

Sandvandringer i Hornbækbugten i årene 1959—70

Af Kaj Hansen

Abstract

1959-70, observations have been made of the bay Hornbækbugten where erosion and ablation of the beach alternate regularly. From 1965-70 the state of equilibrium was disturbed by additional supplies of sand.

Indledning

Kysterne i vore indre farvande har gennemgående en meget stabil karakter. Ændringer i form af fremvoksning af odder og tanger foran visse bugter eller fjorde eller udgående fra fremspringende punkter på kysten, og som mere eller mindre har haft deres rod i de postglaciale niveauforandringer, er for de flestes vedkommende tilendebragt, og besøger man de danske kyststrækninger med års mellemrum, er det i de færreste tilfælde muligt at se nogen forandring.

Et sådant tilfælde findes dog på Sjællands nordkyst ved Julebæk v. f. Helsingør. Her har der siden 1938 fundet en meget stærk tilbagerykning sted af kysten, og samtidig en aflejring af det nedbrudte materiale umiddelbart øst for det angrebne område. Denne proces fandt sted i løbet af ganske få år, og er siden gået i stå.

Stranden v. f. Hornbæk har derimod tilsyneladende ganske det samme udseende, som forfatteren husker den fra forskellige besøg i tyverne og trediverne, og nogen større forskydning af kystlinien finder heller ikke sted i nutiden.

Regelmæssige observationer flere gange årligt har imidlertid vist, at der siden 1959 har fundet visse forandringer sted i strandzonen, alt efter vindforhold og bølgepåvirkning, og det er disse forandringer gennem ti år, der gøres rede for i det følgende. Der foreligger ingen direkte målinger af stranden eller den udenfor liggende havbund, men kun regelmæssige dagbogsnotater og talrige fotografier, flest i tidsrummet mellem begyndelsen af april til slutningen af oktober. De første år var det særlig stranden mellem Kildekrog og nedkørslen til Prinsesse Margarethas Børnesanatorium, der blev holdt under

observation, men senere udstraktes det undersøgte område mod vest helt til udmundingen af Pandehave Å, og mod øst til Hornbæk. Disse yderområder er dog mere sporadisk behandlede end den centrale del.

Sjællands nordkyst mellem Helsingør og Villingebæk

Rørdam (1892) skriver, at går man fra Helsingør ad landevejen til Hornbæk, vil man iagttage, at kysten på hele strækningen har samme fysiognomi. Yderst ude ved Sundet finder man den nuværende havstok, som nogle steder er forstyrret ved opfyldningsarbejde på grund af den stærke bebyggelse. Til den nuværende havstok slutter sig i reglen med temmelig skarp overgang en række af ældre havstokke opbygget af strandsand og rullet grus. Den mest udprægede af disse havstokke er den ældste på 30-32' (9,6-10,2 m). En lavere havstok på 10-17' (3,2-5,4 m) er også på større strækninger meget tydelig, men kan dog ikke måle sig med den 30' havstok, der, omend med afbrydelser, kan følges fra Helsingør til Lynæs. Inden for den 30' havstok hæver den gamle kystlinie sig med temmelig stejle klinter.

Fra Helsingør til Ellekilde er forholdene som fremstillet i fig. 1, der forestiller et snit vinkelret på kystlinien gennem de hævede havstokke og noget op i strandklinten på det sted, hvor strandvejen løber ind i Hornbæk Plantage.

I den høje skrænt står der iflg. *Rørdam* øverst en yngre moræne, hvilende på diluvialsand, der igen hviler på ældre moræneler, der strækker sig som en abrasionsflade ud mod stranden. På denne flade ligger de postglaciale havstokke, inderst strandsand, og nedenfor det, strandgrus. Det nedre moræneler kommer frem flere steder i strandklinerne i Hornbæk Plantage og ved Kildekrog, hvor det har givet anledning til udskridninger i klinten.

Alderen af disse gamle havstokke har været omdiskuteret (*Rørdam* 1892 a.b., *Ussing* 1892, 1899, 1904, *Madsen* 1942, *S. A. Andersen* 1943), men menes dog almindeligvis at være dannet af den postglaciale transgression. Der er dog ikke tale om nogen plan, horisontal flade. Fra Helsingør til Højstrup ligger foden af bakkelandet kun 2,5 m o. h. Derpå stiger fladen til ca. 10 m mellem Julebæk og Hellebæk. Gennem Hornbæk Plantage ligger bakkelandets fod også ca. 10 m o. h., men fladen foran den og de derpå liggende havstokkes form er udvisket af flyvesand.

Ved Hornbæk bøjer bakkelandet bort fra kysten, og dets skrænt bliver mindre stejl, først ca. 200 m v. f. Kildekrog kommer den atter ud til vandet.

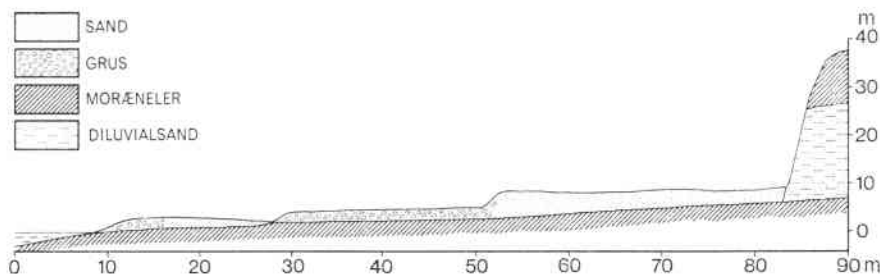


Fig. 1. Profil af Sjællands nordkyst ved Ellekilde efter Rørdam. Til højre ses den gamle kystklint, øverst med moræneler. Herunder følger diluvialsand og nederst igen moræneler. Foran klinten danner moræneleret en abrasionsflade, der er dækket af to strandvoldssystemer formodentlig begge fra postglaciale transgressioner.

Fig. 1. Profile of the north coast of Sjælland at Ellekilde after Rørdam. To the right the old coast cliff, uppermost with moraine clay, then diluvial sand and at the bottom again moraine clay. In front of the cliff the moraine clay makes up an abrasion flat with two beach ridge systems. Presumably both of them originate from postglacial transgressions.

Vest for Hornbæk findes der yderst mod havet en flad, bred sandstrand, der på de første 1000 m er begrænset indadtil af klitter. Videre mod vest begrænses stranden af en flade, der langsomt stiger mod vest til 5-6 m o. h. ved Kildekrog og senere til 10 m o. h. Dette fortsætter til munden af Pandehave Å.

Denne flade, der mellem Hornbæk og Kildekrog har en bredde af ca. 600 m, står ud mod stranden med en oprindelig, og efter stærk pålandsstorm lodret, men ellers flere steder stærkt nedtrådt klint. Fladens oprindelige overflade er flere steder udvisket af senere aflejret flyvesand. Fra strandvejen falder den ud mod havet med 2 brede terrasser, formentlig gamle strandvolde. Strandvejen selv ligger på en gammel strandvold, der på strækningen mellem Tennisvej og Kildekrog har afspærret en strandlagune, hvis rester endnu giver sig til kende ved en meget høj grundvandstand til trods for, at man kunstigt har forsøgt at afvande området.

Det er den egentlige strandbred, neden for den postglaciale havbunds klint, der har været genstand for observation gennem de sidste ti år.

Hydrografi

Hornbækbugten i snævrere forstand strækker sig fra Hornbæk mod vest til et punkt ca. 800 m ø. f. munden af Pandehave Å. Den er et led i Øresunds nordlige del, der danner en mod vest åben tragt, med en bredde af 24 km mellem Gilbjergshoved og Kullen, medens bredden i den østlige ende mellem Helsingør og Helsingborg kun er 2 km. Tidevandsændringer forekommer så godt som ikke i dette

område. Middelspringflodshøjden er ved Hornbæk 0,17 m og ved Helsingør 0,13 m (Danske Lods 1954). Det er derfor omsætningen mellem det udstrømmende Østersøvand og det indstrømmende vand fra Kattegat, der behersker strømforholdene, og denne proces påvirkes atter i meget høj grad af vindforholdene.

Vind- og strømforholdene er tidligere behandlet af *Davidsson* (1962). Vinde fra VSV er de hyppigste størstedelen af året, og især de stærkeste vinde > 7 Beaufort kommer fra denne retning; og i denne del af Sundet kommer størstedelen af de svagere vinde (1-3 Beaufort) fra øst. Dette skyldes dog til en vis grad, at observationsstedet, fyrskibet Svinbåden n. f. Helsingborg, ligger ret tæt på land, så vindforholdene påvirkes af de briser, der opstår som følge af den forskellige opvarmning af hav og land.

Vindstille er hyppigst i månederne april til juli, og stærke storme (7 Beaufort) er hyppigst i månederne oktober til januar. Om vinteren (december-februar) er V-SV vinde dominerende, i forårs månederne (marts-maj) er vinden mere omskiftelig, vinde fra såvel vest som øst dominerer. Om sommeren (juni-agust) er vestenvinde de dominerende, og om efteråret (september-november) er det igen sydlige vinde, der er de hyppigste.

Strømforholdene i den nordlige del af Sundet bestemmes af, at et overskud af relativt fersk vand fra Østersøen som en overfladestrøm presses ud gennem Storebælt og Øresund, mens en salt bundstrøm samtidig løber ind i Østersøen.

Dette strømsystem betinget af rent hydrografiske forhold påvirkes så yderligere af vindforholdene, ikke blot af de lokale, men også af forholdet mellem de atmosfæriske forhold i Vesterhavet og i Østersøegnene.

Ved Lappegrundens fyrskib dominerer den udgående strøm hele året over den indgående, dog mest i månederne februar til maj og i september. Den udgående strøms hastighed er gennemsnitlig 1,53 knob. Den er størst i februar (1,70 knob) mindst i juli (1,30 knob). Den indgående overfladestrøm har en gennemsnitshastighed på 1,04 knob. Den er størst i januar (1,21 knob) mindst i maj (0,88 knob). Den udgående strøm har retning mod NNV, den indgående mod SSØ. Men den absolutte hastighed kan ved Lappegrunden maksimalt nå op på 4 knob med stærk blæst fra ØSØ (*Davidsson* 1962).

Under normale forhold løber strømmen fra Kronborgpynten ind over Lappegrunden over mod Ellekilde Hage og derfra uden om Vesterlandsgrundene, men med mere østlig vind er strømmen tilbøjelig til at sætte inden om Lappegrunden, og fra Ellekilde Hage

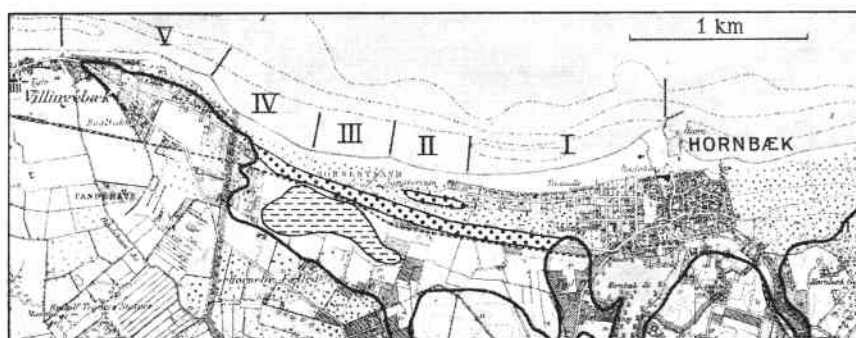


Fig. 2. Kort visende kysten af Hornbækbugten og dens bagland. Den stærkt optrukne linie viser den gamle postglaciale kystlinie. Det prikkede areal den øverste strandvold, på hvilken nu strandvejen ligger. Den vandrette skravering viser den tidligere strandlagunes udbredelse.

Fig. 2. Map showing the shoreline of the bay Hornbækbugten and its hinterland. The black line shows the old postglacial shoreline. The dotted area is the uppermost beach ridge on which the coast road runs today. The horizontal hatching shows the extension of the former beach lagoon.

at løbe over Vesterlandsgrundene. Med sydlig og især sydvestlig vind kan strømmen holde sig på ydersiden af Lappegrunden, ca. 200-400 m uden om Ellekilde Hage og i mere end den dobbelte afstand uden om Vesterlandsgrundene (Danske Lods 1954).

Vandstandsændringer i denne del af Sundet skyldes så godt som udelukkende vindforholdene. Med vinde fra V eller NV presses vand fra Skagerak ind i Kattegat, og dette giver en vandstigning, som forøges af det nordlige Øresunds tragtform. Vandet der presses ind gennem den brede munding mellem Gilbjerg hoved og Kullen har sværere ved at slippe ud gennem det snævre løb mellem Helsingør og Helsingborg. Nordvestlige vinde giver derfor vandstigning både på den sjællandske og skånske kyst på op til 1,8-2,0 m over normal vandstand. Vinde fra SØ eller Ø giver en sænkning af vandspejlet på gennemsnitlig 1 m under normal vandstand. Ved Hornbæk svinger vandstanden fra 1,2 m over normal vandstand med vind fra NV til 0,9 m under normal vandstand med vind fra S eller SØ.

Bader man i Hornbækbugten på dage med vind fra S eller SØ, vil man bemærke, at vandet er kendelig koldere, end når vind og bølger kommer mod land. Dette må betyde, at fralandsvinden fremkalder en strøm af koldt bundvand, der kan mærkes helt ind på kysten.

Hornbækbugten i snævrere forstand strækker sig fra et punkt ca. 700 m v. f. vejen op til Kildekrog til Hornbæks havn, og det er dette stykke, der har været genstand for disse undersøgelser. For at lette



Fig. 3. Stranden i afsnit III og IV. Den gamle littorinaflade afsluttes udadtil af en lav klint. Neden for denne ses et konstant bælte af sten. Dette bælte bliver mere sandblandet udadtil. Helt ude ved vandet ses en sandrevle. 18. 10. 59, foto 4104.

Fig. 3. The beach in section III and IV. The old littorina flat ends in a low cliff facing the sea. Below it, there is a constant zone of stones which outwards is getting more and more mixed up with sand. At the water edge a sand bar.

18. 10. 59, photo 4104.

beskrivelsen er strækningen inddelt i fem afsnit, hvoraf afsnit I strækker sig fra Hornbæks vestre havnemole vestpå til 3. Tangvej, det vil sige omtrent så langt vestpå som klitterne når. Afsnit II går herfra til pynten ud for Prinsesse Margarethas Børnehjem. Afsnit III herfra til vejen op til Kildekrog. Afsnit IV herfra og vestpå til pynten 700 m vestligere og afsnit V herfra og til munden af Pandehave Å (fig. 2).

I de første år var det særlig afsnittene II, III og IV der holdtes under observation, senere er også udviklingen i afsnit I taget med, hvorimod afsnit V kun er sporadisk berørt. Kysten her er beskyttet af hølde og cementmure.

Den her omhandlede del af Hornbækbugten er udadtil begrænset af en revle, der fra punkt V/IV strækker sig i retning mod spidsen af Hornbæks havns vestmole. Vanddybden på revlen angives af „Danske Lods 1954“ til 1-1,6 m og vanddybden inden for revlen til 3-3,5 m. Begge tal er muligvis lidt for høje. Ved stærk pålandsstorm er revlen synlig i hele sin længde fordi bølgerne bryder over den. Ved lavvande ses det, at der på den må ligge flere store sten, hvorpå søfuglene kan opholde sig. Selve revlen er næsten altid vanddækket.



Fig. 4. Den østlige del af afsnit IV. Stenbæltet neden for klinten er ganske smalt, og foran det er der sandstrand i dennes fulde bredde. 16. 10. 59, foto 4113.

Fig. 4. The eastern part of section IV. The stone zone below the cliff is quite narrow and in front of it the whole beach is sand-covered. 16. 10. 59, photo 4113.

Inderst på stranden helt op til klinten mod de gamle havstokke findes der i afsnit II, III og IV altid et bælte af rullesten, der under storm er skyllet ud fra klinten. Stranden foran dette bælte skifter derimod stadig udseende.

1959

I oktober 1959 fandtes der i afsnit III yderst mod vandet en flad strandvold af sand, der fra stranden ud for børnehjemmet strakte sig i en flad bue ud i vandet vestpå og atter gik ind på land lidt øst for vejen op til Kildekrog. Inden for denne strandvold fandtes en lavvandet lagune (fig. 3). I den østlige del af afsnit IV var der derimod sandstrand helt ind til klinten. Østpå bliver dette sandbælte smallere og i afsnit III kiler det sig ind mellem stenbæltet og forsvinder (fig. 4).

1960

I oktober 1960 var den ovenfor omtalte strandvold rykket helt ind på land. Lagunen var forsvundet. På dens sted fandtes et smalt stenbælte, og i sandfladen inden for dette var eroderet et hak (fig. 5).

1961

Fra 1961 er observationsmaterialet mere udførligt. I løbet af vinteren 1960/61 forsvandt efterhånden alt sandet fra stranden i afsnit



Fig. 5. Stranden i afsnit III. Havet har angrebet stranden og eroderet et hak i forkanten af den blanding af sand og sten, der danner den. Stenene er blevet liggende lige inden for hakket. 15. 10. 60, foto 4139.

Fig. 5. The beach in section III. The sea has attacked the beach and eroded a notch in the front edge consisting of a mixture of sand and stones. The stones remain lying just below the notch. 15. 10. 60, photo 4139.

II og III. I december 1960 var der endnu enkelte sandflader tilbage ved pynten II/III, men i marts 1961 var også de forsvundne. Efter en heftig storm sidst i marts måned begynder der atter at vise sig sandrevler helt ude i vandkanten. Ud for pynten II/III har der dannet sig en lille sandflade i vandkanten, og endnu østligere er en anden under udvikling på strækningen hen mod de vestligste villaer. Ud for 3. Tangvej begynder igen en sandrevle, der strækker sig videre gennem hele afsnit I med tiltagende bredde (fig. 6).

Inden for disse revler helt ude ved vandet er stranden dækket af rullesten helt op til klinten, som efterhånden er blevet stærkt nedtrådt af sommerens badegæster. Efter stærke storme i slutningen af juni forsvinder disse sandrevler fuldstændig, og den 29. juni er stranden dækket af rullesten, først ude i vandet er der sandbund.

De følgende dage blæser vinden fra land, og allerede den 2. juli er der ved pynten II/III dannet en sandrevle, der danner en bue uden om kysten ligesom i oktober 1959; også lidt mod øst er der dannet en sandrevle lige i vandkanten. Igen kommer der stærk vestenvind i de sidste dage i juli, og sandrevlerne ved kysten forsvinder, men ude i vandet, kun nogle få meter fra land ligger der en sandrevle, der vandrer ind på land, og den 6. august er situationen ganske den samme



Fig. 6. Stranden i afsnit III. Efter en storm sidst i marts forsvandt alt sandet, så stranden blev til et sten-glacis helt fra klinten og ud i vandet. En ny sandrevle har nu lagt sig i vandkanten. 3. 4. 61, foto 4157.

Fig. 6. The beach in section III. After a gale late in March all the sand disappeared, leaving the beach as a stone glacis from the very cliff and out into the sea. Another sand bar has now been formed in the water edge. 3. 4. 61, photo 4157.

som i oktober 1960; et stenbælte inde ved klinten. Foran dette en mere sandet flade med et erosionshak, foran dette en stenrevle, og yderst mod vandet en sandrevle. Sandfladen inden for stenrevlen er helt sort af tungmineraller. Denne situation varer til den 13. august, da en ny vestenstorm fjerner alt sandet, så også havbunden et stykke fra kysten dannes af sten. Efter en rolig periode med svage vinde er havvunden ude i vandet atter blev sanddækket, og den 17. september er en ny sandrevle på vej ind mod kysten i afsnit II og III.

I afsnit IV er stranden i juni stenet lige ved pynten IV/V, men lidt østligere ligger der ved klinten et smalt stenbælte, uden for dette er der sandstrand, og derpå atter sten i vandkanten, men sandbæltet forsvinder omtrent halvvejs hen til Kildekrog, og i den østlige del af afsnit IV er der sten helt fra klinten ud til vandet.

1962

I vinteren 1961-62 hærgedes kysten af stærke storme. Den 20. februar 1962 er i afsnit V sandstranden ved Villingebæk dækket af et lag af nævestore sten fra klinten helt ud til vandet. Ved stejlepladsen lige vest for udløbet af Pandehave Å er der derimod sandstrand;



Fig. 7. Stærke storme i vinteren 1961-62 har angrebet kysten, og denne er rykket så meget tilbage, at munden af afløbet fra bebyggelsen ved Kildekrog er kommet til at stå 2 m foran klinten. 20. 2. 62, foto 4214.

Fig. 7. Strong gales in the winter 1961-62 have attacked the coast, which has retreated so much that the outlet from the houses at Kildekrog is visible 2 m in front of the cliff. 20. 2. 62, photo 4214.

længere østpå i afsnit V er forholdene noget forskellige fra sted til sted. Nogle steder er stranden mellem høfderne dækket af sten, andre steder er der yderst mod havet en smal sandstrib, atter andre steder er der sandstrand på østsiden af høfderne.

I afsnit IV og III har havet i vinterens løb været helt oppe ved kanten af klinten. I den vestlige ende af afsnit IV ligger der havskarn oppe i græsset. I punkt III/IV er klinten rykket så meget tilbage, at den kampestensmur, der omgiver udløbet af afdræningen fra Kildekrog, nu står 2 m foran klinten (fig. 7).

Figuren viser også, at der i den østlige ende af afsnit IV nu er en bred sandstrand neden for klinten, men yderst mod vandet er der sten, og dette stenbælte strækker sig et stykke ud på havbunden. Sandstranden strækker sig østpå gennem afsnit III. Yderst mod havet er der dog en smal bræmme af sten, og også her er klinten i vinterens løb rykket noget tilbage. I afsnit II har klinten derimod været så nedtrådt, at bølgerne er løbet op af skråningen og har kastet sandtunger op i græsset, uden at skråningen er rykket nævneværdigt tilbage. Strandens udseende er det samme som i afsnit III. Ud for 3. Tangvej er der dynger af sten, og foran dem en sandstrand, der



Fig. 8. Vestenden af afsnit IV. I baggrunden ses roden af den afspærrende revle med retning mod Hornbæk, inden for den ses et lavvandet felt med sandbund. Nærmest pynten i baggrunden (punkt IV/V) består havbunden af sten, men på land er der sandstrand. 22. 11. 62, foto 4220-21.

Fig. 8. The western end of section IV. In the background the basis of the separating bar with direction towards Hornbæk. Inside it, a shallow zone with sand bottom. Nearest the promontory in the background (point IV/V), the sea floor consists of stones, whereas there is a sand beach on land. 22. 11. 62. photo 4220-21.

fortsætter mod øst til halvvejs hen mod hotel Trouville. Længere østpå er der sandstrand, men det ses tydeligt, at havet i vinterens løb har været helt oppe i klitterne, og på disses bagside ses lange sandtunger skyllet op af bølgerne.

I løbet af foråret og sommeren bliver stranden mere og mere stenet. Den 12. juni ligger der i afsnit III yderst et stenbælte, og på sandfladen inden for dette ses spredte sten. I afsnit II er sandfladen mere stenet. Den 25. juni rasede en voldsom nordveststorm på kysten. I afsnit II forsvandt alt sandet, og stranden er nu dækket af sten, medens afsnit III synes mere uberørt af stormen. Her danner stranden stadig en sandflade med spredte sten og yderst et stenbælte. Derimod er store mængder af tang drevet ind her.

I september forsvandt alt sandet i afsnit V, men den 22. november er der atter sandstrand imellem høfderne. Fra pynten V/IV har der dannet sig en ny revle, med retning nærmere mod land end den ydre afspærrende revle, der stadig findes med retning mod havnemolen i Hornbæk. I den bugt, der dannes inden for den nye revle, består bunden af sand, men inderst mod land er der et stenbælte, og inden for dette fortsætter sandstranden fra afsnit III, men kiler ud hvor det nærmer sig pynten V/IV (fig. 8).

1963

I vinteren 1962-63 var der meget is i sundet, og sidst i januar var der isskruninger i Hornbækbugten både inde på stranden og ude på



Fig. 9. Tombolodannelse v. f. Kildekrog. 8. 5. 65, foto 4249.

Fig. 9. Formation of tombolos west of Kildekrog. 8. 5. 65, photo 4249.

revlerne, og dette fortsatte til midten af marts. Samtidig var der på stranden ved Kildekrog spor af en stærk afblæsning fra øst.

Hele sommeren 1963 herskede overvejende SV og vestlige vinde på kysten, og der var kun ganske få forandringer at se på stranden den 11. august. Den dag blæste det stærkt fra vest, og havet brød over revlerne. I afsnit I var der kun en brådzone tæt inde under land. Dette fortsatte hen til 3. Tangvej. Her begyndte en ny brådzone et stykke ude. Strandens herfra og vestpå består af sten helt ud til vandet og et stykke ud på havbunden. Lidt vest for de sidste villaer findes der ude i vandet et firkantet flak, hvor vanddybden er ca. 1 m, medens den på begge sider er noget dybere. Den ydre brådzone går uden om dette flak og atter ind mod kysten ved vejen til sanatoriet. Samtidig begynder en ny brådzone og revle langt ude, den fortsætter til pynten IV/V. I afsnit III består stranden af sten, men i afsnit IV har der dannet sig lave revler helt inde ved land.

Det fremgår tydeligt af disse observationer, at selv om kysten i det store og hele ikke ændrer sig gennem en længere årrække, så foregår der i løbet af året forskellige lokale forandringer, der bedst kan karakteriseres som svingninger omkring en vis ligevægtstilstand mellem de forskellige faktorer, d. v. s. vind, bølgepåvirkning og materiale. Forløbet af disse processer er i begyndelsen vanskeligt



Fig. 10. Flade sandrevler danner et flak tæt inde under land i afsnit III og IV. 11. 9. 65, foto 4343.

Fig. 10. Flat sand bars constitute a flat very close to the shore in section III and IV. 11. 9. 65, photo 4343.

at få øje på, men gennem længere tid dukker der dog et vist mønster frem for vekselvirkningen mellem stenet strand og sandstrand. To hovedpunkter er af betydning for denne vekselvirkning, nemlig de gamle litorina-havstokkes materiale, og den afspærrende revle fra punkt IV/V til havnemolen i Hornbæk.

De gamle havstokke er opbygget af sten og sand. Når havet under stærke N og NV storme når helt op til disse havstokkes skrænt og angriber denne, fjernes alt sandet på hele stranden, og kun stenene bliver tilbage som et dække over strandens dybere dele med sand og sten. Denne overfladiske stenbelægning kan i visse tilfælde strække sig et stykke ud på havbunden. Den afspærrende revle forhindrer imidlertid, at det fjernede sand føres ud på dybt vand, og med roligere vindforhold vandrer det igen ind mod stranden og lægger sig i strandkanten som en flad sandrevle. Når dennes overflade tørrer, blæser sandet atter ind på stranden og dækker det blottede stenlag. Denne indvandring af sandet finder fortrinsvis sted i roligt vejr eller med vind fra V eller SV, altså delvis vinde fra land. Samtidig foregår der en sandvandring langs kysten fra vest mod øst.

Det kan således fastslås, at der i årene 1959-63 i Hornbækbugten har fundet visse ændringer sted vedrørende strandens materiale-sammensætning, og at dette skyldes en vekselvirkning mellem havet,

vinden og materialet i de gamle havstokke, men at disse vekselvirkninger svinger om en ligevægtsstilling, således, at kystlinien i det store hele er blevet uforandret i denne periode. Denne ligevægts-tilstand forstyrredes imidlertid i 1965 og de følgende år, så processerne fik et noget anderledes forløb.

1965

I begyndelsen af maj er stranden i afsnit IV stenet så langt østpå som til vestkanten af plantagen. Længere mod øst i afsnit IV og III er der sandstrand. Lige vest for Kildekrog har der ude i vandet dannet sig en tombolo i form af et rektangulært flak forbundet med land med to sandrevler, en i hver ende, der går vinkelret ud fra kysten (fig. 9). I maj måned hersker der østenvind og lavvande ved kysten, og der har nu i hele afsnit III og IV dannet sig en lang flad sandrevle et stykke fra land, hvor der i sommeren 1964 var en vanddybde på ca. 2 m. Revlen er afbrudt flere steder af flade render med større vanddybde, den støder ind mod land ved pynten II/III. Herfra og videre mod øst er stranden stenet.

Fra pynten IV/V strækker der sig inden for den afspærrende revle en ny revle, skråt ind mod land. Den når et stykke ud i vandet. Afløbet fra Kildekrogs munding i havet er tvunget mod øst af sandrevler, der har aflejret sig foran det.

I løbet af juni vandrede den lange revle i afsnit III og IV ind mod land og ligger nu i vandkanten pegende skråt ud i vandet mod øst, og i løbet af sommeren kommer der stadig nye revler ind mod kysten (fig. 10).

De første dage i november herskede der voldsomme vestenstorme. Revlen ved punkt V/IV vokser i højde, men inden for er stranden stenet (fig. 11).

Længere mod øst dannes der stadig nye revler, der vandrer ind mod land.

1966

I april 1966 er den tidligere tombolo v. f. Kildekrog forsvundet, og stranden her er igen stenet, men øst herfor ligger der yderst mod vandet en sandrevle, der kan følges hele vejen mod øst gennem afsnit III, II og I helt til Hornbæk (fig. 12). Inden for denne revle er stranden stenet i afsnit III og II, men i juni er der atter sandstrand i det meste af afsnit III. Revlen fra punkt V/IV er vokset mod øst helt ud til Kildekrog, og i fortsættelse af den ligger der nu ud for afsnit III den 26. august flere revler eller flak ude i vandet. Strandene i afsnit II er derimod stenet.

1967

I april 1967 er der sandstrand i hele afsnit III og i den indre del af afsnit IV. I afsnit I har der dannet sig flere revler, der går skråt ud fra kysten. Den første begynder ved 3. Tangvej og uden for den ligger der flere mindre revler eller rektangulære flak. Den sidste revle begynder et stykke øst for 3. Tangvej og strækker sig helt forbi Hotel Trouville (fig. 13). Samtidig har en anden og ældre strandvold lagt sig ind til kysten, så denne foran klitterne er blevet meget bredere.

Fra 3. Tangvej og vestpå er der nu bred sandstrand neden for det øverste stenbælte inderst ved klinten, kun ud for nedkørslen til sanatoriet er hele forstranden dækket af sten, men videre vestpå er der bred sandstrand og ude i vandet en revle. Fra Kildekrog og vestpå er stranden stenet, og selve stranden var selv ved lavvande den 9. april ganske smal. Skrånten i plantagen er flere steder skredet ned.

I maj strækker flakket inden for revlen fra punkt V/IV sig østpå til kanten af plantagen. På strækningen videre østover ses to revler parallelt med kysten og uden for dem den afspærrende revle. I hele afsnit IV er der inderst ved klinten det øvre stenbælte, foran det et sandbælte, og atter sten ude ved vandet. Fra Kildekrog og østpå bliver sandbæltet bredere. Ved Kildekrog bøjer den ene af de to revler ind mod kysten og rammer stranden omtrent ud for 3. Tangvej.

Den 17. oktober rasede der over hele landet en voldsom sydvest storm, der anrettede store ødelæggelser såvel i skove som i haver. Også i Hornbæk Plantage væltede talrige træer, især ude ved stranden.

I afsnit II er hele stranden den 18. oktober dækket af sten, men mod vest er der brede sandflader helt op til klinten.

1968

I december 1967 havde der igen raset heftige nordvestenstorme, og den 2. januar 1968 var det tydeligt, at havet havde angrebet kysten i afsnit III. Den om sommeren stærkt nedtrådte strandklint var nu igen lodret og rykket et stykke tilbage, men selve stranden var dækket af så meget sne, at der intet var at se på den.

Den 30. marts havde der i afsnit III dannet sig en revle skråt ud fra kysten med retning mod øst (fig. 14), og hele sommeren fandtes der sådanne revler ud for stranden i hele afsnit III. I august er situationen den, at der i afsnit III er tre revler uden for kysten. Yderst den afspærrende revle, hvor vanddybden er ca. 0,5 m. Inden for den kom-



Fig. 11. Vestenden af afsnit IV. Inden for den afspærrende revle, der markeres af broddet, har der dannet sig en ny revle, der efterhånden vandrer ind på land. 7. 11. 65, foto 4253-54.

Fig. 11. The west end of section IV. Inside the separating bar, marked by the surf, a new bar has formed which gradually migrates onshore. 7. 11. 65, photo 4353-54.

mer dybere vand, og derpå en ny revle, hvis vestlige ende ikke kan ses, men som går ind på land ved pynten III/II. Vanddybden på den varierer noget. Flere steder er den ca. 10–20 cm, andre steder 40–50 cm. Inden for denne revle er vanddybden ca. 1,5 m, og så kommer inderst en bred revle, der fra punkt III/IV skyder sig skråt mod øst ud i vandet. Denne opbygning af havbunden fortsætter helt ind til Hornbæk og varer ved til begyndelsen af oktober.

1969

Den 21. marts 1969 havde der i 3 uger hersket østenvind, og vandstanden var meget lav, men de ydre revler og flak i afsnit III og IV var ikke synlige. Stranden bar spor af stærk afblæsning fra øst, flere steder er sandet føjet op på grønsværen oven for klinten. Hele sommeren var vinden overvejende østlig i hvert fald fra begyndelsen af juni til 31. august, og hele foråret har der været stærk sandflugt fra stranden og op på strandmarken i afsnit II. Også lige øst for Kildekrog er sandet blæst op i plantagen. I afsnit I er der sandstrand, i afsnit II og den østligste del af afsnit III samt i afsnit IV er stranden stenet, men den største del af afsnit III er sandstrand. Ude på havbunden er situationen nogenlunde den samme som året i forvejen. I afsnit I, II og III er der stadig to revler inden for den afspærrende revle og i afsnit I de fra kysten mod øst skråt udgående revler. I afsnit IV er der dannet et lavvandet bredt flak, der strækker sig omtrent til vejen fra Kildekrog. I september begynder billedet at ændre sig, stærk blæst fra nord har føjet sandet fra stranden op over klin-



Fig. 12. Stranden i afsnit III. Yderst mod havet ligger en sandrevle. Inden for den bliver stranden efterhånden mere og mere stenet, jo nærmere man kommer til klinten. I forgrunden afløbet fra Kildekrog. Sandrevlen fortsætter hele vejen gennem afsnit III, II og I til Hornbæk. 7. 5. 66, foto 4364.

Fig. 12. The beach in section III. Outermost towards the sea there is a sand bar. Within it, the beach is getting more and more stony towards the cliff. In the foreground the outlet from Kildekrog. The sand bar continues the whole way through section III, II and I to Hornbæk. 7. 5. 66, photo 4364.

ten, men også ude på havbunden er der kommet sten i afsnit III, og ude i vandet er der, så vidt det kan ses nu, kun en revle den 29. september, og havbunden er også mere og mere stenet. I sommeren 1970 er der i afsnit III ingen revler inden for den afspærrende revle, og stranden er stærkt stenet.

Af disse 10 års iagttagelser fremgår det tydeligt, at medens der i årene 1959-63 var nogenlunde ligevægt mellem de sandmasser, der under storm og højvande fjernedes fra stranden og strandklinten, og det sand der igen vandrede ind mod kysten, så var der i årene 1965-70 et betydeligt overskud af sand, der især i afsnittene III og IV dannede revler og flak ude i vandet inden for den afspærrende revle, og som efterhånden vandrede ind på kysten og fjernedes af vinden. Dette overskud af sand må være kommet udefra, men hvorfra det stammer, er det vanskeligt at sige. Stranden i afsnit V er beskyttet af høfder og parallelværker af beton, og hverken her eller på kysten vest for Pandehave Å har der i disse år været tegn på stærk erosion og tilbagerykning af kysten i hvert fald så langt mod



Fig. 13. Hornbækbugtens afsnit I med revler, der går skråt ud fra kysten med retning mod øst. 8. 4. 67, foto 4380-81.

Fig. 13. Section I with bars pointing obliquely towards the east. 8. 4. 67, photo 4380-81.

vest som til Hulerød. At sandet fra disse revler igen er fjernet enten ved at vandre videre ned ad kysten forbi Hornbæk eller ved at blæse op på land fremgår af, at kun to steder er stranden blevet bredere i disse år. Det ene sted er lige vest for punkt V/IV, det andet sted er foran klitrækken i afsnit I, hvor den brede revle, der lagde sig ind her i foråret 1967, stadig er at se.

I slutningen af sommeren 1969 og i 1970 synes denne ekstra tilførsel af sand at være standset eller i hvert fald at være stærkt formindsket, hvilket viser sig ved, at revlerne ude i vandet i afsnit III er forsvundet, så havbunden nu skrånede jævnt udad indtil den afspærrende revle. I afsnit IV er der dannet et bredt flak ud til den afspærrende revle, og i afsnit I ser man stadig revler gående skråt ud fra kysten med spidsen mod øst, men de er nu næsten vanddækkede lige til roden.

At vinden spiller en rolle ved fjernelse af det sand, der som revler vandrer ind på kysten sås tydeligt forsommeren 1970. Fra punkt V/IV havde der den 3. maj dannet sig en bred revle, der fra roden af den afspærrende revle pegede skråt ind mod land med retning mod vestenden af plantagen. Vinden var vestlig, og hele den bugt, der dannedes inden for roden af revlen, lå tør og dækket af sten; stranden var også stenet. I midten af maj var revlen vandret ind mod land, og den 12. juni lå den som en bred sandstrand helt inde ved klinten. Denne vandring kan kun være sket ved, at sandet fra havsiden blæste over på landsiden af revlen. Derefter blev revlen efterhånden smallere og smallere og samtidig længere og strakte sig efterhånden helt hen foran plantagen, og den 22. juli var den nået til



Fig. 14. Stranden i afsnit III med revler ude i vandet og en sandrevle inde på stranden. Længere inde mod klinten er stranden mere og mere stenet.
30.3.68, foto 4413.

*Fig. 14. The beach in section III with bars in the water and a sand bar on the beach. Nearer the cliff, the beach is getting more and more stony.
30.3.68, photo 4413.*

Kildekrog. Derefter bredte denne smalle sandrevle sig videre mod øst og nåede den 5. august et stykke ind i afsnit II. Dette materiale kan nu ikke alene stamme fra den korte revle fra punkt V/IV, men der må også være kommet sand ind udefra i afsnit III og II, men det er i langt ringere mængde end i årene 1965–70.

Medens det i årene 1959–65 var sjældent, at sandet fra stranden nåede op på gangstien på strandklinten, fandt der i årene 1965–70 en stærk sandflugt sted, således at gangstien nu særlig tre steder er dækket af et nogle centimeter tykt lag af løst sand. Det er vest for plantagen, ved vejen ned til Kildekrog, og ved punktet II/III, hvor stien ind i plantagen også er dækket af løst sand, medens der ikke er noget ude ved klintens rand. Endelig er det åbne strandareal i afsnit II, mellem de sidste villaer og vejen op til sanatoriet, i årene 1969–70 blevet så dækket af flyvesand, at den oprindelige strandmarksvegetation er ved at forsvinde og marehalm ved at indvandre.

Dette skyldes nok, at sandtilførslen til kysten i disse år har været større end tidligere, men også i høj grad, at strandklinten særlig på disse steder er blevet stærkt trådt ned af badegæster, herved er der ligefrem dannet ramper, som sandet kan blæse op ad.

SUMMARY

The shorelines towards the Danish Belt Sea are most of them very constant, but though they apparently remain unchanged for long periods, some changes do actually take place within each year dependent on the magnitude of wind and wave action.

On the north coast of Sjælland, west of Helsingør and in front of the glacial landscape, there is a zone of elevated beach ridges from the post-glacial (littorina) transgression. Today these ridges form a terrace with a 4-9 m high cliff, with the present beach at the foot (fig. 1).

This part of the bay, Hornbækbugten, has been regularly observed from 1959 to 1970. The bay is seawards separated from Øresund by a submarine sand bar extending from point V/IV in fig. 2 to the harbour pier in Hornbæk. The water depth on the sand bar is approx. 1 m and inside the bar approx. 2-3 m.

Innermost on the beach in section II, III and IV, cf. fig. 3, is always found a zone of boulders.

The observations made from 1959 to 1964, fig. 3-8, showed that when the sea reaches the beach ridge terrace and attacks it during gales from N and NW, all sand on the beach is removed some way out on the sea floor. The bar between point V/IV and Hornbæk, however, is a hindrance for the sand to be removed farther out on the deep sea and, when the wind goes down or changes to W and SW, it will be pressed towards land and deposit in the waterline as flat sand bars. When their surface dries up, the top layer will be blown on to the beach and cover the exposed stones, but each time the sea level rises, the sand will again be removed (fig. 5).

These changes of the shoreline represent a regular alternation between erosion and ablation caused by an interaction between sea, wind, and material of the beach ridge terrace, but these processes work around a state of equilibrium so that on the whole, the shoreline seems to have undergone no changes during the whole period.

From 1965 to 1969 this balance was disturbed because additional quantities of sand drifted alongshore from the west. In 1965 and the following years this resulted in the formation of a tombolo (fig. 9) in the eastern end of section IV and, farther to the east, in flat offshore bars which gradually migrated towards land (fig. 10, 12, 14). At point V/IV they formed repeatedly new bars with direction towards point IV/III within the permanent submarine sand bar. In the course of a few weeks these bars migrated on to the beach. Simultaneously there was an W-E going migration of material. Only in section I the beach became broader and this was due to a larger bar, deposited permanently in 1967 with direction towards land, because the harbour of Hornbæk stopped further migration of sand towards the east.

The surplus of sand during this period also showed thereby that a significant sand drifting had taken place and could be observed on the beach ridge terrace which at several places was covered with some centimetres of sand. This lasted till well into 1969. Then the surplus migration of sand apparently stopped, and in the summer of 1970 more of the sand bars within the permanent bar had disappeared again and the process from the years 1959-63 was resumed.

LITTERATUR

- Andersen, S. A.* (1943): Strandlinieniveauer i Danmark fra sen-glacial tid til nutiden og deres datering. Medd. fra Dansk geol. For., bd. 10, hefte 3.
- Davidsson, J.* (1962): Physical geographical Investigations on the Sound. Lunds Univ. Årsskrift N.F. afd. 2, bd. 58.
- Davidsson, J.* (1963): Littoral processes and morphology on Scanian Flat-Coasts. Medd. for Lunds Univ. Geografiske Inst. afh. XLII.
- Madsen, V.* (1942): Strandvoldene ved Hornbæk og alderen af dem. Medd. fra Dansk geol. For., bd. 10, hefte 2.
- Rordam, K.* (1892): Saltvandsalluviet i det nordøstlige Sjælland. Danmarks geol. undersøgelser, II række nr. 2.
- Rordam, K.* (1892): Strandlinierne i det nordøstlige Sjælland. Geol. För. i Stockholms Förh. bd. 14.
- Ussing, N. V.* (1892): Strandlinierne i det nordøstlige Sjælland. Geol. För. i Stockholms Förh. bd. 14.
- Ussing, N. V.* (1899): Danmarks geologi. Danmarks geol. undersøgelser, III række, nr. 2.
- Ussing, N. V.* (1904): Danmarks geologi. Danmarks geol. undersøgelser, III række, nr. 2, 2. udgave.
-