

En ø's opståen, kystdannelse og vegetationsudvikling: Naturlige og menneskeskabte landskaber på Læsø

JENS MORTEN HANSEN



Hansen, Jens Morten: En ø's opståen, kystdannelse og vegetationsudvikling: Naturlige og menneskeskabte landskaber på Læsø. *Geologisk Tidsskrift*, hæfte 2, pp. 1-74. København, 1995-11-30.

Læsø - Kattegats største ø - og dens ca. 50 omkringliggende holme præges af kyst- og vegetationstyper, som trin for trin dannes og afløser hinanden i takt med såvel øens hævnning over havet som den menneskeskabte påvirkning.

Kystdannelsen styres som alle andre steder af en række regionale naturforhold, men også af helt lokale (eller unikke) forhold, som nødvendigvis må forstås, før man kan identificere effekterne af den regionale udvikling. En særligt bemærkelsesværdig lokal påvirkning er Læsøs tiltagende strandforskydning (relative landhævning) gennem de sidste 2.000 år. I andre tidligere nedlavede områder i Skandinavien er den relative landhævning aftagende.

Læsø rummer stort set alle det marine forlands velkendte kystformer, men Læsø har ikke som andre marine forlande et ældre, fremmedartet landskab at være forland til. Særlige forhold må derfor antages at have skabt en lokal geologisk situation, som kan begrunde, at øen overhovedet opstod.

Ligeledes fremviser Læsøs vegetationsudvikling både regionale og lokale træk. De regionale træk skyldes primært Læsøs påvirkning af geologiske, klimatiske og botaniske forhold, der er karakteristiske for det baltiske område. De lokale træk, som kan give Læsøs naturlandskaber en overfladisk lighed med Sydvest-, Vest- og Nordvestjyllands marsk-, hede- og klitlandskaber, og som oftest helt overpræger de regionale træk, er primært forårsaget af en massiv, human påvirkning af naturen. Det vil sige langtidsvirkningen af den rovdrift på naturen, som middelalderens koncentrationsagerbrug og kirkemagtens saltbeskatning var udtryk for både før og efter reformationen.

Læsøs ældre ø-stadier præges af en transportdomineret kysttilvækst med dannelse af tætliggende strandvolde på toppen af et hævet og eroderet marint sandflak. Derefter dannes krumodder og barrierer langs Læsøs vest- og sydvestkyster. Den ene barriere efter den anden lægger sig i en ubrudt serie uden for hinanden på Læsøs sydvestkyst fra slutningen af bronzealderen og frem til nutiden. Samtidig vokser der fra det hævede sandflaks nordøsthjørne en stor retodde mod nordnordøst, hvor den senere giver anledning til den komplekse halvødannelse, som udgør Læsøs nuværende østende.

Omkring år 0 ændres de kystdannende processer radikalt langs Læsøs sydkyster, idet den lerplatform, som Læsø ligger på nu kommer så tæt på havoverfladen, at lerplatformen kan eroderes af bølgerne. Efterhånden som lerplatformen eroderes, udvikles et lag (residualkonglomerat) af sten, som indtil da har ligget spredt i leret. På et tidspunkt bliver dette stenlag så tykt, at det kan beskytte lerplatformen mod yderligere erosion. Dette giver anledning til en landhævningsdomineret kysttilvækst, som også danner basis for Læsøs begyndende opdyrkning omkring 1000 år senere.

Ved landhævningen dannes de for Læsø karakteristiske 'fjærer', dvs. vidtstrakte, lavvandede sandflader med en ganske anden dannelsesmæssig baggrund end Vadehavets tilsyneladende ensdannede sandvader. Fjærerne defineres i artiklen og forekommer i nutiden som ustadigt tørlagte sandflader med en udstrækning på ca. 90 km² i en 3-5 kilometer bred zone omkring Læsøs sydlige dele. Sådanne tidligere fjærer er nu hævet over havniveau og udgør en stor del af det nuværende Læsø, bl.a. strandengene Rønnerne.

Under strandengene dannes hypersalint grundvand med en saltkoncentration på op til 15%. De processer, der fører til saltlagens dannelse, tilskrives Læsøs tørre klima, lerplatformens ringe permeabilitet, fysiologiske processer hos strandengenes karakterplanter, osmotiske processer og selektiv afdræning af ferskvand.

Tilsammen udgør strandengene med deres saltpander og fjærerne med deres ustadige vekslen mellem tørre og våde og mellem salte og ferske forhold nogle enestående landskaber, der bedst kan karakteriseres som kummerlandskaber. Begrebet kummerlandskab indføres i artiklen som et nyt landskabsøkologisk begreb og defineres som landskaber, hvor vegetationen jævnligt sættes tilbage af naturlige begivenheder, eller hvor human aktivitet har forringet mulighederne for en biologisk produktion.

I takt med landhævningen, kysttilvæksten og grundvandsudviklingen sker der en videre udvikling af de vegetationstyper, som oprindeligt tog de nyskabte kyster i besiddelse. Således kan der fra Læsø nuværende kyster og ind mod øens ældre dele iagttages to serier af naturlige vegetationstyper: Én serie på den transportdominerede kysttilvæksts landskaber, og en anden på den landhævningsdominerede kysttilvæksts landskaber.

Disse naturlige vegetationsudviklinger adskiller sig fra almindeligt forekommende, økologiske vegetationsudviklinger (auto-økologiske udviklinger) andre steder i landet. De læsøske udviklingsrækker beskrives i artiklen og kan opfattes som ikke tidligere beskrevne typer af vegetationsudviklinger (allo-økologiske udviklinger), hvor den relativt hastige ændring af landskabets fysiske tilstand er en mere betydende faktor end vegetationens almindelige modning og tilpasning til sig selv. Disse udviklingsrækker er primært forårsaget af landhævningen, den gradvise udvikling af ferskt grundvand og af en aftagende marin påvirkning i takt med kysttilvæksten.

De naturlige landskaber beskrives og sammenlignes med de menneskeskabte, der i lige så høj grad som kystens kummerlandskaber udgør Læsøs natur. Gennem middelalderens saltsydning, skovrydning og koncentrationsagerbrug blev efterhånden så godt som al brændbar og lægivende bevoksning fjernet. I slutningen af 1600-tallet omskabte sandflugten derfor den hidtil skovklædte ø til 'en stormomsust ødemark', således som øens tilstand beskrives af Achton Friis endnu i 1928.

I begyndelsen af dette århundrede indledtes en ny stor, menneskeskabt forandring, idet læ- og klitplantning på mindre end 60 år har genskabt en skovklædt ø, men hvor også den indslæbte bjergfyrr nu er ved at erobre de udyrkede og fredede naturlandskaber.

Jens Morten Hansen. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS), Thoravej 8, 2400 København NV. Privatadresse: Kathrinevej 7, 2900 Hellerup. 31. oktober 1995.

Indholdsoversigt

Indledning.....	3	Læsøs naturlandskaber.....	48
<i>Kapitel 1:</i>		Udvikling af kummerlandskaber.....	48
Geografiske forhold.....	5	Den ekstreme ustadigheds	
Læsø og omkringliggende holme.....	6	naturlige kummerlandskaber.....	49
Det frie stræk omkring Læsø.....	6	Vekselsaline landskaber.....	50
Nuværende kysttyper.....	6	Omlejringslandskaber.....	52
Andre væsentlige geografiske forhold.....	7	Den ekstreme, langvarige tilstands	
Geologiske forhold.....	7	naturlige kummerlandskaber.....	53
Lerplatformen.....	7	Hypersaline landskaber (saltpander).....	54
Lerplatformens indre deformationsstrukturer.....	9	Vinterforsumpningshede og birkeskov.....	55
Gas-betinget deformation af lerplatformen?.....	10	Menneskeskabte kummerlandskaber.....	56
Residualkonglomeratet på toppen af ler		Skovryddede arealer - saltsydningens	
platformen.....	12	påvirkning.....	56
Sandflakkets aflejringer.....	12	Tørveryddede arealer - koncentrationsager-	
Flak-ø kompleksets aflejringer.....	15	brugs påvirkning.....	57
Læsøs tilvækstshistorie.....	16	Sandflugsarealer og menneskeskabte heder.....	58
Tiltagende hævningstakt for Læsøs strandlinier.....	16	Strandniveau-, landskabs- og	
Kortlægning af hævede strandlinier.....	19	vegetationsforskydning.....	60
<i>Kapitel 2:</i>		Klima-, jordbunds- og salinitetsforskydning.....	60
Tilvækst- og kysttyper.....	19	'Auto- og allo-økologisk' vegetationudvikling.....	61
Den transportdominerede kysttilvækst.....	20	Landskabernes 'allo-økologiske'	
Strandbredsvolde - konkordant strandvolds-		forskydningstakt.....	62
tilvækst.....	21	<i>Kapitel 4:</i>	
Krumodde-, barriere- og tangetilvækst.....	24	Kyst- og landskabstypernes udviklingsrækker.....	63
Retoddedannelse.....	26	Kystudviklingens hovedforløb.....	63
Tvesidigt opbygget vinkelforland.....	27	Landskabs- og vegetationsudviklingens	
Ensidigt opbygget vinkelforland.....	29	hovedforløb.....	64
Fed- og halvødannelse.....	29	Udviklingsrækken på den	
Begyndende dragdannelse.....	31	landhævningsdominerede kysttype.....	64
Den landhævningsdominerede kysttilvækst.....	31	Udviklingsrækken på den	
Hård- og fladbundsdannelse.....	32	transportdominerede kysttype.....	65
Fjæredannelse.....	33	Udviklingsrækken i de	
Dyb, løb og 'udhavne'.....	34	menneskeskabte kummerlandskaber.....	66
Holmdannelse.....	35	Balancen mellem lokale og	
Fjæretilgroning med strandengenes		regionale landskabstræk.....	66
plantebælter.....	36	Lokale og regionale påvirkninger af nordøen.....	66
'Floder', loer og vandhuller.....	37	Lokale og regionale påvirkninger af sydøen.....	67
Fersk og hypersalin grundvandsdannelse.....	38	Lokale og regionale årsager til sandflugten.....	67
Fersk grundvandsdannelse.....	38	Baltisk prægede, oprindelige	
Saltpander og naturlige saliner.....	39	landskabslementer.....	67
<i>Kapitel 3:</i>		Baltisk prægede, oprindelige	
Læsøs kulturlandskaber.....	45	vegetationstyper.....	68
Agerlandet - 'Haverne' -		Konklusion.....	68
Læsøs ældste landskab.....	45	Tak.....	69
Klitplantagerne.....	47	Liste over karakterplanter m.v.....	70
Opdyrkede heder.....	48	Litteratur- og kildehenvisninger.....	71

Indledning

Læsø er hjemsted for mange geologiske, naturgeografiske, botaniske og historiske forhold, som påkalder sig særlig interesse. Øens rigdom på naturarealer, der stort set henligger, som naturen har formet dem, gør Læsø til et både nationalt og internationalt interesseområde, hvor naturlige og menneskeskabte processer kan studeres i takt med, at en relativ landhævning på op mod 5 mm/år forandrer vilkårene (Hansen 1994a).

Naturhistorisk set er det centrale heri, at Læsø er placeret i overgangsområdet mellem det atlantiske og det baltiske miljø. Således forekommer øens nordlige dele på en række punkter at være sammenlignelige med landskaberne på Skagens Odde og længere sydpå langs den jyske vestkyst. Derimod er Læsøs sydlige landskaber af et mere baltisk tilsnit. Omend disse landskaber har en overfladisk lighed med Vadehavets egne, er deres dannelsesmåde og nuværende naturtilstand ganske unik og snarere sammenlignelig med nogle af de indre farvandes og Østersøens kysttyper.

Dertil kommer en række historiske og økonomiske forhold, som viser, at Læsø har haft en vigtig placering på tærsklen mellem Østersøen og verdenshavet.

Sagaerne og Saxo nævner ofte 'Hlørsey' og 'Lessøe', hvor norske konger og høvdinge mange gange har kæmpet med konkurrerende danske og svenske konger og høvdinge. Således kæmpede norskekongen Harald Hårderåde med dansk kongen Svend Estridsen i 1051 ved Læsø, indtil han kastede sine danske fanger overbord og derved undslap. Ligeledes kæmpede norskekongen Harald Gille i 1134 med danskerne ved Læsø. I 1181 samledes den danske flåde ved Læsø inden den lange rejse til det hellige land. I 1199 forfulgte svenskekongen Sverre det slagne norske felttog af bagler til Læsø (se Friis 1928), hvorfra baglerne vendte hjem til Norge for at strides med birkebeinerne.

Men ikke mindst middelalderens europæiske salt-handel og den industrielle produktion af salt på Læsø har skabt international interesse for bedre at forstå de naturgivne, økonomiske og politiske forhold, som muliggjorde handelen og produktionen, og som for 300 år siden nedkaldte en økologisk og økonomisk katastrofe over øen. De helt specielle læsøiske muligheder for at producere salt - et af middelalderens mest efterspurgte produkter - bevirkede en stadig mere opskruet beskatning, som skulle betales med salt til ejeren, domkapitlet i Viborg (Vellev 1991a,b, 1993, Grüner Nielsen 1924 m.fl.). Resultatet var, at den førhen skovklædte ø, Vor Frue Land, som bisperne kaldte Læsø, omdannedes til en stormomsust ødemærk (Friis 1928), som hærgedes af sandflugt, og som næppe mere kunne brødføde sin egen befolkning.

Søfart, fiskeri, bjærgning af strandingsgods og søhandel blev herefter den mandlige befolknings hovederhverv, mens kvinderne passede den forfløjne jord (A. Stoklund 1985, B. Stoklund 1967 og 1973, Grüner Nielsen 1924, Bing 1802). Især Læsøs strategiske beliggenhed mellem det skovrige Norge og de mange

træhungrende købstæder i Danmark og storbyer langs Østersøen gav Læsø nye indtægtskilder og eksportmuligheder (Stoklund 1973). Danmarks næststørste skudeflåde, der hjemmehørte i Læsøs 'udhavne' (Stoklund 1973, se side 34), varetog tømmertransport fra Norge og eksport af fisk, strandingsgods m.m. i 1600-, 1700- og 1800-tallet, selv om flere af svenskekrigene mellem 1643 og 1679 gjorde store indhug i Læsøs flåde. Fundet på Læsø af Danmarks næststørste møntskat, der sandsynligvis nedgravedes i 1675, viser at forholdene var urolige, men også at tømmertransporten og søhandelen har været en givtig forretning.

Først og fremmest gav Læsøs beliggenhed på tærsklen mellem verdenshavet og Østersøens talrige havnebyer et større antal strandinger end formentlig nogen anden kyst i denne del af verden. I lange perioder var strandinger således øens vigtigste indtægtskilde, fordi den aldeles skovløse og flade ø bag det vidtstrakte lavvande mod syd og bag revene mod vest, nord og nordøst ikke kunne ses fra skibene, før de stod uhjælpeligt på grund (se Stoklund 1967).

Rent landskabeligt betød disse politiske og økonomiske omvæltninger - først og fremmest Læsøs bosættelse og den skovrydning, som fremkaldtes af saltsydningen og svenskekrigene - at der i mere end 2 århundreder bredte sig menneskeskabte kummerlandskaber overalt i form af indsander, klitter, afblæsningsflader og heder, indtil klit- og læplantningen for 60-70 år siden påny begyndte at omskabe Læsø til en skovklædt og menneskevenlig ø.

Dét for Læsø mest særprægede er imidlertid naturens selyskabte 'kummerlandskaber'. Således er Rønnernes strandenge og saltpander og ikke mindst 'fjærerne' - de vidtstrakte sandflader syd for Læsø - udtryk for en unik kombination af særegne geologiske forhold med mere almindelige geografiske og botaniske naturfænomener. Paralleller til disse landskaber kendes næppe i samme målestok fra andre tempererede himmelstrøg. Landskaber med en vis lighed findes og er indgående beskrevet fra andre steder, f.eks. omkring Vadehavet (se f.eks. Jakobsen 1954 og 1969, Mikkelsen 1969 og Iversen 1954), i Roskilde Fjord og omkring Isefjorden (Mikkelsen 1949). Men især det sydvestjyske vadehavs geologiske struktur er afgørende forskellige fra forholdene på Læsø.

Måske netop derfor er disse enestående områder på og omkring Læsø, hvor kun de mest hårdføre eller tilpassede væsner kan overleve den ustadige vekslen mellem vådt og tørt, mellem salt og fersk, mellem læ og blæst og mellem rovdrift og fredning, ikke tidligere forsøgt sat ind i en overordnet naturhistorisk ramme, der søger at forene en geologisk og naturgeografisk procesforståelse med kendskabet til landskabstypernes naturlige vegetation og øens politiske og økonomiske historie.

Formålet med denne artikel er derfor primært at beskrive og forklare de forhold, som gennem et kompliceret samspil mellem geologiske, kystdannede, klima-

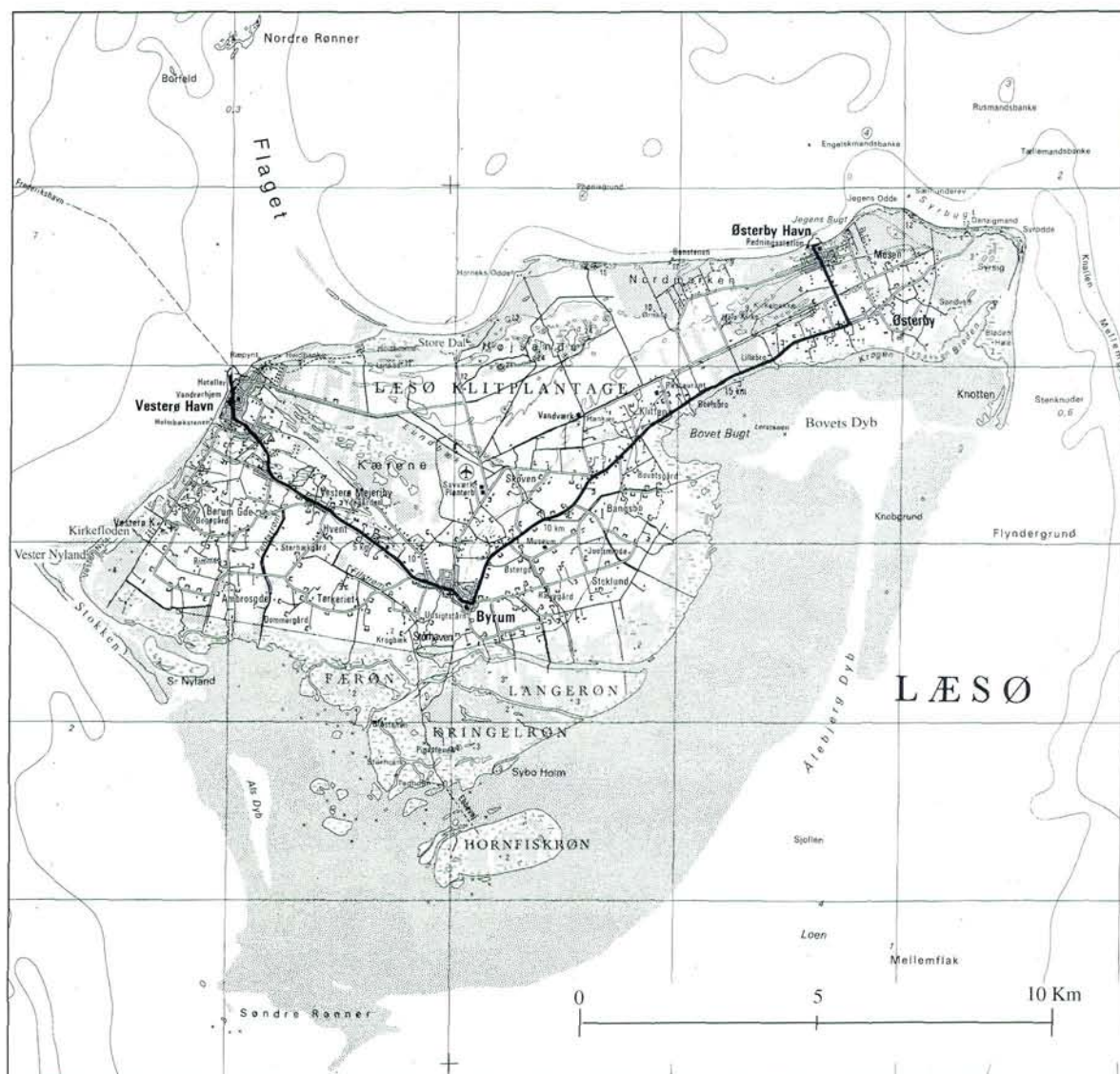


Fig. 1. Topografisk kort over Læsø. Gengivet med tilladelse (A86) fra Kort- og Matrikelstyrelsen, enkelte stednavne er tilføjet.

tiske, botaniske og økonomiske processer og forhold har ført til dannelsen af Læsøs nuværende naturlandskaber.

I nutiden dækker Læsøs forholdsvis urørte naturlandskaber fortsat betydelige arealer. Alene på grund af arealernes størrelse gør de Læsø egnet som nøgle til en dybere forståelse af de væsentligste naturhistoriske og menneskeskabte vekselvirkninger mellem den kystprægede natur på begge sider af 'Læsø-tærskelen' mellem de baltisk og atlantisk prægede kystområder i Danmark og tilgrænsende egne.

Kapitel 1: Geografiske forhold

Sammenlignet med andre øer i de indre danske farvande er Læsø usædvanlig flad. Kun klitterne på Læsøs nordlige del hæver sig mere end nogle få meter over havet. Resten er hav- og strandaflejringer, som findes op til 11,5 m over det nuværende strandniveau.

Tilsammen udgør disse hævede, marine aflejringer et *marint forland*, omtrent som dette begreb er defineret af Schou (1945) og beskrevet, revideret og udviklet af ham i bl.a. 'Danmarks Natur' (Schou 1969 a,b,c,d,e,f,g,h). Imidlertid er Læsøs mest særegne træk, at øen mangler et ældre landskab, f.eks. en moræne-

knold, som det marine forland kan siges at være forland til. Heri er der en væsentlig forskel mellem Læsø og andre øer i de tidligere nedisede områder. Således synes Schous (1969a) forståelse af marine forlande udenfor Vadehavet at forudsætte, at forlandsdannelser er knyttet til ældre opragende landskaber i 'det danske morænearkipel'.

Det er derfor mere naturligt at karakterisere Læsø med omkringliggende holme som et flak, der i løbet af de sidste 5.000 år er blevet til et flak-ø kompleks, end som et marint forland.

Læsø og omkringliggende holme

Læsøs almindelige geografiske forhold og navnestof fremgår af kortet, fig. 1, samt Kort I og II. Oversigtlige beskrivelser er bl.a. foretaget af Johansen & Remmer (1968) og i ældre tid af Bing (1802).

Ved normal vandstand måler Læsø ca. 21 km i øst-vestlig retning og ca. 10 km i nord-sydlig retning. Ved lavvande er de tilsvarende mål ca. 22 og 18 km. Efter mine egne flyfotoopmålinger var arealet i 1973 ved normal vandstand ca. 116 km², mens arealet fra ældre officielle opmålinger angives til ca. 112 km². Det nuværende areal ved normal vandstand kan efter de opmålinger, som ligger til grund for denne artikel, på basis af flyfoto fra 1992, anslås til at være ca. 120 km². Arealet er således øget med ca. 0,2 km² årligt gennem de seneste ca. 20 år. Da tilvæksten helt overvejende sker på Læsøs sydlige side over en strækning på ca. 40 km, svarer det til, at Læsøs sydlige kystlinier gennemsnitligt rykker ca. 5 m udad årligt. Dette sker ikke over en bred front, men fortrinsvis ved dannelse af nye og sammenvoksning af ældre holme og barriere-øer.

Ud over hovedøen består Læsø især mod syd af et stort antal større og mindre græsklædte holme og barrieredannelser. Ved højvande oversvømmes Læsøs sydlige del, Rønnerne, mod vest, ligesom de omkringliggende holme helt eller delvis bliver oversvømmet ved højvande. Et engareal på mere end 6 km² oversvømmes jævnligt.

Ved lavvande forbindes de fleste af holmene med hinanden og hovedøen af 'fjærer', dvs. ubevoksede sandflader. Af sådanne fritliggende holme findes der ca. 50. Heraf er Hornfiskrøn den største med et areal på ca. 2,5 km². Ved lavvande kan Læsøs samlede areal blive øget med ubevoksede sandflader med et areal på op til ca. 90 km². Ved lavvande kan Læsøs areal således udgøre op til ca. 210 km².

På øens sydvestlige side findes Stokken (ofte omtalt som Knotten ligesom øerne ved Læsøs østende). Stokken er en fritliggende barriere-ø med en længde på ca. 4 km. Vest herfor, for enden af et ca. 4 km langt sandrev, Nordvest Revet, findes en tilsvarende fritliggende barriere-ø, Lille Knot, som opstod i 1992, og som i 1994 var ca. 1 km lang. En række mindre tilsvarende barriere-øer, Knogene, ligger på en ca. 3 km lang række på øens østside, syd for et hurtigt voksende fed, der vokser sydover fra Læsøs østligste del, Bløden Hale,

mod den strømmende, Løbet, der begrænser feddets vækst.

På øens nordside findes et ca. 8 km langt sandrev, Flaget, der forbinder Læsø med Nordre Rønner. Den inderste del af revet tørlægges delvist ved ekstremt lavvande og er på den østlige side udviklet som en række små barriere-øer udenfor et fed, som mod vest danner en lille bugt nord for Holtemmen, og som mod øst udgør en del af udligningskysten herfra og til Hornex Odde.

Endelig findes der en række delvis tørlagte stenrev i Læsøs nærmeste periferi: Mod nord findes øgruppen Nordre Rønner for enden af sandrevet, Flaget. Stenrevet Borfelt ligger ca. 2 km vestsydvest for Nordre Rønner. Mod sydvest findes stenrevene Pallen og Søndre Rønner på kanten af fjærene ca. 10 km fra hovedøen.

Det frie stræk omkring Læsø

Det frie stræk omkring Læsø er til alle sider betydeligt. Størst er det frie stræk mod nordnordøst mellem Norge og Læsø (ca. 240 km), mod sydsydvest mellem Ålborg Bugt og Læsø (82 km) og mod sydsydøst mellem svenskekysten og Læsø (ca. 155 km). Mindst er det frie stræk mod vestsydvest mod Vendsyssel (ca. 18 km) og mod østnordøst mod svenskekysten (ca. 45 km). Det frie stræk omkring Læsø er altså stort nok til, at der fra alle sider kan dannes en betydelig bølgehøjde, hvor grunde og rev ikke hindrer dette.

I havet mod nord findes således Hertas Flak ud for Ålbæk Bugt og Læsø Trindel nordnordøst for Læsø, mens grundene Knallen, Mellemgrunden og Kobbergrunden findes i kortere afstand fra Læsø i øst- og sydøstlige retninger. Syd for Læsø findes de vidststrakte 'sandfjærer', som i høj grad hindrer bølgedannelse udfor sydvest-, syd- og sydøstkysten. Revne fra Læsøs vestende, Nordvest Revet og Flaget (eller Rønner Revet) er ligeledes ganske lavvandede og må antages at have en vis dæmpende effekt på bølgedannelsen langs nord- og nordvestkysten under de mest fremherskende vestlige og nordvestlige stormretninger.

Nuværende kysttyper

Læsøs nuværende kystlinie er ca. 60 km lang. Medregnes bugter, vige, holme og 'floderne' på Læsøs sydside er kystlinien flere gange længere.

Læsøs og de omkringliggende holmes nuværende kyster kan overordnet inddeles i tilvækstkyster og erosionskyster. Tilvækstkysterne findes især på Læsøs sydside. De består af egentlige tilgroningskyster med et mere eller mindre sammenhængende dække af salttålende planter (halophyter) helt ud til vandkanten. Dertil kommer mere eksponerede tilvækstkyster, hvor tilvæksten sker ved odde- og barriere-dannelse som følge af kystlangs og kystdiagonal aflejring af sand.

Erosionskysterne findes på nord- og nordvestsiden af hovedøen. De består af en smal bræmme af brændingsskabte bundformer på strandplanet udenfor selve

kystlinien, nogle steder af et erosionskabt strandplan i lerbunden under og omkring Læsø, af en oftest stenfri strandbred og af en erosionsklint i ældre hævede, marine lag. Bag erosionskanten findes for det meste en klitzone.

Flere steder findes, hvad man kunne kalde abrasionsflak eller hårdbundskyster. De består af residuale blok- og stenansamlinger i form af stenede strande, stenrev eller stenholme på toppen af stenholdigt, marint ler (både Skærumhedeserien og det yngre Yoldialer).

Det for Læsø mest specielle er imidlertid, at der udenfor de egentlige tilgroningskyster langs hele sydkysten findes en 3–5 km bred bræmme af ubevoksede, marine sandflader, som tidligere er beskrevet som 'pseudotidale flader' (Hansen 1977). De sjældent anvendte danske (og svenske) ord, *fjærer* og *fjæresand*, der i Kattegat-regionen betegner sådanne sandflader, anvendes fortsat på Læsø som betegnelse for vegetationsløse sandflader og sand, der jævnlige tørlægges (se også Espegaard 1980).

Da de læsøske sandflader dannelsesmæssigt adskiller sig væsentligt fra Vadehavets tilsyneladende ensdannede sandvader (se bl.a. afsnittene 'Geologiske forhold' og 'Fjæredannelse') anvendes betegnelsen *en fjære* (flertal: *fjærer*) derfor i denne artikel som betegnelse for ubevoksede, marine sandflader, som jævnlige tørlægges og oversvømmes i perioder, der typisk er længerevarende end tidevandets faser. Specielt synes GEUS's igangværende vandstands-, lufttryk-, salinitets- og andre målinger på Rønnerne at vise, at fjærene under forår- og sommerperiodens højtryk kan være tørlagt i ugevis, mens fjærene hovedsagelig er oversvømmet om vinteren.

Ordet *fjære* anvendes derfor i denne artikel som modsætning til sandvader i udprægede tidevandsområder, hvor tidevandet og de geologiske forhold giver sandfladerne en ganske anden karakter. Det mest iøjnefaldende karaktertræk ved fjærene - til forskel fra Vadehavets sandvader - er imidlertid de talrige, tons-tunge kampesten (se side 12), som fra det underliggende residualkonglomerat stikker op gennem fjæresandet. Ligeledes påfaldende er en række områder med tætliggende sten og blokke, hvor fjæresandet er så tyndt, at selve residualkonglomeratet udgør en vis procentdel af fjærens overflade. Fjærene karakteriseres endvidere ved en vanddybde på typisk 0–40 cm ved normal vandstand, fravær af vedvarende, makroskopisk liv i form af stedfaste planter og dyr, af en uhyre jævn overflade og af en yderst ringe materialetransport.

Sådanne vidstrakte sandflader skyldes ikke tidevand, men en kompleks geologisk forhistorie samt en vis, men ringe nutidig pålejring under oversvømmelse i vinterhalvåret og sandfygning under længerevarende tørlægning i sommerhalvåret. De vidstrakte sandflader er et naturfænomen, som er særligt karakteristisk for Læsøs yngre kystudvikling, og som næppe forekommer i samme målestok andre steder i Europa (se side 33).

Andre væsentlige geografiske forhold

En indgående beskrivelse af de nuværende lokale, dynamiske naturforhold omkring Læsø - såsom bølgedannelse, vindforhold, tidevand, sæsonvariationer, hydrologi, salinitet, nedbør, fordampning m.m. - er i sig selv en betydelig opgave, som naturligvis er væsentlig for en detaljeret forståelse af kyst- og landskabsdannelsens nuværende dynamik. Formålet med denne artikel er imidlertid at fokusere på de helt specielle geologiske, hydrogeologiske og menneskeskabte forhold (se side 39 og 56), som tilsammen med mere almene naturgeografiske og botaniske forhold er den dominerende baggrund for Læsøs opståen, kystudvikling, landskabsdannelse og arealanvendelse i et årtusindlangt, naturhistorisk og økonomisk-historisk perspektiv.

Geologiske forhold (fig. 2)

Helt overordnet kan Læsø inddeles i to geologiske serier: En *lerplatform*, der består af en mere end 100 meter tyk serie af interglaciale marine, glaciomarine og -fluviatile samt senglaciale, marine lag. Derover findes det langt tyndere marine sandlag (0–12 m), der kan beskrives som et *sandflak*. Gennem postglacial tid er sandflakket akkumuleret på lerplatformen, og under øens opståen er sandflakket dannelser modelleret af kystdannende processer. Ved den almindelige postglaciale strandforskydning og ved lokale tektoniske forskydninger og deformation af lerplatformen er hovedparten af dette sandflak hævet over nuværende havniveau og blevet til et *flak-ø kompleks*, dvs. det nuværende Læsø.

Læsøs stratigrafi og sedimentologi er indgående beskrevet af Hansen (1994a, 1986, 1980, 1977), Bahnson & al. (1986), Fredericia (1985), Michelsen (1967) og Jessen (1936, 1922, 1897). Petersens (1991), Mørners (1969) og Mertz's (1924) arbejder omkring strandforskydningen i Nordjylland og Vestsverige er væsentlige for at vurdere Læsøs ganske anderledes udvikling. Arkæologiske og historiske bidrag af interesse for den geologiske forståelse er bl.a. skrevet af Lysdahl (1985 og 1987) og Vellev (1991b, 1993).

Lerplatformen

De ældste kendte aflejringer på Læsø er den interglaciale og tidlig til midtglaciale *Skærumhedeserie* (Bahnson 1986, Knudsen 1986). Serien er ikke genboret i nyere tid, men udgør en mindst 100 m tyk lagpakke, hovedsagelig af fedt ler, siltet ler og leret silt. En DGU-boring på Læsø nåede gennem tykke marine og limninske lag fra midt- og tidlig Weichsel (istiden) ned til toppen af marine aflejringer fra Eem (Knudsen 1986) i 116 meters dybde.

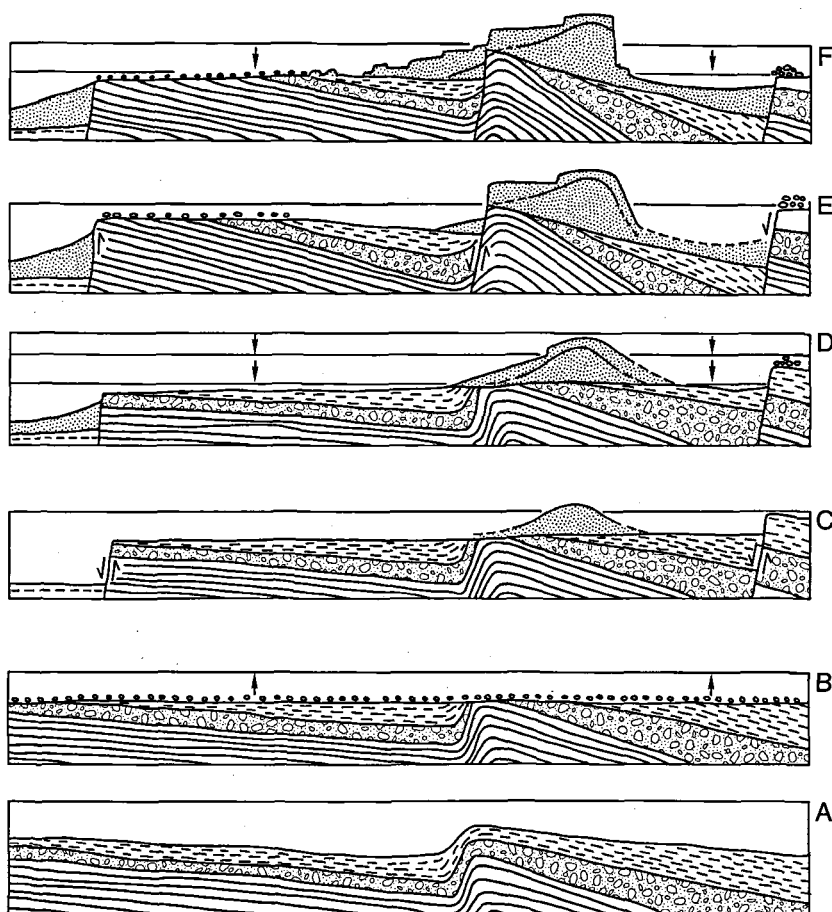


Fig. 2. Geologisk snit gennem Læsø (nord-syd). Tegneserien viser skematisk dannelsen af Læsø. Pilene viser strandniveau-forskydningens tendens, dvs. summen af isostatisk, tektonisk og anden landhævning minus den eustatiske havstigning. **A)** I senglacial tid aflejres det yngre Yoldialer på en ujævn, glacial og interglacial havbund. **B)** Efter fastlandstidens tørlægning af området transgrederes og peneplaniseres lerplatformen, og der efterlades et residualkonglomerat på toppen af den derved dannede, ganske jævne lerplatform. **C)** Under stenalderhavets transgression dannes et undersøisk sandflak, som i grubekera-misk stenalder kommer oven vande. **D)** I slutningen af bronzealderen er sandflakkets undersøisk aflejrde dannelser blevet tilpasset det nye 'oversøiske' miljø, og der begynder ny en transportdomineret kysttilvækst. I takt med landhævningen overlejres den tilbageværende erosionsrest af strandbredsvalde på den øverste strandterrasse. Udenfor denne strandterrasses klinger dannes gennem jernalderen en ny strandterrasse med en serie af barrierer, barriere-øer, tanger m.m. **E)** Omkring år 0 sker der en forkastningsbevægelse, hvorved den markante klint syd for Byrum anlægges. Havdybden syd for Læsø er nu så ringe, at residualkonglomeratet eksponeres for bølgeerosion og videreudvikles, indtil det bliver så tykt, at det kan beskytte lerplatformen mod yderligere erosion. **F)** Derefter sker der overvejende en landhævningsdomineret kysttilvækst, idet lerplatformen simpelthen løftes ud af havet og kun dækkes af tynde postglaciale, marine sandlag, der udgør et antal strandterrasser svarende til strandforskydningens faser. Modificeret efter Hansen 1986a.

Denne helt overvejende lerede serie eller dens jævn-aldrende ækvivalenter er gennemboret eller anboret mange steder i Vendsyssel (Knudsen & Lykke-Andersen 1982, Knudsen 1985, A.-L. Lykke-Andersen 1987), på Anholt og i Kattegat (A.-L. Lykke-Andersen 1990, Seidenkrantz 1992, 1993a,b, Pässe & al. 1988, Knudsen 1991 og 1992). Heri omtales lerserien og dens ækvivalenter som Skærumhedeserien.

Skærumhedeserien overlejres midt på øen og muligvis også andre steder af op til 30 m sand og siltet

sand, der sandsynligvis repræsenterer en smeltevands-aflejring fra Weichsel-istiden og lokalt muligvis af sandede udgaver af de under- og overliggende marine lerformationer.

Over Skærumhedeserien eller stedvis over det oven-nævnte smeltevandssand findes de fleste steder det senglaciale, yngre Yoldialer med en tykkelse på op til 25 meter (Bahnsen 1968). Stedvis kan det yngre Yoldialer være helt borte (Bahnsen 1986, Hansen 1986a).

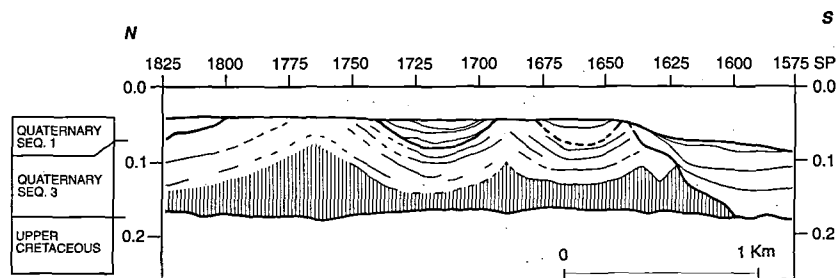


Fig. 3. Tolket seismisk snit (nord-syd), ca. 25 km øst for Anholt gennem deformationsstrukturer i Kattegats 'Skærumhede serie' (Quaternary seq. 3), der overlejres af 'det yngre Yoldialer' o.l. (Quaternary seq. 1). Efter Vangkilde-Pedersen & al. 1993, fig. 7. Gengivet med tilladelse fra Holger Lykke-Andersen, Århus Universitet.

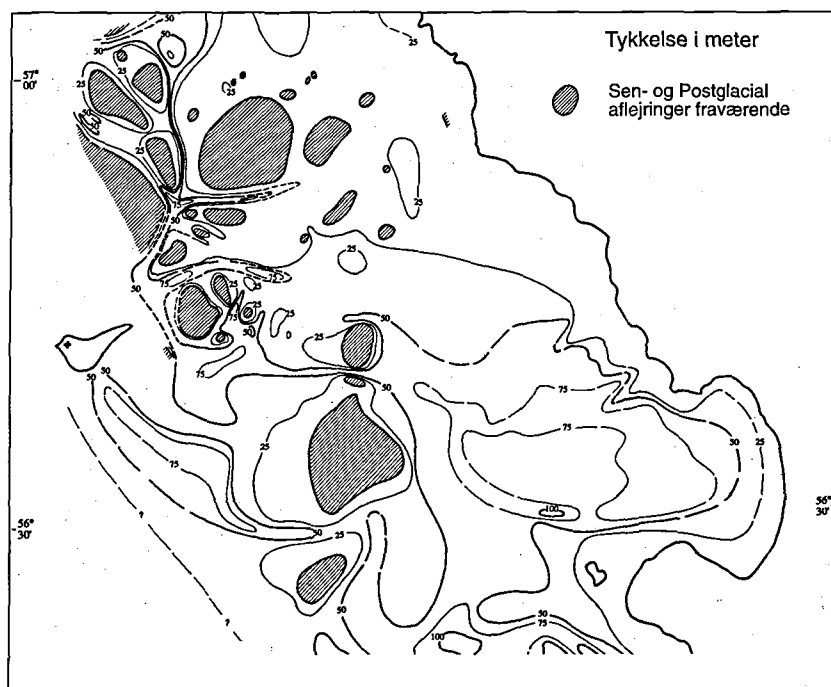
Hvorvidt der findes moræneaflejringer mellem de to marine formationer (Skærumhedeserien og det yngre Yoldialer) er fortsat uvist. Lerede og stenede lag med en tykkelse på mindre end 5 meter i boringer omkring Byrum er af Fredericia (1985) tolket som moræneler, men den lithologiske forskel på disse lag og det overliggende marine og stenholdige ler og silt er ringe. Fastheden af Skærumhedeserien og lokale forekomster af 'brokkeler' (glaciale tektonisk forstyrret ler), bl.a. ved foden af Bansten Bakke tyder dog på, at Læsø højst sandsynligt har været dækket af indlandsis i Weichselistiden.

Tilsammen udgør disse interglaciale, glacialle og senglaciale formationer en helt overvejende leret platform, hvorpå Læsøs postglaciale, marine sandaflejringer, der udgør langt hovedparten af Læsøs nuværende overflade, er aflejret (Hansen 1986a, se Hansen 1994a

fig. 3). Toppen af lerplatformen træffes overalt på Læsø nær kote 0. De største afvigelser herfra findes i området nord for Byrum, hvor lerplatformen kan findes op til ca. 4 m over havet, mens lerplatformen enkelte andre steder kan ligge indtil 2 meter under havoverfladen. Alt i alt er der således tale om en særdeles jævn flade, som dækker et areal på mere end 200 km².

Lerplatformens indre deformationsstrukturer (fig. 3 og 4)

I den nærmere forståelse af hvilke kræfter og forhold, som kan betinge Læsøs tiltagende strandforskydning (Hansen 1994a), spiller eventuelle deformationer af Læsøs underlag - lerplatformen - en væsentlig rolle. Dette gælder i særdeleshed, såfremt disse deformatio-



ner ikke kun er knyttet til istryk under istiden, men til almindeligt virkende kræfter, som også kan tænkes at være virksomme i nutiden.

Lerplatformen under Læsø har en kompleks indre struktur, som er tilskrevet overordnede tektoniske bevægelser (Hansen 1980, 1986a og 1994a) i de af Den Fennoskandiske Randzones hovedforkastninger, der skærer gennem Læsø eller Læsøs omgivelser (Vejbæk & Britze 1994, Japsen & Britze 1991, Mogensen 1992 samt Andersen & Sjørring 1992). Endvidere kan der lokalt forekomme istryk-forstyrrelser internt i lerplatformen, men da sådanne ikke kan have påvirket det yngre Yoldialer, har jeg hidtil antaget, at egentlige tektoniske bevægelser måtte være hovedårsag til de markante niveauspring, der forekommer i lerplatformen under Læsø. Disse niveauspring er bl.a. konstateret ved borer (Bahnsen 1986), georadarundersøgelser (Andreasen 1986, Hansen 1986a) og ved geoelektriske undersøgelser (Torben Jensen i GEUS's arkiv samt Skjernaa & al. 1994) i området omkring Byrum (se fig. 2).

Nye omfattende seismiske og stratigrafiske undersøgelser i Kattegat (se f.eks. Lykke-Andersen 1992a,b samt Lykke-Andersen & al. 1993a,b) bl.a. mellem Læsø og Anholt tyder imidlertid på, at forklaringen på lerplatformens komplekse, indre hovedstruktur også skal søges i andre forhold. Disse undersøgelser bekræfter således, at istryk-forstyrrelser er underordnede, og at egentlige tektoniske forstyrrelser er væsentlige, men primært fænomener, som har startet mere radikale gravitative forstyrrelser af lerplatformen i bl.a. området mellem Læsø og Anholt (Vangkilde-Pedersen & al. 1993). Råstofgeologiske undersøgelser i Læsø Rende (Larsen & al. 1986) viser, at strukturer af sammenlignelig karakter forekommer sydvest for Læsø.

Vangkilde-Pedersen & al. (1993) kan således med seismik af fremragende kvalitet (høj opløselighed) påvise, at lerpakkens lagdelte formationer af sen Saale - Eem - midt Weichsel alder er deformeret (fig. 3). Der er i lerpakken opstået interne, symmetriske folder med højdeforskelle (amplituder) på 10–35 meter og en bølgelængde på 150–650 meter. Disse strukturer har ringe lighed med istryk-forstyrrelser, men stor geometrisk lighed med gravitative deformationsstrukturer i tykke sedimentpakker med omvendt vægtfyldefordeling (dvs., hvor de tungeste lag ligger øverst).

Vangkilde-Pedersen & al. tolker derfor lerpakkens deformationsstrukturer som opstået ved gravitative kræfter, idet seismiske hastighedsanalyser af lerpakken viser, at den har har en omvendt vægtfyldefordeling. Denne ustabile lagdeling kan lokalt være uddybet, idet de nederste lag kan være gasdannende og derved forøge den omvendte vægtfyldefordeling. Endvidere tillægger Vangkilde-Pedersen & al. underlagets svage hældning en vis betydning for denne foldning af lerplatformen, ligesom jordskælv i Sorgenfrei-Tornquist zonen forkastninger kan have startet de store deformationer.

Endvidere påviser Vangkilde-Pedersen & al., at den

deformerede lagpakke er eroderet ved marin abrasion. Bl.a. påviser de, hvordan den nuværende havbunds abrasionsflade flere steder skærer omtrent vandret gennem folderne i lerplatformen, der således er peneplaniseret og nederoderet med 20–25 meter (fig. 3).

Disse grundigt undersøgte forhold og overbevisende tolkninger harmonerer med de geologiske forhold, som kan iagttages på Læsø og underbygges af Gyldenholm & al.'s (1993) kortlægning af områder, hvor de sen-glaciale aflejringer (det yngre Yoldialer m.m.) er bort-eroderet (fig. 4). Disse erosionsvinduer i det yngre Yoldialer m.m. er kortlagt i området nord, nordøst, øst og sydøst for Anholt. Erosionsvinduerne har en pudelignende struktur, idet de mere eller mindre afrundede hævningsstrukturer ('puder') uden overliggende senglaciale dannelser omgives af snævre sänkninger med op til 75 meter, typisk 25–50 meter tykke senglaciale lag.

Disse undersøiske 'puder' og 'render' i det østlige Kattegat (fig. 4) har en geologisk struktur, størrelse og form, som det er fristende at sammenligne med det sydlige Læsøs tidligere og nuværende holme, f.eks. Hornfiskrøn, Langerøn, Færøn og det østlige Kringelrøn (se side 35). Tilsvarende er det fristende at sammenligne det sydlige Læsøs 'floder' (se side 37) med 'renderne' mellem de ovennævnte 'puder'.

På disse tidligere og nuværende holme finder man således oftest Skærumhedeserien direkte under et tyndt lag af postglacialt sand, mens man under 'floderne' finder det yngre Yoldialer. Denne fordeling af lag med forskellig alder på det sydlige Læsø og lagfordelingens sammenhæng med den nuværende topografi forekommer det umiddelbart oplagt at sidestille med Gyldenholm & al.'s resultater fra det østlige Kattegat, mens min hidtidige tolkning af Læsøs strukturgeologi (fig. 2) kun kan redegøre for hovedstrukturen og ikke for lerplatformens indre struktur og dermed for den lokale fordeling af Skærumhedeserien og det yngre Yoldialer under Læsø.

Gas-betinget deformation af lerplatformen?

En hidtil mindre påagtet kilde til ikke-glacial deformation af lerplatformen kan således være diapirisme (lokal optrængning af underliggende lag p.g.a. lagenes vægtfyldeforskelle). Skærumhedeseriens nedre dele kan som følge af gasudvikling i den forholdvis tætte lerserie (se Pedersen & al. 1989, Vangkilde-Pedersen & al. 1993) blive endnu lettere end den allerede er i forhold til de overliggende lag. Herved kan de nedre lag lokalt trænge opad, således at de overliggende lag helt eller delvis kan blive borteroderet.

Lignende fænomener er kendt fra mange steder i verden, bl.a. som 'shale-flow' i Nordsøens kildebjergarter for olie og naturgas (Claus Andersen, pers. medd.). I danske kvartærtidsaflejringer er tilsvarende fænomener direkte iagttaget i 10 m-skalaen i råstofgrave i Nordsjælland (Berthelsen 1974) og i Nordjylland (Claus Heinberg, pers. medd.), hvorimod forekomsten

af gravitative strukturer i de størrelser (100 m-skalaen), som forekommer i Kattegat, fortsat er omdiskuteret blandt kvartærgeologer.

En kraftig gasudsvining på havbunden kendes fra talrige steder i områderne omkring Læsø (Fredericia & Grambo-Rasmussen 1985, Laier & al. 1992, Laier 1992, Pedersen & al. 1989), hvor der bl.a. dannes karbonatcementerede bjergarter, dvs. de såkaldte 'boble-rev' (Jensen & al. 1992), 'koraller' og 'Langvad-sten', som første gang er beskrevet af den derover stærkt forundrede Nordmann (1903). Disse karbonatcementerede havbundspartier dannes som følge af gasudsvining og bakteriel omdannelse af gassen i havbunden (Jørgensen 1976 og 1980). Tilsvarende lokale forekomster af 'Langvad-sten' er konstateret flere steder på Rønnerne og på Læsøs nordkyst, hvor Skærumhedeserien ligger side om side med det yngre Yoldialer i lerplatformens overflade.

Gas-udsviningen finder sted i et så betydeligt omfang, at gasboblerne mange steder forstyrrer fiskernes ekkolodning. I stille vejr kan gassen ligefrem antændes ved havoverfladen, ligesom man fra luften kan iagttage en lysfarvning af større havpartier, hvor gasudsviningen finder sted.

Forestiller man sig, at gassen kun stedvist kan undvige gennem permeable lag og sprækker i det fede ler, kan der tænkes at opstå et betydeligt overtryk i lerformationernes mest impermeable dele. Således har DGU under boring ved Byrum (Bahnsen & al. 1986) i Skærumhedeserien målt et overtryk på mindst 0.5 bar i siltlag i den øverste meter af leret. Sandsynligvis er

overtrykket betydeligt højere, men de praktiske omstændigheder tillod ikke en fuldstændig trykopbygning i boringen. Boringen resulterede i en længerevarende 'blow out' i 1982, og der foregår fortsat en behersket gasudstrømning (1993) fra boringen. Gassen blev C-14 dateret ved berigelsesmetoden og gav en alder på ca. 40.000 år, dvs. at gassen sandsynligvis dannes i de lerlag, hvorfra den strømmer til boringen.

Tilsvarende er der flere gange til GEUS's borearkiv indberettet meddelelser om brønde, der pludselig er begyndt at løbe over. Dette er bl.a. tilfældet med en brønd på gårdspladsen på Østergård nordøst for Byrum, hvor der ikke kan være tale om artesisk vand som følge af terrænforskelle.

Såfremt nogle af lerplatformens interne strukturer og Læsøs i hvert fald lokalt hastige hævnning på knap 5 mm/år i de sidste 1.000 år (Hansen 1994a) delvis skal kunne tilskrives postglacial gasudvikling, forudsætter det, at gassen kan opbygge et poretryk, som er stort nok til at forhindre kompaktion, eller som ligefrem er stort nok til at ekspandere ler-matrixen. Det er således velkendt, at ler skrumper og ekspanderer alt efter porevandstrykket.

Rent fysisk og biokemisk er det muligt at opbygge gastryk, der er højere end det geostatiske tryk, blot bortdræningen og diffusion af biogent methan og porevand er ringere end mængden af nydannet methan. Biogen methandannelse er ikke følsom for de statiske tryk, som kan forekomme i lerplatformen på Læsø (T. Laier, pers. medd.). Akkumulation af methan i leret forudsætter derfor primært temperaturer på nogle få

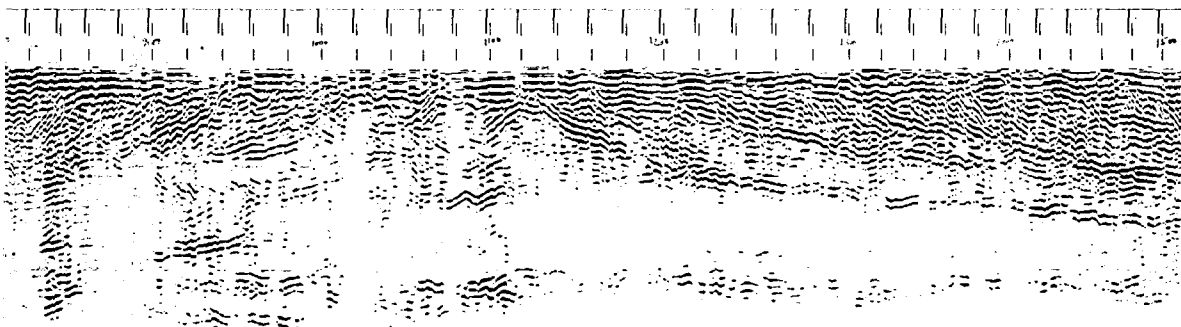


Fig. 5. Georadar-profil fra Læsøs ældste del. Fra venstre (NNV) mod højre (SSØ) svarer profilet til strækningen langs Store Dal vejen fra nordstranden mod Byrum, 800 til 1500 m syd for nordkanten af klitplantagen. Afstanden mellem de vandrette linier svarer til ca. 3 meter. Dybden af radargrammet er ca. 12 meter. Afstanden mellem mærkerne over radargrammet er 20 meter.

Ca. 1 meter under terrænoverfladen (under uregelmæssige, omtrent vandrette reflektorer fra lag af flyvesand) viser radargrammet talrige, stejle hhv. nord- og sydhældende reflektorer med en højde på ca. 1 meter og en horizontal udstrækning på ca. 10 meter. Disse strukturer tolkes som sideværts stakkede strandbredslag, mens de underliggende og mindre hældende strukturer tolkes som sideværts stakkede lag fra aflejringskråningen på strandplanets yderkant. De hældende lag ligger på hhv. nord- og sydsiden af de sandflakdannelser, hvorpå Læsøs ældste kystlinier findes. I midten af profilet når sandflakdannelserne nærmest terrænoverfladen, svarende til Læsøs højeste, marine punkt. I den nederste halvdel af radargrammet ses en række næsten horizontale, mindre tydelige reflektorer fra marine sandflak-dannelser svarende til de marine sandlag, som kan ses i nordkystens klinger under stranddannelserne. (Gengivet med tilladelse fra Frank Andreassen).

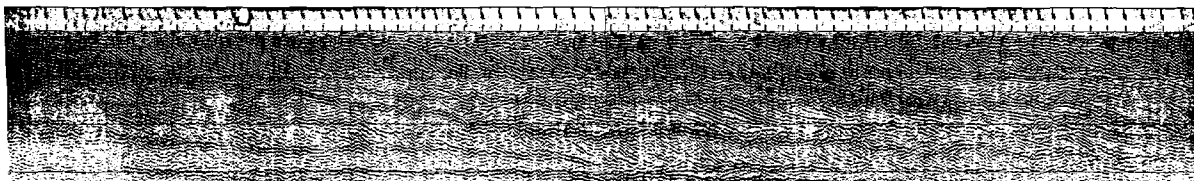


Fig. 6. Georadar-profil fra Læsøs ældste del, omtrent vinkelret på profilet i fig. 5. Fra ventre (VSV) mod højre (ØNØ) følger profilet vejen fra vejrydset Plantagevej/Store Dal vejen til vejrydset Plantagevej/Østre Skråvej. Afstanden mellem de vandrette linier svarer til ca. 3 meter. Afstanden mellem mærkerne over radargrammet er 20 meter.

Under ca. 1 meter flyvesand ses en næsten ubrudt serie af sideværts stakkede lag fra aflejringsskråningen på strandplankens yderkant. Lagene har de fleste steder både en tangentiell top og en tangentiell bund, og de falder 3–5 meter over 60–140 meter (snittet skråt i forhold til strandlinierne). Derunder ses 3 markante, omtrent vandrette reflektorer fra grænserne mellem marine sandlag fra Læsøs flak-stadium. Internt i disse op til 3 meter tykke lag ses en række interne, svagt hældende reflektorer (max. hældning ca. 2 meter over 50 meter). Disse reflektorer repræsenterer interne strukturer i sandbanker, som har vandret i forskellige retninger, inden Læsø opstod.

grader over frysepunktet, tilstedeværelse af fast, organisk stof, der kan omdannes til methan samt en meget lav permeabilitet af leret for methan. Med et organisk indhold på op mod 5% gennem det meste af Skærumhedeserien (Bahnsen 1986) er betingelserne for en betydelig gasudvikling således tilstede i Læsøs undergrund.

Den kvartære naturgas i Vendsyssel er undersøgt af Fredericia & Grambo-Rasmussen (1985) på basis af ca. 1.000 borerer fra især Danish-American Prospecting Company's omfattende gasundersøgelser i mellemkrigsårene af Frederikshavn-Strandby området. Undersøgelsen viser, at gastrykket stort set svarer til det hydrostatiske tryk. De målte gastryk vedrører imidlertid udelukkende gas i højpermeable lag (sand o.l.), hvor man ikke kan forvente trykopbygninger til over det hydrostatiske tryk. Fredericia & Grambo-Rasmussens (1985) undersøgelse kan derfor ikke belyse, om der i selve den lavpermeable lermatrix forekommer gasbetingende overtryk, som kan begrunde en manglende kompaktion eller ligefrem en ekspansion af leret.

Residualkonglomeratet på toppen af lerplatformen

Overalt, hvor lerplatformen kan ses eller er undersøgt med borerer og andre egnede metoder, findes et residualt lag af blokke, sten og grus på toppen af lerplatformen.

Stenene antages af Jessen (1897) og Hansen (1977 og 1994a) at stamme fra det senglaciale Yoldialer, hvortil det er bragt som 'dropsten' med isbjerge fra bræer nær svenskekysten under isens tilbagesmeltning og den samtidige transgression. Herved kan det tænkes, at bræerne har kælvbet betydeligt under påvirkningen af det hurtigt stigende havs opdrift, og at isbjerge har været i stand til at transportere de mange store sten, som forekommer i Yoldialeret, eller som nu forekommer oven på lerplatformen.

En del af stenene i dette 'konglomerat' kan være af anseelige dimensioner, ofte med en anslået vægt på

over 10 ton. På Læsøs sydlige del, hvor det postglaciale sand typisk er mindre end 1 meter tykt, stikker talrige af de største af blokkene op gennem det postglaciale sand og udgør et iøjnefaldende element i landskabet, vel Danmarks største ansamlige af synlige vandreblokke. Andre steder, hvor sanddækket på lerplatformen er tykkere, kan de store stens tilstedeværelse konstateres bl.a. på en række radargrammer (Andreasen 1986 og senere undersøgelser).

Sammenlignet med koncentrationen af tilsvarende materialer i det underliggende marine ler, antyder mængden af blokke og sten i dette residuale 'konglomerat', at platformen er dannet som følge af en betydelig erosion og peneplanisering i 10-meter skalaen eller mere af lerplatformens materialer i postglacial tid.

Sandflakkets aflejringer (fig. 5 og 6)

Ovenpå residualkonglomeratet findes 0–12 meter af marint sand med enkelte gruslag. De marine lag er påvist ved adskillige borerer og findes på den nordlige og ældste del af Læsø (se Michelsen 1967 og Fredericia 1985), hvorfra tykkelsen af sandflakkets aflejringer aftager gradvist mod syd, sydvest og sydøst (se Hansen 1977 fig. 22, og Hansen 1986a).

Andreasens georadarundersøgelser (1986 og senere undersøgelser) viser, at sandflakkets aflejringer hovedsagelig består af strukturelt adskilte sandlegemer med interne strukturer, der kan forklare Læsøs ældre sandkærne som dannet ved vandring af sandbanker og akkumulation af sand på havbunden (fig. 5 og 6). Bankernes skiftende vandringsretninger kunne tyde på en vis tidevandspåvirkning i denne del af Læsøs forhistorie, således som faunistiske undersøgelser andre steder i de indre farvande også tyder på (Steemann-Nielsen 1939).

På toppen af sandflakkets aflejringer er der i området med de ældste strandlinier fundet redskaber og keramiske materialer (Lysdahl 1985 og 1987, Hansen 1994a) fra den grubekeramiske stenalderkultur. Grubekeramikkerne befolkede bl.a. Kattegat-området for ca.

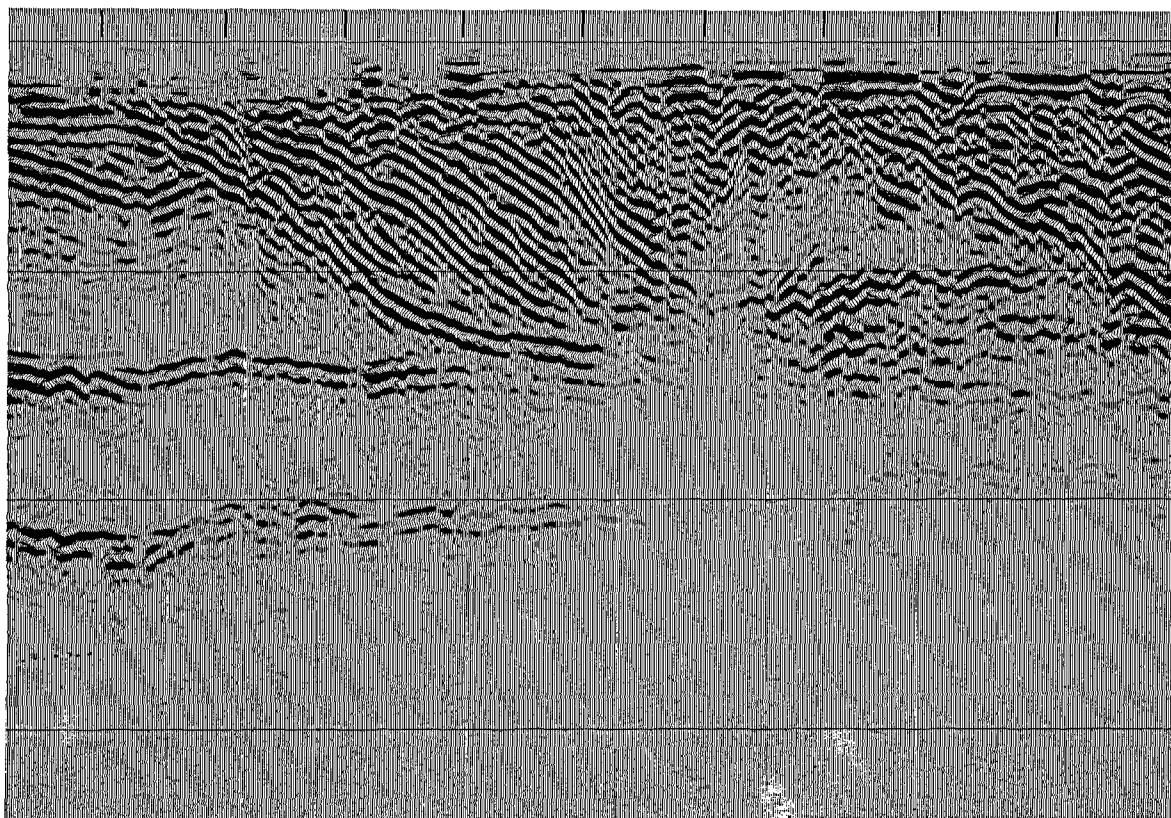


Fig. 7. Georadar-profil af hævet strandvoldskyst. Fra venstre (NNV) mod højre (SSØ) følger profilet en strækning fra 500 til 700 meter langs vejen mod syd fra parkeringspladsen ved Danzigmand på Østerby-halvøen. Afstanden mellem de vandrette linier svarer til ca. 3 meter. Dybden af radargrammet er ca. 12 meter. Afstanden mellem mærkerne over radargrammet er 20 meter. Midt i radargrammet ses en markant, fra venstre mod højre stakket serie af skråstillede lag med tangetiel top og bund. Lagene falder 3 - 4 meter over 50-70 meter. Det er nærliggende at tolke disse skråstillede lag som gamle strandbredder. Imidlertid viser lagenes vertikale og horizontale udstrækning, at der næppe er tale om strandbreddslag, men at strukturerne repræsenterer sideværts stakkede lag fra aflejringsskråningen på yderkanten af strandplanet. Aflejringer med en sådan form og størrelse forekommer særdeles hyppigt på radargrammerne fra Læsø. Strandvolde ses på radargrammet som skålformede småstrukturer, idet radargrammets øverste linie repræsenterer jordoverfladen og ikke viser topografien. Det betyder, at småforhøjninger i terrænet, f.eks. strandvolde og småklitter, fremstår som depressioner på radargrammet. (Gengivet med tilladelse fra Frank Andreassen).

5.000 år siden, men har formentlig kun benyttet Læsø til sælfangst o.l. Sporene fra den grubekeramiske kultur er fra tiden, før sandflakket fik stabile kyster og blev til en mere blivende ø (Hansen 1994a).

Kulstof-14 dateringer af fastsiddende rurer (*Balanus balan* og *Balanus crenatus*: 1.305 år f.Kr.) og dobbelsskallede blåmuslinger (*Mytilus edulis*: 1.345 år f.Kr.) fra toppen af residualkonglomeratet og 4-5 meter under strandaflejringerne viser, at store dele af det marine sandflaks aflejringer først blev dannet i bronzealderen og senere (Hansen 1977).

I det 4-5 meter tykke sandlag (mellem residualkonglomeratet og de overliggende stranddannelser), som bl.a. ses i klinten ved Bansten Bakke, findes en række sporfossiler efter sedimentædende dyr. Sporfossilerne forekommer skiftevis i adskillige lag og er indgående beskrevet af Hansen (1977). Sporfossilerne

domineres af ædespor efter sømus (*Echinocardium cordatum*) og sandorm (*Arenicola marina*) og forekommer i hhv. vandret lamineret og småribbet sand og storskala krydslejet sand. Disse to arter stiller forskellige krav til vanddybden, idet sømuse i det nuværende Kattegat lever på mindst 6 meter vand og hyppigst på 20 meter vand eller mere. I det nuværende Kattegat træffes sandormen aldrig på disse dybder, men fortrinsvis i den intertidale zone - på Læsø vil det sige på højst 1 m vand. I havområder med lav salinitet kan sandormen dog findes på betydelig større dybde, op til 10 meter, ligesom sømuse i områder med kraftigt tidevand kan forekomme på ringere dybde end i det nuværende Kattegat.

Det afgørende er imidlertid, at de to arter så vidt vides ikke andre steder er påvist på samme lokalitet, hvorfor deres skiftevis optræden i Læsøs ældre sub-

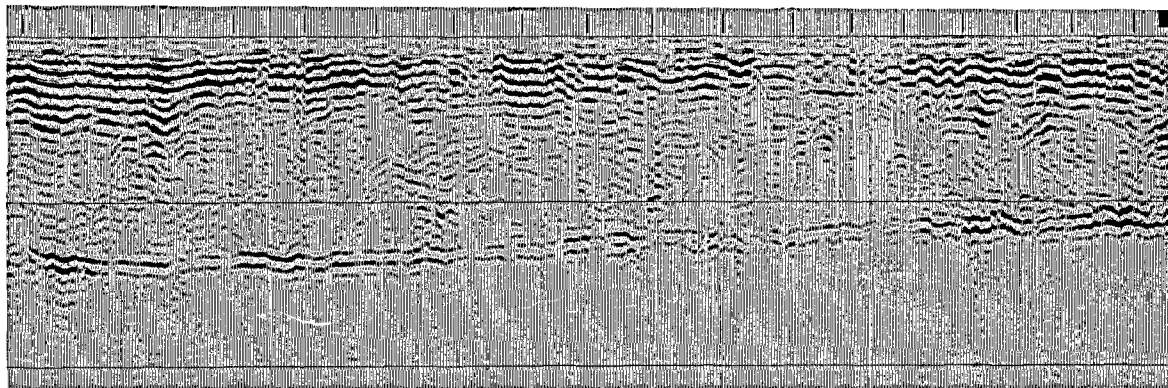


Fig. 8. Georadar-profil af hævet tilgroningskyst. Fra venstre (NNV) mod højre (SSØ) følger profilet Hals Kirkevej. Hals Kirke ligger omtrent midt på profilinien. Afstanden mellem de vandrette linier svarer til ca. 3 meter. Dybden af radargrammet er ca. 12 meter. Afstanden mellem mærkerne over radargrammet er 20 meter.

Det ses, at de overfladenære reflektorer er næsten vandrette og falder mod syd med mindre end 1 meter på 400 meter. Disse reflektorer repræsenterer hævede sandfjærer. Den nederste markante reflektor repræsenterer toppen af lerplatformen. Til venstre ses en forhøjning i lerplatformen, som formentlig er en ansamling af større sten i residualkonglomeratet på toppen af lerplatformen. Andre uregelmæssigheder i lerplatformens top og forstyrrelser af de overliggende reflektorer repræsenterer sandsynligvis fritliggende blokke på toppen af leret. (Gengivet med tilladelse fra Frank Andreasen).

marine sandlag må antages at være tids- og dybdemæssigt adskilt.

Denne vekslen af dyresamfund, som stiller forskellige krav til vanddybden, kan dårligt forklares uden at antage en række betydelige ændringer af vanddybderne, mens disse lag blev aflejret. Hverken de globale eustatiske, de regionale isostatiskke niveauforandringer, de dynamiske kystmorfologiske eller de hydrografiske ændringer, som karakteriserer danske farvande i de sidste 5.000 år (Fairbridge, 1961, Möller 1969, Petersen 1991, Christiansen & al. 1985, Fairbanks 1989, Binderup & Frich 1993, Lykke-Andersen & al. 1993b, Norberg 1989 og 1991), kan forklare udsvingene.

Sammen med gravegangene efter sandorm og sømus forekommer en række 'besynderlige' sedimentstruk-

turer i Bansten Bakke, som måske kan bidrage med oplysninger, om hvad der er sket. Bl.a. ses flere store gasundvigelsesstrukturer og erosionsstrukturer i delvist underminerede sandlag, som trods undermineringen ikke er kollapsede (se Hansen 1977 fig. 11, 16, 17, 18, 19, 20 og 21). Disse strukturer må derfor antages at være opstået ved underminering af sammenkittede sandpartier på havbunden, men hvor sammenkittingsmidlet senere er forsvundet.

Jeg har tidligere tolket disse strukturer som erosionsstrukturer i sammenhængende algeråtter (Hansen 1977), men med den nuværende viden om gas-baseret havbundscementering (se f.eks. Laier & al. 1992 og Jørgensen 1980 og 1976 og side 11) er det mere naturligt at forklare disse strukturer som fossile udgaver af de nu velkendte 'Langvad-sten' eller 'boblerev' i havet omkring Læsø - dvs. som spor efter karbonat-

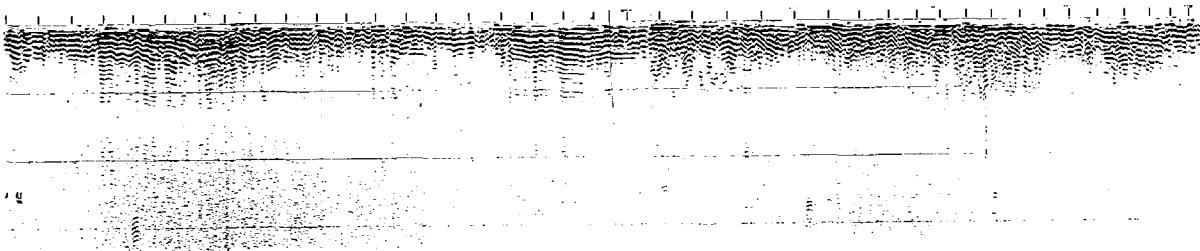


Fig. 9. Georadar-profil af hævet tilgroningskyst. Fra venstre (N) mod højre (S) svarer profilet til strækningen fra Byrum sydover mod Rønnerne, dvs. 200 til 1000 m syd for skolen i Byrum. Afstanden mellem de vandrette linier svarer til ca. 3 meter.

Det ses, at reflektorerne er ganske svagt sydhældende, svarende til den generelle tilgroningsretning. Reflektorerne dør ud i 1-2 meters dybde som følge af salt grundvand under denne dybde. (Gengivet med tilladelse fra Frank Andreasen).

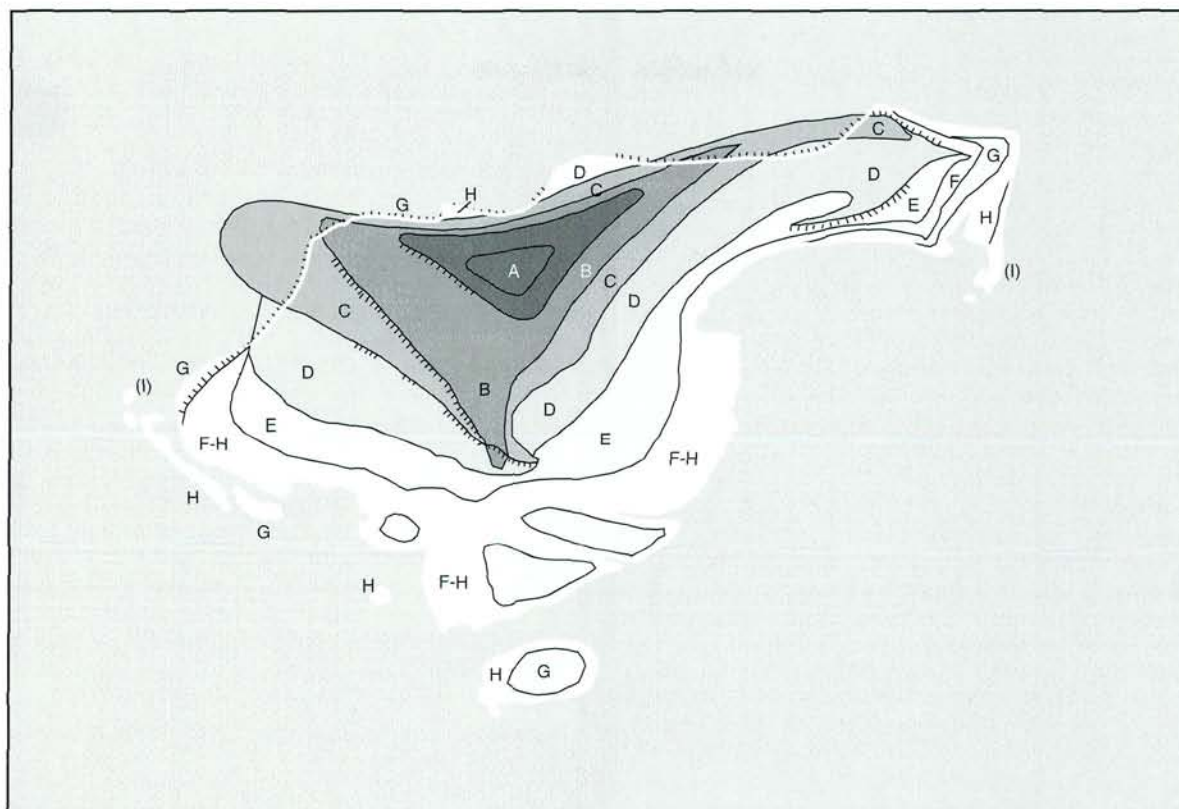


Fig. 10. Kort over Læsøs tilvækstzoner. Hver af de afbildede tilvækstzoner svarer til en strandterrasse, som er adskilt fra naboterrasserne af en tidligere klint eller skråning. De med takker angivne terrassekanter er udviklet som klinger med en højde på op til 4 meter. Længs de nuværende kyster er erosionskyster (klinter) ligeledes angivet med takker. De øvrige terrassekanter er ca. 0.5 til 1.5 meter høje og kan ikke altid ses umiddelbart i terrænet, men skal måles, da de kan være udglattet af pløjning, sandflugt m.m. Efter Hansen 1994a, fig. 36.

cementeret sand. Da alt kalk er opløst i klintens sand over residualkonglomeratet, må denne kalkopløsning også antages at have opløst evt. calcit- og aragonit-cementeret sand. Recente udgaver af kalkcementeret sand og grus er bl.a. beskrevet som en cementering af selve strandbredden ved Bansten Bakke (Jørgensen 1980), hvorfor der fortsat må antages at foregå en gasudsvivning på stedet.

Såfremt der også tidligere - således som sediment-strukturerne tyder på - er sket gasudsvivning og gasbaseret cementering i området, er det derfor hypotetisk muligt at forklare områdets vekslen mellem lavvands og dybere vands faunaer med, at området kan være blevet hævet og sænket af hhv. gasovertryk i og gasundvigelse fra lerplatformen (se side 11).

Flak-ø kompleksets aflejringer (fig. 5 - 9)

Georadarundersøgelser (Andreasen 1986 og senere) viser overalt en række veludviklede reflektorer, der kan tolkes som sedimentære strukturer efter kystdannende processer langs den opdykkende ø's strande.

Mest dominerende er overfladenære sedimentstrukturer (storformer), der kan forklares som de skråtstillede lag på aflejringskråningen på yderkanten af gamle strandplaner eller som selve strandbreddens skråtstillede lag (fig. 5, 6 og 7). Disse sedimentstrukturer har oftest karakter af at udgøre en sideværts stakning af længere serier af strandplanets aflejringskråninger eller af selve strandbreddens skråtstillede lag. Lagene hælder altid ud mod den tids kyst, og på toppen af disse strukturer findes ofte veludviklede strandvolde, som kan ses i selve terrænet. Lignende strukturer beskrives af Nielsen & al. (i trykken) fra kystaflejringer ved den jyske vestkyst.

Længs eksponerede kyststrækninger forekommer strukturerne ofte i lange serier af mere eller mindre regelmæssige, 2-5 meter høje og skrånende lag med tangentiel bund og en oftest afskåret (eroderet), noget stejle øvre del (fig. 5, 6 og 7). Længs mindre eksponerede kyster er strukturerne normalt mere regelmæssige og kan have både en tangentiel nedre og en tangentiel øvre del, der forbindes af en ganske svagt skrånende del i midten.

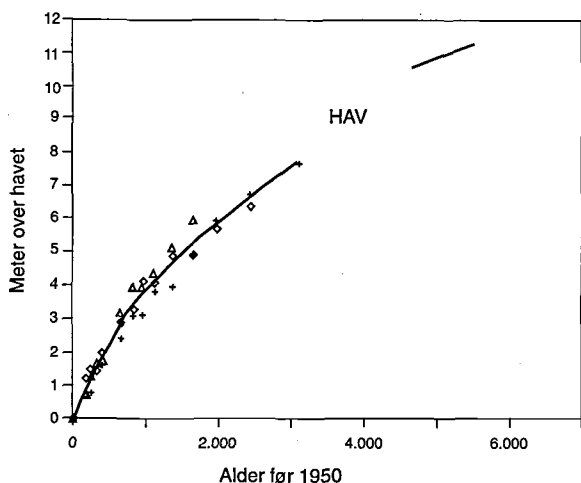


Fig. 11. Læsøs gennemsnitlige strandniveau-forskydning angivet som strandliniernes nuværende højde over havet i forhold til deres alder. Kurven angiver gennemsnitstal for hele øen, mens de forskellige symboler angiver data fra sydvest-øen (krydser), sydøst-øen (firkanter) og Østerby-halvøen (trekanter). Det ses, at kurvens hældning stiger frem mod nutiden, dvs. at strandniveau-forskydningen er tiltagende. Den fritsvævende stump af kurven angiver niveauet for de strandvolde, hvori omlejrrede redskaber m.m. fra grubekeramisk stenalder er fundet. Efter Hansen 1994a, fig. 37.

På radargrammerne karakteriseres egentlige tilgroingskyster ved tynde vandrette, ofte uregelmæssige lag, der kan være 'inddæmnet' af den mindre eksponerede kysttypes regelmæssige, ganske svagt skrånende strukturer (fig. 8 og 9).

Lokalt indeholder flak-ø kompleksets aflejringer grus og sten. Mængden af disse materialer er ringe i forhold til mængden af sand. Forekomsten af grus og sten synes efter en række georadarundersøgelser og prøvegravninger (Læsø Kommune m.fl. 1989, Andreassen 1986) udelukkende knyttet til nuværende og tidligere eksponerede kysttyper, hvor der i nærheden er eller har været blotlagt partier af den sand-, grus- og stenholdige lerplatform på havbunden.

At lerplatformen er leveringsdygtig i disse materialer (sand og grovere materialer) fremgår af en lang række sedimentologiske undersøgelser af boreriger på Læsø (Bahnsen & al. 1986), idet det yngre Yoldialer har et sandindhold på typisk ca. 40%, mens sandindholdet i Skærumhedserien typisk ligger på 0–25%, enkelte steder mere. Ligeledes indeholder begge lerformationer typisk 0–5% grus og sten, lokalt mere end 50% af disse grove materialer. Større blokke forekommer også i leret, hvilket bl.a. fremgik under DGU's borearbejde i 1981, hvor der i både det yngre Yoldialer og i Skærumhedserien stødtes på store sten, som forsinkede borearbejdet.

Læsøs tilvæksthistorie (fig. 10)

Læsøs opståen som undersøisk sandflak for mindst 5.000 år siden og udvikling til et 'oversøisk' flak-ø kompleks gennem de sidste 3.000–4.000 år er indgående beskrevet af Hansen (1994a, 1986a,b, 1980 og 1977). Essensen heraf er, at Læsøs udvikling som ø på flere måder adskiller sig afgørende fra andre øer, der består af marine aflejringer. Mest påfaldende er det, at Læsø ikke som andre blivende øer har en ældre, genetisk fremmedartet kerne som udgangspunkt for de yngre kystdannelser, f.eks. et bakkelandskab af glaciale aflejringer, der har leveret både læ og materialer til opbygningen af det omkringliggende marine forland (se fig. 2 og Kort I).

Læsø kan således ikke umiddelbart opfattes som dannet på linie med de andre øer i det danske 'moræne-arkipel', på den måde som dette er beskrevet af Schou (1945 og 1969a-h). Udgangspunktet for Læsøs 'oversøiske' stadier er tværtimod et marint sandflak ovenpå lerplatformen. Dannelsen af dette undersøiske sandflak er således en genetisk beslægtet forløber for de processer, der senere udvikler Læsøs første kyster og ældste ø-stadier.

Tiltagende hævningsstakt for Læsøs strandlinier (fig. 11)

Læsøs hævdede strandlinier er markant yngre end strandlinier i tilsvarende højder omkring det nordlige Kattegat, f.eks. på Skagens Odde, i Vendsyssel og i

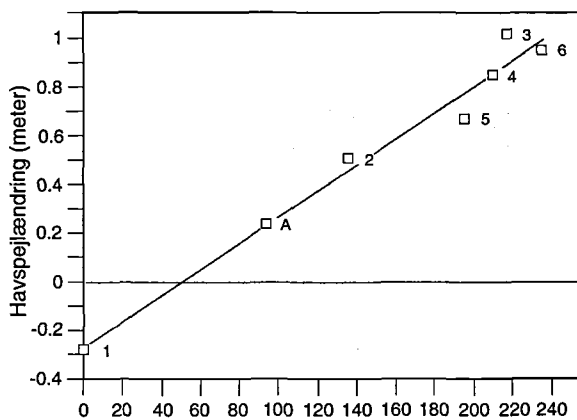


Fig. 12. Havspejlsændringer på danske, mareografiske målestationer fra 1890 til 1990 (data fra Duun-Christensen 1990 og Binderup & Frich 1993). 1: Hirtshals, 2: Århus, 3: Fredericia, 4: Slipsbavn, 5: Korsør, 6: Gedser. A: viser placeringen af den nutidige isostatiske vippeakse (efter Kakkuri 1986). Data er afbildet i forhold til en sydsydvestgående linie vinkelret på det almindelige isostatiske hævningsbillede. Afstande er angivet som afstanden mellem Læsø og projektionen af den pågældende målestation på denne linie. Den fuldt optrukne linie er en regressionsanalyse af de pågældende data.

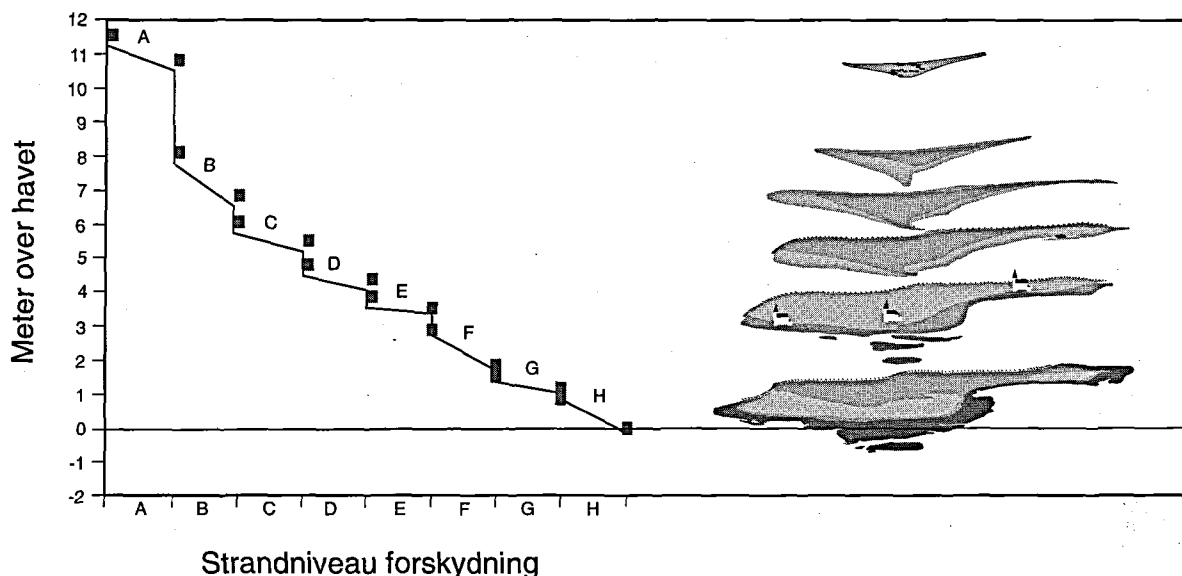


Fig. 13. Til venstre i figuren er de gennemsnitlige højdeforhold for Læsøs 8 strandterrasser angivet (meter over nuværende havniveau). Til højre ses en perspektivisk gengivelse af Læsøs størrelse og form på de tidspunkter, hvor de pågældende strandterrasser dannes. Symbolerne angiver fund af grubekeramiske redskaber (strandterrasse A), en jernalderhavn (strandterrasse D) og de 3 romanske kirker i Byrum, Vesterø og Hals (tilsandet og nedrevet i 1700-tallet). De lyse områder på det nederste omruds viser beliggenheden af agerlandet ('haverne'), der opdyrkedes på strandterrasse C og D efter årtusindskiftet. Efter Hansen 1994a, fig. 35.

Vestsverige (se f.eks. Petersen 1991, Mertz 1924). Ved Frederikshavn findes således strandlinier med en alder på 3.000, 2.000 og 1.000 år i henholdsvis ca. 3, 1 og <1 meters højde. På Læsø ligger jævnaledrende strandlinier imidlertid i henholdsvis 7.5, 5.5 og 3.5 meters højde (Hansen 1994a).

Sammenlignet med isostatisk sammenlignelige strandlinier på svenskekysten skulle grænsen for stenalderhavets transgression ('den marine grænse') ligge i ca. 8 meters højde. Men Læsøs marine toppunkt ligger i ca. 11.5 meters højde og er væsentligt yngre end den øvre marine grænse i Vestsvrige, hvorfor den marine grænse på Læsø må have ligget endnu højere. Ligeledes sammenlignet med svenskekysten skulle strandlinier, der ligger i ca. 6.5 og 3 meters højde være henholdsvis 5.000 og 2.500 år gamle, men på Læsø er strandlinier i denne højde kun ca. 2.500 og 1.000 år gamle (se diskussion i Hansen 1994a).

Specielt er det værd at hæfte sig ved den strandniveau-forskydning på 1 meter eller mere, som synes at have fundet sted siden 1780, hvor Det Kgl. Danske Videnskabskabernes Selskabs kort over Læsø udkom. Ved at sammenligne dette første pålidelige korts angivelse af kystliniens beliggenhed med den nuværende kan man på syden konstatere et fald i strandniveauet på i størrelsesordenen 1 meter eller mere fra 1780 til nu.

På basis af vandstandsdata fra de sidste 100 år må det antages, at strandniveauet i Danmark maksimalt har beløbet sig til ca. 28 cm ved Hirtshals fra

1891 til 1988 (Duun-Christensen 1990). Denne station ligger omtrent på Læsø-isobasen i forhold til det almindelige relative hævningsbillede (Mertz 1924). Syd herfor er der fra 1890 til 1990 imidlertid sket en havspejlsstigning på ca. 51 cm ved Århus, ca. 102 cm ved Fredericia, ca. 85 cm ved Slipsbavn, ca. 67 cm ved Korsør og ca. 95 cm ved Gedser (Binderup & Frich 1993). Projicerer man disse ændringer i havspejlsniveau ind på linien Læsø-Fredericia, får man ved en regressionsanalyse et fald i havniveauet ved Læsø på 27 cm i de sidste 100 år (fig. 12). Det sidste århundredes havspejlsstigninger kan formentlig tilskrives effekten af den opvarmning, der har fundet sted efter 'den lille istid' (Lamb 1988).

Kakkuri (1986) placerer den nutidige, isostatisk vippeakse på linien Kullen - Norddjursland - Hjarbæk Fjord - Klitmøller. Dvs. ca. 95 km sydsydvest for Læsø. Nord for denne linie hæver landet sig isostatisk, mens landet sænker sig syd for linien. Såfremt vippeaksen er korrekt placeret, kan man principielt beregne den eustatiske ændring som svarende til havspejlsforandringen langs denne linie. Regressionsanalysen af de ovennævnte mareografiske data viser, at der er en beregnet havspejlsstigning på ca. 23 cm gennem de sidste 100 år langs vippeaksen. Dette svarer således til en eustatisk havspejlsstigning på ca. 23 cm gennem de sidste 100 år og dermed til en beregnet isostatisk hævnning af Læsø på ca. 50 cm (23+27 cm).

Binderup & Frich (1993) går ud fra en eustatisk forandring på 1.2-1.5 mm/år, hvilket svarer til en eustatisk havspejlsstigning på 12-15 cm og dermed til en



Fig. 14. Luftfoto af den østlige ende af Læsø, Bløden Hale, Knotterne og Knogene. Områdets vifteformede kysttilvækst, bl.a. på Bløden Hale, ses tydeligt. I vandet ses Slusen, dvs. renden mellem Bløden og Kattegat, samt Løbet mellem Bovets Dyb og Kattegat. Gengivet med tilladelse fra Kampsax, Geoplan.

beregnet isostatisk hævnings af Læsø på 39–42 cm (27+12 og 27+15 cm) i de sidste 100 år.

Forudsætter man hypotetisk en tilsvarende isostatisk udvikling i perioden 1780-1890 som i perioden 1890-1990 skal Læsø i de sidste 200 år have haft en isostatisk hævnings på mellem 78 cm (2×39 cm) og 100 cm (2×50 cm). Den eustatiske havstigning i tiden før 1890 har været mindre end i dette århundrede, hvorfor det er rimeligt at sætte den eustatiske havspejlsstigning fra 1780 til 1995 til mindst ca. 24 cm (2×12 cm) og højst ca. 38 cm (23+15 cm).

Denne beregning betyder, at Læsø skulle have haft en strandniveauforskydning på mindst ca. 40 cm (2×39–38 cm) og højst ca. 76 cm (2×50–24 cm) fra 1780 til 1990. Fra 1780 til nu viser Det Kgl. Danske Videnskabenes Selskabs kort imidlertid, at Læsøs

strandniveauforskydning er væsentlig større. Det er derfor rimeligt at antage, at Læsø ud over den almindelige, isostatiske landhævnings også er påvirket af en rent lokal hævnings.

Det er endvidere en væsentlig konklusion af tidligere offentliggjorte undersøgelser (Hansen 1994a og 1980, Bahnson & al. 1986), at Læsø er hævet i ryk, således at overfladen udgøres af 8 strandterrasser (strandterrasse A-H), der adskilles af lave skrænter (fig. 13). Nogle af disse skrænter ses tydeligt i terrænet som op til 2.3–3.1 meter høje, gamle kystskrænter (se Hansen 1980, tabel 1). Tilsvarende høje kystskrænter internt i marine forlande kendes ikke fra andre isostatisk sammelignelige områder, men derimod fra den Botniske Bugt, hvor landhævnings er over 5 mm/år.

De fleste steder er terrasseskrænterne på Læsø noget lavere og udjævnet over måske 100 m. De kan derfor ikke altid ses umiddelbart i terrænet, men kan måles som niveauspring på typisk 0.3 m til 1.0 m mellem de forskellige strandterrasser.

Kortlægning af hævede strandlinier

Set fra luften frembyder Læsøs overflade en stor mængde af lineære eller kurvede strukturer, som afspejler beliggenheden af tidligere strandlinier. Næppe noget andet sted i Danmark afspejler i tilsvarende store arealer med større tydelighed, hvordan stranden i takt med landhævnningen har bevæget sig fra relativt højtliggende områder ud mod den nuværende kyst.

Vegetationen i Læsøs store udyrkede områder med strandenge, heder og selvsået naturskov afspejler selv de mindste variationer i jordbundens beskaffenhed (fig. 14). Med et væld af detaljer er det derfor muligt at udtegne en stor del af Læsøs gamle strandlinier. Især i de udyrkede områder, hvor pløjning og dræning ikke har ændret de naturlige forhold, kan sporene efter de kystdannende processer iagttages fra luften i de naturlige vegetationstypers udbredelsesmønstre.

Jordbundens relief, kornstørrelser, indhold af organisk stof og kemi er i afgørende grad præget af de processer, som fandt sted, da kysten passerede det pågældende sted. De samme forhold i jordbunden er af afgørende betydning for, hvilken vegetation, der vil erobre områderne, og hvordan vegetationstyperne trives.

Navnlig i udyrkede områder, hvor menneskers påvirkninger af landskabet i form af pløjning, dræning, kalkning, gødskning m.m. ikke ændrer de naturlige vækstbetingelser, kommer de hævede strandlinier derfor klart til udtryk i vegetationen og dermed på luftfotografier (fig. 14).

I dyrkede områder er detaljerigdommen mindre, men stadig stor. Det skyldes især, at grundvandet overalt på Læsø (med undtagelse af klitområderne) står mindre end 1.5 m under terræn, ofte kun et spadestik eller to under overfladen. Den helt lokale variation i jordbundens relief, kornstørrelser og indhold af organisk stof, som de kystdannende processer har sat et afgørende præg på, vil derfor også på hver enkelt mark have indflydelse på de dyrkede terrænoverfladers vandindhold m.m. Set fra luften er jordoverfladens vandholdighed tydelig. Våd jord er mørkere end mere tør jord, og afgrødernes vækststilstand er tilsvarende forskellig.

På basis af disse forhold er der gennemført en ny geologisk luftbilledtolkning af Læsøs gamle strandlinier. Kort I over Læsøs tidligere kystlinier (strandvolde, 'rimmer og dopper', krumodder osv.) er udtegnet på basis af flyfotos i farver, der er optaget i 1992 i målestoksforholdet ca. 1:20.000 af Kampsax/Geoplan for Nordjyllands Amt.

Kortet er en revision og detaljering af tidligere offent-

liggjorte luftbilledtolkninger af Læsøs hævede strandlinier (Hansen 1994a, 1977 og Niels Just i Hansen 1980). Nytolkningen inddrager bl.a. resultaterne af georadarundersøgelser, hvilket bl.a. på Læsøs østende har haft afgørende betydning for tolkningen af, hvad der er hav- og landside i forhold til flere af strandlinierne.

Kapitel 2:

Tilvækst- og kysttyper (Kort I)

Læsøs kysttilvækst er af to dynamisk set vidt forskellige typer: 1) en transportdomineret kysttilvækst og 2) en landhævningsdomineret kysttilvækst. Aldersmæssigt er de to tilvæksttyper delvis forskellige, idet Læsøs ældste stadier (strandterrasse A-C, fig. 10) udelukkende viser eksempler på *transportdomineret kysttilvækst*, mens yngre stadier i tiltagende grad frem mod nutiden præges af *landhævningsdomineret kysttilvækst*. Tilsvarende er strandforskydningen på Læsø tiltagende gennem de seneste årtusinder, idet den relative landhævning fra et niveau på gennemsnitligt ca. 2 mm/år for Læsøs ældste stadier er øget, især gennem de sidste 1.000–2.000 år, til ca. 5 mm/år i nutiden (Hansen 1994a).

Landhævnningen er naturligvis en væsentlig faktor for begge former for kysttilvækst, idet landhævning for den transportdominerede kysttilvækst bevirker, at havbundens materialer i takt med landhævnningen eksponeres for bølgeerosion og transportkapable bølger. Herved kan havbunden fungere som kilde for de materialer, der aflejres på kysten. Imidlertid er der den væsentlige forskel på de to hovedtyper for kysttilvækst, at materialeakkumulationens betydning er forskellig. Den relative landhævnings intensitet (faldende vanddybde) er således afgørende for, hvor meget nyt materiale på havbunden der bliver udsat for bølgeerosion og transport. Dvs. at landhævnningen i Læsøs tidlige stadier er en *indirekte* årsag til kysttilvæksten. Derimod er landhævnningen i Læsøs sene stadier en *direkte* årsag til kysttilvæksten. I denne sene fase er det selve lerplatformen - dækket af et relativt tyndt lagt marint sand - der dukker ud af havet (se side 33).

I områder med transportdomineret kysttilvækst er mængden af materiale, som er transporteret og aflejret relativt stor i forhold til tilvækstarealet (tykkelsen af kystzonelagene er relativt stor). I områder med transportdomineret kysttilvækst viser boringer, klinerne langs nordkysten og georadarundersøgelserne, at tykkelsen af de kystdannende lag (højden af de sideværts stakkede strandbredder og aflejringsskråninger pådyrkanten af strandplanerne) er i størrelsesordenen 2-5 meter.

Anderledes forholder det sig i områder med landhævningsdomineret kysttilvækst. Her er tykkelsen af de kystdannende lag mindre end 2 meter. Flere steder er kystdannede sandlag helt fraværende, idet selve ler-

platformen eller residualkonglomeratet stedvist kan udgøre jordoverfladen, evt. umiddelbart under et ganske tyndt lag af materiale, f.eks. græstørv og martørv, sandet græstørv eller fyngningssand.

Kysttilvækstens to hovedtyper kan inddeles i en række grundtyper, der på basis af luftbilledtolkningen og de geologiske undersøgelser kan regionaliseres i en række tilvæksttyper. En naturlig rækkefølge i udviklingen af Læsøs kysttyper kan indledningsvis og for oversigtlighedens skyld beskrives og tolkes således, som det vil fremgå af de følgende afsnit:

Transportdomineret kysttilvækst:

1. Strandbredsvolde - konkordant strandvoldstilvækst (tilpasning af hævet flak, ca. 3.000–1.000 f.Kr.)
2. Krumodde-, barriere- og tangetilvækst (øget materialetilførsel, ca. 1.000 år f.Kr. til nutiden)
3. Retoddedannelse (tilpasning af umoden flak-ø til vindvirkeresultanten, ca. 1.000 år f.Kr. til år 0)
4. Dannelse af vinkelforlande, fed og vige (modning af retodde til en kompleks halvødannelse, ca. 1.000 år f.Kr. til nutiden)
5. Begyndende dragdannelse (begyndende sammenvoksning af Læsø og Nordre Rønner i nutiden)

Landhævningsdomineret kysttilvækst (fra ca. år 0 til nutiden):

1. Hård- og fladbunds-dannelse (flakabrasion)
2. Fjæredannelse (fladestabilisering og fladeplanering)
3. Dannelse af dyb og løb (fladedepressioner og strømrender)
4. Holmdannelse (dannelse af nye tilgroningspunkter)
5. Fjæretilgroning med strandgenes plantebælter (fladehævning og -tilgroning)
6. Dannelse af 'floder', loer og saltpander (oversvømmelses- og dræningssystem)

Hertil kommer erosionsdomineret kystdannelse, som af gode grunde er vanskeligere at beskrive geologisk, da udviklingstrinene, bortset fra gamle erosionsskrænter og abrasionsflader (se fig. 10 og Kort I), naturligvis ikke er bevaret.

I forhold til de af Schou (1945 og 1969a-h) opstillede marine opbygningsformer repræsenterer Læsøs tidligere og nuværende kyster stort set alle de velkendte former, som primært er opstillet på eksempler fra det sydlige Kattegat, Bælthavet, Smålandsfarvandet og den vestlige Østersø. En nyligt udgivet monografi (Carter & Woodroffe 1994) over kystudvikling afslører ikke, at der fra andre steder i verden er beskrevet kystformer, som bedre end Schous arbejder kan beskrive den transportdominerede del af Læsøs kystudvikling, eller som kan paralleliseres med den landhævningsdominerede del af Læsøs kystdannelse. At udgangspunktet for den transportdominerede kystudvikling ikke er et

ældre morænelandskab eller en anden form for et ældre og fremmedartet landskab er ikke afgørende for kystdannelsernes morfologi, men en væsentlig omstændighed for forståelsen af Læsøs geologi og historie.

Det for Læsø særligt karakteristiske og i Danmark enestående er derfor de ovennævnte landhævningsdominerede former for kysttilvækst, dvs. fjæredannelse, holmdannelse og fladetilgroning. Overfladisk set kan disse tilvækstformer have ligheder med processerne i udprægede tidevandsområder (f.eks. i Vadehavet og på Skallingen), men på Læsø hidrører de dynamiske bidrag til kystdannelsen primært fra den geologisk betingede og tiltagende landhævning (regional isostasi og lokal tektonik), mens aflejringsprocesserne spiller en langt mere beskeden rolle. Disse landhævningsdominerede tilvækstformer er alle knyttet til det vidtstrakte flak, som lerplatformen udgør idag og har udgjort i de sidste ca. 1.000 år på Læsøs sydlige del og i området syd, sydvest og sydøst for Læsø.

Slutproduktet for den udviklingsrække, som disse former for landhævningsdomineret kysttilvækst medfører, er dannelsen af de for Læsø enestående typer af *saltpander* og naturlige *kummerlandskaber*. Dvs. områder, hvor kystmorfologien og de geologiske forhold, der har skabt kystmorfologien, resulterer i langvarige oversvømmelser og tørlægninger og i akkumulation af overfladenært, hypersalint grundvand, der hindrer yderligere tilgroning, indtil landhævningen muliggør en begyndende dannelse af ferskt grundvand. Lignende saltpander og kummerlandskaber er tidligere beskrevet fra Skallingen (Jakobsen 1954, Iversen 1954), men afviger på en række punkter især ved de læsøske saltpanders meget høje saltkoncentrationer og ved vegetationen. Jordvandets saltkoncentrationer og kystvegetationens plantebælter omkring Isefjord og Roskilde Fjord (Mikkelsen 1949) er ligeledes forskellig fra forholdene på Læsø (se side 39 og 48).

I de følgende afsnit beskrives og diskuteres de forskellige tilvæksttyper. Dokumentation for de anførte tolkninger er primært strandliniekortet (Kort I), kortet over Rønnernes plantebælter (Kort II), de af Andreasen (1986 og senere) udførte georadarundersøgelser, mine tidligere offentliggjorte arbejder om emnet (Hansen 1994a, 1986, 1980 og 1977) samt boreprofiler m.m. af Bahnson (1986).

Den transportdominerede kysttilvækst

Den transportdominerede kysttilvækst karakteriserer den vestlige, nordlige og østlige del af Læsø. Det vil sige de områder, som gennem tiden primært har været eksponeret for vestenvinden og det relativt dybe vand mod vest og nord, samt de østvendte områder på Østerby-halvøen, som er udtryk for en vindretningsbestemt, kystlangs omlejrning, transport og aflejring af materialer fra Læsøs ældste, mere vestligt beliggende dele.

Den transportdominerede kysttilvækst finder udtryk i en række strandbreds-, odde-, barriere-, vinkelforlands-, fed- og dragdannelser, som i nogenlunde analoge udviklinger findes mange andre steder i verden. Schous (1945) banebrydende arbejde omkring disse kystdannelser og hans klassifikationer kan stort set alle anvendes på denne del af Læsøs kystudvikling.

Strandbredsvolde - konkordant strandvoldstilvækst (fig. 15)

Læsøs ældste del (strandterrasse A) består af et landskab, der er domineret af forholdsvis retlinede, tætliggende, i overfladen stenede strandvolde. Luftbillederne af området omkring Læsøs ældste (inderste) strandvolde viser således, at disse ældste strandvolde beskriver formen af en lille trekantet ø, som omkranses af tætliggende, konkordante (dvs. omtrent parallelle, hinanden ikke-skærende) strandvolde.

En nærmere forståelse af disse ældste strandvoldes dannelsesmåde er naturligvis central for en nærmere forståelse af, hvordan Læsøs overhovedet er opstået som ø trods Læsøs mangel på et ældre, fremmedartet landskab, som har leveret læ og materialer til det yngre, marine forland.

Til forskel fra områder med krumoddekomplekser og barrieredannelser er den ældste ø's konkordante strandvolde mere tætliggende og stort set uden antydninger af, at der har været større bagvedliggende laguner, vige o.l., således som tilfældet er i Kærene, på Østerbyhalvøen og på sydvest-øen. Ligeledes adskiller denne form for kysttilvækst sig fra feddannelserne på Østerbyhalvøen f.eks. på Bløden Hale, hvor den vifteformede spredning af omtrent konkordante strandvolde afspejler en væsentligt større materialetilførsel.

De konkordante strandvolde viser således ingen tendenser til krummodellignende eller kystdiagonale strukturer, hvorfor det må antages, at strandvoldene er dannet på selve strandbredden nær højvandsmærket og ikke som f.eks. krumodder eller barrierer med bagvedliggende laguner. Disse strandvolde betegnes derfor her som *strandbredsvolde*, svarende til Schous (1945) 'rullestens-strandvolde'. Da strandvoldene p.g.a. udgangsmaterialets ringe stenindhold (se nedenfor) kun har en overfladisk bestrøning af flade, exfolierede sten (se side 59) er det mere relevant at anvende en særlig betegnelse for disse strandvoldsformer.

Mange steder er strandvoldene dækket af flyvesand, men selv under sanddækker af mere end 1 meters tykkelse fremtræder strandvoldsstrukturen ganske tydeligt på luftbillederne og i vegetationen. I afblæste områder, f.eks. langs den gamle kystskrænt fra Vesterø Havn mod Store Dal fremtræder de konkordante strandbredsvolde meget tydeligt i terrænet. Afblæsningen af det yngre sand og af relativt finkornet sand i 'dopperne' har sandsynligvis fremhævet de mere grovkornede 'rimmer'. Således fremtræder området

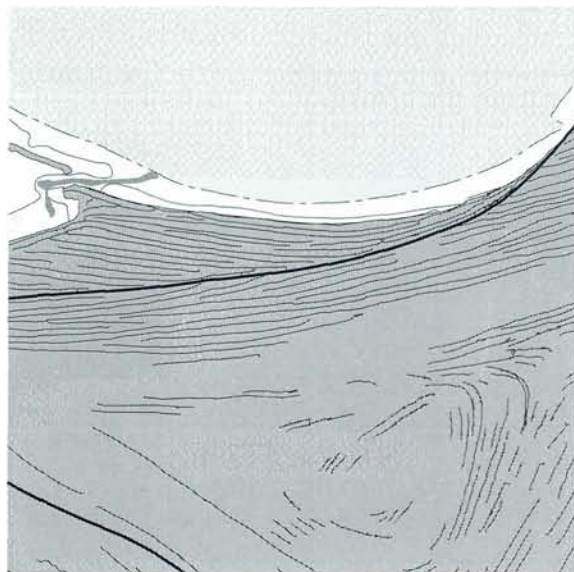


Fig. 15. Strandbredsvolde - konkordant strandvoldstilvækst. Området ved Store Dal. Udsnit af Kort I.

idag omtrent som lignende strandvoldssystemer af tætliggende 'rimmer og dopper' på Skagens Odde, bl.a. i området ved Jerup mellem Ålbæk og Frederikshavn.

Under overfladen er mængden af sten og grus i dette læsøske strandvoldssystem ringe, hvilket antagelig skyldes, at strandvoldenes underlag er relativt finkornet marint sand fra Læsøs sandflak-stadium. Således viser en større råstofprospektering (Andreasen 1986, samt Læsø Kommune m.fl. 1989) og ca. 15 prøvegravninger til 2-3 meters dybde i de konkordante strandbredsvolde på det nordlige Læsø, at sten og grus næsten udelukkende er knyttet til selve overfladen af strandvoldene (se også om flade sten på afblæsningsflader i afsnittet 'Menneskeskabte kummerlandskaber'). Dette gælder også de af Jessen (1897) som strandvoldsgrus kortlagte arealer i dette område. Større mængder af grus og sten forekommer således kun udenfor området, f.eks. i strandvolden syd for Østerby Havn, på Hornex Odde og på sydsiden af den gamle odde, som skæres af den nuværende kystklint ved Bansten Bakke.

Forholdet kan tilskrives, at Læsø er opstået ved hævnning af et marint flaks sandede og forholdsvis stenfattige aflejringer. Derefter har brænding og kystudligning modelleret og omlejret det sandflak, som den grubekeramiske kystkultur tog i besiddelse for ca. 5.000 år siden. Således synes fundene af grubekeramikernes flinteredskaber de fleste steder at være gjort i selve strandvoldene og ikke ovenpå dem. Redskaberne er derfor sandsynligvis omlejret (Hansen 1994a).

Strandlinierne på 'toppen' af sandflakkets aflejringer ligger i ca. 11,5 meters højde, og 'dopperne' overlej-

res nær Læsøs 'toppunkt' af et ganske tyndt gytjelag, som er kulstof-14 dateret til 1.710 f.Kr. (Hansen 1994a). Gytjelaget indeholder især pollen fra en strandvegetation, men også en stor procentdel taks-pollen (Jens Stockmarr, personlig meddelelse). Over gytjelaget findes atter sand, som må antages at være flyvesand.

Et fingerpeg om alderen på strandterrasse A's yderkant er en tørv fra strandterrasse B' inderkant med en alder på 730 år f.Kr., dvs. fra slutningen af bronzealderen (Hansen 1994b). Strandterrasse B løber hen over Bansten Bakke, hvor andre dateringer af marine skaller under 4–5 meter marint sand viser, at området nær græsen mellem strandterrasse A og B var hav omkring 1.300 år f.Kr. Det er derfor ikke et urimeligt *udgangspunkt* at antage, at strandterrasse A's dannelse (området med strandbredsvolde) daterer sig til perioden fra måske ca. 5.000–4.600 år (grubekeramisk stenalderkultur) til ca. 3.000 år før nu og i hvert fald til perioden fra ca. 4.000 år før nu til ca. 3.000 år før nu.

Ved sammenligning med Skagens Odde (Petersen 1991) skulle man i 11,5 meters højde vente at finde mere end 5.000 år gamle strandlinier. Tilsvarende anfører Mörner (1969), at Læsøs ældste strandlinie 'burde' ligge i kun ca. 8 meters højde og have en alder på 6.500–5.000 år. Dette er, som det fremgår, ikke tilfældet.

Stenalderen og bronzealderen karakteriseres af flere små eustatiske transgressions- og regressions-maxima (se Iversen 1937, 1943 og 1967, Fairbridge 1961 og Krog 1965 og 1968). Gennem grubekeramisk stenalder og det meste af bronzealderen må Læsø derfor antages at være udviklet gennem en serie af transgressioner og regressioner til den mere blivende ø, som først blev skabt i slutningen af bronzealderen (Hansen 1994a).

Området med konkordant strandvoldstilvækst (strandterrasse A) kan således som udgangspunkt tages som udtryk for kystudvikling i en relativt lang periode fra grubekeramisk stenalder til bronzealderens slutning (ca. 5.000–ca. 3.000 år før nu). I denne periode forskydes Læsøs strandlinie højst 2,5 meter svarende til de maksimale højdeforskelle på strandterrasse A. Sandsynligvis er strandforskydningen ringere, idet de gennemsnitlige niveauforskelle fra strandterrasse A's top til dens yderkant kun er 0,7 meter fra et gennemsnit på 11,3 m.o.h. til et gennemsnit på 10,6 m.o.h. (se Hansen 1980, tabel 1).

Strandniveauforskydningen ved Frederikshavn angives i dette tidsrum at være ca. 8 meter og ca. 7 meter på isostatisk sammenlignelige strækninger i Vestsverige (se Mörner 1969). På Skagens Odde viser nyere undersøgelser med en god dateringsmæssig dækning, at strandforskydningen fra 5.000 til 3.000 år før nu er ca. 5,5 meter (Petersen 1991).

Antager vi derimod som udgangspunkt, at de grubekeramiske redskaber på strandterrasse A alle er om-

lejet og senere indlejet i yngre strandvolde, dvs. at strandforskydningen over strandterrasse A kun har været fra ca. 4.000 til 3.000 år før nu, kan den samtidige strandforskydning på Læsø være af samme størrelsesorden som på Skagens Odde.

Idet den lokale strandniveauforskydning (a) udgør forskellen mellem isostatisk landhævning (b) *plus anden lokal landhævning* (c) og den globale, eustatiske havstigning (d), dvs. at $a=b+c-d$, kan forskellene på landhævningen beregnes.

På basis af Mörners (1969 fig. 145) omdiskuterede, eustatiske kurve og dateringer af strandniveauforskydningen fra ca. 5.000 til 3.000 år før nu ved Frederikshavn og i Vestsverige betyder det, at den isostatisk landhævning ved Frederikshavn og i Vestsverige (i områder, der er isostatisk sammenlignelige med Læsø) skulle have været 11–12 meter, mens landhævningen på Læsø tilsvarende skulle have været 5–6 meter. Denne lokalt afsvækkede landhævning skulle således finde sted samtidig med, at den samlede eustatiske havstigning i den pågældende periode er ca. 4 meter.

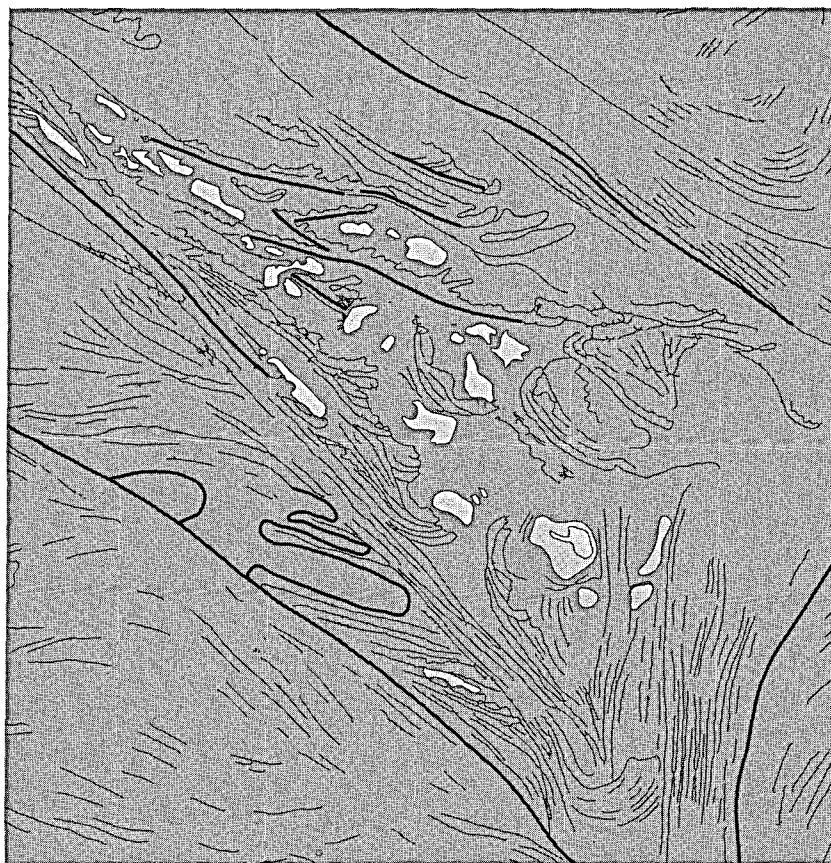
Den samlede eustatiske transgression på disse ca. 4 meter består (fortsat efter Mörners omdiskuterede arbejde) af 4–5 eustatiske transgressioner på hver ca. 0,5–2 meter og mellemliggende eustatiske regressioner på ca. 0,5–1 meter (Mörner 1969). Sammenholdes disse tal med en læsøsk landhævning på 5–6 meter, således som beregninger efter Mörners metode viser, kan det konkordante strandvoldssystem på Læsøs ældste del *hypotetisk* tages som udtryk for en resulterende svagt regressionspræget og meget langvarig kystudvikling. Dvs. en kystudvikling, hvor samspillet mellem isostatisk og anden landhævning, eustatiske transgressioner og småregressioner, erosion, kystudligning og omlejring resulterer i de mange tætliggende, konkordante strandbredsvolde på strandterrasse A.

Med andre ord må man ud fra denne 'mörnerske' tilgang antage, at lokale forhold i Læsøs undergrund har *formindsket* landhævningen i bronzealderen, således at bronzealderens eustatiske transgressioner gang på gang har oversvømmet den lille oprindelige flak-ø helt eller delvist. Det paradoksale fravær af en læsøsk bronzealderkultur trods forkomst af både stenalder- og jernalderkulturer (se Svendsen i Johansen & Remmer 1968, Johannsen 1984, Hansen 1994a) kunne umiddelbart tale for denne opfattelse.

Under alle omstændigheder viser alders- og højdeforholdene på strandterrasse A og sammenligningerne med udviklingen af veldaterede kystlinier på Skagens Odde, at serien af strandbredsvolde kan tages som udtryk for enten 1) en mindst ca. 700 år lang eller 2) en højst ca. 2.300 år lang *tilpasning* af det hævede sandflak.

Den første mulighed forudsætter, at Læsøs landhævning er omtrent normal i dette tidsrum, at gytjelaget med de mange taks-pollen er udtryk for, at Læsø først opstod godt 3.700 år siden, men derfor også at

Fig. 16. Krumodde-, barriere- og tangetilvækst. Kærene. Udsnit af Kort I.



alle de grubekeramiske redskaber er omlejret og oprindelig har ligget på nu borteroderede, højereliggende strandlinier. Denne 'omlejningsmodel' harmoniserer godt med, at der i klinten ved Bansten Bakke er fundet et grubekeramisk kar (Lysdahl 1987) i det marine sand *over* et lag med *in situ* skaller, der kun er ca. 3.300 år gamle.

Den anden mulighed forudsætter, at grubekeramikkerne faktisk har opholdt sig på de strandvolde, hvori vi finder hovedparten af deres redskaber og lerpotter, men også at Læsøs resulterende landhævning er abnormt lav eller negativ i dette tidsrum.

Min vurdering er, at strandforskydningen og landhævningen i denne periode er af samme størrelsesorden som på Skagens Odde (jf. Petersen 1991). Det forhold, at de kun ca. 3.700 til ca. 3.000 år gamle strandlinier på strandterrasse A nu ligger 5 til 6 meter 'for højt', dvs. i samme højde som godt 5.000 år gamle strandlinier på Skagens Odde, skal derfor forklares med *den senere landhævning* under Læsøs tiltagende og meget kraftige landhævning gennem de sidste 2.000 år (se fig. 11).

Min vurdering er således, at strandterrasse A's konkordante strandbredsvolde er udtryk for en tilpasning af det opdukkende sandflaks størrelse, materialer og

morfologi til en kyst- og ø-form, som er mere stabil i det nye 'oversøiske' miljø. Man må derfor antage, at de tætliggende, konkordante strandbredsvolde kan opfattes som en kontinuert serie af regressive, overvejende erosive 'højvandsmærker' på den tilbageblevne erosionsrest af det hævede sandflak.

(Det skal nævnes, at konkordante tilvækstmønstre også findes på Læsøs sydlige tilgroningskyster. Disse strandlinier er imidlertid af en ganske anden morfologi og natur. De indeholder f.eks. ikke bølgetransporteret, groft materiale som f.eks. grus og sten, se side 35 og 36).

Vegetation

Den naturlige vegetation på strandterrasse A's strandbredsvolde vokser praktisk taget overalt på yngre dannelser (aflæsningsflader og flyvesand). Langs nordstranden, hvor strandbredsvoldene efter aflæsningen igen fremstår som en strandvoldsslette findes dels lav- og lyngheder (i dopperne), dels lyng-, revling- og sandskægheder på rimmerne.

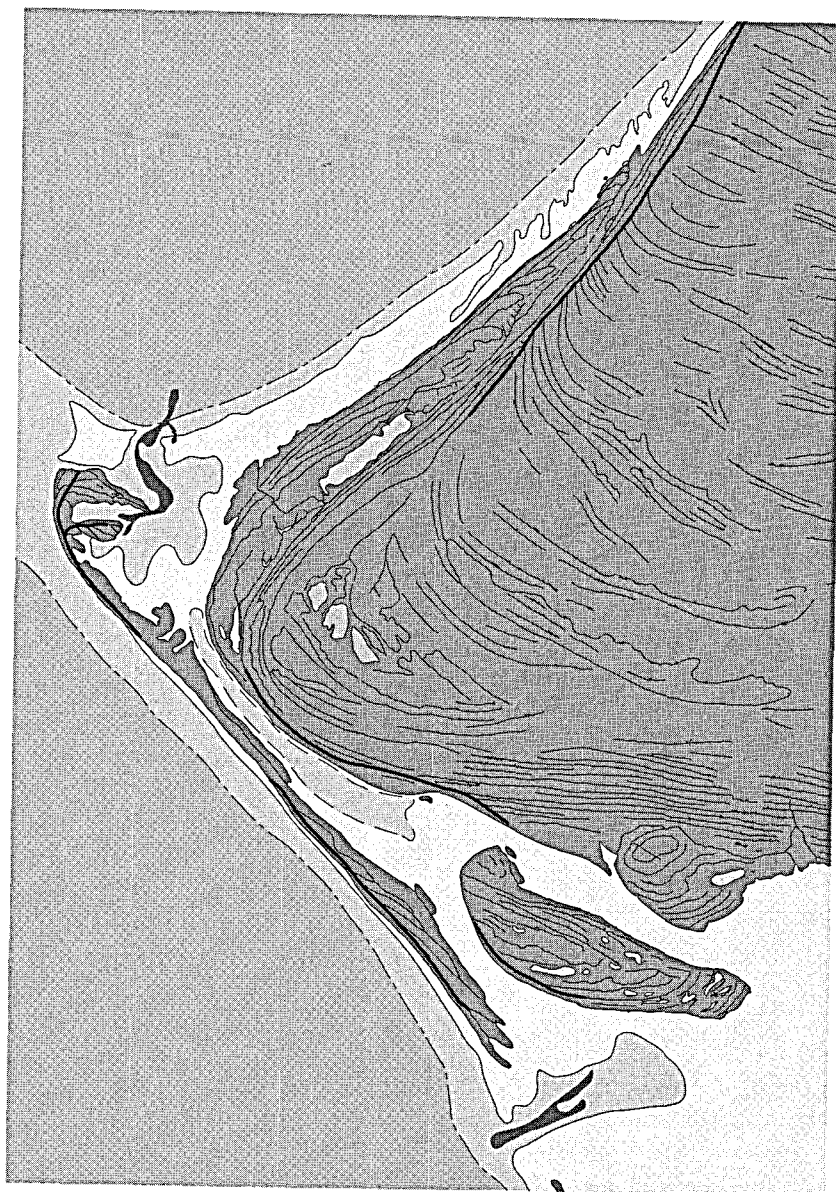


Fig. 17. Barriere-ø og strandsø (lagune). Stokken. Udsnit af Kort I.

Krumodde-, barriere- og tangetilvækst (fig. 16 og 17)

Området sydvest for den ældste del af Læsø, dvs. strandterrasse B's sydvestlige del, Kærene (fig. 16), samt området herimellem og den nuværende kyst ved Stokken (på visse kortudgivelser også kaldet Knotten), er dannet ved kystlangs eller kystdiagonal udvækst af krumodder, afspærrende tanger eller ved dannelse af fritliggende barriere-øer med krumodelignende tilvækst af den ene eller begge af barriere-øens ender (fig. 17).

Der synes at være en række markante forskelle mellem kystdannelserne i Kærene og de yngre dannelser på sydvestøen, som primært består i, at barriererne i

Kærene er smallere, længere og højere end de yngre barrieredannelser. Således kan det ikke udelukkes, at Kærenes barrierer og tanger er vokset ud fra et nu forsvundet landområde udfor Vesterø Havn, mens sydvest-øens dannelser i højere grad synes at bestå af en serie af fritliggende barriere-øer.

De ældste krumodder, tanger og barrieredannelser i Kærene ligger alle på strandterrasse B og fremtræder ganske tydeligt på både luftbillederne og i selve terrænet som lyngklædte, stokformede sandrygge, hvor stokkenes 'håndtag' oftest krummer rundt om et rørskovsområde, et kær eller en 'sig' (se Espegaard 1980).

Krumodderne, der er dette landskabs grundform, kan

udgøre mere eller mindre komplekse barrierer og tanger, hvis form viser, at de fleste er migreret fra et område ved Vesterø Havn eller fra et kildeområde i det nuværende hav ud for Vesterø Havn. I Havnebakken ligger Yoldialeret relativt højt, 1–2 m over havet. Det må bl.a. ud fra strandliniernes forløb antages, at enten et højtliggende parti af det sten- og sandholdige Yoldialer eller et landområde i det nuværende hav ud for Vesterø Havn har fungeret som kildeområde til disse ældre krumodder.

På et lidt senere tidspunkt begynder der også at opstå nordvest-migrerende krumodder fra et område nord for Byrum, hvor Yoldialeret nu ligger op til 4 meter over havet.

Ved slutningen af strandterrasse B's dannelse afspærres hele området fra Vesterø Havn til Byrum af en ca. 6 km lang barriere- eller tangedannelse, som over det meste af strækningen er videreudviklet med strandbredsvalde på havsiden.

Ved dannelsen af disse markante barrierer, krumodder og afspærrende tanger er der successivt opstået en serie af strandsøer (laguner) i de efterhånden afspærrede områder mellem hovedøen og de yngre kystdannelser. Efterhånden som landhævningen er skredet frem eller i takt med yderligere kysttilvækst udenfor de afspærrende krumodder og tanger, er strandsøerne blevet ferske. En række af disse tidligere strandsøer er endnu bevaret som ferskvandssøer og rørskovsområder i Kærene, hvor bl.a. en lokal jagtforening gennem opkøb for ca. 70 år siden, har sikret dele af området mod dræning.

På overgangen mellem de ældre og yngre stadier af denne tilvækstform begynder der på strandterrasse C at ske en kystdiagonal udvækst af strandvolde fra øst mod vest. Disse udgør i området omkring Vesterø Mejeriby et druknet landskab (Hansen 1986b og 1994a fig. 22), hvor havet har transgrederet strandvoldene og eroderet skrænter på både ydersiden og indersiden af de tilbageværende volde. Herved er der i området opstået flere vige ind bag de kystdiagonale strandvolde, ligesom stumper af de eroderede volde har ligget tilbage som småøer.

Den vestligste del af strandterrasserne D-H er præget af tilvækstformer af omtrent samme type som i Kærene. I terrænet er de dog knap så markante bl.a. på grund af opdyrkning allerede i middelalderen og i de mest kystnære områder p.g.a. råstofgravning frem mod nutiden. Terrænformerne tyder imidlertid på, at kysttilvæksten primært er sket ved en successiv dannelse af fritliggende barriere-øer med bagvedliggende laguner, som efterhånden er blevet ferske, og som sidenhen helt er groet til.

Omtrent tilsvarende dannelser kan studeres nærmere på Læsøs sydvestligste hjørne, hvor recente og subrecente barriere- og krumoddedannelser med tilhørende afspærrede laguner og strandsøer udgør en naturlig udviklingsrække.

Stokken - vel Danmarks største fritliggende, recente-barriere-ø i de indre farvande - er således en godt 50 år gammel og 4.5 km lang barriere-ø, der mod nordvest udvikler sig til et system af successive krumodder, mens den mere gradvist 'klinger af' mod sydøst på sandfjærene syd for Sdr. Nyland.

Da Stokken opstod var den kortere, bredere og mere krum på dens nuværende midte. Efterhånden som barrieren er vokset i længden er den blevet smallere og mere retlinet. Denne udretning er sket i takt med, at barrieren er vokset i begge ender og er rykket tættere på land. Således ligger fundamentet af et sømærke, som blev opført i 1965 omtrent midt på barrieren og midt mellem barrierens søværts og landværts strandlinie, idag i brændingszonen ca. 100 meter udenfor barrierens nuværende søværts strandlinie.

Vandområdet (lagunen) mellem Stokken og hovedøen er i samme periode blevet mere smult, idet der er sket en delvis tilsanding ved begge ender af Stokken, mens vandområdet langs Stokkens midterste del i højere grad bevarer dybden og en vegetation af ålegræs og fastsiddende alger.

Vester Nyland indenfor Stokken er en tilsvarende, men ældre barrieredannelse, som i Schous (1945) terminologi er en tange, fordi den er vokset ud fra Læsø og nu helt afspærres den bagved liggende strandsø, Kirkefloden. For ca. 70 år siden var Kirkefloden en brak til salt lagune med åben forbindelse til havet ved 'nylandets' nordlige ende. Idag er 'nylandet' vokset helt ind på hovedøens nordvestkyst med kun en smal, naturlig dræningsrende mellem havet og Kirkefloden, der således er blevet en strandsø. Ved ekstremt højvande kan strandsøen få et tilskud af havvand, men er det meste af tiden svagt brak.

Længst ude, ca. 5 km sydvest for Hornfiskrøn, ligger en godt 10 år gammel, 1 km lang og praktisk taget ukendt barriere-ø indenfor stenrevne ved Pallen og Sdr. Rønner. De 'trafikale' forhold gør det umuligt at komme til denne barriere-ø fra søsiden på anden måde end med en fladbundet jolle eller fra landsiden ved at vade de 5 km over fjærene fra den også afsides beliggende Hornfiskrøn. Da jeg besøgte denne barriere-ø i 1994, var den bevokset af en smule sodaurt og marehalm. Kun en plantet stage viste, at den tidligere har været besøgt af mennesker. Derimod var barriere-øen og stenrevne tæt 'befolket' af ca. 200 spættede sæler og enkelte gråsæler.

Vegetation

Vegetationen i Kærenes tidligere strandsøer domineres nu af tagrør, pors samt star- og græsarter. Odgaard (i Andersen & al. 1983, side 63) har fra Kærene beskrevet en vegetationszonering med bl.a. følgende karakterarter:

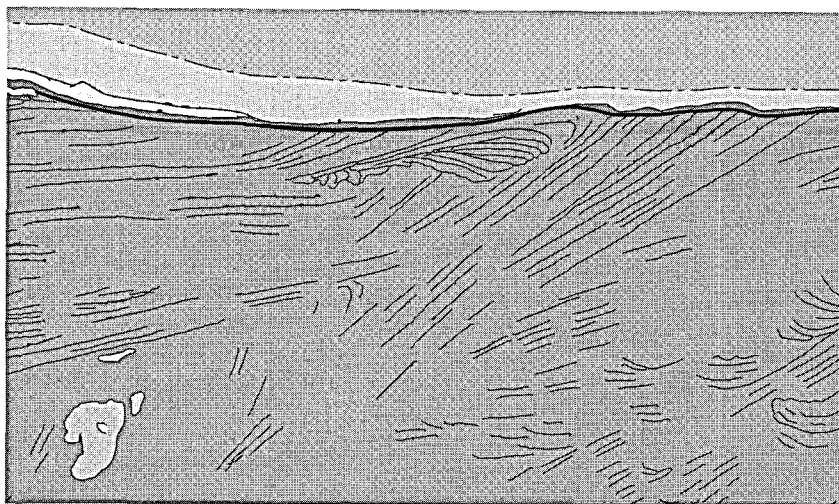


Fig. 18. Retoddedannelse. Området ved Bansten Bakke. Udsnit af Kort I. I dette område skærer den nuværende kyst gennem den gamle retoddes strandlinier. Til højre skærer kystlinien gennem retoddens sydkyster, til venstre gennem den nordkyster.

1. tagrør, pors, smalbladet kæruld, blåtop, nedbøjet ranunkel
2. benbræk, pors, blåtop og klokkelyng,
3. tue-kogleaks, klokkelyng, blåtop, benbræk og tormentil
4. klokkelyng, hedelyng, sand-star
5. hedelyng og sand-star.

Denne zonerings fra Birkemosen går fra kærrets kant og op på toppen af en strandvolds lynghede.

Kærene karakteriseres i nutiden af en påfaldende mangel på tørv. Hvorvidt der tidligere har været tørv i Kærene vides ikke. Det kan ikke afvises, at eventuelle tørvforekomster helt er bortgravet til brændsel og 'hakkemøg' (se side 57).

De langt yngre strandvolds- og strandsø-landskaber ved Vester Nyland er ved at blive undersøgt af Jon Buttenschøn og Flemming Thorning-Lund for Nordjyllands Skovdistrikt og Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd med henblik på en vurdering af græsningens betydning. Fra ugræssede strandvolde beskriver de i en midtvejsrapport en vegetation der domineres af revling og i mindre grad af hedelyng med en undervegetation af mosser og laver.

Gravesen & Vestergaard (1969) har beskrevet vegetationen på en recent-subrecent barriere-ø i Køge Bugt (Ølsemagle Revle), der har mange lighedstræk med den recente-subrecente barriere-ø, Stokken, men der foreligger ikke nærmere beskrivelser af denne kyst-forms vegetation på Læsø.

Vegetationen i strandsøen bag Vester Nyland domineres af arter af siv, star og kæruld.

Retoddedannelse (fig. 18 og 10)

Østerby-halvøens nordlige og ældste del er oprindelig dannet som en 4-5 kilometer lang retodde (jvf. Schou 1945) med materialetilførsel fra begge sider. Fra den ældste del af Læsø har retodden strakt sig mod øst-nordøst, nord om stedet, hvor Østerby Havn nu ligger og derfra til det nuværende Jegens. Her er den ældste del af oddens østspids bevaret som Østerby-halvøens højstliggende og ældste strandlinie.

Derefter er retodden vokset i bredden mod syd og i længden mod øst samtidig med, at odden gradvist er blevet eroderet fra nord og samtidig med, at de nuværende relativt store vanddybder på mere end 10 meter er begyndt at blive dannet ud for Østerby Havn. Her ved er den ældste del af odden blevet helt 'gennembrudt' ved Østerby Havn. De hævdede strandlinier helt ud til nordkysten ved Østerby Havn er således oddens tidligere *sydkyster*.

Det kan være vanskeligt at finde teoretiske, kystdynamiske belæg for ovenstående tolkning, idet den umiddelbart synes at forudsætte en betragtelig erosion på stor vanddybde (nuværende vanddybder plus højden af oddens strandlinier kan være mere end 15 meter). Geometrisk set er det imidlertid ganske klart, at oddens yngre strandlinier, som langt bedre kan læses på de nye flyfotos (optaget af Kampsax/Geoplan i 1992), peger på en sådan tolkning. Disse flyfotos viser, at strandlinierne omkring og syd for den endnu bevarede del af oddens østende hænger fysisk sammen med strandlinierne syd for oddens rod, hvor den idag skæres af erosionsklinten ved Bansten Bakke.

Andreasens (1986) georadarundersøgelser er vigtige for denne tolkning, da de viser, at alle de hævdede stranddannelser tværs over Østerby-halvøen fra nordkysten til sydkysten uden undtagelse hælder mod syd. Dette ville ikke være tilfældet, såfremt Østerby-halvøen først opstod som en selvstændig ø syd for Østerby Havn, således som jeg tidligere har ment (Hansen 1977), el-

ler såfremt Østerby-halvøen blev dannet på en væsentligt anderledes måde (se Niels Justs udtegnning fra 1978, gengivet i Hansen 1980).

Før disse farveflyfoto- og georadaroptagelser blev foretaget, var det den almindelige antagelse, at de nordligste strandvolde på Østerby-halvøen skulle være gamle nordkyster (Jessen 1897, Michelsen i Johansen & Remmer 1968, Hansen 1977), hvilket georadarundersøgelserne viser ikke er tilfældet. Det må derfor antages, at retodden er vokset ud i havet norden om Østerby Havn, og at oddens østspids er identisk med de højeste strandlinier på Jegens, hvor strandlinierne fra klintens top og indefter netop løber sammen i en spids.

De nuværende relativt store vanddybder i havet udfor strækningen fra Bansten Bakke til Jegens må derfor være opstået sent i Læsøs historie. Dvs. efter at odden er eroderet fra nord og 'gennembrudt', og efter at landhævningen har haft yderligere tid til at virke, således at havbunden nord for Østerby Havn har kunnet udsættes for yderligere erosion. For denne geometriske og sedimentstrukturelt set nødvendige tolkning taler også, at Læsøs største frie stræk med relativt store vanddybder netop findes mellem dette område og Oslo Fjord (ca. 240 km), og at revene og grundene nord for Læsø ligger udenfor linien mellem Østerby Havn og Oslo Fjord.

De tidligste stadier af denne halvødannelse (retoddestadiet) minder morfologisk, geometrisk, størrelsesmæssigt og på andre måder om Anholt's østende, der gradvist er vokset mod østnordøst som følge af kystlangs transport i overensstemmelse med vindvirkeresultanten (Schou 1945). Ligesom Anholt får Østerby-halvøens retodde en syddrejende tendens, og ligesom Anholt's *glaciale vestende* har Læsøs *marine vestende* leveret læ og materialer til denne østnordøstgående kysttilvækst.

På samme måde kan den ældste del af Østerby-halvøen, den nu delvist borteroderede odde fra Bansten Bakke til Jegens, opfattes som en tilpasning - i sekvensstratigrafiske termer en akkomodation - til den ældste trekantede ø's (strandterrasse A og B's) fortsatte hævnning. Den tidlige ø's 'umodne' tilvækstdannelser, f.eks. Kærenes barrierer, krummodder og tanger, må ved deres modning antages at have leveret en del af materialerne til oddens tidligste opbygning. I senere stadier af retoddens vækst, hvor den får en syddrejende tendens, må materialerne - i takt med landhævningen - antages at stamme fra abrasion af nye kildeområder syd og øst for Byrum, idet de hidtidige kildeområder for sand og grus ved Vesterø Havn og Byrum (højtliggende Yoldialer) på dette tidspunkt er blevet dækket af nyt land.

På begge sider af retodden, dvs. i områderne syd og sydøst for Byrum og ved Hornex Odde, ligger Yoldialerets nuværende overflade 0-1 meter over havoverfladen, mens oddens strandlinier ligger 4-5 m over havet eller 2-3 m lavere end B-terrassens strandlinier.

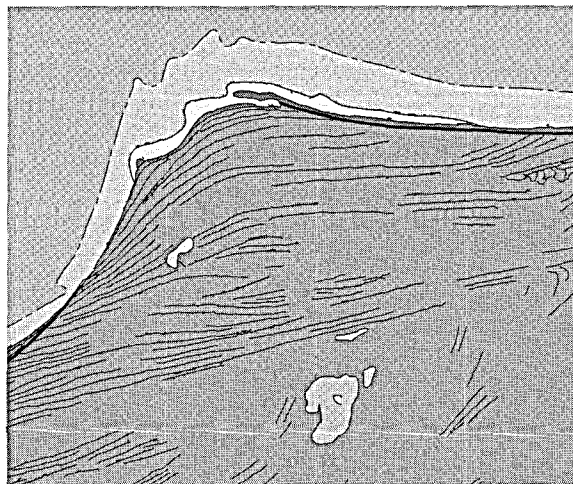


Fig. 19. Vinkelforland. Hornex Odde. Udsnit af Kort I.

Vanddybden over mulige nye kildeområder til grovkornede sedimenter har således højst været 4-6 m på begge sider af oddens rod. Det vil sige, at der flere steder har været lavvandet nok til, at bundmaterialet har kunnet udsættes for bølgeerosion og transport, idet bølgebetaget abrasion i de indre danske farvande normalt sker indenfor 6 m kurven (Schou 1945). De frie stræk i det nordlige Kattegat har givetvis også været større end i nutiden, idet det marine forland omkring det vendsysselske 'morænearkipel' har været mindre. Bl.a. var Skagens Odde kun ca. halvt så lang på det tidspunkt, hvor retodden dannedes (se Petersen 1991).

Vegetation

Vegetationen på de ikke borteroderede dele af retodden vokser stort set overalt på yngre dannelser (flyvesand og afblæsningsflader). Retoddens tidligere sydkyst ved Bansten Bakke har en naturlig vegetation af lyng- og revlinghede, men er nu omdannet til golfbane.

Tvesidigt opbygget vinkelforland (fig. 19)

Hornex Odde, der udgør en kontinuert fortsættelse af de konkordante strandbreddsvolde på Læsøs højstliggende dele, kan opfattes som et 'tvesidigt opbygget vinkelforland' (jvf. Schou 1945). Højtliggende dele af lerplatformen under stenrevne ud for kysten har her leveret både en vis beskyttelse mod brændingen og et lokalt tilskud af relativt grove materialer (se side 12). Således er Hornex Odde lige siden dannelsen af den første trekantede ø (strandterrasse A) opbygget som en gradvist mere og mere vinkelformet 'tilvækstpukkel' på Læsøs nordkyst, der ellers mest præges af erosion i Læsøs yngre stadier. På strækningen fra Holtemmen



Fig. 20. Fed- og halvødannelse. Området ved Syrodden, Bløden Hale og Knotterne. Udsnit af Kort I.

til Syrodde er Hornex Odde således det eneste sted, hvor der sker en nutidig kystopbygning, mens den øvrige del af strækningen nedbrydes.

Denne nedbrydning af Nordkysten og den lokale opbygning af Hornex Odde bag stenrevne ud for kysten ses bl.a. af, at ældre strandlinier på vinkelforlandets sider gennemskæres af den nuværende kyst. Vinklen mellem den nuværende kystlinje og ældre strandlinier tiltager således i begge retninger fra Hornex Oddes spids, hvilket viser at 'roden' af Hornex Odde er under erosion. Derimod viser mange opskyllede skaller af fossile muslinger m.m. (bl.a. *Saxicava arctica* og *Macoma calcarea*) på selve spidsen af Hornex Odde, at der her sker en tilførsel af materialer fra lerplatformen.

Vegetation

Vegetationen på Hornex Odde udgøres af en gradvis overgang fra inderst en begyndende tilgroning af lyngheden med især fyr, birk og gråris. Nærmere stranden er lyngheden mere åben og med megen pors i lavningerne og revling på strandvoldene. Nærmest kysten forekommer p.g.r.a. Yoldialerets høje beliggenhed en vældpræget vegetation med bl.a. strand-skræppe og tiggerranunkel og de meget sjældne arter skotsk lostilk og strand-vortemælk.

Ensidigt opbygget vinkelforland (fig. 20)

Mens Hornex Odde kan opfattes som et 'tvesidigt opbygget vinkelforland', kan Østerby-halvøens nordøsthjørne opfattes som et 'ensidigt opbygget vinkelforland' (jvf. Schou 1945). Fra den ældre retoddens østspids opbygges i flere tempi et gradvist mere stumpvinklet vinkelforland.

Strandliniernes forløb rundt om dette vinkelforland viser klart, at materialerne helt overvejende er transporteret fra vest mod øst langs forlandets nordkyst, således at der ud mod vinkelforlandets nordøsthjørne er sket en vis aflejring og tilvækst mod nord. Langt større er tilvæksten dog på det ensidigt opbyggede vinkelforlands oprindelige sydøstkyst og nuværende østkyst, hvor afstanden mellem jernalderens og nutidens kystlinier er 3–5 gange så store som mellem Syrodde tidligere og nuværende nordkyster.

Fra vinkelforlandets nordøstspids ender strandvoldene 'blindt' i en serie af barrierelignende feddannelser. Dette ensidigt opbyggede vinkelforland afviger således fra de af Schou beskrevne ensidigt opbyggede vinkelforlande, idet strandvoldene fra forlandets spids ikke igen vokser ind på den kysttype, hvorfra strandvoldene udgår på forlandets modsatte side. På Syrodde udgår vinkelforlandet fra Læsøs nordlige udligningskyst, men afsluttes med feddannelser på det ganske lave vand og sandfjærene syd for Østerby-halvøen.

Vegetation

Vegetationen på Syrodde er beskrevet af Böcher (1941, 1952 og 1969b) og består længst inde af, hvad jeg heri definerer som en vinterforsumpningshede (se side 55) og ud mod stranden af den aktive klits vegetationstype (se side 52).

Fed- og halvødannelse (fig. 20)

Efterhånden som Østerby-halvøens tidlige retodde eroderes fra nord og breder sig mod syd, sker det i begyndelsen ved materialetransport og krummoddedannelse fra øst mod vest langs oddens sydøstkyst. Herved udvikles retoddens østspids efterhånden til det ovenfor beskrevne ensidigt opbygget vinkelforland, som idag udgør Syrodde. Mod sydvest og syd går vinkelforlandets tilvækstformer imidlertid over i mere fedlignende tilvækstformer, idet der fra halvøens østspids udgår strandvolde mod vestsydvest, sydvest og sydsydvest i flere vifteformede tilvækstmønstre.

Herved dannes først en vig mellem et barrierelignende fed og selve Østerby-halvøen. På nordsiden af vigen byggedes omkring 640 år e. Kr. (sen jernalder) en havn af taks-stolper (Lysdahl 1985, Hansen 1994a). Det skal i den sammenhæng nævnes, at pollenundersøgelser af Læsøs ældste del viser tilstedeværelse af en betydelig mængde taks-pollen (Jens Stockmarr, personlig meddelelse). Havnen taks-stopler blev imidlertid senere dækket af nye stranddannelser efter den transgression, som skabte de erosive skrænter på begge sider af vigen og de skrænter, som også findes på det barrierelignende feds sydside.

En lignende situation opstår på det tidspunkt, hvor Evbakken dannes vest for den nuværende munding af Bløden. Da vokser der igen et fed ud fra Østerby-halvøens østspids. Dette feds strandvolde vokser i sydøst- og sydsydøstlige retninger, og der dannes igen en lille vig mellem feddet, Evbakken, og selve Østerby-halvøen. Efter tilvækstmønstrene at dømme har denne vig lignet den nuværende vig, Bløden, som senere dannes mellem Bløden Hale og Østerby-halvøen.

I vigen bag Evbakken var der frem til første halvdel af 1600-tallet en 'udmærket havn, hvor skuderne kunne løbe ind og fortøje ved et egebolværk fyldt op med store sten og grus. Der var også et pakhús, hvor de kunne losse deres varer. Alt dette gik dog i forfald, da havnen nogle år efter sandede til' (citater fra Johannsen 1984, side 57). Et søkort fra begyndelsen af 1700-tallet (se Johannsen 1984, side 58) bekræfter, at der bag Evbakken var en vig. Havnen ved Evbakken var dengang Læsøs eneste 'indhavn' (se om 'udhavne' i afsnittet side 34).

For omkring 150 år siden begyndte Bløden Hale at blive dannet. Også dette område er et fed efter Schous (1945) definition. På Bløden Hale forløber strandvoldene fra Østerby-halvøens østspids i en vifte mod syd-

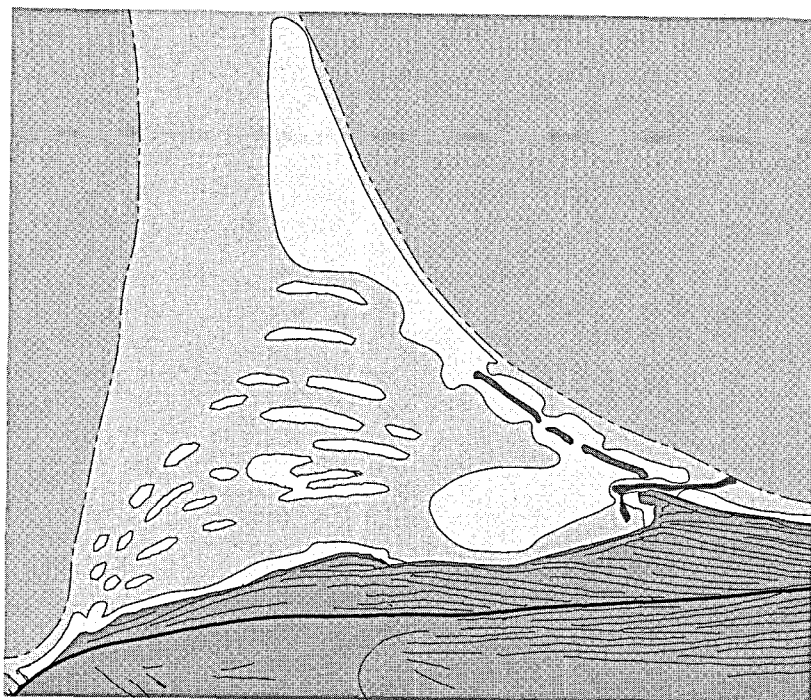


Fig. 21. Begyndende dragdannelselse. Området ved Holtemmen og Flaget. Udsnit af Kort I.

øst og syd, således at en ny vig, Bløden, blev dannet vest for Bløden Hale.

Omkring 1950 lå strømløbet fra Bovet til det åbne hav i øst omtrent på højde med munden af Bløden. Herfra gik strømløbet stik østpå. Men for ca. 45 år siden begyndte der fra Bløden Hale at vokse et nyt barrierelignende fed ud i havet på østsiden af Bløden Hale og sydover. Dvs. øst om Knotterne, som i dag adskilles fra dette yngste fed ved en smal og dyb strømmende, Slusen, som leder havvandet til og fra Bløden, og som støder til Løbet fra Bovet syd for Knotterne.

Schou (1945) tolker fed som dannet ved, at strømløb for enden af en oddes hæmmer oddens længdevækst, når strømløbet transporterer de ind- og udgående vandmasser mellem havet og den bagved feddet liggende bugt. Herved fremkommer den for feddet karakteristiske kølleform med strandvoldskyst mod havet og tilgroningskyst mod bugten. Denne ældre tolkning passer godt på Østerby-halvøens fedlignende dannelser, måske i særlig grad på odden øst om Knotterne. Her ses det tydeligt, at oddens længdevækst hæmmes af Løbet, således at en tværgående strandvold for oddens ende i øst-vestlig retning og parallelt med Løbet ender med en vestgående tap ind mod Slusen. Endvidere passer tolkningen med, at Slusens østbred er under tilgroning langs med oddens vestkyst.

Samtidig med dannelse af de 4 generationer af strandvoldsfed med bagvedliggende tilgroningskyster og bugter sker der en fladetilvækst ved fjæretilgroning (se side 36) langs den inderste, vestlige del af Østerby-halvøen.

Den repeterede dannelse af barrierelignende fed på østenden af Østerby-halvøen kan tolkes som en gentagen tilpasning af den oprindelige retoddedannelse til en mere stabil halvødannelse, hvor det efterhånden store lavvandede område, Bovet, syd for odden bliver præget af tilgroningskyster og strømløb, der leder vandmasserne ind og ud under højvande og lavvande.

Denne udvikling falder tidsmæssigt sammen med, at vanddybderne syd for Læsø bliver små, og at der langs hele sydkysten fra Bovet til Sdr. Nyland begynder at ske en landhævningsdomineret kysttilvækst, mens den transportdominerede kysttilvækst fortsætter på Østerby-halvøens med feddannelser ud over det relativt grunde vand.

Materialet til disse fed må antages i væsentlig grad at stamme fra den vedvarende erosion af retoddens og senere halvøens nordkyst. Herved dannes efterhånden og over en lang periode relativt dybt vand i det område nord for det nuværende Læsø, hvor retoddens oprindeligt lå. Materialerne fra denne erosion føres til og rundt om halvøens østspids og danner fra jernalderen og frem til nutiden - i takt med halvøens vækst mod øst og syd og erosion mod nord - serien af fed og vige på det relativt lave vand syd for halvøen.

Vegetation

Vegetationen på Bløden Hale og Knotten er beskrevet af Böcher (1941, 1952 og 1969b). Han anfører således en vegetationszoner, som efter min vurdering sva-

rer til et feds 1) eksponerede havside, 2) dets højeste midte og 3) dets tilgroningskyst mod bugtsiden. De vigtigste arter er:

1. sodaurt (dominerende), marehalm og strand-mælde
2. marehalm (dominerende), strand-sennep og sodaurt
3. alm. kvik (dominerende), sodaurt og spyd-mælde.

Lignende vegetationer må antages at have vokset på de tidligere feddannelser, hvor der nu primært findes hedelyng. Efter Böchers tid er Bløden Hale vokset langt forbi Knotten. På denne strækning findes nu en vegetationszonering, som minder om den af Böcher beskrevne, mens vegetationen på de af Böcher beskrevne arealer er udviklet til mere 'modne' vegetationstyper med et langt større antal arter.

Begyndende dragdannelse (fig. 21)

Mellem Læsø og Nordre Rønner strækker sig et 8 km langt sandrev, Flaget, hvor vanddybden idag er så ringe, at man kan vade hele vejen fra Læsø til Nordre Rønner på revets østside. Fra århundredets begyndelse kan man på gamle fotografier se, at stranden ved Store Dal og et stykke vestpå stod helt inde ved den ca. 8 meter høje kystklint mellem Læsøs ældste del og de helt unge kystdannelser, Holtemmen, der nu ligger mellem klinten og stranden.

Størst er denne begyndende dragdannelse på revets østside, hvor en tætliggende serie af strandvolde er 'stabled' fra vest mod nordøst, sluttende med en række barriere-øer på revets østside. De første af disse barriere-øer opstod i 1950'erne og er nu en del af den landfaste, bevoksede del af området ved Holtemmen. Siden da er der opstået barriere-øer ca. 1 km længere ud over revet. Mellem de enkelte barriere-øer findes korte strømløb med en ofte meget kraftig strøm, der leder vandet til og fra Flaget.

På Flagets inderste del og i en smal bræmme langt ud langs østsiden findes en række ubevoksede sandbanker, som tørlægges ved ekstreme lavvander, mens Flagets vestside udgøres af aldrig tørlagte revler hele vejen fra Læsø til Nordre Rønner.

Vegetation

Vegetationen på denne begyndende dragdannelse er i området mellem den gamle kystklint og den nuværende strandbred (Holtemmen) karakteriseret af våde områder med arter som tagrør, børste-siv, blærerod, mose-vintergrøn, liden og alm. ulvefod, rundbladet soldug og tranebær. Hovedparten af arealet kan karakteriseres som en lyng- og porskede. Buttenschön og Thorning-Lund nævner 61 arter fra området, hvoraf 42 kun forekommer i græssede områder.

Længere ude af den begyndende dragdannelse findes en plantezonering, der minder om vegetationen på Bløden Hale (se foregående afsnit). Længst ude slutter den begyndende dragdannelse med små, vegetationsløse barriere-øer.

Den landhævningsdominerede kysttilvækst

Den landhævningsdominerede kysttilvækst præger Læsøs yngre stadier og udgør hovedparten af øens sydlige del eller omtrent 40% af øens samlede areal, det vil sige ca. 50 km². Dertil kommer de ca. 90 km² af periodevist tørlagte sandflader, fjærerne, som syd for Læsø indgår i den landhævningsdominerede kystdannelse, dvs. hård- og fladbundsdannelse.

Kun på Læsøs østlige og vestlige ender fortsætter den transportdominerede kysttilvækst helt frem til nutiden med nye feddannelser og opståen af barriere-øer. Man må antage, at nordkystens fortsatte erosion giver disse områder en væsentlig del af det fornødne sedimenttilskud. Men fra omkring år 0 til nutiden præges den mellemliggende godt 20 km lange sydkyst udelukkende af landhævningsdomineret kysttilvækst.

De væsentligt ændrede hydrografiske forhold, som betegner overgangen fra transportdomineret kysttilvækst (strandterrasse A-C) til landhævningsdomineret kysttilvækst (strandterrasse D-H), må antages at være betinget af, at vanddybden aftager over lerplatformen. Højdeforskellen mellem de ældste strandlinier (A-C terrasserne) og lerplatformen er således i hovedparten af arealet mere end 6 meter (4–14 m). Derimod er højdeforskellen mellem yngre strandlinier (D-H terrasserne) og lerplatformen sjældent mere end 3 meter (0–6) meter.

Det betyder, at lerplatformen på overgangen mellem dannelsen af strandterrasse C og D, dvs. omkring år 0, er kommet op i en højde i forhold til havniveauet, hvor bølgeerosion kan gøre sig gældende på den faste lerbund omkring det daværende Læsø. Herved elaboreres residualkonglomeratet på toppen af lerplatformen, som delvis allerede blev skabt under stenalderhavets transgression. Frem mod nutiden er vanddybden derefter faldet til mellem 0 og 40 cm i det store, periodisk tørlagte område sydvest, syd og sydøst for Læsø.

Det må antages, at der omkring år 0 er udviklet et op til 10 km kilometer bredt kystflak syd for det daværende Læsø, således at bølgerne over dette flak mister så meget energi, at de også mister evnen til at skabe både erosions- og transportdominerede kysttyper.

Da landhævnningen således havde skabt forholdsvis ringe vanddybde i det ca. 140 km² store areal, som den hævede lerplatforms udbredelsesområde udgjorde syd for Læsø omkring år 0, begyndte de landhævningsdominerede kystformer at præge udviklingen på Læsøs sydkyster.

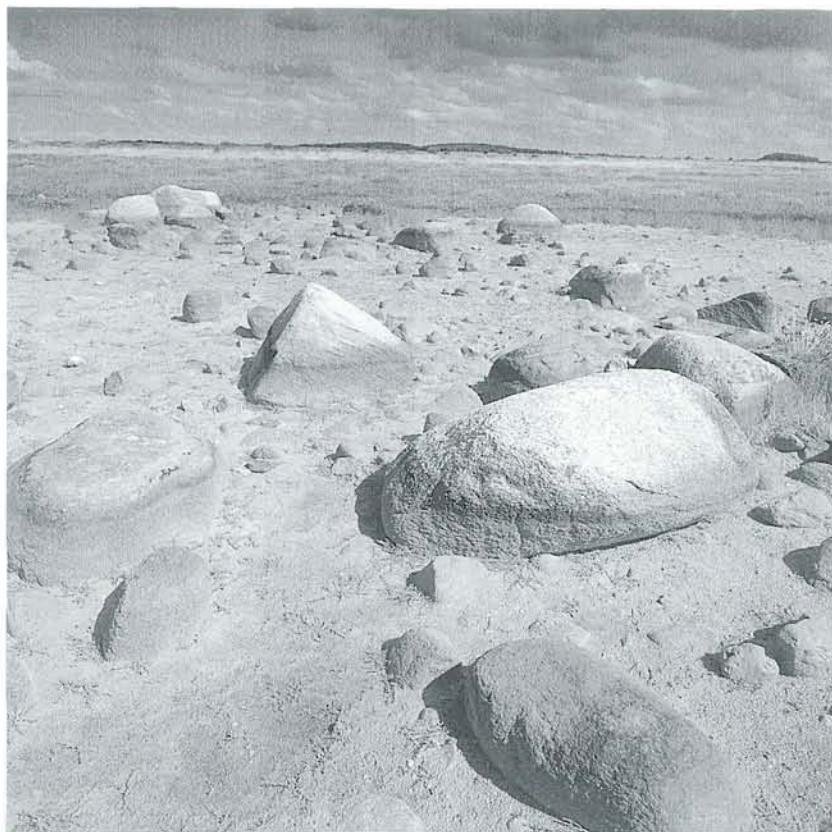


Fig. 22. Hårdbundsdannelse. Adskillige steder på Rønnerne og på sandfladerne syd for Læsø findes en sten- og blokbestrøning på toppen af lerplatformen. Disse steder er laget af postglacialt sand så tyndt, at residualkonglomeratet på toppen af lerplatformen udgør selve overfladen. På billedet ses sten- og blokbestrøningen i en vegetationsløs, udtørret saltpande (september 1995). De mørke rande på blokkene er underkanten af en lichenbegroning, der markerer niveauet for vinterhøjvandet. I baggrunden ses i det fjerne Langerøns begyndende tilgroning med bjergfyr. Kringelrøn. Foto: Peter Moors.

Hård- og fladbundsdannelse (fig. 22)

Dannelsen af lerplatformens stenede overflade må antages at være knyttet til så ringe vanddybder, at bølgeerosion kan være den væsentligste dannelsesmekanisme, og således at lerplatformens meget ensartede højdeforhold og store jævnhed kan forklares som et abrasionsflak ('wave-cut platform', Hansen 1977). Larsen, Bauman & Bjørn (1986) antager, at en lignende og vidt udbredt erosionsflade på dybere niveau i Læsø Rende er knyttet til 'den flandriske transgression', dvs. stenalderhavets transgression efter fastlandstidens regression. Det må antages, at den indledende dannelse af residualkonglomeratet fandt sted ved denne transgression og antageligt også under lerplatformens hævn over havniveau i fastlandstiden.

Laget, der er meget grovkornet (grus, sten og blokke, se side 12), må antages efterhånden at have været i stand til at beskytte lerplatformen mod yderligere erosion under stenalderhavets øgede vanddybder, således at det sandflak, der senere blev til de ældste dele af Læsø, kunne akkumuleres et stykke inde på lerplatformen.

Flere forhold tyder på, at residualkonglomeratet er dannet i flere tempi. I de ovennævnte 'Langvad-sten', som indgår i residualkonglomeratet på Rønnerne, findes bl.a. østersskaller (*Ostrea edule*) og skaller af *Mya truncata*, som næppe har været hyppige i området i de

seneste årtusinder. Nedboret i toppen af leret, hvor residualkonglomeratet enkelte steder kan være fraværende, findes skaller af boremuslingen *Zirphaea crispata* umiddelbart under tynde sandlag med sandmuslingen (*Mya arenaria*), der først indslæbtes i vikingetiden fra Nordamerika (Petersen & al. 1992).

Således må den kaskelot-hval (*Physeter catodon*), som blev fundet af Læsøs læge (Jensen 1872) i Byrum (ca. 500 m øst-nordøst for Klitgård) under strandterrasse D, og som er dateret til 1.205 år f.Kr., antages at ligge i en erosionsrest af et sandflak, der er dannet på væsentlig større vanddybder end omkringliggende dannelser, der udgjorde kystzonen mindst 1.000 år senere (Hansen 1994a).

De processer, der danner Læsøs sydlige hård- og fladbund, kan derfor sandsynligvis beskrives som en tidlig flakabrasion under stenalderhavets transgression og en væsentligt senere lerflakabrasion samt omlejring af sandflakdannelser og udfyldning af smålavninger i lerplatformen. Tidspunktet for indledningen af anden fase for disse processer, må antages at være omkring år 0, hvor vanddybden over lerplatformen atter bliver mindre end 6 meter (de fleste steder ca. 3 m) og gradvis aftager til de nuværende ringe vanddybder på 0–40 cm.

Hvor stor en del af lerplatformen, der har været dækket af et tidligt sandflak svarende til de ikke kyst-

dannede sandlag, som udgør kernen af Læsøs ældste dele, kan man naturligvis ikke andet end gisne om. En mulighed er, at sandflaket har haft en betydelig udbredelse, men derefter er borteroderet igen efterhånden som lerplatformens top - og dermed et eventuelt sandflak omkring år 0 og senere - hæves op i vanddybder på 6 m eller mindre.

Herved må man antage, at et eventuelt postglacialt sandflak på Læsøs sydlige del igen er blevet stort set helt borteroderet, indtil residualkonglomeratet igen er blevet eksponeret på havbunden og har kunnet udgøre et beskyttende lag mod yderligere erosion. Således kan aflejringsstrukturer, som på radargrammerne ses under tilgroningskysternes sideværts stakkede kystaflejringer, tænkes at repræsentere lokale rester af et gammelt, nu stort set borteroderet, sandflak på Læsøs sydlige del.

De fleste steder fritlagde landhævningen og deraf følgende bølgeerosion imidlertid den meget stenede fladbund på toppen af lerplatformen, som idag atter ligger omtrent i havniveau. Under lerplatformens hævnning gennem de sidste 2.000 år fra bølgebasis til havoverfladen, er der sandsynligvis også en vis erosiv og udjævnende påvirkning, som yderligere har peneplaniseret lerplatformens top til den nuværende overordentligt plane flade, som overalt under terrasse D-H findes i kote 0 +/- ca. 1 meter.

Fjæredannelse (fig. 23)

Ved de hård- og fladbundsformede processer er fundamentet for kystdannelserne på Læsøs sydlige del opstået som en særdeles jævn, vandret havbund, der de

fleste steder består af residualkonglomeratet. Endvidere kan fundamentet for kystdannelserne, især nær kystlinien fra år 0, også bestå af erosionsrester fra et ældre marint sandflak, hvori bl.a. kaskelotten fra ca. 1.205 f. Kr. er bevaret.

Efterhånden som fladbunden ved den fortsatte landhævning kommer op i nærheden af havniveauet ved laveste vandstand, begynder en ny række af kystdannende processer. Den første fase af disse lavvandsprocesser kan beskrives som en *fladestabiliserende fjæredannelse*.

Når et vidtstrakt, peneplaniseret område som fladvandet syd for Læsø kommer op i nærheden af havniveau, vil bølgehøjden automatisk blive lavere, idet bølgehøjden naturligvis ikke kan være større end vanddybden. Herved nedsættes bølgenes eroderende og transporterende kapacitet også i forhold til det sand, som i en sen fase måtte være akkumuleret i lavninger i lerplatformen og residualkonglomeratet. Når fladbunden til sidst ligger i højde med havniveauet ved laveste vandstand, er bølgenes erosive og transporterende kapacitet i forhold til sand reduceret til et helt ubetydeligt niveau.

Fra dybere vand udenfor fladbundsområdet vil bølgerne afbøjes ind mod fladbundsområdets kystnæreste dele, og suspenderet sand fra de dybere områder vil under højvande blive tilført fladbundsområdets randzone i takt med, at bølgerne mister energien ind over områdets rand. Herved vil der stort set kun forekomme aflejring i fladbundsområdets yderzone, eventuelt i form af meget lave og finkornede barriere-øer på omkringliggende ganske lavt vand.



Fig. 23. Fjæredannelse. Området vest for Kringlehøne. Udsnit af Kort I.

Knogene, barriere-øerne i Stokkens sydøstlige forlængelse og barriere-øen umiddelbart indenfor Pallen og Sdr. Rønner kunne være udtryk for en sådan proces. Andre steder som langs hele den sydlige rand af fjærrerne (dvs. sydvest, syd, sydøst og øst for Hornfiskrøn) er overgangen mellem lavt og dybere vand mere gradvis og uden barriere-øer.

Som følge af landhævningen og den nedsatte bølgeaktivitet vil fladbundsområdet gradvis blive stabiliseret ved ringe vanddybder, hvor selv bølger med den størst mulige højde ikke længere er i stand til at transportere sandet nævneværdigt inde på selve sandfladen.

Ved lavvande tørlægges efterhånden en større og større del af fladbundsområdet. Herved kan der ved længerevarende tørlægning ske sandfygning over sandfladerne. Sandfygningen kan især opstå om sommeren, når en kombination af blæst og tørke efter en uge eller mere har nedbrudt eventuelle skrøbelige måtter af mikroskopiske alger i sandoverfladen og udtørret sandet til nogle centimeters dybde. Sandet vil da flyge over sandfladen, indtil det rammer en fugtig lavning eller en vandflade. Herved opstår der gradvist en næsten fuldstændig udjævning af området. Resultatet af disse processer bliver en vidtstrakt, vandret og ekstremt jævn sandflade mellem strandlinien ved laveste, hyppigt nåede vandstand (ca. -0,4 m) og strandenes yderkant (kote 0), dvs. *en fjære* med en generel hældning på nogle få cm pr. km.

Dyb, løb og 'udhavne' (fig. 20, 21 og 23)

Indesluttet i fjærrerne findes to større såkaldte dyb, Alsdybet mod sydvest og Bovets Dyb mod sydøst, hvor vanddybden er 1–4 m ved normal vandstand, og hvor tørlægning derfor ikke finder sted ved lavvande. Dybene afgrænses til de omkringliggende fjærrer af relativt stejle sandskrånninger, hvor vanddybden over en strækning på nogle få meter falder til dybets almindelige dybde.

Disse dyb må antages at udgøre oprindelige lavninger i lerplatformen, hvor den efterfølgende fjæredannelses fladestabilisering ved bl.a. sandfygning endnu ikke har bevirket en fuldstændig peneplanisering ved sandopfyldning af de lavest-liggende områder.

I modsætning til fjærrerne, hvor intet makroskopisk liv kan trives, er dybene præget af et frodigt liv af ålegræs, forskellige alger, muslinger (især *Cardium*, *Mytilus* og *Mya*), snegle (især *Litorina* og *Hydrobia*), krebsdyr (bl.a. fjordreje og strandkrabbe), fisk (bl.a. skrubbe, ål og hornfisk) og i træktiden endvidere af svømmeænder (især pibeand), mørkbuget knortegæs og sangsvaner. De to dyb er vigtige gydepladser for hornfisk. I forrige og tidligere århundreder, hvor vanddybden var noget større, var dybene og de omkringliggende lavvandede områder i forårsmånederne genstand for et betydeligt fiskeri af hornfisk.

Fra Bovets Dyb i øst udgår en strømmende, Løbet, med en dybde på op til 3 meter. Løbet udmunder i

Kattegat gennem en 100–200 meter bred rende mellem Knogene og Knotterne. Her tilstøder en anden strømmende, Slusen, som fra Bløden løber mellem Knotterne og Bløden Hale. Gennem Løbet og Slusen transporteres en væsentlig del af vandet ind og ud fra Bovets Dyb og Bløden under hhv. højvande og lavvande.

Fra Bovets Dyb og sydover findes et noget bredere lavning eller rende, Ålebjergs Dybet, mellem fjærrerne vest for Knogene og fjærrerne øst for Læsøs sydøstlige del. Strømhastighederne i dette løb eller dyb er væsentligt ringere end i løbet nord for Knogene. Ålebjergs Dybet var tidligere væsentligt bredere og må vel idag betegnes som en rest af et langstrakt dyb og et muligt forstadium til en mere snæver strømmende. En naturlig fortsættelse af de processer, som gennem de sidste 50 år har skabt sydenden af Bløden Hale og Knotterne, vil være, at Bløden Hale vokser ud over Løbet og gør Knogene til en del af Læsø. Ålebjergs Dybet vil derefter sandsynligvis få samme funktion, som Løbet har idag, og som Slusen havde for 50 år siden.

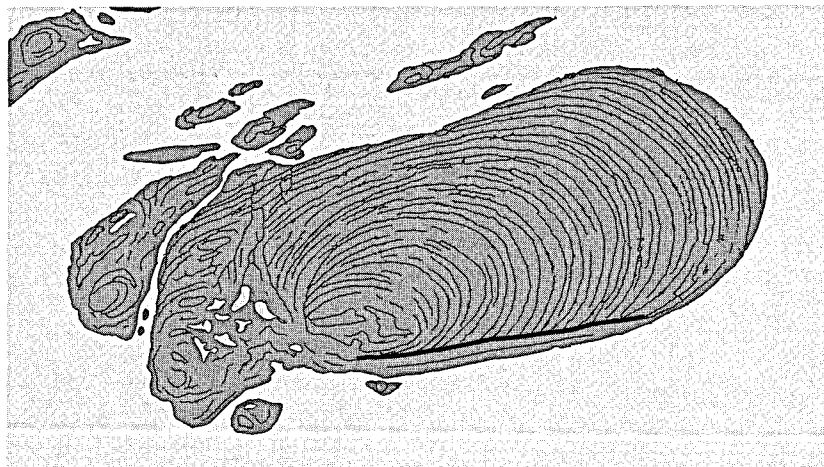
På fjærrerne langs Læsøs sydvestkyst fandtes der tidligere syd- og vestgående løb fra Alsdybet ud mod Kattegat. Disse løb er nu helt sandet til, og Alsdybets vandudveksling med Kattegat er således indenfor de sidste 20–30 år blevet begrænset til den vandudveksling, som finder sted over selve fjærrerne ved højvande. Imidlertid er der i samme periode opstået et kort og bredt løb ved sydenden af Stokken, hvor løbet fører vandet ind over fjærrerne sydøst for Sdr. Nyland.

Et strømløb af en noget anden type findes ved Stokkens nordende, hvor løbet fører vandet ind og ud fra det lavvandede område mellem Stokken og Læsø. Tilsvarende, men meget små løb findes flere steder mellem barriere-øerne på østsiden af revet mellem Læsø og Nordre Rønner.

Frem til bygningen af havnene i Vesterø (1872) og Østerby (1904) fungerede Alsdybet og Bovets Dyb som 'udhavne' for hhv. Læsøs vestlige og østlige del, efter at 'indhavnen' i vigen ved Evbakken sandede til i midten af 1600-tallet (se side 29). Fra syd eller vest kunne skibene sejle ind i Alsdybet gennem nu tilsandede løb og ligge nogenlunde beskyttet i en afstand fra Læsø på ca. 20 minutters vognkørsel over det lave vand. Og fra øst kunne skibene gennem Løbet og Ålebjergs Dyb sejle ind i Bovets Dyb og lægge til ved Krogen i en afstand fra selve Læsø på få minutters vognkørsel over Bovets lave vand (Svendsen i Johansen & Remmer 1968).

Især 'udhavnen' ved Krogen havde stor betydning for besejlingen af Læsø helt frem til dette århundredes begyndelse. Fra historiske kilder (se Stoklund 1973) vides, at der i 1671 var 64 hjemmehørende større skuder i disse 'udhavne', mens der i samme år 'kun' hjemmehørte 34 og 23 større skuder i hhv. Ålborg og Århus. Kun skudeantallet i Københavns havn overgik antallet af skuder i Læsøs 'udhavne'. Ligeledes fra historiske kilder vides, at en stor del af Læsøs flåde blev røvet fra disse krigsmæssigt dårligt beliggende

Fig. 24. Holmdannelse.
Hornfiskrøn. Udsnit af Kort I.



'udhavne'. Formentlig rantes Læsø hårdest af krigshandlinger og udskrivninger under Torstensson-krigen (1643–45), Karl Gustav-krigen (1657–60) og Skånske Krig (1675–79) og senere under englands-krigene (1801–1808) (se bl.a. Svendsen i Johannsen & Remmer 1968, Johannsen 1984 og Bak 1995).

En lille 'by' af fortsat anvendte redskabshuse på pæle ud for Krogen er en nutidig efterkommer efter disse 'udhavne'. Ligesom jøllehavnen ('Sydhavnen') for enden af en gravet rende mellem Bovets Dyb og selve Læsø (se Kort I) er pælebyen ved Krogen en 'torn i øjet' på ornitologer og andre, som ikke anerkender dette steds særprægede, danmarkshistoriske betydning i forhold til dets også væsentlige ornitologiske betydning.

Holmdannelse (fig. 24)

Fra Sdr. Nyland i vest til Bovet i øst findes en række nuværende og tidligere holme. Set fra luften udviser disse nuværende og tidligere holme et særdeles karakteristisk tilvækstmønster i form af koncentriske tilvækstlinier i en mere eller mindre regelmæssig geometri. Således udviser den største nuværende holm - Hornfiskrøn - et tilvækstmønster, der mest af alt ligner en muslingeskals vækstlinier (se også Holm 1975). Hornfiskrøns højeste og derfor ældste punkt ligger inderst i tilvækstlinierne på samme måde som muslingeskallers spædeste stadium (umbo) ligger inderst i skalens vækstlinier.

Tilvækstlinierne er næsten altid konkordante, dvs. at de ikke skærer hinanden eller danner indbyrdes vinkler. Dette afspejler, at tilvæksten i højere grad styres af tilgroning end af sandtransport og dertil hørende erosion. Kun langs Hornfiskrøns og Sdr. Nylands sydkyster findes diskordanser mellem tilvækstlinierne, idet yngre tilvækstlinier afskærer ældre linier og danner en vinkel med disse. Her findes således skrænter med en højde på op til 1 m mellem ældre og yngre tilvækstflader. Ud fra holmenes form og sammenligninger med

ældre kort må det antages, at disse diskordanser og skrænter dannedes for ca. 100–200 år siden.

Holmdannelser af denne type er højst 1.000 år gamle og findes udelukkende på de nuværende fjærer eller på hævede fjærer, som nu er blevet til strandenge, heder eller pionerskov, mens småø-dannelserne i Læsøs ældre historie er knyttet til den transportdominerede kystudvikling og typisk er barriere-øer.

De fritliggende enkeltholmes størrelse kan variere fra Hornfiskrøns størrelse på ca. 2.5 km² ned til nogle få m², idet størrelsen først og fremmest afspejler holmens alder, eller om holmens vækst er blevet standset ved at den er vokset sammen med andre holme. Således er Kringelrøn og Færøn blevet til et sammenhængende landområde ved sammengroning af et stort antal mindre holme, mens Hornfiskrøn, Sdr. Nyland og Tusholm kun består af hver én betydende holmdannelse.

I en holms 'umbo' (ældste punkt) finder man altid en stenansamling, hvorom holmdannelsen er begyndt. På Hornfiskrøn finder man således en meget betydelig ansamling af nu delvis tildækkede kampesten, velsagtens den største naturlige dyng af kampesten ovenvande i Danmark udenfor Bornholm, Ærholmene, Nordre Rønner og Hirsholmene. Tilsvarende og tydeligere ses centrale stenansamlinger på Alsdyb Holme og på de mange tidligere holme på Kringelrøn.

Hvorledes de ofte meget store sten er blevet bragt sammen i disse stenrøser, kan være vanskeligt at forklare. Imidlertid kan man efter isvintre konstatere, at der efter selv meget store sten kan være en måske 100 meter lang 'plovfure' i fjærmens sand. Det viser, at stenene på det lave vand kan fryse fast i havisen og derefter blive trukket med, når isen bevæger sig under højvande og blæst. Herved kan man forestille sig, at stenene vil kunne blive ophobet, når isen trækker fastfrosne, fritliggende sten hen over en begyndende stenansamling, hvor den fastfrosne sten så vil 'strande', når den støder på en passende forhindring. Ligeledes kan man forestille sig, at is i drift omkring en begyn-

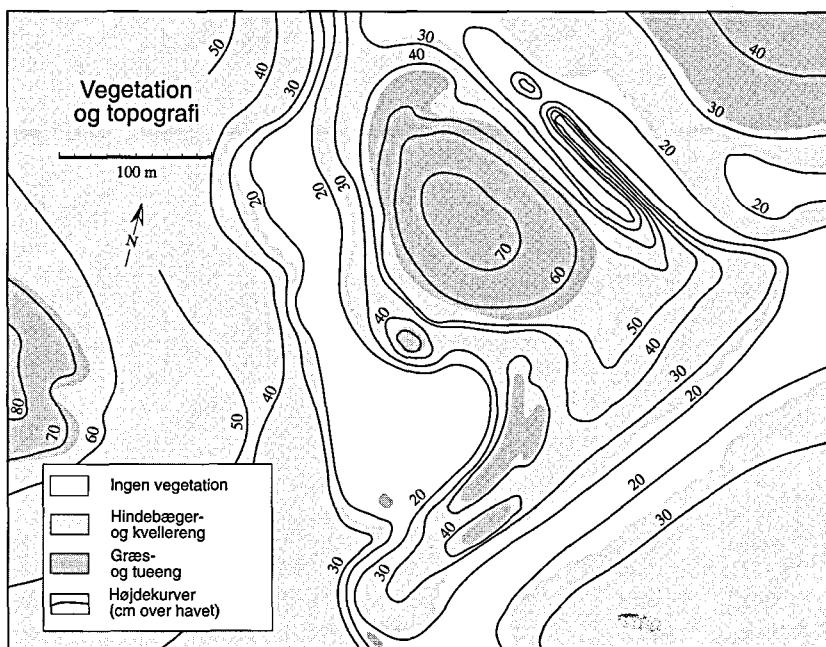


Fig. 25. Vegetation og højdeforhold i detaljeret undersøgt område på Kringelrøn. Det ses, at der er en nøje sammenhæng mellem vegetationstype og terrænhøjde. De hvide områder er vegetationsløse saltpander og loer. De lyst rastede områder er overvejende hindebæger-enge med en smule kveller. De mørkt rastede områder er tue-enge med græs, strand-malurt og strand-engelsgræs. Højdekurverne angiver terrænhøjden i centimeter i forhold til et midlertidigt højdefixpunkt, idet de eksisterende, officielle højdefixpunkter på Læsø ikke kan anvendes p.g.a. en landhævning på formentlig op til 0.5 meter, siden de blev etableret i slutningen af 1800-tallet.

dende stenrøse vil kunne stuve stenene sammen, således at stenansamlingen efterhånden opnår en størrelse, der kan give læ for en begyndende holmdannelse.

Omkring sådanne begyndelsespunkter af kampesten vil der opstå en smule læ, således at fygesand og den ringe sandtransport på fjærene kan fange sammen-skyllede planterester og derved med tiden komme over havniveau. Straks den første plantevækst begynder på stedet, vil holmdannelsen tage fart. Planterne vil effektivt kunne fange drivende planterester og fygesand under længerevarende lavvande.

Denne tilgroningsmåde bevirker, at tilvæksten helt overvejende sker i holmens rand, hvorfra materialerne kun har ringe mulighed for at blive transporteret yderligere ind på holmen. Herved opstår den særdeles regelmæssige dannelse af konkordante tilvækstlinier, som så tydeligt fremgår af luftbillederne.

Holmenes højdetilvækst som følge af materialeakkumulation er ganske ringe. Den højdetilvækst, der forekommer skyldes primært landhævningen og i ringe grad akkumulation af organisk materiale såsom strå, tang, ålegræs og drivgods, som akkumuleres i højvandsniveauet. Overalt på holmene og strandengene ses således smalle bræmmer af sammeskyllt organisk materiale og drivgods ved grænsen for sidste højvande. Imidlertid bevares dette materiale ikke i nær samme omfang som uorganisk materiale, hvorfor materialets bidrag til højdetilvæksten er meget ringe. Tykkelsen af strandengenes og holmenes græs- og martørv er således sjældent mere end 5 cm.

På denne måde vokser holmene til ganske flade og mere eller mindre regelmæssige øer omgivet af vidstrakte fjærer og ganske lavt vand. I områder, hvor der

kan forekomme en foretrukket strømretning under tiltagende eller aftagende vandstand, kan holmene få en langstrakt form i strømmens retning.

Dette er bl.a. tilfældet med holmene i Hornfiskrøns Flod.

Fjæretilgroning med strandengenes plantebælter (Fig. 25 og Kort II)

I de områder af fjærene, der kommer over havniveauet ved normal vandstand som følge af landhævningen, vil der ske en tilgroning af fjærene. Det kan således ske som en fortsat tilvækst til sydkysten, holmene eller som en mere eller mindre uregelmæssig sammenvoksning af flere holme og som sammenvoksning af selve Læsø med yngre holme. Ved sådanne processer er strandengene på den sydlige del af Læsø dannet.

Fra de enkelte eller sammenvoksede holmes begyndelsespunkter ('umbo') ud mod fjærene eller ud mod områdets loer og vandhuller finder man en markant zonerings af strandengenes plantevækst, idet engenes højdeforhold indenfor få cm er afgørende for, hvilken vegetation man finder.

Af Kort II og tabel 1 fremgår fordelingen af disse plantebælter og landskabstyper på Rønnerne, således som de kan kortlægges ved hjælp af bl.a. flyfotos (optaget af Kampsax/Geoplan 1992).

I et område på Kringelrøn er plantebælternes højdeforhold nærmere undersøgt med detaljerede niveller m.m. i et område på ca. 20 ha. (fig. 25).

I det detaljeret undersøgte område finder man ubevoksede vandhuller og loer ca. 0-25 cm over normal

R Ø N N E R N E Område og Landskabstype	Ubev.sand udfor engene	Ubev.sand i engom- råderne	Hinde- bæger- enge	Tueenge	Heder	Skove og krat	Dyrkede arealer	Hektar IALT
Færøen	0.0	15.9	46.8	53.0	60.4	0.0	0.0	176.1
Kringelrøn, Nord	0.0	19.1	51.5	43.0	6.2	3.2	5.2	128.2
Kringelrøn, Vest	0.8	22.9	137.3	73.7	8.6	0.8	0.0	244.1
Kringelrøn, Midt	0.0	20.9	49.4	31.5	161.0	7.8	0.0	270.6
Kringelrøn, Øst	0.0	6.3	9.6	17.7	113.6	5.6	21.2	174.0
Langerøn, Vest	0.0	14.4	24.0	18.7	40.9	11.9	52.0	161.9
Langerøn, Øst	0.0	0.3	1.5	25.8	67.4	2.5	80.8	178.3
Hornfiskrøn, Vest	4.4	6.7	80.5	34.8	33.5	1.0	0.0	160.9
Hornfiskrøn, Øst	10.6	1.3	14.5	4.8	71.2	74.8	8.8	186.0
Rønnerne IALT (ha)	15.8	107.8	415.1	303.0	562.8	107.6	168.0	1680.1
Procent af arealet	0.9	6.4	24.7	18.0	33.5	6.4	10.0	99.9

Tabel 1: Plantebælternes og landskabstypenes arealmæssige udbredelse på Rønnerne. Af Rønnerne ca. 17 km² udgør de stort set urørte naturarealer (ubevoksede arealer, loer, vandhuller, enge, heder og selvsået skov) ca. 15 km² eller knap 90 % af arealet. Opmålingerne bygger på den på Kort II viste kortlægning og er foretaget på den måde, at hele arealet er inddelt i net af kvadrater med en kantlængde på 50 m. Skæringspunkterne er derefter optalt efter vegetationstype (landskabstype) for de i tabellen nævnte områder.

vandstand. På leret bund finder man også kveller her og der, dvs. salturt og strandgåsefod. Områder af denne type dækker ca. 123 ha eller ca. 7.3% af Rønnerne samlede areal.

Fra ca. **25 til 55 cm** over normal vandstand findes den for Læsø særligt velkendte hindebæger-eng, der domineres af tæt blomstret hindebæger, hvor den i sensommermånederne fuldstændigt kan dække zonen med sit lilla flor. På hindebæger-estens lavestliggende arealer findes ofte kveller, mens de højestliggende dele desuden karakteriseres af strand-annelsgræs og en del strand-engelskgræs. Områder af denne type dækker ca. 415 ha eller ca. 25% af Rønnerne samlede areal.

Fra ca. **55 til 100 cm** over normal vandstand findes den lige så karakteristiske tue-eng, hvor tætliggende tuer efter den gule engmyre udgør et karakteristisk landskab. Karakterplanterne i denne zone er rød svingel og strand-malurt, der med sin ladede, sølvgrå farve er iøjnefaldende året rundt. Den mest iøjnefaldende blomsterplante er strand-engelskgræs, der i slutningen af maj og begyndelsen af juni farver det meste af denne zone lyslilla. Endvidere dækkes zonen af strand-annelsgræs og mange planter af vibefedt. Områder af denne type dækker ca. 303 ha eller ca. 18% af Rønnerne samlede areal.

I arealer, der ligger **mere end ca. 100 cm** over normal vandstand domineres plantedækket af hedeplanter såsom karakterplanter hedelyng, klokkeløg, talrige græsarter samt træer og buske af ene, birk og indslæbt bjergfyr. På den centrale del af Hornfiskrøn findes således en naturlig og efter danske forhold enestående birkeskov (Holm 1975). Områder af denne type dækker ca. 670 ha eller ca. 40% af Rønnerne samlede areal. Dertil kommer ca. 168 ha opdyrket land eller ca. 10% af Rønnerne samlede areal, som inden områderne blev opdyrket helt overvejende hørte til denne landskabstype.

Gravesen (i Andersen & al. 1983, side 56–58) har beskrevet de vigtigste 40–50 arter i vegetationszonerne på helt tilsvarende arealer på det vestlige Hornfiskrøn.

Fra strandengarealer ved Vester Nyland beskriver Buttenschøn og Thorning-Lund vegetationen på tueenge, der i det store og hele er dannet som Rønnerne tueenge. De deler engen i to vegetationstyper: Én på tuerne og én på de mellemliggende flader. På de ugræssede tueenge er rød svingel dominerende.

‘Floder’, loer og vandhuller (fig. 26)

Når mængden af holme og fladetilgroede arealer i et område er blevet så stor, at de bevoksede dele af arealet dominerer i forhold til det ubevoksede, mellemliggende areal, vil vandet efterhånden begynde at finde fortrukne transportruter under tiltagende og aftagende vandstand.

De bredeste af disse ‘vandveje’ kaldes på Læsø ‘floder’, dvs. Langerøns Flod, Kringelrøns Flod og Hornfiskrøns Flod (se også Espgaard 1980). Disse ‘floder’ kan bedst beskrives som rester af fjærer, som ikke er tilgroet endnu (Hornfiskrøns Flod), eller som mere snævre, relikte fjærer, der kun ekstremt langsomt gror til som følge af større ændringer i vandets salinitet, end planterne kan klare (se omtalen af ‘ferskvands-pumpen’ nedenfor).

Andre steder udvikles loer, der leder vandet ind over og væk fra strandengene under højvande og lavvande. Loerne er talrige og vandtransporten i dem er lige som høj- og lavvandet på Læsø ikke bestemt af ebbe og flod, men i helt overvejende grad af *vindstuvning*. Vindstuvningen har både lokale og regionale komponenter. Således kan der lokalt være højvande på Læsøs sydvestside, mens der er lavvande på sydøstsiden - og



Fig. 26. 'Floder', loer og vandhuller. Rønnerne. Udsnit af Kort I.

omvendt. Det afhænger af vindretningen, vindstyrken og vandstanden i Kattegat. På andre tidspunkter styres høj- og lavvande af vandstanden i Kattegat, hvor vandudvekslingen mellem Østersøen og Nordsøen især under ændring af vindretningen kan skabe mere regionale høj- og lavvande.

Loerne er typisk fra 1 til 30 meter brede og 20–50 cm dybe i forhold til græskanten. Forløbet kan være særdeles uregelmæssigt for de mindste, mens de større og mere gennemgående loer er forholdsvis rette eller jævnt slyngede, ligesom de kan skære igennem de hævede holmes tilvækstlinier.

Mange steder vider loerne sig ud i større vegetationssløse vandhuller, hvorunder man i ringe dybde finder stærkt saltberiget grundvand (op til 15 procent salt). Tilstedeværelsen af dette stærkt salte vand må antages at forklare, hvorfor de pågældende vandhuller ikke gror til.

Fersk og hypersalin grundvandsdannelse

Grundvandsdannelsen er naturligvis af afgørende betydning for, hvilke vegetationstyper, der kan forekomme i de forskellige landskabstyper. Mest afgørende er det, om grundvandsdannelsen er fersk eller salt.

Fersk grundvandsdannelse

Den ferske grundvandsdannelse på Læsø præges af øens ringe højde over havet og den underliggende lavpermeable lerplatform. Dette medfører, at grundvandet (bortset fra klitområderne) overalt står mindre end 1,5 meter under terræn om sommeren.

Om vinteren står grundvandsspejlet umiddelbart eller få decimeter under terræn på store dele af øens nordlige halvdel. På Læsøs sydlige del sker der en tydelig vinterforsumpning, idet grundvandet på de fleste udyrkede (udrænede) arealer står i terrænhøjde eller derover. På de dyrkede arealer afhænger vinterforsumpningen af, hvorledes dræningssystemet er udformet og vedligeholdt.

Nær toppen af lerplatformen (omkring kote 0) og derunder er grundvandet for det meste saltholdigt og uanvendeligt til drikkevand. I Byrum er dog konstateret et område, hvor ferskvand trænger ned på større dybde i lag af smeltevandssand mellem Skærumhedeserien og det yngre Yoldialer (Bahnsen & al. 1986, Skjernaa, Jørgensen og Larsen 1994). Dette sker i et område, hvor det yngre Yoldialer er borteroderet, og hvor smeltevandssandet derfor er i direkte kontakt med det overliggende postglaciale sand (se Hansen 1986 fig. 2 og nærværende artikles mere skematiske fig. 2).

Flere steder, hvor lerplatformen ligger højt findes

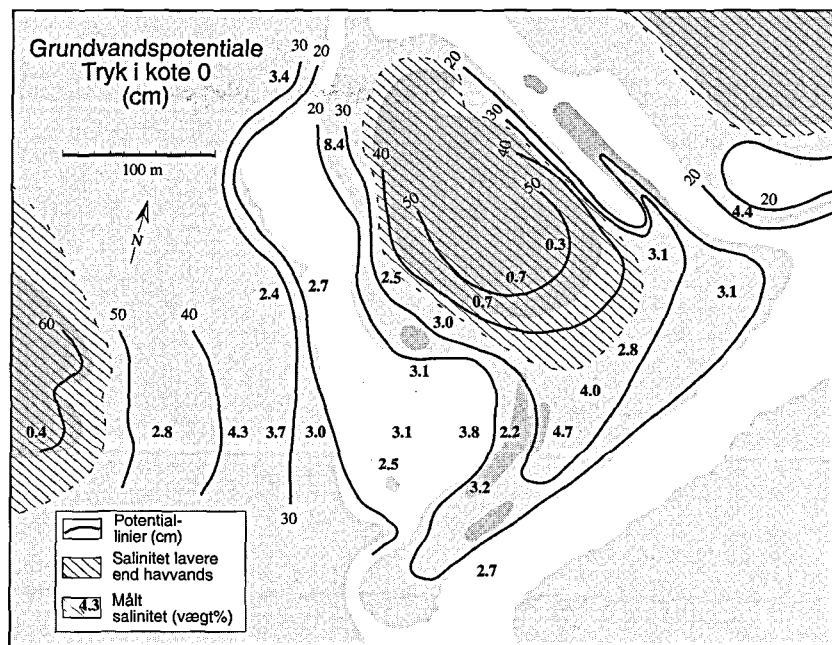


Fig. 27. Grundvandspotentiale og -salinitet i detaljeret undersøgt område på Kringelrøn. Det ses, at der er en nøje sammenhæng mellem saltberigede/ferskvandsfortyndede områders udbredelse i forhold til både vegetationstyper og grundvandspotentialet i kote 0. De skraverede områder angiver beliggenheden af arealer, hvor det øverste grundvands målte salinitet er mindre end havvands. I de øvrige mellemliggende områder er det øverste grundvands salinitet højere end havvands. Hvide arealer er vegetationsløse saltpander og loer, mens de lyst rastede arealer er hindbæger-enge og de mørkt rastede arealer er tue-enge. Potentiallinierne angiver poretrykket i kote 0 angivet som centimeter ferskvand, idet det målte grundvandspejls højde er korrigeret for densitetsforøgelsen som følge af saltindhold. Saliniteten stiger overalt i de saltberigede områder med dybden, navnlig i de vegetationsløse områder. Målingerne er udført i november 1993.

kildevæld. Dette er tilfældet langs den gamle kystklint fra Byrum Kirke og ca. 1 km vestpå, i havnebakken på selve havnen i Vesterø, ved Hornex Odde og flere andre steder langs nordkystens erosionsskrænter.

Læsø har ingen nutidige naturlige, ferske vandløb, men mange grøfter, hvoraf nogle sandsynligvis følger tidligere bækkes forløb. Navnestoffet tyder imidlertid på, at naturlige, ferske vandløb har eksisteret tidligere (Lundbækken, Starbækken, Holmbækken). Disse navne udtales på det oprindelige læsømål med tryk på 'bæk' (lund**bæk**ki, star**bæk**ki, hol**mbæk**ki), hvilket antyder en gammel oprindelse af navnene og på at vandløbene har været naturlige bække. Formentlig yngre navne på gravede grøfter og kanaler omtales som 'strømme' (f.eks. Filstrømmen og Pentstrømmen). Disse og lignende navne udtales med tryk på første led: *fijlstræmmi*, *pentstræmmi*, hvilket kunne antyde, at de er yngre end 'bækkene' (se Espgaard 1980).

Saltpander og naturlige saliner (fig. 27 og 28 samt tabel 2)

Gennem middelalderen og frem til midten af det 17. århundrede fandt der en omfattende saltindvinding sted på Læsø. Hundreder af saltfabrikker, saltsyderier med tilhørende saltbrønde, antages i tidens løb at have ligget på Læsøs nuværende og tidligere strandenge. Fra luften ses ruinerne af disse saltsyderier tydeligt, typisk som cirkulære strukturer med en diameter på 20–50 m (se Kort I).

Således opstod Danmarks første egentlige industri på Læsø i tidlig middelalder (Velle 1991a, 1993). Råstoffet til produktionen var salt grundvand med en saltholdighed på 10–15 vægtprocent (Hansen 1994a,b og Hansen & Gudmundsson 1991). Dannelsen af dette stærkt saltholdige (hypersaline) grundvand er knyttet til strandengene og jævnlige tørtlagte sandflader (saltpander), hvor fordampning og naturlig dræning af ferskvand er større end infiltrationen af saltvand, og hvor den underliggende, lavpermeable lerplatform forhindrer det tunge, saltberigede havvand i at synke hurtigere ned i undergrunden, end det bliver dannet på toppen af leret (se nedenfor).

Herved opstod for godt 1.000 år siden de ældste na-

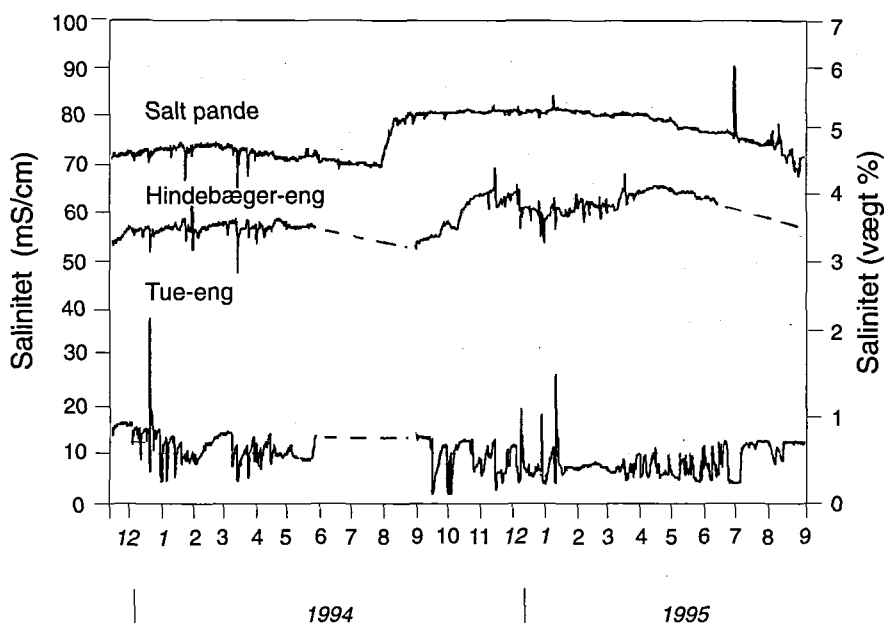


Fig. 28. Grundvandets saltkoncentration under saltpande, hindebæger-eng og tue-eng i detaljeret undersøgt område. Saliniteten er vist som elektrisk ledningsevne. Måleenhed: Millisiemens/cm.

turlige saltpander (saliner) i områder, der dengang har været meget lig de områder, hvor der i vore dage foregår en dannelse af hypersalint grundvand. Min seneste luftbilledudtegnings af Læsø's tidligere kystlinier m.m. (Kort I) antyder, at de ældste saltsyderier har ligget i Tørkeriet og Stoklund, og den næstnyeste og formentlig vigtigste generation af saltsyderier findes på Langerøn, Kringelrøns østlige del og Færøns højeste del.

Dertil kommer sandsynligvis mislykkede produktionsanlæg fra 1700-tallet eller senere, hvor man har forsøgt at anvende nyere metoder på Kringelrøn og Færøn (dr. Bisters anlæg på Kringelrøn og kaptajn Mathiesens anlæg på Færøn), men hvor brændselsmangel sandsynligvis satte en stopper for produktionen (Bing 1802, Grüner Nielsen 1924, Vellev 1993). Muligvis findes også på sydvestsiden af Kringelrøn et yngre anlæg, som er anført på videnskaberne selskabs kort fra 1780, og som muligvis har relation til en gravet rende i dette område.

Idag sker der en vellykket saltindvinding og -produktion som et forsøgs- og demonstrationsprojekt i form af en rekonstruktion af en middelalderlig sydehytte. Saltvandet hertil indvindes i saltbrønde på lavtliggende områder på Kringelrøns sydvestlige del. Dvs. udenfor de middelalderlige indvindingsområder, men i et område, som landhævningen har dannet på samme måde, som middelalderens naturlige saltpander blev dannet (se fig. 27).

Udover passende geologiske forhold, der forhindrer nedsivning af det tunge saltvand, forudsætter denne akkumulation af saltberiget havvand et solrigt, tørt og blæsende klima, således som tilfældet er på Læsø.

Imidlertid er der også konstateret en ikke tidligere beskrevet dræningsmekanisme, en 'ferskvandspumpe', der selektivt kan fjerne regnvand og brakvand (Hansen 1994b), se side 43.

Lignende forhold med dannelse af saltpander og saltberiget jordvand er beskrevet fra bl.a. Skallingen og Isefjord (Jakobsen 1954 og Mikkelsen 1949), men disse områder adskiller sig fra de læsøske ved, at der på Skallingen, ved Isefjorden og andre steder primært er tale om saltberiget *jordvand* i den umættede zone med en væsentligt lavere salinitet (Mikkelsen angiver højst 4,2%). På Læsø foregår der en egentlig akkumulation af stærkt saltberiget vand i selve grundvandet, dvs. i den mættede zone. Dette saltberigede *grundvand* fortyndes ikke om vinteren (se fig. 28), mens Mikkelsen (1949 og 1969) angiver store sæsonbestemte variationer i jordvandets saltkoncentration. Netop dette forhold må antages at have været den direkte årsag til, at saltlagen har kunnet indvindes i saltbrønde til den læsøske saltsydning. I den umættede zone vil kapillærkræfterne derimod umuliggøre indvinding, hvorfor saltsydning på basis af grundvand heller ikke kendes fra marskegnene, men derimod mange andre mindre succesfulde forsøg på saltindvinding, f.eks. ved afbrænding af opgravet martørv, tang o.l. (Vellev 1991b, 1993).

I tabellen øverst side 41 (tabel 2) er vist en række salinitetsmålinger og kemiske analyser af saltberiget grundvand (ikke jordvand) fra en række lokaliteter på den sydlige del af Kringelrøn.

Derudover har DGU/GEUS siden efteråret 1993 monitoreret saltdannelse, oversvømmelse og dræning samt

Nr.	Sali nitet vægt%	Alk. mækv. /l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	SiO ₂ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	Bund- type
4	14,7	6,3	78150	22600	5,1	830	8525	38950	ubev.
8a	2,9	9,5	21500	2860	9,9	626	1380	10850	H.eng
8b	1,7	2,3	13800	2020	0,2	279	880	7050	H.eng
11a	11,6	3,3	62700	10900	6,0	656	5125	33200	ubev.
11b	11,7	3,5	64800	11350	6,2	744	5250	33900	ubev.
12	13,3	5,6	68000	14550	3,9	926	6275	36700	ubev.
13	6,8	6,8	43300	6450	7,6	838	3250	22300	ubev.
14	6,2	23,5	39600	2760	28,0	463	2510	20000	ubev.
16	9,8	5,6	44700	8100	6,3	666	3575	23900	ubev.
17	4,4	5,4	29000	4570	4,6	638	1900	14700	ubev.
18	8,8	5,0	48100	6700	4,4	704	3230	24800	ubev.
22	6,1	4,8	35700	6100	5,2	570	2690	17400	ubev.
29	0,1	4,6	790	20	5,1	104	58	330	T.eng

Tabel 2. Målte ioner m.v. i saltpander m.v. på Rønnerne. Vandprøverne er fremskaffet ved gravning, og der er derfor i nogle af hullerne sket en vis fortynding med overliggende grundvand med en lavere salinitet. Prøverne er udtaget 11.-14. september 1991. For nærmere lokalisering se Hansen & Gudmundsson (1991). Derudover er der målt **pH** (alle mellem 7,6 og 8,2), **nitrat** (alle mellem 0,98 og 0,00 mg/l), **fosfat** (alle mellem 1,0 og 0,002 mg/l, prøve 14 dog 11,8 mg/l) og **Mn** (alle mellem 1,4 og 0,03 mg/l). I yderste højre kolonne er vegetationstypen angivet: '**ubev.**'= ubevokset saltpande (såkaldt vandhul), '**H.eng**'= hindebæger-eng, '**T.eng**'= tue-eng. De angivne saliniteter er målt på stedet med hydrometer og angiver saliniteten i vægtprocent af prøven, som hvis alt saltet var NaCl.

det lokale vejr og klima ved fire stationer på Kringelrøn. Monitoringen består i kontinuert måling af saltlagens elektriske ledningsevne (salinitet), grundvandsstanden, vandstanden og vandets temperatur. Endvidere foretages der kontinuerede målinger af luftens temperatur, humiditeten, indstrålingen, vindstyrken, vindretningen og lufttrykket. Undersøgelserne er langtfra færdige og data fra det første år er endnu kun nødtørfigt bearbejdet (Hansen 1994b).

På det foreliggende grundlag kan det imidlertid konstateres, at følgende 7 forhold har en større eller mindre andel i dannelsen og akkumulationen af det hypersaline grundvand:

1. Saltberigede områder

Kort II viser fordelingen af plantebælter på Rønnerne. Detaljerede undersøgelser af et mindre areal på ca. 20 hektar af plantebæltens højdeforhold viser, at de er nøje knyttet til terrænhøjden (se side 36). Plantebælterne er derfor også gode indikatorer for, hvor ofte de pågældende områder oversvømmes, således at de hydrometriske målinger på monitoringsstationerne kan generaliseres til større områder. Disse målinger viser, at der sker et aftagende antal årlige oversvømmelser fra strandkanten og indefter, således at områder, der ligger mere end 100 cm over normal vandstand ikke er blevet oversvømmet i den hidtidige måleperiode (november 1993 til august 1995).

De hovedsageligt ubevoksede områder under 25 cm kurven er oversvømmet i stort set alle efterårs-, vinter- og forårmånedene, mens områderne er periodisk tørlagt i sommermånedene.

Hindebæger-engene mellem 25 cm og 55 cm kurverne oversvømmes tilsvarende 5-10 gange om måneden i efterårs-, vinter- og forårmånedene, mens de hovedsagelig er tørlagt i sommermånedene, måske med højst 1-2 oversvømmelser i sommermånedene.

Tue-engene mellem 55 cm og 100 cm kurverne oversvømmes kun delvist under ekstremt højvande i vinterhalvåret, og praktisk taget aldrig i sommermånedene.

Ved disse oversvømmelser opstår der i forhold til saltdannelsen en balance mellem saltlagens opkoncentrering ved engenes evapotranspiration og havvandets fortynding af saltlagen. Den balance mellem oversvømmelse (salttilskud, men fortynding) og tørlægning (evapotranspiration), der giver maksimal saltdannelse, synes at være beliggende i hindebæger-engene. Dette er undersøgt ved en række punktvis målinger af grundvands salinitet umiddelbart over lerplatformen på det meste af Kringelrøns vestlige del og ved en detaljeret kortlægning af et mindre område (tabel 2 samt fig. 25 og 27).

2. Lerplatformens betydning for akkumulation af saltlage

Imidlertid kan saltlagen ofte blive akkumuleret på et lidt lavere niveau end hvor den primært dannes, således også i det detaljeret undersøgte område. Dette skyldes, at lagen vil strømme sideværts gennem residual-konglomeratet på toppen af lerplatformen mod laveste niveau i lerplatformens smålavninger. Der er gennemført en række feltmålinger af lerets permeabilitet. Foreløbige resultater tyder på en meget lav horizontal

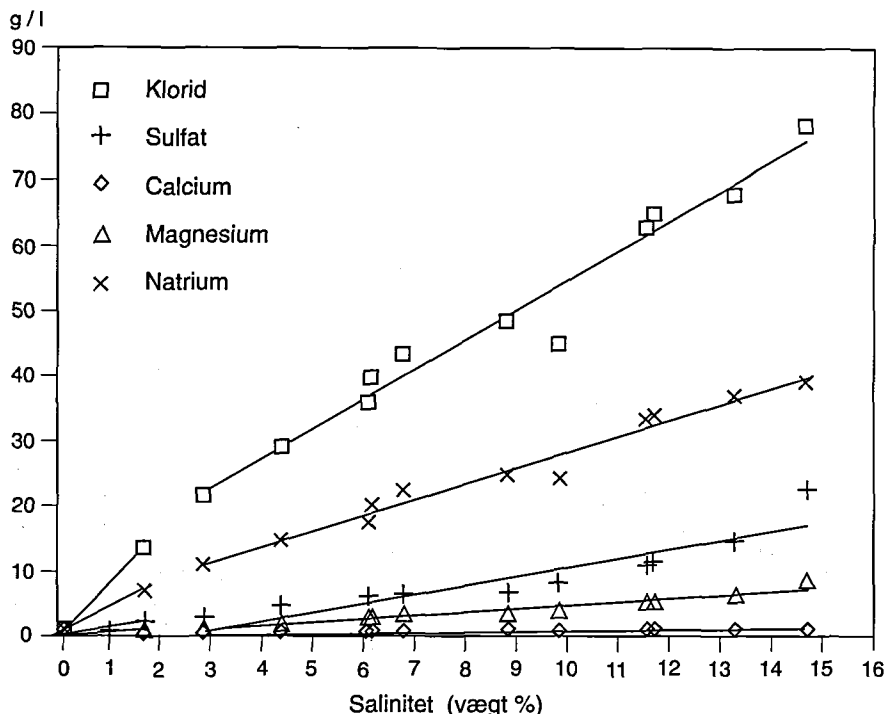


Fig. 29. Grundvandets kemiske hovedkomponenter i forhold til saliniteten målt med hydrometer (som svarende til vægtprocent NaCl). De rette linier angiver regressionslinier for de pågældende ioner over og under den pågældende ions koncentration i havvand. Der ses at være en omtrent lineær sammenhæng mellem saliniteten og koncentrationen af klorid, natrium og magnesium over koncentrationsniveauet for havvand. Dette tolkes som svarende til en overvejende fysisk inddampning af havvand. Calcium-koncentrationen stiger derimod ikke, idet calcium-ionen udfældes som carbonat (kalk) og sulfat (gips) ved saltkoncentrationer, der kun ligger lidt over havvands.

permeabilitet, i størrelsesordenen 0,1 til 0,001 milli-Darcy. Da den vertikale permeabilitet i lagdelte jordarter normalt er én eller flere størrelsesordener lavere end den horizontale, er det sandsynligt, at lerets top vil fungere som en membran, der effektivt forsinker den tunge saltlages nedsivning.

Dette forhold er sandsynligvis den væsentligste forskel på de læsøske strandenge og saltpander og andre beskrevne saltberigede strandenge o.l. i Danmark, hvor det saltberigede, tunge vand, som ikke forsvinder ved fortynding, må formodes at synke relativt hurtigt ned i undergrunden.

3. Klimaets og fordampningens betydning (fig. 29 og 30)

Det er velkendt, at Læsø, Anholt og Storebælt ligger i Danmarks tørreste bælte. Af særlig betydning for salt-dannelsen er sandsynligvis, således som DGU/GEUS's målinger af vindforholdene på Rønnerne synes at vise, at vindhastighederne året rundt er meget høje. Dette skyldes sandsynligvis, at området er uhyre fladt og uden træer og buske. Herved nedsættes friktionen ved jordoverfladen sandsynligvis til et lavt niveau, således at der selv få cm over jordoverfladen kan være høje vindhastigheder.

En sammenligning af koncentrationen af saltlagers hovedkomponenter med saliniteten viser en omtrent lineær sammenhæng mellem koncentrationen af kationer og klorid (fig. 29 og 30), hvorfor det må antages, at simpel fordampning er en væsentlig årsag til saltlagers dannelse. Ligeledes synes sulfat-koncentrationen styret af inddampning, idet sulfat-koncentrationen er relativt stigende i forhold til natrium og klorid ved saliniteter på mere end 11–12 procent. Dette skyldes formentlig en begyndende udfældning af NaCl, der udfældes før den sulfatholdige salttype kieserit.

En støkiometrisk beregning af balancen mellem de ioner og salte, som indgår i saltmineralernes inddampningsrække (Hansen 1994b, Hansen & Gudmundsson 1991), er foretaget på basis af en række kemiske analyser af saltlagen på en række lokaliteter på Rønnerne, se tabel 2. Beregningerne bygger på følgende inddampningscyklus og rækkefølge af mineraludfældninger:

1. calcit (CaCO_3) og gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) $\rightarrow$
2. halit (NaCl) og kieserit ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) $\rightarrow$
3. carnallit ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) $\rightarrow$
4. sylvit (KCl) $\rightarrow$
5. fortsat opløst rest

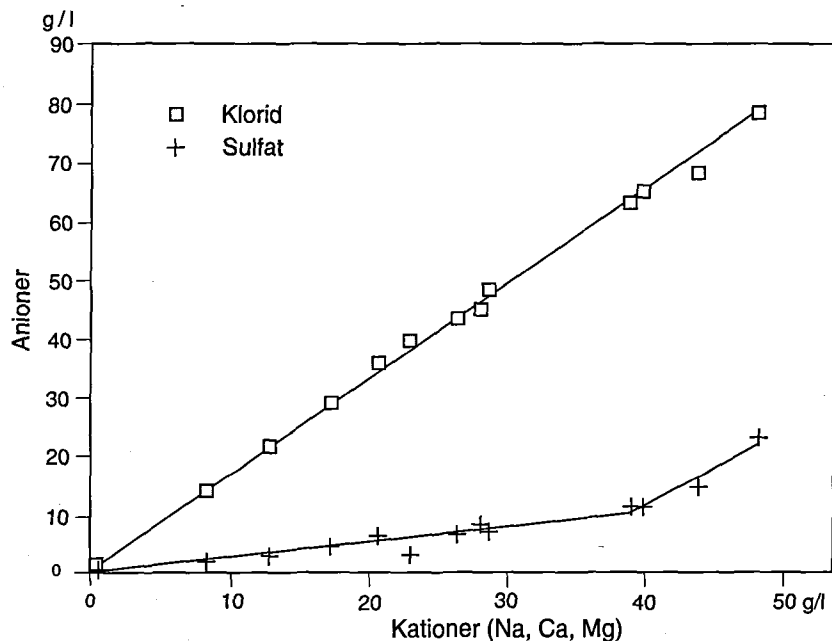


Fig. 30. Grundvandets kation-koncentration (natrium, calcium og magnesium) i forhold til koncentrationen af klorid og sulfat. De rette linier angiver regressionslinien for de pågældende ioner. Der ses en lineær sammenhæng mellem kationerne og klorid, hvilket tyder på en overvejende fysisk inddampning af det pågældende grundvand. En relativ stigning i sulfatkonzentrationen indtræder ved klorid-konzentrationer på ca. 65.000 mg/l svarende til saliniteter på 11-12%. Over denne salinitet udgør den sulfatholdige salttype kieserit en relativt stigende del af saltlagen, idet der må antages at ske en begyndende udfældning af halit (NaCl) ved denne saltkoncentration.

Forudsætter man, at saltlagen inddampes helt, og at mineralerne derved udfældes i den nævnte rækkefølge, vil der i den fortsat opløste rest være gennemsnitligt 11% af den oprindelige klorid-mængde tilbage i saltlagen, se fig. 31.

Ved sammenligning af det hypersaline grundvands mængdeforhold mellem negativt og positivt ladede hovedkomponenter (Cl^- og SO_4^{2-} versus Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} og K^+) med havvands normale sammensætning (se Herman 1968) fremkommer et tilsvarende overskud på gennemsnitligt 6% af anioner i forhold til kationer (angivet i forhold til prøvernes klorid-indhold).

Efter begge beregningsmetoder synes klorid-overskuddet at være størst under hindebæger-engene og under saltpanderne, hvortil saltlagen strømmer fra hindebægerengene. Klorid er derimod i balance på tue-ingen (kun 1 kemisk analyse), hvor der sker en fersk grundvandsdannelse, og hvor plante-familien Plumbaginaceae (se nedenfor) ikke findes. Det er derfor mest sandsynligt, at der udover den almindelige evapotranspiration også forekommer en plantefysiologisk effekt på saltlagens dannelse.

Der er endnu ikke foretaget tilstrækkeligt mange analyser til, at det kan fastslås, hvilke positivt ladede ioner, kolloider eller opslæmmede partikler, der opvejer dette klor-overskud i forhold til en rent uorganisk inddampning (se punkt 6 og 7).

4. Selektiv bortdræning af ferskvand og brakvand ('ferskvands-pumpen')

Målinger af overfladevandets salinitet under stigende og faldende vandstand viser, at vandet i loerne er salttere, når det er for indadgående, end når det strømmer ud mod havet. Dette fænomen omtales her som en ikke tidligere beskrevet 'ferskvandspumpe', idet der åbenbart foregår en selektiv bortdræning af ferskvand og brakvand.

Kontinuerte salinitetsmålinger i en lo (fig. 32) viser, at overfladevandet under *indadgående* strømretninger har omtrent samme salinitet som havvandet. Under *udadgående* strømretninger er overfladevandet først omtrent af samme salinitet som havvand, dvs. ca. 2,5%. Men derefter falder saliniteten gradvist til samme niveau, som grundvandet i tue-engene, dvs. til en salinitet på 0 til 0,1%.

'Ferskvandspumpen' kan forklares ved den lagdeling af vandtyperne, som findes i de høppermeable lag over lerplatformen. En normal lagdeling vil være, at saltlagen findes nederst. Herover vil der enten ligge infiltreret havvand fra sidste oversvømmelse, eller infiltreret regnvand. Forestiller man sig, at der på saltlagen er akkumuleret et lag af regnvand, vil der under en oversvømmelse ske det, at vægten af det relativt tunge havvand er i stand til at foretage en selektiv ud-

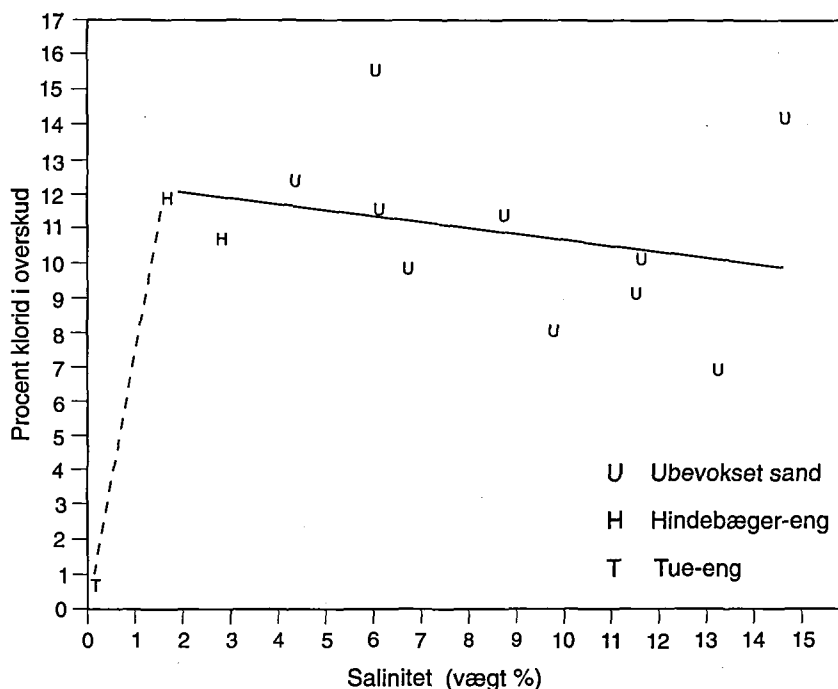


Fig. 31. Kloridberigelse i forhold til grundvandets salinitet (hydrometermålt vægtprocent). T: under tue-eng, H: under hindebæger-eng, U: under ubevoksede saltpander. Fortager man en støkiometrisk beregning af, hvilke ioner der vil være tilbage i saltlagen i takt med, at den inddampes efter saltinddampnings-cyklussens rækkefølge (gips og kalk $\rightarrow$ halit $\rightarrow$ kieserit $\rightarrow$ carnallit $\rightarrow$ sylvit $\rightarrow$ fortsat opløst rest), vil der være et overskud af klorid i den fortsat opløste rest i forhold til saltlagens positivt ladede hovedkomponenter. Hvilke mindre almindelige kationer, kolloider eller partikler, der opvejer dette klorid-overskud vides endnu ikke. Imidlertid er der en påfaldende tendens i, hvor dette klorid-overskud forekommer i forhold til plantebælterne. Klorid-overskudet er således størst under hindebæger-engene, hvorfra det synes at aftage ud mod de ubevoksede saltpander, mens grundvandets hovedkomponenter synes at være i balance under tue-engene. Dette tyder på en ikke uvæsentlig fysiologisk effekt fra hindebæger-planterne, der aktivt er i stand til at afsalte sig selv. Spredningen i målingerne antages primært at skyldes, at målingerne er foretaget på 13 geografisk adskilte lokaliteter. Den rette linie er en regressionslinie over samtlige beregningsresultater fra saltberigede områder.

presning af ferskvandet. En simpel regnemodel viser, at en normal oversvømmelse vil kunne presse lag af ferskvand op på tue-engene, hvorfra det vil strømme ud i det oversvømmende havvand og derved blive afdrænet, når vandstanden atter falder.

Således vil en oversvømmelse med havvand til kote + 0,4 m i det detaljeret undersøgte område kunne presse ferskvand op i kote + 0,5 til + 0,8 m afhængig af dybden til det perkulerede ferskvand: Jo dybere ferskvandet ligger, desto tykkere bliver oversvømmelseslaget af havvand, og desto højere bliver overtrykket i ferskvandet under havvandet i forhold til trykket i ferskvandet under de ikke oversvømmede arealer. Der opstår altså 'mikroartesiske' forhold på tue-engene som følge af grundvandets omvendte densitetfordeling.

Dette kan forklare, at engmyrerne og tuernes vegetation af ikke salttålende planter kan overleve kortvarige oversvømmelser. Under oversvømmelserne må der således antages at være en nedefra kommende strøm af ferskvand - især gennem tuerne - indtil ferskvandsreservoiret under de lavereliggende arealer er tømt.

5. Akkumulation af saltlage i saltpander

De største saltkoncentrationer findes normalt under ubevoksede arealer, som det meste af året er vandfyldte, men som om sommeren kan være helt eller delvis tør-lagte i lange perioder.

Under disse 'søer', 'vandhuller' eller rettere ubevoksede, temporært oversvømmede arealer ligger lerplatformens top normalt nogle decimeter dybere end i omkringliggende arealer. Forholdet er endnu kun undersøgt ved gravninger (Hansen & Gudmundsson 1991) på ca. 30 lokaliteter på det sydlige Kringelrøn, og der mangler en mere nøjagtig nivellering af de præcise højdeforhold i forhold til nye fixpunkter, der ikke, som de nuværende, er påvirket af ca. 100 års landhævning på op til 5 mm/år.

Det må imidlertid antages, at saltlagen strømmer til disse lokale lavninger i lerplatformens top, og at der også under sommermånedernes tørlægning foregår en yderligere saltberigelse i disse saltpander. Herved kan det forklares, at saltkoncentrationen under hindebæ-

ger-ene sjældent er over 10%, mens saltkoncentrationen under de ubevoksede arealer ('søer' og 'vandhuller' om vinteren) ofte er mellem 10 og 15% (se tabel 2).

6. Osmotiske effekter

Klor-ionen er stor, hvorfor det må antages, at der kan være en vis osmotisk effekt i forhold til lerplatformen, således at der med leret som 'ion-filter' kan ske en vis forskydning af den oprindelige ion-balance i det tilførte og opkoncentrerede havvand. I hvilket omfang, den ovennævnte klorid-berigelse skal forklares med osmotiske effekter, kan ikke afgøres på det foreliggende grundlag.

7. Plantefysiologiske effekter (fig. 31)

Floraen i de områder, hvor saltdannelse sker, er domineret af den salttålede art tæblomstret hindebæger, der hører til familien Plumbaginaceae. Denne familie er karakteriseret ved, at den ikke alene tåler salt, men også er i stand til at udsondre salt fra kirtler på blade og stængler (se Mikkelsen 1969). Det må derfor også antages, at hindebæger-floraen kan give et bidrag til opkoncentrationen af det indstrømmende havvands saltindhold.

Lignende fysiologiske forhold kendes fra strand-engelskgræs, der vokser på både hindebæger-engen og tue-engen, hvorimod kveller-arterne, der vokser i de hyppigst oversvømmede områder, ikke har denne evne. Hos kveller-arterne sker der en opsamling af salt i blade og stængler, som så brækker af, når en vis grænse nås. Mikkelsen (1969) diskuterer disse fysiologiske effekter og inddeler planterne i to grupper: Planter, der kan afsalte sig selv (f.eks. hindebæger og engelskgræs), og planter, der udvikler vandholdigt væv i større udstrækning (f.eks. kveller og andre sukkulenter).

Klorberigelsen er størst under hindebæger-engene (se fig. 31), især i forhold til det langt lavere relative klorid-niveau under tue-engen (kun 1 kemisk analyse herfra). Dette kunne tyde på, at berigelsen (og derfor også en del af saltlagens opkoncentrering) primært skyldes en plantefysiologisk effekt fra hindebæger-planterne. Såfremt klorberigelsen primært skulle være osmotisk betinget, skulle man forvente den højeste klorberigelse i saltpanderne, da saltlagen er mest koncentreret her.

Kapitel 3:

Læsøs kulturlandskaber

Læsøs ældste landskabstype er agerlandet, men om øens tidligste opdyrkning vides ikke meget. Det er dog givet, at bosættelsens indflydelse på Læsøs landskaber

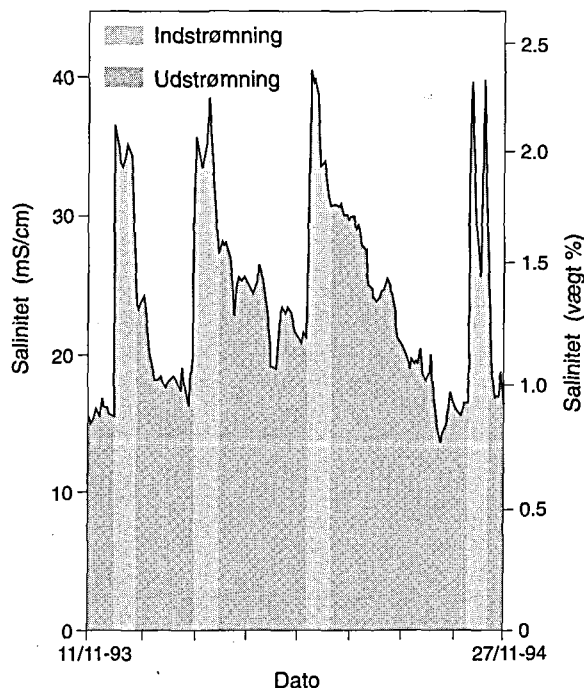


Fig. 32. Salinitet i hovedloen ('floden') mellem Kringelrøn og Færøn under ind- og udstrømning af overfladevand i perioden fra 11. til 27. november 1994. Lyst rastede intervaller er indstrømningsperioder. Mørkt rastede intervaller er udstrømningsperioder eller perioder uden registrerbar strømning. Det ses, at vandet i indstrømnings-perioderne har samme salinitet som havvand, mens vandets salinitet i udstrømningsperioderne gradvis falder til samme niveau som under tue-engene.

er afgørende forskellige fra landskabsudviklingen andre steder i Danmark, således som dette er beskrevet bl.a. af Andersen (1995) og generelt hos Etting (1995).

Den første indikation på opdyrkning stammer fra 1219, hvor abbed Gunnar af Øm mægler i en strid mellem Vitskøl Kloster og Viborg domkapitel, hvorved det bestemmes, at Vitskøl-munkene kan beholde *den jord de har opdyrket* eller taget i besiddelse til kirkebyggeri (se Johannsen 1984). Den opdyrkede jord består formentlig af den nuværende 'Storhave' ved Byrum.

Agerlandet - 'haverne' - Læsøs ældste landskab (fig. 33)

Den nuværende udbredelse af Læsøs dyrkede arealer svarer i store træk til udbredelsen af 'haver'. Dvs. dyrkede fælliger med et antal gårde, hvis marker er indhegnet af ét jorddige rundt om alle de pågældende gårde (Stoklund 1980).

På videnskabernes selskabs kort fra 1780 ses et stort

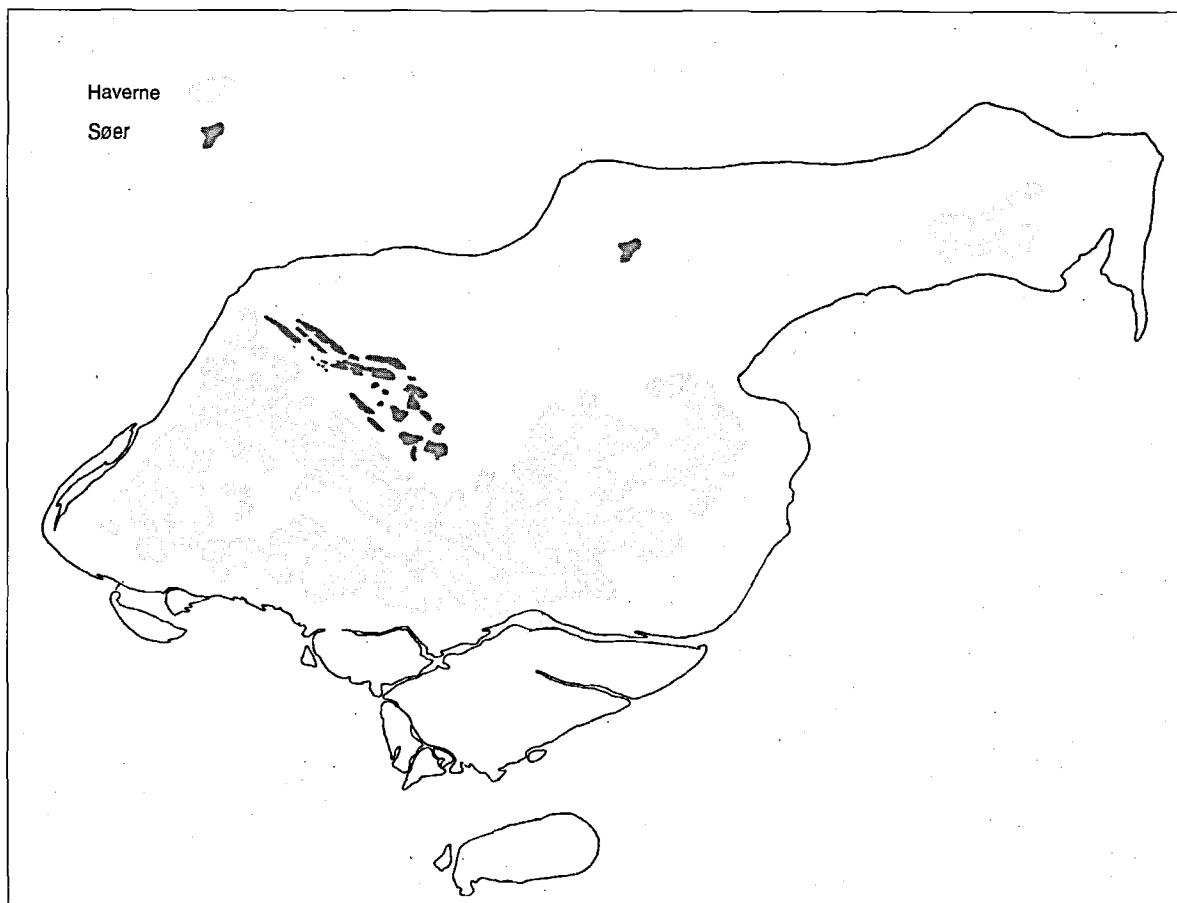


Fig. 33. Det ældre agerlandskabs - 'havernes' - udbredelse på Læsø. Omkring 'haverne' ligger de såkaldte 'havediger', dvs. ca. 2 meter høje tørvediger, der omhegner et antal gårde. Navnestoffet i disse 'haver' peger på, at opdyrkningen er begyndt ved anlægning af de 'haver', der ligger længst fra stranden, og at det er sket ved skovrydning. Efter Stoklund 1980.

antal af sådanne 'haver' på Læsøs sydlige del i området mellem kystlinien fra år 0 og kystlinien fra ca. 1000 år e.Kr. Disse områder har for en stor dels vedkommende ligget så lavt, at de ikke har kunnet opdyrkes før langt ind i vikingetiden eller i begyndelsen af middelalderen. 'Haverne' er formentlig anlagt i takt med, at landhævningen har muliggjort opdyrkning. Således beretter Bing (1802) om lavtliggende vandlidende marker, som bønderne forsøger at 'optofte' med tang samt græs- og lyngtørv fra såvel indmarken som udmarken.

Et af 'havernes' diger blev i 1983 undersøgt af Nationalmuseet (se Johannsen 1983 og 1984). Undersøgelserne viste, at digerne er bygget af græs- eller lyngtørv og har en næsten lodret og 2 meter høj yderside, der må antages at have virket som værn mod løsgående kreaturer i udmarken. Nogle af de endnu synlige diger antages at være anlagt i middelalderen.

Gamle stednavne med botaniske, bosættelseshistoriske og andre betydninger forekommer ofte i det danske sprog og kan give gode fingerpeg om landskabets historie (se f.eks. Jørgensen 1994 og 1995). Det samme er tilfældet på Læsø. Nedenstående stednavne fra Læsø er således vigtige for forståelsen af øens landskabshistorie. Navnenes formodede botaniske betydning er anført i kantet parentes, med mindre betydningen er indlysende (for navnenes betydning se Espegaard 1980):

Irumgård [taks],
Irum Have [taks],
Lundensgård,
Skovensgård,
Skovens Have (ved Byrum),
Skovens Have (ved Vesterø),
Lovtskoven [løvskoven],
Lovskovsbakken [løvskovsbakken],

Kannerskoven [skoven med træ/ved],
 Kandereden [humoristisk om et træhus],
 Klitgårds Lund,
 Lunden,
 Vestre Skov,
 Øster Skov (ved Byrum),
 Pilgårds Have,
 Pilgårds Have ved Stranden,
 Stoklund [lund med 'bistokke', dvs. bistader],
 Baskær Have [muligvis afledt af bast].

De fleste af disse navne tyder på, at ihvert fald den del af området, som ligger længst fra stranden, har været skovklædt, da 'haverne' blev opdyrket. De gamle navne på Læsøs længst opdyrkede del omfatter således skovtyperne 'skov', 'lund' og 'løvskov' og artsnavnene taks og pil.

Udtrykket 'have' er ligesom det sjællandske 'have' (Kalvehave og Hestehave) en middelalderlig betegnelse for en indhegning (Jørgensen 1994). På Læsø er der dog tale om en 'udhegning'. Stoklund (1980) beskriver 'haverne' som opdyrkede ø'er (indmark) omgivet af tørvediger i den uopdyrkede udmark.

Måske vigtigere for forståelsen af landskabets oprindelige karakter er forekomsten af en række stednavne med endelsen '-rum'. Denne i Danmark ret sjældne endelse på stednavne (ikke at forveksle med endelsen '-um' med betydningen 'hjem', Jørgensen 1995) kan tolkes som af omtrent samme betydning som det sjællandske '-rød', altså en skovrydning. I Sverige er '-rum' endelsen mere almindelig, f.eks. i 'Byrum' på Gotland.

Espegaard (1980) udlægger endelsen '-rum' som 'plads', dvs. et sted, hvor der er gjort plads, og ikke i den mere neutrale betydning som blot et 'sted'. Jørgensen (1994) skriver om endelsen, at den betyder „(ryd- det) plads (for bebyggelse)“ og nævner i den forbindelse de sjællandske stednavne Esrum, Virum, Nærum og Farum. Sådanne 'rum'-navne omfatter på Læsø

Flarum [ukendt betydning],
 Lorum [lysning],
 Børum [indhegning til dyr],
 Byrum [bæver-rydning, eller sandsynligvis 'by'-rydning],
 Brarum [ukendt betydning] og
 Irum [taks-rydning].

Forstavelens mulige 'skovmæssige' betydning er anført i kantet parentes. De ovennævnte forstavelers og '-rum' endelsens betydning giver bedst mening, hvis '-rum' endelsen har betydningen 'plads' (dvs. en gjort plads) snarere end 'sted', således som også Jørgensen (1994) tolker endelsens betydning. Dvs. at '-rum' endelsen har en parallel betydning til det sjællandske '-rød' som f.eks. i Allerød [rydning i elleskov] og Birkerød [rydning i birkeskov].

De ovennævnte forhold tyder på, at Læsøs bosæt-

telse og opdyrkning gennem middelalderen er sket ved rydning af løv(?blandings)skov, og at bosættelsen er begyndt inderst i Læsøs nuværende landbrugszone (se Hansen 1994a, fig. 8). Dvs. omtrent langs strandlinien fra omkring år 0, idet 'rum'-endelsen og skovnavnene er knyttet til strandterrasse C og den inderste del af strandterrasse D, mens yngre og mere sydlige 'have'-navne på strandterrasse E har andre betydninger.

De arealer, hvor agerdyrkningen således synes at være begyndt, har næppe ligget mere end 1–2 meter over havet før omkring 1.000 år e.Kr. eller senere, hvorfor arealerne næppe heller har været dyrkbare før omkring årtusindskiftet. Dvs. på et tidspunkt, hvor steder på strandterrasse E som Tørkeriet og Stoklund (områderne med de ældste saltsyderier) må antages at have været et landskab af jævnlige oversvømmede strandenge og evt. vinterforsumpet birkeskov e.l. (se side 56), mens områderne lidt længere inde på øen har ligget højt nok til at de kunne opdyrkes.

Middelalderlige stednavne på strandterrasse E og F antyder, at disse områder har været strandenge og holme, således som Kringelrøns vestlige del og Alsdyb Holme er i dag. Dette gælder f.eks. Tørkeriet [sted, hvor man inddamper salt], Sybo Holm og Bobakker [holme, hvor saltsydere holdt til].

Man kan undre sig over, hvorfor der ikke synes at være sket en bosættelse og opdyrkning af ældre og højere-liggende arealer på strandterrasse A og B indenfor strandlinien fra år 0. Årsagen hertil er sandsynligvis, at disse landskaber alle hører til den transportdominerede kysttilvæksts landskabstyper. Dette ældre landskabs dannelsesmåde har skabt en jordbund af hovedsagelig groft sand. Disse ældre og højere-liggende arealer er derfor mindre frugtbare end den landhævningsdominerede kysttilvæksts landskabstyper, der hovedsagelig har en jordbund af finsand og tæt derunder af ler.

Agerdyrkningens begyndelse kan således antages at være knyttet til det tidsrum omkring eller efter år 1000, hvor de ældste arealer indenfor den landhævningsdominerede kysttilvæksts strandlinier er hævet tilstrækkeligt over havet (1–2 meter), til at agerdyrkning er blevet mulig. På disse arealer har der utvivlsomt dengang været en betydelig vinterforsumpning, således som mange skriftlige kilder vidner om (se Stoklund 1986).

Klitplantagerne

Klitplantningen er et stort og interessant kapitel for sig, som der ikke skal gås i detaljer med her. Blot skal anføres, at der allerede i slutningen af 1800-tallet blev agiteret stærkt for klitplantning, men at Læsø-boerne elskede det frie udsyn, så plantningen ikke blev til noget videre (Svendsen i Johansen og Remmer 1968). Først da staten i 1930'erne opkøbte store arealer i Nord-

marken kom der for alvor gang i klitplantningen. Læsø Klitplantage blev oprettet og er idag underlagt Nordjyllands Skovdistrikt.

Klitplantagen består i overvejende grad af skovfyr. Granplantninger er forholdsvis få, hvorimod der i de senere år er foretaget en hel del løvplantning af især eg.

Klitplantagerne og andre nåletræsplantager dækker ca. en trediedel af Læsøs samlede areal, mens en anden trediedel er landbrugsjord og den sidste trediedel er naturarealer.

Opdyrkede heder

Ånden efter Dalgas nåede sent til Læsø. De tidligst opdyrkede hedearealer er beliggende i området indenfor Bovet. Omtrent samtidig med klitplantningen blev der foretaget en del hedeopdyrkning nord for Kærene mellem Vesterø Havn og klitplantagen, i Hankær syd for Østre Foldgård og på de laveste arealer vest for Hals Kirkeruin.

Læsøs naturlandskaber

Sammen med den komplekse geologiske baggrund for Læsøs kystdannende processer forklarer de hydrologiske, klimatiske og biologiske forhold, hvilke *naturlige processer* der er baggrund for Læsøs naturlandskaber. Dvs. strandvoldssletter, strandenge, klitter, indsander, heder, hedemoser og naturskove og ikke mindst de store vegetationsløse sandflader, fjærene, der som et op til 5 km bredt 'ørkenbælte' ligger mellem strandengene og Kattgat. De ovenstående afsnit om Læsøs kystdannelse beskriver den geologiske og naturgeografiske del af disse naturlige forhold.

Dertil kommer en række *menneskeskabte processer*, som siden 1300-tallet i afgørende grad har påvirket Læsøs landskabsudvikling. Således kan hederne, indsanderne og afblæsningsfladerne på Læsøs nordside forklares som et helt overvejende menneskeskabt resultat af middelalderens koncentrationsagerbrug og saltsydning. Denne arealanvendelse medførte en næsten total rydning af Læsøs tidligere fyrreskov på nordøen og af den formentlig mere løvblandede skov på sydøen.

Af Læsøs fyrreskov, som i øvrigt var den sidste rest af Danmarks oprindelige, forhistoriske fyrreskov, er kun ét træ bevaret, den berømte Bangsbo-fyr, mens en lille rest af løvblandingsskov formentlig er bevaret i Lunden midt på Læsø. Disse forhold er beskrevet i nedenstående afsnit om 'menneskeskabte kummerlandskaber'. Endvidere har der i Læsøs ældre stadier været en betydelig forekomst af taks, som i hvert fald frem til 700-tallet har været ganske udbredt på Læsø (se side 22 og 29). Hvorvidt taksen også har været udsat for omfattende skovhugst under saltsydningen, og om dette har givet den 'nådestøddet', eller om taksen var forsvundet inden da, vides ikke.

Under alle omstændigheder fremstod Læsø, da skovrydningen i 1500-tallet var omtrent total, og da sandflugten i 1600- og 1700-tallet var på sit højeste, som en stormomsust ødemark, hvor landbrug ikke mere kunne brødføde øens befolkning. Ikke alene de nøgne og ufrugtbare landskaber på nordøen, som saltsydningen, skovrydningen og koncentrationsagerbruget havde fremkaldt, men også de naturskabte nøgne landskaber langs kysterne mod syd udgjorde et erhvervsøkonomisk set trøstesløst syn - et *kummerlandskab*, hvor intet træ og ingen busk kunne skærme mod blæsten, og hvor kun græsning var en mulig udnyttelse af jorden. Alene de tangtækte - tængede - gårde og de to endnu tilbageværende kirker kunne sammen med vandreklitterne i Højsande rage en smule op over den ellers ubrudte kimingsrand, som hele kompasset rundt udgjordes af havet omkring den ekstremt flade og skovløse ø (Friis 1928).

Udvikling af kummerlandskaber

Indenfor biologien anvendes begrebet 'kummerformer' som betegnelse for både plante- og dyreindivider, der som følge af ekstreme levevilkår eller utilstrækkelig ernæring ikke kommer til fuld udvikling. Individerne er således typisk mindre af vækst end andre artsfæller, eller de udviser forkrøblede eller sygelige træk som følge af en ydre påvirkning uden at være angrebet af sygdomskim o.l.

På samme måde finder jeg det naturligt at anvende udtrykket '*kummerlandskab*' som en ny landskabsøkologisk term for landskaber, hvor vegetationen er under et betydeligt stress. Ved et kummerlandskab forstår jeg et landskab, hvis geologiske, naturgeografiske, klimatiske og menneskeskabte processer og forhold har udviklet en landskabstype,

- a) hvor naturgivne hændelser opretholder en bestemt naturlig vegetationstype ved med mellemrum at sætte vegetationen eller en væsentlig del af den tilbage i forhold til udviklingen i tilsvarende landskaber, hvor disse hændelser ikke finder sted,
- b) hvor de naturgivne forhold mere varigt er af en sådan karakter, at den samlede biologiske produktion er ringe i forhold til den biologiske produktion i tilsvarende naturlandskaber andre steder, eller
- c) hvor menneskers anvendelse af naturen har skabt et landskab, der i væsentligt ringere grad end det tidligere landskab på stedet er i stand til at frembringe en biologisk produktion.

På Læsø er det særligt relevant at etablere et sådant landskabsbegreb, fordi det bedre end rent geologiske, naturgeografiske, biologiske og økonomiske begreber kan sammenfatte de komplekse forhold, som er særligt betydningsfulde for den grundlæggende karakter af vegetations- og landskabstyperne.

Fig. 34 a,b,c,d. a) Hindebæger- og kveller-enge på Kringelrøn. Mellem ubevoksede saltpander og højereliggende tue-enge findes Rønnernes vidtstrakte hindebæger-enge. Her ses en hindebæger-enge nord for Hornfiskrøns Flod. Mellem hindebægerplanterne findes et græstæppe af især strandannelsgræs. I kimingen ses birkeskoven på Hornfiskrøn. b) Tæt blomstret hindebæger med de karakteristiske læderagtige blade og c) den karakteristiske tætte blomsterstand. d) På leret bund findes ofte kveller omgivet af en (her udtørret og sprækket) måtte af blågrønalger.

Foto: Peter Moors.



Den helt overvejende del af Læsøs nuværende naturlige landskaber falder indenfor ovenstående definitioner. Læsøs naturlige landskaber er således først og fremmest kummerlandskaber og kan forklares som udslag af en *ekstrem ustadighed* eller som udslag af en *ekstrem, mere varig tilstand* i de ydre forhold, mens menneskeskabte kummerlandskaber kan forklares som resultat af en måske århundredlang, men nu ophørt rovdrift på de biologiske ressourcer. På Læsø forekommer idag følgende typer af kummerlandskaber:

A. Den ekstreme ustadigheds naturlige kummerlandskaber

Vekselsaline landskaber

1. Fjærernes sandflader (Kort I)
 2. Hindebæger-enge (fig. 34)
 3. Tue-enge (fig. 35)
- ##### *Omløjningslandskaber*
4. Aktive kystklitter ('hvide klitter', fig. 36)

B. Den ekstreme, langvarige tilstands naturlige kummerlandskaber

Hypersaline landskaber

5. Saltpander (fig. 37)
- ##### *Forsumpningslandskaber*
6. Lobeliekær, rørskov og porshede (fig. 41)
 7. Vinterforsumpningshede og -birkeskov (fig. 38)

C. Menneskeskabte kummerlandskaber

8. Indsander (vandreklitter og 'gråklitter')
9. Afbledningsflader (sandskæg- og rensdyrlavheder)
10. Lyng- og rensdyrlavheder (fig. 42)
11. Klit- og læplantningsskabte bjergfyrekrat

Den ekstreme ustadigheds naturlige kummerlandskaber

Landskaber af denne type er først og fremmest knyttet til selve kysten, hvor overgangen mellem hav og land præger livsbetingelserne. Snart vil kysten være domineret af terrestriske processer, snart af marin påvirkning. På hver sin måde vil erosions- og tilgroningskysterne være karakteriseret af en *ustadighed* i de geologiske, naturgeografiske og klimatiske vilkår, som fra tid til anden hæmmer eller ligefrem forhindrer væsentlige dele af den samlede biologiske aktivitet i både saltpåvirkede og ferske miljøer.

Landskabstyperne skyldes mere eller mindre kortvarige, men ustadige, ikke-rytmiske ændringer i temperatur, fugtighed, lysforhold, vindstyrke eller i selve jordbunden. For Læsøs vedkommende er landskabsfor-



Fig. 35. Tue-eng på Kringelrøn. De talrige tuer er den gule engmyres boer. Engen domineres af forskellige græsser og strand-engelskræs. På toppen af tuerne kan hedelyng, der ikke tåler salt, forekomme. I kimingen ses 'den døde skov', dvs. et fyrrekrat, der visnede i 1992 som følge af oversvømmelse. Se om opportunister side 51. Foto: Peter Moors.

merne først og fremmest udslag af en ustadig, ikke-rytmisk vekslen mellem væderigelighed og udtørring, ferske og salte forhold og mellem pålejring og erosion - i modsætning til f.eks. vadehavets rytmiske og langt mere produktive tidevandspåvirkning.

Et landskab af denne type vil derfor især kunne karakteriseres som et *kummerlandskab*, hvor naturlige, men ustadige hændelser af og til sætter vegetationen og det 'stedfaste' dyreliv eller dele af deraf tilbage. Den begrænsende faktor er således ikke mangel på næringssalte, lys, varme og væde, men selve landskabstilstandens ustadige karakter. Herved opstår der naturlige begrænsninger i betingelserne for, at vegetationen kan gennemleve en videregående økologisk udvikling, diversifikation og tilpasning - i modsætning til hvordan vegetationen ville kunne udvikle sig og modnes under en stabil landskabstilstand.

I et sådant landskab vil der som følge af de foranderlige vilkår kunne forekomme en biologisk mangfoldighed, som set over en længere periode vil kunne være større end i lignende, mere stabile, naturlige landskaber, men i de enkelte tilstandsperioder (salt eller fersk, tørt eller fugtigt osv.) vil kun en del af livet i landskabet kunne være i vækst, mens en anden del vil kunne

være midlertidigt udslukt eller i en dvalelignende tilstand.

Teoretisk set vil et sådant landskab kunne præges af opportunister, som kan opformeres og sætte frø o.l. under én af landskabstypens tilstandsfaser, eller af specialister, som gennem tilpasning mere varigt er i stand til at imødegå de stressende faktorer.

Vekselsaline landskaber

Rønnernes strandenge, dvs. hindebæger- og tue-enge (fig. 34 og 35), kan karakteriseres som *naturlige, vekselsaline kummerlandskaber*, hvor kun de planter og dyr, som tåler store variationer i jord- og grundvandets saltkoncentration, kan overleve. Landskaber med en strandengs- og marskvegetation, der minder om vegetationen på de læsøske strandenge er beskrevet fra Skallingen (Iversen 1954, Böcher 1969a), fra Isefjord og Roskilde Fjord (Mikkelsen 1949) og fra Danmarks natur i almindelighed (Mikkelsen 1969).

På Rønnernes *hindebæger-enge* (se Kort II, tabel 1, tabel 2 og fig. 34) er overfladevandets, jordvandets og

Fig. 36. Fed-vegetation på Bløden Hales havside. Mellem den skarpe grænse mellem klitvegetationen (marehalm) og havstokken ses en strandbred med en usammenhængende vegetation af sodaurt. På feddets inderside findes en strandengsvegetation, der domineres af alm. kvik.
Foto: Peter Moors.



grundvandets salinitet normalt væsentligt højere end havvands, men i oversvømmelsesfrie forårs- og efterårsmåneder med megen regn kan både overfladevandet og jordvandet blive næsten ferskt. Kveller-arterne og hindebæger tåler disse udsving bedre end andre af vore breddegraders højere planter og vil derfor overleve. Fremspiring af mindre salttålende arter, f.eks. strandannelsgræs, engelskgræs og strand-malurt i mere ferske perioder, vil derimod blive sat tilbage eller planterne vil dø, når saliniteten atter stiger.

I forhold til vegetationen på hindebæger- og kveller-engene kan strand-annelsgræs, engelskgræs og strand-malurt således opfattes som opportunist. I relativt ferske perioder kan disse arter erobre dele af de mest salte enge, mens hindebæger og kveller-arterne er specialister, som bedre end andre salttålende arter (f.eks. engelskgræs) kan overleve høje saltkoncentrationer, og som kan afsalte sig selv eller ved oplagring af salt i stænglerne kan overleve de ekstreme vilkår, der med ustadige mellemrum sætter den øvrige vegetation tilbage.

Derudover tåler en række blågrønalger, som ofte kan udgøre en flere millimeter tyk måtte mellem engplanterne, disse udsving i saliniteten.

På Rønnernes *tue-enge* (se Kort II, tabel 1, tabel 2 og fig. 35), der præges af strand-annelsgræs, engelskgræs, strand-malurt og mange andre svagt salttålende arter, er salinitetsforholdene mere stabile end på hindebæger-engene, idet den ovenfor beskrevne 'ferskvands-pumpe' selv under højvande og kortvarige oversvømmelser sikrer en vis ferskvandstilførsel. Virkningen er, at begyndende tilgroning af tue-engene med ikke salttålende arter, f.eks. hedelyng, fyr, birk, bævreasp og ene, kan finde sted, men også at en sådan artsberigelse, måske med års mellemrum, sættes tilbage under ekstremt eller langvarigt højvande.

I forhold til tue-engene kan især fyr og birk opfattes som opportunist, som i perioder vil være i stand til at spire frem og udskygge engplanterne. Imidlertid vil fyr og birk - måske med års mellemrum - blive udryddet af saltpåvirkning på tue-engene. I forhold til tue-engene må strand-annelsgræs, engelskgræs og strand-malurt derimod opfattes som specialister, idet disse arter netop er specialiseret til at tåle de variationer i saltholdigheden, som forekommer her over en årrække.

Rønnernes system af vegetationsløse '*floder*' og *loer*,

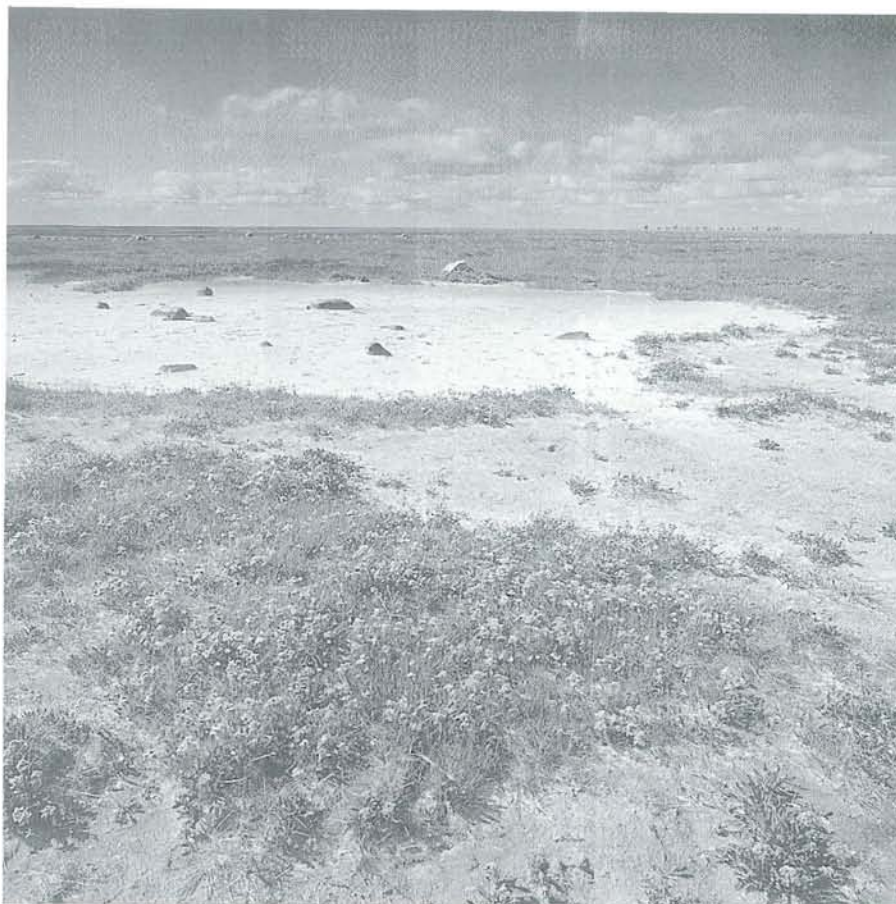


Fig. 37. Saltpande i hvidt sand omgivet af hindebæger-enge. Saltpanden er udtørret pga. årstiden (september 1995). På de lidt mørkere sparsomt bevoksede sandflader vokser en smule kveller. Kringelrøn.

Foto: Peter Moors.

som leder vandet ind over og ud fra engene, og som i lange perioder kan være tørlagte, kan også karakteriseres som et vekselalint kummer-element i landskabet, idet saliniteten kan variere mellem havvands og omtrent ferskt vands salinitet (se fig. 32). Dertil kommer, at loerne kan være både vanddækkede og udtørrede i længere perioder, hvorfor plantelivet i disse området er begrænset til mikroskopiske opportunist (diatoméer o.l.) i selve sandbunden.

Tilsvarende kan *fjærernes sandflader* (Kort I) karakteriseres som naturlige, vekselaline kummer-landskaber.

Fjærernes vekslen mellem langvarig oversvømmelse af havet og langvarig tørlægning, hvor endog skift mellem oversvømmelse, sandfygning og infiltration af regnvand kan finde sted, skaber et landskab, som kun giver plads til de allermest hårdføre, laverestående arter eller opportunist (diatoméer, trådformede alger, encellede dyr), der kan opformeres på kort tid. Af synligt, mere udbredt liv er det således kun værd at nævne slikkrebsen, som hurtigt kan opformeres, når vilkårene tillader det. Rastende trækfugle kan forekomme i større antal, men næppe som fouragerende.

Sandets overflade kan stedvist være løst sammenkittet af mikroskopiske alger, men en egentlig algemåtte dannes ikke (se Hansen 1977 fig. 5). Begrænsede dele af fjærerne, især Bovet på Læsøs sydøstside, ligger dog så lavt, at områderne kun tørlægges i ganske korte perioder. I disse områder kan der på mindre arealer over nogle år forekomme en væsentlig højere biologisk aktivitet med bl.a. tætsiddende sandorm og andre nedgravede dyr, f.eks. sandmusling og hjertemusling, men under ekstreme, langvarige lavvander - måske med flere års mellemrum - kan også disse faunaer forsvinde.

Omløjningslandskaber

Langs Læsøs nordvest- og nordkyst og langs Østerbyhalvøens østkyst, hvor havet blotlægger erosionsklinter langs strandbredden, eller hvor bølgeslaget friholder strandbredden for vegetation, har vinden frit spil for sandfygning. Resultatet er, at der stort set langs hele strækningen findes en mere eller mindre veludviklet række af *kystklitter* umiddelbart indenfor de både erosions- og transportdominerede kyster (fig. 36).

Fig. 38. Vinterforsumpningshede på Langerøns vestende. Vegetationen består helt overvejende af hedelyng. Bemærk lyngens tue-agtige karakter, der skyldes at landskabet tidligere har været en tue-eng, men nu er hævet så meget at engmyren er forsvundet. Arealet græsses om sommeren af kvier, hvorfor mængden af bjergfyr, birk og andre træer er ringe i dette område.
Foto: Peter Moors.



I denne velkendte form for landskab sker der fra tid til anden en omlejring af klitsandet, idet klitterne på erosionskysterne følger med indover øen i takt med kysterosionen. Langs Læsøs tilvækstkyster synes kystklitterne også at blive nedbrudt, efterhånden som kystlinien rykker udefter, idet der ikke synes at forekomme gamle kystklitter af nævneværdig betydning langs de gamle kystlinier. Klitterne omlejres derfor aktivt, og resultatet er, at kun de få plantearter som f.eks. hjælme og marehalm, der er tilpasset sandflugtens velsorterede og derfor stærkt permeable mineraljord og den stadige omlejring af sandet, kan overleve.

Böcher (1941, 1952 og 1969b) har beskrevet vegetationen i sådanne landskaber på Syrodden, Bløden Hale og på Knotterne. Undersøgelserne viser en relativt rig og stærkt zoneret vegetation, som han bl.a. forklarer med tilstedeværelsen af store mågekolonier (fuglegødning) og gødsning med ilanddrevet tang. Det i denne sammenhæng centrale er, at selv om omlejningslandskabet i en periode kan rumme en relativt rig, zoneret vegetation, så vil denne fra tid til anden blive sat kraftigt eller helt tilbage, når klitsandet omlejres.

Den ekstreme, langvarige tilstands naturlige kummerlandskaber

Den ekstreme, mere varige tilstands kummerlandskaber er først og fremmest karakteriseret ved enten overskud på salt eller mangel på næringssalte i henholdsvis salte og ferske miljøer. De ekstreme vilkår kan yderligere uddybes af årligt tilbagevendende begivenheder, f.eks. forsumpning i vinterhalvåret, som sætter vegetationen tilbage.

Ferske, næringsfattige landskaber, der minder om de læsøske, er vidt udbredt i andre dele af landet. F.eks. er de jyske heder, hedemoser, højmoser og indsander ('grå klitter') eksempler på sådanne kummerlandskaber. De ikke menneskeskabte læsøske varianter heraf langs sydkysten, i Kærene og på Syrodden adskiller sig biologisk set ikke i afgørende grad fra de jyske og nordsjællandske (se Odgaard 1994, Böcher 1941a,b, 1952 og 1969b), men grundvandsforholdene og jordbundsudviklingen er anderledes, og dannelseshistorien er typisk meget kortere. Således påviser Odgaard (1994), at de menneskeskabte, vestjyske heder begyndte at opstå i deres nuværende skikkelse for ca. 4.000 år siden. De ikke-menneskeskabte vinter-

Fig. 40. Strandvoldsslette af barrierer og laguner fra jernalderen - nu udviklet som lynghede, porshede og rørskov. I baggrunden en gammel barriere, der er tilgroet med birk og bjergfyr. I forgrunden ses en begyndende tilgroning af lyngheden med birk som følge af, at arealet ikke har været græsset i en årrække. Munkemosen. Kærene. Foto: Peter Moors.



vand lige akkurat så dybtliggende, at saltlagen ikke svider vegetationen af.

Vinterforsumpningshede og birkeskov

På Læsø findes en karakteristisk og ikke andre steder særlig udbredt form for kummerlandskab, der har visse lighedstræk med de jyske 'fattigkær' og heder. På Læsø er disse landskabstyper udviklet på hævede fjærer og på strandvoldssletter, hvor grundvandet står tæt under overfladen. Da grundvandsspejlet typisk stiger op mod en meter i vinterhalvåret, vil der normalt ske en årligt tilbagevendende forsumpning, som kun et fåtal af hedens almindelige arter kan tåle.

I modsætning til de jyske heder og hedemoser er der ikke ud over kalkudvaskningen sket nogen synlig podsolering af jordbunden under Læsøs heder og kær, ligesom mængden af (bevaret) mor og tørv er minimal. Som heder betragtet er både landskaberne og de ferske grundvandsforhold opstået så sent, at eventuelle mor- og tørvedannelser næppe har været særlig tykke, inden de formentlig er blevet gravet væk i løbet af mid-

delalderen (se side 57). På grund af jordbundens forholdsvist ringe alder og dermed formentlig en ringe podsoleringsgrad må det antages, at næringsfattigheden er knap så udtalt som på jyske heder.

Landskabsformen må antages hovedsagelig at skyldes den årlige vinterforsumpning, hvor grundvandet på de fladeste arealer fra oktober til april normalt står i terrænhøjde eller derover, mens grundvandet kun under strandvolde og småklitter kan ligge mere end et spadestik under terræn. Vegetationen i de vådeste dele minder således om de jyske, såkaldte 'hedevældsmoser', se f.eks. Böcher (1970).

På læsøsk omtales landskabsformen som en 'sig' (se Espegaard 1980), der beskriver en 'sig' som en "lav, flad strækning, især mellem rimmerne i Nordmarken; her var der græs om sommeren og vand om vinteren". Efter Ordbog over Det Danske Sprog er en 'sig' bl.a. en "mindre lavning i terrænet, der i fugtige perioder er fyldt med vand, og hvor jorden derfor er sur, så der ikke kan gro korn; lille sø, som undertiden er udtørret".

På Langerøn, den østlige del af Kringelrøn, de højeste dele af Færøn og dele af Hornfiskrøn findes en vidt

udbredt landskabstype (fig. 38), der bedst kan forklares som resultat af en arealmæssigt udbredt, årligt tilbagevendende vinterforsumpning. Disse *vinterforsumpningsheder*, der ikke tidligere er beskrevet, ligger typisk i en højde på 1–2 meter over havet og har en nuværende udstrækning på ca. 560 ha, mens arealet, før opdyrkningen af dele af Rønnerne fandt sted, udgjorde mindst 730 ha (se tabel 1). Disse områders vegetation består i overvejende grad af hedelyng, pors og græsser (se også afsnittet 'Fjæretilgroning med strandengenes plantebælter' side 36).

I et så lavtliggende og stort areal uden vandløb og med topografiske forskelle på højst ca. 1 meter er grundvandsstanden snævert knyttet til de årstidsbestemte variationer i nedbør og fordampning. Forsumpning om vinteren er en naturlig følge.

Også her sker der en nutidig invasion på de højestliggende arealer af bjergfyr, som dog holdes nede ved omfattende landskabspleje. På de tidligere og lidt højereliggende hedearealer i Stoklund er der på et betydeligt areal (ca. 500 ha) siden 1950'erne sket en næsten fuldstændig tilvoksning af denne hedetype med især bjergfyr og birk, således at dette område idag udgør et omtrent sammenhængende og ufrøkommeligt krat. Hedearealerne er derfor kun bevaret i en bræmme mellem strandengene og kratskoven. Bevarelsen af den sidste rest hede må her antages at være betinget af en særlig kraftig vinterforsumpning, idet landskabspleje (rydning af bjergfyr m.m.) ikke finder sted i dette område.

På Hornfiskrøn ses et mere naturligt resultat af vinterforsumpningen, idet de naturligt hjemmehørende birkearter her har nået at brede sig, inden bjergfyrren spredte sig over Rønnerne. På Hornfiskrøns højere dele er der således siden 1950'erne opstået en næsten ren *birkeskov* (Holm 1975) på mere end 50 ha (se tabel 1), hvor de tætstående birkestammer i vinterhalvåret for det meste står i klart vand.

I Kærene og på Syrodden er hedens landskabsformer (fig. 39 og 38) udviklet på strandvoldssletter som et system af 'rimmer og dopper' (på læsøsk 'rimmer og siger') med lynghede på rimmerne og *lobeliekær*, *rørskove* og *porsheder* i dopperne. Kærenes vegetation er såvidt vides ikke nærmere beskrevet (se dog Odgaard i Andersen & al. 1983 og side 25), mens Böcher (1941 og 1952) har beskrevet den kystnæreste del af vegetationen på Syroddes heder.

I Kærenes laveste dele forekommer således udbredte områder med *lobelie-kær* og *rørskove* (fig. 39). Mellem rørskovene og lynghederne findes normalt sumpe heder ('sig'), der domineres af pors og tuer af blåtop. De højstliggende partier af tidligere tiders - nu hævede - krumodder og barriere-øer domineres af hedelyng, revling, bævreasp, birk og en nutidig invasion af bjergfyr (fig. 40). Lignende forhold ses på Syrodden, idet større rørskove dog ikke forekommer her.

Hvornår landskaber som disse er opstået vides ikke med sikkerhed. Kærene opstod som kystzone (men

næppe som lynghede og kær) i sen bronzealder eller tidlig jernalder. Det kan derfor ikke udelukkes, at Kærene delvis har været skovklædte og tørvefyldte, inden saltsydningens skovhugst og middelalderens koncentrationsagerbrug havde fjernet de fleste af Læsøs skovarealer og andre forekomster af organisk stof (morlag og tørv).

Menneskeskabte kummerlandskaber

Skovryddede arealer - saltsydningens påvirkning

Der er ikke tvivl om, at saltsydningen fra 1300-tallets begyndelse, hvor den første 'Procurator Capituli' i ca. 1320 udsendtes til Læsø som domkapitlets skatteinddriver (Friis 1928), og frem til 1700-tallet har haft en afgørende indflydelse på skovhugsten. Alene landgildet til domkapitlet androg i den fra historiske kilder bedst belyste periode mindst 54 læster salt årligt, svarende til ca. 100 ton tørt salt. Dertil kom andre saltafgifter, som f.eks. 'kapitelsalt', 'fogedsalt' og 'helligsalt', der kunne være mindst lige så store som landgildet for f.eks. opnåelse af tilladelse til giftermål og andre forhold, som krævede øvrighedens tilladelse. Beboerne har sandsynligvis også haft en betydelig privat produktion, der er blevet afsat udenom domkapitlet til en række handelsmænd, som fra det meste af Nordeuropa kom til Læsø for at købe salt (Vellev 1991b, 1993, Friis 1928).

At saltproduktionen har været en meget væsentlig indtægtskilde for den undenøjs øvrighed fremgår af en lang række skriftlige kilder, der bl.a. beretter om rivninger under Valdemar Sejrs mellem Vitskøl kloster og Viborg domkapitel om retten til 'Vor Frue Land'. Striden bilagdes formelt på kirkeforsamlingen i Lyon i 1274, men Viborg domkapitel fik ved køb først fuld besiddelse af øen i 1320. Men striden ville ikke lægge sig, og dronning Margrethe I forsøgte at forlige parterne, da sagen igen var på nippet til at blive indbragt for paven. Så sent som i 1523 var Børglum-bispen Stygge Krumpen ikke tilfreds. Den 7. oktober 1523 lyste han derfor Læsø og Viborg domkapitel i band ved opslag på kirkedøren i Byrum, hvilken bandlysning Viborg-bispen dog straks aflyste. Først længe efter reformationen, hvor indtægterne begyndte at vige p.g.a. brændselsmangel, kølnedes øvrighedens interesse for Læsø (Friis 1928).

Så sent som i 1952 betalte sognerådet i Byrum for sidste gang saltskat til Viborg Katedralskole - nutidens efterkommer af det katolske domkapitel. Dermed ophørte Danmarks længstvarende, ubrudte afgiftsbetaling, som indtil da havde stået på i henved 800 år (Vellev 1991a).

Således kan det fastslås, at saltproduktionen frem til begyndelsen af 1600-tallet har været en så betydelig indtægtskilde, at rigets mægtigste har villet strides indædt om den. Forsigtigt kan det anslås, at produktionen har været i størrelsesordenen 200–500 ton pr.

år. Løseligt kan det anslås, at den nødvendige mængde brænde til inddampning af saltlagen har været adskillige tusinde rummeter årligt - nok til at skoven efterhånden forsvandt.

Men også svenskekrigene har sandsynligvis sat sig spor i skovhugsten. Det menes således (Johansen & Remmer 1968), at selv om Læsø-boerne søgte at beskytte den sidste rest af fyrreskov i Nordmarken, da sandflugten for alvor begyndte at true øen, blev den skovet af svenske tropper under en af svenskekrigene mellem 1643 og 1660.

Tørveryddede arealer - koncentrationsagerbrugets påvirkning

En lige så vigtig indvirkning som skovrydningen har den omfattende gravning af lyngtørv ('flæktørv') ganske givet haft for sandflugtens betydelige omfang. Således udvikledes på Læsø et 'koncentrationsagerbrug' (Stoklund 1986), hvor endog meget store mængder organisk materiale må antages at være blevet tilført indmarken fra udmarken (Nordmarken).

'Flæktørv' gravedes i Nordmarken og andre udmarker og blev anvendt til 'hakkemøg', idet hedens morlag over store arealer blev gravet op og komposteret sammen med husdyrgødning (Stoklund 1986 og 1990). Flæktørven blev lagt op i en stor firkantet bunke ('pold') 'på størrelse med en stue' ved siden af gårdens mødding. Fra denne pold af hakkemøg hakkede bønderne så en slags tørvestrøelse, som lag for lag blev komposteret sammen med husdyrgødningen. Hakkemøget blev først 'kogt sammen' ved at lade 'polden' af hakkemøg ligge et halvt års tid. Når møddingen var kørt ud om foråret, lagdes derpå et nyt lag hakkemøg i bunden af møddingen. Derover blev lagt et lag møg og derover igen et lag hakkemøg. Og så fremdeles.

Gravningen af lyngen og dens morlag på Læsøs heder fandt sted helt frem til 1950'erne. I løbet af middelalderen er gravningen sandsynligvis blevet mere og mere omfattende, efterhånden som agerbruget har bredt sig på det sydlige Læsø. Espegaard (1978) beskriver, hvordan kvinderne i 1800-tallet og begyndelsen af 1900-tallet havde besvær med at finde egnede steder til denne gravning af lyngtørv, fordi der kunne være langt mellem steder, hvor der var dannet ny brun tørvejord. Det kan således løseligt anslås på basis af Stoklunds (1986) og Espegaards (1978) oplysninger om tørvegravningen, at hvert af Læsøs småbrug i 1800-tallet har gravet mindst ca. 250 m² flæktørv til hakkemøg svarende til 10-15 læs. Det må således antages, at der hvert år i 1800-tallet på Læsø er gravet mindst 10-15 hektar lyngtørv. Med en regenerationstid på mindst 100 år har denne gravning således løbende efterladt et areal på mindst 10-15 km² med kummerlig sandjord.

1800-tallets tørvegravning, som kendes fra Læsøs historiske kilder, vedrører imidlertid kun 'vedligeholdelsesdriften' af eksisterende marker. Hvor store mængder tørv, der har skullet anvendes ved anlæg-

ning af nye marker har etnograferne fået indtryk af gennem studier af bonden Morten Andersens nøjagtige dagbogsoptegnelser over gravningen af tørv til anlægning af markmøddinger (se bl.a. Stoklund 1986). Morten Andersen boede i Volstrup ved Sæby, men Læsø-bøndernes koncentrationsagerbrug har næppe adskilt sig afgørende fra Morten Andersens. I året 1848 anvendte Morten Andersen i alt 444 læs lyngtørv, mor, græstørv og dynd fra udmarken til blanding med 230 læs ko- og hestemøg samt aske- og svinekompost. Morten Andersen har således på kun ét år opgravet det organiske stof i et udmarkareal på rundt regnet 1 hektar.

Det er derfor rimeligt at antage, at bortgravning af morlag, tørv og dynd under Læsøs opdyrkning i middelalderen har efterladt store vegetationsløse sandflader i udmarkerne, således at vinden har kunnet få fat og give anledning til sandflugt. Navnene på de to store indsander, Vestre og Østre Foldgård, antages af Stoklund (1984) at have med denne gravning af 'flæktørv' at gøre, idet det analoge vendsysselske navn 'foldtørv' antages at have været brugt, før det yngre ord 'hakkemøg' vandt frem (Stoklund 1984).

Læsøs nuværende mangel på morlag og almindelig sumptørv i Kærene kan skyldes denne gravning af flæktørv og andet organisk materiale. I Kærene forekommer der således en mængde gamle, udviskede hjulspor og hulvejslignede spor, som forlængst er gået af brug, og som det kan være svært at se nogen trafikal mening i, med mindre de har været brugt under en eventuel tørvegravning. Sporene går ofte på tværs af rimmerne, hvilket har været en meget besværlig måde at lade sig transportere på, med mindre formålet med sporene har været at komme ned i selve kærene for at grave tørv. Hvornår en sådan tørvegravning kan have fundet sted, vides ikke. Der er så vidt vides ikke mundtlige overleveringer om en sådan tørvegravning, og skriftlige kilder mangler tilsyneladende også.

Flere geobotanikere (Jens Stockmarr, Bent Aaby og Bent Odgaard, personlig meddelelse) og jeg selv har søgt efter tørveforekomster i Kærene, men har kun fundet en lille smule længst mod nord på strandterrasse B. Denne tørv er fra bronzealderens slutning. Det er derfor min arbejdshypotese, at der har været tørv i Kærene, men at den er bortgravet på et tidligt tidspunkt under Læsøs opdyrkning.

I hvert fald synes der på et tidspunkt at være opstået en sådan mangel på arealer, hvor man kunne skaffe organisk materiale til 'hakkemøg', at man er begyndt at grave såkaldt 'hugne' tørv på strandengene. Især på Kringelrøn ses furene efter denne gravning af græstørv endnu tydeligt mange steder på arealer, der næppe har været land før i slutningen af 1800-tallet. Hvor man anvendte 'hugne' tørv som 'hakkemøg', måtte man have to 'polder' af hakkemøg, fordi græstørven fra strandengene skulle stå længere og 'koge sammen' (se Stoklund 1990).



Fig. 41 a,b. a) Klitruin-landskab med lav-hede på klitruinens erosionsside og lynghele på klittens oprindelige fod. På afblæsningsfladen øverst til venstre sker der en begyndende tilgroning med birk og bjergfyr. b) Klitruin med en bevoksning, der domineres af laver, især rensdyr-lav, og en smule revling. På afblæsningsfladen til højre findes en bevoksning af især hedelyng, revling og gråris, mens afblæsningsfladen i baggrunden domineres af birk. Vestre Foldgård, Nordmarken. Foto: Peter Moors.

Sandflugtsarealer og menneskeskabte heder

Et katastrofalt resultat af skovhugsten og gravningen af 'flæktørn' m.m. til jordforbedring må antages at være den betydelige sandflugt, som kulminerede i årene 1667-77, hvor den nordlige del af Læsø blev til en sandørken. Uomtviseligt er det i hvert fald, at sognet og landsbyen Hals mellem Byrum og Østerby sandede til, og at Hals Kirke blev opgivet og nedrevet i midten af 1700-tallet. Disse år under 'den lille istid' var også præget af hyppige storme (jvf. Clemmensen & al., i trykken), hvilket sandsynligvis har været medvirkende til, at sandflugten fik det betydelige omfang, som den fik.

Gennem de følgende 2 århundreder var Læsø derefter så godt som skovløs. Endnu i 1920'erne kunne beboerne fra de tængede lengers flade rygninger i klart vejr undersøge brændingszonen øen rundt for strandinger (Friis 1928). Dette gav bl.a. anledning til udviklingen af en tidlig, folkelig telegrafi, længe før den civile telegrafi opstod andre steder i landet. Ved hjælp af gårdenes fløjstager (flagstænger med vindfløje) kunne man ved at hejse kurve og flag op i fløjstagen sende meddelelse over hele øen om væsentlige eller mindre væsentlige begivenheder og ønsker - f.eks. om stranding, postbådens ankomst eller meddelelse til hyrdedrengene ude på Rønnerne, om hvad de skulle gøre (Christensen 1987).

Frem til klitplantningen, som indledtes i begyndelsen

af 1900-tallet, havde Læsø flere store, aktive *indsander* og *vandreklitter*, der analogt med de naturlige kystklitter kan karakteriseres som et menneskeskabt omlejringslandskab. Sandflugten i slutningen af 1600-tallet og begyndelsen 1700-tallet skabte således Højsande på Læsøs nordlige del. Højsande består af to sammentatte klitområder, Vestre og Østre Foldgård. Dertil kommer en række større og mindre flyvesandsområder mellem Byrum og Østerby.

Sandflugten skyldtes formentlig også den klimaforværring, som på samme tid skabte indsander og kystsander andre steder i Nordvesteuropa, bl.a. langs den jyske vestkyst, på Skagens Odde og i Nordsjælland (Lamb 1984). Ifølge Clemmensen & al. (i trykken) er indsander som f.eks. de midtjyske adskilt fra kysten af områder uden flyvesand, hvorfor de læsøske indsander bedst kan betegnes som 'kystsander'. På Læsø antages sandflugten at have hærget i henved 3 århundreder frem til begyndelsen af 1900-tallet (se f.eks. Johansen & Remmer 1968, Friis 1928, Grüner Nielsen 1924 og Bing 1802).

I begyndelsen har disse indsander og vandreklitter været nøgne sandmiler eller klitter med en sparsom vegetation af marehalm og hjælme, således som det fremgår af gamle fotografier og beskrivelser. At kun klitfoden har været bevokset fremgår af, at der næsten overalt på Læsøs nordlige del findes lave *klitruiner* (fig. 41). Herved forstår jeg mere eller mindre ringformede og på toppen ofte skarpkantede volde af flyvesand på max. 2 meters højde. Disse ringvolde er anta-



Fig. 42 a, b. Lav-, lyng- og sandskægshede på skov- og tørveryddet og afblæst slette af strandbredsvolde. a) Strandbredsvold med en stenbestrøning på overfladen. Strandbredsvoldens ryg domineres af lav og sandskæg, mens voldens flanker bevokses af hedelyng og revling. b) Strandbredsvold med bevoksning af hedelyng, revling og tuer af rensdyr-lav. Bemærk de flade sten i forgrunden til venstre. Syd for Store Dal. Foto: Peter Moors.

gelig opstået ved, at kun den nederste del af indsanderne klitter på et tidligt tidspunkt i klittens historie har været sammenhængende bevokset. Herved har vinden ikke kunnet fjerne klitfoden, mens klittens nøgne top og indre har været udsat for erosion, indtil erosionen er nået ned til den mere grovkornede strandvoldsslette eller grundvandet. Resultatet er udbredte landskaber af lave klitruiner og afblæsningsflader mellem 'foldgårdene' klitrækker og mange andre steder i de nuværende nåletræsplantager.

Böcher (1969b) beskriver en forholdsvis divers vegetation i lignede, men betydeligt større, aktive 'vindbrud' i Højsandes nu sammenhængende bevoksede klitter. Disse vindbrud er væsentligt mere markante, men langt mindre udbredt end de lave klitruiner. Vindbrud karakteriseres af en 'hedeø' i midten, omgivet af bart sand, lavhede og udenfor vindbruddet af en hedevegetation med lyng og revling. Den forstyrrelse som vindbruddene udgør skaber med andre ord en relativ høj biodiversitet, således som Odgaard (1994) påviser, at også menneskeskabte forstyrrelser på den vestjyske hede kan give en højere biodiversitet.

De ikke mere aktive klitruiner i Højsandes inderlavninger og andre steder, er oftest noget anderledes bevokset. I de ikke tilplantede arealer mellem Nordmarkens plantager bevokses klitruinernes skråninger især af hedelyng, rensdyrlav, andre laver, på skyggesiden ofte af mosser og er mange steder erobret af bjergfyr. Inderlavningen har i de ikke tilplantede arealer

oftest en naturlig bevoksning af birk, røn, gråris, pors og mosebølle. Læsøs eftertragtede kantarellokaliteter er i det fleste tilfælde knyttet til disse klitruiner.

Hvor indsanderne er bevaret, dvs. som Højsandes to 'foldgårde', er klitterne nu enten tilplantet med bjergfyr eller gået over i 'den grå klits stade', således som denne landskabsform kendes fra især Skagens Odde og er beskrevet af bl.a. Böcher (1969b).

Sandflugten skabte endvidere en række *afblæsningsflader*, hvor eventuel tilbageværende muld og finere materialer blæste væk. Sådanne landskaber er ikke mere aktive, men kan studeres i stabiliserede udgaver i Kridemands Dal ved Banstens Bakke og langs det meste af Læsøs nordkyst fra Holtemmen til Hornex Odde (fig. 42).

Et ejendommeligt træk ved disse nu stabiliserede afblæsningsflader langs nordkysten er forekomsten af en stenbestrøning med helt flade sten. Stedvist kan de flade sten dække det meste af overfladen. Stenene er svagt vindpolerede, og de fladeste sten er typisk gnejser og andre folierede bjergarter. Böcher (1970) angiver, at skyggetemperaturer ved jordoverfladen på over 50 grader C er almindelige på lignende rensdyrlavheder med spredt lyng, og at nattefrost er almindelig til frem mod midten af juni.

Det er derfor sandsynligt, at forekomsten af de mange flade sten kan forklares som forårsaget af denne hede-types store daglige temperaturudsving ved jordoverfladen. Herved kan især folierede sten 'exfoliere', dvs.

flække langs foliationsplanerne og blive til skiveformede, 'smørebrætlignende' sten.

Idag er sandflugten på afblæsningsfladerne minimal. Afblæsningsfladerne er blevet til heder med spredt hedelyng, revling og sandskæg og med store sammenhængende flader med rensdyrlav og andre laver mellem hedelyngens mere spredte dværgbuske.

På de skov- og tørveryddede, delvis tilsandede dele af nordøen, 'Nordmarken', opstod derpå en vidt udbredt *lyng- og græshede* på størstedelen af strækningen mellem Vesterø og Østerby omkring vandrekliitterne og de aktive afblæsningsflader. Bing (1802) beretter her at have set talrige gamle fyrrestubbe blive fritlagt af sandfygning, og at der overalt fremspirede små fyrretræer, som dog straks blev ædt af kreaturerne. Denne observation er således en væsentlig kilde til forståelsen af den lyng- og græshede, som udgjorde 'Nordmarken' gennem 1700-tallet og frem til klitplantningen i dette århundrede.

Den primære årsag til hedens dannelse må antages at være den almindelige vegetationsudvikling, som fandt sted på afblæsningsfladerne efter middelalderens rovdrift på nordøens fyrreskove. Hedens forbliven i ca. 200 år, efter at sandflugten var dæmpet som følge af klimaforbedringen efter 'den lille istid', må antages at være en fortsat, men moderat gravning af lyngtørv frem til 1900-tallet samt det kreaturhold af især får og køer, som afgræssede de ikke tilplantede arealer endnu frem til omkring 1950.

Idag er disse lyng- og græsheder skrumpet ind til mindre lyngheder her og der, idet de få områder, som ikke er tilplantet, forlængst er invaderet af bjergfyr, birk og andre træarter, der især siden 1960'erne har erobret det meste af heden og gjort den til en kratskov af bjergfyr og birk.

En del af disse naturområder, især i Højsandes 'foldgårde' plejes idag af skovdistriktet, idet de fleste selvsåede træer med undtagelse af fritstående birke- og enetræer ryddes, således at arealerne fremstår som en landskabeligt smuk, men menneskeskabt 'naturpark' af birk, eg, indført skovfyr og ene på en bund af især hedelyng, pors, gråris, mosebølle og blåtop.

Strandniveau-, landskabs- og vegetationsforskydning

Strandforskydningen bevirker, at ikke alene stedernes højde over havet og dermed den marine påvirkning af stederne ændres, men også at grundvandsforholdene og jordens indhold af næringssalte undergår tilsvarende forandringer. Dette vil alt andet lige medføre, at der i takt med strandforskydningen sker en tilsvarende forskydning af stedernes egenskaber som habitater for en naturlig vegetation.

Med mindre strandforskydningen sker så langsomt,

at der uafhængigt heraf sker en selvstændig jordbundsudvikling, må man forvente, at strandforskydningen resulterer i en tilsvarende forskydning af landskabets vegetationstyper. Dette forudsætter, at den økologiske balance mellem plantearterne på et givet sted først og fremmest tilpasser stedets stadig mere ferske og mindre marint påvirkede vilkår (allo-økologisk tilpasning, se side 61) og ikke ændres hurtigere som følge af plantesamfundets modning og tilpasning til sig selv (auto-økologisk tilpasning). Den menneskeskabte arealanvendelse må ligeledes forventes at blive forskudt i takt med de nye muligheder og udfordringer, som strandforskydningen betinger. Også dette forudsætter, at andre forhold (som f.eks. ejendomsret, tradition, fredning m.m.) ikke forhindrer en sådan tilpasning af arealanvendelsen til de ændrede vilkår. Den opdyrkning af ca. 168 hektar af de enestående vinterforsumpningsheder på Langerøn, det østlige Kringelrøn og en del af Hornfiskrøn (se tabel 1), som fandt sted efter 1960'erne, er et (naturhistorisk og arkæologisk beklageligt!) udtryk for lokal humanøkologisk tilpasning til landets almindelige økonomiske forhold.

Klima-, jordbunds- og salinitetsudvikling

De ydre forhold, der udover de lokale økologiske og humane tilpasninger kunne tænkes at påvirke den lokale landskabs- og vegetationsudvikling i højere grad end strandforskydningen, vedrører primært klimaet, hydrografen omkring Læsø, jordbundens almindelige beskaffenhed og jordbundsudviklingen.

For så vidt angår klimaudviklingen er der givetvis sket en række regionale udsving, mens Læsø har været til, bl.a. under 'den lille istid' for 300–500 år siden (Lamb 1984). Således er det en almindelig antagelse, at sandflugten på Vestkysten, Skagens Odde og i Nordsjælland i 1500- og 1600-tallet primært skyldtes en kombination af klimaforværringen og manglende vedligeholdelse af skovene (jvf. Clemmensen & al., i trykken, og Fritzbojer 1995).

Med hensyn til de hydrografiske forhold tyder mikropalæontologiske undersøgelser af borekærner i Kattegat (Nordberg 1989 og 1991) på, at der er sket relativt markante ændringer for ca. 4.000 år siden. Således konkluderer Nordberg (1989), at det nuværende oceanografiske to-lagssystem med relativt ferskt overfladevand og normalsalt bundvand først opstår omkring 4.000 år før nu. Dette indebærer også, at de nuværende hydrografiske forhold omkring Læsø i de overordnede træk svarer til de forhold, som har eksisteret under udviklingen af Læsøs vegetationstyper.

Med hensyn til jordbundens ændring er der ikke sket en væsentlig synlig udvikling i form af podsolering, tørvedannelse eller dannelse af morlag. Kun kalkudvaskning kan konstateres i videre omfang på Læsøs ældste dele (strandterrasse A-C), idet marine skaller ikke mere findes her. I den transportdominerede

kysttilvæksts landskaber har der givetvis været mange kalkskaller af både mollusker og foraminiferer, da strandvoldene blev aflejret, men gennemslivende regnvand har åbenbart haft tid nok til at opløse dem (se Michelsen 1967 og boreprofiler af Bahnson 1986). Når der heller ikke findes større mængder af marine skaller i den landhævningsdominerede kysttilvæksts landskaber på Læsøs lavereliggende og yngre dele (strandterrasse D-H), skyldes dette næppe kalkudvaskning, da jorden fortsat er kalkholdig, men at store dele af disse områder er hævede 'ørkner' af sandfjærer, som de fleste steder næppe har haft en muslingefauna.

Med hensyn til variationerne i jordbundens øvrige beskaftethed er den overordnede forskel mellem areaerne stort set kun knyttet til sandets kornstørrelse samt de små topografiske forskelle mellem 'rimmer' og 'dopper'. Udenfor de flyvesandsprægede områder er den afgørende forskel, om arealet ligger på transport- eller landhævningsdominerede kysttilvækststyper. Således er sandet klart grovere i den transportdominerede kysttilvæksts landskaber. Dette fremgår bl.a. af, at praktisk taget alle arealer, som har været opdyrket før hedeopdyrkningen indledtes i begyndelsen af århundredet, stort set alle ligger på den landhævningsdominerede kysttilvæksts landskaber (se Hansen 1994a fig. 8, Stoklund 1980). Der er således ikke tvivl om, at landbruget i helt overvejende grad er knyttet til den landhævningsdominerede kysttilvæksts landskaber.

'Auto- og allo-økologisk' vegetationsudvikling

I landskaber, som kun ændres umådeligt langsomt som følge af f.eks. jordbundsudviklingen, vil vegetationsudviklingen helt overvejende være styret af plantearternes tilpasning til hinanden og habitatens relativt varige tilstand. En sådan vegetationsudvikling kan efter min opfattelse bedst karakteriseres som *auto-økologisk*. Denne form for vegetationsudvikling kan primært beskrives som en modning og stabiliseret afstemning af konkurrencen mellem plantesamfundets arter. En auto-økologisk vegetationsudvikling fører således til en stadig højere grad af specialisering og tilpasning, såfremt habitatet er stabil og ikke er udsat for en væsentlig ydre, hastig udvikling. Hver art tilkæmper sig sin nøje tilmålte økologisk niche. De enkelte arter kan, som det bl.a. kendes fra skovtræerne, endog udvikle helt lokale varieteter, der kun kan trives på netop det sted, hvor varieteten er opstået.

Danmarks almindelige og naturlige vegetationsudvikling gennem ca. 10.000 år fra varmeperioden efter afslutningen af Yngre Dryas-tid kan således opfattes som en overvejende auto-økologisk rækkefølge af skovtyper, der i udyrkede arealer eller mindre påvirkede skove mange steder har overlevet helt frem til nutiden.

Den glidende overgang mellem skovtyper, der domineres af først birk og fyr, siden hassel, elm og lind og slutteligt af eg i Vestjylland og bøg i Østjylland

og på Øerne (se f.eks. Iversen 1967) er et klart eksempel på en sådan auto-økologisk udviklingsrække.

I modsætning til Danmarks almindelige skovudvikling efter Yngre Dryas har Læsøs vegetationstyper udviklet sig ganske anderledes hurtigt. Dette er primært sket som følge af landhævnningen, dvs. som følge af en ydre, naturlig påvirkning. Vurderer vi således vegetationsudviklingen på de sidste 1.000 års strandlinier, kan det umiddelbart konstateres f.eks. på Rønnerne og i tilgrænsende naturområder, at vegetationstypen først og fremmest er bestemt af områdernes nuværende højde over havet, mens de samme områder for få århundreder eller for blot nogle åreder siden havde en ganske anden vegetation (se side 36).

En sådan vegetationszonering er derfor primært styret af ikke-biologiske ændringer af landskabets fysiske tilstand og dermed af landskabets egenskaber som habitat. En sådan vegetationszonering, der primært styres af ydre, fysiske (geologiske, naturgeografiske, hydrologiske, klimatiske m.m.) ændringer, vil jeg foreslå, at man kalder en *allo-økologisk vegetationsudvikling* og den resulterende udvikling af landskabs- og vegetationszoner for en *allo-økologisk vegetationszonering*.

Især gennem de sidste 2.000 år har Læsøs strandforskydning været så hastig (2–5 mm/år), at mængden af andre ydre faktorer, som i væsentlig grad har påvirket de enkelte steder kan identificeres som nogle få særligt vigtige forhold.

Det er således rimeligt at antage, at følgende 4 auto- og allo-økologiske forhold er helt dominerende for udviklingen af Læsøs naturarealer:

Auto-økologiske forhold:

1. Arealets oprindelse som enten tilhørende den transport- eller den landhævningsdominerede kysttilvæksts landskabsformer,
2. Forekomst af flyvesand og klitter

Allo-økologiske forhold:

3. Den relative landhævnings og de deraf følgende ændringer i den marine påvirkning, grundvandsforholdene og jordbundsudviklingen
4. Menneskeskabt påvirkning såsom skovrydning, tørvrydning, pløjning, græsning, dræning, gødskning, læ- og klitplantning m.m.

Det er derfor også rimeligt at antage, at økologisk tilpassede plantesamfund på naturarealer udenfor de sandflugtsramte og tørvryddede strækninger i det store og hele er blevet forskudt og modnet som respons på landhævnningen, dvs. at vegetationen primært er allo-økologisk tilpasset. Dette sker med rod i vegetations-typer, som i udgangspunktet er bestemt af, om arealet oprindeligt har ligget på en transportdomineret og relativt eksponeret kyst, eller om arealet oprindeligt har ligget på en landhævningsdomineret tilgroningskyst.

Det udviklingshistoriske aspekt heraf kan naturligvis kun bekræftes ved konkrete undersøgelser, f.eks. ved pollenanalyser af de pågældende områder. Sådanne er endnu kun udført sporadisk, og der foreligger ikke publicerede resultater.

Som bl.a. plantebælterne på Hornfiskrøn viser (se Kort II) er der naturligvis ikke skarpe grænser mellem den ene og den anden vegetationszone. Plantebælterne vil alt efter selv ubetydelige topografiske forskelle flette sig ind i hinanden og skabe glidende overgange fra den ene vegetationszone til den næste. Kun mellem arealer, hvorimellem der er markante, gamle kystskrænter kan der være lige så markante grænser mellem vegetationszoner, som tilhører hver sin udviklingsrække. Dette er bl.a. tilfældet på overgangen mellem strandterrasse B og C, hvor Kærenes hedevegetation brat går over i 'Svinehavens' skovvegetation.

Med hensyn til *den landhævningsdominerede kysttilvæksts landskaber* viser den successive fordeling af områder med gamle saltsyderier på strandterrasse E, F og G (se Kort I og fig. 10), at disse arealer med stor sandsynlighed oprindeligt har været strandenge meget lig de nuværende hindebæger-enge og vegetationssløse saltpander på Rønnerne og andre steder langs Læsøs sydkyster.

Den naturlige udvikling af disse landskabers vegetation er beskrevet ovenfor (se side 36 og 48). Der foreligger en righoldig litteratur om lignende områders vegetation andre steder i Danmark. Vegetationen i disse områder svarer omtrent til vegetationen på de yngste dele af Læsø (se Mikkelsen 1949 og 1969). Landskabsudviklingen kan i omtrent urørt form og stort set upåvirket af klit- og læplantningen ses på dele af Hornfiskrøn (Holm 1975), dvs. på strandterrasse G-H, på strækningen mellem Bovet og Langerøns Flod (strandterrasse F-H) og på Rønnerne (strandterrasse G-H).

I takt med landhævnningen må disse områder derfor antages at have udviklet sig fra strandenge med saltpander til vinterforsumpningsheder og birkeskov (se side 36), inden arealerne mange steder blev opdyrket. Den ældste del af den landhævningsdominerede kysttilvæksts landskaber (strandterrasse D) er således stort set overalt opdyrket, tilplantet (eller tilsandet omkring Hals kirkeruin). Således er 'havernes' gamle jorddiger for det meste beliggende på strandterrasse D.

På strandterrasse D er der derfor ingen urørt vegetationstype bevaret frem til nutiden, således at vi direkte kan iagttage, hvordan vegetationsudviklingen vil forløbe i de mere modne stadier. Løvblandingsskoven i Lunden, som almindeligvis anses for at være forholdsvis urørt, ligger imidlertid på strandterrasse C nær overgangen mellem strandterrasse C og D, hvorfor det også med nogen rimelighed kan antages, at den rene birkeskov (som findes på Hornfiskerøn på strandterrasse E) i takt med landhævnningen vil gå over i en løvblandingsskov omtrent som den kendes fra Lunden. Lunden (eller 'Storskoven') domineres af eg, birk, el, ask og tjørn med en betydelig del 'caprifolium'

samt en skovbund af anemone eller i de lyseste dele med en tæt skovbund af liden skjaller.

Naturskoven i 'Svinehaven' på strandterrasse C umiddelbart sydfor Kærene er mere sumpet og derfor mere præget af bl.a. el og birk end Lunden. Svinehaven er kendt for forekomsten af en skovbund med kongebregne (fredet), som anses for at være et originalt element i Læsøs skovvegetation.

Med hensyn til *den transportdominerede kysttilvæksts landskaber* viser de stort set urørte landskaber på den østlige del af Østerby-halvøen, i landskabet indenfor Stokken og muligvis i Kærene, hvorledes vegetations typerne fordeler sig under forskellige højde- og aldersforhold (se side 25 og 30). Vegetationen på nogle af disse arealer er bl.a. beskrevet af Böcher (1941, 1952, 1969a og 1970). Tidsmæssigt dækker disse arealer det meste af Læsøs strandforskydning med undtagelse af de ældste stadier (strandterrasse A-B), som nu er enten tilplantet eller dækket af flyvesand - eller begge dele.

Om disse ældste arealer ved vi imidlertid fra bl.a. Bings (1802) og andres iagttagelser (se side 56-60), at den naturlige vegetation højst sandsynligt har været den oprindelige danske fyrreskov, der som det sidste sted i Danmark blev udryddet på Læsø i 1700-tallet.

Landskabernes 'allo-økologiske' forskydningstakt

Hastigheden, hvormed disse allo-økologiske forskydninger af landskabstyperne finder sted, og dermed hastigheden for vegetationstypernes allo-økologiske tilpasning, kan anslås ud fra strandliniernes aldersforhold, bevoksningstyperne og afstanden til kysten. Således er strandlinien under de ældste udviklingstrin for den landhævningsdominerede kysttilvæksts vegetationstyper ca. 2.000 år gammel. Med en bredde på 4-6 km for denne udviklingsserie af vegetationstyper betyder det, at der årligt må antages at ske en forskydning på gennemsnitligt 2-3 meter ud mod havet af de enkelte vegetationsbælter. Tilsvarende, men mere springvist p.g.r.a. topografien, kan det meget enkelt beregnes, at den transportdominerede kysttilvæksts vegetationstyper vil forskydes med omtrent samme hast.

Da terrænets gradient er størst på de ældste dele af de pågældende arealer og mindst i de næværende kystnære arealer, må landskabs- og vegetationsforskydningen antages at ville ske med en hast på ca. 5 m pr. år ved kysten, svarende til den hast hvormed Læsøs sydkyst gennemsnitligt forskydes sydovert (se side 6). Dvs. forskydningshastigheder, som ikke er uvæsentlige for forvaltningen af de mange fredede og på anden måde beskyttede arealer langs Læsøs hastigt foranderlige sydvest-, syd- og sydøstkyster.

Udtrykt på en anden måde betyder det, at med en landhævnning på ca. 5 mm/år må det antages, at de



Fig. 39. Lobelie-kær med åkander. Kæret er dannet som en lagune i jernalderen, men er nu en lavvandet ferskvandssø. Billedet er taget fra en gammel barrieres ('rimmes') landværts side ind mod en lidt ældre barrieres noget skarpere havværts side. Kæret antages at have været tørvefyldt og tilgroet, men under Læsøs bosættelse og opdyrkning i middelalderen er tørven formentlig opgravet og anvendt til jordforbedring. På den gamle barriere i baggrunden ('rimmen') ses en bevoksning med pors (i søkanten), birk, bjergfyr og bævreasp på en bund af hede-lyng. Birkemosen, Kærene.
Foto: Peter Moors.

forsumpningsheder på bl.a. Langerøn, Kringelrøn, Færøn, Hornfiskrøn og Syrodde er imidlertid højst 500 år gamle.

Endnu mere markant er de saline landskaber, saltpanderne, et unikt læsøsk fænomen, hvor der året rundt forekommer stærkt saltholdigt grundvand. Dannelsen af disse saltpander hænger nøje sammen med Læsøs helt specielle geologiske, naturgeografiske og klimatiske forhold. Lignende forhold findes så vidt vides ikke beskrevet fra andre tempererede kystegne.

Hypersaline landskaber (saltpander)

Hovedparten af Rønnernes ubevoksede arealer (se Kort II, tabel 1, tabel 2 og fig. 37) kan karakteriseres som saltpander, dvs. områder med hypersaline forhold, idet jord- og grundvandet er mere salint end havvandet. I disse saltpander er vilkårene så ekstreme, at der for det meste intet synligt liv forefindes. Eventuelt kan tynde måtter af blågrønalger udgøre en temporær 'vegetation'. Under længerevarende tørlægning kan der udkrystallisere sig et pudderagtigt lag af salt på top-

pen af sandet, eller der kan dannes saltsammenkittede skorper i de øverste få mm af sandet. Det er åbenbart, at hverken blomsterplanter, græsser eller stedfaste dyr kan leve i dette miljø.

Adskillelsen af disse områder fra vekselsaline loer og andre vegetationsløse vandhuller kan være vanskelig uden at analysere prøver af grundvandet. I de områder, der er nærmere undersøgt, er der en klar tendens til, at saltpanderne er væsentligt bredere og med et mere uregelmæssigt omrids end de vekselsaline, vegetationsløse loer og 'floder'.

Recente saltpander er indtil videre konstateret på Kringelrøns vestlige og sydlige dele, på Færøns østlige del og på Hornfiskrøn. Dertil kommer kyststrækningerne mellem Færøn og Sdr. Nyland og mellem Langerøn og Bovet, hvor saltpander formentlig også forekommer.

På Rønnerne udgør arealet af de hypersaline kummerlandskaber 50–100 ha (jvf. tabel 1). Arealets størrelse kan ikke umiddelbart bestemmes nærmere uden en detaljeret kortlægning, idet arealer med hypersalint grundvand er mange gange større end selve saltpandernes areal. De fleste steder er det hypersaline grund-

nuværende hindebæger-enge, som ligger i en højde på 25–55 cm over havet, indenfor en periode på ca. 60 år overalt vil have udviklet sig til tue-enge. Tilsvarende vil tue-engene, som ligger i højder på 55–100 cm over havet overalt blive omdannet til vinterforsumpningshede på ca. 70 år.

En helt tilsvarende udvikling kan mere direkte iagttages for hastigheden hvormed Vester Nyland på ca. 70 år er omdannet fra en barriere-ø meget lig Stokken til det nuværende hedeområde indenfor Stokken, samtidig med at det bagvedliggende havområde er blevet til Kirkefloden med dens bevoksning af især star, siv og kæruld.

Kapitel 4:

Kyst- og landskabstypernes udviklingsrækker

Læsøs kystudvikling præges af to vidt forskellige typer af kystdannede processer: 1) Transportdomineret kysttilvækst omkring øens ældste stadier og frem til nutiden også omkring øens vest- og østender samt 2) landhævningsdomineret kysttilvækst i øens senere stadier især langs sydkysten.

Af disse er de transportdominerede kysttyper velkendt fra kyster mange andre steder i verden. Men på Læsø er denne form for marint forland opstået ud fra en hævet, marin flakdannelse, og ikke - som alle andre beskrevne forlande udenfor de stærkt tidevandsprægede kyster - ud fra en ældre kerne af genetisk fremmedartede landskaber. Læsøs oprindelige kerne er således hævede marine sandlag, som har udgjort et undersøisk sandflak, og som er kommet oven vande ved et samspil mellem den regionale isostasi, lokale tektoniske bevægelser og muligvis også ved gasbetingede processer i den underliggende lerplatform. Herved har kystdannende processer kunnet tage udgangspunkt i dette hævede sandflaks aflejringer, som efter en lang overgangsfase, hvor det undersøiske sandflaks størrelse, materialer og form er blevet hhv. reduceret, stabiliseret og tilpasset det nye 'oversøiske' miljø.

I endnu højere grad er den senere landhævningsdominerede kysttilvæksts specielle geologi og landskabsformer et læsøsk fænomen, som så vidt vides ikke er beskrevet fra andre steder i verden. Denne form for kysttilvækst formodes primært at være betinget af den konglomeratbeskyttede lerplatforms hastige hævnings. Strandforskydningen på Læsøs sydlige del må således antages at være øget i de sidste 3.000 år fra ca. 2 mm/år til ca. 5 mm/år i nutiden. En sådan *tiltagende strandforskydning* forekommer så vidt vides ikke i andre tidligere nedisede områder. Den tiltagende landhævnings må således antages at være den primære årsag til den landhævningsdominerede kysttilvækst, som præger Læsøs udvikling gennem de sidste 2.000 år.

Kystudviklingens hovedforløb (Kort I)

Den transportdominerede kysttilvækst tager udgangspunkt i en konkordant strandvoldstilvækst (strandbredsvolde), som efterhånden stabiliserer en tilbagebleven erosionsrest af det hævede marine sandflak, der som følge af landhævnningen begyndte at dukke op af havet for ca. 5.000 år siden. Dette sker i flere tempi i yngre stenalder, hvor en sælfangerkultur (grubekeramikkerne) fra tid til anden tager den i lange perioder over svømmede flak-ø i brug.

Sandsynligvis først i bronzealderens slutning er det hævede, eroderede og tilpassede sandflak blevet tilstrækkeligt stabiliseret af tætliggende, konkordante, stenede strandbredsvolde, således at Læsø herefter fremstår som en mere varig flak-ø. De konkordante strandbredsvolde, der omkranser Læsøs ældste 'oversøiske' stadium, kan derfor opfattes som resultat af en kystudligning, der tilpasser det hævede sandflaks undersøisk udviklede former og materialer, således at den opdukkende ø's form, kystmaterialer og størrelse gennem mindst 700 år eroderes, omformes og slutteligt stabiliseres i det nye 'oversøiske' miljø.

I takt med, at landhævnningen eksponerer nye områder på havbunden for erosion, sker der en fornyet materialetilførsel, der resulterer i et kompleks af krumodder og deraf dannede barrierer og tangelignende dannelser på øens sydvestside. Denne form for kystudvikling med dannelse af barriere-øer og bagvedliggende strandsøer (laguner) finder sted fra bronzealderens slutning og fortsætter helt frem til nutiden. Herved dannes Kærenes 'rimmer' og nuværende hedomoser ('sig') og derefter landskaberne på hele strækningen mellem Kærene og ud til den nuværende barriere-ø, Stokken, på Læsøs sydvesthjørne.

På øens nordside sker der overvejende erosion, idet der dog i det meste af perioden frem til nutiden gradvist dannes et vinkelforland (Hornex Odde) indenfor en beskyttende stengrund.

En tilpasning af Læsøs ældre og umodne forlande omkring det hævede sandflak resulterer i, at der omtrent samtidig med dannelsen af Kærene vokser en stor retodde ud i havet nord for stedet, hvor Østerby Havn nu ligger. Denne retoddedannelse sker formentlig i overensstemmelse med datidens vindvirkeresultant og resulterer i, at Læsøs østende omkring år 0 både i form og størrelse kommer til at ligne det nuværende Anholt.

I takt med at der syd for øen som følge af landhævnningen nu opstår nye lavvandede havområder, hvor bølgerne påny kan erodere lerplatformen, kommer disse områder til at fungere som kildeområder for sedimenttilførsel. Herved udvikles retoddens sydkyst og østligste ende med stenede strande samtidig med, at odden gradvist eroderes helt igennem fra nord. Således udgør retoddens oprindelige sydkyster hele landskabet omkring Østerby, hvor selv de nordligste strandvolde er gamle sydkyster.

Denne udvikling fortsætter i en kompleks halvødannelse. Syd for det vinkelforland, som gradvist kom-

mer til at udgøre Østerby-halvøens nordøsthjørne (Syrødde), dannes en serie af 4 barriere lignende fed med bagvedliggende vige. Først dannes et barriere lignende fed og en vig syd for Østerby, dernæst et fed ved Evbakken og en vig vest herfor. Derpå dannes feddet Bløden Hale og den bagved liggende vig, Bløden. I nutiden vokser der fra Bløden Hales sydende et nyt stort barriere lignende fed ud fra Bløden Hale og øst om Knotterne.

I Læsøs seneste stadier sker en begyndende dragdannelse på revet mellem Læsø og Ndr. Rønner. Fra den op til 8 meter høje klit i nordkystens hævede marine lag begyndte der i dette århundredes begyndelse at ske en hastig kysttilvækst ved Holtemmen. Herfra og ud over revets østside er der således på få år opbygget en fedlignende barriere og i forlængelse heraf en serie af små barriere-øer.

Ved den landhævningsdominerede kysttilvækst, der præger Læsøs sydkyster, sker der først en hård- og fladbunds dannelse ved flakabrasion på mindre end 6 meter vand, typisk på ca. 3 meter vand. Herved dannes bl.a. et erosionsresistent residualkonglomerat på toppen af den lerplatform, som Læsø ligger på. Residualkonglomeratet består til dels af stenblokke af betydelige dimensioner, således at de store sten utallige steder stikker ovenud af sandet over residualkonglomeratet.

Derefter sker der i et betydeligt areal en dannelse af ekstremt plane sandfjærer på toppen af lerplatformen, efterhånden som platformen p.g.a. af landhævnningen nærmer sig havniveauet. Således er højdeforskellene i et fjæreatal på ca. 90 km² mindre end 40 cm i mere end 90% af arealet. På disse vidtstrakte fjærer, der i nutiden omkranser Læsø mod sydvest, syd og sydøst som et 3-5 km bredt bælte af periodisk tørlagte sandflader, sker der en hastig tilgroning med strandengenes plantebælter. Dette sker ved en almindelig tilgroning af hovedøens sydkyst og ved, at der i hastig rækkefølge opstår græsholme omkring issammenstuede stenrøser på selve sandfjæren.

Ved sammengroning af græsholmene indbyrdes og ved sammengroning med hovedøen dannes herved Læsøs særegne strandenge, Rønnerne, og i tidligere tid lignende arealer, som nu er udviklet til andre landskabstyper.

På strandengene dannes der en mængde loer som følge af periodiske, vindstuvningsbestemte oversvømmelser. Ved de periodiske oversvømmelser sker der en tilførsel og nedsivning af saltholdigt vand. P.g.a. Læsøs tørre klima, engplanternes fysiologiske evne til at tåle og udskille salt, osmotiske effekter i lerplatformen og ikke mindst p.g.a. den underliggende særdeles lav-permeable lerplatform kan der stedvis på disse strandenge ske en akkumulation af hypersalint grundvand med en saltkoncentration på 10-15%.

Helt tilsvarende forhold må antages at have været baggrunden for den intensive saltsydning, som i henved 400 år fra 1300-tallet eller tidligere og til 1700-

tallet fandt sted længere inde på Læsø. Saltsydningen medførte en total omdannelse af den oprindeligt skovklædt ø til en 'stormomsust ødemark', således som Læsø fremstod i en ca. 300 år lang periode fra ca. 1650 til 1950.

På grund af klit- og læplantningen, som indledtes i dette århundredes begyndelse, og som omkring 1950 resulterede i de første plantager og hegn af nogenlunde lægivende træhøjde, er Læsø nu atter en skovklædt og læfyldt ø. Ikke alene plantagerne udgør betydelige skovarealer, men også betydelige arealer af tidligere lyng- og græshede er sprunget i skov, således at mere end 1/3 Læsøs samlede areal idag må betegnes som skov.

Landskabs- og vegetationsudviklingens hovedforløb (Kort II)

Såvel de kystdannende som de øvrige, naturlige landskabsdannende processer udgør en række udviklinger, som trin for trin afløser hinanden i takt med landhævnningen og de deraf følgende ændringer af især grundvandets salinitet og dybdeforhold. De derved opståede naturlandskaber kan opfattes som en naturlig, allo-økologisk udviklingsrække (se side 61): Nærmest kysten findes kummerlandskaber, hvor der sker en ustadig påvirkning af salte og ferske eller våde og tørre forhold. Længere inde findes mere stabile landskabstyper, hvor især vinterforsumpningens hede- og kratlandskaber danner overgangen til mere diverse og modne skovlandskaber - eller til dyrkede arealer.

Udenfor de flyvesandpåvirkede områder giver strandforskydningen anledning til to udviklingsrækker af landskabs- og vegetationstyper: en udviklingsrække på de landhævningsdominerede tilgroningskyster og en udviklingsrække på de transportdominerede og mere eksponerede kysttyper. Dertil kommer en udviklingsrække af naturlandskaber i de tidligere stærkt menneskepåvirkede områder.

Disse tre udviklingsrækker beskrives i det følgende i tilsyneladende omvendt orden, idet der tages udgangspunkt i de områder, der er mindst påvirket af menneskers aktivitet, dvs. de yngste naturlandskaber. Herved kan de naturlige udviklinger bedre identificeres og danne grundlag for en sontring mellem landskabernes naturlige og menneskeskabte træk.

Udviklingsrækken på den landhævningsdominerede kysttype

Denne naturlige succession af vegetationstyper på den *hævningsdominerede kysttilvæksts* landskaber, hvor terrænets topografiske variation er minimal, omfatter følgende naturlige udviklingsrække på de gradvist hævede sandfjærer:

Vekselsaline kummerlandskaber:

1. Ubevoksede sandfjærer med dyb og strømrender
2. Hindebæger-enge med loer, saltpander og selektiv fersk- og brakvandsdræning
3. Tue-enge

Vinterforsumpningslandskaber:

4. Vinterforsumpningsheder
5. Birkeskov

'Foreløbigt slutlandskab':

(6.Løvblandingsskov).

Efter klitplantningens introduktion af især bjergfyr, har denne og andre indførte fyrrearter bredt sig over store arealer på det meste af øen. Den naturlige landskabsudvikling fra og med vinterforsumpningsheden og den naturlige birkeskov, som kan ses i omtrent urørt natur på dele af Hornfiskrøn, kan imidlertid ikke mere studeres på højereliggende, urørte arealer p.g.a. den kraftige invasion af den indførte bjergfyr. Således er betydelige naturarealer især langs sydøst- og sydvestkysten, på Østerby-halvøen og i Kærenes nordlige del udviklet til næsten ufremkommelige kratskove af især flerstammet bjergfyr og birk m.m.

Med det foreliggende spinkle historiske kendskab til de mere sene stadier af skovudviklingen på den sydlige del af øen kan der kun gisnes om, at den forholdsvis upåvirkede, rene birkeskov (som endnu kan ses på Hornfiskrøn) i takt med landhævningen er blevet afløst af den form for løvblandingsskov, som i middelalderen sandsynligvis har karakteriseret dele af det sydlige Læsø, og som menes at være bevaret i Lunden nord for Byrum (se side 62).

Således kan anlæggelsen af 'haver' i middelalderen og senere (Stoklund 1980) i hele det område, som således skulle have været dækket af løvblandingsskov, med en vis rimelighed anses for at være hovedårsagen til, at naturskov stort set ikke mere forekommer i den landhævningsdominerede kysttilvæksts landskaber.

Udviklingsrækken på den transportdominerede kysttype

På den *transportdominerede kysttilvæksts* landskaber, som de fleste steder er ældre end de landhævningsdominerede kyster, kan landskabsudviklingen være mere fremskreden end på de landhævningsdominerede kystdannelser. Endvidere er landskabsudviklingen på de transportdominerede kystdannelser præget af større topografiske variationer og af større variationer i jordbundens beskaffenhed end på de hævningssdominerede kystdannelser. Dette giver - udenfor de erosionspåvirkede kysttyper - anledning til følgende naturlige udviklingsrække af landskabs- og vegetationstyper:

Omløjringens kummerlandskaber:

1. Strandbred og strandbredsvolde med strandvegetation
2. Strandvolde, krumodder, barriere-øer, tanger og fed med klitter og kystklitvegetation o.l.

Vekselsaline kummerlandskaber:

3. Afspærrede strandsøer med sivskov, star og kæruld bag barriere-øer og tanger - eller bugter med strandenge bag fed

Partielle forsumpningslandskaber:

4. Strandvoldssletter med lyng- og græshede på rimmerne og lobeliekær, rørskove eller porsheder i dopperne
5. Strandvoldssletter med lyngheide og lunde af bævre-asp, birk og eg eller (taks- og) fyrreskov på rimmerne og med porsheder, lyng- og græsheder eller birkeskov i dopperne

'Slutlandskab':

(6. Strandvoldssletter med skov domineret af skovfyr).

Med til denne udviklingsrække hører i forhistorisk tid utvivlsomt en skovtype med en betydelig forekomst af taks. Således er der fundet en stor procentdel takspollen i en gytje (1.710 år f.Kr.) i strandvoldslandskabet på 'toppen' af Læsø (se side 22). Endvidere er jernalderhavnen ved Østerby (640 e.Kr.) bygget af taks-stolper (Lysdahl 1985). Endelig ligger der på strandlinierne fra omkring 1.000 e.Kr. en gård og en 'have' med navne, der er afledt af det oldnordiske navn 'id' eller 'i' for taks (Irumgård og Irum Have, se Espegaard 1980).

Sarmaja-Korjonen & al. (1991) har analyseret samspillet mellem human indflydelse i jernalderen og udbredelsen af taks på Ålandsøerne. De finder, at taks indvandrer straks landet er hævet over havet, og at taksens hyppighed igen reduceres kraftigt eller helt forsvinder, så snart området er taget i brug af mennesker.

Baggrunden for taksens hurtige indvandring er formentlig dens forkærlighed for oceanisk påvirkning. Når udbredelsen reduceres ved landets ibrugtagning, sættes dette i forbindelse med flere forhold: Taks er giftig for køer og heste, hvorfor man sandsynligvis har søgt at fjerne taks fra græsningskove. Derimod tåles taks af både får og hjorte, som med forkærlighed æder dens bløde nåle og spæde planter. Taks var endvidere et vigtigt gavntre, som navnlig blev brugt til buer.

Indikationer på forekomst af taks tyder således på, at taksen har været hyppig til omkring 1.000 år e.Kr., og at Læsø således først er blevet tættere befolket omkring dette tidspunkt. Forekomst af kristtorn anses ofte som en lignende indikation på oceanisk påvirkning (se f.eks. Andersen 1994). På Læsø forekommer kun ganske få eksemplarer af (vild) kristtorn, hvorfor denne forekomst næppe kan tillægges videre betydning.

Læsøs stednavne tyder endvidere på forekomst af egeskov på den transportdominerede kysttype. Således er navnet på Jegens (næsset øst for Østerby Havn) afledt af 'eg' og 'næs' (Espegaard 1978).

Det sidste trin i udvikling af landskaberne på de transportdominerede kysttyper kan - ligesom taksens udbredelse - ikke studeres på nutidens Læsø. Men med det historiske kendskab til middelalderens skovfordeling, hvor skove af den oprindelige danske skovfyr dominerede Læsøs højeste (nordlige) i flere århundreder, efter at skovfyren var udryddet som skovdannede træ i det øvrige Danmark, kan det med rimelighed antages, at sluttrinnet for den transportdominerede kystlandskabs udvikling på Læsø netop var datidens skove af den læsøske varietet af skovfyr. Idag er de pågældende arealer for det meste tilplantet med nåleskov, herunder bl.a. forskellige varieteter af skovfyr, som er indført til Danmark fra udlandet.

Udviklingsrækken i de menneskeskabte kummerlandskaber

Parallelt med de ovennævnte naturlige landskabsudviklinger har Læsø været udsat for en *menneskeskabt udvikling* af andre former for naturlandskaber, idet skovhugsten under saltsydningen fra 1300- til 1700-tallet næsten fuldstændigt fjernede Læsøs naturskove. Det omfattende 'koncentrationsagerbrug' (se side 57) har ligeledes skabt gunstige vilkår for sandflugten, som i slutningen af 1600-tallet omdannede store dele af øen til en sandørken. Herved opstod - paradoksalt nok - en ny succesion af naturlandskaber, der ligesom kystzonens landskaber i begyndelsen kan karakteriseres som kummerlandskaber, inden mere sammenhængende vegetationstyper finder fodfæste. Dette giver anledning til følgende succession af menneskeskabte naturarealer:

Omlæjringslandskaber:

1. Skovrydning, tørverydning og klimaforværring:
Stort set vegetationsløse afblæsningsflader og indsander opstår.
Andre steder henligger skovryddede strandvoldssletter, som bliver til heder.
2. Inden klitplantningen og under anvendelse af 'Nordmarken' til græsning og gravning af lyngtørv:
Afbæsningsflader med sandskægsheder.
Indsander med marehalm og hjælme.
Klitruin-landskaber med hjælme, lyng og lav.
Skov- og tørveryddede strandvoldssletter med lav-, lyng- og sandskægsheder. Sig med rørskov eller græs- og porsheder.

Læ- og klitplantningspåvirkede landskaber:

3. Efter klitplantningen og ophør af anvendelse af 'Nordmarken' til græsning og gravning af lyngtørv:
Rensdyrlav- og sandskægsheder med spredt lyng og revling på afblæsningsflader.
Indsander går over i 'den grå klits' stade.
Klitruin-landskaber gror til med lyng, lav, bjergfyr og mos på skrånningerne og lyng, gråris, fyr, birk og røn i inderlavningerne.
Lyng- og græsheder gror til med især bjerfyr og birk.

Den menneskeskabte landskabsudvikling præges naturligvis derudover i meget høj grad af det nordlige Læsøs nåletræsplantager og af den naturpleje som både omkring klitplantagerne og på Rønnernes forsumpningsheder er afgørende for disse arealers nuværende tilstand. Dertil kommer givetvis en græsningspåvirkning såvel på Rønnernes strandenge og lignende steder, hvor der gennem et betydeligt tidsrum har været en udbredt kviegræsning, ligesom de især senere års fårehold på Syrodde, Bløden Hale og andre steder givetvis også har en (tilsigtet) virkning på landskabs- og vegetationsudviklingen. Denne plejepåvirkning falder imidlertid uden for rammerne for denne artikel.

Balancen mellem lokale og regionale landskabstræk

Læsøs kyst-, landskabs- og vegetationsudvikling er udtryk for et komplekst samspil mellem en række geologiske, naturgeografiske, klimatiske, hydrografiske, biologiske og ikke mindst menneskeskabte påvirkninger. Hver for sig kan disse forhold karakteriseres som sammensat af unikke, lokale eller mere almene, regionale komponenter.

En identifikation af Læsøs mere unikke eller lokale landskabselementer må således tage udgangspunkt i de grundlæggende naturforhold og humane påvirkninger, som kun kan erkendes lokalt og specifikt. På basis heraf kan de regionalt mere udbredte landskabstyper indkredses og bidrage til en nærmere forståelse af de klimatiske, hydrografiske, vegetationsgeografiske og andre regionale forhold, som gennem de sidste 4.000 år har præget Kattegat - dvs. overgangsområdet mellem baltisk og atlantisk påvirkning (jf. Nordberg 1989 og 1991).

Lokale og regionale påvirkninger af nordøen

Dannelsen af Læsø som et flak-ø kompleks omkring en kerne af hævede, marine flakaflejringer er således et grundlæggende, ret enestående karaktertræk. Ganske vist forekommer væsentligt mindre flak-øer mange andre steder i Østersøen og Kattegat. Men fra andre steder i Europa kendes der ikke eksempler på en tilsvarende varieret udbygning af en lille, ikke tidevandspræget flak-ø til et så relativt stort flak-ø kompleks, hvor praktisk taget alle det marine forlands forskellige opbygningsformer er repræsenteret. Man kan således sige, at den samlede marine opbygningform i sin helhed (naturligvis) er enestående, men også at de enkelte landskabselementer forekommer mange andre steder både indenfor og udenfor Danmarks grænser.

Tilsyneladende upåvirkede naturarealer med eksempler på de forskellige marine, transportdominerede forlandstyper findes adskillige steder på Læsø. Især skal fremhæves strækningen bag nordstrandens kyst-

klint (strandbredsvalde), Kærene (krumodder, barrierer og tanger), Stokken (barriere-ø og lagune), Bansten Bakke (retodde), Hornex Odde (tvesidigt opbygget vinkelforland), Syrodde (ensidigt opbygget vinkelforland), Bløden Hale (fed og barrierelignede fed) og Holtemmen (begyndende dragdannelse).

De ovennævnte naturarealer er imidlertid kun upåvirkede i den forstand, at de ældre landskaber alle tidligere har været genstand for en massiv human udnyttelse i form af skovrydning og gravning af 'hakkemøg' m.m., og at de pågældende naturarealer først derefter har fået lov at henligge. Dertil kommer en stedvist mere eller mindre kraftig græsning, som fandt sted frem til midten af dette århundrede.

Nordøens naturarealer - også de mest 'urørte' og nu fredede naturarealer - er således primært forårsaget af middelalderens rovdrift på naturen.

Lokale og regionale påvirkninger af sydøen

Et helt unikt og grundlæggende naturforhold er imidlertid Læsøs tiltagende landhævning gennem især de sidste 2.000 år og den dertil knyttede landhævningsdominerede kysttilvækst på Læsøs sydlige del. Dannelsen af vidtstrakte sandfjærer på et konglomeratstabiliseret lerflak er et påfaldende og hidtil dårligt forstået fænomen, som - så vidt vides - ikke i samme målestok er beskrevet fra andre steder i verden.

Sandfjærene, som dækker et areal på ca. 90 km², og som ligger i et 3-5 km bredt bælte omkring Læsøs sydlige del er således et enestående, naturligt kummerlandskab - også på globalt plan. Måske netop derfor er denne 'ørken', hvor praktisk taget ingen stedfaste arter kan overleve den ustadige vekslen mellem månedlange oversvømmelser og ugelange tørlægninger, ikke hidtil forstået i den videnskabelige litteratur og i naturfredningen. Således udgør sandfjærene hovedparten af Danmarks næststørste fuglebeskyttelsesområde, uagtet at her praktisk taget intet spiseligt forekommer for fugle. Spisekamrene ligger længere ude og i fjærenes dyb (Alsdybet og Bovets Dyb).

På samme måde udgør nu hævende, tidligere sandfjærer unikke naturlandskaber. Dvs. det sydlige Læsøs områder med strandenge, vinterforsumpningsheder og birkeskov. Tilsyneladende analoger til disse områders vegetationstyper forekommer mange andre steder, men med baggrund i fundamentalt anderledes geologiske og hydrologiske forhold. De mest særprægede (unikke) af Læsøs landskaber er derfor knyttet til den landhævningsdominerede kysttilvæksts udviklingsrække af naturlandskaber.

Urørte og relativt urørte arealer med eksempler på den landhævningsdominerede kysttilvæksts unikke landskabstyper kan ses mange steder på Læsø. Især skal fremhæves hele det lavvandede område sydvest, syd og sydøst for Læsø (sandfjærer, dyb og løb), det vestlige Hornfiskrøn, Alsdyb Holme og det vestlige Kringelrøn, Færøn og strækningen herfra til Sdr.

Nyland (hindebægerenge, tueenge, saltpander og loer), det østlige Kringelrøn, Langerøn og dele af Hornfiskrøn (vinterforsumpningshede) og det midterste Hornfiskrøn (ren birkeskov).

De ovennævnte arealer er kun urørte i den forstand, at især strandengene, men også i et vist omfang vinterforsumpningshederne har været anvendt til og fortsat anvendes til sommergræsning med kvier og enkelte steder også med får. Områder med spor efter gravning af 'hugne' tørv er karakteristiske, men ikke dominerende menneskeskabte islet på strandengene. Derimod er forekomsten af hundreder af ruiner efter middelalderlige saltsyderier en væsentlig landskabsdannende faktor på navnlig Langerøn og Kringelrøns østlige del.

Lokale og regionale årsager til sandflugten

Nordøens kummerlandskaber er et vigtigt karaktertræk for Læsø. Dvs. de sandflugtskabte afblæsningsflader, indsanderne og landskaberne med klitruiner. Lignende landskaber findes dog mange andre steder i Vestjylland og på Skagens Odde, hvor den 'lille istid' og årtusinders hedelandbrug antages at have haft en væsentlig betydning for sandflugtens opståen.

Lignende landskabers opståen på Læsø må imidlertid antages primært at skyldes middelalderens omfattende skovrydning p.g.a. saltsydningen og en omfattende gravning af lyng- og græstørv til 'hakkemøg' gennem et betydeligt kortere tidsrum end i Vest- og Nordjylland. Det er ikke urimeligt at karakterisere dette jordbrug som en rovdrift, som næppe efterlod brændbart materiale eller dyrkbar jord på hovedparten af nordøen, og som havde en langt mere massiv karakter end jordbruget langs den jyske vestkyst.

Blandt de landskabstyper, som denne rovdrift fremkaldte, skal især fremhæves den afblæste strandvoldslette med en bestrøning af exfolierede, flade sten bag nordstrandens kystklint, Østre og Vestre Foldgårds 'grå klitter' og klitruinlandskaberne i foldgårdenes inderlavninger og omkring 'foldgårdene'. Andre betydelige arealer af denne type er idag tilplantet med Læsø Klitplantage.

De menneskeskabte kummerlandskaber (udenfor og mellem klitplantagerne) hører således og paradoxalt nok til de i nutiden mest urørte naturtyper på Læsø. Lige så paradoxalt er det, at disse menneskeskabte naturlandskaber er Læsøs ældste naturlandskaber (måske med undtagelse af Kærene), og at agerlandet ('haveerne') er det landskab, som er mindst ændret gennem tiden.

Baltisk prægede, oprindelige landskabselementer
Ovenstående opfattelse af forekomsten af lokale eller unikke landskabselementer og humane påvirkninger af naturlandskaberne peger på, at den naturlige, re-

gionale påvirkning helt overvejende skal søges i den transportdominerede kysttilvæksts landskaber. Blandt disse landskaber må det antages, at en betydelig del af strandvoldssletternes hedearealer er opstået relativt sent som følge af bl.a. human påvirkning i form af skovrydning, gravning af 'hakkemøg' o.l. og græsning.

De resterende landskabstyper, som kan bidrage med udsagn om regionens almindelige klimatiske og hydrografiske udvikling er således begrænset til Læsøs oprindelige (udryddede) fyrreskov, vegetationsudviklingen på sydvestøens yngste serie af barriere-øer og laguner samt vegetationsudviklingen på Østerby-halvøens yngre vinkelforland og feddannelser.

I sig selv er den transportdominerede kysttilvæksts opbygningsformer en klar indikation på en væsentlig baltisk indflydelse. Praktisk taget alle de indre farvandes velkendte opbygningsformer forekommer på Læsø, hvorimod de på Jyllands vestkyst dominerende opbygningsformer (marsk, vader, tidevandsskabte barriere-øer og fjordafspærrende landtanger) ikke forekommer. Læsø har således et dannelsesmæssigt fællesskab med de indre farvandes 'morænearkipel', uagtet at der mangler en 'moræneknold', hvorom Læsøs marine forland er dannet.

De tidlige opbygningsformer i Kærene kan dog have en vis lighed med Vestkystens tanger, men er betydeligt mindre og har større lighed med f.eks. opbygningsformerne omkring Sjælland. Endvidere har Læsøs form og størrelse omkring år 0 en slående lighed med Anholt's nuværende form og størrelse, hvilket klart peger på en opbygningsform, som er domineret af vindvirkersresultanten, og som ikke forekommer på Vestkysten. Læsøs senere udbygning med vinkelforlande og fed har en række lighedspunkter med kystudviklingen langs Sjællands og Fyns kyster og endnu sydligere i 'det danske morænearkipel'.

Når man søger at 'fratrække' de helt lokale naturforholds indvirkning og de massive humane påvirkninger, peger Læsøs transportdominerede kysttilvækst således på en klart baltisk præget udvikling gennem de sidste 4.000 år.

Baltisk prægede, oprindelige vegetationstyper

Som en tilsvarende indikation kan Læsøs oprindelige fyrreskov på den transportdominerede kysttilvæksts landskaber anses for at være et allo-økologisk, klart baltisk islæt i Læsøs natur. Den nuværende udbredelse af Europas fyrreskove mod øst peger på, at Læsøs fyrreskov har været en vestlig pendent til den svenske vestkysts skove af 'martall' (havfyrreskov, se Munch-Petersen & Hartmann 1954) i Bohus og Hallands Len og til de kystnære fyrreskove i Blekinge, på Østersøerne og på Østersøkysten fra Pommern over Polen, Lithauen, Letland til Estland og Finlands vestkyst.

Den formentlig store forekomst af taks i Læsøs ældste stadium og en vis forekomst til i hvert fald omkring 700 år e.Kr. tyder tilsvarende på en aftagende

atlantisk påvirkning gennem de sidste ca. 4.000 år. Taksens forsvinden kan imidlertid lige så godt udlægges som resultatet af en tiltagende human påvirkning fra jernalderen og fremefter, idet studier af taksens udbredelse andre steder i det baltiske område viser, at taksen her går stærkt tilbage, så snart de pågældende områder bliver bosat.

De sene opbygningsformer på den transportdominerede kyst - f.eks. Stokken og Bløden Hale, der ikke er videre humant påvirkede - har mange botaniske lighedspunkter med lignende mindre barriere-øer og fed i de indre farvande. Dette gælder bl.a. Ølsemagle Revle i Køge Bugt, hvis vegetation er grundigt beskrevet af Gravesen & Vestergaard (1969).

I den landhævningsdominerede kysttilvæksts landskaber kan den nuværende rene birkeskov på Hornfiskrøns ældre dele opfattes som et allo-økologisk, østligt (baltisk) islæt i Læsøs natur, men her som talrige andre steder trues den naturlige udvikling af den indførte bjergfyrs hastige fremmarsch. Ligeledes kan den oprindelige løv(?blandings)skov på Læsøs sydligedel anses for at være et allo-økologisk, baltisk træk. Disse skove blev ryddet ved anlæggelsen af Læsøs 'haver' og nuværende landbrugsland fra omkring år 1.000 e.Kr. eller senere.

Det atlantiske præg, som sydøens sandfjærer, strandenge og vinterforsumpningsheder kan give Læsø gennem en række tilsyneladende lighedspunkter med Vadehavets sandvader, marskegnenes strandenge og Vestjyllands heder, er som forklaret ovenfor overfladisk og udtryk for en helt lokal og til dels unik geologisk historie.

Konklusion

Læsøs landskaber kan af ovennævnte grunde opfattes som en fra naturens hånd helt overvejende baltisk præget kystzone. Imidlertid har især den massive humane påvirkning (rovdrift på skoven, på morlaget overalt på 'udmarkerne' og muligvis også på nu helt forsvundne tørveforkomster i Kærene) gjort nordøens jordbund mager og ufrugtbar ved 'koncentrationsagerbrug' til fordel for de dyrkede arealer på sydøen. Her ved har nordøens hedestrækninger fået en sekundær lighed med langt ældre, stærkt podsolerede hedestrækninger i bl.a. Nordvestjylland. I Nordvestjylland har Odgaard (1992 og 1994) påvist en langvarig, men noget mere skånsom anvendelse af heden ved græsning, lyngslæt og foryngelsesaffrænding.

På det nordlige Læsø har således mindre end 400 års rovdrift på naturen omskabt en allo-økologisk, baltisk kystfyrreskov til ufrugtbare heder og klitter, mens en lignende og mere klimastyret udvikling (se Andersen 1994) af Vest- og Nordvestjyllands heder har taget mere end 4.000 år (Odgaard 1994).

På sydøen har helt lokale, naturlige påvirkninger af vegetationen (især landhævning, salt grundvands-

dannelse og vinterforsumpning) tilsvarende givet Læsø en række overfladiske ligheder med de atlantisk prægede kummerlandskaber langs Jyllands vestkyst. Fjærerne er således ikke tidsvandsskabte sandvader som i Vadehavet, men unikt udviklede abrasionsflak, som andre steder i Norden kun kendes i langt mindre målestok fra de indre farvande og Østersøen. Strandene er således ikke tidevandspåvirkede marsk-områder, men er trods deres åbne beliggenhed mere sammenlignelige med strandene omkring f.eks. Isefjord. De lavtliggende heder på Langerøn, Kringelrøn og andre steder på sydøen er ikke sammenlignelige med de vestjyske heder, men er snarere unikke vinterforsumpningheder.

Således har store dele af sydøen gennem naturlige, geologiske processer fået en overfladisk lighed med de tidevandsprægede egne ud for Jyllands sydvestkyst, mens nordøen gennem massive menneskeskabte påvirkninger (skov- og tørverydning) og 'den lille istids' klimaforværring har fået en række sekundære fælles-træk med hede-, klit- og plantagelandskaberne i Vest- og Nordjylland.

Når disse ofte dominerende, tilsyneladende atlantiske træk undersøges nærmere, står det indtryk tilbage, at Læsøs nuværende, naturlige udvikling i bund og grund styres af geologiske, klimatiske og botaniske processer og forhold, som er karakteristiske for det baltiske område.

Tak

Jeg er seniorforsker Bent Odgaard, lektor Claus Heinberg, statsgeolog S. Th. Andersen, lektor Jørgen Nielsen, seniorrådgiver Jens Stockmarr, seniorforsker Naja Mikkelsen, forsker Klaus Hinsby og forsker Merete Binderup stor tak skyldig for frugtbare diskussioner og idéer. Ligeledes er jeg cand.scient. Frank Andreasen taknemlig for tilladelse til at anvende de afbildede radargrammer og for at have udført mange georadarundersøgelser, som han til dels selv har finansieret. Endvidere er jeg tekniker Leif Høegh, laborant Lasse Gudmundsson og kemiker Agnethe Thorvardarsson tak skyldig for analyser i felten og i laboratoriet. De ovennævnte takkes for den fritid og de kræfter, de indtil videre har brugt på mine 'Læsø-projekter'.

Grafisk assistance er ydet med stor entusiasme af medarbejdere i GEUS's tegnestue og fotolaboratorium. Læsø Kommune og 'saltsyderne' takkes for talrige oplysninger og praktisk bistand med opmålinger i felten. GEUS (og indtil juni 1995 DGU) har finansieret feltarbejde, analyser og korttrykning.

Tabel 3. I teksten er nævnt nedenstående karakterplanter og 'stedfaste' karakterdyr fra Læsø's forholdsvis urørte naturarealer. De nævnte plantnavne er i overensstemmelse med nomenklaturen hos Skytte Christiansen & Anthon (1958). Arterne er opført i alfabetisk orden efter deres latinske navn, mens det i teksten anvendte danske navn er anført i parentes:

Nuværende karakterplanter:

Agropyron repens (alm. kvik)
 Anemone nemorosa (hvid anemone)
 Alnus glutinosa (rød-el)
 Ammophila arenaria (højme)
 Armeria maritima (strand-engelskgræs)
 Artemisia maritima (strand-malurt)
 Atriplex hastata (spyd-mælde)
 Atriplex litoralis (strand-mælde)
 Betula verrucosa (vortebirk)
 Betula pubescens (dunbirk)
 Cakile maritima (strand-sennep)
 Calluna vulgaris (hedelyng)
 Cantharellus cibarius (kantarel)
 Carex spp. (star)
 Carex arenaria (sand-star)
 Cladonia spp. (renskyrlav)
 Corynephorus canescens (sandskæg)
 Crataegus monogyna (éngriflet tjørn)
 Drosera rotundifolia (rundbladet soldug)
 Elymus arenarius (marehalm)
 Empetrum nigrum (revling)
 Erica tetralix (klokkelyng)
 Eriophorum angustifolium (smalbladet kæruld)
 Euphorbia palustris (strand-vortemælk)
 Festuca rubra (rød svingel)
 Fraxinus excelsior (ask)
 Ilex aquifolium (kristtorn)
 Juncus spp. (siv)
 Juncus squarrosus (børste-siv)
 Juniperus communis (alm. ene)
 Ligusticum scoticum (skotsk lostilk)
 Limonium vulgare (tæt blomstret hindebæger)
 Lobelia dortmanna (tvepibet lobelie)
 Lonicera periclymenum (alm. gedeblad eller 'caprifolium')
 Lycopodium clavatum (alm. ulvefod)
 Lycopodium inundatum (liden ulvefod)
 Molinia coerulea (blåtop)
 Myrica gale (pors)
 Narthecium ossifragum (benbræk)
 Osmunda regalis (kongebregne)
 Oxycoccus quadripelatus (tranebær)
 Phragmites communis (tagrør)
 Pinguicula vulgaris (vibefedt)
 Pinus mugo var. mugus (flerstammet bjergfyr)
 Pinus mugo var. rostrata (énstammet bjergfyr)
 Pinus silvestris 'var. laesoensis'
 (kun 1 træ: Bangsbo-fyrren)
 Pirola rotundifolia (mose-vintergrøn)
 Populus tremula (bævreasp)
 Potentilla erecta (tormentil)

Puccinellia maritima (strand-annelsgræs)
 Quercus rubor (alm. eg)
 Ranunculus flammula (nedbøjet ranunkel)
 Ranunculus sceleratus (tigger-ranunkel)
 Rhinanthus minor (liden skjaller)
 Rumex maritimus (strand-skræppe)
 Salicornia herbacea (salturt)
 Salix repens ssp. arenaria (gråris)
 Salsola kali (sodaurt)
 Scirpus caespitosus (tue-kogleaks)
 Sorbus aucuparia (alm. røn)
 Statice (se Limonium vulgare)
 Suaeda maritima (strand-gåsefod)
 Ulmus glabra (skovelm)
 Utricularia sp. (blæserod)
 Vaccinium uliginosum (mosebølle)
 Zostera maritima (ålegræs)

Udryddede karakterplanter:

Pinus silvestris 'var. laesoensis' (Danmarks oprindelige skovfyr, der forsvandt som skovdannede træ fra det øvrige Danmark i forhistorisk tid, men bevarede som almindeligt skovdannende træ på Læsø til svenskekrigene omkr. 1650)
 Taxus baccata (taks)

Nuværende 'stedfaste' karakterdyr:

Arenicola marina (sandorm)
 Cardium edule (hjertermusling)
 Corophium volutator (slikkrebs)
 Hydrobia sp. (dyndsnegl)
 Lasius flavus (gul engmyre)
 Litorina litorea (strandsnegl)
 Mya arenaria (sandmusling)
 Mytilus edulis (blåmusling)

Fossile karakterdyr:

Arenicola marina (sandorm)
 Balanus balanus (rur)
 Balanus crenatus (rur)
 Cervus elaphus (kronhjort)
 Echinocardium cordatum (sømus)
 Macoma calcarea
 Mya arenaria (sandmusling)
 Mya truncata (but sandmusling)
 Mytilus edulis (blåmusling)
 Ostrea edule (østers)
 Physeter catodon (kaskelot)
 Saxicava arctica
 Zirphaea crispata (boremusling)

Litteratur- og kildehenvisninger

- Andersen, P., Gravesen, P. & Pedersen, K. M. 1983: Sommerkursus 1983 på Læsø. Dansk Natur-Dansk Skole, Årsskrift 1983, 53–67.
- Andersen, S. og Sjørring, S. (red.) 1992: Det nordlige Jylland. Geografforlaget, 'Geologisk set', 208 pp.
- Andersen, S. T. 1994: History of the terrestrial environment in the Quaternary of Denmark. Bulletin of the Geological Society of Denmark, 41(2), 219–228.
- Andersen, S. T. 1995: Kulturlandskabet i geologisk perspektiv. I: V. Etting (red.): På opdagelse i kulturlandskabet, 9–12. Gyldendal.
- Andreasen, F. 1986: Rapport over prospektering efter sten- og grusforekomster på Læsø. Fredningsstyrelsen, upubliceret rapport.
- Bahnson, H. 1986: Lithologisk undersøgelse af materiale fra seks boringer på Læsø. Danmarks Geologiske Undersøgelse, serie D, 6, 7–23.
- Bahnson, H., Knudsen, K. L. og Hansen, J. M. 1986: Bidrag til Læsøs geologi. Danmarks Geologiske Undersøgelse, Serie D, 6, 72 pp.
- Bak, F. 1995: - Men fjenden besatte ikke Læsø. Læsø-Posten d. 28/9-1995, 8–9.
- Berthelsen, A. 1974: Nogle forekomster af intrusivt moræner i NØ-Sjælland.- Dansk geologisk Forening, Årsskrift for 1973, 118–131.
- Binderup, M. & Frich, P. 1993: Sea-level variations, trends and cycles, Denmark 1890–1990: Proposal for a reinterpretation. Ann. Geophysicae, 11, 753–760.
- Bing, L. H. 1802: Fysisk og Oekonomisk Beskrivelse over Øen Læsø, beliggende i Categat under Hjørring Amt under Aalborg Stift. København 1802, 282 pp.
- Buttenschøn, J. & Thorning-Lund, F.: Vegetationsundersøgelser på Læsø skovparts græsningsarealer; rapport for undersøgelse i 1986, 1987 og 1988. Midtvejsrapport til Nordjyllands Skovdistrikt og Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd. 19 pp.
- Böcher, T. W. 1941a: Über die Flechtenheiden und Dünen der Insel Læsø. Danske Biologiske Skrifter, 2 (1).
- Böcher, T. W. 1941b: Vegetationen på Randbøl Hede. Det Kongelige Danske Videnskabskabernes Selskabs Biologiske Skrifter, 1 (3), 234 pp.
- Böcher, T. W. 1952: Lichen-Heaths and Plant Successions at Østerby on the Isle of Læsø in the Kattegat.- Danske Biologiske Skrifter, 7 (4).
- Böcher, T. W. 1969a: Strandvegetation. I: Arne Nørvang & Torben J. Meyer (red.): Kyst, Klit og Marsk. Danmarks Natur, 4, 205–222. Politikens Forlag.
- Böcher, T. W. 1969b: Klitvegetation. I: Arne Nørvang & Torben J. Meyer (red.): Kyst, Klit og Marsk. Danmarks Natur, 4, 252–293. Politikens Forlag.
- Böcher, T. W. 1970: Hedens vegetation og flora. I: Arne Nørvang & Torben J. Meyer (red.): Hede, overdrev og eng. Danmarks Natur, 7, 118–191. Politikens Forlag.
- Duun-Christensen, J. T. 1990: Langtidsvariationer af havspejlet ved de danske kyster. I: E. Buch & M. I. Sørensen (red.): Præsentationer ved 6. danske havforskermøde. Danmarks Miljøundersøgelser, faglig rapport nr. 4 (1990), 37–46.
- Carter, R. W. G. & Woodroffe, C. D. 1994 (red.): Coastal evolution. Late Quaternary shoreline morphodynamics, 517 pp. Cambridge University Press.
- Christensen, B. 1987: Læsø - som du var engang, 143 pp. S. A. L. Forlaget, Strandby.
- Christiansen, C., Møller, T. & Nielsen, J. 1985: Fluctuation in sea-level and associated morphological response: Examples from Denmark. Eiszeitalter und Gegenwart, 35, 89–108 pp.
- Clemmensen, L.B., Andreasen, F., Nielsen, S.T. & Sten E. (i trykken): The late Holocene dunefield at Vejers, Denmark. Characteristic sand budget and depositional dynamics. Geomorphology.
- Espegaard, A. 1978: Liv og sprog på svundne tiders Læsø. Bind I, 98 pp. Fiskeri- og Søfartsmuseets, Saltvandsakvariet, Esbjerg.
- Espegaard, A. 1980: Liv og sprog på svundne tiders Læsø. Bind II, 348 pp. Fiskeri- og Søfartsmuseets, Saltvandsakvariet, Esbjerg. [Ordbog over det læsøske sprog].
- Etting, V. (red.) 1995: På opdagelse i kulturlandskabet. Gyldendal, 301 pp.
- 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, 637–642.
- Fairbridge, R. W. 1961: Eustatic Changes in Sea Level. Physics and Chemistry of the Earth, 4.
- Fredericia, J. 1985: Hydrogeologisk basisdatakort, Læsø. Danmarks Geologiske Undersøgelse.
- Fredericia, J. & Grambo-Rasmussen, A. 1985: Kortlægning af kvartære gasfund i Vendsyssel. Fase 2. (2 bind), 126 pp. Fase 3. rapport, 13 pp plus bilag. Danmarks Geologiske Undersøgelse.
- Friis, Achton 1928: De Danskes Øer. Bind III, om Læsø side 359–418. (Anden udgave af værk af samme navn udgivet 1965 af Grafisk Forlag, København.)
- Fritzbøger, B. 1995: Skovene. I: V. Etting (red.): På opdagelse i kulturlandskabet, 68–87. Gyldendal.
- Gravesen, P. & Vestergaard, P. 1969: Vegetation on a Danish off-shore barrier island. Botanisk Tidsskrift, 65, 44–99.
- Grüner Nielsen, H. 1924: Læsøfolk i gamle Dage. Folkelivsskildringer efter trykte og utrykte Kilder. Danmarks Folkeminder, 29, 255 pp.
- Gyldenholm, K. G., Lykke-Andersen, H. & Lind, G. 1993: Seismic stratigraphy of the Quaternary and its substratum in southeastern Kattegat, Scandinavia. Boreas, 22, 319–327.
- Hansen, J. M. 1977: Sedimentary history of the island Læsø, Denmark. Bulletin of the Geological Society of Denmark, 26, 217–236.
- Hansen, J. M. 1980: Læsøs postglaciale udvikling i relation til den Fennoskandiske Randzone. Dansk Geologisk Forening, Årsskrift for 1979, 23–30.
- Hansen, J. M. 1986a: Læsø: Et resultat af forkastningsbevægelser, jordskælv og niveauforandringer. Danmarks Geologiske Undersøgelse, serie D, 6, 47–72.
- Hansen, J. M. 1986b: Et forhistorisk jordskælv. Museumsforeningen for Læsø, Årbog for 1985, 17–23.
- Hansen, J. M. 1994a: Læsø's tilblivelse og landskaber - om øen der rokker og hopper. Danmarks Geologiske Undersøgelse, 56 pp. Geografforlaget.
- Hansen, J. M. 1994b: Hypersaline groundwater formation in temperate coastal meadows. Danmarks Geologiske Undersøgelser arkiv (manuskript).
- Hansen, J. M. og Gudmundsson, L. 1991: Hypersalint grundvand på Rønnerne, Læsø. Danmarks Geologiske Undersøgelser arkiv, upubliceret rapport, 20 pp.
- Herman, F. 1968: Hydrografi. I: Arne Nørvang & Torben J. Meyer (red.): Havet. Danmarks Natur, 3, 24–47. Politikens Forlag.

- Holm, E. 1975: Hornfiskrøn - ø med vokseværk. Kasketot, 21.
- Iversen, J. 1937: Undersøgelser over Litorinatrangressioener i Danmark. Meddelelser fra dansk geologisk Forening, 9, 223-232.
- Iversen, J. 1943: Et Litorinaprofil ved Dybvad i Vendsyssel. Meddelelser fra dansk geologisk Forening, 10, 324-328.
- Iversen, J. 1954: The Zonation of the Salt Marsh Vegetation of Skallingen in 1931-34 and in 1952. Geografisk Tidsskrift, 52.
- Iversen, J. 1967: Naturens udvikling siden sidste istid. I: Arne Nørvang & Torben J. Meyer (red.): Landskabernes opståen. Danmarks Natur, 1, 345-445. Politikens Forlag.
- Jakobsen, B. 1954: The Tidal Area in South-Western Jutland and the process of the Salt Marsh Formation. Geografisk Tidsskrift, 53, 49-61.
- Jakobsen, B. 1969: Tidevandskysterne. I: Arne Nørvang & Torben J. Meyer (red.): Kyst, Klit og Marsk. Danmarks Natur, 4, 86-115. Politikens Forlag.
- Japsen, P. & Britze, P. 1991: Det danske Bassin, Kalk Gruppen, Kort over den vertikale tykkelse (The Danish Basin, Chalk Group, Isochore map). DGU Kortserie/DGU Map Series, 29.
- Jensen 1872: Brev til professor Japetus Steenstrup om fundet af en fossil kasketot i Byrum, 10. november 1872. Det kongelige Biblioteks samlinger.
- Jensen, P., Aagaard, I., Burke Jr., R. A., Dando, P. R., Jørgensen, N. O., Kuijpers, A., Laier, T., O'Hara, S. C. M., Schmaljohann, R. 1992: 'Bubbling reefs' in the Kattegat: submarine landscapes of carbonate-cemented rocks support a diverse ecosystem at methane seeps. Marine Ecology Progress Series, 83, 103-112.
- Jessen, A. 1897: Beskrivelse til geologiske Kort over Danmark, Kortbladene Læsø og Anholt. Danmarks Geologiske Undersøgelse, 2. Række, 4, 48 pp.
- Jessen, A. 1922: Stenalderhavets Udbredelse i det nordlige Jylland. Danmarks Geologiske Undersøgelse, 2. Række, 25, 112 pp.
- Jessen, A. 1936: Vendsyssels Geologi. Danmarks Geologiske Undersøgelse, 5. Række, 2, 195 pp.
- Johannsen, K. 1983: Havedigerne på Læsø. Museumsforeningen for Læsø, Årsskrift 1983.
- Johannsen, K. 1984: Læsøs historie til ca. 1750. Museumsforeningen for Læsø, 80 pp.
- Johansen, H. og Remmer, L. (red.) 1968: Kattegatøen Læsø - naturen og mennesket. 175 pp. Eget forlag.
- Jørgensen, B. 1994: Stednavneordbog. 2. udgave, 357 pp. Gyldendal.
- Jørgensen, B. 1995: Stednavne fortæller historie. I: V. Etting (red.): På opdagelse i kulturlandskabet, 104-108. Gyldendal.
- Jørgensen, N. O. 1976: Recent high magnesian calcite/aragonite cementation of beach and submarine sediments from Denmark. Journal of Sedimentary Petrology, 46, 940-951.
- Jørgensen, N. O. 1980: Gypsum formation in recent submarine sediments from Kattegat, Denmark. Chemical Geology, 28, 349-353.
- Kakkuri, J. 1986: Newest results obtained in studying the Fennoscandian land uplift phenomenon. Tectonophysics, 130, 327-331.
- Knudsen, K. L. 1985: Correlation of Saalian, Eemian and Weichselian foraminiferal zones in North Jutland. Bulletin of the Geological Society of Denmark, 33, 241-246.
- Knudsen, K. L. 1986: Foraminiferer-stratigrafisk undersøgelse af marint Weichsel på Læsø. Danmarks Geologiske Undersøgelse, serie D, 6, 29-46.
- Knudsen, K. L. 1991: Marine Eemian and early Weichselian deposits in northern Denmark. Quaternary International, 10-12, 167-171.
- Knudsen, K. L. & Lykke-Andersen, A.-L. 1982: Foraminifera in Late Saalian, Eemian, Early and Middle Weichselian of the Skærumhede I boring. Bulletin of the Geological Society of Denmark, 36, 289-303.
- Krog, H. 1965: On the Post-glacial development of the Great Belt. Baltica, 2, 47-60.
- Krog, H. 1968: Late-Glacial and Postglacial Shoreline Displacements in Denmark. I: R.B. Morrison & H.E. Wright Jr. (red.): Means of correlation of Quaternary successions, 8, 421-435.
- Laier, T. 1992: Shallow gas in northern Kattegat and southern Skagerrak. Meeting Proceedings, Geologiska Föreningens i Stockholms Förhandlingar, 114, 235-251.
- Laier, T., Jørgensen, N. O., Buchardt, B., Cederberg, T. & Kuijpers, A. 1992: Accumulation and seepages of biogenic gas in Northern Denmark. Continental Shelf Research, 12 (10), 1173-1186.
- Lamb, H. H. 1984: Some studies of the Little Ice Age of Recent centuries and its great storms. I: Möner, N.A. & Karlén, W. (red.): Climatic changes on a Yearly to Millennial Basis, 225-240. Reidel Publishing Company. Dordrecht.
- Larsen, G., Bauman, J. & Bjørn, O. 1986: Kvartærgeologiske forhold under havbunden i Læsø Rende. Dansk Geologisk Forening, Årsskrift for 1985, 39-46.
- Lykke-Andersen, A.-L. 1987: A Late Saalian, Eemian and Weichselian marine sequence at Nørre Lyngby, Vendsyssel Denmark. Boreas, 16, 345-357.
- Lykke-Andersen, A.-L. 1990: Foraminiferal stratigraphy of Quaternary deposits in boring no. 51.12 Anholt, Kattegat. Danmarks Geologiske Undersøgelse, serie B, 15, 40 pp.
- Lykke-Andersen, H. 1992a: Massebevægelser i Vendsyssels og Kattegats kvartære aflejringer. Dansk geologisk Forening, Årsskrift for 1990-1991, 93-97.
- Lykke-Andersen, H. 1992b: Nogle hovedtræk af Kattegats kvartære geologi. Dansk geologisk Forening, Årsskrift for 1990-1991, 57-65.
- Lykke-Andersen, H., Knudsen, K.L. & Christiansen, C. 1993a: The Geokat project - a study of the Late Quaternary evolution of the Kattegat Sea. Boreas, 22, 267-268.
- Lykke-Andersen, H., Knudsen, K.L. & Christiansen, C. 1993b: The Quaternary of the Kattegat area, Scandinavia: a review. Boreas, 22, 269-281.
- Lysdahl, P. 1985: Minder fra Læsøs oldtid. Museumsforeningen for Læsø, Årbog for 1984, 8-12.
- Lysdahl, P. 1987: Et stenalderkar. Museumsforeningen for Læsø, Årbog for 1986, 35-36.
- Læsø Kommune, Nordjyllands Amt og Skov- og Naturstyrelsen 1989: Råstofkortlægning på Læsø, 96 pp.
- Mertz, E.-L. 1924: Oversigt over de sen- og postglaciale niveauforandringer. Danmarks Geologiske Undersøgelse, 2. Række, 41, 50 pp.

- Michelsen, O. 1967: Foraminifera of the late-quaternary deposits of Læsø. Meddelelser fra dansk geologisk Forening, 17, 205–264.
- Mikkelsen, V. M. 1949: Ecological Studies of the Salt Marsh Vegetation in Isefjord. Dansk Botanisk Arkiv (Res Botanicæ Danicæ), 13 (2), 48 pp. Munksgaard.
- Mikkelsen, V.M. 1969: Marsk, strandeng og strandsumplanterne. I: Arne Nørvang & Torben J. Meyer (red.): Kyst, Klit og Marsk. Danmarks Natur, 4, 361–394. Politikens Forlag.
- Mogensen, T. 1992: Strukturel analyse af Kattegat områdets præ-Kænozoiske aflejringer. Dansk geologisk Forening, Årsskrift for 1990–1991, 129–134.
- Mörner, N.-A. 1969: The late Quaternary history of the Kattegat Sea and the Swedish west coast. Sveriges Geologiska Undersökning, serie C, 640, 487 pp.
- Munch-Petersen, V. P. & Hartmann, E. 1954: Svensk-dansk ordbog. 1198 pp. Nordisk Forlag.
- Nielsen, S. T., Clemmensen, L. B. & Andreasen, F. (i trykken): The middle and late Holocene barrier spit system at Vejers, Denmark: Structure and development. Bulletin of the Geological Society of Denmark.
- Nordberg, K. 1989: Sea-floor deposits, paleoecology and paleoceanography in the Kattegat during the later part of the Holocene. Chalmers Tekniska Högskola, Geologiska Institutionen, Publikation nr. A65, 205 pp.
- Nordberg, K. 1991: Oceanography in the Kattegat and Skagerrak over the past 8000 years. Paleoceanography, 6, 461–484.
- Nordmann, V. 1903: En Klump sammenkittede Mollusk-skaller fra Havbunden ved Læsø. Meddelelser fra Dansk geologisk Forening, 9, 37–44.
- Odgaard, B. V. 1992: The fire history of Danish heathland areas as reflected by pollen and charred particles in lake sediments. The Holocene, 2, 218–226.
- Odgaard, B. V. 1994: The Holocene vegetation history of northern West Jutland, Denmark. Opera Botanica, 123, 171 pp.
- Pedersen, S. A. S., Laier, T., Hansen, J. M. & Petersen, K. S. 1989: Marinegeologisk undersøgelse ved Læsø Rende. Dykkerundersøgelse af kalkcementer ved gasudstrømning i NV-Kattegat. Danmarks Geologiske Undersøgelse. Rapport nr. 35, 30 pp.
- Petersen, K.S. 1991: Holocene coastal and faunal development of the Skagen Odde, Northern Jutland, Denmark. Quaternary International, 9, 53–60.
- Petersen, K. S., Rasmussen, K. L., Heinemeier, J. & Rud, N. 1992: Clams before Columbus?. Nature, 359, p. 679.
- Påsse, T., Robertsson, A.-M., Miller, U. & Klingberg, F. 1988: A Late Pleistocene sequence at Margreteberg, southeastern Sweden. Boreas, 17, 141–163.
- Sarmaja-Korjonen, K., Vasari, Y. & Hægström, C.-A. 1991: Taxus baccata and influence from Iron Age man on the vegetation in Åland, SW Finland. Ann. Botanica Fennici, 28, 143–159.
- Schou, A. 1945: Det marine Forland. 236 pp. H. Hagerups Forlag.
- Schou, A. 1969a: Danmark - et morænearkipel. I: Arne Nørvang & Torben J. Meyer (red.): Kyst, Klit og Marsk. Danmarks Natur, 4, 9–17. Politikens Forlag.
- Schou, A. 1969b: Overfladerelieffets betydning for kystkarakteren. I: Arne Nørvang & Torben J. Meyer (red.): Kyst, Klit og Marsk. Danmarks Natur, 4, 17–30. Politikens Forlag.
- Schou, A. 1969c: Kysten - kampzonen mellem hav og land. I: Arne Nørvang & Torben J. Meyer (red.): Kyst, Klit og Marsk. Danmarks Natur, 4, 30–37. Politikens Forlag.
- Schou, A. 1969d: Kystprofilen og dets udformning. I: Arne Nørvang & Torben J. Meyer (red.): Kyst, Klit og Marsk. Danmarks Natur, 4, 52–58. Politikens Forlag.
- Schou, A. 1969e: Det marine forland - de havskabte kystsletter. I: Arne Nørvang & Torben J. Meyer (red.): Kyst, Klit og Marsk. Danmarks Natur, 4, 66–71. Politikens Forlag.
- Schou, A. 1969f: Materialevandringen langs kysten. I: Arne Nørvang & Torben J. Meyer (red.): Kyst, Klit og Marsk. Danmarks Natur, 4, 71–81. Politikens Forlag.
- Schou, A. 1969g: Kystudligningen. I: Arne Nørvang & Torben J. Meyer (red.): Kyst, Klit og Marsk. Danmarks Natur, 4, 81–85. Politikens Forlag.
- Schou, A. 1969h: Hævede kystlinjer. I: Arne Nørvang & Torben J. Meyer (red.): Kyst, Klit og Marsk. Danmarks Natur, 4, 187–190. Politikens Forlag.
- Seidenkrantz, M.-S. 1992: Nye oplysninger om Kvartær stratigrafi - baseret på foraminiferer fra en ny boring på Anholt, Kattegat. Dansk geologisk Forening, Årsskrift for 1990–91, 81–88.
- Seidenkrantz, M.-S. 1993a: Foraminifera from the Quaternary sequence in the Anholt boring, Denmark. Boreas, 22, 283–290.
- Seidenkrantz, M.-S. 1993b: Benthic foraminiferal and stable isotope evidence for a 'Younger Dryas-style' cold spell at the Saalian-Eemian transition, Denmark. Palaeogeography, Palaeo-climatology, Palaeoecology, 102, 103–120.
- Skjærmaa, L., Jørgensen, N.O. & Larsen, O. 1994: Hydrogeologiske undersøgelser på Læsø. Rapport over feltarbejde af G. Hansen, E. Hartelius, I. Nielsen, B. Shojæe og F. Wichmann. Upubliceret rapport fra Geologisk Institut, Københavns Universitet, 55 pp.
- Skytte Christiansen, M. & Anthon, H. 1958: Danmarks Vilde Planter. Bind I-II, 731 pp., 304 plancher, 32 tavler. Branner og Korch.
- Steemann-Nielsen, E. 1939: De danske Farvandes Hydrografi i Litorinatiden. Meddelelser fra Dansk geologisk Forening, 9, 337–350.
- Stoklund, A. 1985: Kvaser og kvasefart fra Læsø. Fiskeri- og Søfartsmuseets maritime skrifter, 9, 96 pp.
- Stoklund, B. 1967: „- og nærer sig af vrage“. Skalk nr. 4.
- Stoklund, B. 1971: Økologisk tilpasning i et dansk øsamfund. Nordnytt nr. 3.
- Stoklund, B. 1973: Tømmerskuderne fra Læsø. Et kapitel af skudehandelens historie. Handels- og Søfartsmuseets Årbog for 1972.
- Stoklund, B. 1980: Bosættelse og bebyggelse på Læsø. Vendsyssels Årbog 1980.
- Stoklund, B. 1984: Hvorfor kaldes de Foldgårde?. Museumsforeningen for Læsø, Årsskrift 1984, 13–17.
- Stoklund, B. 1986: Hakkemøg, foldtørve og træk. Folkelivsgranskning, 29, 51–70.
- Stoklund, B. 1990: Tørvegødning - en vigtig side af hede-bondens driftssystem. Landbohistorisk Tidsskrift, 1990/1, 47–72.
- Vangkilde-Pedersen, T., Lykke-Andersen, H. & Lind, G. 1993: Dislocated Quaternary deposits in southeastern Kattegat - a glacial or gravitational phenomenon?. Boreas, 22, 329–336.

- Vejbæk, O.V. & Britze, P. 1994: Top præ-Zechstein, Toppen af bjergarter ældre end Zechstein, Strukturelt tidskort (Top pre-Zechstein, Structural time map). DGU Kortserie/ DGU Map Series, 45.
- Vellev, J. 1991a: Saltproduktionen på Læsø - den danske industris vugge. *Humaniora*, 5. årgang (2), 25-27.
- Vellev, J. 1991b: Die Salzproduktion in Dänemark - besonders auf der Insel Læsø. I: W. Ingenhaeff (red.): *Das Salz in der Rechts- und Handelsgeschichte*, p. 413-438. Hocquet & Palme.
- Vellev, J. 1993: Saltproduktion på Læsø, i Danmark og i Europa. 108 pp. Forlaget Hikuin.

Kort I: Kort over Læsøs nuværende og tidligere strandlinier. Luftbilledtolkning af terrænlineamenter m.v.

Kort II: Kort over Rønnernes topografi. Luftbilledtolkning af vegetationstyper m.v.



Læsø, Rønnerne

Vegetations- og landskabstyper

Kortlagt af Jens Morten Hansen efter flyfoto fra 1992

© Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

Miljø- og Energiministeriet

1995

Eftertryk tilladt med kildeangivelse

LEGENDE

- Skov
- Dyrket
- Fjære (Tørt v. lavvande)
- Fjære (Tørt v. normal vandstand)
- Loer, vandhuller, søer og saltpander
- Hindebæger-eng m.v. (Saltenge)
- Tue-eng m.v. (Strandoverdrev)
- Græs- og lynghede (Vinterforsumpningshede)

0 500 1000 m
1: 15.000

