



tidsskrift.dk

Kornstørrelser i klit- og strandsand.

Geografisk Tidsskrift, Bind 56 (1957)

Link til pdf:

http://img.kb.dk/tidsskriftdk/pdf/gto/gto_0056-PDF/gto_0056_69596.pdf

Link til webside:

<http://tidsskrift.dk/visning.jsp?markup=&print=no&id=69596>

pdf genereret den : 22/5-2008

Kornstørrelser i klit- og strandsand.

Af Hans Kuhlman.

Indledning.

I juli-august 1954 og 1955 blev der udtaget nogle serier sandprøver på Skallingen, halvøen nordvest for Esbjerg. Lokaliteterne lå lige nordvest for Høje Knolde og ud for Skomagersletten (Sandsletten). Prøveudtagningerne blev foretaget langs en linie vinkelret på kysten; linien gik fra havet ca 200 m ind i landet. Prøveliniens beliggenhed er angivet på fig. 1 (P).

Prøverne omfatter sand både fra submarine sandrevler og den hvide havklit, *Dunus anticus* (*van Dieren*), der dækker det dige, som er bygget for at beskytte Skomagersletten. Områdets topografi og udviklingen af denne er udførligt behandlet hos *A. Jessen* 1925, *Niels Nielsen* 1935, *E. Bro Larsen* 1936, 1953 og *Børge Jakobsen* 1953.

Det var hensigten igennem kornstørrelsesanalyser af disse sandprøver at skaffe: 1) en beskrivelse af stedets sand, 2) et skøn over relationen mellem stedets sanddiametre og geologisk dynamiske kræfter, 3) et bidrag til karakteriseringen af flyvesand, 4) en sammenligning mellem to statistiske analysemetoder, nemlig *Krumbeins* kvartilmåling og *Bagnolds* måling af grov-finhedskoefficient, jfr. *Krumbein & Pettijohn* 1938, *Pettijohn* 1949, *Kaj Hansen* 1951, *Bagnold* 1937, 1941, 1954, *Chepil* 1946 og *Zingg* 1950.

Historisk oversigt.

Den klassiske undersøgelse af kornstørrelser i klitsand er *Uddens* 1898, 1914. Han fastslår to karakteristiske træk ved flyvesandet, at det har en tydelig monomodal fordeling, og at fordelingskurven aftager med omtrent konstant hastighed på begge sider af den modale værdi. Det fremgår af hans arbejde, at klitsandets partikler har

ringe variationsbredde, og at de hyppigste kornstørrelser ligger i intervallet $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{8}$ mm. Hvis man sætter variationen af den almindeligt dominerende kornstørrelse til $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{8}$ mm, synes senere arbejder fuldt ud at have bekræftet disse karakteristika, jfr. A. Jessen, V. Milthers, J. Högbom 1923, C. K. Wentworth 1931, Bagnold, Chepil, Pettijohn og Zingg. Til trods herfor har man lagt så stor vægt på eolisk og littoral sands lighed (Pettijohn 1949 pp. 234—236), at man har glemt den ensartethed alt flyvesand udviser, skønt moder-materialet fra lokalitet til lokalitet har en enorm variation: fra strandsand til agerjord, jfr. Chepil.

Skallingen og nærmeste omegn, der tilhører den sydlige Nordsøs tidevandsområde, har talrige gange været undersøgt for overfladesedimenternes kornstørrelser, men næsten altid er der blevet draget slutninger fra et fåtal af prøver. Meget sjældent er resultaterne fremkommet fra et materiale, der er statistisk forsvarligt. Nærværende arbejde er kun en svag tilnærmelse til en mere korrekt analyse.

J. P. F. Bang 1891 konstaterede, at sandet i Bordrup klit, 6—7 km nord for Skallingen, for 96% vedkommende var mindre end $\frac{1}{3}$ mm i diameter. E. Warming 1909 undersøgte Nordfanøs klitsand ved direkte visuel måling af kornene. Han fandt, omskrevet til median, at sandets „gennemsnit“ lå mellem 0,15 og 0,20 mm. Det marine forland mellem Skalling Ende og linien Grærup-Oksbøl har A. Jessen også undersøgt med hensyn til partikelstørrelse i klitsandet. Områdets altdominerende sandstørrelse er nær 0,2 mm. A. Jessen prøvede at påvise, at jo længere sandet var vandret væk fra den opringelige havklit, jo finere var det, men det indsamlede materiale tillod ikke en sådan slutning. Jessens målinger bekræftedes af E. Bro Larsens angivelser, som viser, at Skallingens klitsands median-diameter ligger mellem 0,2 og 0,15 mm. De samme gennemsnit blev fundet i strandsandet på Søren Jessens Sande af H. Gry 1942. Sedi-mentet var godt sorteret.

Overfladesedimenterne i det danske vadehav er for langt den overvejende mængde finere end 0,2 mm. Der findes grovere sedimenter hist og her (i dybene, ved Hjerting). Gry 1942 og Kaj Hansen 1951, 1953, 1956.

Den største materialtilførsel til Skallingen sker langs vestkysten fra Blåvands Huk ifølge A. Jessen, Per Bruun 1954. Den sydgående materialvandring langs Jyllands vestkyst fra Bovbjerg til Blåvand afspejler sig i middeldkornstørrelsen, som bliver finere under vejs, P. Bruun 1954. Han har langs kysten udtaget marine sediment-

prøver 3 m fra havstokken; ved Blåvands Huk fandtes en gennemsnitskornstørrelse på 0,20 mm med relativt lille spredning i kornfordelingen.

Det fremgår af ovennævnte, tidligere undersøgelser af sandet i Skallingen og omegn, at det sand, som kan forventes at danne Skallingens klitter, betegnes som fint og ensartet med en gennemsnitsdiameter omkring 0,2 mm.

Undersøgelser af flyvesand i tilsvarende landskabstyper er for nylig foretaget af *de Jong* (1951) i Holland og af *K. Sindowski* (1956) på Norderney.

Klassifikation og skala.

I dette arbejde vil *Wentworths* terminologi og klassifikation blive benyttet; inddelingen er blevet anvendt ved sedimentundersøgelser i Vadehavet, *Kaj Hansen*. Klassifikationen er principielt identisk med *Uddens*, men afvigende fra *Atterbergs*, ifølge hvis terminologi mindst halvdelen af Skallingens klitsediment ikke ville få betegnelsen: sand. Nedenfor er *Uddens* og *Wentworths* terminologi sammenlignet for intervallet $2-1/8$ mm.

Korndiameter mm	WENTWORTH	UDDEN
2— 1	meget groft sand	meget groft sand
1— $1/2$	groft „	groft „
$1/2-1/4$	middel „	fint „
$1/4-1/8$	fint „	meget fint „
$1/8-1/16$	meget fint „	meget groft silt

Ved kurvetegning vil korndiameteren blive angivet i logaritmisk skala, som følge heraf bliver de udledte fordelingskurver logaritmiske. Tallene 10 og 2 anvendes sideordnet som logaritmebasis. Log.-skala med basis 2 er *Krumbeins* phi-skala, som er bygget over *Wentworths* klassifikation (*Krumbein & Pettijohn* 1938, *Pettijohn* 1949). Hvis *d* er korndiameteren i mm, omsættes denne til phi-værdi efter følgende formel:

$$\text{phi} = \div \log_2 d \quad \text{eller} \quad \text{phi} = \div \frac{\log_{10} d}{\log_{10} 2} \quad 1''$$

Analyse-procedure.

Hver sandprøve blev ved tør *sigtning* opdelt i en række fraktioner. Hver fraktion blev vejlet og dens vægtprocent udledt, desuden blev den mikroskoperet, således at man kunne danne sig et skøn over sandskornenes form og overflade.

Den mindste maskevidde i de anvendte sigter var 0,06 mm. Den procentiske vægtmængde, som passerede denne sigte, var næsten altid mindre end 0,05. Disse fine korn havde omtrent alle nåle- eller kileform. Den største maskevidde var 2 mm; målelige mængder fandtes sjældent ved maskevidder større end 0,75 mm.

Det var ofte nødvendigt at udvaske prøverne for at fjerne salt og organiske rester. Udvaskningen lykkedes ikke altid, idet man i sigter med vidde større end 0,5 mm kunne finde korn sammenkittet af spildolie eller organisk substans. Det betød at vægtprocenterne for grovkornede fraktioner kunne blive for høje, prøver med disse mikrosammensætninger er mærket +.

Enkelte gange behandledes sandet med saltsyre for at fjerne rester af dyrs kalkskaller, men sjældent kunne denne fjernelse spores i fordelingskurverne, og i almindelighed var jeg interesseret i at lade kalkskallerne forblive et naturligt led i prøverne. Skalfragmenterne har dimensioner fra 0,3 mm til 0,75 mm, finere sandfraktioner er uden skaldele.

Når kornenes overflade ikke er konkav, helt eller delvis, *defineres partikelstørrelsen* i kraft af sigtningen ved mindste tværsnitareal; idet man antager, at kornene er nær kugleform, omsættes det målte tværsnitsareal direkte til „hele“ kornets „diameter“. Omskrivningen er naturlig for groft og fint sand, men kan være meget unøjagtig for det allerfineste sand, jfr. omtalen af den mindste maskevidde i sigterne. Det konsekvente ville have været at bestemme en *ækvivalent* diameter udfra den terminale faldhastighed, som det er beskrevet hos *Bagnold* 1954 (pp 3—4) og *Chepil* 1946 (pp 337—338), herved indberegnes også partikel-vægtfyldens indflydelse. På den anden side ønskes også et skøn over størrelsen af det kapillære hulrum i sandet (porositet, permeabilitet, infiltration), hertil ville en direkte optisk måling og optælling være at foretrække.

Da mikroskoperingen sandsynliggjorde, at den overvejende mængde af sandet var kvarts med tilnærmet kugleform (dårlig afrundet), blev kornstørrelsesdefinitionen ved sigternes maskevidde fastholdt som et nemt kompromis.

Statistisk analysemetode.

Kurver: de statistiske parametre er i hovedsagen bestemt grafisk ud fra to forskellige kurvefremstillinger, der blev anvendt samtidigt.

For det første brugtes summationskurver, „større end“, med tilhørende kvartilmåling og procentilmåling efter de forskrifter, som er angivet i *Krumbein & Pettijohns* håndbog. Summationskurven er integralet af den almindeligt tegnede fordelingskurve. Til korndiameteren d_n svarer en vis (n) vægtprocent korn, hvis diameter er større end d .

For det andet er benyttet *Bagnolds* dobbelt-logaritmiske fordelingskurve, som i det følgende kort benævnes *Bagnolds* diagram. Diagrammet er fremstillet således, at ethvert punkt på kurven har koordinaterne y , $\log d_x$ hvor:

$$\log N = y = \log \frac{R}{\log \frac{d_1}{d_2}} \quad \text{og} \quad d_x = \sqrt{\frac{d_1}{d_2}} \quad 2''$$

hvor R er vægtprocenten mellem de to kornstørrelser (i praksis to sigter) d_1 og d_2 . d_x er altså på log.-skala midtpunktet mellem d_1 og d_2 , jfr. *Bagnold* 1937, 1954 og *Chepil* 1946, 1950.

De statistiske parametre, som bestemmes ved hjælp af de to forskellige grafiske præsentationer, er som følger:

1) *Krumbeins* kvartilmåling: gennemsnit udtrykkes ved midttallet, medianværdien M_d , der er den partikelstørrelse, som 50 % af kornene er større end og 50 % mindre end, denne størrelse kan også betegnes ved d_{50} . Endvidere aflæses kvartilerne Q_3 og Q_1 , som for størrelser udtrykt i mm svarer til d_{25} og d_{75} ; uanset skala holdes Q_3 altid større end Q_1 , d. v. s. hvis d omsættes til phi-skala, vil Q_3 svare til ϕ_{75} . Jeg har som *Griffiths* 1951 valgt også at arbejde med procentilerne P_{90} og P_{10} svarende til d_{10} og d_{90} . I tabellerne vil M_d -, Q - og P -værdierne udtrykkes både i tusinddele mm og i phi-enheder og er for kontrollens skyld udregnet på to måder, som per definition er homologe.

$$QD_\phi = \frac{\phi_{75} - \phi_{25}}{2} \quad (\text{udfra phi-enheder i tabellerne}) \quad 3''$$

$$QD_\phi = \frac{1}{\log_{10} 2} \cdot \log_{10} \sqrt{\frac{d_{25}}{d_{75}}} \quad (\text{udfra my-enheder}) \quad 4''$$

Kvartilskævheden, „symmetrien“, udtrykkes ligeledes i ϕ og udregnes på to måder:

$$Sk_{\phi} = \frac{\phi_{75} + \phi_{25}}{2} - \phi_{50} \quad 5''$$

$$Sk_{\phi} = \frac{-1}{\log_{10} 2} \log_{10} \sqrt{\frac{d_{75} d_{25}}{(d_{50})^2}} \quad 6''$$

Sk_{ϕ} bliver negativ ved overvægt af grove korn.

Toppethed, eller sorteringen af anden orden, som jeg vil foretrække at benævne det, måles ved kvartilskurtosis, der er et rent tal og udregnes således:

$$K_{\phi} = \frac{\phi_{75} - \phi_{25}}{2(\phi_{90} - \phi_{10})} \quad 7''$$

$$K_{\phi} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\log \frac{d_{25}}{d_{75}}}{\log \frac{d_{10}}{d_{90}}} \quad 8''$$

Kurtosis udtrykker, hvor stor en brøkdel kvartilspredningen er af vidden ϕ_{90} til ϕ_{10} . Hvis QD_{ϕ} forudsættes konstant, betyder aftagende K_{ϕ} tiltagende „toppethed“ af fordelingskurven; tiltagende kurtosis betyder hurtigere aftagende hyppighed af de extreme værdier i fordelingen.

II) *Bagnolds* diagram: gennemsnit betyder her dominerende kornstørrelse, et typetal eller et modus, P_d , som er antilog. til abscissen til skæringspunktet mellem de to retliniede dele af hans diagram. Thi *Bagnold* hævder, at flyvesandets kornstørrelsesfordeling vil, præsenteret på hans måde, fremtræde som to rette linier, der stiger op mod et kort krumt forbindelsesstykke, bestående af modale værdier, se diagram 1 a. Polymodal fordeling opdeles i monomodale elementer.

Hældningskoefficienten for linien, der indeholder abscisser større end P_d , kaldes grovhedskoefficienten c og bestemmes ved udtrykket:

$$c = \frac{y_a - y_b}{\log d_a - \log d_b} \quad y_a \text{ er ordinat til abscisse } \log d_a \quad 9''$$

Finhedskoefficienten s er bestemt analogt:

$$s = \frac{y_a - y_b}{\log d_a - \log d_b} \quad \text{for } d_a \text{ og } d_b < P_d \quad 10''$$

Bagnold har desuden angivet den lidt usikre størrelse w , som er et mål for sorteringen:

$$\frac{1}{w} = \frac{1}{s} \div \frac{1}{c} \quad \text{det erindres at } c \text{ er et negativt tal.} \quad 11''$$

En kort *sammenlignende vurdering* af de to metoder skal anføres. Begge analyser er uafhængige af de valgte intervaller mellem sigterne, men antallet af sigter er af betydning. *Bagnolds* metode kræver en omhyggelig sigtningsteknik med opdeling i mange fraktioner for at udlede gode parametre. *Krumbeins* metode giver næsten altid mulighed for at bestemme den ene parameter, M_d , nogenlunde sikkert, men behøver herudover ike at give nogen kvalitativ fornemmelse af fordelingen. Dette giver *Bagnolds* metode, selvom parametrene bestemmelse er umulig, polymodal fordeling afsløres let, og talmaterialets ufuldkommenhed ligeledes. Har man bestemt *Bagnolds* parametre, giver disse desværre ikke et eentydigt billede, idet overgangsstykket mellem de retliniede dele kan variere uden at indvirke på parametrene. Overgangsstykket karakteriseres fint ved kvartil- og procentilspredningen.

Den vigtigste begrundelse for *Bagnolds* metode er den betydning, som den giver de små hyppigheder; ved at fremhæve disse, afsløres en lovmæssighed i fordelingen, der er forskellig fra den normale *Gauss*-fordeling. *Krumbeins* arbejdshypotese er lige modsat, idet han mener, at kornstørrelsesfordelingen er en følge af log. til den normale fordelingslov, normal i forhold til ϕ -enheder. Det er tvivlsomt, om der findes een generel matematisk beskrivelse af non-kohæderede sedimenters partikelfordeling, jfr. *Doeglas, Pettijohn*. *Bagnolds* fremhævnings af de extreme værdier er på linie med *Pettijohns* (1949) udtalelse om, at en klar karakterisering af klit- og strandsand måtte være forbundet med „fordelingens haler“.

Ved tydelig usymmetrisk, monomodal fordeling vil P_d og M_d være en del forskellige; M_d vil ligge nærmest den „skæve“ del af kurven. Store værdier af fin og/eller grovhedskoefficienten vil give relativt stor K_{ϕ} . God kvartilsortering vil ofte give sikre parametre fra *Bagnolds* diagram. Det ses, at metoderne afgjort supplerer hinanden. Fra et rent statistisk synspunkt kan der indvendes, at ingen af metoderne er konsekvente og effektive nok, jfr. *Griffiths*.

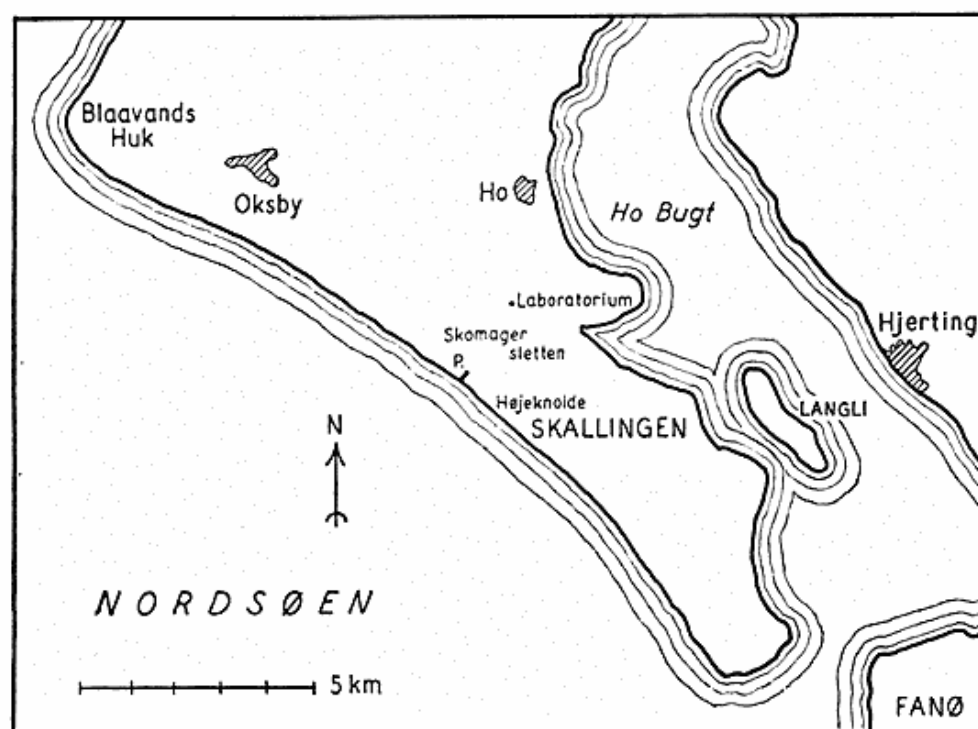


Fig. 1. Prøveliniens (P's) beliggenhed er vist på ovenstående kortskitse af området Blåvands Huk—Skallingen.

Fig. 1. The position of the sample line (P) is shown in the above map-sketch of the area Blåvandshuk—Skallingen.

Beskrivelse af prøvelinien (fig. 2 og 3).

Prøvelinien, eller bedre prøvebæltet, er inddelt i overfladezoner, der som brede bånd, løbende vinkelret på linien, følger kysten ud for Skomagersletten ca. en km. Disse zoner genfindes ved andre kyster. Zonernes beliggenhed fremgår af profilet i fig. 2. Dette viser meget stor overensstemmelse med tilsvarende hos *E. Bro Larsen* 1936 pp 27—38 og *Gerhardt* 1900. Kysten er her en klitkyst under opbygning med klittyperne *Dunus anticus* og *Dunus embryonalis fundatus* næsten enerådende, se fig. 3 og *van Dieren* 1934.

Zone A er meget sjældent blottet, kun ved ekstremt lavvande med østlig blæst; overfladen fremstår da våd og sandet med sandrevler og render dækket af marine ripple marks. Fra zone B til C aftager fugtigheden i den faste jævne overflade samtidigt med, at stenindholdet er stigende. Stenene er „pebbles“ med en diameter på 2—3 cm, deres indbyrdes afstand er decimeter-stor. D, der er en opskylingszone fra en storm, et højvandsmærke, udgør et smalt stykke af en meget blandet beskaffenhed; her ligger sand, vraggods, drivtømmer, mollusk-skaller, ormerør, tang og andet organisk materiale.

Fig. 3

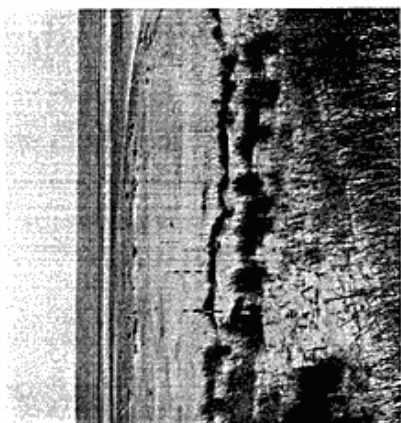


Fig. 4

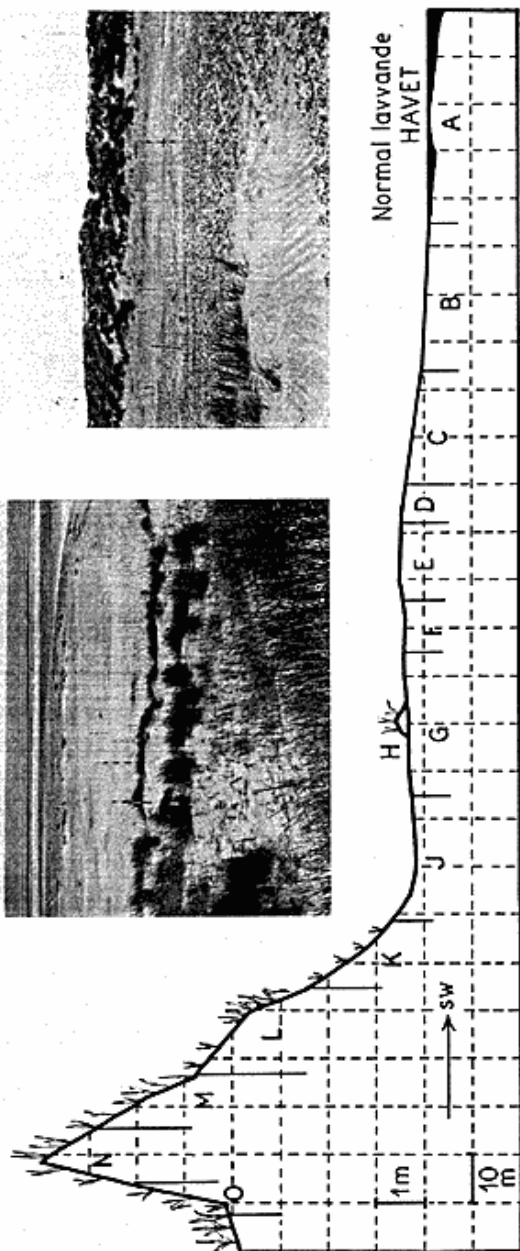
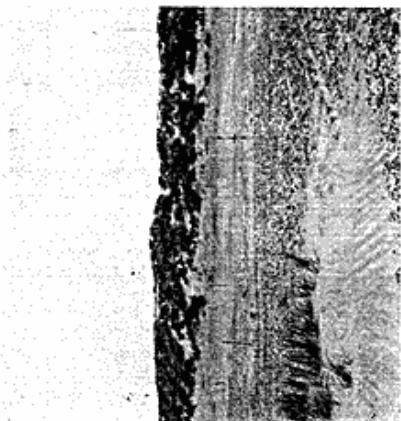


Fig. 2. Et terrainprofil af prøvelinien P på Skallingen. Mod nordøst findes den bløde havklit, *Dunus anticlus*, mod sydvest Nordsoen. Bogstaverne A til O betegner overfladezoner, der har arealer med et inden for zonen ensartet præg, som er beskrevet i teksten. Overhøjningen er 10.

Fig. 3. Prøvelinien set fra klittoppen N mod havet A. Embryonalklitzonen på forstranden ses; til højre for denne findes et lyst buformet parti, der strækker sig ned mod baggrunden, det er resten af et gammelt hestehul, som præger zone F.

Fig. 4. The sample line viewed from the dune top N towards the sea A. The embryonic dune zone on the foreshore is seen; to the right of this is found a light, curved area extending towards the background: it is the remainder of a former horse hole, which characterizes the zone F.

Fig. 2. Terrain-profile of the sample line P on Skallingen. To the north-east is found the white coastal dune, *Dunus anticlus*, to the south-west the North Sea. The letters A till O signify surface zones; within each individual zone the surface is uniform, as described in the text. The exaggeration is 10.

Fig. 4. Havklitten på Skallingen set fra embryonalklitten H, der er omgivet af stenblandet sand. Småstenene er 2-3 cm store.

Fig. 4. The coastal dune on Skallingen viewed from the embryonic dune H, which is surrounded by sand mixed with pebbles, the size of which is 2-3 cm.

Under sandflugt bliver her let akkumuleret sand omkring alle disse opskyllede, lægivende genstande. E—F—G danner et relativt højtliggende strandplan med begyndende klitdannelse i H. Overfladen er en blanding af pebbles, 2—3 cm store, og sand. Småstenene ligger jævnt fordelt med en indbyrdes afstand, der er lig med deres størrelse; denne overflade er blevet beskrevet som type 4 af *Kuhlman* 1957. Den jævne fordeling, den begyndende ørkenbrølægning, er en virkning af sandflugten. E. Bro Larsens betegnelse „deflationsflade“ for partier analoge med zone E til H er lidt uheldig, fordi der som regel aflejres flyvesand her — embryonalklitterne bevidner dette. F er resten af et gammelt „hestehul“, et afløb fra det lave parti ved havklittens fod. H er en 2—3 m² stor embryonalklit, *Dunus emb. fundatus*, der er dannet omkring 30—40 cm høje, spredtstående hjelmeplanter (*Ammophila arenaria*), overfladen er blevet benævnt type 3 (*Kuhlman*). J er den fugtige lavning foran klitfoden, overflade-vandindholdet (0,5 til 18,0%) skyldes regn og klittens udpresede grundvand. Den jævne, faste sandflade, som også fandtes i zone B (C), er før beskrevet som type 5. Under meget store højvander, 10—12 gange pr. år, når havet kommer ind til foden af havklitten, virker J som en afvandingskanal, hvori vandet strømmer langs klitten. Vandet gennembryder strandplanet D—G enten via F eller langt sydligere, ved Høje Knolde.

På K, som er den skrå luvfod af havklitten, findes små hjelmestrå, udplantet med 30—40 cm's mellemrum. Overfladen ligner meget H's. Fra L til N forøges klitgræssernes tæthed og højde. Ved L står græsset i meget store og tætte tuer, 70—100 cm høje og 10—40 cm tykke. Ved M og N er planterne ikke ret tuet, de står jævnt fordelt delvis på grund af plantning. Den stejle læskråning N—O ligner både M og H, idet overfladen har store vegetationsløse partier. Overfladen i havklitten K—O, som består af en regelmæssig mosaik af nøgent sand og klitgræsser, er blevet benævnt overfladetype 2 (*Kuhlman*). Klittens hældninger til luv og læ har omtrent samme gradantal som vegetationsløse ørkenklitter, 8°—10° og 24°—26°.

Sandprøvernes benævnelse.

Der er blevet taget tre slags sandprøver: 1) overfladeprøver, som er repræsentative for en zone, 2) specielle overfladeprøver, der visuelt tydeligt afveg fra det repræsentative. Overfladeprøverne udtoges i de øverste 2 cm sand ved hurtigt at støde samleglas ind i sedimentet. 3) Flyvesand, der under selve fygningen blev opsamlet i fælder. Disse er beskrevet hos *Kuhlman* 1957. Både i 1954 og —55 blev

brugt samleglas nedboret i overfladen. I 1955 anvendtes desuden fælder svarende til *Bagnolds*.

Prøver fra 1954 er benævnt 4 komma, et tal eller et bogstav (undtagen x, y, z.). Bogstav betegner unøjagtige, orienterende prøver, som blot er at opfatte som en vis vejledning. 1954s prøver giver meget usikre parametre med *Bagnolds* metode på grund af for få sigter.

Prøver fra 1955 er mærket 5 komma, et tal. Bi-trimodal fordeling er søgt opdelt i monomodale elementer; hvert element betegnes med hovedprøvens mærke plus x, y eller z; x er det mest grovkornede element, og z er det mest finkornede.

Alle analyserede prøver med eventuelle elementer findes i tabellerne, men for overskuelighedens skyld er en stor del udeladt i diagrammerne. Alle analyser mærket med bogstav er udeladt. I diagrammerne efter *Bagnolds* metode er medtaget alle godt bestemte. I summationskurver er kun tegnet et repræsentativt udvalg, især er variationsbredden anskueliggjort ved hjælp af ekstremt beliggende kurver.

Transporterende kræfters virke.

Følgende transportformer, som må virke i prøveliniens område, kan opstilles:

1. Marin suspension.
2. „ bundtransport.
3. Eolisk suspension (*Bagnold, Chepil*).
4. „ saltation (*Free 1911, Bagnold*).
5. „ bundtransport, krybningen (*Udden, Bagnold*).
6. Rulning og krybning på grund af tyngden alene.

Et syvende punkt, der ikke er en transportform, kan nævnes:

7. Kohæsionen mellem kornene som følge af fugt (saltudskillelse).

De *marine* processer, bølgegang, tidevand og deraf følgende strømme, aftager hurtigt i betydning uden for zone A. De har overalt dannet den grundlæggende aflejring, men deres daglige virke når kun i extreme situationer til zonerne D—K, til gengæld er deres formende arbejde disse få gange om året meget radikal, idet enorme sedimentmængder skifter lejring og plads. Zonerne B og C skifter dagligt udseende på grund af den vekslende vandstand, og her må sedimenterne forventes at have stort marint præg, det samme gælder i de gamle strømningsarealers dybere lag, i F og J.

Den marine aflejring i et eksponeret kystområde vil ofte vise

fattigdom på fine partikler, idet suspensionsaflejring næsten er umulig, *Doeglas*. Strandsand er almindeligvis overordentlig ensartet (*Wentworth*), men både *Kaj Hansen* og *Doeglas* har vist, at poly-modal kornstørrelsesfordeling er hyppig i et tidevandsområde; dette kan skyldes både tilstedeværelsen af flere dynamiske kræfter og eksistensen af aldersforskellige sedimentter. Havets oscillerende bevægelse i havstokken (A—B) virker som en sigtning, hvorved de fine korn siver ned i dybere lag eller udvaskes fudstændigt.

Zonerne L til O består af flere meters lag af *eolisk* aflejret materiale, dette ses på morfologien. Havet når så godt som aldrig disse niveauer. Overfladen af strandplanet fra C til J er under meget varierende indflydelse, det eoliske materiale må betragtes som en fernis på de enorme marine sedimentter, som måske endnu tidligere har været behandlet af vinden. Forstranden er en inderlig blanding af eolisk og marin sedimentation, størst vindaflejring findes i K, H og D.

Ved eolisk transport er saltationen dominerende, 50—80%, og suspensionen plus krybningen eksisterer kun i kraft af denne. Saltationen starter ved en vindhastighed, som er afhængig af kornstørrelsesfordelingens variation og absolutte mål, *Bagnold* 1941, *Chepil* 1945, *Zingg* 1953, *Sundborg* 1955 og *Sindowski* 1956. Partikler fra 0,08 til 0,15 mm kræver den mindste vindstyrke for at sættes i bevægelse, ca. 6 m/sek. i 1 m's højde over det aktuelle strandplan (både mindre og større korn kræver forøget hastighed.) Man kan kalde kornintervallet 0,1—0,4 mm for „sprinter-kornene“, da de starter sandflugten ved næsten samme minimale vindhastighed og ifølge alle iagttagelser udgør hovedmassen af de salterende partikler; *Chepil* betegner dem lidt uheldigt som „de mest erosive“, hans interval er lidt anderledes end det ovenfor nævnte.

Den suspendede transportmasse er ifølge *Chepil* identisk med mængden af partikler $\geq 0,10$ mm, på Skallingen udgjorde disse kun få procent. *Bagnold* anslår, at suspensionen ved almindeligt klitsand højst udgør ca. 5%. Ved superadiabatisk temperaturgradient må det suspendede materiale dog udgøre en større del, jfr. *Sundborg* 1955.

Krybningens størrelse er afhængig af vindstyrken, partikelstørrelsens variationsbredde og overfladens topografi; de krybende sandskorn (som regel $\geq 0,5$ mm) erhverver deres energi fra de hoppedende sandskorn. I almindeligt klitsand vil krybningens betydning aftage med stigende vindhastighed, sandsortering og overfladehældning. I fint, ensartet sand er krybningen minimal ved 10—12 m/sek.

Bagnold har i vindtunnel undersøgt afblæsningsprocessens indflydelse på kornstørrelsernes fordeling. Hvis det antages, at man har en tør, løs overflade, hvis sand har en stor variationsbredde, og at der over fladen blæser en styrkevarieret, men ensartet vind uden „varmeturbulens“, kan man opstille følgende generelle skema for afblæsning: saltationssandets P_d vil ligge i intervallet for „sprinter-korn“, jo længere transporten varer, desto finere bliver P_d i forhold til udgangsmaterialets og krybningens. Dette sidste er en generel iagttagelse både for sandflugt og andre geologiske transportprocesser, *Sindowski, Pettijohn*. Grovhedskoefficienten c (ligning 9'') i det salterende sand nærmer sig til grænseværdien $\div 9$ for alle vindhastigheder, der bliver altså efterladt groft materiale. Finhedskoefficienten s vil i almindelighed være lig med modermaterialets s , ved svag vind efterlades dog også fine korn. De to efterladte elementer danner vindribbernes overflade. Krybningens sand er grovere end modermaterialet, dens grovhedskoefficient har en værdi mellem udgangssandets og saltationens, med tiden vil den nå værdien $\div 9$. s i krybningen vil være større end i alt andet sand. Ved senere aflejring opblandes krybningens materiale i saltationssandet, og polymodal fordeling med usikker bestemmelse af s og c opstår. Krybningens kan adskilles fra saltationens ved at blive standset af hindringer som stenene i E—G, eller af fugtige overflader, B og J, og stejle hældninger, N—O. Ovenstående skema gælder for vind med konstant retning.

I Skallingens prøvelinie vil vindretningen skifte mange gange i løbet af året. På strandplanet kan sandet viftes hid og did og stor blanding foretages. I klitten ligger sandet i læ for østlige og nordlige vinde. Denne lokalitets hyppigste vindretninger er de vestlige, SV—NV, ligeledes synes den „resulterende“ vind at være vestlig. *Danmarks klima* 1933, *K. J. V. Steenstrup* 1894, *A. Schou* 1945, *Landsberg* 1956.

Udfra det tidligere nævnte forventes det, at de generelle træk for afblæsningens indflydelse på kornstørrelserne kan spores i prøvelinien, når man vandrer fra havet ind mod klitten.

Tyngdekraften

virker bestandigt og overalt, men bliver enerådende, hvor totalt læ pludselig indtræder. Det sker bag plantetuer og ved havklittens læskråning. Denne bratte „aflæsning“ af materiale bevirker en sortering, således at grove korn lægger sig yderst og nederst på aflejringens sider, *Melabe* 1952 og *Bagnold* 1954 p 140.

Fugtigheden

i sandoverfladen i A—C varierer med havspejlets niveau, udtørring i denne lokalitet forårsager ofte dannelse af saltskorper. Fugtigheden i den øvrige del af prøveliniens overflade stammer fra nedbøren og varierer med den. Sommeren 1954 havde regn næsten hver dag, hvorved profilet blev godt gennemvædet undtagen visse lag (se *Kuhlman* 1957), saltskorper fandtes ikke. Sommeren 1955 havde ganske få regnbyger, 4 uger i følge var regnløse og kun zone B og J viste overfladefugtighed (1—5%). Det må antages, at fine korn med den relativt større overflade og de mindre kapillærrum har en større kohæsion til overfladen, taget i vid betydning. *Martin Jensen* 1954 har vist, at udtørringen af jord mest afhænger af mulighederne for vanddampbevægelse mellem kornene, vindhastighedens (> 2 m/sek.) vækst øger ikke udtørringens hastighed.

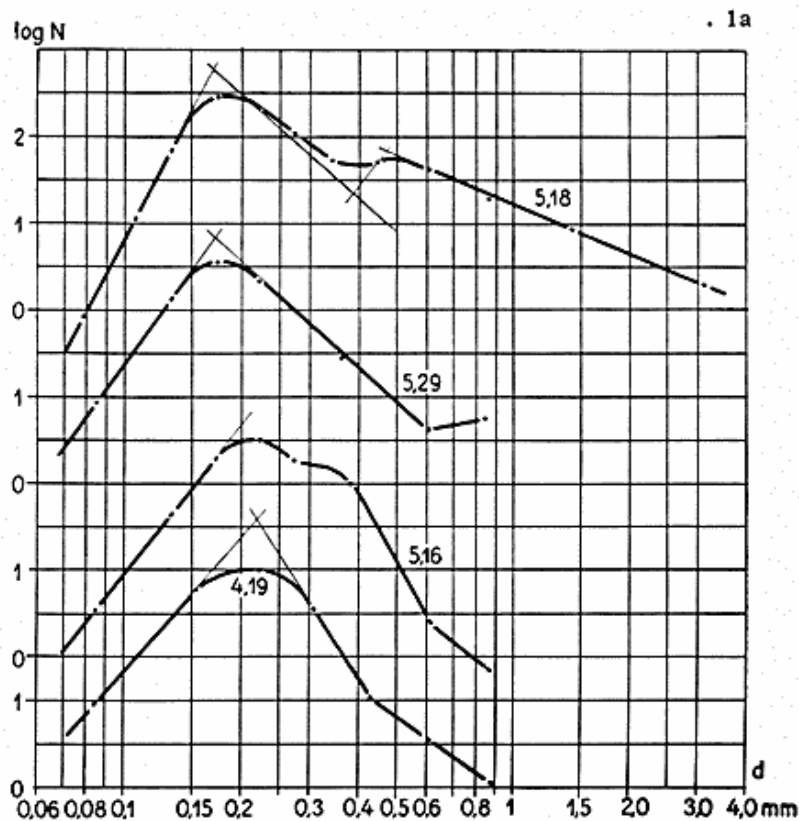
Måleresultater.

1. Modernmateriale.

Analyseresultaterne af repræsentative overfladeprøver fra zone A og D er angivet i tabel 1 og diagram 1. Zonerne antages at indeholde modernmaterialet til flyvesandet i forstranden og klitten.

5,18 og 5,29 er marine prøver. 5,18 er ved vindstille taget i havstokken, hvor havet vaskede frem og tilbage, prøven har da også svag bimodal fordeling, mens 5,29 stort set er monomodal. Hvis 5,18 opdeles i to monomodale elementer, viser det sig, at det fine dominerende element meget ligner 5,29 bortset fra den store finhedskoefficient, der tilskrives udvaskningen i vandkanten. 5,18 har en dominerende kornstørrelse på 0,17 mm med et groft tilslag, som meget langsomt aftager med et lokalt maximum ved ca. 0,5 mm. Sorteringen ligger som følge heraf på grænsen af det, man plejer at betegne som godt. Det er rimeligt at acceptere 5,29 som prototype på marint strandsand i den aktuelle prøvelinie: den er monomodal, næsten symmetrisk med et „gennemsnit“ på 0,17—0,19 mm. De grove korns hyppighed aftager ret langsomt, $c = 4$, finhedskoefficienten er ca. 6. Kvartilspredningen er lille, 0,23, mens kurtosis, sorteringen af anden orden, er middel. Sandskornene er næsten alle blanke og kantede, rundhed = 0,2 ifølge skala hos *Pettijohn* 1949.

4, b, 4,19 og 5,16 er fra opskylningszonen D, som er en blanding af marin og eolisk akkumulation. De er mere eller mindre bimodale, men det er ikke muligt præcist at afgrænse elementerne. Det grove tilslag ses i disse prøver ved de hyppigste kornklasser; det fine element, hvis P_d er øget til omtrent 0,20 mm, er ikke meget forskellig



Tabel 1. Statistiske parametre for kornstørrelsesfordelingen i sand fra havet og opskylningszonen, højvandslinien D. Modermateriale for strandens og klittens overfladesand.

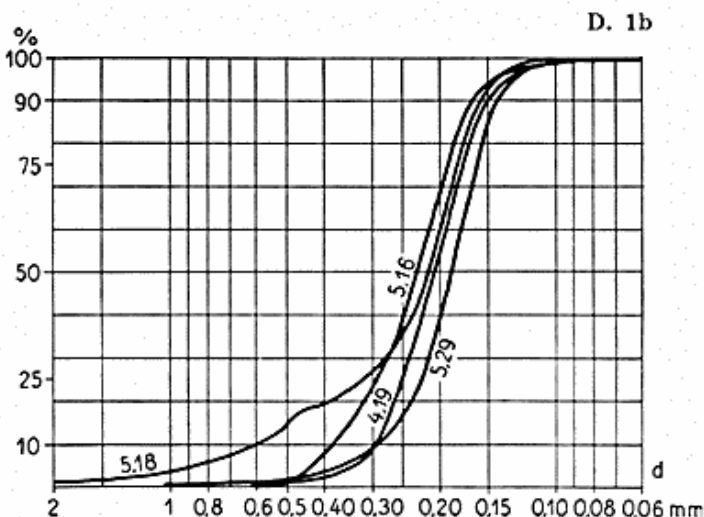
Table 1. Statistical parameters for the distribution of the grain sizes in sand from the sea and from the alluvial zone, the high water mark D. Mother material for the surface sand of the beach and of the dune.

Diagr. 1a. Kornstørrelsesfordelingerne i sand fra havet og opskylningszonen. Abscissen er log. til korndiameteren i millimeter, ordinaten er log. til vægtprocent sand pr. enhed i abscisseskalaen. For hver kurve er ordinataksen forskudt i henhold til de anførte tal.

Diagram 1a. The distribution of the grain sizes in sand from the sea and from the alluvial zone. The abscissa is the logarithm to the grain diameter in mm.; the ordinate is the logarithm to the percentage of sand by weight per unit in the abscissa-scale. For each curve the ordinate axis is shifted in accordance with the figures given.

Diagr. 1b. Summationskurver over kornstørrelsesfordelingerne i sand fra havet og opskylningszonen. Abscissen er log. til korndiameteren i mm, ordinaten er vægtprocent „større end“.

Diagram 1b. Cumulation-curves of the distributions of the grain sizes in sand from the sea and from the alluvial zone. The abscissa is the logarithm to the grain diameter in mm.; the ordinate is percentage by weight "greater than".



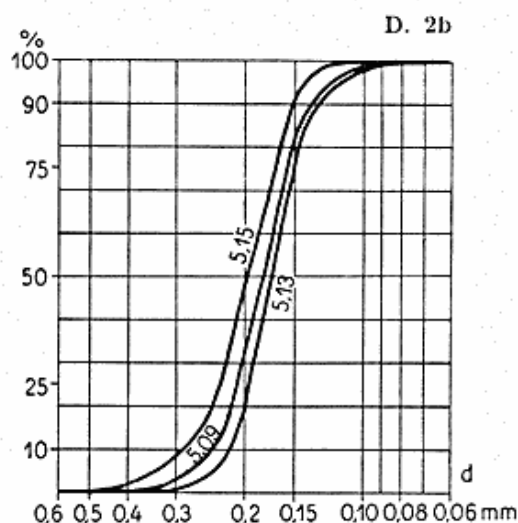
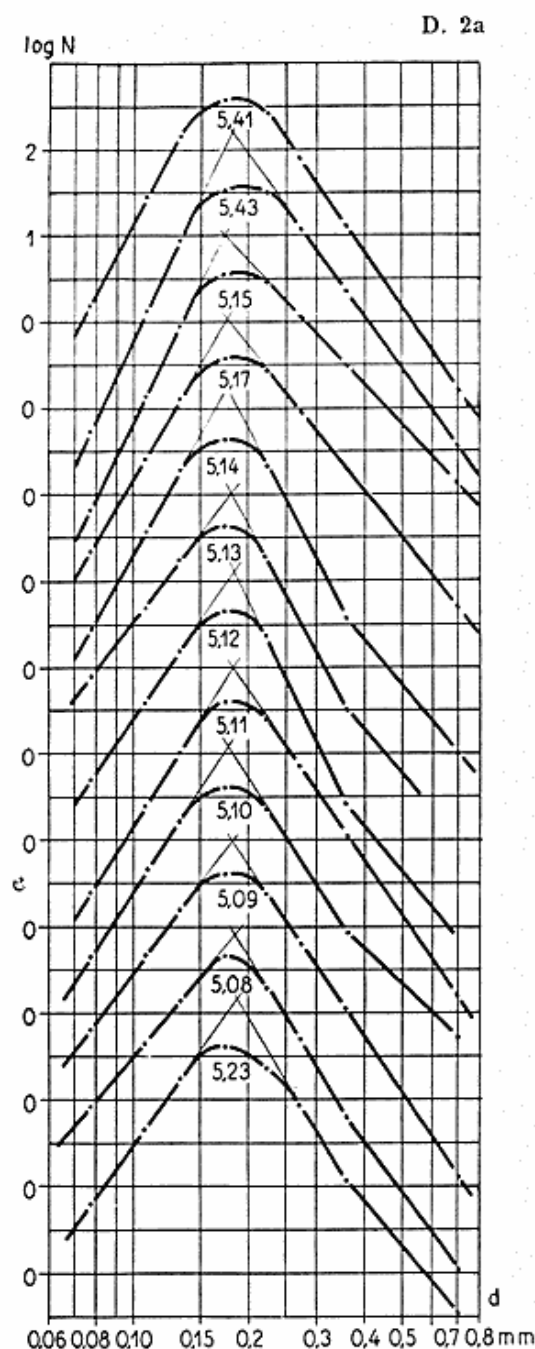


Table 2. Statistical parameters for the distributions of the grain sizes in representative surface sand from the foreshore on Skallingen. + signifies samples with some cementations of fine grains, caused by waste oil and the like.

Diagram 2a. The distributions of the grain sizes in representative surface sand from the foreshore on Skallingen. Coordinates as in diagram 1a.

Diagram 2b. Cumulation-curves of the distributions of grain sizes in representative surface sand from the foreshore on Skallingen. Coordinates as in diagram 1b.

Tabel 2. Statistiske parametre for kornstørrelsesfordelingerne i repræsentativt overfladesand fra forstranden på Skallingen. + betegner prøver med enkelte sammenkitninger af fine korn som følge af spildolie og lign.

Diagr. 2a. Kornstørrelsesfordelingerne i repræsentativt overfladesand fra forstranden, Skallingen. Koordinaterne som i diagram 1a.

Diagr. 2b. Summationskurver over kornstørrelsesfordelingerne i repræsentativt overfladesand fra forstranden på Skallingen. Koordinater som i diagram 1b.

fra det grove med $Pd = 0,35$ mm. Grovhedskoefficienten har dels en høj værdi, 7—8, ved de modale klasser, dels en meget mindre i de extreme svarende til de marine prøvers. Finhedskoefficienten er som hos den marine prototype. Den meget karakteristiske ændring i de grove korns hyppighed tages som tegn på den eoliske transport. Kurtosis udtrykker også dette ved at være større end i de marine prøver, mens kvartilspredningerne har værdier mellem 5,18's og 5,29's. Sandets udseende er som i de marine prøver.

4,19's intermediære stilling mellem 5,16 og 5,29 fremgår tydeligst af *Bagnolds* diagram, som synes mest effektivt, d. v. s. at det med færre parametre giver samme indtryk som *Krumbeins*.

2. Forstranden.

Tabel 2 og diagram 2 viser partikelstørrelsesfordelingen i prøver fra strandplanet, zone B—K, undtaget er zone D.

Alle prøver er tydeligt monomodale og omtrent kvartilsymmetriske med Pd fra 2,40 til 2,52 phi, hvilket svarer til den fine dominerende kornstørrelse i sandet fra A. Md varierer fra 2,34 til 2,56 phi. Prøverne er forbavsende ensartede. Diagrammets kurver giver straks indtrykket af, at sandet er homogent. Det er karakteristisk, at det grove element er totalt forsvundet, idet kornstørrelser over 0,4 mm er meget sjældne. Pd og Md varierer ikke med afstanden fra havet, men muligvis kan der ses en tendens til, at relativt højtliggende steder har grovere gennemsnit. Forskelle mellem prøverne må søges i fordelingskurvens „haler“, de extreme værdier.

5,41 -43 -17 -15 (4, e) har stor finhedskoefficient (7,3—9,4) og en relativt lille grovhedskoefficient (4,7—6,5), der dog er entydigt større end i modermaterialet i A og D. 5,15 fra det gamle afløb er næsten identisk med 5,18y, havstokkens fine element. Den store s-værdi forklares som ved 5,18 og kan muligvis betragtes som et for marin, littoral transport karakteristisk træk.

Zone G med embryonalklitten H viser i 5,12 og 5,13 s- og c-værdier, som er i overensstemmelse med det af *Bagnold* opstillede skema for sand i saltation: c nær 9 og s er lig med modermaterialets. Stenindholdet i E til G hindrer krybningen, som atter bliver mulig ved embryonalklitten. I prøve 5,14 (7 cm's dybde under 5,13) har sandet både eolisk og marint præg, idet både s og c er store. 5,11 kan opfattes som den sandkrybning, der svarer til 5,12.

5,10 -9 -8 -23 ligner meget 5,11. s er omtrent som i den marine prototype. Grovhedskoefficienten ligger midt imellem grænseværdien 9 og modermaterialets, den er størst i klitten. Ved klitfoden er

krybningen mulig, men bliver samtidig tilbageholdt på grund af den lokale terrænstigning. Den bliver en vigtig transportmåde ved siden af saltationen, og ribbedannelse bliver almindeligt.

Sorteringen i alle prøverne, udtrykt ved QD_q og kurtosis, er god. Reduktionen af de extreme værdiers hyppighed giver sig til kende ved den høje kurtosis. Den „marine“ gruppe af forstrandens prøver (5,41—5,15) har en kvartilspredning som i 5,29, men afviger tydeligt fra denne ved kurtosis på ca. 0,27. De øvrige prøver har en fin kvartilsortering, i middel 0,19; K_q er omkring 0,25. Hvis sorteringen måles ved w , ses at strandens sand også er mere ensartet end modermaterialet.

En prøves samlede sortering kan angives ved en funktion:

$$y_{Kq} = f(x_{QD_{phi}}) \quad 12''$$

Denne er af en sådan art for forstrandens sand, at den tilfredsstiller udtrykkene:

$$\frac{y}{x} \geq 1 \quad \text{og} \quad x > 0,15 \quad 13''$$

I prøverne fra embryonalklitterne og zone K spores en tydelig ændring i sandets udseende, idet kornene af størrelsen 0,3—0,5 mm er mere afrundede og hyppigere matte, mens de finere korn er blanke og kantede. *Bagnolds* diagram demonstrerer sin styrke ved at fremstille forskellen mellem 5,13 og 5,14 meget tydeligt.

3. Havklitten.

Sandet, der er repræsenteret i tabel 3 og i diagram 3, er fra klitten L—O, hvor marin aflejring er udelukket. Her transporteres sandet ved saltation, krybning og rulning ved tyngdekraften alene, den eoliske suspension kan der ses bort fra.

Læskråningens (O's) prøver afviger ved første øjekast fra de andre ved at have usikker grovhedskoefficient, således at det monomodale præg ikke er entydigt; først aftager de grovere korns hyppighed langsomt, siden hurtigt. Der har været to sorteringsprocesser, dels vindens, dels tyngdekraftens i det totale læ, som næsten altid findes i zone O. 5,01 og 5,02 minder om modermaterialet i A og D ved den relativt langsomme aftagen af de grovere fraktioners hyppighed, dog spores saltationsprocessen også i $c_2 = 8—8,5$. Den dominerende kornstørrelse i 5,01—2 er omtrent lig det øvrige klitsands. Kvartilsorteringen er dårligere end i prøve 5,29. Kurtosis er jævn; w er mindre end 3,0 og ligner meget de marine prøvers.

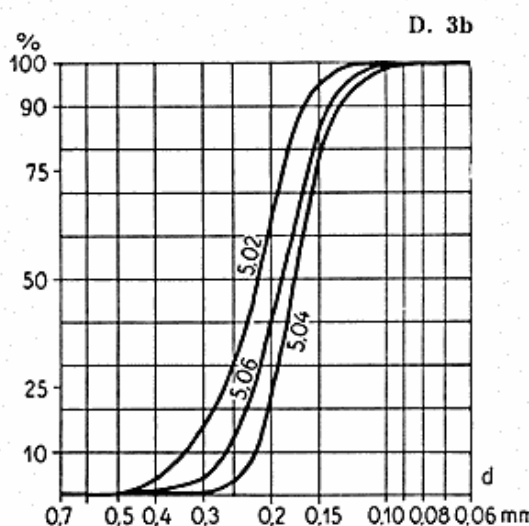
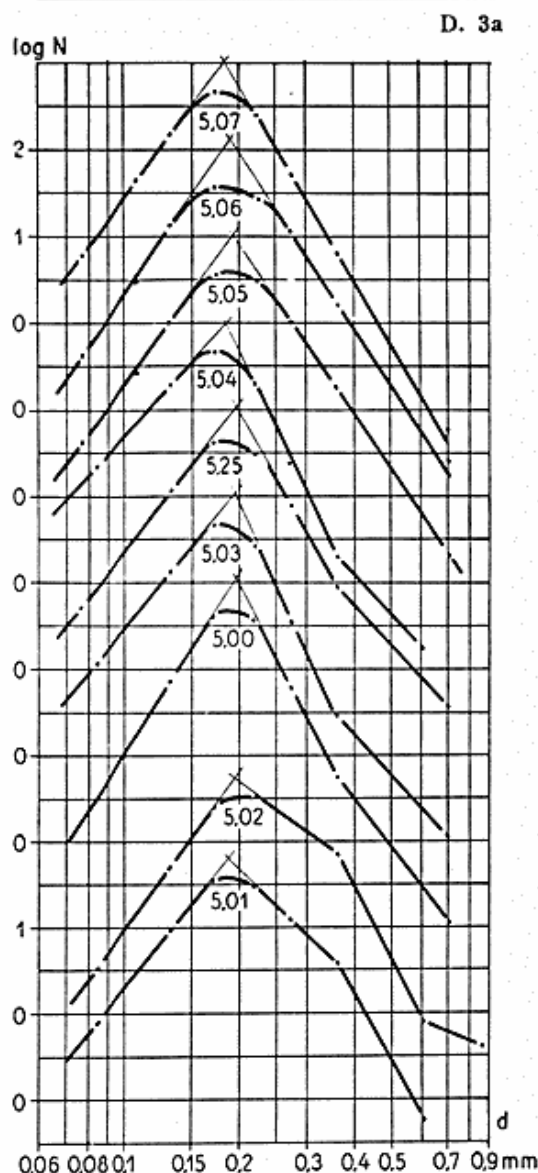


Table 3. Statistical parameters for the distributions of grain sizes in representative surface sand from the white coastal dune, Skallingen. + signifies samples with a few cementations of fine grains.

Diagram 3a. Distributions of grain sizes in representative surface sand from the coastal dune on Skallingen. Coordinates as in diagram 1a.

Diagram 3b. Cumulation-curves of the distributions of grain sizes in representative surface samples from the coastal dune. Coordinates as in diagram 1b.

Tabel 3. Statistiske parametre for kornstørrelsesfordelingerne i repræsentativt overfladesand fra den hvide havklit, Skallingen. + betegner prøve med enkelte sammenkitninger af fine korn.

Diagr. 3a. Kornstørrelsesfordelingerne i repræsentativt overfladesand fra havklitten på Skallingen. Koordinaterne som i diagr. 1a.

Diagr. 3b. Summationskurver over kornstørrelsesfordelingerne i repræsentative overfladeprøver fra havklitten. Koordinaterne som i diagr. 1b.

Havklittens øvrige prøver er monomodale og næsten symmetriske. Pd varierer fra 2,33 phi til 2,43 (og en lidt usikker på 2,52). Md har værdier fra 2,39 til 2,56 phi. Den modale sandfraktion synes i forhold til strandens at være blevet en smule grovere som følge af terrænstigningen, der vil give større vindstyrke og dermed mulighed

for mere udblæsning og sandkrybning. Som helhed har prøverne stor lighed med forstrandens, men ingen steder er den store s -værdi fundet, s varierer fra 4,8 til 6,8.

Det teoretiske saltationspræg kan især iagttages i klittoppen og klitmidten (5,0 -3 -4 -25 og 4,17). c spænder fra 7,8 til 9,8, den sidste høje værdi skyldes måske borttrilningen af grove korn via læskråningen (5,02). Det er ifølge *Bagnold* en almindelig iagttagelse, at c bliver større end 9 i klittoppe. s har standardværdien. Kvartilspredningen ligger meget nær 0,19—0,20, og de store korns sjældne forekomst præger kurtosis, der er fra 0,26 til 0,30. Ligheden med sand ved og i forstrandens embryonalklit ses. Krybningspræg har prøverne 5,07, —,06, —,05 med c fra 6,5 til 7,6 og QD_{ϕ} 0,20—0,24. Sandet minder meget om det i zone K og J og det ovenfor nævnte saltationssand, mest afvigende er det i 5,05.

For sandet i området K til N gælder, at c ligger imellem værdierne 6,5 og 9,8, og s mellem 4,8 og 6,8. Alle prøver i havklitten tilfredsstiller ligningerne 12 $\cdot\cdot$ og 13 $\cdot\cdot$. Korn omkring 0,3 mm har rundhed på 0,4—0,5, mens deres overflade lige hyppigt er mat og blank; finere partikler er blanke og kantede.

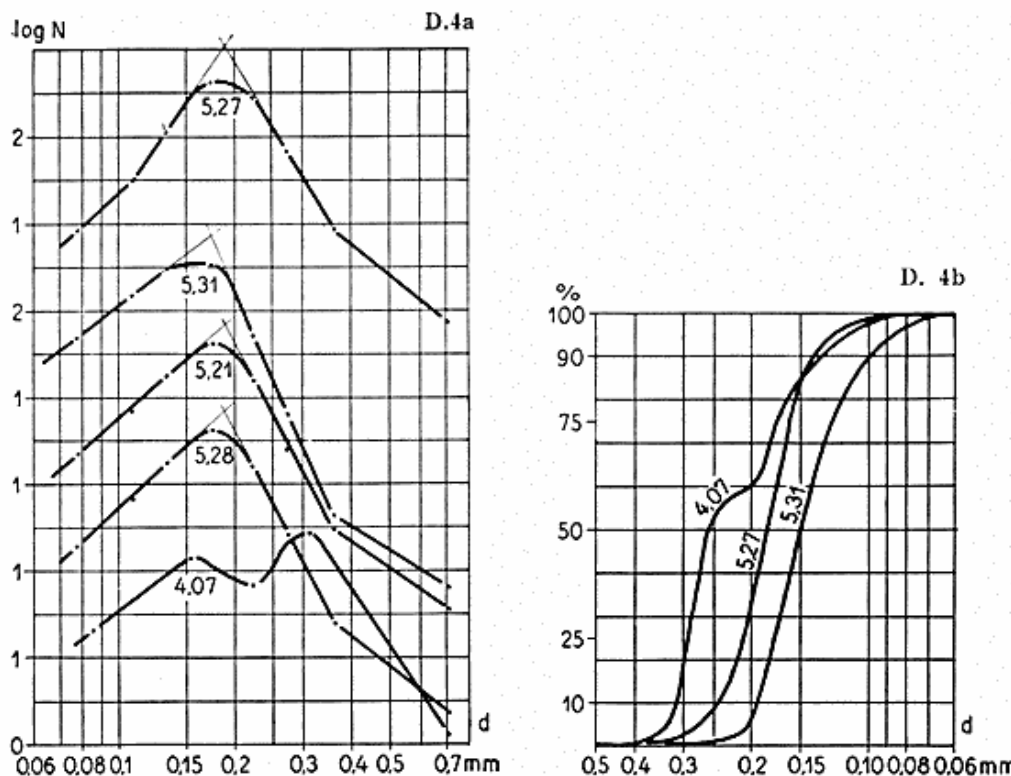
4. Mørkt-farvet sand.

Tabel 4 og diagram 4 viser prøver af overfladesand, som i zonerne visuelt afveg fra det typiske ved at danne mørktfarvede partier.

Dette „sorte“ sand havde en begrænset sporadisk udbredelse både i prøvelinien og i de enkelte zoner. Det mørke sand, som var en samling af opakke mineraler, dækkede dm^2 store arealer. *Sindowski* (1956) kalder de sorte overflader, der oftest ses i vindribbernes dale, for „en hud“ af tungmineraler. Det er et meget træffende udtryk, fordi de opakke mineraler danner lag, hvis tykkelse er 1—3 gange den almindelige korndiameter. Det er derfor svært at indsamle det mørke sand, som i samleglassene giver indtryk af at have „mistet“ farven, af denne grund afveg jeg fra den ordinære indsamlingsteknik (side 29), idet jeg med et samleglas eller et stykke papir søgte at afbarbere overfladens sorte dække.

De opakke mineraler bestod ifølge et usikkert skøn (ved cand. mag. *S. B. Jensen*) af 40% hornblende, 20% magnetit, 10% granat og andre. Det mørke flyvesand på Norderney består mest af granat, magnetit og ilmenit, *Sindowski, F. v. Dürr*, 1952, betegner et stort granatindhold som karakteristisk for flyvesand.

I Danmark har både *E. Warming* 1909 og *A. Jessen* 1925 iagttaget



Tabel 4. Statistiske parametre for kornstørrelsesfordelingen i mørkfarvet overflade-sand, d.v.s. sand med stort indhold af tungminerale i overfladens allerøverste lag. Urklitter er cm-lave skjoldformede klitter, hvis dannelse ikke skyldes læet omkring planter eller større uorganiske objekter.

Table 4. Statistical parameters for the distribution of grain sizes in dark-coloured surface sand, i.e. sand with a big content of heavy minerals in the topmost layers of the surface. Psammogenic dunes are shield-shaped dunes, 1 cm. high, whose formation is not due to the lee around plants or to bigger inorganic objects.

Diagr. 4a. Kornstørrelsesfordelingen i sand med så stort indhold af tungminerale, at det farvede sandoverfladen mørk. Koordinaterne som i diagr. 1a.

Diagram 4a. Distribution of grain sizes in sand with such a big content of heavy minerals that the sand surface was coloured dark. Coordinates as in diagram 1a.

Diagr. 4b. Summationskurver over kornstørrelsesfordelingen i mørkfarvet sand, Skallingen. Koordinaterne som i diagr. 1b.

Diagram 4b. Cumulation-curve of the distributions of grain sizes in dark-coloured sand, Skallingen. Coordinates as in diagram 1b.

det sorte klitsand, som Warming benævner magnetjern; af hans undersøgelser fremgår det klart, at tungmineralkornene er væsentlig mindre end lokalitetens typiske kvarts-sand. I Jessens arbejde er dette knapt så tydeligt. Sindowski meddeler, at tungmineralkornene, som i ribbernes dale udgør 30%, har en diameter fra 0,06 til 0,1 mm, som er ækvivalent med en kvartsstørrelse på 0,1 til 0,2 mm.

Under sigtningen af de tidligere behandlede prøver var jeg stødt

på disse tungmineraller i sigtefraktionerne omkring 0,06 mm, hvis sand fremtrådte mørktfarvet. En mikroskopisk undersøgelse viste, at lidt under halvdelen af kornene havde mørk farve. I prøvelinien blev det sorte sand fundet i zonerne J, K og A—C. Ligesom på Nordey fandtes det i vindribbernes dale, men også i af salt sammenkittede overflader og i den højeste del af urklitter (herved forstås lave, skjoldformede sandaflejringer uden spor vegetation). I havet sås det øverst i sandrevlerne. Det var det almindelige indtryk, at tungminerallerne dukkede op på steder, hvor en ringe transport-reduktion pludselig indtraf. Denne udskillelse formodes at hænge sammen med *Bagnolds* iagttagelse af, at fint sand efterlades ved svag afblæsning.

Skallingens farveprægede sandprøver har monomodal fordeling, undtagen 4,07 med en tydelig uregelmæssighed i den grovkornede del. I 4,07 er det grovere tilslag blevet dominerende.

5,27 er taget fra en marin sandrevle ved ekstremt lavvande. Md og Pd er henholdsvis 2,46 og 2,40, hvilket kan betegnes som normalt for overfladesand i prøvelinien. Både s og c viser to værdier: begge har en mindre i de yderste kornklasser, s er ellers normal, men c er for marint sand meget høj. Prøvens sand ligner kvartssand fra klitfoden. Ligheden gælder også for sorteringen.

De øvrige prøver afviger både fra de repræsentative overfladeprøver og 5,27. Md er finere end hidtil fundet, men Pd kan ikke kaldes unormal. s har værdier nær 4, så små er ikke fundet før, også heri afviger de fra 5,27. Sammenligner man havets og klitfodens mørke sand, ses det forhold, som *Sindowski* omtaler, at under vindtransporten øges tungminerallerne andel i de fine kornstørrelser. Omregnet til ækvivalent diameter ville s sandsynligvis være normal. c har omtrent den teoretiske grænseværdi, det farvede sand har saltationspræg. 5,31, som er samlet øverst i en urklit, har en grovhedskoefficient, der er større end 9, dette kan forklares som ved klittoppen, jfr. *Bagnold* 1954 p. 140. QD_{phi} er stort set som i andet flyvesand i prøvelinien. Den langsomme aftagen af fine korn formindsker både Kq_{phi} og w.

For alle monomodale elementer i tabel 4 gælder, at de tilfredsstiller udtrykkene 12'' og 13'' (4,07 har en meget stor kvartilspredning).

I dette sandmateriale er kornene kantede og blanke, det synes tydeligt, at sandets form og udseende også er en funktion af kornstørrelsen, således som påpeget i *Pettijohns* håndbog, sml. *Cailleux* 1942 og *W. Walther* 1951.

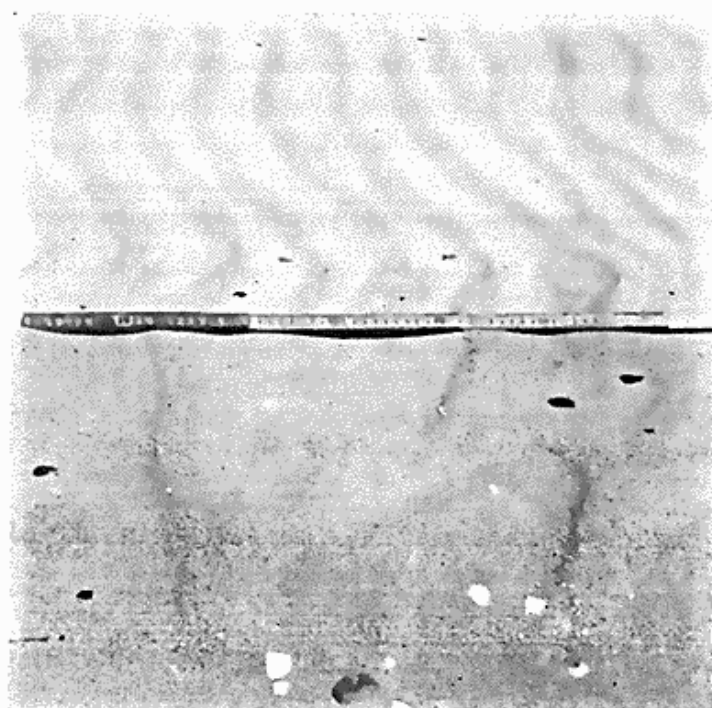


Fig. 5. Nærbillede af meget store vindribber, hvis bølgelængde ses af den indlagte målestok. Prøve 5,42 er taget fra de ribber, som ses på figuren, hvori det svagt ses, at kornene er grove.

Fig. 5. Detailed picture of very big wind-ripples, the wavelength of which is seen from the measuring rule. The sample 5,42 has been taken from the ripples shown in the figure, and where it can be dimly seen that the grains are coarse.

5. Store vindribber.

Foruden det mørke sand fandtes en anden slags atypisk overfladesand. Det var grovere sand, hvis enkelte korn let kunne skelnes med det ubevæbnede øje, og som dannede meget store vindribber.

Disse storribber havde en bølgelængde fra 15 til 40 cm, det normale for prøveliniens sand var 6—10 cm. Ribbernes index lå omkring 10, ifølge *Bagnold* har det almindelige klitsand ribbe-index på 30—70, men 20—60 ifølge *Pettijohn* 1949 p. 131. *Sindowski* (1956) har undersøgt den maximale ribbelængde for korn i intervallet 0,3—0,6 mm og fundet, at længden vokser med kornenes rundhed, således at afrundede havde en maximal ribbelængde fra 20 til 35 cm. Et eksempel på storribber på Skallingen ses på fig. 5 og 6. De dækkede meget små arealer, og deres forekomst var stedvis i prøvelinien. De fandtes ved luvklitfoden i zonerne J og K samt i området mellem havet og opskylningszonen, A—D. De blev dannet på steder, hvor vinden i de jordnære lag blev kraftigt accelereret, samtidigt med at sandet i krybning blev næsten standset i sin be-

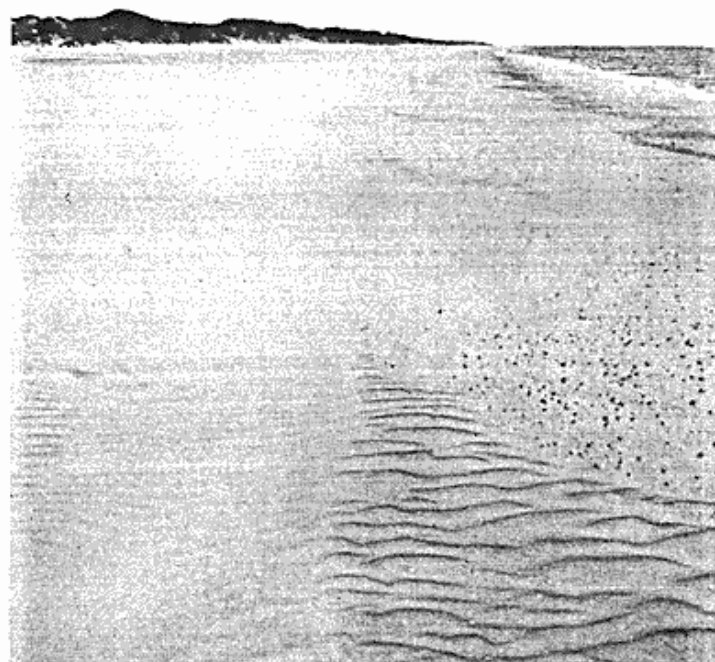


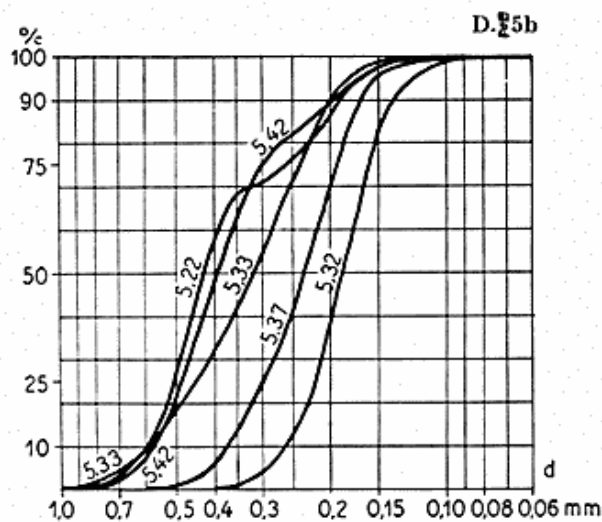
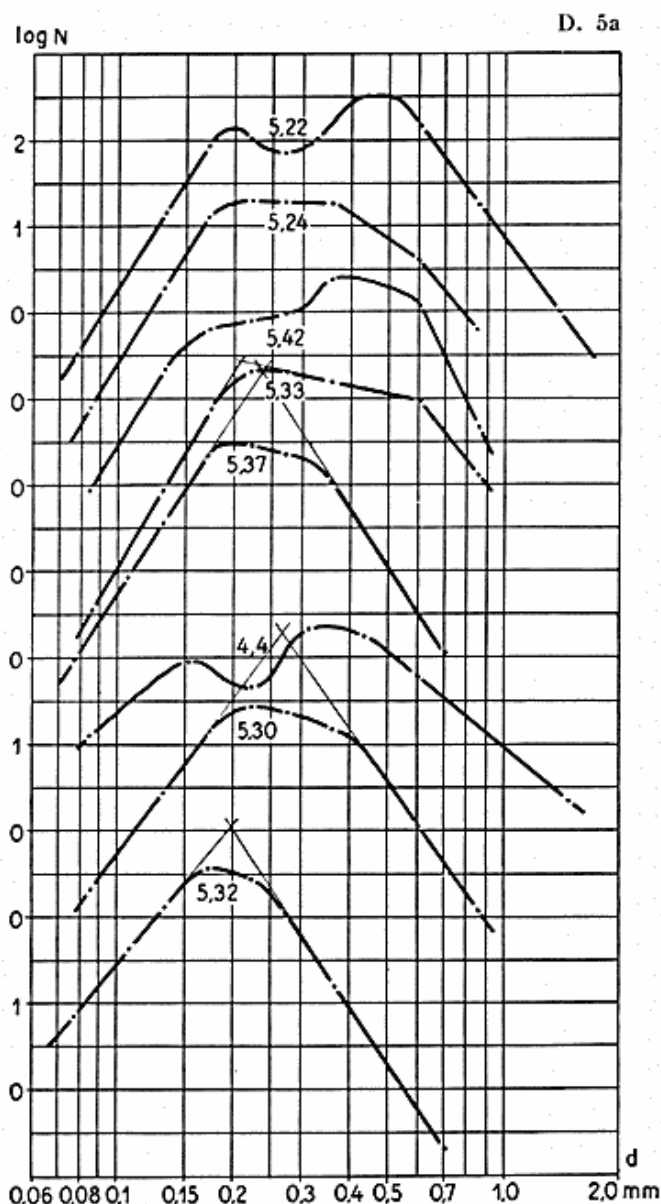
Fig. 6. De store vindribbers placering ses at være i skellet mellem den tørre og den fugtige del af den yderste forstrand. Sandflugten er kommet fra sydøst, d.v.s. den venstre del af billedets baggrund. Sandet til venstre på billedet er kendt fra prøve 5,43.

Fig. 6. The position of the big wind-ripples is seen to be in the border-line between the dry section and the moist section of the outermost part of the foreshore. The sand drift has come from south-east, i. e. the left part of the background of the picture. The sand seen to the left of the picture is known from sample 5,43.

vægelse, således at saltations- og krybningssandet blev effektivt adskilt; grovere partikler blev ladet tilbage.

Dette fænomen iagttoges, for det første ved bratte overfladestigninger ved havklittens luvfod og forstrandens urklitter, for det andet hvor vinden transportererede sand fra en tør, løs overflade til en fast, fugtig sandflade med lille ruhedsparemeter. Fig. 6 viser netop ribber i overgangen mellem de sidstnævnte to overfladetyper. Prøve 5,42 er fra de på fig. 5 og 6 viste vindribber. Sådanne store ribber er også omtalt hos A. Jessen.

Tabel 5 og diagram 5 angiver analyser af det grove sand fra storribberne. Alle prøverne undtagen 5,32 er mere eller mindre bi(tri)-modale med en i forhold til det normale voldsom forgrovnings. 5,22, som er den bedst analyserede, viser i fordelingen to næsten lige dominerende maxima, et omkring 0,2 og et ved 0,5 mm. Maximum i det finkornede svarer til det normale sands, mens det groves maxi-



Tabel 5. Statistiske parametre for kornstørrelsesfordelingerne i de store vindribber på Skallingen. Diagr. 5a. Kornstørrelsesfordelingerne i de store vindribber. Koordinaterne som i diagr. 1a.

Diagr. 5b. Summationskurver over kornfordelingerne i de store ribber. Koordinater som i diagr. 1b.

Table 5. Statistical parameters for the distributions of grain sizes in the big wind-ripples on Skallingen.

Diagram 5a. Distributions of grain sizes in the big wind-ripples. Coordinates as in diagram 1a.

Diagram 5b. Cumulation-curves of the distributions of grains in the big ripples. Coordinates as in diagram 1b.

num ligner tilsvarende hos prøve 5,18. s-værdien er større end standard uden dog at have de „marine“ prøvers høje værdi. c er omtrent midt imellem 4 og 9. Alle forhold taler for den opfattelse, at storribber er efterladt sandkrybningssand. 4,d og 4,3's trimodale fordeling skal ikke berøres nærmere her. De øvrige prøver ses at være variationer over 5,22. Enten aftager det grove maximum i betydning, og der kan dannes følgende række: 5,33 5,24 5,30 5,37 5,32, hvori de to modale værdier mere og mere smelter sammen, eller også aftager det fines maximum: 5,22 4,4 5,42. Uden for de modale klasser aftager hyppighederne hurtigt, både s og c er større end eller lig med 6, og kurtosis bliver stor i elementerne. QD_{ϕ} viser som naturligt dårlig sortering.

Der er grund til at se nærmere på 5,42, fordi der vides så meget om prøvens miljø. 5,42 er udblæst fra en sandet overflade, hvis kornstørrelser er bestemt: 5,43. I 5,42 dominerer det grove element ved 0,5 mm, hvilket bl. a. ses af, at hovedprøvens Md er 1,35 phi. 5,43 var klart monomodal med Pd og Md på henholdsvis 2,47 og 2,34 phi, som passer med det antydede fine element i prøve 5,42, hvis finhedskoefficient er forandret fra ca. 9,5 til ca. 7,5. s synes at være blevet mere „naturlig“ for eoliskpræget sand. c har i 5,42 den Bagnoldske grænseværdi, mens den i 5,43 blot er 6,2. Trods den dårlige sortering har 5,42 tydelige eoliske træk i kornstørrelsesfordelingen. 5,42 ligger mellem de lokaliteter, hvor der tidligere er truffet polymodal fordeling, men den grove dominerende Pd og den meget store mangel på ekstremt grove korn adskiller den fra disse. Denne viden fås nemmest fra Bagnolds diagram.

5,42 har for korn mellem 0,3 og 0,5 mm en ruhed på ca. 0,5, de finere korn er kantede og blanke. Sammenholder man analyse-resultaterne og de ribbelængder, som ses i fig. 5, med *Sindowskis* laboratorieforsøg, ser man stor overensstemmelse.

6. Flyvesand 1955.

Både i 1955 og 1954 blev der indsamlet flyvesand i bevægelse, dette skete dels ved hjælp af glas nedboret i overfladen, dels ved fælder, som principielt er identiske med *Bagnolds* (se *Kuhlman* 1957). Diagram 6 og tabel 6 viser nogle flyvesandsprøver fra 1955. De er meget ensartede til trods for de ulige naturbetingelser, vindhastighed, tid og sted. Prøverne er monomodale og giver god sikkerhed ved bestemmelsen af s, men en del usikkerhed for c. Finhedskoefficienten er i forhold til normalt påfaldende høj og konstant,

dette kan tydes som en målefejl, da de halvsuspenderede korn måske undslipper fælderne, sml. *Niels Nielsen* 1938 og *Zingg* 1951. Med undtagelse af prøve 5,40 varierer Pd fra 2,37 til 2,44 phi og Md fra 2,32 til 2,48 phi, det svarer udmærket til de monomodale repræsentative overfladeprøver.

5,19 og 5,20 er taget fra sandet, stenet overflade omkring opskylningszonen D, de bør sammenholdes med prøverne 5,17, 5,15 og 5,43. Pd og Md passer med de hidtil fundne resultater fra området. Den store finhedskoeff. fandtes også i disse zoners overfladesand. 5,19, hvis grovhedskoeff. ligger nær 5,17's, kan siges at have krybningspræg, 5,20 er mere saltationspræget, sml 4,19 og 5,43. QD_{ϕ} er for begge vedkommende lig med 5,17's. Kurtosis er stor i 5,20, men middel i 5,19, begge prøver tilfredsstiller udtrykkene $12''$ og $13''$. 5,26 og 5,40 stammer fra zoner med ren vindpræget morfologi, embryonalklitten H og havklittens top N. Begge har usikker c-værdi: nær modus er den stor, fjernere er den mindre, det kan opfattes som det krybende sands opblanding i det hoppende. Den store c-værdi i 5,26 er næsten lig grænseværdien 9, som også er fundet i lokalitetens overfladeprøve 5,12. Den meget store grovhedskoeff. i 5,40 skyldes en borttrilning af grovere bestanddele, ganske som tidligere fundet i klittoppe. De to prøvers s-værdi er mærkelig høj i forhold til det hidtil kendte. Både QD_{ϕ} og Kq_{ϕ} vidner om god sortering.

5,34 5,38 5,35 og 5,39 er fra zone B, hvis repræsentative prøve er 5,41. B er en fast, fugtig overflade, hvor sandkrybningen er næsten umulig, prøverne må derfor formodes at bestå udelukkende af saltationssand. De er udtaget i løbet af en periode på 6 timer med sandflugt ved en vindhastighed på 8–10 m/sek. i 1 m's højde. 5,39 er en blanding fra hele perioden. Prøverne viser stor lighed indbyrdes og med 5,41, der kan måske spores en aftagen af de fine korns hyppighed i løbet af måleintervallet. Md og Pd er lidt grovere end i overfladesandet. Både c og s er meget nær som i 5,41, ligeledes sorteringen.

Det er mærkeligt, at dette saltationssand ikke har det forventede præg, c er langt fra værdien 9, og kvartilsorteringen er i forhold til andet flyvesand ringe. Det er nærliggende at antage, at det er fugtigheden i sandoverfladen, som er skyld i ovennævnte afvigelse. Fugtigheden synes indirekte at favorisere de grove korn i flyvesandet, i et tidligere afsnit er dette berørt og vil blive yderligere uddybet i det følgende afsnit.

Flyvesandets udseende og form svarer nøje til overfladesandets.

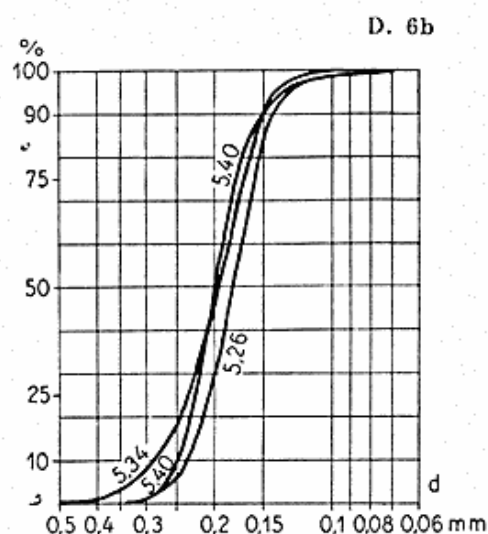
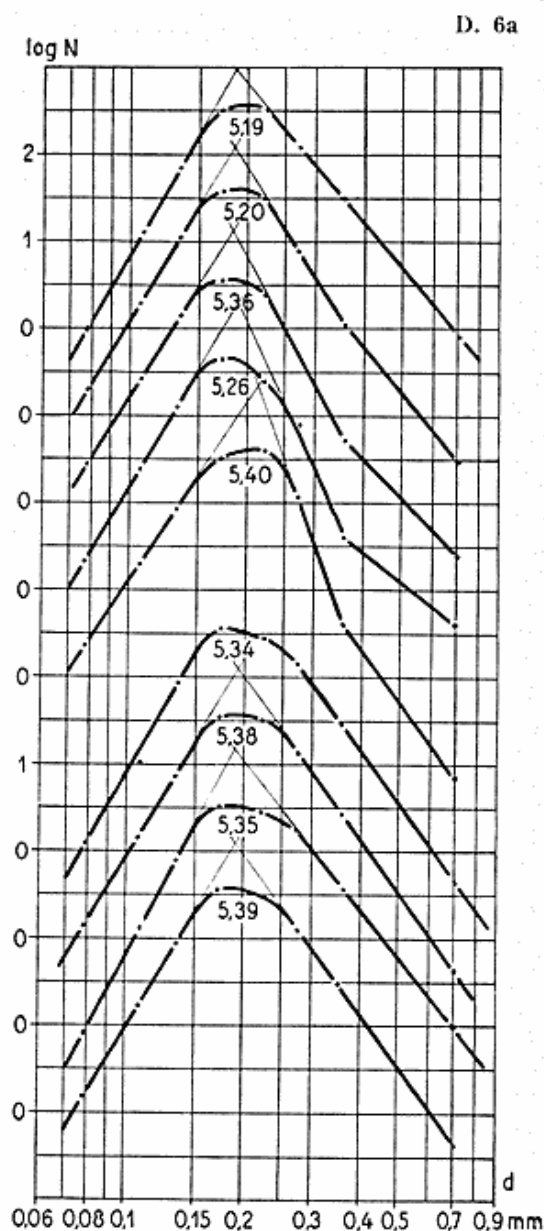


Table 6. Statistical parameters for the distributions of grain sizes in blown sand in 1955. The sand has been captured in movement by means of traps. z represents the altitude at which the wind-velocity has been measured, expressed in cm.

Diagram 6a. Distributions of grain sizes in blown sand from 1955. Coordinates as in diagram 1a.

Diagram 6b. Cumulation-curves for blown sand 1955. Coordinates as in diagram 1b.

Tabel 6. Statistiske parametre for kornstørrelsesfordelingerne i flyvesand i 1955. Sandet er fanget i bevægelse ved hjælp af fælder. z er den højde, hvori vindhastigheden er målt, udtrykt i cm.

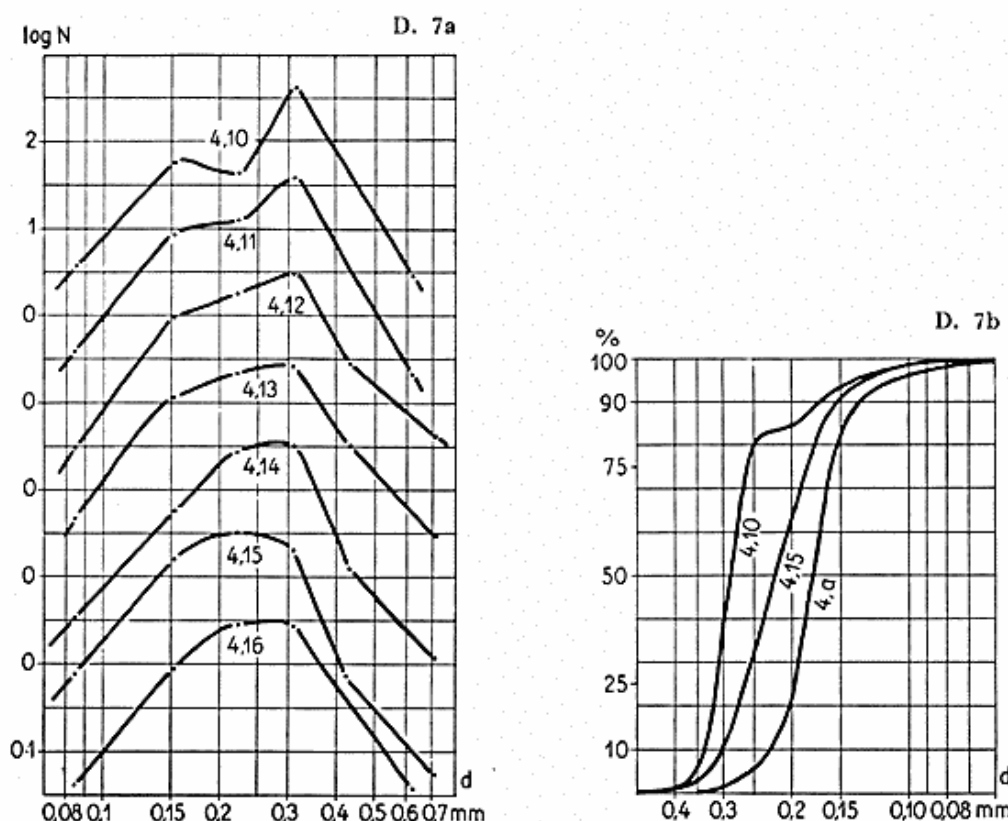
Diagr. 6a. Kornstørrelsesfordelingerne i flyvesand fra 1955. Koordinaterne som i diagr. 1a.

Diagr. 6b. Summationskurver gældende for flyvesand 1955. Koordinaterne som i diagr. 1a.

7. Flyvesand 1954.

Tabel 7 og diagram 7 viser kornstørrelser i flyvesand fra sommeren 1954. Sandet blev fanget i glas.

Sommeren 1954 var meget regnrig i modsætning til sommeren



Tabel 7. Statistiske parametre for kornstørrelsesfordelingerne i flyvesand fra 1954. Sandet havde få promille fugtighed. z, udtrykt i cm, er den højde, hvori vinden måles.

Table 7. Statistical parameters for the distributions of grain sizes in blown sand from 1954. The sand had a water content of few units per thousand. z, expressed in cm., represents the altitude at which the wind is measured.

Diagr. 7a. Kornstørrelsesfordelingerne i flyvesand fra 1954. Koordinater som i diagr. 1a.

Diagram 7a. Distributions of grain sizes in blown sand from 1954. Coordinates as in diagram 1a.

Diagr. 7b. Summationskurver svarende til 1954's flyvesand. Koordinaterne som i diagr. 1b.

Diagram 7b. Cumulation-curves corresponding to blown sand from 1954. Coordinates as in diagram 1b.

1955, der var usædvanlig tør. Prøverne er taget i perioder med forskellig nedbørsmængde og fugtighed. 1) Tiden fra 7. til 9. juni var tør med tiltagende temperatur, prøve 4, c og 4, a. 2) Fra den 9. til den 13. juli kom der enkelte byger med ialt ca. 8 mm nedbør, flyvesandets fugtighed var næsten 0,5%, prøve 4,10 4,11 4,12 og 4,13. 3) Den 16. juli kom et par mm regn, og der blev målt 1—5% fugtighed i overfladen, prøve 4,18. 4) Forud for den 28.—29. juli var gået tre dage med byger, som ialt gav ca. 10 mm regn, overfladens fugtighed

var bagefter ca. 2%, prøve 4,14 4,15 og 4,16. I 1954 var største delen af prøveliniens overflade præget af det fugtige sand, som var sjældent i sommeren 1955 undtagen i zone B.

Skønt prøverne 4,a og 4,c må godtages med mange forbehold på grund af dårlig måleteknik, afviger de dog tydeligt fra de øvrige prøver, hvis kornfordeling er mere eller mindre bimodal med dominerende grovere modus i nærheden af 0,25—0,30 mm. Prøverne efter den 9. juli ligner en del dem fra de store vindribber. Det fin-kornede element er omtrent som i disse. Finhedskoefficienten er nærmest af standardværdi (se prøve 5,29), mens grovhedskoefficienten for korn større end 0,3 mm nærmer sig stærkt til 9. Prøverne har afgjort saltationspræg, og de adskiller sig fra andre bimodale prøver ved meget ringere variationsbredde; korn grovere end 0,3 mm aftager meget hurtigt i hyppighed.

I forhold til det tidligere omtalte klit- og flyvesand synes den dominerende kornstørrelse i det fugtige flyvesand at have nærmet sig den dobbelte diameter. Derimod er fordelingskurvens „haler“ på det nærmeste identiske med det tørre sands. Den tydelige forgrovnings af flyvesandet under fugtige vejrforhold må forklares ved, at fugtighedskohæsionen mellem fine korn og omgivende overflader er meget større end tilsvarende kohæsion for grovere korn. Sandsynligvis foregår kornenes tørring ved hjælp af vinden hurtigst for de grovere. Den kornstørrelse, som behøver den mindste vindhastighed for at sættes i bevægelse, bliver under fugtighedens indflydelse større end ellers. Det er ikke her muligt at sige, hvorledes denne relation er, men det ser ud til, at et par procent fugtighed i overfladen og et par promille i flyvesandet vil ændre den mest mobile korndiameter fra 0,1 til 0,2 mm, d. v. s. en phi-enhed, sml. *Chepil, Bagnold og Sundborg* (1955).

Den bimodale fordeling i 4,07's mørke sand forstås bedst ved at opfatte den som en virkning af fugtighedens indflydelse. Den trimodale fordeling i enkelte store vindribber 4,3 og 4,d må forklares på analog måde. Den langsomme aftagen af grovere korn i flyvesandet over zone B's fugtige overflade i 1955 kan betragtes som begyndende forgrovnings af den modale kornstørrelse.

Tidligere (1957) har jeg beskrevet, at sandflugten i regnrige, blæsende perioder ikke ophører, men er knyttet til steder, hvor der i overfladen findes tørre sandlag, som har overordentlig vanskeligt ved at blive fugtige. Flyvesandet fra 1954 stammede fra sådanne sandlag, hvis sand, som analyserne viste det, var en smule grovere end normalt.

Sandet i de tørre „linser“ består af løst sand, som ofte nyligt er aflejret. Det betyder, at i fugtige vejrperioder vil det vindtransporterede sand komme fra sporadiske sandlag og blive aflejret på ny i sådanne.

En mindre sandmængde har fået „patent“ på sandflugten. Ved starten til bevægelsen og under transporten vil fugtigheden favorisere de lidt grovere korn, således at de tørre sandlag bliver „farvet“ anderledes end det almindelige sand på stedet. Sprinter-kornintervallet (*Chepils* „most erosive“) vil forandres til ca. 0,2—0,4 mm.

De iagttagne forhold ved sandflugt under fugtige vejrforhold er i fuld overensstemmelse med de klassiske iagttagelser, der ligger til grund for *Atterbergs* klassifikation af klastiske sedimenters kornstørrelser. Han lagde netop en vigtig grænse ved 0,2 mm (*A. Atterberg* 1903 og 1905).

Det må antages, at de tørre sandlag sjældent optræder i klitområder med ekstremt fint eller groft sand.

Sammenfatning og konklusion.

1) Hovedmassen af sandet i prøvelinien på Skallingen var fra sted til sted meget ensartet. Kornstørrelsesfordelingen i den overvejende mængde af overfladesandet var næsten symmetrisk monomodal med ringe variationsbredde. Hvordan man end vælger at angive „korngennemsnittet“, vil man finde, at det ligger lidt under 0,2 mm, netop som forventet ud fra *A. Jessens* (1925) og andres arbejder (se historisk oversigt). QD_{ϕ} var normalt 0,2 ϕ , og kurtosis var omkring 0,25. Alle sikre monomodale prøver og prøveelementer tilfredsstillede udtrykkene 12^{..} og 13^{..}. Såvel groft som meget fint sand var sjældent, dette ses bl. a. af grovhedskoefficienten, der hyppigst var 6—9, og finhedskoefficienten, der almindeligst var fra 5 til 7. Men foruden dette fine og velsorterede sand blev der fundet små sandmængder, som var meget afvigende. Dette specielle sand var for det meste groft og ringe sorteret; det var tydeligt, at man bør være forsigtig med at karakterisere et sediment ud fra et par enkelte prøver.

2) I prøvelinien virkede et kompleks af transport- og sorteringsprocesser, se side 30. Det var i nogen grad muligt at adskille disses indvirkning på kornstørrelsesfordelingen. Det *Bagnoldske* skema for eolisk sand i saltation blev fundet gyldigt for en del prøver fra havklitten og embryonalklitzonen, prøve 5,12 og 5,13 i tabel 2; 5,00 og 5,04 i tabel 3; 5,21 og 5,28 i tabel 4; 5,36 og 5,26 i tabel 6; men

ofte var det modificeret i overensstemmelse med, at sandet havde både krøbet og hoppet.

3) Sand, som mest bestod af krybningsmateriale, fremtrådte som store, grovkornede vindribber i zone J—K og B, ribbelængden og kornstørrelserne svarede til *Sindowskis* resultater p. 522. Kornfordelingen viste bimodal struktur med dominerende grovere kornstørrelse, fra 0,3 til 0,6 mm. Det syntes ikke muligt i gennemsnitsstørrelserne at aflæse transportretningen, tabel 2 og 3, sml. A. *Jessen*, *Pettijohn* og *Sindowski*.

4) Ved klittoppen og læskråningen N—O (og enkelte andre steder) iagttoges en kornsortering som væsentlig må skyldes tyngdekraften, der her fik grove korn til at trille ned ad den stejle læskråning, prøve 5,02 og 5,03 i tabel 3. Dette fænomen er også påpeget af *Bagnold*. En sådan sortering ved tyngden langs et skråplan vil i et klitterræn danne sand, som ved sin afvigen fra det normale vanskeliggør en karakterisering af flyvesandet (5,02).

5) Analysen af flyvesand fra en regnrig periode godtgjorde (tabel 7), at fugtigheden har en tendens til at forgrove flyvesandet ved at tilbageholde det finere materiale. På linie med *Atterbergs* iagttagelser fandt man på Skallingen, at den lettest bevægelige kornstørrelse ændredes fra 0,1 mm til ca. 0,2 mm på grund af fugtighedens indflydelse, sml. med *Bagnold* og Å. *Sundborg* (1955). Fugtigheden kan gøre kornfordelingen polymodal — atter et træk som vanskeliggør karakteriseringen af klitsand. De skiftende vindretninger og regn medvirkede til, at der ikke kunne påvises en forfining i middeldkornstørrelsen som følge af afblæsning, snarere sås det modsatte, idet de vigtige tørre sandlinser bestod af sand, der var en smule grovere end normalt flyvesand.

6) I de zoner, som havet oftest havde påvirket, synes havets oscillerende bevægelse at have bevirket en relativ rigdom på groft sand, se prøve 5,18 og 5,29 i tabel 1 og 5,15 i tabel 2.

7) Ofte har det været diskuteret, om der fandtes sikre kendetegn ved eolisk sand, *Udden*, *Bagnold*, *McCarthy* 1935 og 1938, v. *Engelhardt* 1940, A. *Cailleux* 1942, W. *Walther* 1951 og v. *Dürr* 1952. Hovedproblemet har været at kende marint sand, især strandsand, fra klitsand. *Pettijohn* 1949 mener ikke, at dette har været muligt på grundlag af kornstørrelsesfordelingen. Diagnostisering ud fra formen og udseendet af kornene betvivles stadigt, og tungmineralanalyserne er endnu for fåtallige. På Skallingen sås med nogen usik-

kerhed en forøgelse fra havstokken til klitfoden af tungmineralindholdet i de fine kornfraktioner (tabel 4).

I omtale er strandsand sjældent klart defineret. Det danner i virkeligheden et mellemled mellem marint og eolisk sand. I mange klitområder virker både vinden, regnen og tyngden sorterende, således at en karakterisering af en større sedimentmasse, hvis morfologi er eolisk, må baseres på et stort talmateriale.

Af de i dette arbejde anførte analyser synes det at fremgå, at det eoliske sand på Skallingen kan karakteriseres ved de grove korns hurtigt aftagende hyppighed uden for de modale kornklasser. For den overvejende mængde klitsand gjaldt, at dets grovhedskoefficient lå numerisk nær 9. Lignende karaktertræk er påvist allerede af *Bagnold* og *Chepil*; hvorvidt marine prøver hyppigt kan fremvise analoge træk skal være usagt. Eolisk sand vil som regel vise god sortering i hele prøven, for Skallingen skal anføres, at det mest udprægede saltationssand havde $QD_{\phi} = 0,19-0,20$ og $Kq_{\phi} = 0,26-0,29$.

8) Da fordelingskurvens yderværdier måtte tillægges så stor betydning, viste det sig, at med tilstrækkeligt mange sigter var *Bagnolds* analysemetode den mest effektive og konsekvente.

SUMMARY

On Skallingen, north-west of Esbjerg, a series of sand-samples have been taken on the beach and in the coastal dune. Figures 1 and 2 show the sample areas. The coast at the sample line is in construction; the common dune types are *Dunus anticus* and *embryonalis fundatus* (*v. Dieren*).

In the Skalling Laboratory the sand was subjected to an analysis of the grain size by means of sifting. For the statistical analysis two coordinate procedures have been employed, partly *Krumbein's* quartile-measurement and percentile-measurement (*Krumbein & Pettijohn* 1938), partly *Bagnold's* measurement of the coarse-grade coefficient and of the small-grade coefficient (*Bagnold* 1937 and 1954, *Chepil* 1946 and 1950). In this paper a description of these methods of analysis is given. *Wentworth's* classification has been used, and the term grain size is defined by the sieve aperture.

In the above-mentioned tables of the results of the analysis, *Krumbein's* phi-scale has been used to a large extent. ϕ_n represents the grain diameter corresponding to $n\%$ in the cumulation-curve of the distribution of the grains. The samples are marked with an index no.; the figure before the comma is 4 or 5 and signifies 1954 or 1955 respectively. If the

comma is followed by a letter, the analysis is uncertain and is only intended as a guide. If a sample is polymodal, its monomodal elements are marked either with an x, a y or a z according to the index of the main sample. The diagrams only include a representative selection of the analyses contained in the tables. Tables 1, 2 and 3 indicate sand-samples taken at the surface of the sample line. Table 4 deals with sand with a big content of heavy minerals (hornblende, magnetite and garnet). Table 5 comprises particularly coarse sand. Tables 6 and 7 contain analyses of blown sand captured in movement by means of traps, which have previously been mentioned (*Kuhlman 1957*).

The analyses gave the following results:

1) The greater part of the surface sand was almost symmetrically monomodal with a small range of distribution and had an average grain size a little less than 0,2 mm. QD_{ϕ} was normally 0,2 and Kq_{ϕ} about 0,25. For all monomodal samples and sample elements for which a certain analysis was obtained the sorting was of such a nature that the sample always showed:

$$\frac{Kq_{\phi}}{QD_{\phi}} > 1 \quad , \quad QD_{\phi} \text{ extremely rarely less than } 0,15, \\ \text{and } Kq_{\phi} \text{ not greater than } 0,31.$$

Bagnold's coarse-grade coefficient was generally 6—9 and the small-grade coefficient 5—7. Besides the fine, well-sorted sand were found small quantities of sand which deviated more or less from the normal; this renders general characterizations difficult.

2) *Chepil's* researches and the results of my measurements lead to the conclusion that eolic suspension is of no importance on Skallingen. Localities with a pronounced eolic morphology often had sand with such properties, described by *Bagnold*, as are characteristic of eolic sand in saltation (f. inst.: c equal to -9). Table 2: 5,12 and 5,13. Table 3: 5,00 and 5,04. Table 4: 5,21 and 5,28. Table 6: 5,36 and 5,26.

3) Sand which most often moved through eolic creep appeared sporadically in the zones B and K-J, where the wind blowing close to the earth was violently accelerated, at the same time as the bottom-transport almost came to a standstill, for instance on account of humidity. The border-area between a dry, loose sand surface and a firm, moist surface must be emphasized as the ideal locality for very big wind-ripples, cf. figures 5 and 6. The sand was bi-tri-modal at the big ripples; the predominant grain size was 0,3—0,6 mm. The ripple-lengths measured were in conformity with *Sindowski's* measurements (1956 p. 522).

4) The big coarse-grade coefficient in many dune-tops, drawn into attention by *Bagnold* (1954 p. 140) was also observed on Skallingen, sample 5,03, compare 5,02; it is due to the sorting of the grains, caused by the effect of gravity, down the lee-slope (N-O).

5) Under rainy, windy weather conditions the blown sand in the modal grain categories became coarser. This sand was identical with that of the important dry "lenses" (Kuhlman 1957). The grain size which needs the smallest wind-velocity to be put into motion is altered from about 0,1 mm. to about 0,2 mm. at a water content of a new per cent in the surface sand, compare *Bagnold* and *A. Sundborg* 1955 (Table 7).

6) It seems as if the eolic sand in the sample line on Skallingen can be characterized by the rapid decline of the distribution-curve of the frequency of the coarser grains outside the modal categories. For the greater quantity of the sand it proved that the coarse-grade coefficient was numerically in the neighbourhood of 9. The pronouncedly eolic saltation-sand had $QD_{\phi} = 0,19-0,20$ and $Kq_{\phi} = 0,26-0,29$ (sample 5,04, 5,00 and 5,26).

7) The determination of the question whether a sediment is eolic can probably be based exclusively on the distribution of the grain sizes (disputed by *Petljohn* 1949), but only when disposing of a big and well-analysed collection of figures; the present work is a moderate attempt in this respect.

LITTERATUR

- Atterberg, A.* (1903): Sandslagets klassifikation och terminologi. Geol. Fören. Förh. 25. Stockholm.
- Atterberg, A.* (1905): De klastiska jordbeståndsdelarnas terminologi. Geol. Fören. Förh. 27. Stockholm.
- Bagnold, R. A.* (1937): The size-grading of sand by wind. Proc. Roy. Soc. London A 163. London.
- Bagnold, R. A.* (1941): The physics of blown sand and desert dunes. 1. ed. London.
- Bagnold, R. A.* (1954): Den samme, 2. udgave.
- Bang, J. P. F.* (1891): Om de nord- og vestjyske klitters beplantning. Tids. f. Skovbrug. 12. København.
- Bruun, P.* (1954): Coast stability. København.
- Cailleux, A.* (1942): Les actions éoliennes périglaciaires en Europe. (Thèses et Mem.) Soc. Géol. d. France. Paris.
- Chepil, W. S.* (1945): Dynamics of wind erosion. Soil Sci. 61. Baltimore.
- Chepil, W. S.* (1946): Dynamics of wind erosion. Soil Sci. 61. Baltimore.
- Chepil, W. S.* (1950): Se *Zingg*.
- Danmarks Klima 1933.* Udgivet af Det danske meteorologiske Institut. København.
- Dieren, J. W. van* (1934): Organogene Dünenbildung. Haag.
- Doeglas, D. J.* (1956): An exponential function of size frequency distribution of sediments. Geologie en Mijnbouw (NW ser.) 18.
- Dürr, F. von* (1952): Sedimentpetrographische Untersuchungen an einem Dünen-Podsolprofil. Schrift d. Naturw. Ver. f. Schleswig-Holstein. 26:1.

Tabel 1.

Nr.	Dato	Lokalitet	d ₅₀		d ₂₅		d ₇₅		d ₁₀		d ₉₀		QD _q	Skq _q	Kq _q	Pd		÷ c	s	w
			μ	q	μ	q	μ	q	μ	q	μ	q				μ	q			
5,18	20/7	A, havstokken	210	2,25	310	1,69	178	2,49	590	0,76	155	2,69	0,40	+0,16	0,21					
5,18x	"	"	620	0,69	840	0,26	495	1,02	1370	+0,46	432	1,21	0,38	+0,06	0,23	470	1,09	1,9	5,7	1,4
5,18y	"	"	195	2,36	232	2,11	167	2,58	295	1,76	151	2,73	0,24	+0,01	0,25	170	2,56	3,8	8,5	2,6
5,29	24/7	A.	186	2,43	220	2,19	160	2,64	286	1,81	141	2,83	0,23	+0,01	0,23	170	2,56	4,0	6,2	2,4
5,16	20/7	D.	228	2,13	290	1,79	190	2,40	375	1,42	162	2,63	0,31	+0,04	0,25					
5,16x	"	"	345	1,54	390	1,36	301	1,73	440	1,19	280	1,84	0,19	0,01	0,29	c. 340	1,56	8,1		
5,16y	"	"	204	2,29	232	2,11	180	2,48	252	1,99	159	2,65	0,18	0,00	0,28	c. 225	2,15		5,7	
4,b	9/7	D	193	2,37	277	1,85	161	2,64	335	1,58	145	2,79	0,39	+0,13	0,32					
4,bx	"	"	295	1,76	320	1,64	270	1,89	380	1,40	260	1,94	0,12	0,01	0,22	c. 300	1,74	(7)		
4,by	"	"	162	2,63	188	2,41	141	2,83	207	2,27	130	2,95	0,21	+0,01	0,31	c. 150	2,74		(6)	
4,19	9/7	D	206	2,28	248	2,01	172	2,54	291	1,78	151	2,73	0,26	0,00	0,28	223	2,17	{ 7,0 3,2	5,0	2,9

Tabel 2.

Nr.	Dato	Lokalitet	d ₅₀		d ₂₅		d ₇₅		d ₁₀		d ₉₀		QD _q	Skq _q	Kq _q	Pd		÷ c	s	w
			μ	q	μ	q	μ	q	μ	q	μ	q				μ	q			
5,41	14/8	B	182	2,46	213	2,23	157	2,67	248	2,01	140	2,84	0,22	+0,01	0,27	174	2,52	6,5	8,4	3,7
5,43	14/8	C	198	2,34	232	2,11	166	2,59	273	1,87	150	2,74	0,24	0,01	0,28	181	2,47	6,2	9,4	3,7
+5,17	20/7	E	185	2,44	218	2,20	160	2,64	255	1,97	144	2,80	0,22	+0,01	0,27	180	2,48	5,6	7,3	3,2
5,15	"	F	198	2,34	230	2,12	168	2,57	287	1,80	151	2,73	0,23	0,01	0,25	174	2,52	4,7	9,0	3,1
4,e	8/7	G	170	2,56	195	2,36	149	2,75	240	2,06	132	2,92	0,20	0,00	0,23	175	2,52			
+5,13	20/7	G	172	2,54	196	2,35	151	2,73	219	2,19	130	2,95	0,19	0,00	0,25	182	2,46	8,5	5,7	3,4
5,14	"	G, ÷ 7 cm	175	2,52	200	2,32	153	2,71	224	2,16	140	2,84	0,19	0,00	0,28	178	2,49	8,5	7,8	4,1
5,12	"	H	178	2,49	201	2,32	159	2,65	220	2,19	135	2,89	0,17	+0,01	0,24	186	2,43	9,2	6,4	3,8
+5,11	"	H	189	2,40	215	2,22	166	2,59	245	2,03	147	2,77	0,19	0,00	0,25	186	2,43	6,5	6,9	3,3
+5,10	"	J	177	2,50	204	2,29	154	2,70	240	2,06	134	2,90	0,20	0,00	0,24	179	2,48	6,9	6,7	3,4
5,09	"	J	179	2,48	208	2,27	154	2,70	241	2,05	134	2,90	0,22	0,00	0,26	181	2,47	6,5	5,9	3,1
5,08	"	K	176	2,51	199	2,33	156	2,68	230	2,12	133	2,91	0,18	0,00	0,22	189	2,40	7,4	5,2	3,1
5,23	26/7	K	179	2,48	208	2,27	155	2,69	245	2,03	134	2,90	0,21	+0,01	0,24	189	2,40	7,5	6,2	3,4

Tabel 3.

Nr.	Dato	Lokalitet	d ₅₀		d ₂₅		d ₇₅		d ₁₀		d ₉₀		QD _q	Skq _q	Kq _q	Pd		÷ c	s	w
			μ	q	μ	q	μ	q	μ	q	μ	q				μ	q			
4,17	8/7	L	170	2,56	196	2,35	147	2,77	220	2,19	130	2,95	0,21	0,00	0,27	175	2,52			
+5,07	20/7	L	179	2,48	205	2,29	155	2,69	230	2,12	136	2,88	0,20	0,01	0,27	186	2,43	7,6	5,9	3,3
5,06	"	L	186	2,43	220	2,19	159	2,65	260	1,94	140	2,84	0,24	+0,01	0,26	191	2,39	6,8	6,5	3,3
5,05	"	M	189	2,40	220	2,19	164	2,61	260	1,94	142	2,82	0,21	+0,01	0,24	195	2,36	6,5	6,0	3,1
5,04	"	M	172	2,54	196	2,35	151	2,73	218	2,20	132	2,92	0,19	0,00	0,26	190	2,40	9,5	4,8	3,2
5,25	26/7	M	185	2,44	213	2,23	160	2,64	241	2,05	141	2,83	0,21	0,00	0,27	199	2,33	7,8	5,7	3,3
5,03	20/7	N	179	2,48	203	2,30	157	2,67	220	2,19	140	2,84	0,19	0,01	0,29	198	2,34	9,8	5,3	3,4
5,00	4/8	N	191	2,39	220	2,19	167	2,58	240	2,06	152	2,72	0,20	+0,01	0,30	199	2,33	8,6	6,8	3,8
5,02	20/7	O	218	2,20	261	1,94	187	2,42	330	1,60	166	2,59	0,24	+0,02	0,24	196	2,35	{ 3,2 8,5	6,0	2,1
5,01	"	O	198	2,34	233	2,10	168	2,57	290	1,79	150	2,74	0,24	0,00	0,25	190	2,40		5,5	2,4

Tabel 4.

Nr.	Dato	Lokalitet	d ₅₀		d ₂₅		d ₇₅		d ₁₀		d ₉₀		QD _q	Skq _q	Kq _q	Pd		÷ c	s	w
			μ	q	μ	q	μ	q	μ	q	μ	q				μ	q			
5,27	24/7	A, sandrevle	182	2,46	210	2,25	160	2,64	241	2,05	138	2,86	0,20	+0,01	0,24	190	2,40	7,5	6,3	3,4
4,f	10/7	C, i ribber	163	2,62	182	2,46	145	2,79	260	1,94	126	2,99	0,16	0,00	0,16	160	2,64			
5,31	20/7	J, urklit	149	2,75	174	2,52	122	3,04	192	2,38	098	3,35	0,26	0,03	0,26	173	2,53	10,0	3,4	2,5
5,21	23/7	K, i ribber	169	2,57	193	2,37	147	2,77	214	2,23	119	3,07	0,20	0,01	0,23	190	2,40	8,7	3,9	2,7
5,28	27/7	K, "	169	2,57	193	2,37	149	2,75	210	2,25	120	3,06	0,19	0,00	0,23	190	2,40	8,8	4,2	2,8
4,07	16/8	K, "	260	1,94	290	1,79	171	2,55	310	1,69	133	2,91	0,38	0,22	0,31					
4,07x	"	K, "	290	1,79	309	1,70	272	1,88	321	1,64	260	1,94	0,09	0,00	0,30	(300)	(1,74)	(9)		
4,07y	"	K, "	163	2,62	180	2,48	140	2,84	196	2,35	108	3,21	0,18	0,04	0,21	(170)	(2,56)		(4)	

Nr.	Dato	Lokalitet	d ₅₀		d ₂₅		d ₁₅		d ₁₀		d ₉₀		QD _g	Skq _g	Kq _g	Pd		÷ c	s	w
			μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ				μ	σ			
5,42	14/8	B-C	393	1,35	490	1,03	300	1,74	590	0,76	198	2,34	0,36	0,04	0,23					
5,42x	"	"	440	1,19	515	0,96	370	1,43	600	0,74	330	1,60	0,24	0,01	0,28	c. 475	1,07	(9,5)		
5,42y	"	"	203	2,30	238	2,07	173	2,53	259	1,95	149	2,75	0,23	0,00	0,29	c. 200	2,32		(7)	
4,d	13/7	C	215	2,22	315	1,67	130	2,95	700	0,52	099	3,34	0,64	0,09	0,23					
4,dx	"	"	860	0,22	1000	0,00	730	0,45					0,23	0,01		c. 900	0,15			
4,dy	"	"	300	1,74	342	1,55	264	1,92	373	1,42	243	2,04	0,19	0,00	0,30	c. 300	1,74			
4,dz	"	"	135	2,89	170	2,56	107	3,23	200	2,32	090	3,48	0,33	0,00	0,29	c. 150	2,74			
5,32	27/7	C, dal ved: 5,30	186	2,43	219	2,19	159	2,65	260	1,94	136	2,88	0,23	0,00	0,25	199	2,33	6,8	5,3	3,0
5,30	"	C	257	1,96	328	1,61	206	2,28	395	1,34	175	2,52	0,34	+0,02	0,29	270	1,89	6,3	5,9	3,0
5,37	30/7	D	233	2,10	296	1,76	190	2,40	365	1,45	167	2,58	0,32	+0,03	0,28	240	2,06	7,0	6,8	3,5
5,33	"	D	318	1,65	445	1,17	238	2,07	600	0,74	199	2,33	0,45	+0,03	0,28	(210)	(2,25)	(1,0)	7,5	
5,24	23/7	C	300	1,74	398	1,33	224	2,16	485	1,04	187	2,42	0,42	0,01	0,30	(250)	(2,00)	(4,5)	7,1	
5,22	"	J-K	425	1,24	505	0,99	260	1,94	600	0,74	188	2,41	0,48	0,23	0,29					
5,22x	"	"	465	1,11	530	0,92	408	1,29	630	0,67	350	1,52	0,19	0,00	0,22	(470)	(1,09)	6,0	(5,5)	(2,9)
5,22y	"	"	200	2,32	230	2,12	172	2,54	251	2,00	157	2,67	0,21	0,01	0,31	(200)	(2,32)	(5,5)	7,1	(3,1)
4,3	18/7	J-K	340	1,56	530	0,92	240	2,06	700	0,52	147	2,77	0,57	+0,07	0,25					
4,3x	"	"	615	0,70	720	0,47	520	0,94	830	0,27	470	1,09	0,24	0,01	0,29	c. 600	0,74			
4,3y	"	"	315	1,67	360	1,48	275	1,86	400	1,32	252	1,99	0,19	0,00	0,29	c. 300	1,74			
4,3z	"	"	155	2,69	185	2,44	131	2,93	207	2,27	117	3,10	0,25	+0,01	0,30	c. 150	2,74			
4,4	16/8	J-K	320	1,64	408	1,29	200	2,32	520	0,94	140	2,84	0,52	0,17	0,27					
4,4x	"	"	362	1,47	440	1,19	300	1,74	570	0,81	268	1,90	0,28	+0,01	0,25	c. 350	1,52	3,6		
4,4y	"	"	151	2,73	178	2,49	128	2,97	198	2,34	114	3,13	0,24	0,00	0,30	c. 160	2,64			

Nr.	Dato	Lokalitet	Vind m/sek z=100	d ₅₀		d ₂₅		d ₇₅		d ₁₀		d ₉₀		QD _q	Skq _q	Kq _q	Pd		÷ c	s	w
				μ	q	μ	q	μ	q	μ	q	μ	q				μ	q			
5,19	23/7	C-E	8-9	200	2,32	233	2,10	172	2,54	285	1,81	155	2,69	0,22	0,00	0,25	187	2,42	5,2	7,8	3,1
5,20	"	"	"	190	2,40	220	2,19	163	2,62	245	2,03	145	2,79	0,22	0,01	0,29	186	2,43	7,0	7,5	3,6
5,26	27/7	H	6-7	180	2,48	207	2,27	158	2,66	234	2,10	143	2,81	0,20	+0,01	0,27	190	2,40	9,5	7,5	4,2
5,36	4/8	K	6,5	180	2,48	205	2,29	159	2,65	230	2,12	141	2,83	0,19	+0,01	0,26	184	2,44	8,2	7,3	3,9
5,40	13/8	N	7	199	2,33	227	2,14	175	2,52	250	2,00	150	2,74	0,19	0,00	0,25	215	2,22	11,8	6,8	4,3
5,34	2/8	B kl. 10	8	195	2,36	232	2,11	168	2,57	285	1,81	150	2,74	0,23	+0,02	0,25	191	2,39	6,1	7,9	3,4
5,38	"	B " 11	10	198	2,34	232	2,11	168	2,57	278	1,85	152	2,72	0,23	0,00	0,27	193	2,37	6,0	7,5	3,3
5,35	"	B " 16	9	199	2,33	241	2,05	168	2,57	291	1,78	152	2,72	0,26	+0,02	0,27	188	2,41	5,5	8,6	3,4
5,39	"	B " 16	10	195	2,36	230	2,12	168	2,57	279	1,84	150	2,74	0,23	+0,01	0,25	194	2,37	6,1	7,4	3,3

Tabel 7.

Nr.	Dato	Loka- litet	Vind m/sek z=100	d ₅₀		d ₂₅		d ₇₅		d ₁₀		d ₉₀		QD _q	Skq _q	Kq _q	Nr.	Pd		÷ c	s	w
				μ	q	μ	q	μ	q	μ	q	μ	q					μ	q			
4,c	9/7	C-B	7	170	2,56	186	2,43	156	2,68	255	1,97	137	2,87	0,13	0,00	0,14	4,c	c. 160	2,64			
4,a	9/7	N	7	175	2,52	194	2,37	157	2,67	223	2,17	133	2,91	0,15	0,01	0,20	4,a	c. 160	2,64			
4,13	13/7	C	8	257	1,96	310	1,69	198	2,34	350	1,52	155	2,69	0,32	0,05	0,28	4,13	c. 250	2,00	6,5	5,5	3,0
4,12	"	"	"	270	1,89	326	1,62	208	2,27	365	1,45	155	2,69	0,32	0,05	0,26	4,12	c. 250	2,00	8	6	3,4
4,11	"	H	"	282	1,83	310	1,69	235	2,09	335	1,58	165	2,60	0,20	0,06	0,20	4,11x	c. 300	1,74	8		
4,10	"	K	"	282	1,83	310	1,69	260	1,94	335	1,58	165	2,60	0,13	+0,01	0,12	4,11y	c. 175	2,52		5,5	
4,10x	"	"	"	300	1,74	328	1,61	277	1,85	345	1,54	263	1,93	0,12	+0,01	0,31	4,10x	c. 300	1,74	8		
4,10y	"	"	"	169	2,57	189	2,40	150	2,74	202	2,31	128	2,97	0,17	0,01	0,25	4,10y	c. 170	2,56		5	
4,18	16/7	L	12	224	2,16	263	1,93	191	2,39	300	1,74	165	2,60	0,23	0,00	0,27	4,18	c. 225	2,15	7	5,5	3,1
4,16	28/7	H	9	255	1,97	296	1,76	210	2,25	327	1,61	165	2,60	0,25	0,03	0,25	4,16	c. 250	2,00	7,5	5,5	3,2
4,15	29/7	K	7	220	2,19	265	1,92	181	2,47	300	1,74	152	2,72	0,28	0,01	0,28	4,15	c. 250	2,00	10	5	3,3
4,14	"	"	"	265	1,92	300	1,74	230	2,12	330	1,60	184	2,44	0,19	0,01	0,23	4,14	c. 280	1,84	10	5	3,3

5) Under rainy, windy weather conditions the blown sand in the modal grain categories became coarser. This sand was identical with that of the important dry "lenses" (Kuhlman 1957). The grain size which needs the smallest wind-velocity to be put into motion is altered from about 0,1 mm. to about 0,2 mm. at a water content of a new per cent in the surface sand, compare *Bagnold* and *A. Sundborg* 1955 (Table 7).

6) It seems as if the eolic sand in the sample line on Skallingen can be characterized by the rapid decline of the distribution-curve of the frequency of the coarser grains outside the modal categories. For the greater quantity of the sand it proved that the coarse-grade coefficient was numerically in the neighbourhood of 9. The pronouncedly eolic saltation-sand had $QD_{\phi} = 0,19-0,20$ and $Kq_{\phi} = 0,26-0,29$ (sample 5,04, 5,00 and 5,26).

7) The determination of the question whether a sediment is eolic can probably be based exclusively on the distribution of the grain sizes (disputed by *Petitjohn* 1949), but only when disposing of a big and well-analysed collection of figures; the present work is a moderate attempt in this respect.

LITTERATUR

- Atterberg, A.* (1903): Sandslagets klassifikation och terminologi. Geol. Fören. Förh. 25. Stockholm.
- Atterberg, A.* (1905): De klastiska jordbeståndsdelarnas terminologi. Geol. Fören. Förh. 27. Stockholm.
- Bagnold, R. A.* (1937): The size-grading of sand by wind. Proc. Roy. Soc. London A 163. London.
- Bagnold, R. A.* (1941): The physics of blown sand and desert dunes. 1. ed. London.
- Bagnold, R. A.* (1954): Den samme, 2. udgave.
- Bang, J. P. F.* (1891): Om de nord- og vestjyske klitters beplantning. Tids. f. Skovbrug. 12. København.
- Bruun, P.* (1954): Coast stability. København.
- Cailleux, A.* (1942): Les actions éoliennes périglaciaires en Europe. (Thèses et Mem.) Soc. Géol. d. France. Paris.
- Chepil, W. S.* (1945): Dynamics of wind erosion. Soil Sci. 61. Baltimore.
- Chepil, W. S.* (1946): Dynamics of wind erosion. Soil Sci. 61. Baltimore.
- Chepil, W. S.* (1950): Se *Zingg*.
- Danmarks Klima 1933.* Udgivet af Det danske meteorologiske Institut. København.
- Dieren, J. W. van* (1934): Organogene Dünenbildung. Haag.
- Doeglas, D. J.* (1956): An exponential function of size frequency distribution of sediments. Geologie en Mijnbouw (NW ser.) 18.
- Dürr, F. von* (1952): Sedimentpetrographische Untersuchungen an einem Dünen-Podsolprofil. Schrift d. Naturw. Ver. f. Schleswig-Holstein. 26:1.

- Engelhardt, W. von* (1940): Die Unterscheidung wasser- und wind-sortierter Sande auf Grund d. Korngrößenverteilung ihrer leichten und schweren Gemeinteile. *Chemie der Erde*. 12.
- Free, E. E.* (1911): The movement of soil material by wind, with a bibliography of eolian geology. US Dept. Agri. Bur. of Soil Bull. 68. Washington.
- Gerhardt, P.* (ed.) (1900): Handbuch des deutschen Dünenbaues. Berlin.
- Griffiths, J. C.* (1951): Size versus sorting in some Caribbean sediments. *Jour. o. Geol.* 59:3. Chicago.
- Griffiths, J. C.* (1953): Estimation of error in grain size analysis. *Jour. o. Sed. Petrology* 23:2.
- Gry, H.* (1942): Quantitative Untersuchungen über den Sinkstofftransport durch Gezeitenströmungen. *Folio Geogr. Danica* 2:1. København.
- Hansen, Kaj* (1951): Preliminary report on the sediments of the Danish Wadden Sea. *Medd. fra Dansk Geol. Foren.* 12:1. København.
- Hansen, Kaj* (1956): The sediments along the Rømø-dam. *Medd. fra Dansk Geol. Foren.* 13:2. København.
- Hjulström, F. & Sundborg, A. & Falk, A.* (1955): Problems concerning the deposits of windblown silt in Sweden. *Geogr. Ann.* 37:1—2. Stockholm.
- Högbom, J.* (1923): Ancient inland dunes of North and Middle Europe. *Geogr. Ann.* 5. Stockholm.
- Jakobsen, B.* (1953): Landskabsudviklingen i Skallingmarsken. *Geogr. Tids.* 52. København.
- Jensen, Martin* (1954): Shelter effect. København.
- Jessen, A.* (1925): Kortbladet Blåvandshuk. *Dansk Geol. Und.* 1:16. København.
- Jong, J. D. de* (1951): Duin en Zeeland. Verslagen van Landbouwkundige onderzoekingen 57:5. Gravenhage.
- Krumbein, W. C. & Pettijohn, F. J.* (1938): Manual of sedimentary petrography. N.Y. London.
- Kuhlman, H.* (1957): Sandflugt og klitdannelse (English summary). *Geogr. Tids.* 56. København.
- Landsberg, S. Y.* (1956): The orientation of dunes in Britain and Denmark in relation to wind. *Geogr. Jour.* 122:2. London.
- Larsen, E. Bro* (1936): Biologische Studien über die tunnelgrabenden Käfer auf Skallingen. *Vidensk. Medd. f. Dansk Natur. Foren.* 100. København.
- Larsen, E. Bro* (1953): Successionsstudier i et havrendingsområde Skomagersletten, Skallingen. *Geogr. Tids.* 52. København.
- MacCarthy, G. R.* (1935): Eolian sands, a comparison. *Am. Jour. Sci.* 5. Ser. 30. New Haven.
- MacCarthy, G. R. & Huddle, J. W.* (1938): Shape sorting of sand grains by wind action. *Am. Jour. o. Sci.* 5. Ser. 35. New Haven.
- Melabe, L. C.* (ed.) (1952): Air pollution. Proc. of the US Technical Conference on Air Pollution. USA.
- Milthers, V.* (1925): Kortbladet Bække. *Dan. Geol. Und.* 1:15. København.
- Nielsen, Niels* (1935): Eine Methode zur exakten Sedimentationsmessung. *Medd. f. Skalling Laboratoriet.* 1. København.

- Nielsen, Niels* (1938): Et instrument til måling af sand og slamtransporten i strømmende vand. Geogr. Tids. 41. København.
- Pettijohn, F. J.* (1938): se *Krumbein*.
- Pettijohn, F. J.* (1949): Sedimentary Rocks. New York.
- Schou, A.* (1945): Det marine forland. Folia Geogr. Danica 4. København.
- Schou, A.* (1949): Atlas over Danmark I. Landskabsformerne. København.
- Sindowski, K. H. von* (1956): Korngrößen- und Kornform-Auslese beim Sandtransport durch Wind (nach Messungen auf Norderney). Geol. Jahrbuch 71. Hannover.
- Steenstrup, K. J. V.* (1894): Om klitternes vandring. Medd. f. Dansk Geol. Foren. 1. København.
- Sundborg, A.* (1955): se *Hjulström*.
- Udden, J. A.* (1898): The mechanical composition of wind deposits. Augustana Library Publications 1. Ill. USA.
- Udden, J. A.* (1914): Mechanical composition of clastic sediments. Geol. Soc. Am. Bull. 25.
- Warming, E.* (1909): Dansk Plantevækst. 2. Klitterne. København.
- Walter, W.* (1951): Nouvelles recherches sur l'influence des facteurs physiques sur la morphologie des sables éoliens et des dunes. Rev. Geomorph. Dynam. 6.
- Wentworth, C. K.* (1931): The mechanical composition of sediments in graphic form. Univer. o. Iowa Studies in Nat. Hist. 14:3. Iowa City.
- Zingg, A. W. & Chepil, W. S.* (1950): Aerodynamics of wind erosion. Agricul. Engin. 31. Michigan.
- Zingg, A. W.* (1951): A portabel windtunnel and dust collector developed to evaluate the erodibility of field surfaces. Agronomy Jour. 43. Geneva N.Y.
- Zingg, A. W.* (1953): Wind-tunnel Studies of the movement of sedimentary material. Univer. o. Iowa Studies in Engineering Bull. 34. Iowa City.
-

Tabel 1.

Nr.	Dato	Lokalitet	d ₅₀		d ₂₅		d ₇₅		d ₁₀		d ₉₀		QD _q	Skq _q	Kq _q	Pd		÷ c	s	w
			μ	q	μ	q	μ	q	μ	q	μ	q				μ	q			
5,18	20/7	A, havstokken	210	2,25	310	1,69	178	2,49	590	0,76	155	2,69	0,40	÷0,16	0,21					
5,18x	"	"	620	0,69	840	0,26	495	1,02	1370	÷0,46	432	1,21	0,38	÷0,06	0,23	470	1,09	1,9	5,7	1,4
5,18y	"	"	195	2,36	232	2,11	167	2,58	295	1,76	151	2,73	0,24	÷0,01	0,25	170	2,56	3,8	8,5	2,6
5,29	24/7	A.	186	2,43	220	2,19	160	2,64	286	1,81	141	2,83	0,23	÷0,01	0,23	170	2,56	4,0	6,2	2,4
5,16	20/7	D.	228	2,13	290	1,79	190	2,40	375	1,42	162	2,63	0,31	÷0,04	0,25					
5,16x	"	"	345	1,54	390	1,36	301	1,73	440	1,19	280	1,84	0,19	0,01	0,29	c. 340	1,56	8,1		
5,16y	"	"	204	2,29	232	2,11	180	2,48	252	1,99	159	2,65	0,18	0,00	0,28	c. 225	2,15		5,7	
4,b	9/7	D	193	2,37	277	1,85	161	2,64	335	1,58	145	2,79	0,39	÷0,13	0,32					
4,bx	"	"	295	1,76	320	1,64	270	1,89	380	1,40	260	1,94	0,12	0,01	0,22	c. 300	1,74	(7)		
4,by	"	"	162	2,63	188	2,41	141	2,83	207	2,27	130	2,95	0,21	÷0,01	0,31	c. 150	2,74		(6)	
4,19	9/7	D	206	2,28	248	2,01	172	2,54	291	1,78	151	2,73	0,26	0,00	0,28	223	2,17	{ 7,0 3,2	5,0	2,9

Tabel 2.

Nr.	Dato	Lokalitet	d ₅₀		d ₂₅		d ₇₅		d ₁₀		d ₉₀		QD _q	Skq _q	Kq _q	Pd		÷ c	s	w
			μ	q	μ	q	μ	q	μ	q	μ	q				μ	q			
5,41	14/8	B	182	2,46	213	2,23	157	2,67	248	2,01	140	2,84	0,22	÷0,01	0,27	174	2,52	6,5	8,4	3,7
5,43	14/8	C	198	2,34	232	2,11	166	2,59	273	1,87	150	2,74	0,24	0,01	0,28	181	2,47	6,2	9,4	3,7
+5,17	20/7	E	185	2,44	218	2,20	160	2,64	255	1,97	144	2,80	0,22	÷0,01	0,27	180	2,48	5,6	7,3	3,2
5,15	"	F	198	2,34	230	2,12	168	2,57	287	1,80	151	2,73	0,23	0,01	0,25	174	2,52	4,7	9,0	3,1
4,e	8/7	G	170	2,56	195	2,36	149	2,75	240	2,06	132	2,92	0,20	0,00	0,23	175	2,52			
+5,13	20/7	G	172	2,54	196	2,35	151	2,73	219	2,19	130	2,95	0,19	0,00	0,25	182	2,46	8,5	5,7	3,4
5,14	"	G, ÷ 7 cm	175	2,52	200	2,32	153	2,71	224	2,16	140	2,84	0,19	0,00	0,28	178	2,49	8,5	7,8	4,1
5,12	"	H	178	2,49	201	2,32	159	2,65	220	2,19	135	2,89	0,17	÷0,01	0,24	186	2,43	9,2	6,4	3,8
+5,11	"	H	189	2,40	215	2,22	166	2,59	245	2,03	147	2,77	0,19	0,00	0,25	186	2,43	6,5	6,9	3,3
+5,10	"	J	177	2,50	204	2,29	154	2,70	240	2,06	134	2,90	0,20	0,00	0,24	179	2,48	6,9	6,7	3,4
5,09	"	J	179	2,48	208	2,27	154	2,70	241	2,05	134	2,90	0,22	0,00	0,26	181	2,47	6,5	5,9	3,1
5,08	"	K	176	2,51	199	2,33	156	2,68	230	2,12	133	2,91	0,18	0,00	0,22	189	2,40	7,4	5,2	3,1
5,23	26/7	K	179	2,48	208	2,27	155	2,69	245	2,03	134	2,90	0,21	÷0,01	0,24	189	2,40	7,5	6,2	3,4

Tabel 3.

Nr.	Dato	Lokalitet	d ₅₀		d ₂₅		d ₇₅		d ₁₀		d ₉₀		QD _q	Skq _q	Kq _q	Pd		÷ c	s	w
			μ	q	μ	q	μ	q	μ	q	μ	q				μ	q			
4,17	8/7	L	170	2,56	196	2,35	147	2,77	220	2,19	130	2,95	0,21	0,00	0,27	175	2,52			
+5,07	20/7	L	179	2,48	205	2,29	155	2,69	230	2,12	136	2,88	0,20	0,01	0,27	186	2,43	7,6	5,9	3,3
5,06	"	L	186	2,43	220	2,19	159	2,65	260	1,94	140	2,84	0,24	+0,01	0,26	191	2,39	6,8	6,5	3,3
5,05	"	M	189	2,40	220	2,19	164	2,61	260	1,94	142	2,82	0,21	+0,01	0,24	195	2,36	6,5	6,0	3,1
5,04	"	M	172	2,54	196	2,35	151	2,73	218	2,20	132	2,92	0,19	0,00	0,26	190	2,40	9,5	4,8	3,2
5,25	26/7	M	185	2,44	213	2,23	160	2,64	241	2,05	141	2,83	0,21	0,00	0,27	199	2,33	7,8	5,7	3,3
5,03	20/7	N	179	2,48	203	2,30	157	2,67	220	2,19	140	2,84	0,19	0,01	0,29	198	2,34	9,8	5,3	3,4
5,00	4/8	N	191	2,39	220	2,19	167	2,58	240	2,06	152	2,72	0,20	+0,01	0,30	199	2,33	8,6	6,8	3,8
5,02	20/7	O	218	2,20	261	1,94	187	2,42	330	1,60	166	2,59	0,24	+0,02	0,24	196	2,35	{ 3,2 8,5	6,0	2,1
5,01	"	O	198	2,34	233	2,10	168	2,57	290	1,79	150	2,74	0,24	0,00	0,25	190	2,40		5,5	2,4

Tabel 4.

Nr.	Dato	Lokalitet	d ₅₀		d ₂₅		d ₇₅		d ₁₀		d ₉₀		QD _q	Skq _q	Kq _q	Pd		÷ c	s	w
			μ	q	μ	q	μ	q	μ	q	μ	q				μ	q			
5,27	24/7	A, sandrevle	182	2,46	210	2,25	160	2,64	241	2,05	138	2,86	0,20	+0,01	0,24	190	2,40	7,5	6,3	3,4
4,f	10/7	C, i ribber	163	2,62	182	2,46	145	2,79	260	1,94	126	2,99	0,16	0,00	0,16	160	2,64			
5,31	20/7	J, urklit	149	2,75	174	2,52	122	3,04	192	2,38	098	3,35	0,26	0,03	0,26	173	2,53	10,0	3,4	2,5
5,21	23/7	K, i ribber	169	2,57	193	2,37	147	2,77	214	2,23	119	3,07	0,20	0,01	0,23	190	2,40	8,7	3,9	2,7
5,28	27/7	K, "	169	2,57	193	2,37	149	2,75	210	2,25	120	3,06	0,19	0,00	0,23	190	2,40	8,8	4,2	2,8
4,07	16/8	K, "	260	1,94	290	1,79	171	2,55	310	1,69	133	2,91	0,38	0,22	0,31					
4,07x	"	K, "	290	1,79	309	1,70	272	1,88	321	1,64	260	1,94	0,09	0,00	0,30	(300)	(1,74)	(9)		
4,07y	"	K, "	163	2,62	180	2,48	140	2,84	196	2,35	108	3,21	0,18	0,04	0,21	(170)	(2,56)		(4)	

Nr.	Dato	Lokalitet	d ₅₀		d ₂₅		d ₁₅		d ₁₀		d ₉₀		QD _g	Skq _g	Kq _g	Pd		÷ c	s	w
			μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ				μ	σ			
5,42	14/8	B-C	393	1,35	490	1,03	300	1,74	590	0,76	198	2,34	0,36	0,04	0,23					
5,42x	"	"	440	1,19	515	0,96	370	1,43	600	0,74	330	1,60	0,24	0,01	0,28	c. 475	1,07	(9,5)		
5,42y	"	"	203	2,30	238	2,07	173	2,53	259	1,95	149	2,75	0,23	0,00	0,29	c. 200	2,32		(7)	
4,d	13/7	C	215	2,22	315	1,67	130	2,95	700	0,52	099	3,34	0,64	0,09	0,23					
4,dx	"	"	860	0,22	1000	0,00	730	0,45					0,23	0,01		c. 900	0,15			
4,dy	"	"	300	1,74	342	1,55	264	1,92	373	1,42	243	2,04	0,19	0,00	0,30	c. 300	1,74			
4,dz	"	"	135	2,89	170	2,56	107	3,23	200	2,32	090	3,48	0,33	0,00	0,29	c. 150	2,74			
5,32	27/7	C, dal ved: 5,30	186	2,43	219	2,19	159	2,65	260	1,94	136	2,88	0,23	0,00	0,25	199	2,33	6,8	5,3	3,0
5,30	"	C	257	1,96	328	1,61	206	2,28	395	1,34	175	2,52	0,34	+0,02	0,29	270	1,89	6,3	5,9	3,0
5,37	30/7	D	233	2,10	296	1,76	190	2,40	365	1,45	167	2,58	0,32	+0,03	0,28	240	2,06	7,0	6,8	3,5
5,33	"	D	318	1,65	445	1,17	238	2,07	600	0,74	199	2,33	0,45	+0,03	0,28	(210)	(2,25)	(1,0)	7,5	
5,24	23/7	C	300	1,74	398	1,33	224	2,16	485	1,04	187	2,42	0,42	0,01	0,30	(250)	(2,00)	(4,5)	7,1	
5,22	"	J-K	425	1,24	505	0,99	260	1,94	600	0,74	188	2,41	0,48	0,23	0,29					
5,22x	"	"	465	1,11	530	0,92	408	1,29	630	0,67	350	1,52	0,19	0,00	0,22	(470)	(1,09)	6,0	(5,5)	(2,9)
5,22y	"	"	200	2,32	230	2,12	172	2,54	251	2,00	157	2,67	0,21	0,01	0,31	(200)	(2,32)	(5,5)	7,1	(3,1)
4,3	18/7	J-K	340	1,56	530	0,92	240	2,06	700	0,52	147	2,77	0,57	+0,07	0,25					
4,3x	"	"	615	0,70	720	0,47	520	0,94	830	0,27	470	1,09	0,24	0,01	0,29	c. 600	0,74			
4,3y	"	"	315	1,67	360	1,48	275	1,86	400	1,32	252	1,99	0,19	0,00	0,29	c. 300	1,74			
4,3z	"	"	155	2,69	185	2,44	131	2,93	207	2,27	117	3,10	0,25	+0,01	0,30	c. 150	2,74			
4,4	16/8	J-K	320	1,64	408	1,29	200	2,32	520	0,94	140	2,84	0,52	0,17	0,27					
4,4x	"	"	362	1,47	440	1,19	300	1,74	570	0,81	268	1,90	0,28	+0,01	0,25	c. 350	1,52	3,6		
4,4y	"	"	151	2,73	178	2,49	128	2,97	198	2,34	114	3,13	0,24	0,00	0,30	c. 160	2,64			