

# Bølgegang

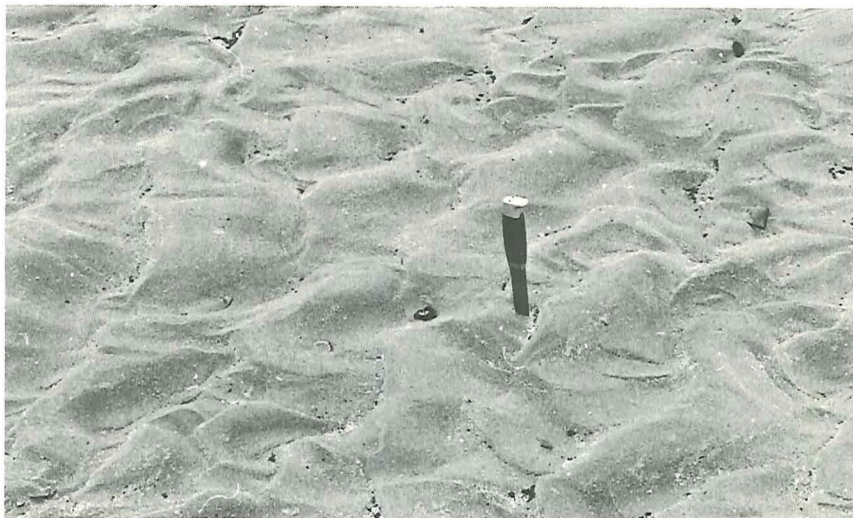
Af Jens Bruun-Petersen

Når man på de varme sommerdage går i vandet for at blive lidt afkølet, ser man tit, at sandbunden er bølget som et vaskebræt. Ved lavvande kan man se, at sandoverfladen er delt op i et stort antal flade rygge, "kamme" med mellemliggende fordybninger, "trug". Afstanden mellem kammene er som regel omkring 1 - 10 cm, sjældnere mere. Ofte vil man se, at ryggen deler sig og eventuelt igen løber sammen. I sjældnere tilfælde danner de mere komplicerede mønstre, men som regel er de parallelle over større afstande (figur 1). Ryggene er mere eller mindre symmetriske, det vil sige, hver ryg er nogenlunde ens til begge sider i tværsnit, og de fineste sandkorn ligger på toppene (øverst på ryggen).



Figur 1. Bølgeribber, Koresand.

Når strømmende vand passerer et sandet område, dannes tilsvarende strukturer med retning omtrent vinkelret på strømmen. I modsætning til før er de altid asymmetriske med den flade side mod strømmen. De groveste korn ligger på toppen og den stejle læside. Strukturerne er parallelle, eller kan vise alle overgange til uregelmæssige, buede former, der kan minde om tunger (figur 2).



Figur 2. Tungeformede strømribber, Oxby

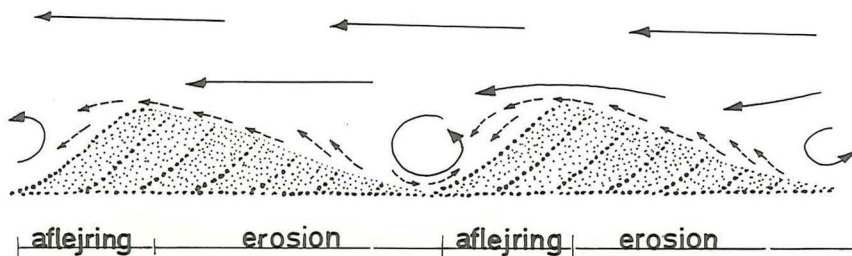
I det tørre sand på stranden ser man en tredje udgave. Ryggene er igen asymmetriske med den flade side mod vinden, men er fladere end de ovennævnte. De groveste korn er også her i læsiden.



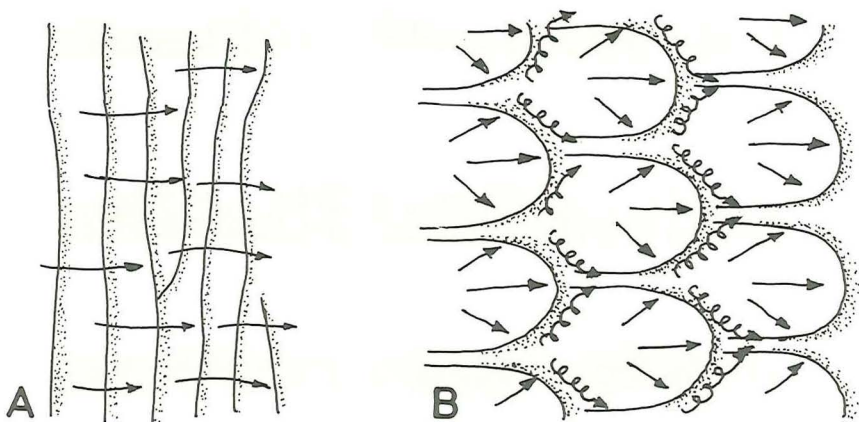
Figur 3. Vindribber, Skallingen.

De tre ovennævnte strukturer kaldes "bølgeribber", "strømribber" og "vindribber". Betegnelsen "bølgeslagsmærker" har også været anvendt. På engelsk bruges udtrykket "ripplemarks", på tysk "Wellenfurchen".

Når man laver et snit gennem et sæt strømribber, ser det ud som på figur 4. Med fuldt optrukne pile er strømretningen angivet, og med stiplede pile er angivet materialetransporten. Den flade skråning kaldes luvsiden, den stejle kaldes læsiden. Tegningen kunne være et snit gennem en klit, og materialetransporten sker også på samme måde. Strømmen fører sandskorn op ad luvsiden til toppen, herfra ruller de ned ad læsiden og gribes af hvirvlerne i trugene og begynder en ny vandring op ad den næste luvside. Nogle af sandskornene har strømmen samlet op på luvsiden, og nogle af dem efterlader den på læsiden. Således bevæger ribben sig langsomt i strømmens retning.



Figur 4. Tværnsnit i strømribber. Fuldt optrukne pile viser vandets strømning (bemærk hvirvlerne i trugene), stiplede pile viser materialetransporten.

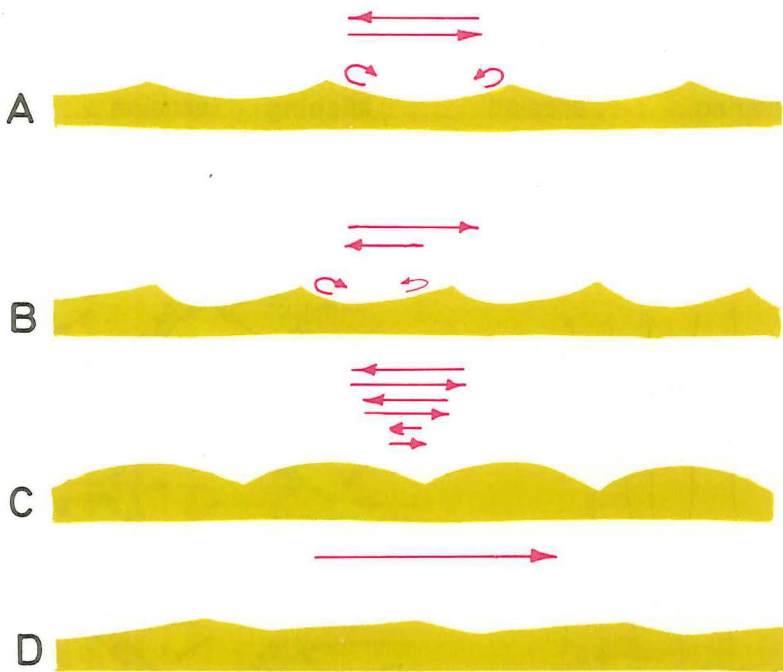


Figur 5. A Parallelle strømribber, B tungeformede strømribber. Prikket signatur viser beliggenheden af de stejle læsider.

Strømrubber set ovenfra kan se ud på to måder. Figur 5 A viser parallelle strømrubber, der dannes i en vandstrøm over en vis dybde. Strømlinierne løber omtrent parallelt, og der er hvirvler i ryggenes læside. Figur 5 B viser de tungeformede strømrubber, der dannes af hurtigt strømmende vand på lav dybde (ofte kun få centimeter). Strømlinierne løber ikke parallelt, og der er hvirvler mellem "tungerne".

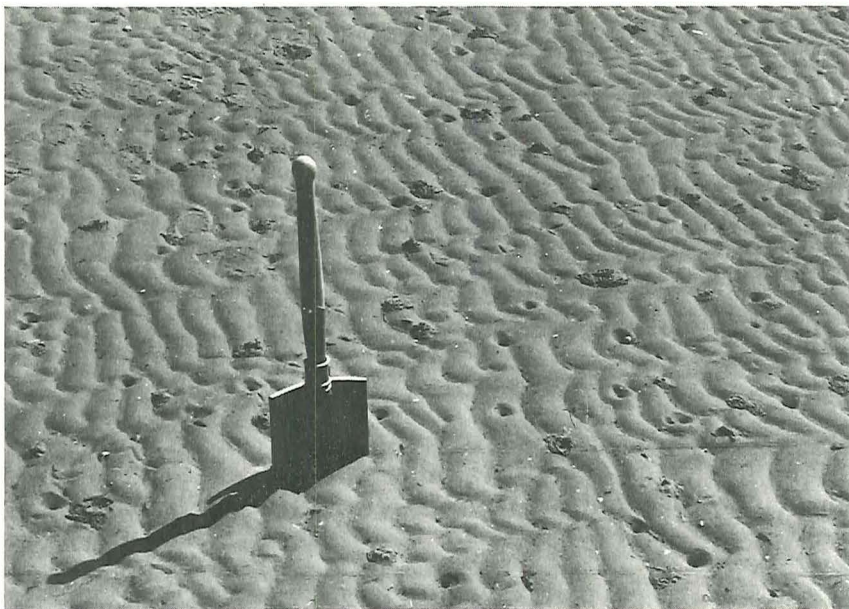
Vindribber består som regel af parallelle rygge, men de er meget fladere end de ovennævnte og kan være endnu mere asymmetriske (figur 6 D). Vinden transporterer større korn ved "krybning" langs overfladen, mindre korn transporteres ved "hopning", og de mindste svæver i luften - har vi ikke alle prøvet at få støv i øjnene, når det blæser? Ved bestemte vindhastigheder bliver resultatet som vist.

De først omtalte bølgemærker på sandbunden er dannet på dybder, hvor overfladebølgernes bevægelse af vandpartiklerne når ned til bunden. I vandoverfladen beskriver vandpartiklerne en cirkelformet bane, men ved bunden er den blevet til en frem- og tilbagegående bevægelse. Bølgeribberne får på denne måde flade trug og spidse kamme (figur 6 A). Er der en svag strøm, bliver de lidt skæve (figur 6 B) og kan have alle overgan-



Figur 6. A symmetriske bølgeribber, B "skæve" bølgeribber og C bølgeribber ved aftagende bølgebevægelse, D vindribber.

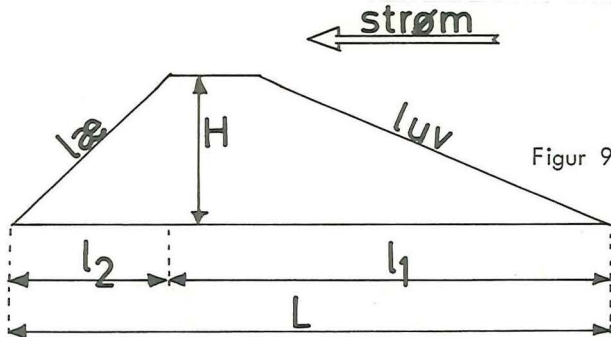
ge til strømribber, og endelig kan der dannes bølgeribber med spidse trug og flade toppe, hvis bølgebevægelsen er aftagende (figur 6 C og figur 7). I uregelmæssige bassiner kan der dannes krydsende systemer af bølgeribber, som for eksempel i figur 8.



Figur 7. Bølgeribber med afrundede toppe som på figur 6 C. Sø-  
jord, Fanø.



Figur 8. Interfererende bølgeribber, Halen, Fanø.

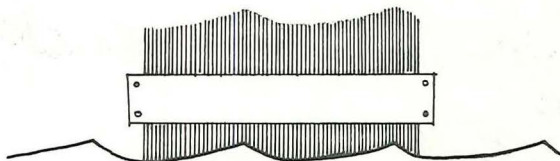


Figur 9. Opmåling af ribber.

Overalt i den geologiske lagsøjle finder man bølge-, strøm- og vindribber, og for at kunne drage slutninger fra nutid til fortid har man opstillet forskellige sæt af egenskaber, der kræver nøje opmåling af ribberne. Man måler især tværsnittet og supplerer med oplysninger om udformning i vandret plan (tungeformet, parallel med mere). Som regel tager man følgende mål (figur 9).  $H$  = højde,  $L$  = total længde,  $l_1$  = luvsidens projektion og  $l_2$  = læsidsens projektion. Derefter kan man udregne nogle dimensionsløse størrelser: "Ribbe-Index"  $RI = L : H$  ( $RI$ -værdier under 16 tilhører ribber dannet i vand,  $RI$ -værdier større end 15 tilhører ribber dannet af vinden). Desuden "Ribbe Symmetri Index"  $RSI = l_1 : l_2$ . Her gælder følgende:  $RSI$  1 - 3, bølgeribber.  $RSI$  større end 2,5, strømribber.  $RSI$  2 - 4, vindribber og  $RSI$  1 - 1,5, brændingsribber. Den sidstnævnte type, der har  $RI$ -værdier over 40, optræder undertiden mellem brændingszonen og havstokken og er udformet af de frem- og tilbagerullende bølgefronter. Kam-afstanden varierer mellem 20 og 50 cm, og kammene er næsten symmetriske og ret flade. Det er usikkert, om typen kan ses ved danske strande.

Værdierne for symmetri-indexet viser tilsyneladende stor overlappning. Ved at kombinere data for index og symmetri-index får man imidlertid et anvendeligt skema med ret ringe overlappning (figur 12). Anvendelsen af det vender vi tilbage til om lidt.

Målinger af ribber kan foretages ved hjælp af lineal og tommestok både på hærdnede og på løse sedimente. Det er imidlertid hverken særlig nemt eller pålideligt, og der findes bedre metoder. I hærdnede sedimente kan man måle med en såkaldt "profilære", der består af to parallelle, cirka 15 cm lange aluminiumsliste, der klemmer om et stort antal cirka 8 cm lange stålpinde, der er lodret forskydelige. Stålpindene har alle den samme længde, og når man presser profilæren ned over ribberne, giver de et ret nøjagtigt tværsnit af overfladen (figur 10). Derefter kan man overføre tværsnittet til sin notesbog. En profilære fås hos de fleste isenkræmere.



Figur 10. Anvendelse af profilære.

I løse sedimenter kan profillæren ikke anvendes. Her anskaffer man sig et antal kartonstykker, cirka 60 x 15 cm med en tykkelse på cirka 0,5 mm, samt et par spraydåser med maling og en kniv. Når man har fundet et område med egnede bølge- eller strømribber, helst uden alt for meget vand i trugene, lægger man et lodret snit med kniven (figur 11 A), presser kartonen lodret ned i snittet (figur 11 B), og med spraydåsen lægger man et jævnt lag farve på den frie del af kartonen (figur 11 C-D). Det viser sig nu, at farven ikke binder på den fugtige del af kartonen, der har været nede i sandet, og når farven er tør (tager cirka 2 minutter), fjernes den let herfra (figur 11 E). Derefter skriver man dato, lokalitet, ribbetype og kompasretninger på, og siden kan man i ro og mag udmåle sine ribber derhjemme.

En spraydåse giver en strøm af farvepartikler båret af en ret kraftig luftstrøm. Det kan derfor undre, at det er muligt at få profiler også af vindribber, men det er lykkedes i langt de fleste tilfælde. Her må det dog anbefales at gøre flere forsøg. I enkelte meget heldige tilfælde kan man opleve, at nattens højvande har gennemfugtet vindribber på forstrandens klitter uden at ødelægge dem. Sådanne "indefra gennemvædede" vindribber er lige så sjældne, som de er nemme at tage profiler af.

Vel hjemkommet med profilerne kan man måle ribbernes dimensioner direkte på kartonen, eller man kan tegne profilet over på kalkepapir inden. Som regel er man ikke i tvivl om, hvilken slags ribber man har med at gøre, men både for at kontrollere sine egne opmålinger med teoretisk



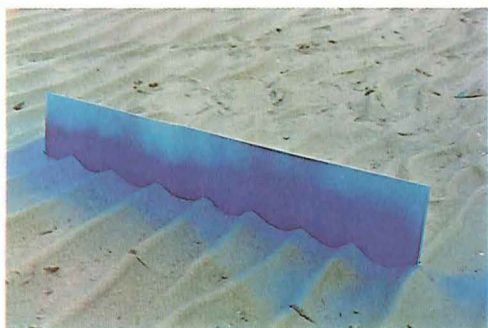
Figur 11 A.



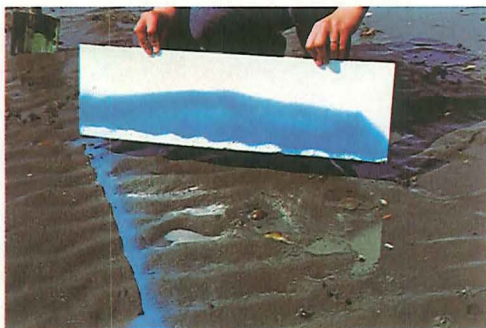
B



C



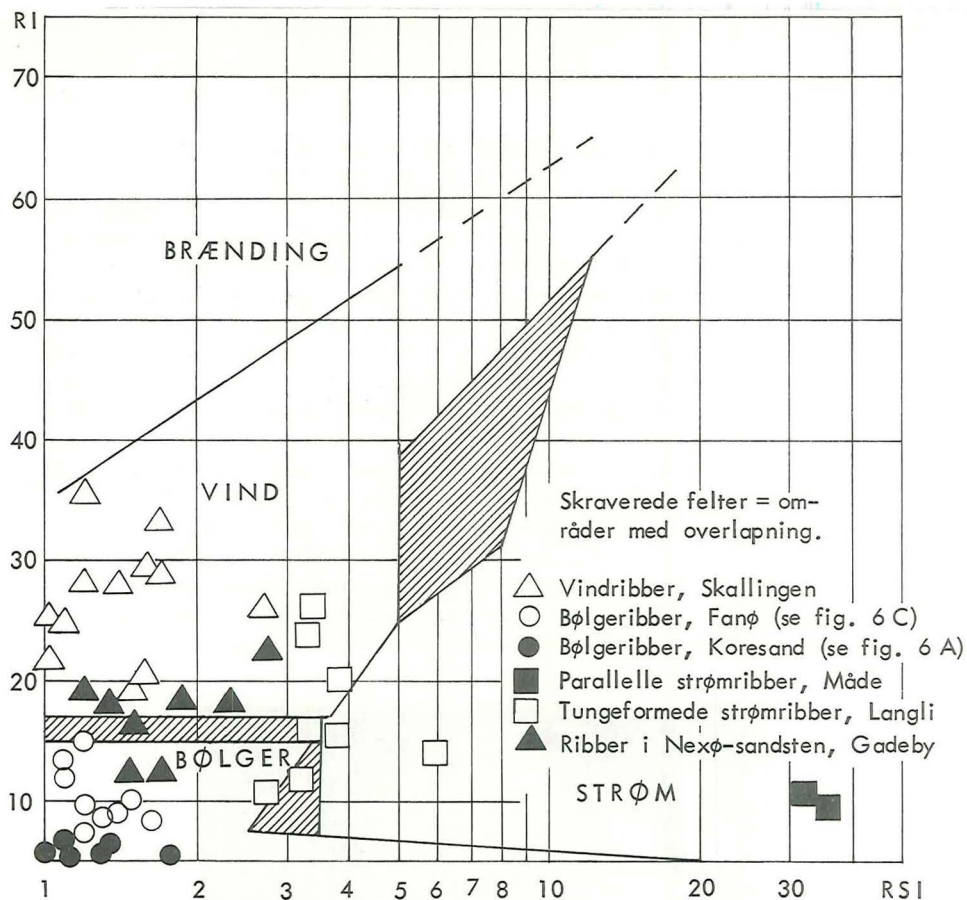
D



E

Figur 11. Opmåling af ribber med karton og sprayfarve.  
A - D Koresand, E Søjord, Fanø.





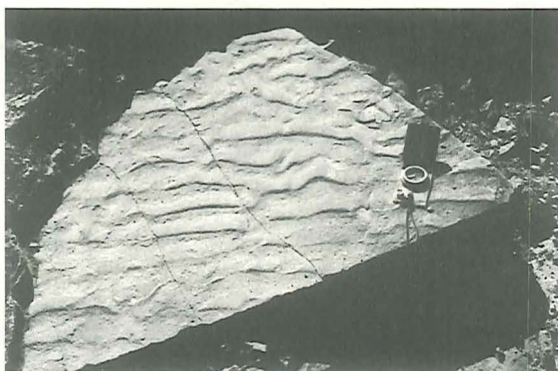
Figur 12. Diagram for kombination af RI- og RSI-værdier (efter W.F.Tanner, 1967).



Figur 13. Strømrubber, Måde teglværk.

opstillede skemaer, som for eksempel det i figur 12 viste, kan man ind-sætte sammenhørende værdier af RI og RSI (beregnet for hver enkelt ribbe) i diagrammet. Det er iøvrigt udformet på grundlag af talrige undersøgelser i tidevandsområderne ud for Floridas kyster. Nedenfor vises nogle resulta-ter af forsøg med den ovenfor beskrevne metode, foretaget i juni 1970 for-skellige steder i Vadehavet og på Skallingen. Figur 13 viser parallelle strømribber fra stranden ud for Måde teglværk ved Esbjerg. På figur 11 A til D ses bølgeribber fra Koresand syd for Manø og på figur 7 og 11 E bølgeribber fra Søjord øst for Nordby på Fanø. I figur 3 ses vindribber fra klitter på vestsiden af Skallingen. I alle tilfælde er der dog overensstem-melse med diagrammet.

I figur 2 ses tungeformede strømribber fra stranden syd for Oxby og i figur 12 resultater af opmåling af tilsvarende fra vaderne mellem Langli og Ho (hvide firkanter). Punkterne er blevet fordelt mellem felterne 'strøm-ribber' og 'vindribber'. Årsagen ligger i disse ribbers uregelmæssige ud-formning, der gør det vanskeligt at måle på de bedst egnede steder. Høj-derne bliver for små, hvilket giver for store RI-værdier, og symmetrien bliver ofte målt forkert, hvilket medfører for lave RSI-værdier.



Figur 14. Bølgeribber, Nexø-sandsten, Gadeby.

I figur 14 ses et sæt bølgeribber fra den mere end 500 millioner år gamle Nexø-sandsten ved Gadeby, cirka 5 km vest for Nexø (lokalitet 20 i VARV's ekskursionsfører nr. 1). Resultatet af opmålingerne ses på figur 12 (sorte trekkanter). Punkterne falder omtrent ligeligt fordelt mellem vind- og bølgeribber. Begge dannelsesmåder på en gang er ikke muligt, og for-klaringen er en helt anden. Bølgeribber har som regel ret spidse kamme, der vil være stærkt udsat for at blive eroderet ned ved faldende vandstand eller svage strømme. Derved bliver den målte højde H for lille og RI der-

med for stor. Såfremt blot nogle få af målepunkterne for fossile ribber falder i feltet 'bølgeribber' og resten i feltet 'vindribber', har man lov til at tolke ribberne som bølgeribber. Til gengæld vil målinger af vindribber ikke under nogen omstændigheder kunne placeres i feltet 'bølgeribber'. Alt så er ribberne i Nexø-sandstenen bølgeribber og ikke vindribber.

I begyndelsen blev ordet 'bølgeslagsmærker' nævnt. Anvendelsen af dette ord bør nok begrænses til de meget små sandstriber ('bølgemærker'), der efterlades af bølgefronterne i havstokken ved faldende vandstand (se figur 15). Billedet viser også de V-formede figurer, som de tilbagerullende bølger danner bag småsten eller muslingskaller. Disse figurer, der ofte griber ind over hinanden, kan kaldes 'bølgeriller', på engelsk ofte 'rill marks'.



Figur 15. Til venstre 'bølgemærker', til højre 'bølgeriller'. Oxby.

Metoden med karton og spray er oprindelig udformet ved havforskningsinstituttet "Senckenberg", Wilhelmshaven.

Alle foto undtagen 11 A - E er taget af Jens Bruun-Petersen  
11 A - E er taget af R.G.Bromley.

*Jens Bruun-Petersen*