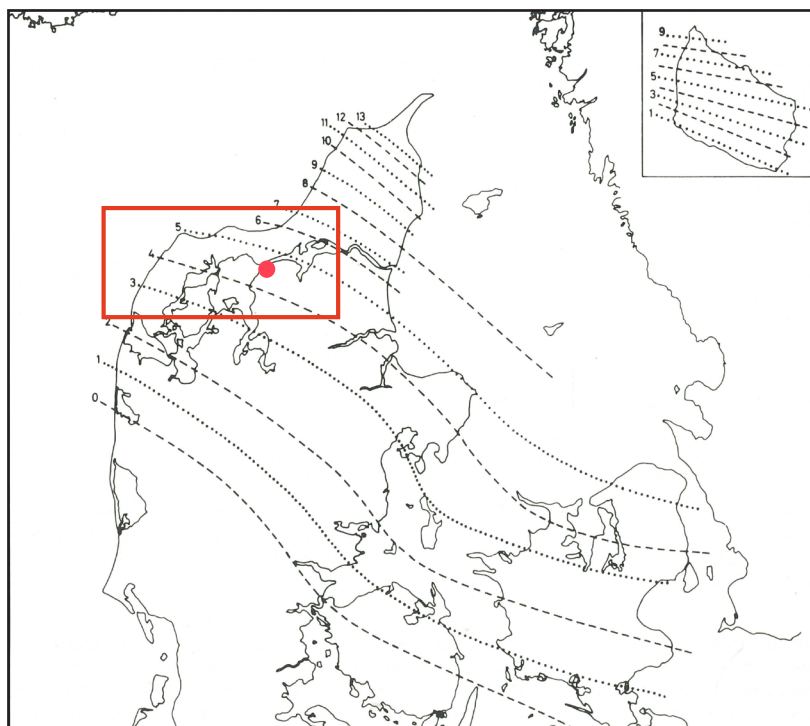


Fig 2. Littorinahavets højeste kystlinier, efter Mertz (1924). Den røde cirkel viser placeringen af boringen i Nørrekær Enge. Den røde ramme viser det her behandlede vestlige Limfjordsområde.

Vattenfall A/S indvilgede i at finansiere og udføre en ny boring med udtagning af uforstyrrede kerner til nøjere geologisk analyse og datering. Boringen blev placeret tæt ved boring 109A+B (ved mølle 9), hvori der var påvist gytje under tørven. Denne boring (benævnt MUS, projekt 32375, projektnavn Løgstør, projektleder MSR) blev udført af firmaet GEO i marts 2010 og gik til 13 m's dybde. Dybderne er i borejournalen og i efterfølgende beskrivelse, angivet i m under terræn (u.t.), som på borestedet ligger mellem omkr. 0,3 m over DNN.

Der blev under boringen udtaget i alt 25 kærneprøver i stålrør. På de første 5 m blev der udtaget et B-rør pr. ½ m, i alt 9 prøver (B-rør har en højde på 15 cm og en indvendig diameter på 42 mm). Fra 5-13 m u.t. blev det tilstræbt at udtage intakte A-rør på hele strækningen (A-rør har en højde på 50 cm og en indvendig diameter på 70 mm). Grundet de svære boreforhold i sand blev planen ikke helt opfyldt. I alt blev der udtaget 16 A-rør, og i det vigtige afsnit med ferskvandslagene, fra 9,5-11,0, blev prøverne 19, 20 og 21 udtaget kontinuert.

Prøverne blev overført til GEO's laboratorier i Kgs. Lyngby og her blev materialet presset ud af rørene under overværelse af forfatterne, se fig. 3-6. I NNU's laboratorium blev ferskvandsserien (prøve 19-21, 9,5-11,0 m. u.t.) nærmere beskrevet af Catherine Jessen, og prøver blev udtaget til pollenanalyse og kulstof 14-datering.

Analyser

Pollen

Der er analyseret (talt) fem prøver fra forskellige sedimenttyper (sediment units). Antal talte pollen pr. prøve: ca. 500. Analyserne blev udført af Catherine Jessen. Prøverne blev præpareret ved NNU's standardmetode og med silicone som indlejningsmedium.

Der er fremstillet et pollendiagram ud fra de fem prøver, fig. 9, og samtlige analysedata fremgår af tabel 2. Ved procentberegningen er anvendt en sum bestående af træer, buske og tørbundsurter, d.v.s. de lokale sump- og vandplanter er udeladt, men hver især beregnet i forhold til den anvendte beregningssum. Det skal bemærkes, at de meget hyppige sporer af bregnen *Dryopteris* er henført til gruppen vådbundsplanter, da der efter alt at dømme er tale om Kær-Mangeløv, *Thelypteris palustris*.

Silt (prøve udtaget 1060,5 cm u.t. er talt)

Denne nederste prøve har 50 % træpollen, næsten udelukkende *Betula* (Birk) og *Pinus* (Fyr),



Fig 3. GEO's laboratorium i Kgs. Lyngby. Under ledelse af geolog Jens Galsgaard presses materialet ud af det 50 cm lange prøverør og overføres til en "tagrende", som omvikles med folie og transporteres til NNU.



Fig 4. Prøve 19, 9,5-10,0 m u.t. Til venstre sortbrun, humøs silt. Nedre halvdel (til højre) består af sort, destrueret, meget kompakt ferskvandstørv, jf. sedimentbeskrivelse (fig. 7 og 8).



Fig 5. Prøve 20, 10.0-10.5 m. u. t. Sortbrun, limnisk gytje, nedre del (til højre) med skalfragmenter, jf. sedimentbeskrivelse på fig. 7 og 8.

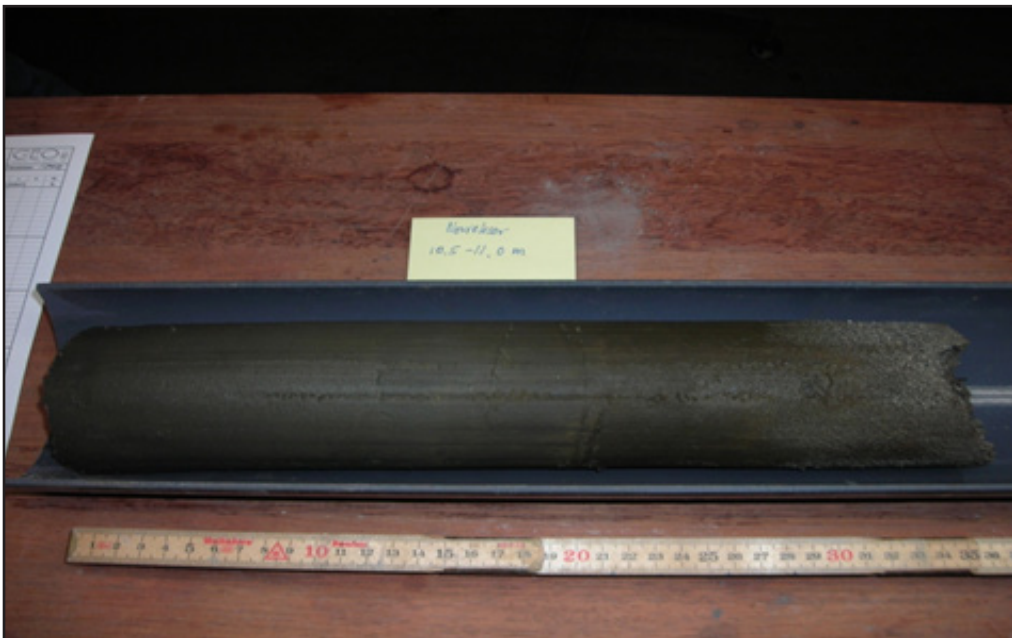


Fig 6. Prøve 21, 10,5-11,0 m u.t. Grå til brun, humusholdig silt. De nedre 6-7 cm består af brun, sandet silt til gråt siltet sand nederst, jf. sedimentbeskrivelse (fig. 7 og 8).

mens de senere indvandrere *Corylus* (Hassel), *Ulmus* (Elm), *Quercus* (Eg) og *Alnus* (El) er fuldstændig fraværende. Poaceae (græsser) og Cyperaceae (halvgræsser) optræder i store mængder. Mange tørbundsarter optræder, men forsvinder i de overliggende yngre prøver.

Vurdering af prøvens alder: En kulstof 14-datering, Nørrekær 1, er udført ca. 20 cm højere i lagserien, se tabel 1. Den giver en alder svarende til overgangen mellem Yngre Dryas og Præboreal, som er præcist fastlagt til 9.700 BC. Pollenspektret kan da også uden problemer indplaceres i sidste del af den skovløse Senglaciel tid, Yngre Dryas (pollenzone III), idet indholdet af birk formentlig hovedsagelig udgøres af *Betula nana* (Dværg-Birk), mens fyr må regnes for fjerntransporteret, se fig. 10. Det store indhold af pollen af græsser og halvgræsser giver også en klar placering i Y. Dryas.

Lokal vegetation: Her er Cyperaceae helt dominerende, men også *Sparganium*-type (Smalbladet Dunhammer/Pindsvineknop) har også været almindelig i søens bredzone. At det siltede, gytjeholdige sediment er afsat i ferskvand fremgår entydigt af optræden af vandplanterne *Myriophyllum verticillatum* (Krans-Tusindblad) og *M. spicatum* (Aks-Tusindblad).

Gytje (prøver udtaget 1028,5 og 1016,5 cm u.t. er talt)

Træpollen tiltager til over 80 % i disse to prøver. Stigningen skyldes især fyr, da birk forbliver som i den nederste prøve. Poaceae og Cyperaceae viser aftagende værdier. Den første optræden af hassel ses i den nedre gytjeprøve, og den tiltager i den øvre, hvor elm og el har deres første optræden.

Vurdering af prøvernes alder: Med over 5 % hassel i nedre prøve er vi umiddelbart efter tidspunktet for indvandringen af denne busk, som ligger omkring 8.300 BC (Aaby 1993; Fritzbøger & Odgaard 2010). Begge prøver må derfor placeres i første del af pollenzone V, fyrre/hassel-tid, se fig. 10.

Lokal vegetation: Sumpvegetationen er mindre dominerende og optræden af *Nuphar* (Gul Åkande), *Nymphaea* (Hvid Åkande) og *Potamogeton* (Vandaks) viser en typisk næringsrig sø. Skalsmuld af ferskvandsmollusker.

Tørve (prøver udtaget 996,5 og 980,5 cm u.t. er talt)

Træpollen ligger i de to prøver stadig omkr. 80 %, men det er nu fyr og især hassel, der dominerer, mens birk aftager op gennem tørv. *Dryopteris* (bregnesporer) udviser en dramatisk stigning i tørv, og er sammen med Cyperaceae ansvarlig for en kraftig stigning af vårbundsplanter i den

NØRREKJÆR
 Fuldbeskrivelse 0-13m ifølge borejournal

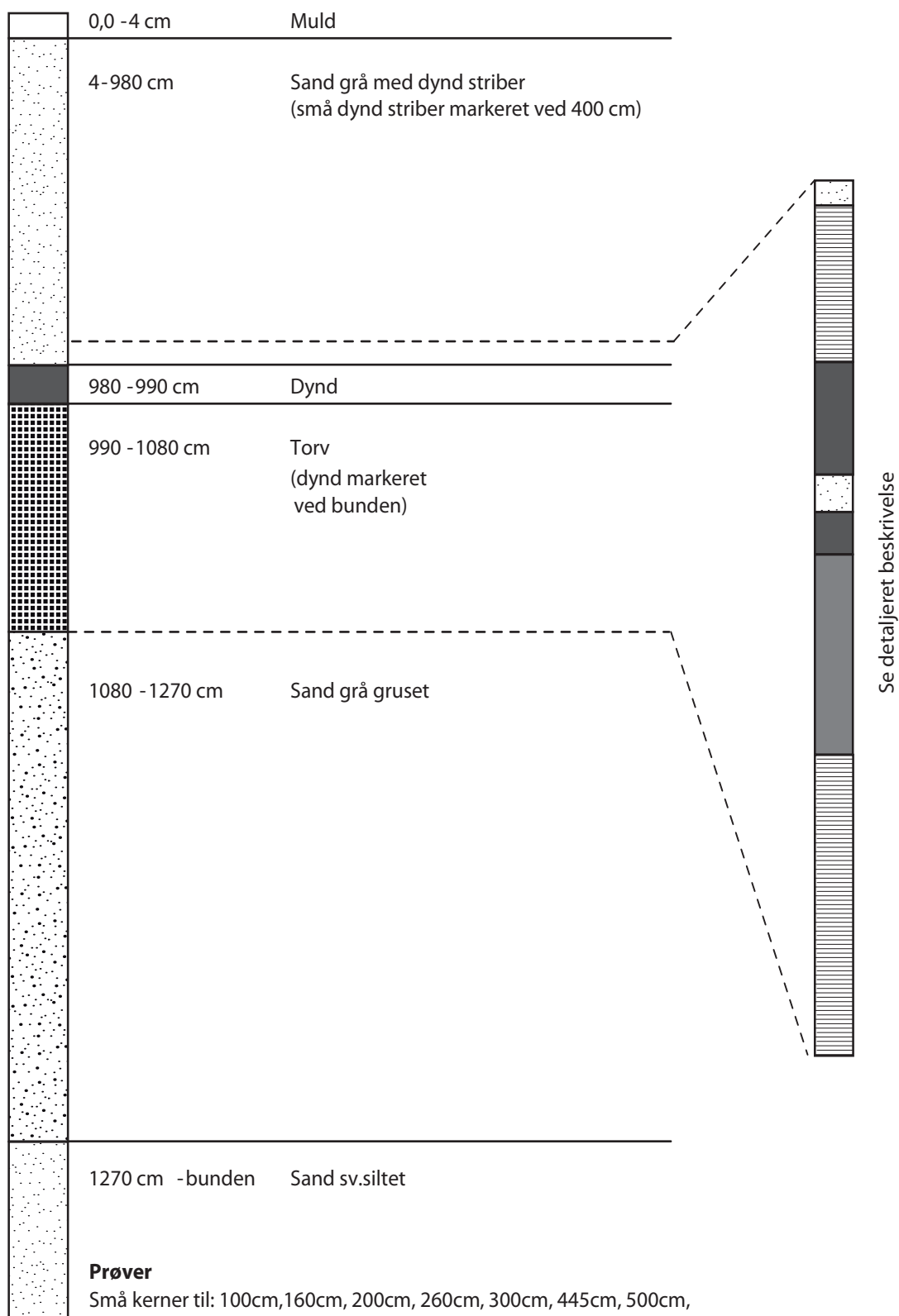
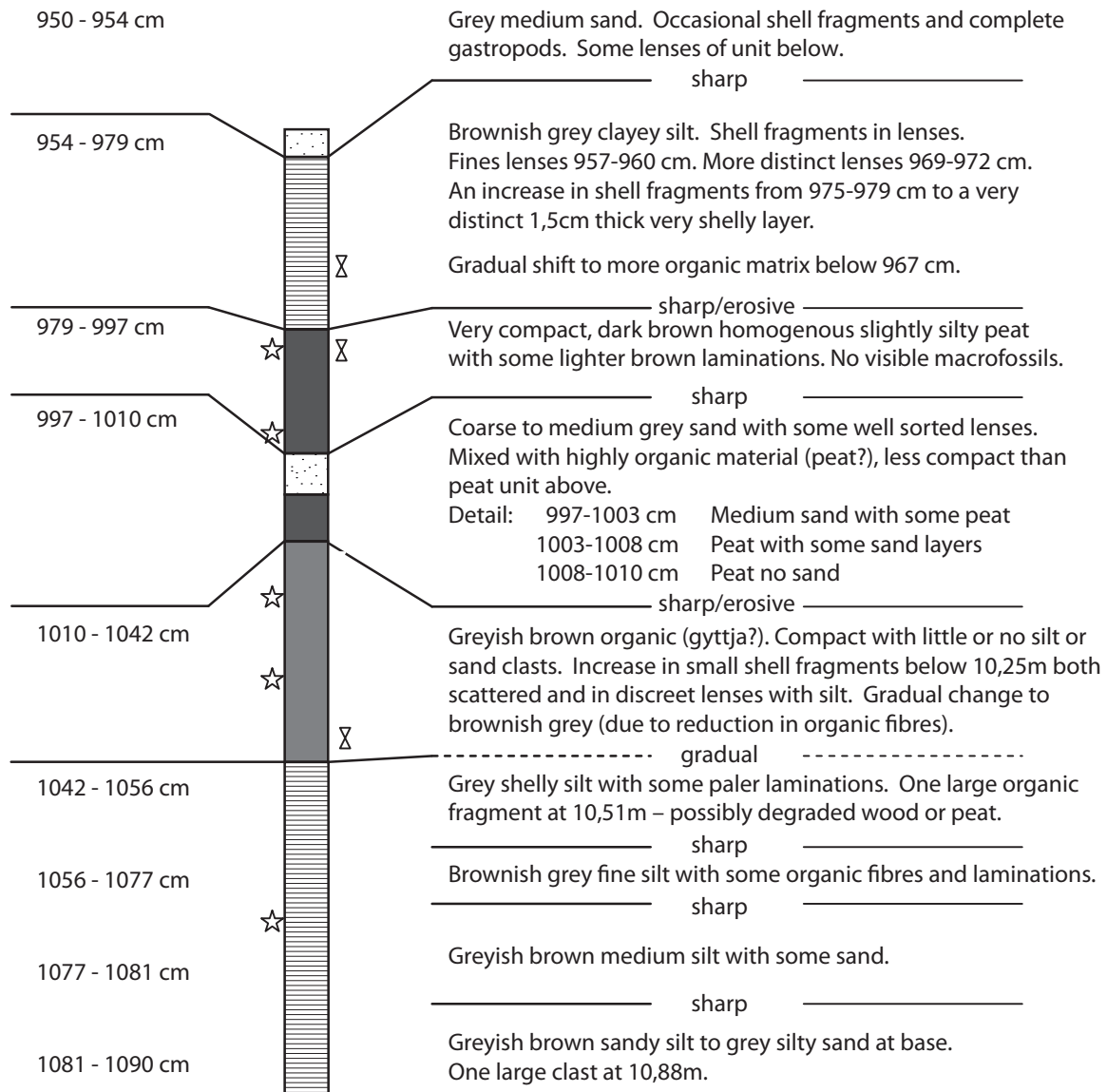


Fig. 7 Fuldbeskrivelse af boring udført og beskrevet af GEO (MUS, projekt 32375, Løgstør). Angivet som cm. under terræn (omkring 0.3 m over DNN).

NØRREKJÆR
 Detaljeret beskrivelse

Sediment description: 950 - 1090 cm ('fra terrænet')



NB: Site borehole depths don't match extracted sediment. 3cm missing probably between 997-1000 cm. Depth not adjusted.

- ☆ Pollen mid-depth levels:
 980.5 cm
 996.5 cm
 1016.5 cm
 1028.5 cm
 1060.5 cm

- ⌘ Extracted 14C samples
 Nørrekær 3. 969-971 cm
 Nørrekær 2. 980-982 cm
 Nørrekær 1. 1038-1040 cm

Fig 8. Detaljeret beskrivelse af prøverne 19-21 (9.5 - 11.0 m. u.t.).

øverste prøve. Begge er de normalt meget hyppige i tørveaflejringer aflejret brednært.

Vurdering af prøvernes alder: Der er udført en kulstof 14-datering, Nørrekær 2, i præcis samme niveau som den øvre pollenprøve, se tabel 1. Den gav alderen 7.600-7.520 BC, og vi er dermed få hundrede år før indvandringen af de store skovtræer, *Quercus* (Eg), *Ulmus* (Elm), *Tilia* (Lind), og *Alnus* (El) (Fritzboøger & Odgaard 2010), se fig. 10. Det passer udmærket med, at pollen af *Ulmus* og *Alnus* kun optræder sporadisk i de to prøver.

Lokal vegetation: Sedimentet er ret destrueret tørv, og det ses da også tydeligt i spektret fra den øvre prøve, at bassinet nu er under stærk tilgroning. Vandplanterne er væk og vegetationen domineres af Cyperaceae, *Sparganium*-type (Smalbladet Dunhammer/Pindsvineknope-type) og *Dryopteris*. Pollendestruktionen i tørv er meget høj, som det oftest ses i sådanne brednære, delvis iltede sedimenter

Den sandede/siltede marine lagserie over de limniske gytje/tørvelag

Pollen er ikke bevaret i sådanne sedimenter, hvorfor der ikke er udtaget prøver til præparation. Der er derimod udført en kulstof 14-datering på marine skalfragmenter udtaget i bunden af lagserien, ca. 10 cm over den limniske serie, Nørrekær 3, AAR 13957, se tabel 1.

Kulstof 14-dateringer

Der er udført tre kulstof-14 dateringer på AMS 14C Dateringscentret på Aarhus Universitet, to fra henholdsvis bund og top af den limniske serie af gytje og tørv, den tredje fra nederste del af den marine sekvens af silt- og sandlag, som overlejrer sø- og moseaflejringerne (Tabel 1).

Tabel 1. Nørrekær AMS 14C dateringer.

	Dybde (m.u.t.)	Lab. ID.	Materiale	d13C	C14 alder (BP)	Kalibreret alder (BC)
<u>Nørrekær 1</u>	10,38-10,40	AAR13959	uforkullede plantedele	-29,23 ± 0,05	10.070 ± 40	9.870-9.440 BC (93,7 % sandsynlighed)
<u>Nørrekær 2</u>	9,80-9,82	AAR13958	uforkullede plantedele	-27,86 ± 0,05	8.520 ± 40	7.600-7.520 BC (95,4 % sandsynlighed)
<u>Nørrekær 3</u>	9,69-9,71	AAR13957	<i>Cerastoderma</i> , ældre navn <i>Cardium</i> (Hjertemusling)	-2,75 ± 0,05	8160 ± 40 14C-år (minus marin reservoir alder af 400 14C-år).	7.310-7.060 BC (95,4 % sandsynlighed)

I det følgende er alle dateringer angivet med 2x standardafvigelsen. I den afsluttede diskussion kan der være anvendt omtrentlige aldre, angivet med kun et tal, f. eks. omkr. xxxx, men her er der taget hensyn til den mest sandsynlige datering, som fremgår af sandsynlighedskurverne i fig. 13.

Resultater

Sødannelse og marin transgression i Nørrekær Enge

Den påviste sø har sin oprindelse tilbage til afsmeltningen efter istiden. Den nederste analyserede prøve har således et pollenspektrum af Senglacial eller senest tidlig Præboreal alder, men da en kulstof 14-datering tyve cm højere ligger lige på grænsen mellem Senglacial og Præboreal tid (fastlagt til 9700 f. Kr.), må spektret formentlig henføres til Yngre Dryas, den sidste del af den senglaciale periode. Det er altså ikke en sø, som først er dannet langt senere ved grundvandsstigning som forløber for den atlantiske havstigning, som der kendes flere danske eksempler på. Søen har som tidligere nævnt haft en tærskel i kote -8 eller højere, men de analyserede aflejringer stammer fra søens lidt dybere dele, hvad de meget finkornede sedimenter, uden grovere planterester, også klart viser.

Denne sø, repræsenteret ved sekvensen 9,79-10,42 m u.t., er gennem senglacial og tidlig postglacial tid langsomt fyldt op af sedimenter, gående fra gråbrun gytje over gytje/tørveblandet sand (9,97-10,10) til sort kompakt og destrueret tørv, se fig. 8. De meget kompakte sedimenter er et resultat af belastningen af de 10 m overliggende sandlag. Over- og undergrænsen for det gytje- og tørveblandede sandlag er begge skarpe, så der er formentlig sket nogle vandstandssvingninger i søbassinet. Søen har været eutrof (næringsrig) med flydebladsvegetation af Vandaks samt Hvid og Gul Åkande.

Der var altså på bostedet dannet tørv inden havet transgrederede området og dannede Nørrekær-fjorden. Grænsen mellem tørven og det marine sand er skarp, men dateringerne fra henholdsvis toppen af tørven og bunden af sandet, henholdsvis 7600-7520 og 7310-7060 BC (altså kun 300-400 års forskel), tyder ikke på, at der ved overskyllningen er fjernet voldsomt meget af lagserien. Dog kan det ikke udelukkes, at de daterede skaller fra sandet er ældre omlejet materiale fra dybere niveau. Der er i de omgivende geotekniske borer registreret en tærskel i kote -8 m, som først skal overskrides af havet, d.v.s. vi har en transgression i fjordområdet som omkr. 7300 BC har nået mindst kote -8 m.

Efter transgressionen fortsætter havstigningen op til omkring kote +4 m, altså yderligere 12 m.

Tabel 2. Nørrekær % pollen data baseret på totalt antal terrestriske pollen.

	Depth (m)	981	997	1017	1029	1061
Træer		80.9	70.1	80.6	69.3	48.1
Dvægbuske		0.6	0.0	0.6	2.2	1.2
Tørbundsarter		18.5	29.9	18.8	28.5	50.6
Vådbundsarter		179.0	99.6	36.2	46.1	108.6
Vandplanter		0.0	9.5	8.0	13.0	3.3
<i>Betula</i> /Birk	Trees	10.5	21.6	37.9	35.9	33.3
<i>Pinus</i> /Fyr		40.1	34.4	29.3	24.1	9.9
<i>Corylus</i> /Hassel		29.0	12.4	10.8	6.2	0.0
<i>Ulmus</i> /Elm		0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
<i>Alnus</i> /El		0.0	0.4	0.3	0.0	0.0
<i>Populus</i> /Poppel		0.0	0.0	0.6	1.2	0.0
<i>Acer</i> /Løn		0.0	0.0	0.6	0.0	1.6
<i>Salix</i> /Pil		1.2	1.2	0.6	1.5	2.5
<i>Juniperus</i> /Ene		0.0	0.0	0.0	0.3	0.8
<i>Empetrum nigrum</i> /Revling	Dwarf shrubs	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Ericaceae/Lyngfamilien		0.0	0.0	0.6	2.2	1.2
<i>Artemisia</i> /Bynke	Terrestrial herbs	0.0	0.0	0.0	0.6	2.5
<i>Cannabis t.</i> /Hamp		0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
<i>Dryopteris t.</i> /Mangeløv		0.0	0.0	0.3	0.6	0.0
<i>Gymnocarpium dryopteris</i> /Egebregne		0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Plantago major</i> /Glat vejbred		0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
Poaceae/Græsfamilien		16.7	29.0	17.4	26.9	44.9
<i>Pteropsida</i> /trilete spore		1.2	0.4	0.6	0.3	0.8
<i>Rumex acetosa</i> / Alm. syre		0.0	0.0	0.3	0.0	1.2
<i>Rumex acetosella</i> /Rødknæ		0.0	0.4	0.3	0.0	0.0
<i>Taraxacum t.</i> /Mælkebøtte		0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
Cyperaceae/Halvgræsfamilien	Wetland herbs	82.1	21.2	21.1	23.5	83.1
<i>Dryopteris</i> /Alm. mangeløv		93.2	69.7	6.8	9.3	6.6
<i>Epilobium</i> /Dueurt		0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
<i>Filipendula</i> /Mjødurt		0.6	2.9	2.8	5.0	8.6
<i>Potentilla</i> /Potentil		0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
<i>Ranunculus t.</i> /Ranunkelfamilien		0.0	0.4	0.3	1.9	3.7
<i>Rumex crispus</i> /Kruset skræppe		0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
<i>Rumex t.</i> /Skræppe		0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
<i>Senecio t.</i> /Brandbæger		0.0	0.0	0.0	0.3	0.8
<i>Sparganium t.</i> /Pindsvineknop		3.1	5.4	4.6	5.9	4.9
<i>Thalictrum</i> /Frøstjerne		0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
<i>Typha latifolia</i> /Bredbladet dunhammer		0.0	5.8	3.7	0.9	0.4
<i>Potamogeton</i> /Vandaks	Aquatics	0.0	0.4	0.0	2.2	0.0
<i>Myriophyllum verticillatum</i> /Krans-tusindblad		0.0	0.0	0.0	2.2	2.1
<i>Myriophyllum spicatum</i> /Aks-tusindblad		0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
<i>Nuphar</i> /Gul Åkande		0.0	1.7	1.4	2.8	0.0
<i>Nymphaea</i> /Hvid Åkande		0.0	1.7	2.8	5.0	0.0
Ubestemte pollen		30.2	8.7	4.0	7.4	7.0

Mertz (1922) angiver isobaserne (hævningslinjerne) for Littorinahavets højeste kystlinier fra kote 2 m i sydvestligste del af Limfjorden til kote 7 m i den nordøstligste del (ved udmundingen i Kattegat), se fig. 2. Omkring Aggersund kan der på Mertz' isobaskort aflæses en højeste kystlinie på omkr. kote 4,5. Petersen (1975) har en højeste kystlinje ved Bjerregaard i Hanherred, få km nordvest for Aggersund, på mindst kote 4. Petersen daterer denne transgression til 2500 f. Kr, d.v.s. midt i Subboreal tid. Ud fra teoretiske overvejelser samt registreringer på spredte lokaliteter må det nok snarere være i slutningen af Atlantisk tid, 4500-3900 f. Kr., eventuelt i første del af Subboreal tid, 3900-3500, at højeste havniveau nås i denne del af Limfjorden (Christensen 2001; Christensen & Nielsen 2008).

Omkring 5500 f. Kr. aftog havets stigningshastighed og de danske strandforskydningskurver begyndte at flade ud, dog med mindre svingninger (de såkaldte Littorinatransgressioner), se f. eks. Christensen 2001 og 2014. En såkaldt strandforskydningskurve viser strandlinjens højde gennem tiderne, men fortæller ikke om svingningerne er et resultat af havstigning/sænkning (eustatiske bevægelser som følge af isafsmeltning/ophobning på land) eller af landhævning/sænkning (isostatisk bevægelser som følge af tidligere isbelastning). I Limfjordsområdet, ligesom i andre tidligere nedisede områder, er strandforskydningen en kombination af disse to bevægelser. Dog regnes den isostatisk landhævning i Limfjordsområdet i det her betragtede tidsrum, 8500-4500 f. Kr., ikke at være af væsentlig betydning for vurderingen af havstigningshastigheden, højst kan det svække den lidt. Der foreligger ikke mere udførlige strandforskydningskurver, omfattende længere tidsafsnit, for Limfjordsområdet.

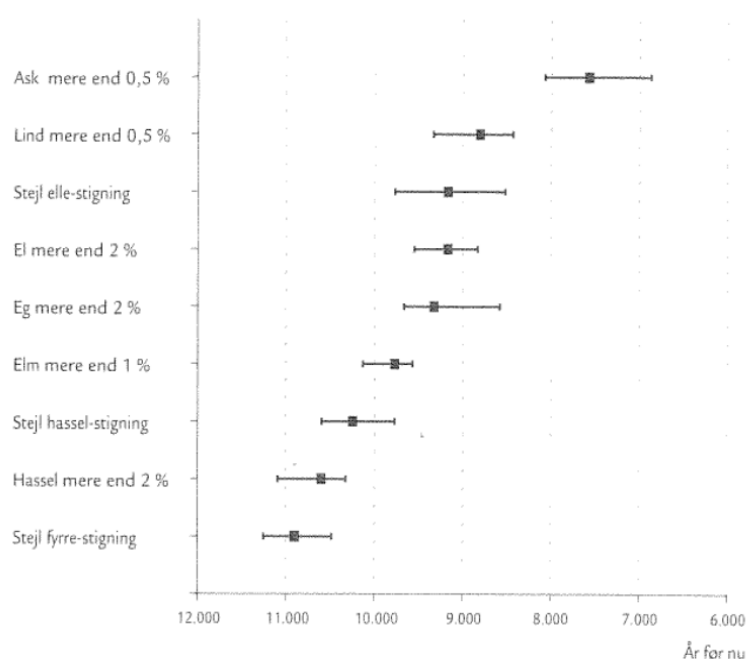


Fig 10. Træernes indvandringstidspunkter i Danmark. Fra Fritzboeger & Odgaard 2010

Ved havstigningen, registreret fra omkring kote -25 m (jf. senere omtale) til kote +2 m (i vest) og til kote +7 (i øst), blev Limfjorden dannet, og meget store områder uden for den nuværende fjord blev overskyldt af havet. Det meste af Hanherred, Store og Lille Vildmose samt hele Skagen Odde var dækket af det såkaldte "stenalderhav", se fig. 11 (Jessen 1920). Efterfølgende hævede landjorden sig gradvist og de sandede tørlagte flader blev dækket af klitter, moser og skov. Omkring Nørrekær Enge dannedes ved transgressionen en fjord, som mod syd nåede til landsbyen Braarup, 8 km syd for den nuværende Limfjordskyst, se fig. 11. I den tragtformede fjord lå Marbjerg som en markant ø, kraftigt eroderet af bølgerne på den eksponerede nord-vestlige side. Efterfølgende aflejredes i fjorden mindst 10 m sandlag, så den opståede forholdsvis højtliggende flade var let at inddige og afvande i 1947.

Hastigheden af den påviste havstigning kan ikke bedømmes ud fra Nørrekær-boringen, da der ikke er foretaget dateringer fra det næsten 10 m tykke dæklag af marine sedimenter. Her må dateringer fra andre dele af Limfjorden inddrages.

Boringen ved Vust i Hanherred

Som det er nævnt i indledningen menes der at være påvist en meget høj havstigningstakt, op mod 5 m/100 år, i det vestlige Limfjordsområde. Denne markante stigning, langt højere end ellers kendt verden over, er fremlagt af Kaj Strand Petersen fra GEUS (tidligere DGU), som i 1976 fik udført en boring til 30 m's dybde ved Vust i det østlige Hanherred, i luftlinje kun 25 km fra Nørrekær (Petersen 1981), se fig. 12. Havstigningstakten i Vust-boringen er i de efterfølgende år i mange artikler angivet af Kaj Strand Petersen som følger: 4,8 m/100 år (Petersen 1980); 3,2 m/100 år, men der er ikke anvendt kalibrerede dateringer, som gør havstigningen lidt hurtigere (Petersen 1985a); 4,8 m/100 år (Petersen 1991); 4,8 m/100 år (Petersen 1992); 3,39 m/100 år (Petersen et al. 2005); 3,5 m/100 år (Petersen & von Hallermund, i trykken). Også i flere foredrag har Kaj Strand Petersen gennem årene fastholdt den meget høje havstigningstakt i Vust.

For at rapporten ikke skal fremstå som et personligt angreb på Kaj Strand Petersen skal det nævnes, at den ene af forfatterne (Christensen 1993) selv tidligere har postuleret en næsten tilsvarende stigningshastighed i Storebælt. Winn et al. (1986) har gjort det samme. I en senere publikation fra Storebælt-området (Christensen et al, 1997), efter inddragelse af mere materiale, blev stigningstakten, i tidsrummet 7000-6200 f. kr., nedvurderet til omkr. 2,3 m/100 år. Men efter nye dateringer fra Blekinge af havets indtrængen i Østersøen blev stigningen endnu en gang nedvurderet, nu til omkring 1 m/100 år (Christensen 2001), og dermed er vi nede på den hastighed, som vi kender fra tektonisk stabile lokaliteter ud over verdenshavet, se f. eks. Fairbanks (1989), Bard et al. (1996), Behre (2007).



Fig 11. Stenalderhavets udbredelse i vestlige Limfjordsområde. Kortudsnit fra Jessen (1920). Seks af de omtalte lokaliteter er angivet, de tre sidste ligger sydvest for kortudsnittet.

Lagforhold og dateringer i boringen ved Vust

Kaj Strand Petersen har, som det også klart fremgår af referencelisten, ydet et meget stort og engageret bidrag til belysningen af Limfjordens dannelse og dens videre geologiske udvikling. Men som det fremgår af ovenstående er der al mulig grund til nøje at granske de fremlagte data fra Vust-boringen (Petersen 1981).

Boringen er placeret i en rende eller dalsænkning uderoderet af vandløb i Senglaciel tid, hvor havniveauet var meget lavt, se fig. 15 og Petersen (1981, fig. 1). Boringen blev udført med et bor med stor diameter (31 cm), og materiale blev optaget som prøver af 0,5 m's længde (0,04 m³) fra kote -26,0 til kote +1,5.

Den nederste prøve (kote -26,0 til -25,5) indeholdt in situ tørv (K-2875, dateret: 9800-8840 BC). Det skal bemærkes, at dateringen i Petersen (1981, tabel 1 og fig. 3) ikke er kalibreret. Ved nærværende kalibrering falder den helt tilbage til første del af Præboreal tid (omkr. 9300 BC). Den overliggende 0,5 m-prøve (-25,5 til -25,0) indeholdt fersk/brakvandsgytje, pollenanalytisk dateret til Boreal tid, pollenzone V, ca. 8300 til ca.7000 f. kr., idet der forekom pollen af birk, fyr og hassel, men ikke af el, eg, elm, lind og ask, se fig. 10. Denne prøve viser ifølge Petersen (1981) begyndelsen af den marine transgression i Vust.

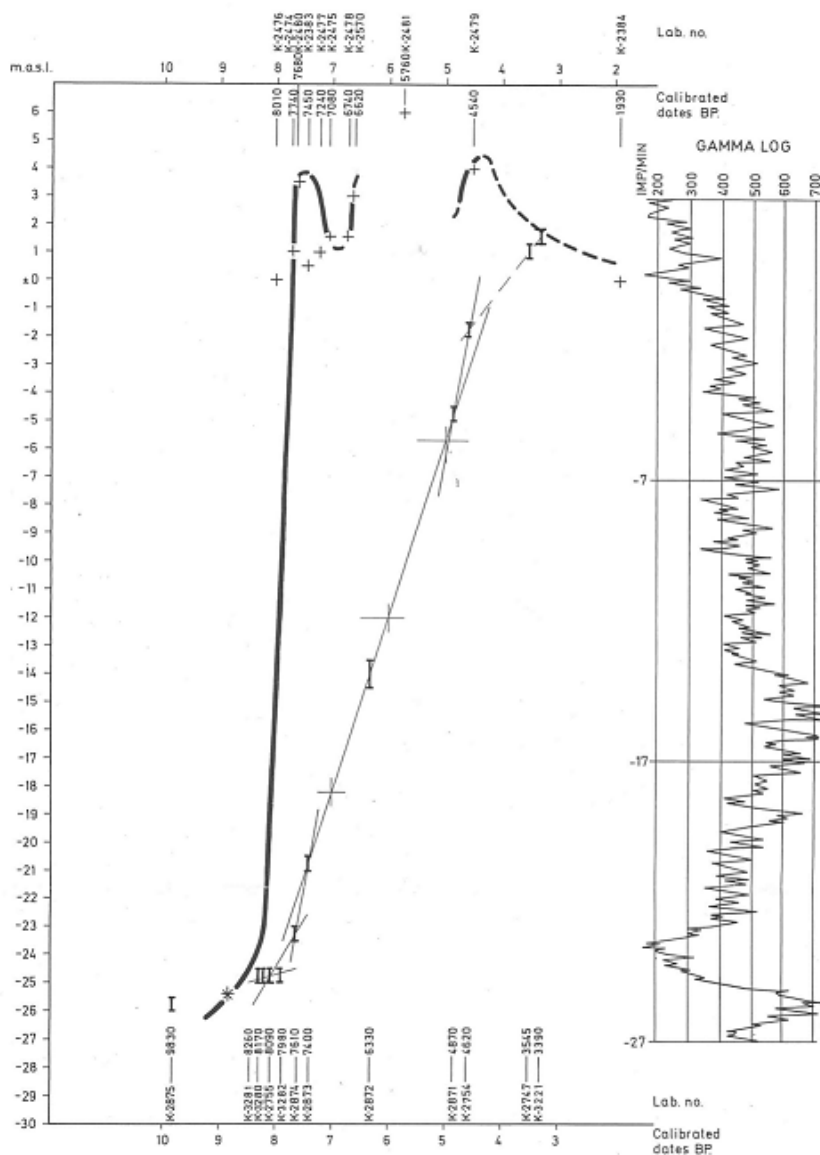


Fig. 3. Radiocarbon dates from the central part of the Limfjord area at the top of the figure with crosses. The succession of C-14 dates from the borehole at Vust (57° 06' 02" N. lat. 9° 04' 19" E. long.) from the depth of -26 m to +1.5 m mainly based on marine shells, indicating the sedimentation rate (calibrated C-14 dates) in the furrow. The asterisk marks the transgression, dated by pollen analyses, and the start of the curve for the relative rise of sea-level. To the right a gamma-log from a depth of -27 to +3 m is shown, illustrating the sedimentological variations by counts min⁻¹ (imp min⁻¹).

Fig 12. Strandforsydningskurve fra Vust i Hansherred (Petersen 1981)

I den følgende prøve (kote -25,0 til -24,5) er der fuldmarine forhold. I den store prøve af skaltholdigt grus var det muligt at udsortere tilstrækkeligt skalmateriale til datering af fire arter mollusker: *Cirripedia* (Langhals eller Rur), *Mytilus edulis* (Blåmusling), *Ostrea edulis* (Østers) og *Cyprina islandica* (Molboøsters). I den omrodede prøve var det ikke muligt at iagttage stratigrafiske forhold.

Disse fire dateringer, samt tørvedateringen, er opført i tabel 3 og fig. 13. De er kalibreret efter den nyeste kalibreringskurve (Reimer et al. 2013; Ramsey 2013).

Petersen mener at de fire dateringer i prøven -25,0 til -24,5 afspejler en fortløbende og meget hurtig transgression. Den ældste, K-3281, består af skaller af *Cirripedia*, som lever brednært og derfor afspejler det lave havniveau ved transgressionens start. Dernæst følger *Mytilus* og *Ostrea* på henholdsvis lidt større vanddybde og endelig *Cyprina* som lever på den største vanddybde af de fire arter (Petersen 2004). Det er dateringerne af disse fire prøver, der får Petersen til at postulere, at transgressionen fra kote -25 til +3,5 har fundet sted indenfor dateringernes tidsspænd på 500-600 år.

Umiddelbart ser det også besnærende ud, men da de fire dateringer overlapper med 2x standard-afvigelsen, så de kan faktisk alle være jævnaldrende. Det ses dog af fig. 13, at den nederste og den øverste prøve formentlig er af forskellig alder, mens de to midterste er lige gamle og kan være jævnaldrende med både den ældste og den yngste. Også hvad molluskernes levedybder angår, er forholdene ikke så klare. Mens *Cirripedia* og *Cyprina* afspejler henholdsvis helt lavt og ret dybt vand, så er levedybden for *Ostrea* og *Mytilus* noget mere diskutabel (Petersen 2004). Så det hele er ikke så oplagt, som det umiddelbart ser ud. Tilfældigheder og sammenblanding af skalmateriale fra forskellige dybder kan have resulteret i det tilsyneladende tilforladelige billede jf. senere omtale.

Hvad der er langt mere diskutabelt er Petersens angivelse af transgressionens starttidspunkt. Han skriver i 1981-artiklen, at stjernen i hans fig. 3 (her gengivet som fig. 12) angiver transgressionens start, dateret ved pollenanalyse af fersk- til brakvandsgytje i kote -25,5 til -25,0. Dette pollenspektrum hører hjemme i Boreal tid, pollenzone V, som i dag dateres (i runde tal), mellem 8300 og 7000 f. Kr. (se f.eks Aaby 1993; Fritzboeger & Odgaard 2010). Stjernen i Petersen (1981, fig.3) kan aflæses afsat ca. 6800 f. Kr., d.v.s. minimum 200 år, men formentlig mere end tusind år, for sent (jf. senere diskussion). Dertil kommer, at Petersen først lader sin strandforskydningsskurve stige stejlt, når han nærmer sig de fire omtalte skaldateringer. Hvis han havde afsat starttidspunktet i overensstemmelse med den pollenanalytiske datering - og trukket kurven stejlt derfra - ville han være nået til en betydelig lavere havstigningstakt, jf. senere diskussion.

Tabel 3. Samtlige 27 omtalte dateringer, alle nykalibrerede, jf. fig. 13. Dybderne for dateringerne fra Agger, Jyske Rev, Strande og Skandrup Strand er korrigeret i henhold til Mertz 1924, jf. teksten.

	Lab. Nr.	Materiale	minus - kote	14C alder	Kalibreret alder
Nørrekær Enge, boring					
pr. 3	AAR-13957	<i>Cardium</i>	9.4	8160 ±40	7310-7060 BC
pr. 2	AAR-13958	plantedele	9.5	8520 ±40	7600-7520 BC
pr. 1	AAR-13959	plantedele	10.1	10070 ±40	9870-9440 BC
Vust, boring					
	K-2872	flere arter	13,5-14,5	5460 ±95	4490-4050 BC
	K-2873	<i>Corbula</i>	20,5-21,0	6550 ±110	5670-5310 BC
	K-2874	<i>Corbula</i>	23,0-23,5	6810 ±110	5970-5530 BC
	K-3282	<i>Cyprina</i>	24,5-25,0	7380 ±110	6440-6050 BC
	K-2755	<i>Ostrea</i>	24,5-25,0	7580 ±120	6680-6130 BC
	K-3280	<i>Mytilus</i>	24,5-25,0	7660 ±115	6780-6240 BC
	K-3281	<i>Cirripidia</i>	24,5-25,0	7860 ±115	7050-6490 BC
	K-2875	tørv	25,5-26,0	9830 ±115	9800-8840 BC
Agger, boring I og II					
II	K-4291	?	23,0, kor. 20,5	7290 ±110	6400-5990 BC
I	AAR-1827	<i>Littorina</i>	24,0, kor. 21,5	8870 ±90	8270-7730 BC
II	AAR-1828	<i>Macoma</i>	33,0, kor. 30,5	9500 ±140	9250-8470 BC
Jyske Rev boringer					
2003	AAR-1819	<i>Tellina</i>	33,3, kor. 30,8	7920 ±110	7080-6510 BC
2002	AAR-1818	<i>Littorina</i>	46,0, kor. 43,5	8930 ±150	8430-7610 BC
2010	AAR-1820	<i>Cardium</i>	33,7, kor. 31,2	9080 ±90	8560-7980 BC
2011	AAR-1822	<i>Cardium</i>	34,5, kor. 32,0	9350 ±100	9120-8300 BC
Strande I og II boringer					
I	K-6147	<i>Ostrea</i>	3,5-4,0, kor. 1,0-1,5	6020 ±100	5210-4710 BC
I	K-6148	<i>Ostrea</i>	4,0-4,5, kor. 1,5-2,0	6090 ±140	5340-4690 BC
I	K-6149	<i>Ostrea, Cardium</i>	11,5-12,0, kor. 9,0-9,5	7780 ±155	7070-6370 BC
II	K-6150	ferskvandsgytje	10,5, kor. 8,0	8400 ±140	7700-7070 BC
Gammel Nørtorp					
boring	AAR-7843,	?	7.5	8410 ±100*	7530-7480 BC
Aggersborg					
ark.udgrv.	KIA42408,	Tørv	1,10-1,20	7645 ±45	6590-6430 BC
Skandrup Strand					
profil	K-2474	vedstykke, <i>Tilia</i>	0,5, kor. +0,5	7040 ±110	6200-5710 BC
profil	K-2476	træstub, <i>Ulmus</i>	0, kor. +1,0	7460 ±120	6560-6070 BC
Gjøltrup Have					
profil	K-2480	<i>Ostrea, Cardium</i>	3.5	6980 ±110	6050-5670 BC

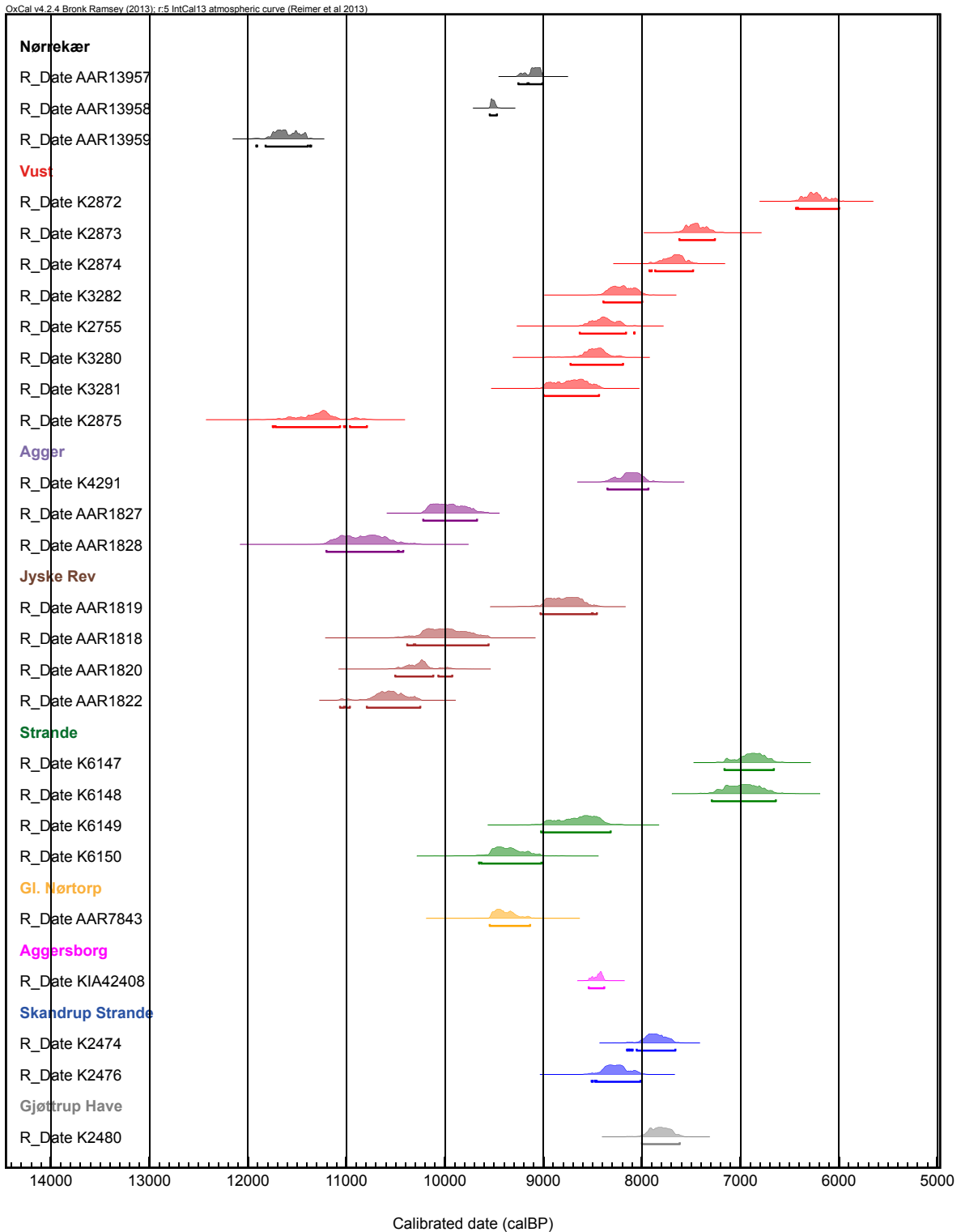


Fig. 13 Kalibrering, sandsynlighedskurver for de anvendte 27 dateringer. OxCal v4.2.4 Bronk Ramsey (2013); r:5 IntCal13 atmospheric curve (Reimer et al 2013).

Petersen har ladet sig forblænde af de tilsyneladende fortløbende dateringer af de fire omtalte skalprøver fra kote -25,0 til -24,5. På det tidspunkt, hvor de ældste af disse molluskskaller er aflejret, har havet allerede ligget på et langt højere niveau på andre lokaliteter i Limfjorden. På

den af forfatterne udarbejdede nye strandforskydningskurve, fig. 15, ses det meget tydeligt, at skaldateringerne fra Vust falder helt udenfor det overordnede mønster. Skallerne må være uderoderet andetsteds under transgressionen og derefter sammenblandet og aflejret i Vust-renden på et senere tidspunkt. I Vust-renden mangler derfor sedimenter fra transgressionens start, bortset fra brakvandsgytjen, hvad der absolut ikke er noget unormalt i dette dynamiske miljø.

Som det med tydelighed fremgår, er forholdene i Vust-boringen ikke så entydige som det er fremstillet af Petersen (1981). Ovenstående nytolkning skal derfor helst støttes af data fra andre nærliggende lokaliteter, som det gøres efterfølgende.

Vust ↔ Nørrekær Enge

I Nørrekær-boringen dateredes starten på den marine transgression på skaller af den marine musling *Cardium* (nu benævnt *Cerastoderma*) til 7310-7060 BC. Prøven er udtaget i kote -9,40 m, men de omliggende geotekniske boringer viser en tærskel for søbassinet omkr. kote - 8 m, som først skal overskrides. Med forbehold for de sædvanlige usikkerheder på dateringer af marine skaller (korrektion for marin reservoir-alder, omløjring m.m.) kan det anslås, at havniveauet allerede omkr. 7300 BC havde nået kote -8 m, se fig. 15. Altså betydeligt højere end ved Vust, hvor havet på dette tidspunkt ifølge Petersen (1981) end ikke havde nået kote - 25,5! Men som sagt tidligere kan det langt fra udelukkes, at de daterede skalfragmenter er omlejrret

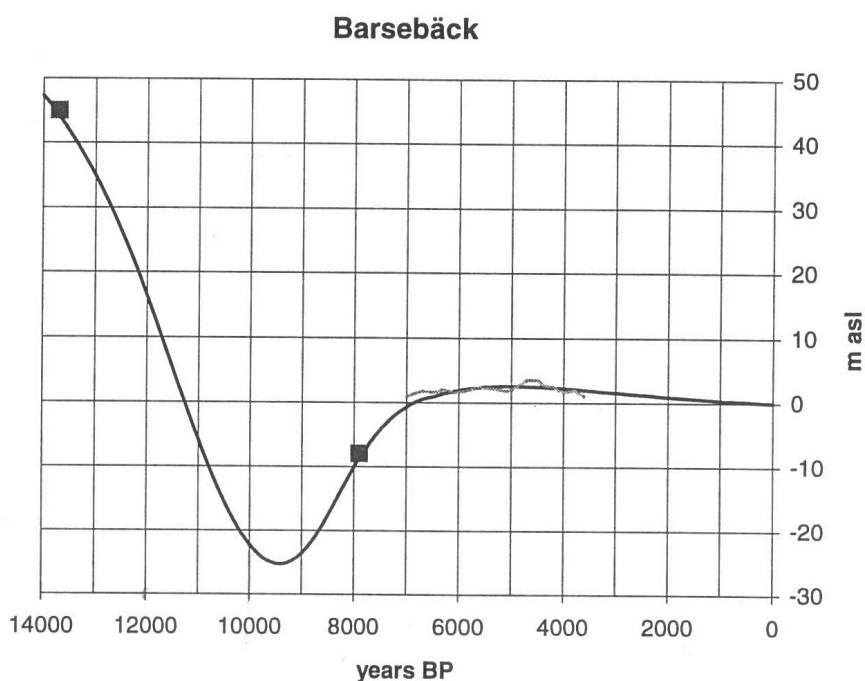


Fig 14 Modelleret kurve for Barsebäck (Påsse 1996)

fra et oprindeligt dybere levested.

Aggersborg, middelalder-voldsted

Under udgravningen af et middelalder-voldsted nedenfor vikingeborgen Aggersborg (fig. 11) (Nielsen 2010) blev et lag af strandtørv, dannet ovenpå marint sand, påtruffet i kote -1,10- -1,20, dateret til omkr. 6500 BC (KIA42408, 7645 ±45 BP, calib.: 6590-6430) (tabel 3). Tørven var efterfølgende overlejret af marint sand. Havniveauet var altså omkring 6500 BC nået op omkring kote -1,2. Fra transgressionen i Nørrekær Enge, omkr. 7300 BC, i kote -8 til førnævnte datering i kote -1,2 er der således forløbet ca. 700 år, altså en havstigning omkr. 1,0 m/100 år.

Gammel Nørtrup, syd for Hanstholm

Ved Gammel Nørtrup, umiddelbart syd for Hanstholm-knuden i vestlige Hanherred (fig. 11), er der i GGU- boring nr. 22.547 dateret 7 prøver af marine skaller fra kote -7,5 til +2,5 m (Petersen & von Hallermund, i tryk). Nederste prøve i kote -7,5 (AAR-7843, 8410 ± 100 BP (måleusikkerhed anslået), calib.: omkr. 7500 BC) er den ældste og er næsten svarende i niveau, og i nogen grad i alder, i forhold til transgressionen i Nørrekær Enge, se tabel 3 og fig. 13. De overliggende seks prøver udviser desværre et stærkt uregelmæssigt aldersforløb, formentlig på grund af den stærkt eksponerede beliggenhed, og er derfor ikke medtaget her. Også her er der tegn på at dateringsmaterialet fra ovennævnte prøve er bragt op fra lidt lavere niveau, se fig. 15.

Skandrup Strand, nordlige Mors

Profil i kystskrænt ud mod Thisted Bredning (fig. 11) med lag af tørv, ferskvands- og saltvands-gytje under strandvold (Petersen 1975). Fra tørven er dateret træstub in situ (K-2476, cal.: 6560-6070 BC) og vedstykke (K-2474, cal.: 6200-5710 BC), se tabel 3 og fig. 13, begge beliggende på og lidt over nuværende havniveau. Dette er de ældste dateringer på en høj kote af relevans for fastlæggelsen af strandforskydningen og dermed hastigheden af havstigningen i Limfjordsområdet.

Gjøltrup Have, østlige Hanherred

Østerbanke i kote 3-4, hvilende på moræne (fig. 11). En datering, K-2480 giver alderen cal.: 6050-5670 BC, se tabel 3 og fig. 13. Dette er det første vendepunkt i transgressionsforløbet, som også angivet af Petersen (1981, fig. 3). Herefter indtræder skiftende regressioner og transgressioner, de såkaldte Littorinatransgressioner, men som i Limfjordsområdet ikke er nøjere fastlagt, se Petersen (1975, fig. 7).

Petersen har også selv, uden at have erkendt det, leveret bidrag til korrektion af hans egen strand- forskydningskurve fra Vust-boringen. I Petersen (1985b, 1998) bringer han resultater fra 14 boringer til vands på Jyske Rev, nordvest for Limfjordsområdet, to boringer på land på Agger Tange samt to boringer ved Strande syd for Harboøre Tange. De tre nævnte lokaliteter ligger vest for kortudsnittet på fig. 11. Tabel 3 og fig. 13 viser et udvalg af relevante fortrinsvis dybereliggende dateringer fra Petersen (1998), alle nykalibrerede.

Som tidligere nævnt ligger alle Petersens undersøgelsesområder mellem de postglaciale hævningslinier fra kote ca. 2 (ved Agger Tange) til ca. 5 m (ved Nibe), Mertz (1924), se fig. 2. Dybderne på dateringerne fra Agger og Strande er i fig. 15 korrigeret til Nørrekær Enge/Vust-niveauet ved at trække 2,5 m fra dybden. Det samme er tilfældet med dateringerne fra Jyske Rev, som strækker sig undersøisk fra Agger mod VNV, selv om forløbet af hævningslinierne ikke er kendt til havs (Mertz 1924). Niveauet for de to dateringer fra Skandrup Strand på Mors er forhøjet med 1 m.

Flere af ovennævnte dateringer er rigtig interessante. For det første registrerer vi den marine transgression, som efterfølger den postglaciale fastlandstid, på et dybere niveau end i de indre danske farvande, herunder Storebælt. Dernæst ses det, at kote -24 m allerede nås omkr. 8000 BC (Agger I, AAR-1827), altså samme dybde som den omdiskuterede prøve i Vust-boringen, hvor de marine skaller dateredes så sent som mellem 6800 og 6200 BC, se tabel 3 samt fig. 13 og 15. Endelig får vi fastlagt et ret præcist transgressionstidpunkt gennem prøverne fra de to nærliggende boringer ved Strande. I Strande II viser dateringen (K-6150) af ferskvandstørvgytje i kote -10,5 m (korrigeret kote -8,0), datering 7700-7070 BC, at transgressionen endnu ikke havde nået dette niveau, mens Strande I-dateringen (K-6149) fra et transgressionslag umiddelbart over en abrassionsflade i moræneler viser, at dette skete senest 7070-6370 BC. Dette svarer ret godt til Nørrekær Enge, både hvad angår dybde og alder, idet transgressionen her finder sted omkr. 7300 BC, se fig. 15.

Et andet bemærkelsesværdigt forhold er, at Petersen i artiklen (1998, fig. 9) gengiver en forenklet strandforskydningskurve på basis af nogle få dateringer fra undersøgelserne: K-1828 fra kote -33, K-1827 fra kote -24, K-6149 fra kote -11,5- -12,0 og K-6150 fra kote -10,5, se tabel 3 og fig. 13. Han refererer til sine tidligere angivelser af den holocæne havstigning på 3 m/100 år gennem et tidsrum på 800 år og anfører, at kurven viser "et nært sammenfald i tid og stigningstakt med havstigningskurver fra andre steder i landet (K.S. Petersen 1981; C. Christensen 1993)". Til det er at sige, at hvis man måler på hans fig. 9 - samt i øvrigt vurderer materialet nøjere - når man frem til en stigningstakt på kun 1,5 m/100 år!

Konklusioner

Nærværende nyvurdering af det postglaciale (atlantiske) transgressionsforløb i Limfjordsområdet bygger på 27 kulstofdateringer, heraf 23 fra Kaj Strand Petersens mange artikler. Alle dateringer er kalibreret efter Reimer et al. (2013) og Ramsey (2013) og er opført i tabel 3 og fig. 13. Der er overvejende tale om dateringer af molluskskaller fra borer. I dateringerne er indregnet en marin reservoir-alder på 400 14C-år, således at det er muligt at sammenligne dateringer af skaller med dateringer af organisk materiale, såsom tørv og planterester. Det må meget beklages, at der på de ret gamle kulstof 14-dateringer er en meget stor usikkerhed, oftest $\pm 100-150$ år. Skaldateringer er ikke uproblematisk, da skallerne sjældent optræder i livsstilling, men oftest påtræffes opkastet til højere niveau og omlejret i ler, sand og grus. Dybden svarer derfor langt fra til dateringen, som det også er omtalt i flere tilfælde i det foregående og som det fremgår af fig. 15.

Kaj Strand Petersens omfattende undersøgelser har udover transgressionsforløbet rettet sig mod Limfjordens udvikling efter dens dannelse, såsom opbygning af strandvoldssystemer, aflukninger ved barriere-dannelser, ændringer i molluskfaunaen m.m. Mange dateringer i disse undersøgelser ligger omkring nuværende havniveau og derfor ikke medtaget her. Petersen har heller ikke fokuseret specielt på de atlantiske og subboreale mindre svingninger, de såkaldte Littorinatransgressioner. Fra området omkring Løgstør Bredning har Petersen således 11 kulstof 14-dateringer, men det er langt fra nok til at konstruere en detaljeret strandforskydningskurve (Petersen 1975, fig. 7), som det f. eks. er tilfældet i Vedbæk, Halsskov, Blekinge, Vadehavet m.fl.

Strandforskydningen frem til den her behandlede periode skal kort omtales. Efter isens afsmeltning lå havniveauet i Senglaciel tid i det nordligste Jylland (linjen Frederikshavn/Hirtshals) omkr. 60 m over det nuværende (Mertz 1924; Richard 1996). Men i denne tidlige periode var landhævningen stor, og allerede omkr. 8500 BC (se senere), blev den isostatisk hævning "overhalet" af den fortløbende eustatiske havstigning, og havet var i niveau med det nuværende. Mellem Frederikshavn/Hirtshals-linjen og Limfjordsområdet ligger de senglaciale hævningsslinier meget tæt, så allerede omkring Løgstør lå den senglaciale kystlinie kun mellem 5 og 10 m over den nuværende, og syd herfor, i den vestlige del af Limfjorden, ligger de senglaciale hævningsslinier under stenalderhavets (Mertz 1924).

Der foreligger af ovennævnte grunde ikke strandforskydningskurver for Senglaciel tid for Limfjordsområdet, men Påsse (1996) har modelleret sådanne for mange skandinaviske lokaliteter. Fra Barsebäck ved Øresund, som ligger på samme hævningsslinie som Nørrekær/Vust, er gengivet en kurve omfattende Sen- og Postglaciel tid, fig. 14 (=Påsse 1996, fig. 4-42). Her er højeste

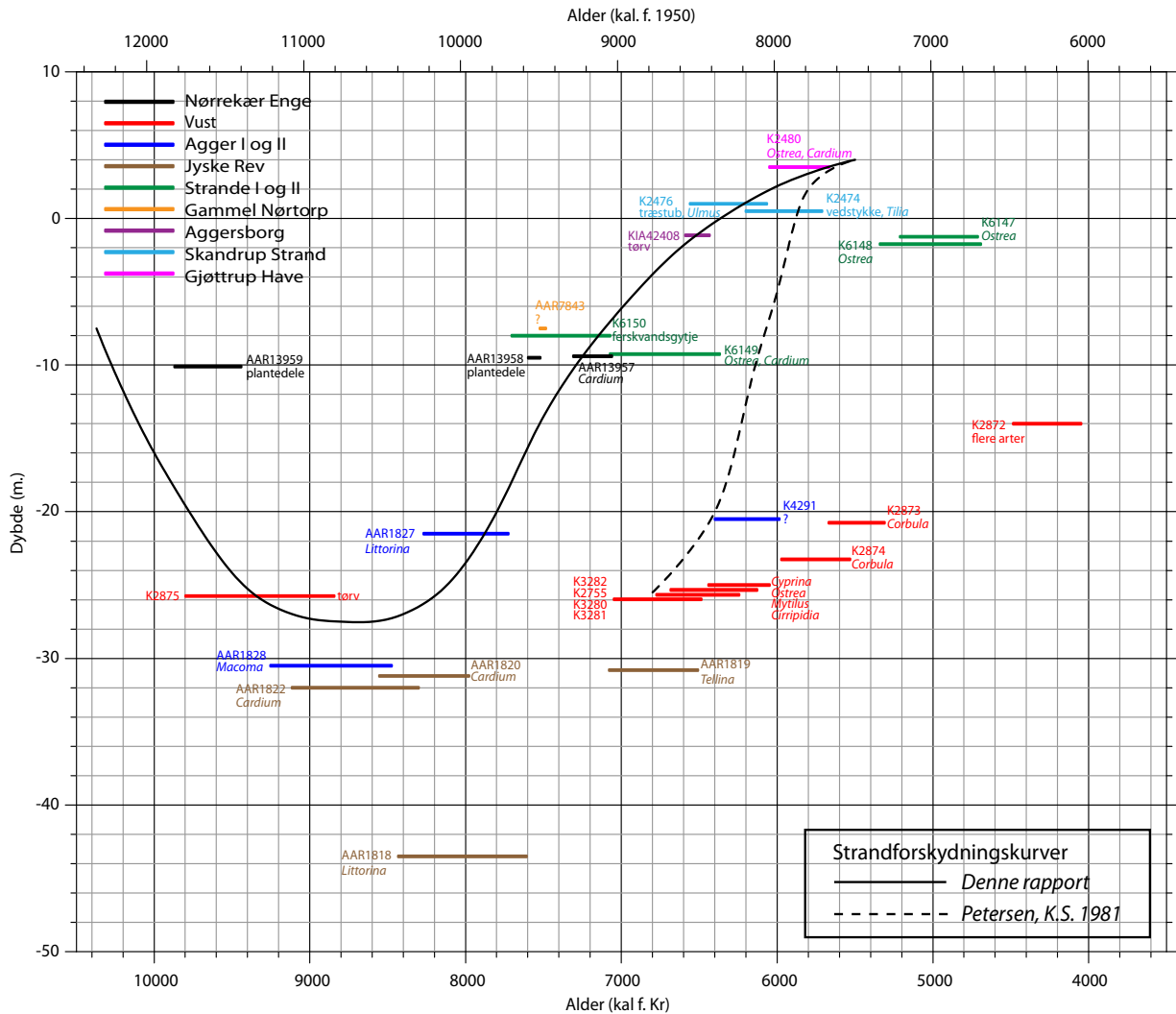


Fig 15. Alder/dybde diagram med konstrueret strandforskydningskurve. Indsat er kurve fra Petersen (1981) som bygger på Vust-boringen. De fire tætliggende dateringer fra Vust er alle fra samme dybde. Der er anvendt samme farver for lokaliteterne som i fig. 13.

havniveau angivet 45 m over nuværende i sen-glacial tid. Dette passer slet ikke med Limfjorden (Mertz 1924), så landhævningen i sen-glacial tid har ikke fulgt samme mønster de to steder. Tidspunktet hvor "havstigningen overhaler landhævningen", kurvens knæpunkt, har Påsse i Barsebäck beregnet til omkr. 8500 BC i kote -25 m. Den efterfølgende atlantiske stigning har ifølge Påsse beløbet sig til 27 m. Der er derfor rigtig god overensstemmelse mellem forfatterens Limfjordskurve, fig. 15, og den modellerede kurve fra Barsebäck, fig. 14. Ovennævnte forhold har betydning for stejlheden af atlantiske strandforskydningskurver for Limfjorden, da den allerførste del af den opstigende atlantiske kurve må være mindre stejl end det lidt senere forløb.

I fig. 15 er samtlige omtalte data sat ind i et alder/dybde diagram som grundlag for en konstruktion af en strandforskydningskurve. Den ældste del af kurven er meget usikkert fastlagt, men er trukket med hensyntagen til dateringen af ferskvandsgytje i Nørrekær Enge (AAR-13957) og

tørvedateringen fra Vust (K-2875). Dateringen af højeste senglaciale kystlinie, i Løgstør-området mellem kote 5 og 10 m (Mertz 1924), er ukendt.

De mange dateringer af skaller fra de dybeste boringer medvirker ikke til en præcis fastlæggelse af kurven, da vanddybden det pågældende tidspunkt ikke kan fastslås nøjere. Der er derfor problemer omkring kurvens opstart ved begyndelsen af den atlantiske transgression. Ældste datering er på skaller af *Macoma* fra 33 m's dybde i Agger II-boringen (korrigeret til kote -30,5), datering 9250-8470 BC (K-1828), mens den dybeste datering er på skaller af *Littorina* fra 46 m's dybde i en boring fra Jyske Rev (korrigeret til kote -43,5), datering 8430-7610 BC (K-1818). Disse dateringer siger kun, at havniveauet har været højere på de pågældende tidspunkter. Dog må det bemærkes, at der er tre skaldateringer fra stort set samme niveau (kote -30 til -32, korrigeret) som har næsten samme alder: K-1828 fra Agger II, K-1820 fra Jyske rev og K-1822 ligeledes fra Jyske Rev. Det er derfor meget sandsynligt at kystlinien på dette tidspunkt har ligget højere. Vendepunktet fra faldende til stigende kurve, omkr. 8500 BC er derfor placeret omkr. kote -28. Den første lidt mere sikre fastlæggelse af det videre kurveforløb kommer fra Vust-boringen, hvor en pollenanalyse af brakvandsgytje fra kote -25 til -25,5 daterer denne til Boreal tid, d.v.s. i tidsrummet 8300-7000 BC, altså langt tidligere end foreslået af Petersen (1981). Hvis angivelsen af, at der er tale om brakvandsgytje, og at pollendateringen af den omrodede prøve ligeledes er rigtig, må starten nødvendigvis ligge i den allertidligste del af denne periode, på fig. 15 sat til 8000 f. kr. Ellers passer kurveforløbet op til Nørrekær/Strande-dateringerne i kote -8-10 meget dårligt med andre dateringer.

Kurveforløbet er bedst fastlagt gennem fem dateringer på følgende lokaliteter: Nørrekær Enge, tørv i kote -9,5 (AAR-13958), marine skaller i kote -9,4 (AAR-13957.) I Nørrekær Enge ligger der en tærskel i kote -8,0, hvorfor transgressionen må overskride denne tærskel omkr. 7300 BC. Strande I og II, ferskvandsgytje i kote -8,0 (K-6150), marine skaller i kote -9,0-9,5 (K-6149), de to sidstnævnte begge korrigeret til Nørrekær/Vust-niveau. Gl. Nørtrup, marine molluskskaller i kote -7,5. Disse fem dateringer er helt afgørende i argumentationen for at Petersens Vust-kurve er forkert. Mens kystlinjen efter Petersens opfattelse lå i kote -25 m omkr. 6800 BC, var havniveauet omkr. 7300 BC allerede oppe på kote -8 m, jf. fig. 15.

Første begyndende udfladning i kurven, og dermed ophøret af den hidtil fortløbende havstigning, indtræder med dateringen fra Gjøttrup Have af en østersbanke i kote 3,0-4,0 omkr. 5600-5700 BC (K-2480), se fig. 15 og Petersen (1975). Dette er i rigtig god overensstemmelse med at det første vendepunkt i strandforskydningskurverne fra Halsskov (Christensen et al. 1997) og Vedbæk (Christensen 1981, 2014). Begge steder ligger vendepunktet omkr. 5300 BC, og i Vedbæk, på samme hævningslinie som Nørrekær/Vust, ligger det i kote 4,0.

Hastigheden af den atlantiske transgression

På fig. 15 kan stigningshastigheden aflæses i forskellige tidsrum. Hvis hele det atlantiske kurveforløb betragtes, og transgressionens start sættes så tidligt som 8000 BC i kote -25 (pollendateringen i Vust) og dens afslutning omkr. 5800 BC (Gjøltrup Have) fås en havstigning på 1,3 m/100 år. Hvis starten derimod sættes til senere i boreal tid, f. eks. 7500 BC, fås en stigning på 1,6 m/100 år.

Hastigheden, stejlheden af kurven, er dog ret forskellig indenfor kortere tidsafsnit. Hvis kurven er tegnet rigtig, kan der aflæses en stigning fra kote -25 m til kote -8 m på 700 år, svarende til 2,4 m/100 år. Det er nok for højt, så der kan rejses tvivl om pollendateringen af brakvandsgytjen i den omrodede prøve fra Vust. Fra Nørrekær-transgressionen 7300 BC i kote -8,0 til Aggersborg-dateringen 6500 BC i kote -1,2, kan beregnes en stigning på 1,0 m/100 år. Fra sidstnævnte datering fra Aggersborg frem til kurveudfladningen ved dateringen fra Gjøltrup Have omkr. 5800 BC, fås en stigning på 0,7 m/100 år. Altså som forventet: en klart aftagende hastighed frem i tiden.

Endelig skal det gentages, at Petersen (1998) selv gengiver en strandforskydningskurve, hvorpå kan aflæses en stigningstakt på 1,5 m/100 år.

Konklusionen på nærværende undersøgelse kan kort sammenfattes som følger: Der er ikke belæg for den meget hurtige atlantiske havstigning på 3-5 m/100 år indenfor tidsrummet 6800 til 5800 f. kr., som postuleret af Kaj Strand Petersen. Derimod forløber stigningen indenfor et meget længere tidsrum, 8500 til 5500 f.kr., og med stigningstakter i forskellige tidsafsnit mellem 0,7 og 1,6 m (evt. 2,4 m) på 100 år.

Globale postglaciale havstigninger

I Limfjordsområdet er den isostatisk landhævning ikke helt afsluttet i den her behandlede periode. Det indvirker på de observerede havstigningshastigheder, således at de bliver lavere end hvis der udelukkende var tale om eustatiske stigninger. Ovennævnte stigninger er dog i god overensstemmelse med, hvad der er kendt fra områder på kloden, som er upåvirket af isostatisk eller tektonisk bevægelser (Pirazzoli 1991).

Fairbanks (1989) har på koralrev på Barbados målt en stigning på 1,8 m/100 år i en længere periode i postglacial tid. Bard et al. (1996) har påvist en tilsvarende hastighed på Tahiti. Ved den tyske Nordsøkyt er der målt gennemsnitlig hastighed på 1,25 m/100 år i tidsrummet 7000-5000 BC (Behre 2007, 2012; Baeteman et al. 2011), men her er der tale om nogen indsynkning

i det betragtede tidsrum, d.v.s. stigningshastigheden er reelt lidt mindre.

I Blekinge ligger vendepunktet i strandforskydningskurven omkr. 7000 BC (inden den atlantiske stigning) i kote 0, efterfulgt af en stejl stigning til det første postglaciale maksimum omkr. 5500 BC i kote 7,5 m. Omkr. 5600 BC menes påvist en ekstrem hurtig stigning på 3-4 m (fra kote 3 til 7,2) indenfor 100 år, med årsag i en tapning af isdæmmede søer op mod resterne af det amerikanske isdække (Yu 2003; Yu et al. 2005, 2007; Berglund et al. 2005). Denne kortvarige men hurtige stigning kan grundet manglende data ikke iagttages i Limfjordskurven, men har sin parallel i Vedbæk (Christensen 1981, 2014).

Der blev således ikke meget tilbage af den bibelske syndflod, som blev omtalt i indledningen. Stenalder- jægeren/fiskeren har næppe indenfor sin levetid kunnet erkende den pågående havstigning. Dog kan det tænkes, at der i slægtens historie indgik erindringer om en tid, hvor havet stod lavere og nu druknede øer endnu var synlige fra bopladsen.

Referencer

- Aaby, B. 1993. Flora. In Hvass, S. & Storgaard, B. (eds.) Digging into the Past. 25 Years of Archaeology in Denmark. Copenhagen/Aarhus, 24-27.
- Bard, E., Hamelin, B., Arnold, M., Montaggioni, L., Cabioch, G., Faure, G. & Rougerie, F. 1996. Deglacial sea-level record from Tahiti corals and the timing of global meltwater discharge. *Nature* 382, 241-244.
- Baeteman, C., Waller, M. & Kiden, P. 2011. Reconstructing middle to late Holocene sea-level change: A methodological review with particular reference to 'A new Holocene sea-level curve for the southern North Sea' presented by K.-E. Behre. *Boreas*, vol. 40, pp.557-572.
- Behre, K.-E. 2007. A new Holocene sea-level curve for the southern North Sea. *Boreas* 36,1, p. 82-102.
- Behre, K.-E. 2012. 'Reconstructing middle to late Holocene sea-level change: A methodological review with particular reference to "A new Holocene sea-level curve for the southern North Sea" presented by K.-E. Behre: Comments. *Boreas* Vol.?, pp. 308-314
- Berglund, B., Sandgren, P., Barnekov, L., Hannon, G., Jiang, H., Skog, G. & Yu, S.-Y. 2005. Early History of the Baltic Sea, as reflected in coastal sediments in Blekinge, southeastern Sweden. *Quaternary International* 130, 111-139.
- Christensen, C. 1982. Havniveauændringer 5500-2500 f. Kr. i Vedbækområdet, Nordøstsjælland. *Dansk Geologisk Forening, Årsskrift for 1981*, 91-107.
- Christensen, C. 1993. Land and Sea. In Hvass, S. & Storgaard, B. (eds.) Digging into the Past. 25 Years of Archaeology in Denmark. Copenhagen/Aarhus, 20-23.
- Christensen, C. 2001. Kystbosættelse og havniveauændringer i stenalderen. In: Jensen, O.L., Sørensen, S.A. & Hansen, K.M. (eds.). *Danmarks jægerstenalder – status og perspektiver* Hørsholm Egnsmuseum, 183-193.
- Christensen, C. 2014. Havniveauændringer 6000-3000 f.Kr. i Vedbæk-området, NØ-Sjælland - fortsatte geobotaniske undersøgelser i årene 1982- 1990. *Nationalmuseets Naturvidenskabelige Undersøgelser*, rapport nr. 15, 2014.
- Christensen, C., Fischer, A., Mathiassen, D. R., 1997. The great sea rise in the Storebælt. In: *The Danish Storebælt since the Ice Age – man, sea and forest* (eds. L. Pedersen, A. Fischer, B. Aaby). A/S Storebælts-forbindelsen, 45-54.
- Christensen, C. & Nielsen, A.B. 2008. Dating Littorina Sea shore levels in Denmark on the basis of data from a Mesolithic coastal settlement on Skagens Odde, Northern Jutland. *Proceedings of the Workshop "Relative sea level changes" in Gdansk 2005*. Polish Geological Institute, Special Papers, 23, p 27-38.
- Fairbanks, R. G. 1989. A 17,000-year glacio-eustatic sea-level record: influence of glacial melting

- rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature* 342, 637-647.
- Fritzbøger, B. & Odgaard, B.V. 2010: Skovenes Historie. I Sand-Jensen, K. (red.). *Naturen i Danmark, Skovene*. Gyldendal. p. 55-88.
- Jessen, A., 1920. Stenalderhavets udbredelse i det nordlige Jylland. *Geological Survey of Denmark. II. Series. No. 35*.
- Mertz, E.L. 1924. Oversigt over de sen- og postglaciale Niveauforandringer i Danmark. *Danmarks Geologiske Undersøgelse, II Rk., Nr. 41*.
- Nielsen, B. H. 2010: Hedegårdskalotten. Det sidste vidne til livet før syndfloden. *Vesthimmerlands Museums Årbog 2010*, p. 19-26.
- Petersen, K.S. 1975. Om Limfjordens postglaciale marine udvikling og niveauforhold, belyst ved molluskfaunaen og C- 14 dateringer. *Danmarks Geologiske Undersøgelse, Årbog 1975*, 75-103.
- Petersen, K.S. 1980. Den Holocæne marine transgression og molluskfaunaen i Hanherred – belyst ud fra en boring ved Vust. *Dansk. Geol. Foren., Årsskrift for 1979*, 15-17.
- Petersen, K.S. 1981. The Holocene marine transgression and its molluscan fauna in the Skagerrak-Limfjord region, Denmark. In Nio, S.-O., Shüttelhelm, R.T.E. & van Weering, T.C.E. (eds) *Holocene Marine Sedimentation in the North Sea Basin. Special Publications International Association of Sedimentologists 5*, 497-503.
- Petersen, K.S. 1985a. The Late Quaternary History of Denmark. The Weichselian Icesheets and Land/Sea Configuration in the Late Pleistocene and Holocene. *Journal of Danish Archaeology*, vol. 4, 7-22.
- Petersen, K.S. 1985b. Late Weichselian and Holocene Marine Transgressions in Northern Jutland, Denmark. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 35, 71-78.
- Petersen, K.S. 1990. Limfjordens geologiske udvikling set i lyset af forskningshistorien. *Limfjordsprojektet. Rapport nr. 1,1990*, 13-27.
- Petersen, K. S. 1991. Syndfloden. *DGU information. Danmarks Geologiske undersøgelse*, okt. 1991, Nr. 3.
- Petersen, K.S. 1992. Om større geologiske/miljøhistoriske ændringer i Limfjorden i Holocæn. *Limfjordsprojektet. Rapport nr. 4,1990*, 17-28.
- Petersen, K. S. 1998. Den holocæne marine miljøudvikling ved Limfjordstangerne og tilgrænsende dele af Nordsøen – Jyske Rev, belyst ved molluskfaunaen. *Limfjordsprojektet. Rapport nr. 8*, 303-323.
- Petersen, K.A. 2004. Late Quaternary environmental changes recorded in the Danish marine molluscan faunas. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin 3*, 268 p.
- Petersen, K. S., von Platten-Hallermund, F., Christensen, C., Andersen, S. H. & Rasmussen, K. L. 1993. Holocene sea-level data from Denmark. In: *Sea-level changes during Holocene times. European Science Foundation Special Issue 14. Proceedings of the ESF-workshop in Rennes, France, dec. 1993*.

- Petersen, K.S., Rasmussen, K.L., Rasmussen, P. & von Platen-Hallermund, F. 2005. Main environmental changes since the Weichselian glaciation in the Danish waters between the North Sea and the Baltic Sea as reflected in the molluscan fauna. *Quaternary International* 133-134, 33-46.
- Petersen, K.S. & von Platen-Hallermund, F. (i trykken). Topografi. Landskabets tilblivelse i Thy og Vester Hanherred, processer og sedimenter. Bidrag til publikation om bronzealderbopladserne ved Bjerre i Thy.
- Pirazzoli, P. A. 1991. World atlas of Holocene sea-level changes. Elsevier Oceanography Series 58. Amsterdam.
- Påsse, T. 1996. A mathematical model of the shore level displacement in Fennoscandia. Svensk Kärnbränslehantering AB, Technical Report 96-24.
- Ramsey, B. 2013. OxCalv4.2.3; r5.
- Reimer, P.J. et al. 2004. IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP. *Radiocarbon* 46, p. 1029-1058.
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. V., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, G. E., Hai Cheng, Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hafliðason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T. J., Hoffmann, D. L., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Felix Kaiser, K., Kromer, B., Manning, S. W., Niu, M., Reimer, R. W., Richards, D.A., Scott, E. M., Southon, J. R., Staff, R. A., Turney, C. S. M., van der Plicht, J. 2013. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP. *Radiocarbon* vol. 55, no. 4 p.1869-1887.
- Richardt, NN.. 1996. Sedimentological examination of the Late Weichselian sea-level history following deglaciation of northern Denmark. In: Late Quaternary Palaeoceanography of the North Atlantic Margins (eds. J. T. Andrews, W. E. N. Austin, H. Bergsten, A.E. Jennings. Geological Society Special Publication, 111: 261-273.
- Winn, K., Averdicck, F.-R., Erlenkeuser, H. & Werner, F. 1986. Holocene Sea Level Rise in the Western Baltic and the Question of isostatic Subsidence. *Menyania* 38, 61-80.
- Yu, S.Y., 2003. The Littorina transgression in southeastern Sweden and its relation to mid-Holocene climate variability. Lundqua Thesis, 51.
- Yu, S.Y., Berglund, B.E., Sandgren, P. & Fritz, S.C. 2005. Holocene palaeoecology along the Blekinge coast, and implications for climate and sea-level changes. *The Holocene* 15, 2: 278-292.
- YU, S.Y., Berglund, B. E., Sandgren, P. & Lambeck, K. 2007. Evidence for a rapid sea-level rise 7600 yr ago. *The Geological Society of America. Geology* 35, no. 10, p.891-894.

