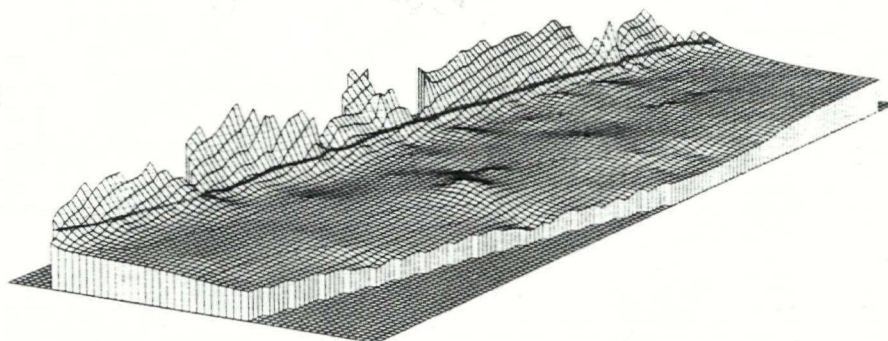
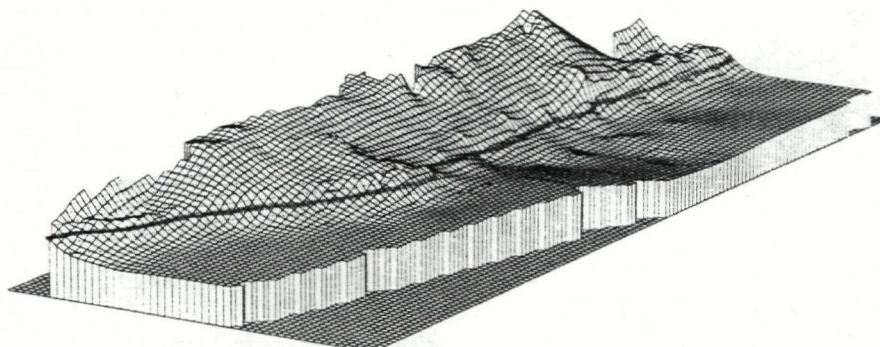
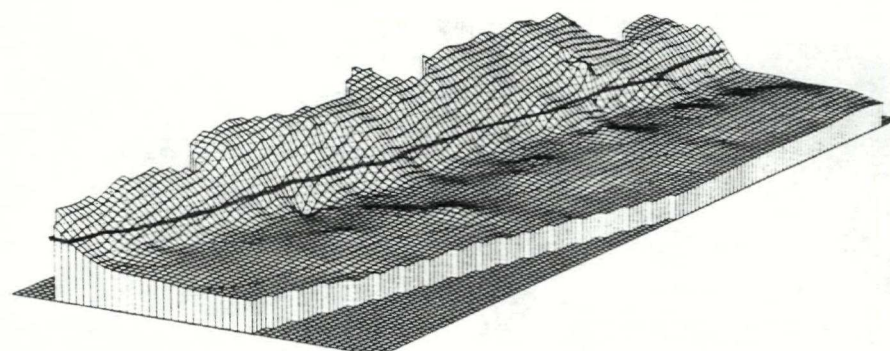


5. RESULTATER

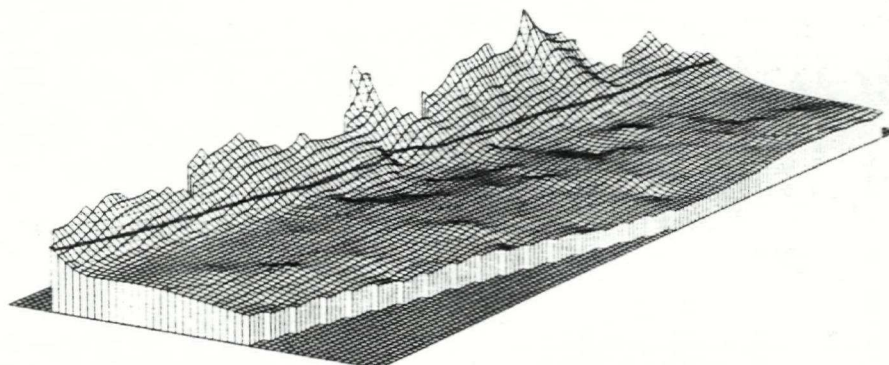
BEACH NOURISHMENT TEST, HALD STRAND, JN.NN., GEODR.INST., K.U.C.D., DENMARK.
SURVEY-KORT NO.240484. CONTOURS: 0.25M. BASE: -2.00M. EXG.: 10X.



BEACH NOURISHMENT TEST, HALD STRAND, JN.NN., GEODR.INST., K.U.C.D., DENMARK.
SURVEY-KORT NO.150884. CONTOURS: 0.25M. BASE: -2.00M. EXG.: 10X.



BEACH NOURISHMENT TEST, HALD STRAND, JN.NN., GEODR.INST., K.U.C.D., DENMARK.
SURVEY-KORT NO.080986. CONTOURS: 0.25M. BASE: -2.00M. EXG.: 10X.



BEACH NOURISHMENT TEST, HALD STRAND, JN.NN., GEODR.INST., K.U.C.D., DENMARK.
SURVEY-KORT NO.260986. CONTOURS: 0.25M. BASE: -2.00M. EXG.: 10X.

Strandfodringsområdet før indpumpningen (24/4-1984), kort tid efter (15/8-1984) samt 2 eksempler med ca. 1 års interval (5/9-1985 og 26/9-1986).

5.1 METODE/UDFØRELSE

5.1.1 Udførelse

I sit oprindelige tilbud havde entreprenøren regnet med udlægning af rør på havbunden mellem pumpefartøj og kysten. Han havde af denne årsag taget det forbehold at der skulle anvises en tracé fri for større sten. Da dette ikke kunne garanteres blev det i stedet aftalt at etablere et fast fortøjningsarrangement og en rørbro til at bære de ca. 250 lbm rør til kysten. Herved kunne den kritiske og bekostelige indpumpningsperiode reduceres til 1 uge for meromkostningerne på kr. 90.000 incl. moms.

Tilbudsprisen kom efter kontraktforhandlingerne til at svare til det i forvejen udarbejdede overslag. Fordelingen mellem udgifter til midlertidige foranstaltninger og til den egentlige sandindfyldning blev omkring 40% henholdsvis 60% af enterprisesummen. Fremtidig større indfyldninger efter samme metode må derfor forventes at give en relativ lavere m³ pris.

Specifikationer for acceptable sandmaterialer blev bl.a. valgt ud fra kendskab til sandet ved Hald Strand og ønsket om at få et grovere og derved trægere eroderbart materiale tilført. I de senere år har Skov- og Naturstyrelsen arbejdet på en kortlægning af råstofressourcerne i de indre danske farvande. Rapporten for havbunden ud for kysten mellem Hundested og Gilleleje forventes at udkomme omkring 1. april 1987. Ved fremtidige kystfodringer i danske farvande vil man på grundlag af kendskabet til ressourcerne beliggenhed, mængder og materialeparametre kunne optimere udbyttet af de til rådighed værende økonomiske midler. I stedet for at foreskrive det teknisk bedste materiale kan man vælge et måske mere tilgængeligt materiale og tilføre mere af dette.

5.1.2 Sammenligning med andre kystbeskyttelsesmetoder

Ved evalueringen af forsøget bør indgå en sammenligning med omkostningerne ved at udføre kystbeskyttelse med en tilsvarende effekt, men ved anvendelse af andre metoder.

Ved strandfodringen opnås udover den umiddelbare beskyttelse af fodringsområdet også en gradvis beskyttelse af den efterfølgende strækning i transportretningen. I takt med at sandet eroderes fra fodringsområdet, vil den kystnære zone på læsiden få tilført materiale. De således berigede profiler vil reducere den bølgeenergi, der når strandbredden og i en periode virke som en stødpude. Sagt på en anden måde har man udnyttet naturens kræfter til at transportere sand til nabostrækningerne, og får samtidigt reduceret erosionen.

I det følgende afsnit er udført prisoverslag for 3 metoder til kystbeskyttelse over en 3 km strækning. Prisniveau 1984 er anvendt jf. tilbud ved Hald Strand. Sammenligningen er grafisk illustreret på fig. 5.1.

Metode 1 Strandfodring.

Forudsætninger.

100.000 m³ sand udlagt som strandfodring.
Langsgående transport mulig. Effekt over 3 km (antagelse) efter 1. vinterperiode.
Ingen større anlæg på det indre strandplan.
Halveringstid 1 år. Svarer til 3.000 m³ sandrest efter 5 vinterperioder.
Genfodring hvert 5. år.

Anlægsomkostninger.

Mobilisering/demobilisering og midlertidige arbejder	kr. 500.000	
Sandtilførsel, indpumpning og fordeling.		
100.000 x 30 kr.	<u>kr. 3.000.000</u>	
	kr. 3.500.000	
Anlægsomkostning pr. lbm strand	$\frac{3.500.000}{3.000}$	<u>1.200 kr./m</u>

Vedligeholdelse.

Genfodring hvert 5. år		<u>1.200 kr./m/5.år</u>
------------------------	--	-------------------------

Metode 2 Sandfodring langs hele strækningen.

Forudsætninger.

100.000 m³ tilført som ved metode 1.
100.000 m³ fordelt langs stranden.
$$\frac{100.000}{3.000} = 33 \text{ m}^3/\text{m}$$

Sandfordeling med dumpers, kapacitet 10 m³/læs.
Gennemsnitlig tidsforbrug pr. 10 m³ sand, 20. min. (skøn).
Timetakst dumper kr. 400
frontlæsser kr. 300

Anlægsomkostninger.

Sandtilførsel	kr. 3.500.000	
Dumpers $\frac{100.000}{10} \times \frac{400}{3}$	kr. 1.300.000	
Frontlæsser 1.000 x 300	kr. 300.000	
Spildtid 20%	<u>kr. 300.000</u>	
	kr. 5.400.000	
Anlægsomkostning pr. lbm strand	$\frac{5.400.000}{3.000}$	<u>1.800 kr./m</u>

Vedligeholdelse pr. lbm strand.

Genfodring og udlægning hvert 5. år		<u>1.800 kr./m/5.år</u>
-------------------------------------	--	-------------------------

Metode 3 Traditionel skræntfodssikring og sandtilførsel.

Forudsætninger.

Skræntfodssikring nødvendig på 75% af strækningen.
 Supplerende sand tilføres hvert år som erstatning for det bort-
 eroderede.

Anlægsomkostninger.

Skræntfodssikring $\frac{3.000 \times 75}{100} \times 4.000 = \text{kr. } 9.000.000$

Anlægsomkostning pr. lbm kyst 3.000 kr./m

Vedligeholdelse pr. lbm.

Sandtilførsel 5 m^3 à 100 kr. 500 kr./år

Den valgte udlægningsposition er afgørende for effekten af metode 1. På Sjællands Nordkyst er den resulterende langtransport generelt østgående (undtagen vest for Kikhavn). Udlægningspositionen bør derfor ikke vælges umiddelbart vest for større anlæg, havn eller andet, der kan hindre langtransporten. I sådanne tilfælde vil udlægningen kun få lokal betydning - men i en længere periode. Vælges en udlægningsposition omkring et knæk på kystlinien, vil der være en risiko for, at sandet føres væk fra kysten og derfor ikke længere vil gavne denne.

Ved de 2 første metoder vil strandens bredde forøges efter hver udlægning (hvert 5. år) og langsomt aftage mod oprindelig bredde.

Den sidste metode vil bevirke erosion foran parallelværket, hvis der ikke tilføres supplerende materialer. De 5 m^3 svarer til halvdelen af erosionen pr. lbm i strandfodringsområdet i det sidste år før ny udlægning.

Det fremgår af kurverne på fig. 5.1,1 at omkostningerne pr. lbm til enhver tid er mindst ved anvendelse af strandfodringsmetode.

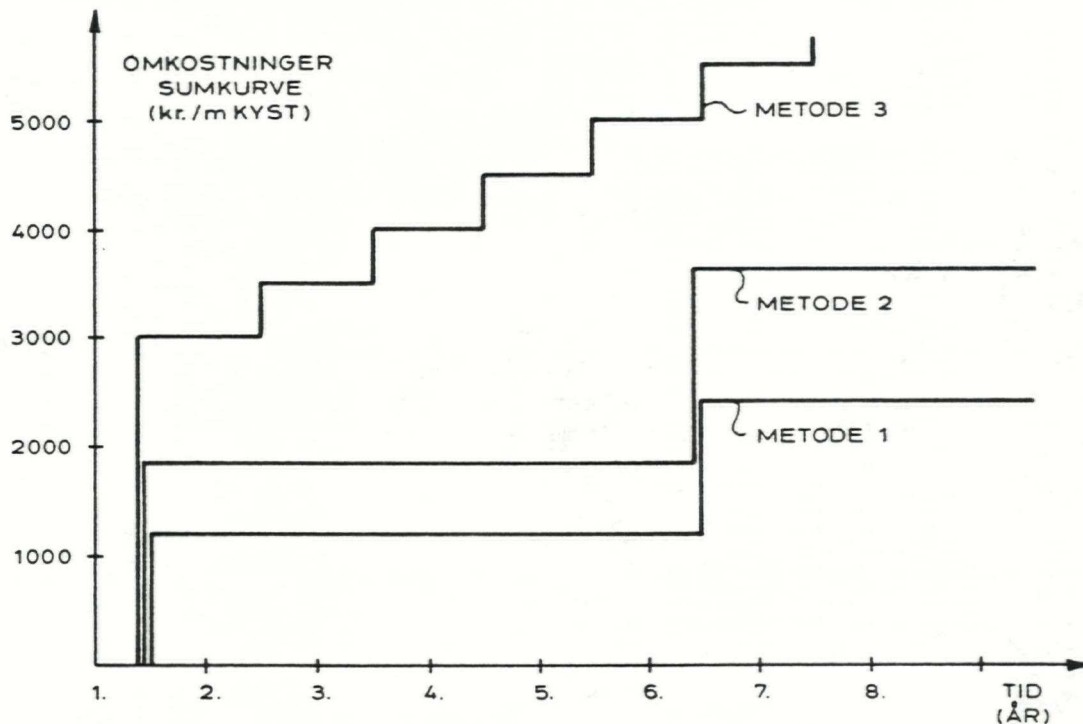


Fig. 5.1.1. Prisoverslag for 3 metoder til kystbeskyttelse.
 Metode 1: Punktvis strandfodring. Metode 2: Sandtilførsel til hel kyststrækning. Metode 3: Traditionel skræntfodssikring og sandtilførsel.

5.1.3 Fremtidig anvendelse af strandfodringsprincippet

Hos de medvirkende parter i strandfodringsforsøget hersker der ingen tvivl om metodens anvendelighed.

Under arbejdet med oplæg til en fællespulje kunne der således umiddelbart peges på 6 lokaliteter, hvor strandfodringsmetoden kan anvendes.

Som et tankeeksperiment med fremtidig kystpleje på Nordkysten kan man forestille sig, at der på skift tilføres 100.000 m^3 sand til 6 velvalgte lokaliteter i en 6 års cyklus.

De tilførte $100.000 \text{ m}^3/\text{år}$ svarer til vort skøn over de årlige materialetab fra kysten ved Gilleleje, Hornbæk og Helsingør tilsammen. Der kunne således opnås balance i sandbudgettet (idet tab tilført sand) for en årsmkostning på $3.500.000 : 56.000 = 65$ kr./m af kysten fra Hundested til Helsingør.

Uheldigvis findes der næppe mange kyststrækninger, hvor forholdene er så ideelle, at strandfodringsmetoden kan stå alene. Der må sandsynligvis suppleres med faste anlæg, så langtransporten udjævnes. Derudover vil der sandsynligvis gå flere udlægningsrunder, før de stejle kystprofiler ved f.eks. Vejby Strand og Ellekilde er fyldte. Der mangler desuden en vurdering af konsekvensen for havnene, specielt Gilleleje og Hornbæk. Det er tænkeligt, at tilsandningen af sejlrenderne kun vil øges lidt og at udgifterne til øget oprensning vil kunne dækkes af indtægter ved at udnytte disse materialer i den videre langtransport. I øjeblikket klappes oprenset materiale fra sejlrenderne på dybt vand og forlader dermed kysten.

I 1986 blev der udført et lille kystfodringsforsøg hvor materialer fra sejlrenden til Hornbæk blev udlagt på 2,5 m vand foran Hornbæk Plantage. Resultatet af forsøget foreligger ikke endnu, men der er næppe tvivl om, at sandet vil gøre mere gavn her end til havs.

I Danmark har strandfodringsmetoden kun været anvendt på Jyllands Vestkyst. Resultaterne af forsøget ved Hald Strand underbygger formodningen om, at metoden også har sin berettigelse langs de indre danske kyster.

En forudsætning for at metoden kan anvendes er bl.a.

- At de økonomiske og juridiske aspekter kan afklares.

Herudover kommer en række kysttekniske forhold der kan være opfyldt i forskellig grad

- Kyststrækningen skal give mulighed for langtransport af sandmateriale.
- Antallet af større anlæg på strandplanet bør være beskedent.
- Egnede fodringsmaterialer skal være tilgængelige i nærheden.
- Besejlingsforholdene skal være rimelige.

Strandfodringsmetodens største handicap er nok kystgrundejernes generelle uvilje mod en beskyttelsesmetode, der ikke indeholder faste konstruktioner i almindelig forstand og derved har en "indbygget" vedligeholdelsesomkostning.

Hertil kommer at metoden næppe vil kunne realiseres, hvis omkostningerne skal dækkes af kystgrundejerne pr. løbende m strandparcel. Metoden vil derimod være velegnet i et overordnet regi som en del af en samlet plan for hele kysten.

Resultaterne ved Hald Strand indikerer at sandet på denne strækning har holdt sig i den kystnære zone. Der er derfor kun en lille risiko for, at sandet har ændret på de økologiske betingelser på havbunden uden for denne zone.

5.2 KYSTPÅVIRKNINGER5.2.1 Vindforhold

Vindstyrke og vindretning observeres visuelt (vurderes ud fra vindens påvirkning på omgivelserne) 3 gange dagligt (kl. 08, 14 og 21) fra Spodsbjerg fyr 4 km SV for Hald Strand. Disse data indsamles af Meteorologisk Institut (MI). Til bedømmelse af vindklimaet i forsøgsperioden er observationerne fra årene 1981- 86 rekvireret fra MI og indgår sammen med data fra en selvregistrerende vindmåler ved Hald Strand i forsøgsperioden 1. august 1984 - 9. september 1986.

I tabel 5.2.1 er fordelingen af vindstyrker på 5 Bf eller over vist som gennemsnitligt antal timer pr. år med given vindstyrke. Fordelingen er givet for forsøgsperioden både for Spodsbjerg observationerne og for vind målt ved Hald. Til sammenligning er angivet Spodsbjerg observationerne for årene 1981-83 og seksårsperioden 1981-86.

Det ses af tabellen, at vindforholdene har været milde i forsøgsperioden både sammenlignet med seksårsperioden, men især sammenlignet med den strenge 3 års periode 1981-83. Vindstyrker på 7 Bf og derover (>13,9 m/s = stiv kuling) har i forsøgsperioden haft hyppigheder ca. 30% mindre end normalt (1981-86).

Vindhastighed m/s		8,0	10,8	13,9	17,2	20,8	24,5	28,5	32,7
Vindstyrke Bf		5	6	7	8	9	10	11	
Lokalitet	Periode (incl.)								
Spodsbjerg	1981-1983	3 år	844	710	347	84	17	14	3
Spodsbjerg	1981-1986	6 år	776	625	301	70	14	9	1,4
Spodsbjerg	840816-860907	2 år	674	521	227	51	15	8	
Hald Strand	8408-860907	2 år	776	401	161	36	15	3	

Tabel 5.2.1 Vindstyrkestatistikker for vindstyrker \geq 5 Bf (8 m/s) fra retninger WSW-W-WNW-NW-NNW-N-NNE-NE (Pålandsvind). Tabellen angiver antal timer pr. år med given vindstyrke.

Fordelingen af vindretninger har i forsøgsperioden og i seksårsperioden været ensartede som det fremgår af vindroserne fig. 5.2.1.

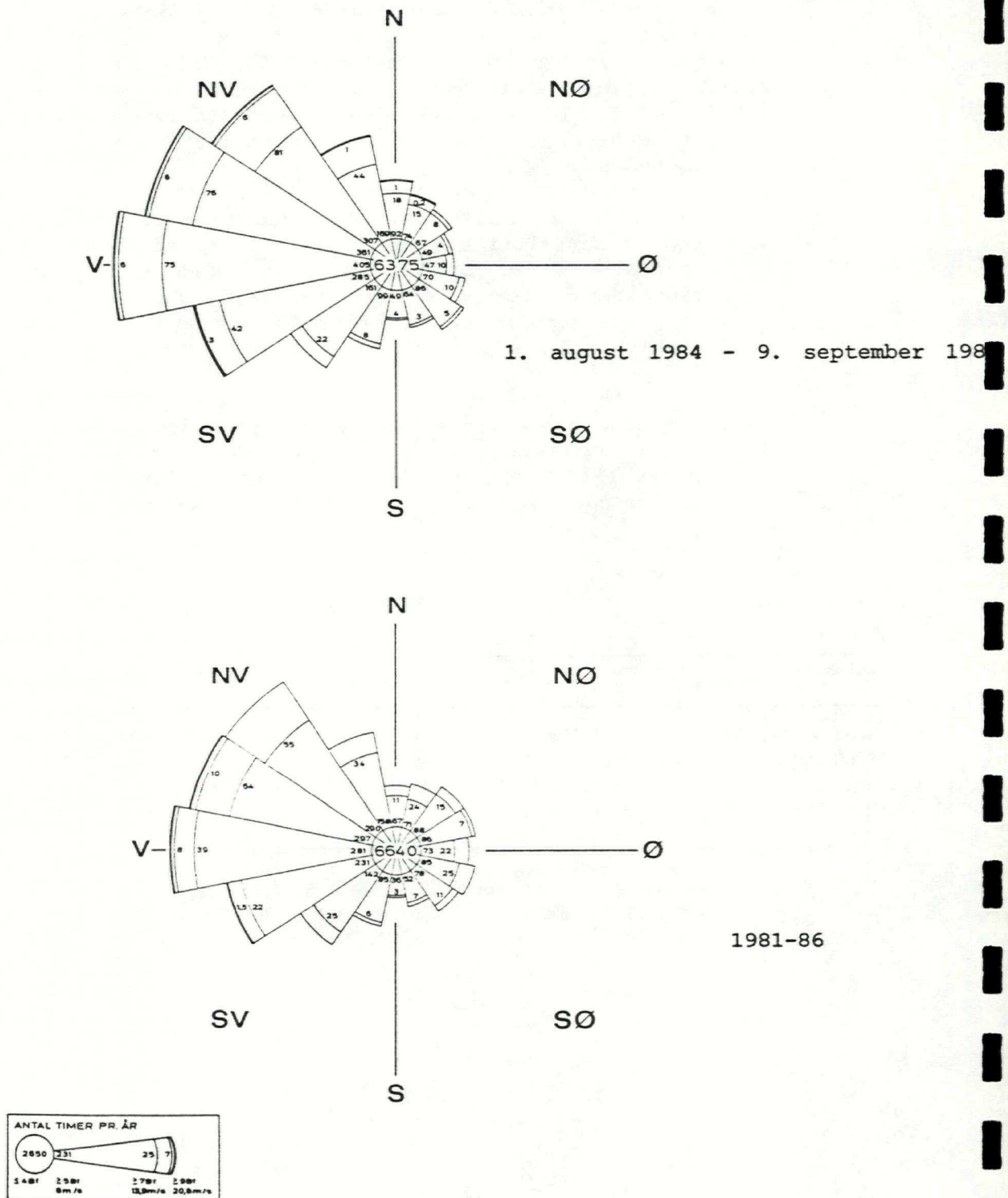


Fig. 5.2.1 Vindroser fra Spodsbjerg fyr for forsøgsperioden 1. august 1984 - 9. september 1986 og seksårsperioden 1981-86 (incl.)

5.2.2 Vandstandsforhold i forsøgsperioden

Der foreligger et stort datamateriale vedrørende vandstanden langs Nordkysten. Meteorologisk Institut har siden 1890 udført vandstandsmålinger ved Hornbæk, og Hedeselskabet har målt vandstanden ved Hundested kontinuerligt siden juni 1982.

I forbindelse med kystens udvikling er det især højvandssituationer, der har interesse. Fig. 5.2.2 angiver overskridelseshyppigheder ved Hornbæk i perioden 1891-1925 og data fra de senere års observationer. Det ses heraf, at der er meget fin tidsmæssig overensstemmelse mellem observationerne ved henholdsvis Hornbæk og Hundested, men at der er en tendens til at vandstanden ved Hornbæk ligger en anelse højere under ekstreme forhold.

Det fremgår, at vandstandsforholdene i forsøgsperioden lå meget tæt på, hvad man statistisk kunne forvente. Der blev registreret lidt færre timer med vandstand på mellem 40 og 120 cm over DNN, mens der over 120 cm blev registreret en del mere end forventet. Dette hænger sammen med, at der under den meget langvarige storm blev registreret vandstande på op til 162 cm over DNN. Dette svarer ifølge en stormflodsanalyse udført på DHI i marts 1987 til en hændelse, der forekommer 1 gang pr. 50 år.

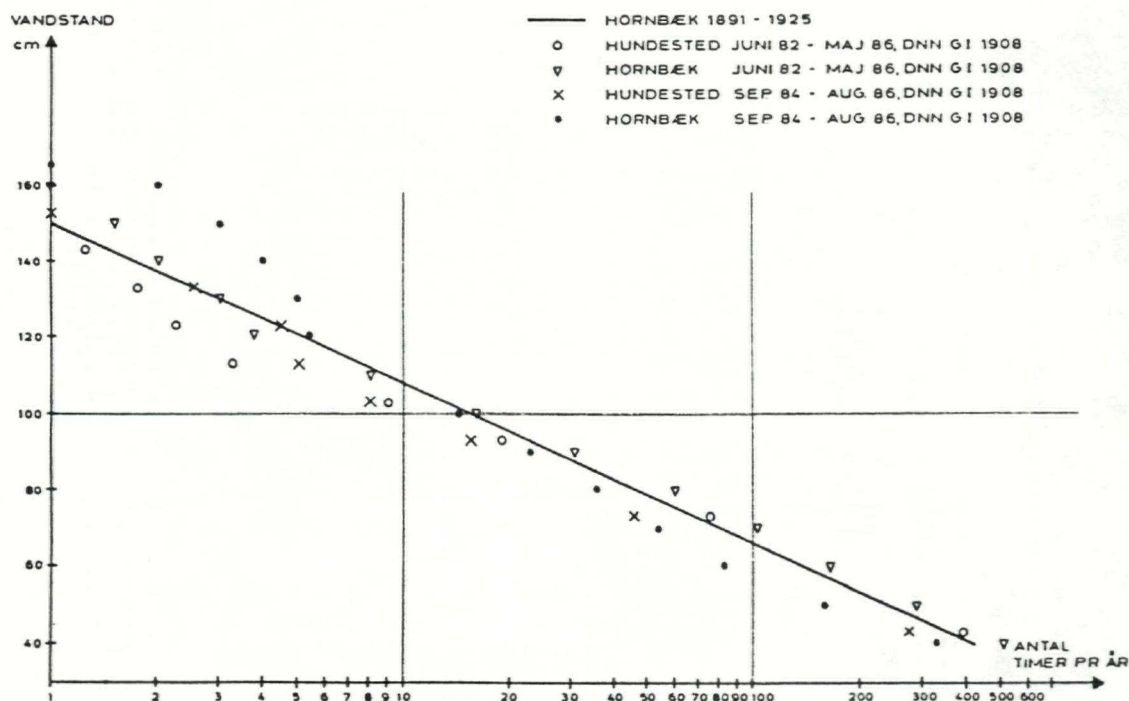


Fig. 5.2.2. Vandstandsstatistik for Hundested og Hornbæk.

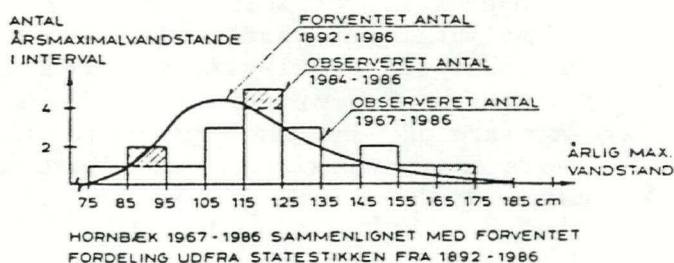
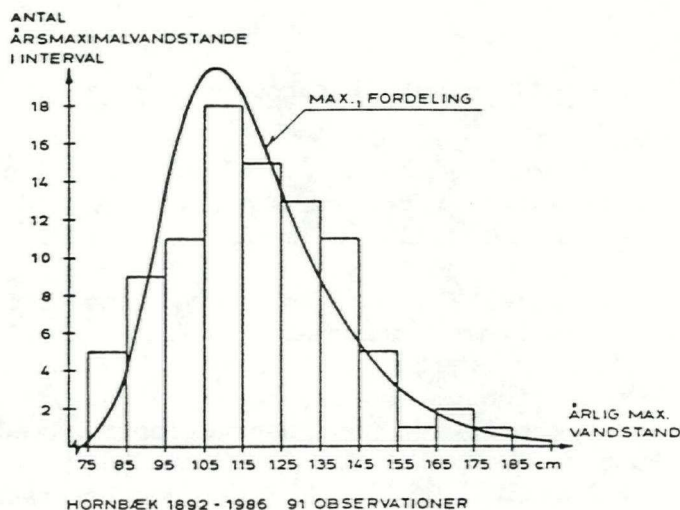


Fig. 5.2.3 Fordeling af målte vandstandsårs-maxima ved Hornbæk 1891-1986 sammenlignet med perioden 1967-1986. De sidste 20 år har de årlige maxima været større end forventet, men forsøgsperioden har været rimelig repræsentativ.

5.2.3 Bølger

Det er ikke muligt direkte at sammenligne de registrerede bølgehøjder og perioder med tidligere observationer. Bølgeregistreringer blev tidligere udført 8 gange i døgnet fra fyrskibene i det sydlige Kattegat. Siden fyrskibene blev inddraget i begyndelsen af 1970'erne er der ikke udført regelmæssige bølgeobservationer i området.

Der er dog forskellige muligheder for at sammenligne forsøgsperiodens bølgeklime med tidligere situationer.

1. Den mest umiddelbare måde er at sammenligne de bølgegenererede vinde. Denne undersøgelse er udført i afsnit 5.2.1 og gav som resultat at vindpåvirkningerne i perioden har været milde i forhold til registreringsperioden 1981-1986.
2. En mere direkte fremgangsmåde vil være at sammenligne de visuelle bølgeobservationer fra Kattegat S fyrskib (1962-1971) med de målte.

Da tidsperioderne for observationerne ved Hald Strand og Kattegat S er forskellige og relativt korte 2-5 år giver det ikke umiddelbart mening at sammenholde disse. Resultaterne antyder dog de forskelle i informationer man må forvente, når visuelle og målte bølger sammenlignes. På fig. 5.2.4 er hyppighedsfordelingen af bølgeperioderne vist for de 2 perioder. Det ses, at fyrskibsobservationerne giver en meget fladere fordeling, hvilket sandsynligvis dels skyldes

- små hurtige bølger fra retninger med et relativt kort frit stræk
- store bølger med lange perioder, hvor observatøren abstraherer fra overlejrende bølger.

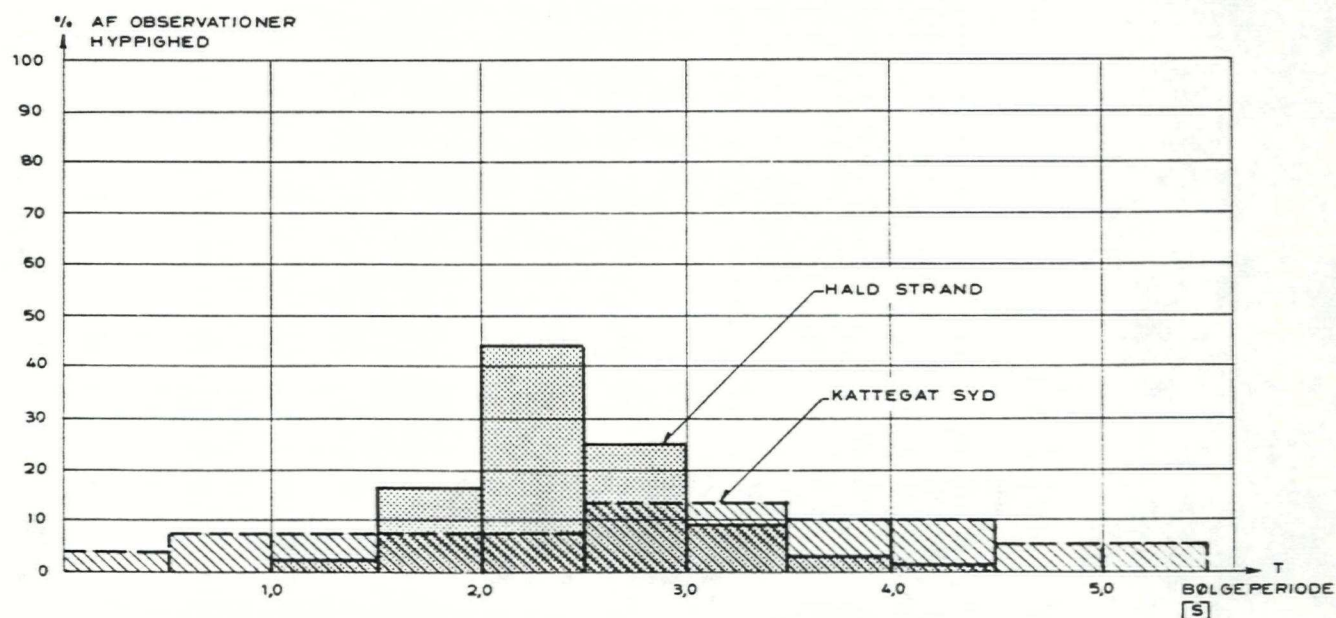


Fig. 5.2.4. Hyppighedsfordeling af bølgeperioder, observeret ved Kattegat S fyrskib 1962-1971 og målt ved Hald Strand 1984-1986.

Sammenhængen mellem bølgeperiode og bølgehøjde (H_s henholdsvis H_v) er vist på fig. 5.2.5.

Det fremgår, at de målte bølgehøjder for en given bølgeperiode (T) generelt er højere. Årsagen hertil kan være shoaling (forøgelse af bølgehøjden, når bølgen når lavere vande), men er nok snarere det samme fænomen som ovenfor nævnt, nemlig at de store bølger overlejres af mindre og at perioden derfor mindskes.

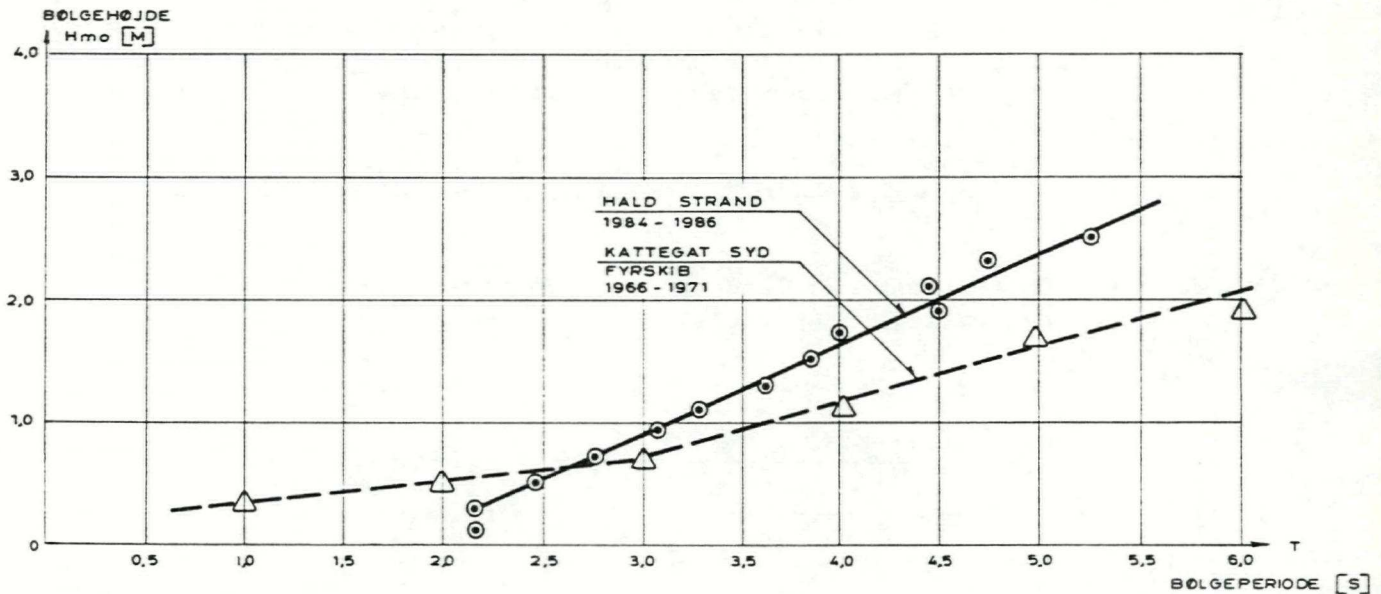


Fig. 5.2.5. Sammenhængen mellem bølgeperiode og bølgehøjde. Målt ved Hald Strand (H_s) og observeret ved Kattegat S fyrskib (H_v).

Forsøgsperiodens bølgeforhold har ikke kunnet relateres på det aktuelle grundlag.

Som en interessant regneøvelse kunne man på grundlag af den målte vind og ved traditionelle beregningsmetoder føre bølger fra dybt vand ind til Hald. Resultat kan herefter sammenlignes med det målte og metoden kontrolleres.

Ekstreme bølgehøjder

Den største signifikante bølgehøjde blev registreret under stormen den 12. oktober 1985 til $H_s = 2,78$ m. Ud fra analyser af fyrskibsdata er den højde skønnet til at opstå med en gentagelseshyppighed på omkring 1 år.

5.2.4 Strøm

Der er ikke tidligere udført længerevarende strømmåling ved Sjællands nordkyst.

Resultaterne har vist en meget kort responstid mellem vind og strøm, både hvad angår kystretningskomponent (SV/NØ) og hastighed. Den størrelsesmæssige sammenhæng er kun orienterende undersøgt, men giver forhåbninger om at en vind-strøm relation kan skabes både uden for og inden for brydningsrevlen.

De største observerede strømhastigheder blev registreret i april 1985 i SV-gående retning. For den fjerne henholdsvis den kystnære måler blev målt 0,72 m/s henholdsvis 0,60 m/s.

5.2.5 Beskrivelse af ekstreme højvandssituationer

Da de ekstreme højvandsperioder har en meget stor indflydelse på kysterosionen, beskrives i det følgende vandstandens afhængighed af vindforholdene. Til dette formål er udvalgt tre stormforløb som gennemgås på basis af vindmålinger ved Spodsbjerg Fyr, vandstandsmålinger ved Hundested- og Hornbæk havn samt i muligt omfang bølgemålinger ved Hald Strand. Stormforløbene er illustreret ved vejrkort kl. 12 GMT og ved grafisk afbildning af vind, vandstand og bølgedata.

En detaljeret gennemgang af stormsituationerne og deres konsekvenser for kysten er udført i afsnit 5.6.1.

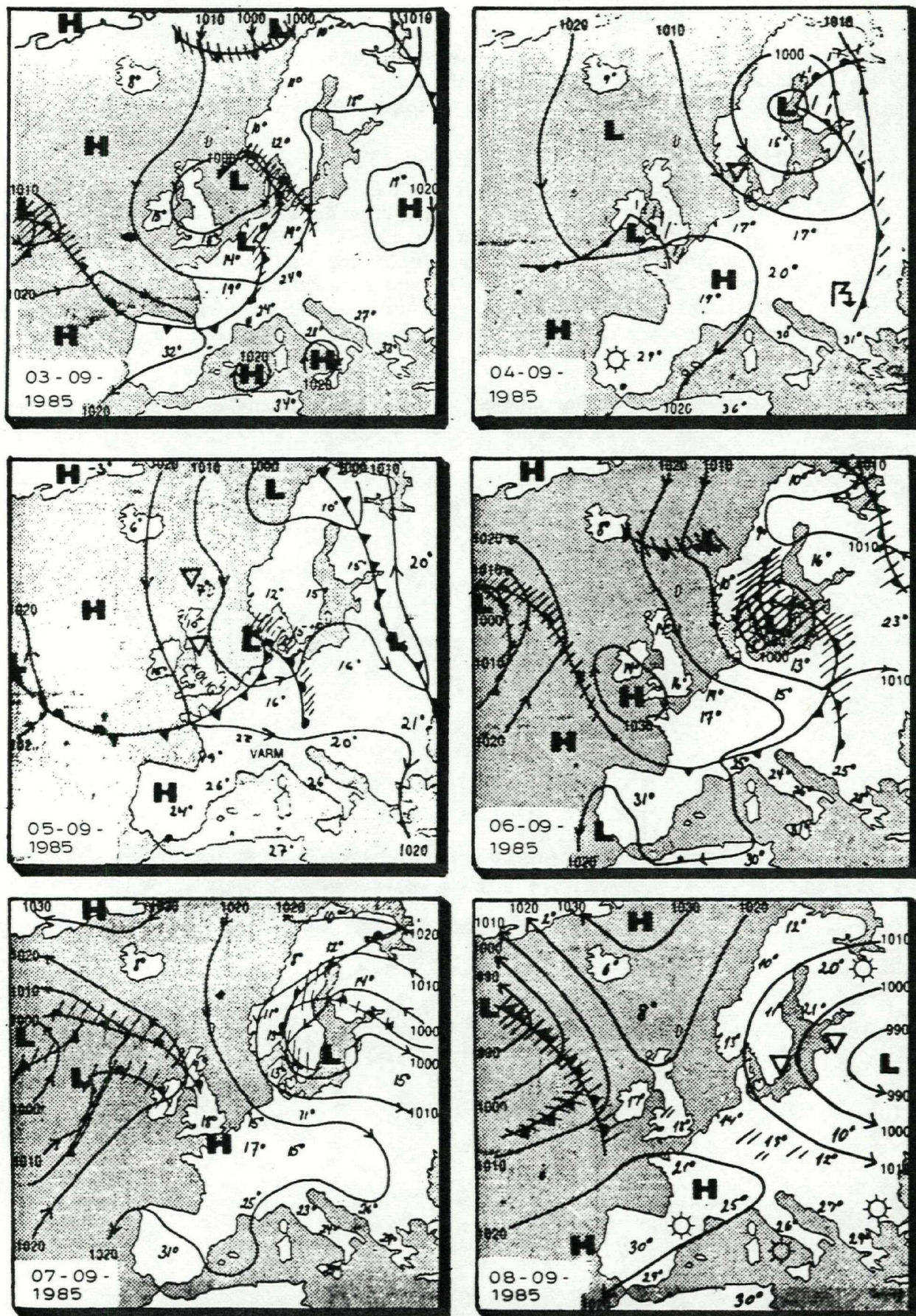


Fig. 5.2.6. Vejrkort optaget kl. 12 GMT for stormperioden 3.-8. september 1985.

3. - 8. september 1985.

Den 4. september lå et lavtryk på 990 mb over Sverige, mens et højtryk på 1020 mb lå over Frankrig. Den store trykgradient betød, at der ved Kattegat blev målt vind fra V på 15 m/s, mens vinden over Nordsøen var noget svagere. Vinden pressede vandet ind i Kattegat og vandstanden steg til ca. 65 cm over DNN ved Nord-sjællands kyst.

Den 5. aftog vinden og vandstanden faldt atter til normalt niveau, men i løbet af den 5. og den 6. faldt trykket kraftigt, mens et højtryk blev opbygget S for England. Dette betød, at vinden tiltog til 23 m/s fra VNV. Det store fald i trykket samt vindretningen sendte store mængder Nordsøvand ind i Kattegat, og vandstanden ved forsøgsområdet steg til ca. 115 cm over DNN.

Desværre var der ingen bølgemåling i denne periode, men opmålinger af strandområdet umiddelbart ført og efter denne storm viser, at der har været en meget stor sandtransport ud af området. En medvirkende årsag til den kraftige erosion har sandsynligvis været, at kystprofilen i en lang forudgående periode kun har været udsat for moderate vandstande, HV \leq 0,5 m o.DV.

VINDHASTIGHED OG RETNING MÅLT VED SPODSBJERG FYR

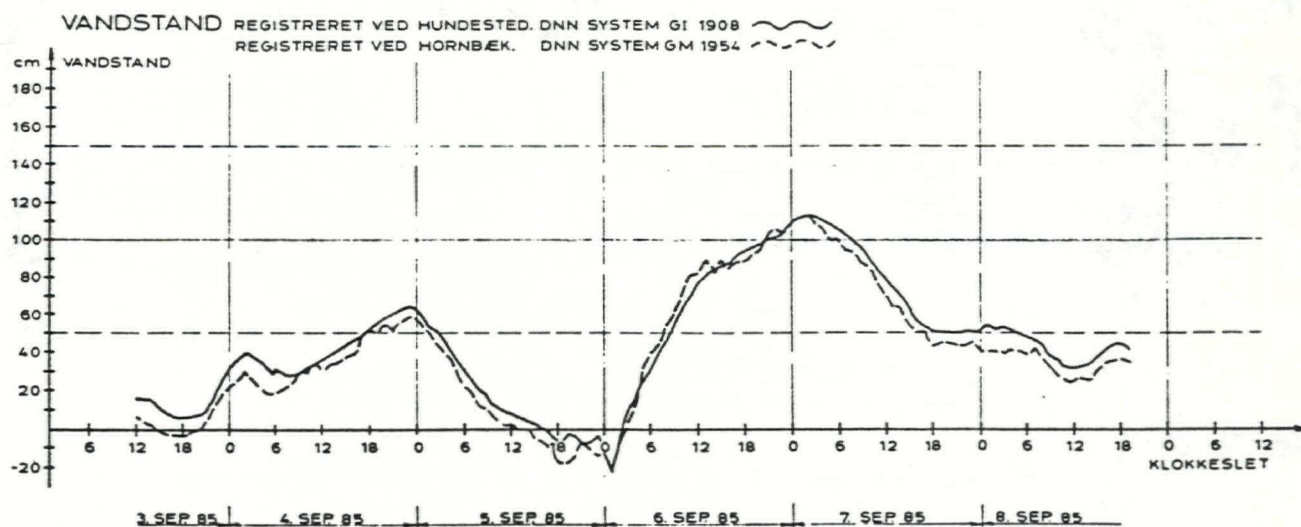
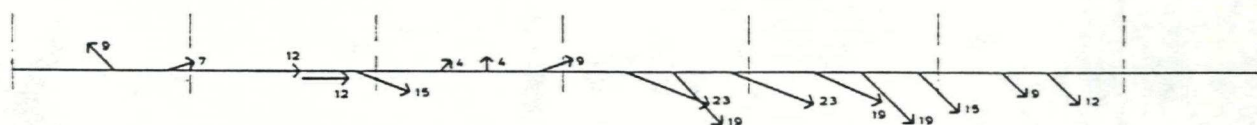
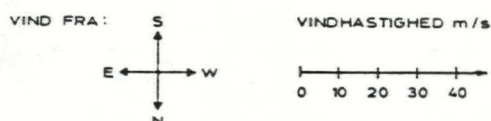


Fig. 5.2.7. Registrerede vejrforhold under stormperioden 3.-8. september 1985.

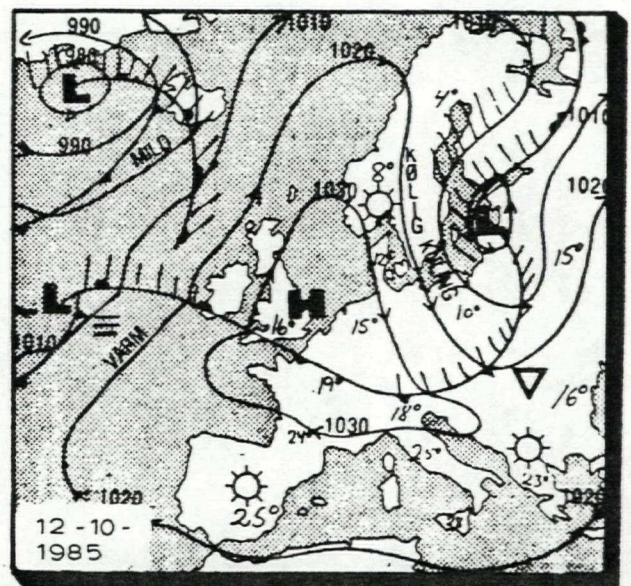
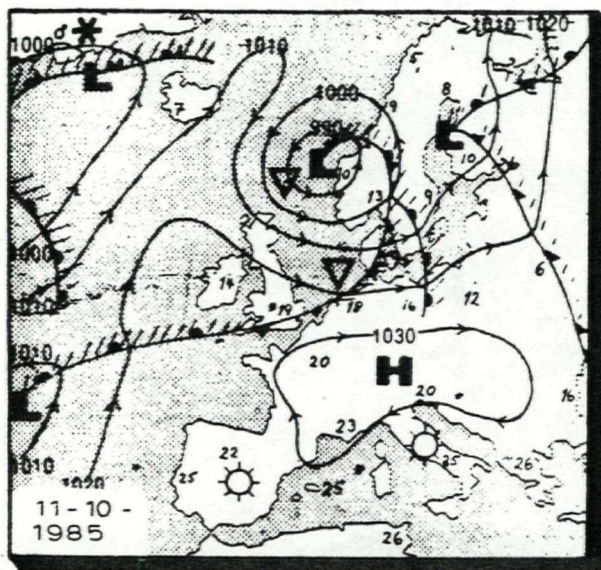
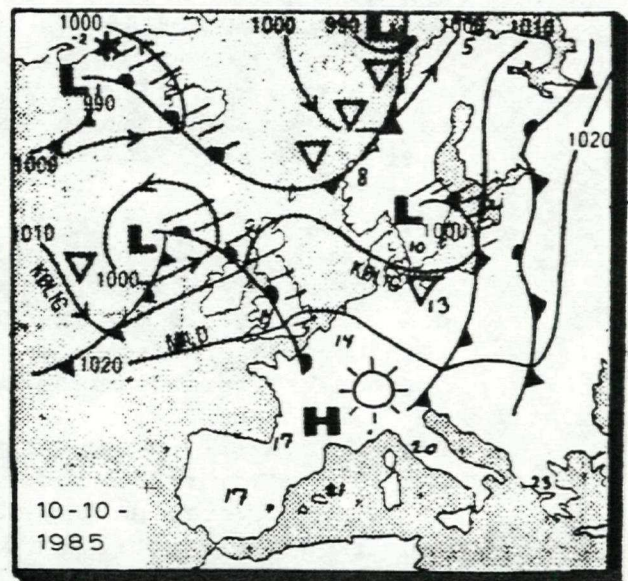
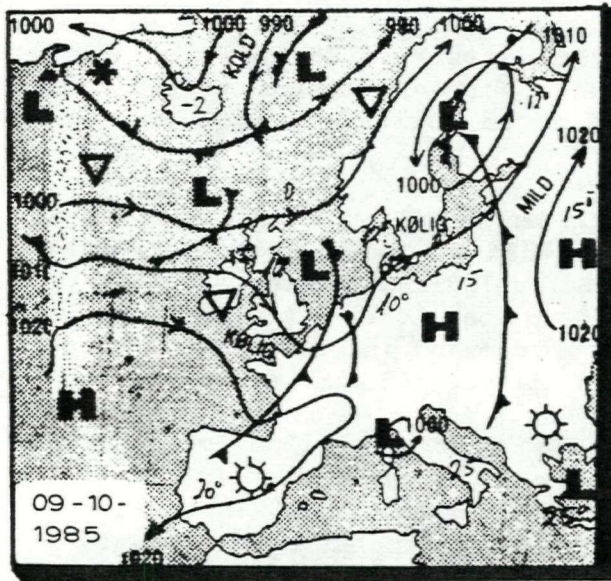


Fig. 5.2.8. Vejrkort optaget kl. 12 GMT for stormperioden 9.-13. oktober 1985.

9. - 13. oktober 1985.

Den 10. oktober var vinden ved Spodsbjerg 9-12 m/s fra VNV, og ved denne vindretning blev der stuvet Nordsøvand ind i Kattegat, og vandstanden steg til 75 cm over DNN.

I løbet af den 10. og 11. uddybedes et lavtryk over Sydnorge, mens et højtryk over Sydeuropa bevægede sig mod nord. Dette medførte, at vinden tiltog til 26 m/s fra vest den 11., og da højtrykket bevægede sig hen over England, mens lavtrykket fortsatte mod Ø under opfyldning, drejede vinden den 12. over i nordvest og aftog til 12 m/s.

Den kraftige vind fra vest stuede endnu en gang Nordsøvand ind i Skagerak og Kattegat, hvorved vandstanden ved Nordkysten steg til 106 cm over DNN. Den meget hårde vind fra vest bevirkede desuden, at den signifikante bølgehøjde ved Hald Strand steg til ikke mindre end 2,78 m.

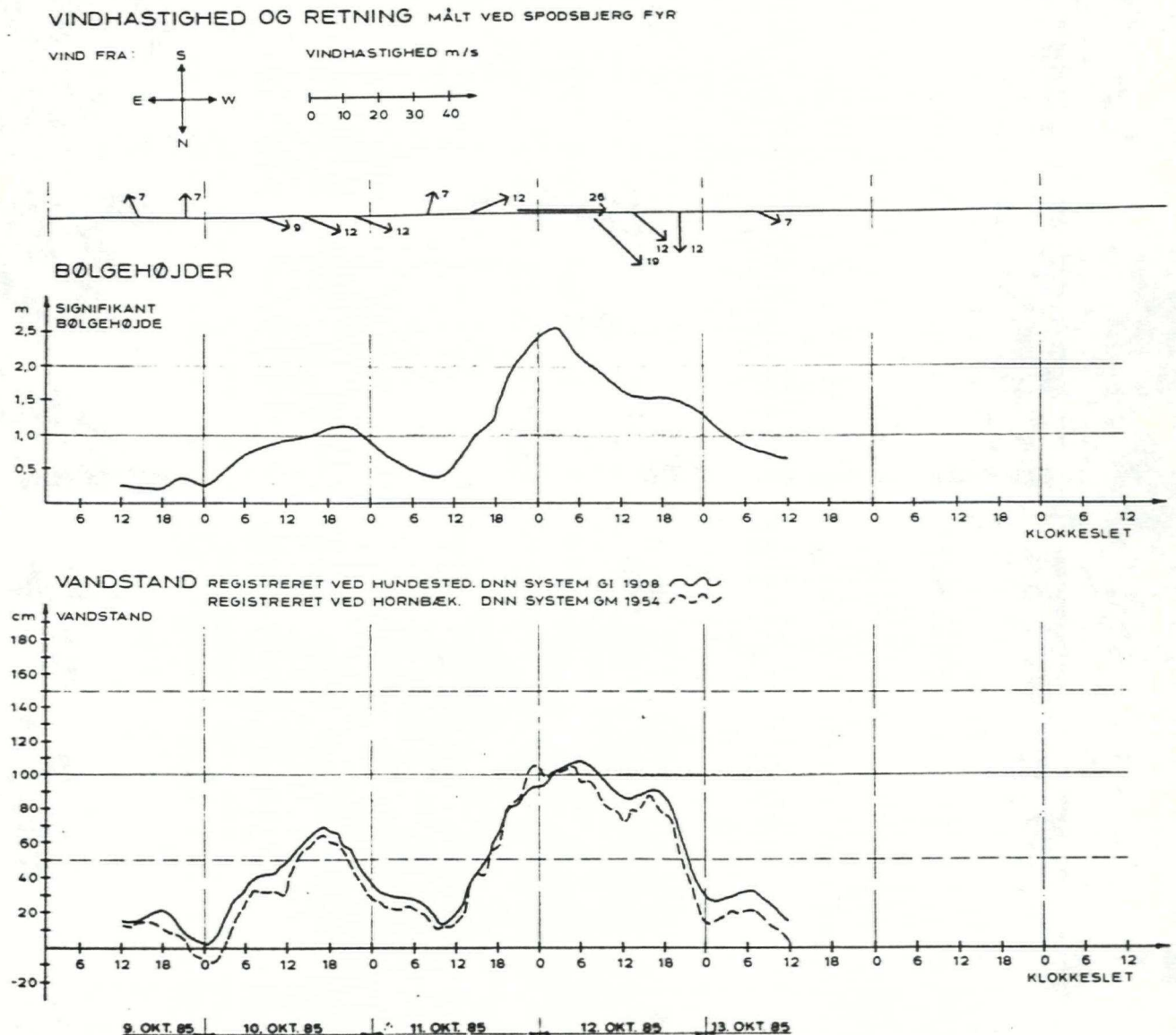


Fig. 5.2.9. Registrerede vejrforhold under stormperioden 9.-13. oktober 1985.

6. - 12. november 1985.

Et lavtryk over de Britiske Øer den 5. november rykket mod Ø og uddybedes hurtigt. Den 6. november befandt lavtrykket sig over Skagerak og er kl. 13 på under 960 mb, hvilket i Kattegat gav vindhastigheder på 19-23 m/s fra SV og V, mens det i Nordsøen gav vind fra V og NV 24-28 m/s. Det store trykfald over Skagerak samt vindretningen sendte store mængder Nordsøvand ind i Skagerak og Kattegat, og resulterede i at vandstanden steg kraftigt ved Nordsjællands kyst. Vandstand toppede natten til den 7. ved 1,62 m over DNN, hvilket ifølge en stormflodsanalyse som DHI har udført for Kystinspektoret (marts 1987) svarer til en vandstand der overskrides én gang pr. 50 år.

I løbet af den 7. november bevægede lavtrykket sig mod nord under opfyldning, og vinden ved Kattegat aftog. Men endnu et lavtryk var på vej mod landet fra V, og den 9. befandt det sig ved Sydnorge, hvilket giver vind på 12-15 m/s fra SV. I løbet af den 10. gik vinden mere over i V, hvorved der endnu engang stuede vand ind i Kattegat. Vandstanden steg til 1 m over DNN i Hornbæk og Hundested.

Den lange periode med høj vandstand samt det ekstreme højvande bevirkede store ødelæggelser langs de danske og svenske kyster omkring Kattegat. Mange kystværn var ikke tilstrækkeligt høje og stormbølgerne eroderede hurtigt strandbredden foran reflekterende kystværn.

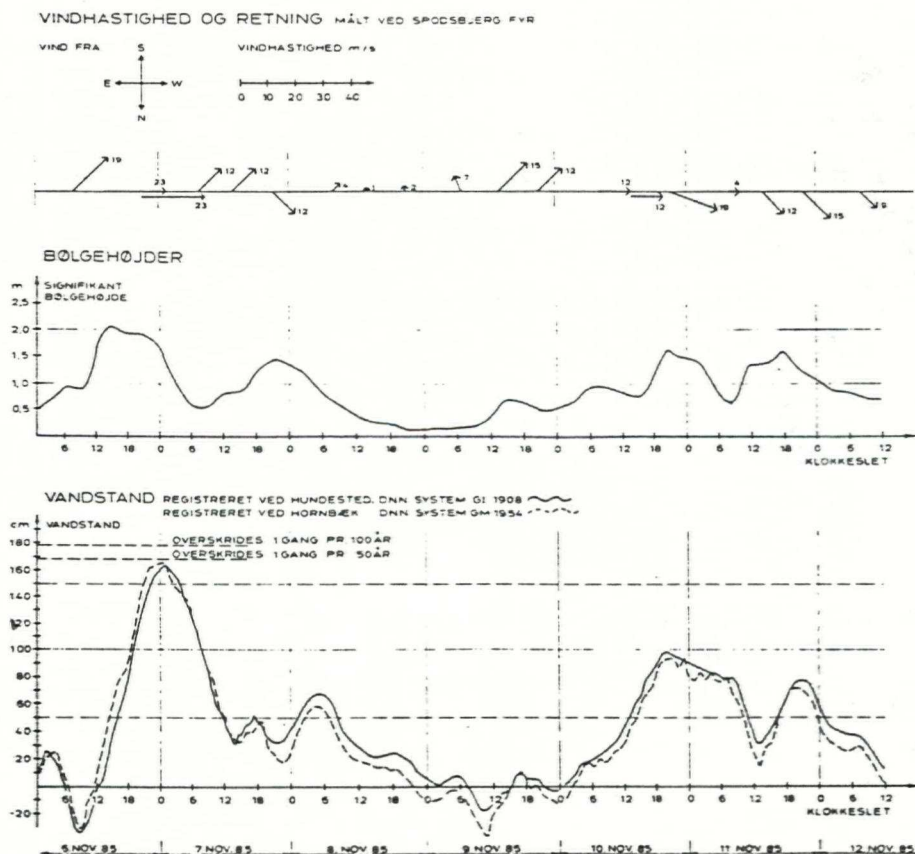


Fig. 5.2.11. Registrerede vejrforhold under stormperioden 6.-12. november 1985.

5.3 NATURLIG KYSTUDVIKLING

5.3.1 Hald Strands morfologi før deponeringen

Kyststrækningen ved Hald Strand er en stejlkyst med en 5-7 m høj klint og et foranliggende yderst sandfattigt abrasionsflak. Klinten præges af aktiv erosion langs hele det kommunale areal, hvor der ikke eksisterer kystværn, samt ved matrikel 8 be og bc, begge med delvis nedbrudte palisaderækker. I den nordøstlige del af området er klintfacaden inaktiv og vegetationsdækket, hvilket skyldes de eksisterende kystværns beskyttende effekt.

Klintens geologi varierer stærkt på denne strækning, se fig. 5.3.2. Langs det offentlige areal består den nederste halvdel af till, der overvejende er sammensat af finkornet materiale (sand, silt og ler) med enkelte større sten. Over moræneaflejringerne ligger et 2-3 m mægtigt flyvesandslag, en aflejring som kan følges i hele fodringsområdets udstrækning med skiftende lagtykkelse.

Nordøst for det offentlige areal underlejres klitsandet (her ca. 4 m tykt) af marine aflejringer, nederst i form af en lerbænk med et stort indhold af Cardium-skaller (hjertemuslinger) og derefter ca. 2,5 m strandsedimenter med vekslende lag af sand, grus og småsten.

Generelt består klinten således af sedimenttyper, der ved erosion og udskridninger leverer store mængder materiale, som kan indgå i litoralzonens sedimentomsætning - naturens egen strandfodring.

Med henblik på en vurdering af den naturlige udvikling frem til i dag er det væsentligt at bemærke flyvesandsdækket. Da store mængder løst materiale på strand og strandplan er en forudsætning for klitdannelse må en bred sandet strandbred have eksisteret tidligere. En lokal beboer har berettet, dokumenteret med foto, at så sent som i 1920'erne var bagstrand og klintfacade dækket af tueklitter.

Før strandfodringen varierede strandbredden mellem 0 og 15 m i bredden. På strækninger med kystbeskyttelses anlæg manglede strandbredden helt. Materialerne på stranden bestod overvejende af grus, småsten samt spredte større sten og blokke. Temporærer, smalle bæltter af sand kunne iagttages på den relativt brede strandbred ved det kommunale areal.

På den kystnære del af strandplanet (fra kystlinien og ca. 100 m søværts) manglede løst sand fuldstændigt. Sten på 5-10 cm's størrelse samt spredte småsten og blokke dækkede størstedelen af strandplanet, og dannede en mere eller mindre sammenhængende stenbrobelægning. I den stenbrolagte overflade fandtes områder, hvor bunden bestod af rent ler. Sten og lerbund benævnes i det følgende ofte som "hård bund". Søværts for den kystnære del af strandplanet forekom sandrevler af forskellig udstrækning. Revlerne, som overalt hvilede på hård bund var $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{2}$ m tykke, og opbygget af meget fint, velsorteret kvartssand.

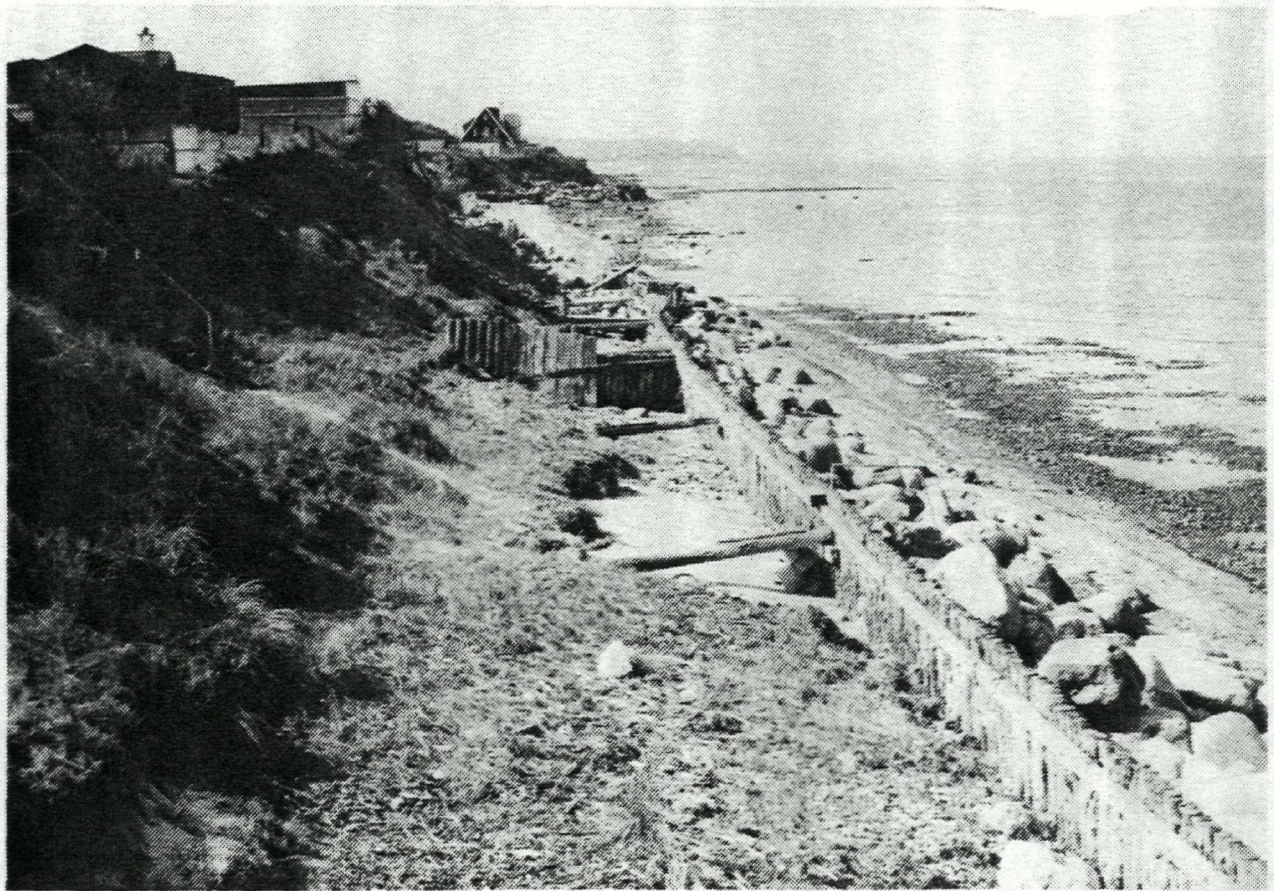


Fig. 5.3.1.

Vue over strandfodringsområdet før deponeringen (maj 1984). Billedet er optaget fra fikspunkt C, ved matrikelnr. 8 bi.

Foruden ovennævnte kystformer, der dannede rammerne for selve kystfodringen, skal der med hensyn til beskrivelsen af kystudviklingen i dette område påpeges yderligere 3 topografiske elementer:

Ca. 150 m sydvest for fodringens vestgrænse findes en delvis sandgæet læmole af ældre dato. Molen består af store søsten, har en kronhøjde svarende til daglig vande og strækker sig næsten 70 m ud fra kystlinien. Skønt lav og medtaget må det formodes, at molen har væsentlig indflydelse på den kystparallelle materialetransport.

25 m nordøst for fodringens østgrænse strækker sig et 125 m langt kystværk bestående af en massiv stenkastning omkring en zig-zag formet palisade. Stenkastningens ydergrænse lå på -0,5 m DNN før deponeringen.

Nær den interimistiske rørbrøslinieføring og ca. 60 m fra kystlinjen ligger en næste skjoldformet stenbanke på 15-20 m i diameter. Banken hæver sig knap 0,3 m over det omgivende strandplan og har en topkote på ca. -0,2 m DNN.

a.



b.



Fig. 5.3.2.

a. Klintens geologi ved det offentlige areal. Grænsen mellem den finkornede till-bænk og flyvesandsdækket er angivet med pilen.

b. Ved matr. 8 bc overlejrer flyvesandet en marin serie. Grænsen markeres af en humushorisont (pil).
(Fotos: a: M. Binderup, b: T. Aagaard).

5.3.2 Kystudviklingen 1945-1984

Kysten ved og omkring strandfodringsområdet indgår som en del af den næsten lineære kyststrækning mellem Spodsbjerg og Gilleleje. Hald Strand - Nødebohuse-kysten er karakteristisk for den udlignede kystform, idet baglandet inden for 2 km indeholder både glaciale og yngre marine aflejringer (geologiske hovedtræk for hele Nordsjællands kyst er beskrevet i Basisrapporten 1984).

Hald Strand med nabokyststrækninger fremtræder overalt som en klintkyst, hvor blottede klintafsnit i de glaciale dannelser (Galjebjerg - Nødebohuse - Korshage - Bavnehøj) afslører finkornet till, men domineres af sandede smeltevandslag. Klinterne i de mellemliggende afsnit (ved Klitgård og ved slusen mellem Nødebohuse og Galjebjerg) består af nederst 1-1,5 m marine aflejringer (formentlig fra Litorina tid, ca. 5.000 BP.) overlejret af klitsand.

Strandplanet er på hele strækningen forholdsvis ensartet udformet og danner et sammenhængende abrasionsflak, idet fundamentet for de hævede marine afsnit også består af glaciale dannelser.

Som nævnt i 5.3.1 er strandplanet sandfattigt. Det mobile sand danner ikke noget sammenhængende dække, og større eller mindre "vinduer" ned til det underliggende stenbrolagte eller lerede abrasionsflak er hyppige.

Strandplanet 1945-1984

Med henblik på at vurdere udviklingen på strandbredden og strandplanet i de seneste ca. 40 år, bl.a. som reference for udviklingen efter deponeringen, er der foretaget en analyse alene baseret på tilgængelige flyfotos (1945-1954-1959-1961-1964-1967-1969-1972-1974-1978-1980-1983 og 1984).

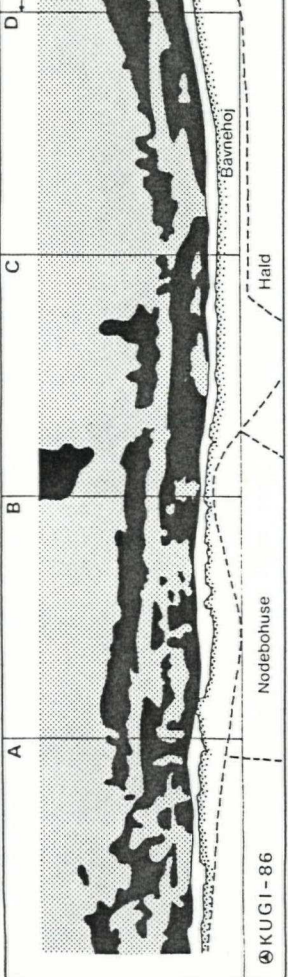
Fig. 5.3.3 viser tolkninger af flyfotoserierne med hensyn til det løse sediment på strandplanet (prikkede felter) og strandbredden (hvid zone foran klintfoden). Strandens bredde skal aflæses med forbehold, idet vandstanden på optagelsestidspunktet kan variere fra optagelse til optagelse.

På strandplanet tegner grænserne sig relativt skarpt, men metoden afslører ikke sedimentmægtigheden. Sporadiske undervandsrekognosceringer har vist, at sanddækket ofte er ganske tyndt (0,1 - 1 m). Når strandplanzonens bredde varierer fra udtegning til udtegning, skyldes det sigtbarheden i vandet.

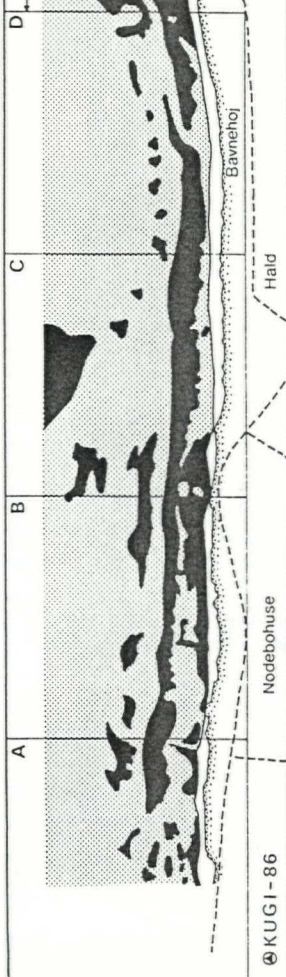
De dybeste områder, der kan skelnes, er -5 til -6 m. De sorte områder er "vinduer" gennem det løse sand til abrasionsflakket.

Flyfoto-serierne viser, at siden 1945 har strandplanet på intet tidspunkt været helt sanddækket. Det kan ligeledes konstateres, at til trods for, at sandområdernes omfang og fordelingsmønstre skifter, er der sektioner, hvor "vinduerne" kan genkendes både i form og placering fra optagelse til optagelse (se f.eks. den ydre del af sektion C og E samt centralt i A og D/E).

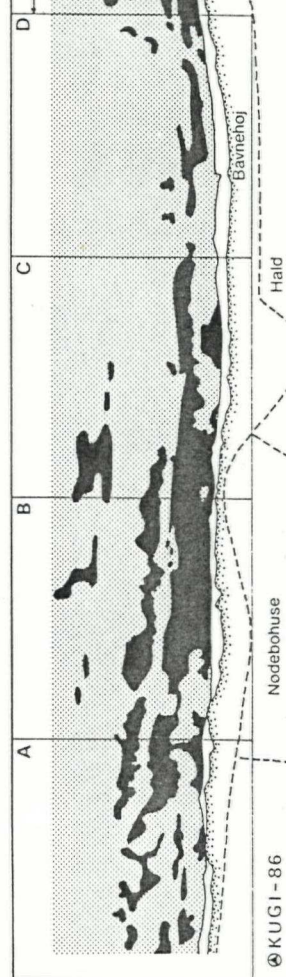
© KUGI - 86



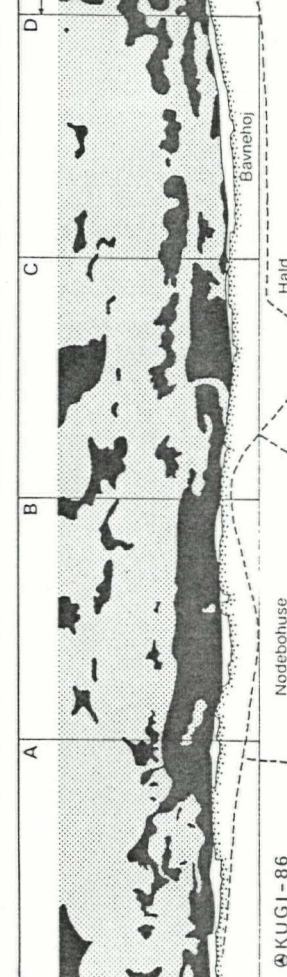
9. Maj 1954



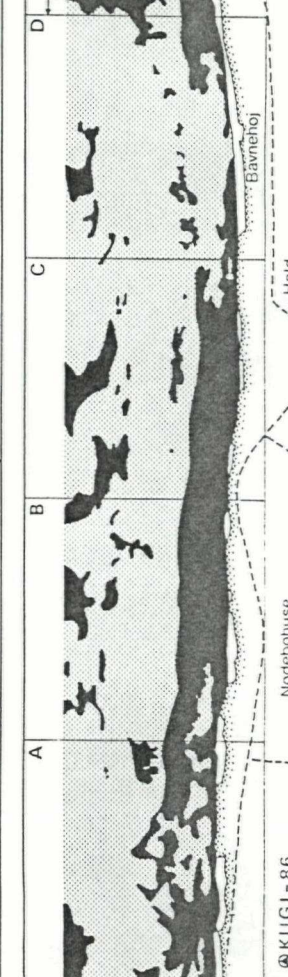
7. Sept. 1959



31. Aug. 1961

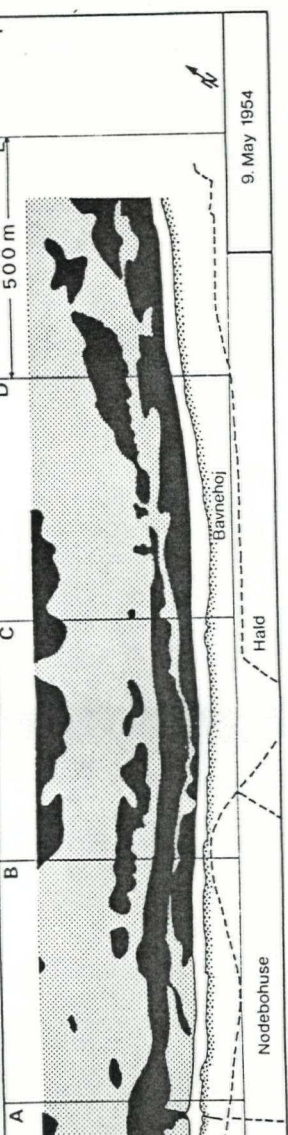


7. Aug. 1964

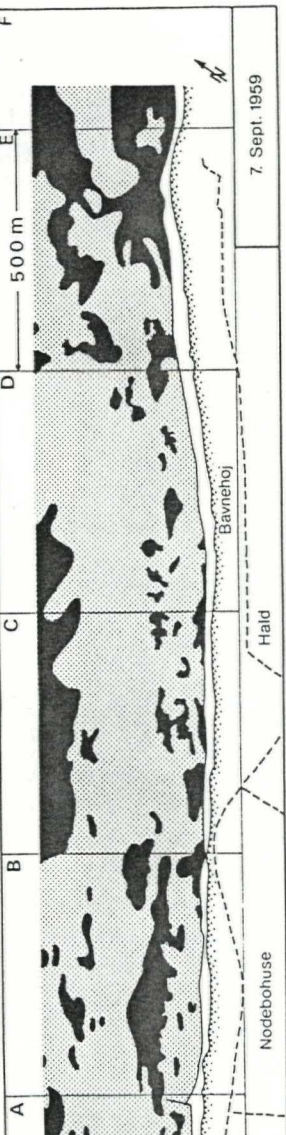


25. April 1967

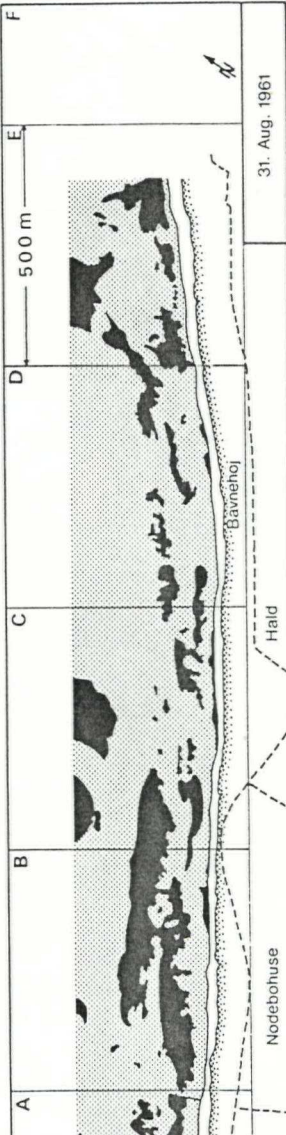
© KUGI - 86



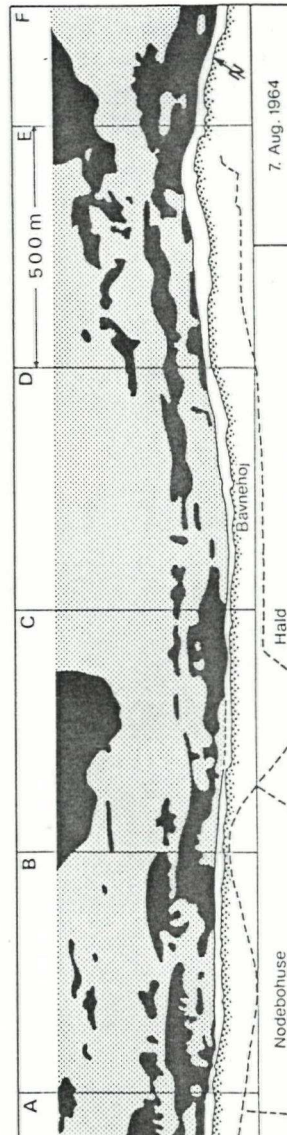
9. Maj 1954



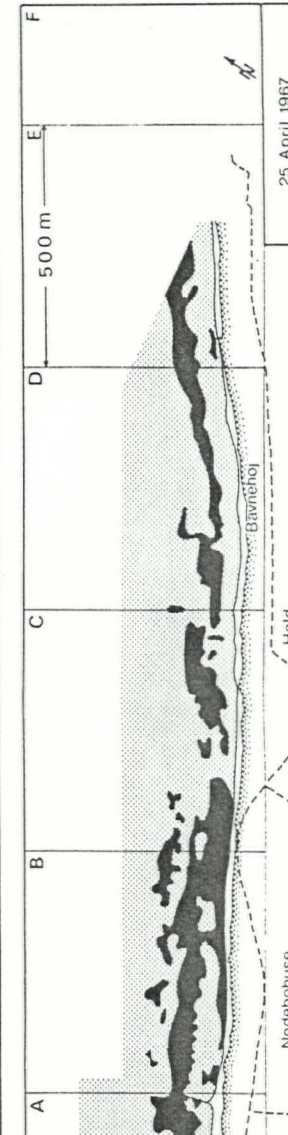
7. Sept. 1959



31. Aug. 1961



7. Aug. 1964



25. April 1967

Årsagen hertil er geologisk betinget, dels som følge af forekomster af erosionsresistente lerflager (glaciale oppresninger) og dels ved dannelsen af stenrøser (stenansamlinger) ofte i forbindelse med residuale aflejringer fra nu borteroderede morænepartier.

Undervandsobservationer i de ydre dele af sektion B på 5-6 m vand viste store områder med lerbænke i trappeformede afsatse. På lavere vand (-1 til -2 m) kunne større stenansamlinger lede tanken hen på fossile strandvolddannelse (homogene rullesten). Andre steder blev der observeret stembælter sammensat af usorterede sten - måske aflejringer efter transport af havis.

Variationer i strandplanets sedimentdækningsgrad er især markant på den indre del. I 1984, kort før strandfodringsen ser det "sort" ud! - ensbetydende med en særdeles sandfattig situation. Men denne tilstand synes ikke enestående. Også i 1954, 1969, 1972 og til dels i 1974 manglede der sand. Indregnes strandbreddens sandmasse i den samlede løse sedimentmængde er 1984 imidlertid exceptionel, idet der tidligere har været en form for balance mellem strandens bredde og sanddækningen på strandplanet. Således var der i 1954, 1974 en bred strandbred, men et sandfattigt strandplan, mens i 1945, 1959 og 1967 var det omvendte tilfældet.

Analysen af flyfotoserierne viser ikke nogen entydig langtids-tendens bortset fra, at strandbredden med få undtagelser synes under generel reduktion. Derimod kan der erkendes en aperiodisk cyklus på strandplanet med minimum sanddækning i 1954, 1972 og 1984 og med maksimum i 1945, 1959/61 og i mindre grad i 1978.

Som følge af den konstaterede cyklisitet kan man ikke med sikkerhed konkludere, at der er indtrådt en signifikant forværring i budgettet for de løse sedimenter. Men tendensen fra 1978 til 1984 indicerer kvalitativt ændrede forhold, fordi der sker en klar reduktion af den samlede sandmasse, dvs. incl. sandet på strandbredden. Strandbredden er den sidste "stødpude", der kan hindre alvorlig klinterosion.

Klinterosion

I Basisrapporten (1984) er kystliniændringer siden 1897 dokumenteret kartografisk langs hele Nordsjællands kyst. For strækningen Hundested-Gilleleje angives følgende gennemsnitlig tilbagerykning:

<u>1897-1949</u>	<u>1949-1967</u>	<u>1967-1983</u>
0,35 m/år	0,75 m/år	0,45 m/år

Specielt for området omkring Hald Strand er tallene i tilsvarende perioder (målt på samme grundlag som ovenfor):

<u>1897-1949</u>	<u>1949-1967</u>	<u>1967-1983</u>
0,20 m/år	0,11 m/år	0,38 m/år

Principielt afhænger klinterosionen langs kysten af flere parametre.

1.

Ekstraordinær højvandsstand (>1,5 m DNN) plus pålandsstorm angriber ikke blot alle ubeskyttede kyststrækninger, men også klinter bag dårligt vedligeholdte eller ringe udførte kystværn. Talrige eksempler herpå fandt sted i efterårsstormene 1985, se senere.

2.

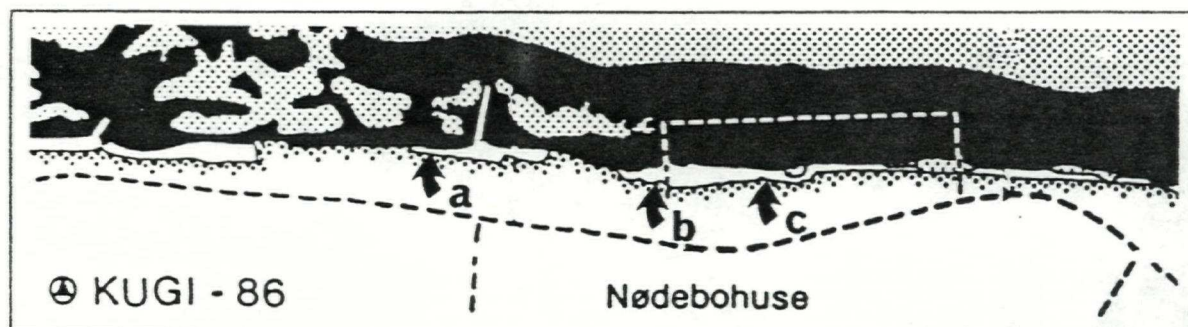
Moderate højvandsforhold (>1 m DNN) plus pålandsstorm medfører sporadisk klinterosion på ubeskyttede kyster. Klintnedstyrtninger synes tilfældigt fordelt langs kysten, men kan ofte sættes i forbindelse med variationen i strandbreddens dimensioner og/eller strandplanets morfologi og sedimentbeholdning. Desuden er grundvandsforholdene i klintens bagland en væsentlig faktor.

Punktmæssige målinger af klinttilbagerykninger udviser ifølge ovennævnte stor variation.

Klinttilbagerykning ved selve strandfodringsområdet er målt ved hjælp af flyfotos i 3 punkter, tabel 5.3.1. Et af målepunkterne (punkt c) ligger centralt i det offentlige areal og afspejler klinterosionen i et område uden kystværn. Her er tilbagerykningen opgjort til 17,7 m på 39 år (1945-1984) svarende til 0,45 m/år. Da denne rate gælder langs hele det offentlige areal, har området bidraget med næste 12.500 m³ til den litorale zones sedimentbudget i den nævnte periode.

Ved klinterne i punkt a og b er der i observationsperioden grebet regulerende ind flere gange bl.a. i form af stenkastning og andre kystsikringsforanstaltninger både foran selve klinten, men også i umiddelbar nærhed. Dette forklarer til dels den langsommere tilbagerykning her. Således ligger punkt b i bølgelæ for vestenvinde, idet der på ejendommen, matr. nr. 21 r, kun ca. 100 m mod vest, gentagne gange er foretaget sikringsarbejder, og den ligger nu som en fremskudt bastion, se Fig. 5.3.4 og Fig. 5.3.5.

Erosionsraten er ikke jævn gennem perioden. Fra slutningen af 1960'erne til 1984 er erosionen heftig. Sammenholdes udviklingen med sedimentomsætningen på strandplanet, falder den hastige tilbagerykning sammen med en periode, hvor strandplanet bliver stadig mere sandfattigt (1967-1974). Denne tendens kan også spores omkring 1954.



a: vest for gl.læmole. 1) siden 1945 i meter.
 b: offentligt areal, ved trappe. 2) m/år siden forrige obs.
 c: - , centralt.

År	a		b		c	
	1)	2)	1)	2)	1)	2)
1945	0.0		0.0		0.0	
1954	-4.0	-0.4	-1.3	- 0.1	-2.0	-0.2
1959	-8.4	-0.9	-0.2	+ 0.2	-4.5	-0.5
1961	-8.6	-0.1	-0.7	- 0.3	-4.8	-0.2
1964	-10.9	-0.8	-0.8	- 0.0	-6.0	-1.2
1967	-10.7	+0.1	-3.9	- 1.0	-6.2	-0.1
1969	-10.7	0.0	-4.9	- 0.5	-10.6	-2.2
1972	-10.8	0.0	-7.0	- 0.7	-13.4	-0.9
1974	-15.2	-2.6*)	-8.0	- 0.5	-14.1	-0.6
1978	-12.3	+0.7**)	-8.4	- 0.1**)	-16.2	-0.5
1980	-12.3	0.0	-8.5	- 0.1	-17.5	-0.6
1983	-9.6	+0.2***)	-8.6	- 0.0	-17.4	+0.0
1984	-9.4	-0.2	-8.9	- 0.3	-17.7	-0.3
1945-84	0.24 m/år		0.23 m/år		0.45 m/år	
*) stenkastning umiddelbart vest for klintobservation.						
**) stenkastning neden for klinten						
***) opfyld.						(KUGI-87)

Tabel 5.3.1. Klinttilbagerykning Hald Strand 1945-1984.

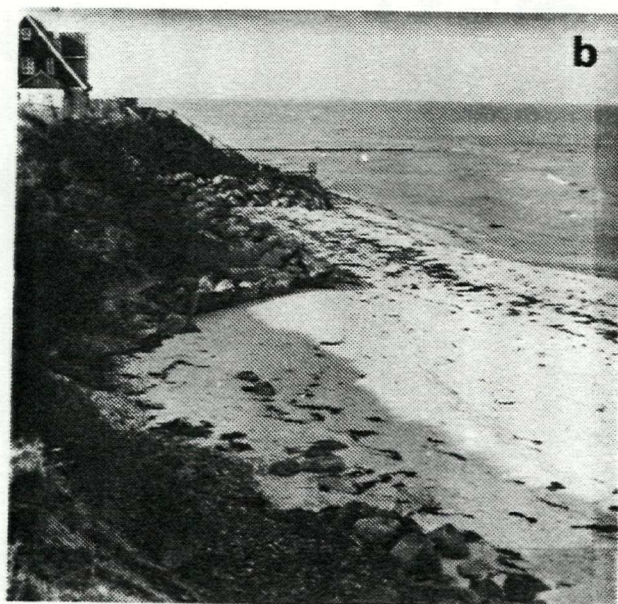


Fig. 5.3.4.

a. Klinten umiddelbart sydvest for strandfodringsområdet, april 1984. Huset på matr. nr. 21 r ligger som en fremskudt bastion på grund af omfattende stenkastning. Bemærk endvidere det sedimentfattige, delvis tørlagte strandplan.

b. Samme kyst efter strandfodringen 17/9-1984. Kystudligningsprocesser har ført materiale fra strandfodringen mod sydvest og beskytter nu klinten mod erosion.

(Fotos: N. Nielsen).

Klintens tilbagerykning var moderat i starten af 1960'erne og fra 1980-84. Her synes sanddækningen på strandplanet ikke at kunne forklare den nedsatte erosionsrate (meget sand i førstnævnte og lidt i sidstnævnte periode). Strandbredden reduceres kraftigt i samme periode, og visse steder forsvinder den helt. En mulig årsagssammenhæng kan være, at kombinationen af høje vandstande og pålandsstorm har været relativt sjældne i begyndelsen af 1980'erne, bortset fra stormfloden 1981, og at sedimentudtyndingen primært har fundet sted på strandplan og strandbred, mens klintens ikke er berørt. I så fald var der udviklet en situation, hvor en eller flere ekstraordinære storme vil betyde voldsom erosion i ubeskyttede og svagt beskyttede klintafsnit. Strandfodringen i 1984 hindrede denne udvikling for så vidt angår klinten ved Hald Strand. Men under stormene i 1985 viste nabokyststrækningerne med al tydelighed, hvor udsat hele kysten er som følge af den generelle mangel på løse sedimenter i den litorale zone.



Fig. 5.3.5.

Flyvefoto af strandfodringsområdet ved Hald Strand optaget d. 18. april 1984. Den store forskel i kystsikringsaktivitet og -kvalitet langs kysten afspejles i klinterosionen. Strandbredden varierer i bredden fra 0-20 m, og det indre strandplan er næsten uden sand (mørkt farvet). De mørke pletter i og uden for revlen viser sedimenttomme områder.

5.3.3 Indre og ydre strandplan

Havbundens topografi er registreret ved pejlinger mellem kystlinien og ca. 500 m søvarts.

Selv om der i området ud for Hald er beskedne mængder løst materialer søger kystprofilet til stadighed at tilpasse sig de aktuelle påvirkninger. Tilpasningen går let i de løse sandaflejringer, men reduceres kraftigt eller standses helt i ler eller stenbelægning på bunden.

Resultaterne af pejlingerne ved Hald Strand er sammenlignet med profilopmålinger ved Stængehus ca. midt for Asserbo Plantage. I Litorinatiden for 6-7.000 år siden løb Arresø og Roskilde fjord ud på dette sted. Havbunden består af sandmaterialer, der igennem årtusinder har aflejret sig og udjævnet kystlinien mellem Liseleje og Tisvildeleje. Stængehus kystprofil anvendes som et referenceprofil for strækningen mellem Kikhavn og Gilleleje, fordi bundmaterialet er sand, der til enhver tid vil kunne tilpasse sig og afspejle de aktuelle påvirkninger.

For at sammenligne variationerne ved Hald Strand og Stængehus er indhylningskurverne for samtlige opmålinger fra august 1983 til august 1986 for linie 5-375 fra Hald Strand og linie 12+690 fra Stængehus vist på figur 5.3.6.

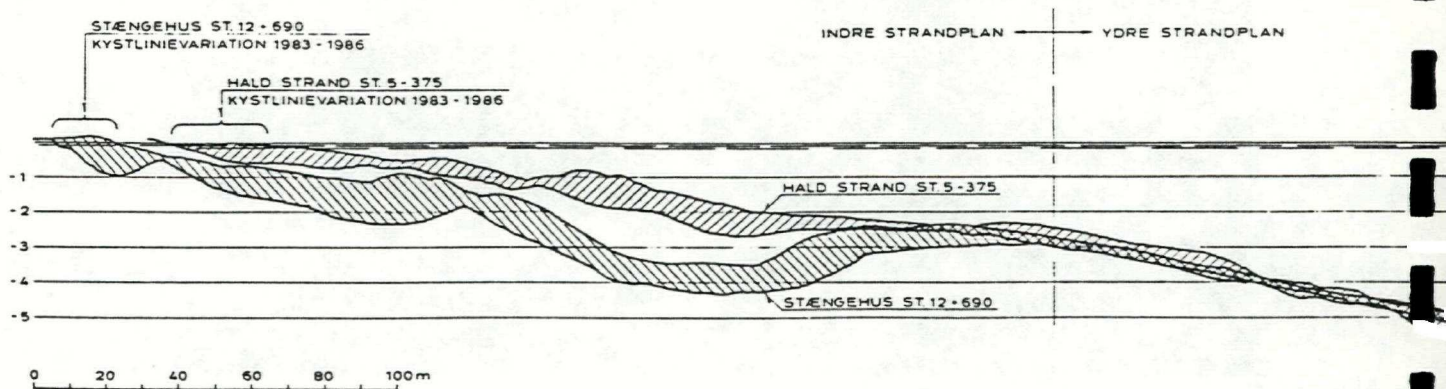


Fig. 5.3.6. Indhylningskurver for pejlinger foretaget i perioden august 1983 til august 1986.

I den efterfølgende sammenligning er profilerne delt op i det indre og det ydre strandplan. Skillelinien mellem de to dele kan lægges ved den yderste 3 m kurve.

- Det ydre strandplan er på begge lokaliteter en jævnt skrånende flade med hældning ca. 1:50. Inden for den 3-årige måleperiode har vanddybden på et vilkårligt sted varieret mindre end 0,5 m.

Trods den ens hældning viser analyse af overfladematerialerne væsentlige forskelle mellem de to lokaliteter. Hald Strands ydre strandplan havde sedimenter med middeldiameter $d_{50} = 0,14$ mm - 15,2 mm og Stængehus sedimenterne lå i et snævert interval på $d_{50} = 0,15$ mm - 0,17 mm.

Forklaringen herpå kan være, at det i den sidste ende er de finere materialer, der afgør hvilken ligevægtshældning, der indstiller sig efter en given påvirknings forløb.

Ved skillelinien mellem det indre og det ydre strandplan vil bølgeindfaldet på de to lokaliteter være stort set ens, idet kyststrækningerne har samme geografiske orientering og da de ydre strandplan har samme hældning.

- De indre strandplan er trods det identiske bølgeindfald meget forskellige.

Ved Hald Strand er det indre strandprofil højtliggende på grund af en modstandsdygtig bund med ler og stendække. De variationer i vanddybder som pejlingerne viser er primært forårsaget af vekslende beliggenhed og mægtighed af sandrevler på den faste bund.

Der har på intet tidspunkt været sanddække over hele det indre strandplan. Variationerne i vanddybder ligger typisk inden for 0,5 m med største målte forskel på 0,9 m.

Ved Stængehus tilpasser sandprofilen sig i høj grad de fysiske påvirkninger, så dybdevariationerne er her væsentlig større end ved Hald Strand.

I pejleperioden er de typiske dybdevariationer 1 m med et maksimum på ca. 1,5 m.

Da målingerne kun viser vanddybden på opmålingstidspunktet, giver de lejlighedsvis opmålinger næppe den fulde årstidsvariation ved Stængehus. Her vil den laveste indhylningskurve sandsynligvis nås under en kraftig efterårsstorm. Ved Hald Strand bevirker den hårde bund, at den nedre erosionsgrænse ligger ret fast i stort set samme niveau, som den målte nedre grænse.

På fig. 5.3.7 ses skylleboreresultaterne fra to pejlelinier ved Hald Strand. Det fremgår, at der selv i de grovere bundmaterialer sker niveauændringer. Skylleborets nedskylning er sandsynligvis stoppet i ler.

De to kystprofiler reagerer forskelligt, når der i en periode ikke tilføres løse sedimenter - sand, grus og sten.

Profilet ved Hald vil ved en endnu mindre tilførsel af sand få tyndere revler og der vil ske en ganske langsom erosion af den mere modstandsdygtige bund. Under storm og højvande vil der ske nogen erosion i strandbredden og i de ubeskyttede kystbrinker. Profilet vil dog stort set være fastliggende og kun ved havstokken samt ved kystbrinken vil der ske en mærkbar erosion, indtil der også dér bliver frilagte en mere modstandsdygtig overflade.

Profilet ved Stængehus vil ved underskud i tilførte materialer bevare sin form, både over og under vandlinien, men det samlede profil vil rykke indefter. Erosionen vil svare til kystlinietilbagerykningen gange dybden af den aktive zone.

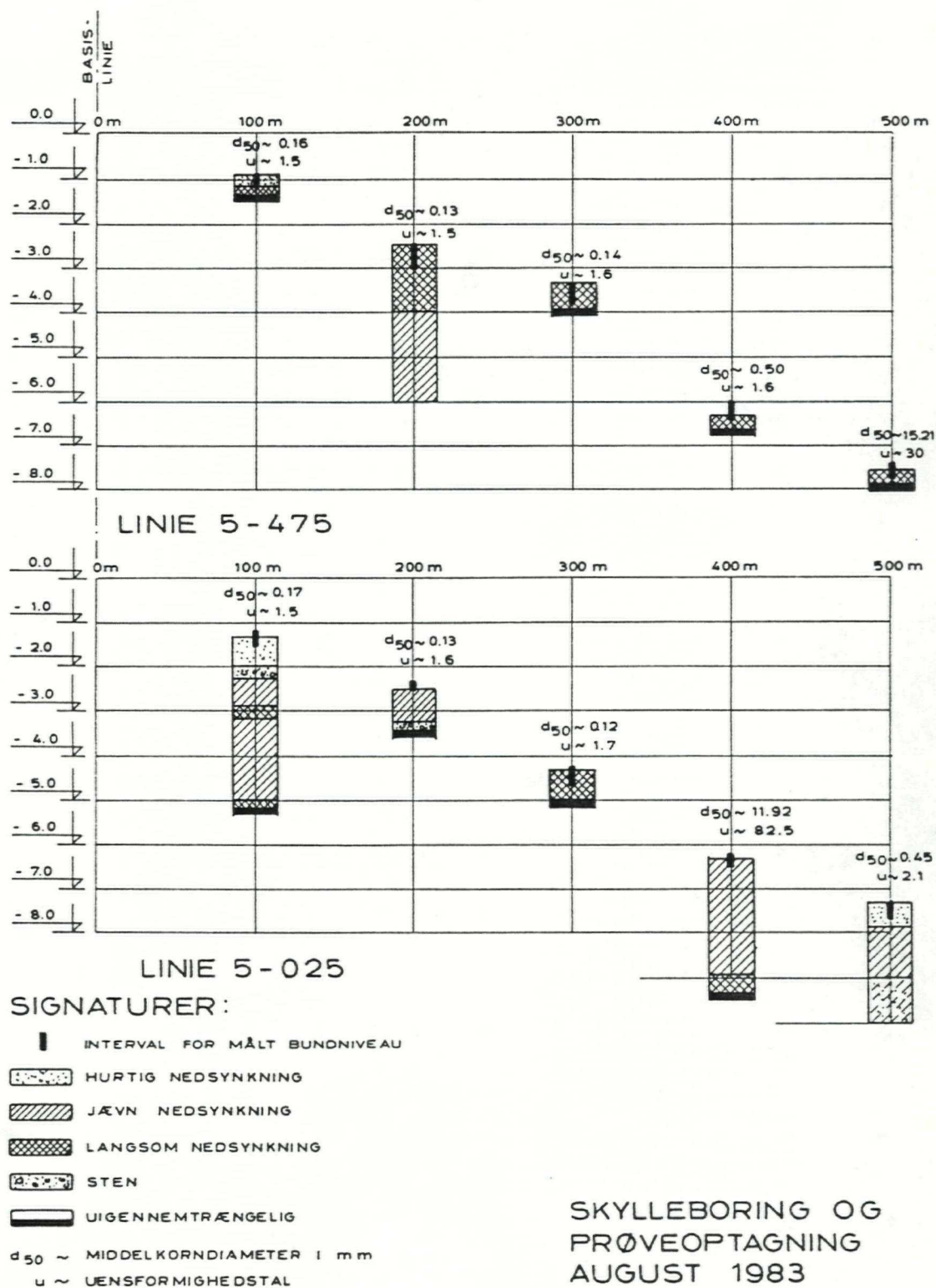


Fig. 5.3.7. Skylleboringer fra linie 5-475 ud for strandfodringsområdet og linie 5-025 øst for området. Skylleboringer og bundprøver er taget i august 1983, pejlinger er foretaget i perioden august 1983 til juni 1986.

5.3.4 Hald Strand - materialebudgettet

Det er almindeligt kendt, at der findes et ideelt kystprofil til enhver bølgesituation (energiniveau), gående fra relativt stejle profiler i rolige vejrforhold (meget sediment på strandbredden og lidt på strandplanet) til flade profiler under stormvejr (lidt sediment på strandbredden og meget på strandplanet). Disse profiljusteringer foregår uophørligt og medfører en materialeudveksling mellem strandbred og -plan (tværtransport), men i princippet ingen ændring af det samlede sedimentvolumen.

Forudsætningen for at en kyststrækning kan betegnes som stabil er derfor, at der findes tilstrækkelige mængder af løst sediment (stort sedimentlager). Profiljusteringer kan i sådanne tilfælde finde sted uhindret op til et energiniveau svarende til almindelig forekommende stormsituationer.

Sedimentlagerets volumenmæssige udvikling kan belyses ved materialebudget-betragtninger, hvis hovedposter er langs- og tværtransporten, men som også omfatter vindtransport på strandbredden og materialetilskud fra erosion i og sammenskrivning af klinten, fig. 5.3.8.

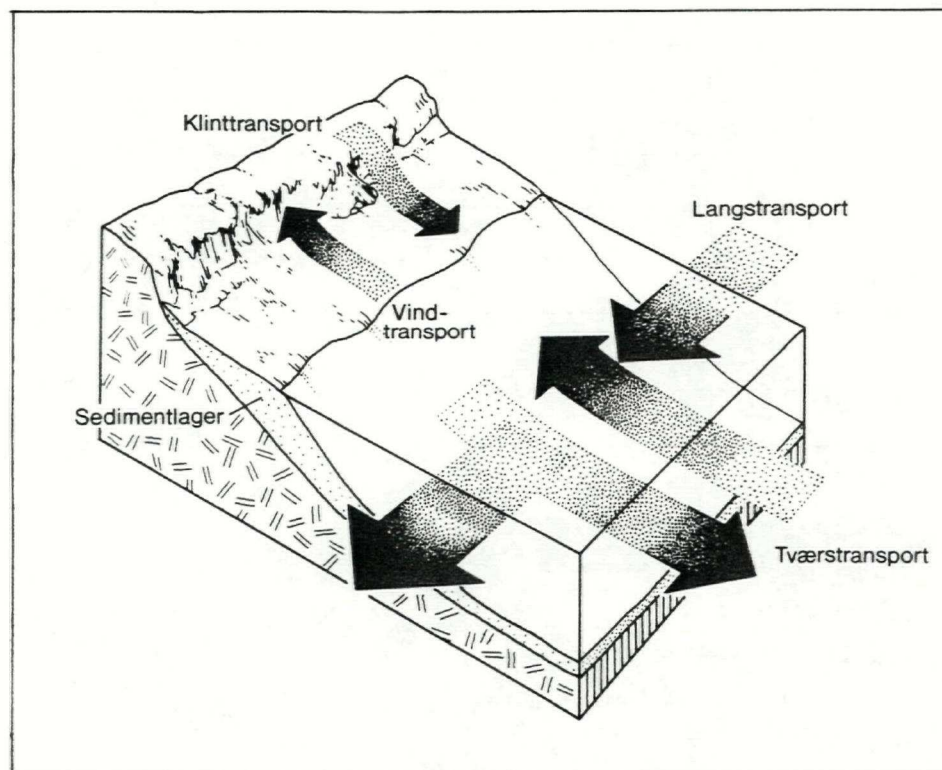


Fig. 5.3.8. Principskitse for kystens materialehusholdning. Pilene repræsenterer poster i sedimentbudgettet. På figuren er pilene parvis lige store og viser idealtilfældet, hvor kysten er i balance.

På en stabil kystlokalitet, dvs. en retliniet kyststrækning opbygget i rigelige mængder af løst sediment uden kysttekniske indgreb, er balancen i de enkelte poster følgende:

1. Langtransporten. Uanset størrelse og nettoretning medfører langtransporten ingen ændringer i totalvolumenet, da der tilføres lige så meget materiale som der fjernes på et givent sted.
2. Tværtransporten. Det er allerede beskrevet, at profiljusteringer, under de givne forudsætninger, ikke medfører ændringer i kystens sedimentbeholdning.
3. Vindtransport. Vind omlejrer strandbreddens tørre sedimenter. En del vil transporteres kystparallel, men før eller senere aflejres det vindbårne materiale på den bageste del af strandbredden (ved klintfoden eller i baglandets vegetation), og hvis processen får lov til at virke længe nok dannes en kystklit. Vindtransporten medvirker således til at holde bagstranden sedimentfyldt, men berører ikke kysten for materiale.
4. "Klinttransport". Under de givne forudsætninger vil der kun forekomme erosion i baglandet (klinten) under ekstreme stormsituationer og vil medføre et direkte tilskud til sedimentlageret på kysten.

De her beskrevne ideelle forhold står i skærende kontrast til den fremherskende situation på Nordsjællands kyst, - og specielt til kyststrækningen vest for Liseleje. Kysten her viser mange tegn på et materialebudget i ubalance, f.eks. sandfattigt strandplan og klinterosion.

Langtransporten foregår hovedsageligt på revlerne og udgør kun en brøkdel af den dynamisk betingede transportkapacitet. Sedimentmangelen bevirker, at profiljusteringerne er ufuldstændige og stormbølgerne kan derfor med voldsomhed erodere i baglandet og danne klinter. De friske materiale, der herved tilføres kysten bliver ikke aflejret på stedet, hvor det mangler, men optages og fjernes af langtransportens overkapacitet. Vindtransport finder stort set ikke sted, dels fordi sedimenter i sandklassen er sjældne og dels fordi strandbredden ofte er meget smal.

Den udbredte erosion i klintfoden har medført en række kysttekniske indgreb der, i det omfang de er effektive, reducerer materialebidraget fra klinten til kystens sedimentlager og dermed yderligere forværre den generelle tilstand.

Årsagssammenhængen bag den uheldige udvikling i sedimentbeholdningen de sidste 60 år er kompliceret, men skal primært søges i den stigende forskel mellem den dynamisk betingede transportkapacitet og mængden af sediment der er til rådighed for langtransport. Dette deficit kan opstå som følge af en stigende transport-