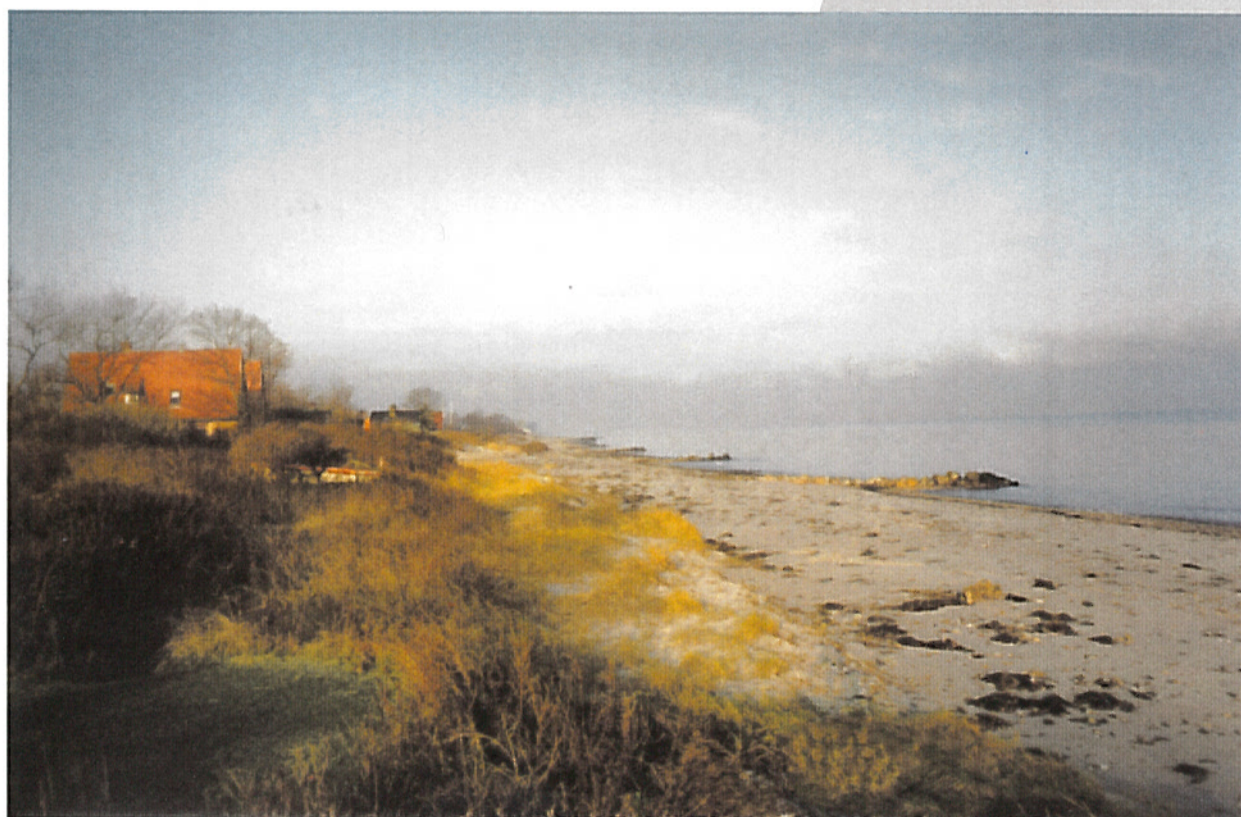


Det nordfynske kystsikrings-, og dige- og pumpelag

Kystteknisk undersøgelse - Nordfyn

Resumé rapport

Maj 1998



COWI

Det Nordfynske Kystsikrings-, dige- og
pumpelag

Kystteknisk undersøgelse Nordfyn

Rapport
Resumé og Konklusion

Maj 1998

Det Nordfynske Kystsikrings-, dige- og
pumpelag

Kystteknisk undersøgelse Nordfyn

Rapport
Resumé og Konklusion

Maj 1998

Dokument nr.: 0
Revision nr.: 0
Udgivelsesdato: 19 maj 1998

Udarbejdet: OJJ
Kontrolleret: MPJ
Godkendt: OJJ

Indholdsfortegnelse

0	Forord	2
1	Indledning	3
2	Beskrivelse af projektstrækningen	4
2.1	Gennemgang af kysten fra vest mod øst	5
3	Forundersøgelser	10
4	Geologi og Kystmorfologi	11
5	Kystlinieudvikling	12
6	Dimensionsgivende Hydrauliske Parametre	13
7	Sedimentbudget	14
8	Kystbeskyttelseselementernes funktion	15
9	Identifikation af indsatsområder og strækninger med kysttekniske problemer	16
10	Konstruktionselementer	18
11	Diskussion af løsningsforslag til handlingsplan	20
11.1	Forslag Type A	20
11.2	Forslag Type B	21
11.3	Forslag Type C	22
12	Den anbefalede handlingsplan	24

0 Forord

Det Nordfynske Kystsikrings-, dige- og pumpelag indbød i august 1997 til udførelse af en kystteknisk undersøgelse af Lagets strækning fra Skovmose til Eriks-håb.

COWI underskrev d. 3 november 1997 kontrakt på udførelse af undersøgelsen.

Projektet blev udført i tidsrummet 27 oktober 1997 til 22 maj 1998.

COWI har to underrådgivere tilknyttet: Dansk Hydraulisk Institut (DHI) har assisteret med kystteknisk ekspertise. Pejlinger er udført af Hydrodan A/S.

Kystinspektoratet (KI) assisterer Laget som teknisk sagkyndig og konsulent både i udbudsfasen og under gennemførelse af projektet.

Projektet er opdelt i følgende delemler/ydelser:

Dok. nr.	Dokumenttitel	Delopgave
1	Registrering og tilstandsbeskrivelse af eksisterende dige- og kystbeskyttelse	0 og 5
2	Handlingsplaner og projektforslag	12
2.01	Geologi og kystmorfologi	1
2.02	Kystlinietilbagerykning	3
2.03	Dimensionsgivende, hydrauliske parametre	2
2.04	Sedimentbudget	4
2.05	Kystbeskyttelseselementernes funktion	6
2.06	Identifikation af strækninger med kysttekniske problemer og prioritering af indsatsområder	11
2.07	Optimal udbygning af høfder/bølgebrydere	7
2.08	Strandfodring	9
2.09	Standardsnit for fremtidig udformning af konstruktioner	8
2.10	Anbefalede digetværsnit	10

Nærværende rapport præsenterer et resumé over de udførte undersøgelser og deres hovedkonklusion.

1 Indledning

Anledningen til udførelse af en kystteknisk undersøgelse for den 13 km lange projektstrækning fra Skovmose til Erikshåb er følgende:

- Kysttilbagerykning langs dele af projektstrækningen.
- Mange af de faste kystsikringsanlæg, høfder og bølgebrydere er beskadigede.
- Bekymring for bølgeoverskyl af udvalgte digestrækninger med efterfølgende oversvømmelse bag diget eller digebrud i tilfælde af særligt kraftigt overskyl. Dette er især problematisk i områder med tæt bebyggelse.

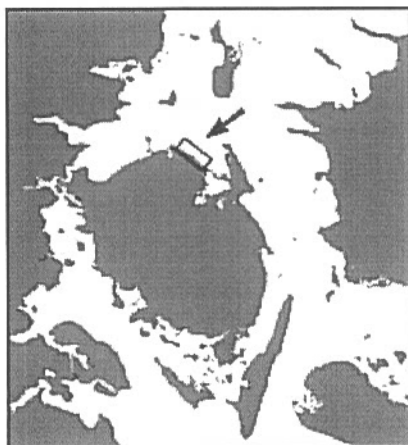


Fig. 1 Projektstrækningen

Den kysttekniske undersøgelse har omfattet en lang række delundersøgelser, som angivet i kapitel 0. Disse undersøgelser har dels tjent til at forbedre datagrundlaget, som f.eks. pejlinger og opmåling af digekoter. Endvidere omfatter mange af delundersøgelserne tekniske vurderinger af bølger, vandstand og sedimenttransport m.m. Resultater af alle disse forundersøgelser er benyttet til at opstille langsigtede handlingsplaner for tiltag til at forbedre situationen på projektstrækningen. I udbudsbetingelserne for nærværende undersøgelse er tidsrammen for disse handlingsplaner specificeret som 10 år. Som redegjort for i kapitel 12 er den anbefalede handlingsplan udstrakt til en 20-års periode, primært af budgetmæssige årsager.

2.1 Gennemgang af kysten fra vest mod øst

På foto 1 ses et eksempel på kystens udseende i den nordlige del af projektstrækningen, her ved Den gamle Herres Skov. Kysten er i dette område så hårdt påvirket af erosion, at den oprindelige strand er forsvundet og de senere opførte betonhøfder er brudt helt ned. På billedet ses rester af en betonmur der oprindeligt har fungeret som støttemur for det bagvedliggende materiale. Støttemuren er nu kraftigt nedbrudt og skrænten bag denne tydeligvis også under nedbrydning.



Foto 1: Moræneklint og rester af betonmur ved Den gamle Herres Skov.



Foto 2: Stenhøfder ud for Skovmose.

Foto 2 viser kysten ud for Skovmose som ligger sydøst for Den gamle Herres Skov. Langs denne del af kysten er de oprindelige betonhøfder, opført i 1945-52, så nedbrudte at det har været nødvendigt at supplere med stenkastninger langs høfderne. Kysten er på denne strækning stadig præget af erosion hvorfor stranden er relativt smal og stenet. Endvidere er der tendens til erosion i skrænten op imod skoven (til højre i billedet).



Foto 6: Sten- og sandstrand med bølgebrydere ud for Strandgård.

Foto 6 viser kysten ud for Strandgård hvor sommerhusområderne begynder; disse er beliggende fra Strandgård langs hele den resterende del af projektstrækningen mod sydøst til Erikshåb. På strækningen vist på foto 6 ligger sommerhusene i en række foran diget og de enkelte grundejere har udført vidt forskellige former for skråningsbeskyttelse på deres matrikler.

På denne strækning langs kysten er der opført bølgebrydere i et forsøg på at fastholde den smalle strand og dels for at yde beskyttelse til de sommerhuse, der er placeret foran diget.

Foto 7 viser kysten langs Tørresø Strand. Som på den foregående strækning ligger der sommerhuse foran diget. Stranden er her relativt bred og består næsten udelukkende af fint sand. I forgrunden af billedet ses rester af gamle træhøfder.



Foto 7: Sandstrand med enkelte sten, stenhøfder og rester af træhøfder ved Tørresø Strand.



Foto 8: Diget langs Tørresø Strand. I billedets venstre side ses sandstrand med stenhøfder, bølgebrydere og skråningsbeskyttelse foran diget.

Foto 8 viser kyststrækningen langs Tørresø Strand nær Kristiansminde. Sommerhusene ligger her bag diget og lokale grundejere har flere steder bygget sommerhusene ind i digets bagskråning. På digets havside er der udført en støttemur i beton med skråningsbeskyttelse bestående af stenkastning foran. Dette kan lige akkurat anes i billedets venstre side.

Stranden foran diget består hovedsageligt af sand og opretholdes med stenhøfder og bølgebrydere som giver kystlinien en bølget udformning.



Foto 9: Smal sandstrand med stenhøfder, bølgebrydere og skråningsbeskyttelse ved Kristiansminde.

Foto 9 viser kysten ud for Kristiansminde. Sandstranden er her meget smal og det har været nødvendigt at opføre bølgebrydere til fastholdelse af kystlinien og beskytte digets havside med kraftig skråningsbeskyttelse.



Foto 10: Bred sandstrand med stenhøfder ud for Vestermarken.

Foto 10 viser kysten ud for Vestermarken. Dette billede af kysten med en bred strand af sand er kendetegnende for den resterende del af projektstrækningen frem til Erikshåb. Det bratte skift i kystens udformning (sammenlignet med foto 9) skyldes at kysten sydøst for Kristiansminde har en orientering der giver anledning til aflejring af materiale, mens der ved Kristiansminde er tendens til erosion af materiale.



Foto 11: Sandstrand med stenhøfder og græsklædt dige langs Hasmark Strand.

Foto 11 viser kysten ud for Hasmark. Midt i billedet ses det græsklædte dige. Bag diget ligger sommerhusene tæt op ad digebagskråningen og stranden foran diget er bred og består udelukkende af sand. På denne del af strækningen er der så meget sand på stranden, at der flere steder lokalt er tendens til klitdannelse.

Kysten langs den resterende del af projektstrækningen frem til Erikshåb har samme karakter som vist på foto 11.

3 Forundersøgelser

Der er gennemført en række forundersøgelser:

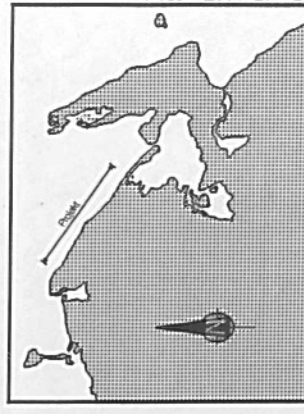
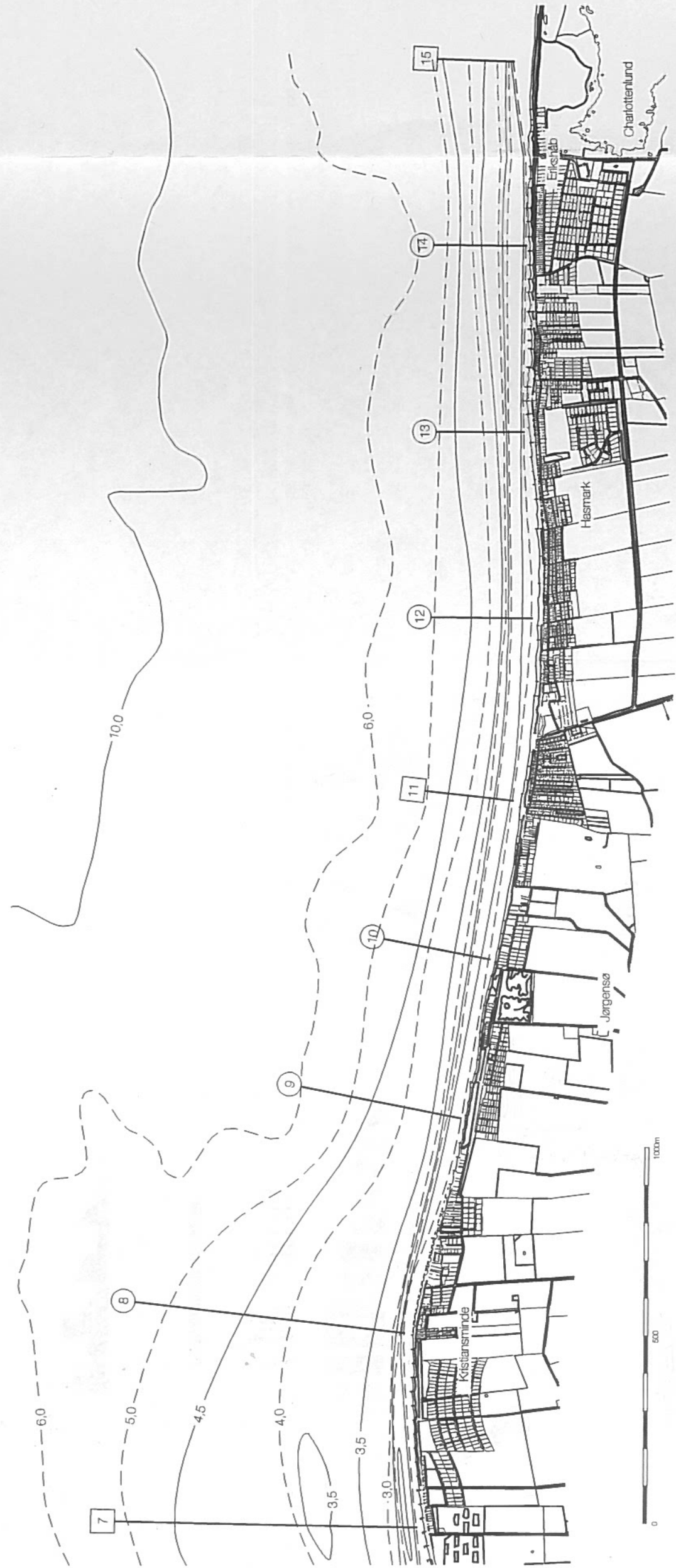
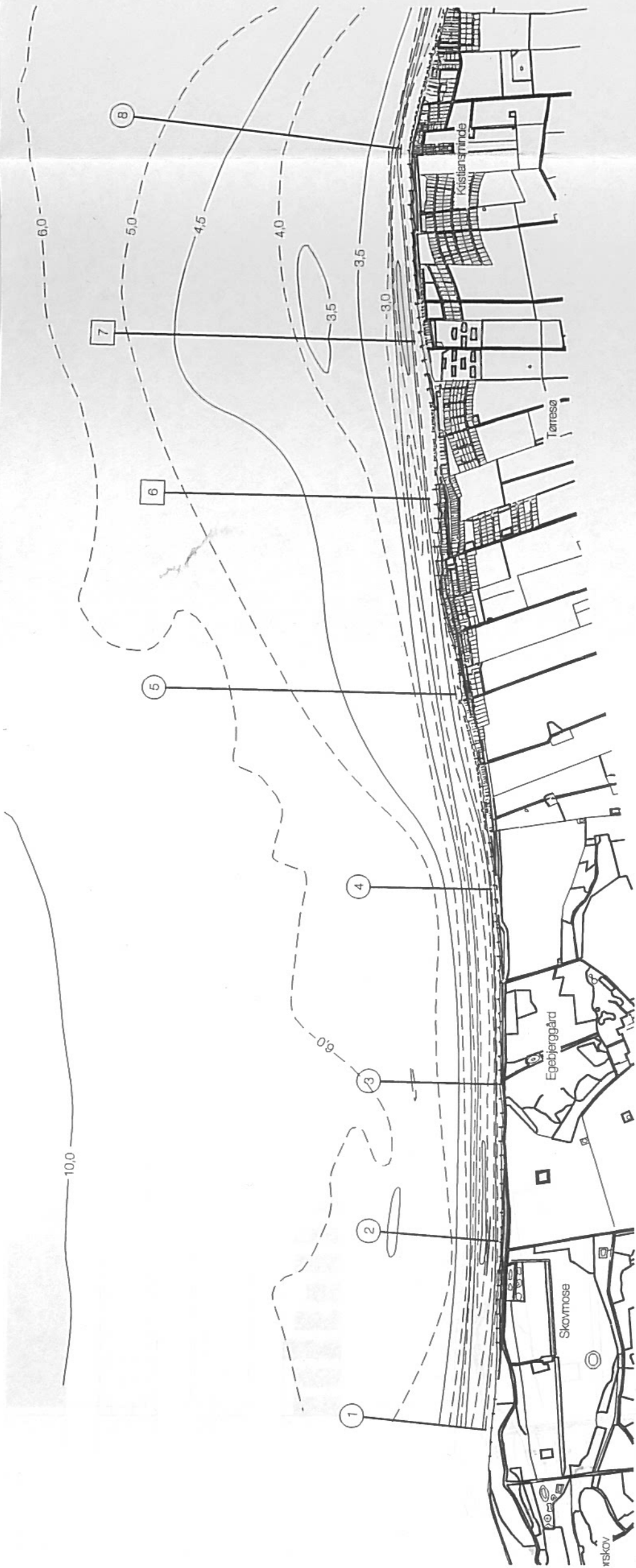
- Pejlinger vinkelret på kysten langs hele projektstrækningen og optagning/opsamling af bundprøver.
- Tilstandsvurdering af alle konstruktioner, i alt ca. 225 høfder og bølgebrydere samt skråningsbeskyttelse og diger.
- Opmåling af dige-koter langs hele projektstrækningen.

Resultaterne af de udførte undersøgelser fremgår af Delrapport 1. Pejleplanen er vist på Figur 3.1.

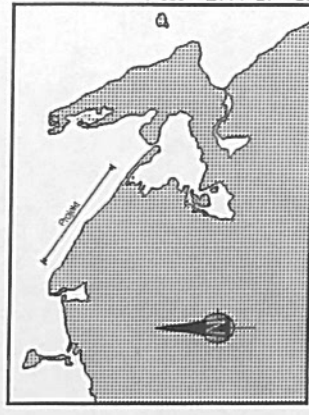
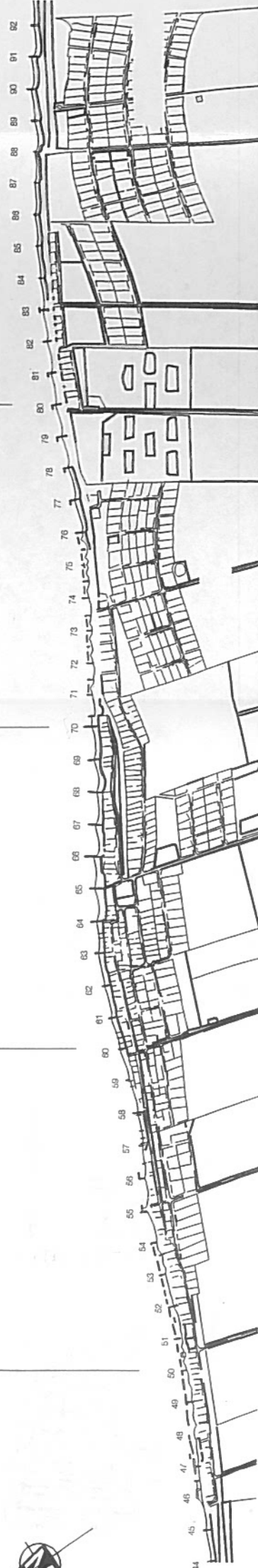
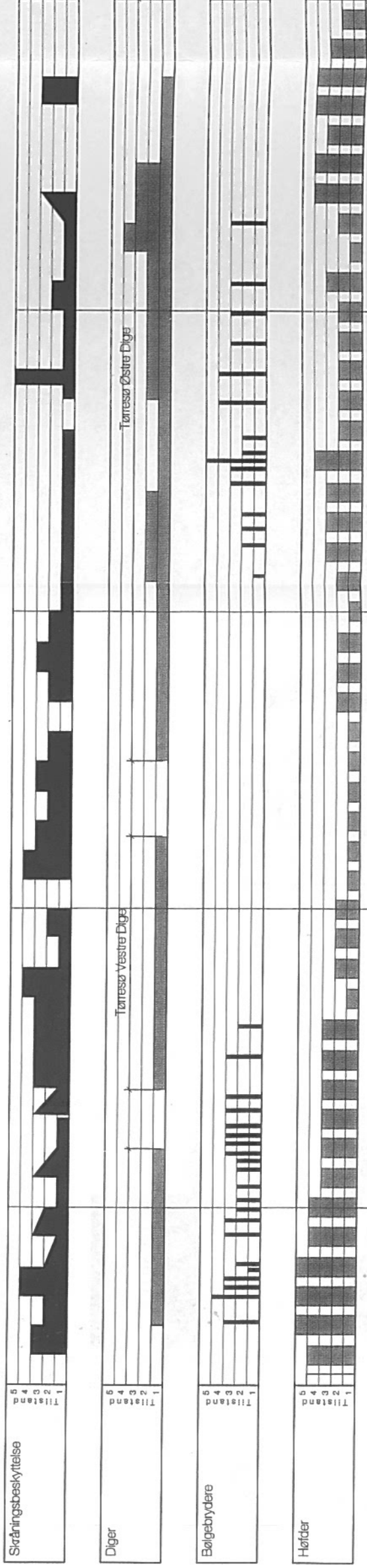
Tilstanden af konstruktionerne er angivet på en skala 1 til 5, hvor 1 betyder at konstruktionen er intakt og 5 betyder helt nedbrudt. Det fremgår, at mange af konstruktionerne er i meget dårlig stand. Figur 3.2 og 3.3 viser resultatet af tilstandsvurderingerne.

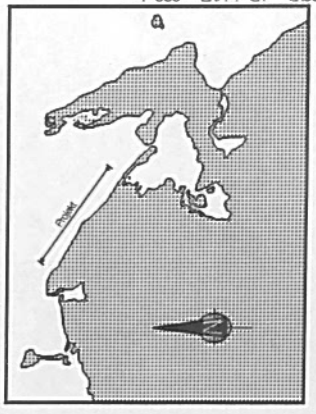
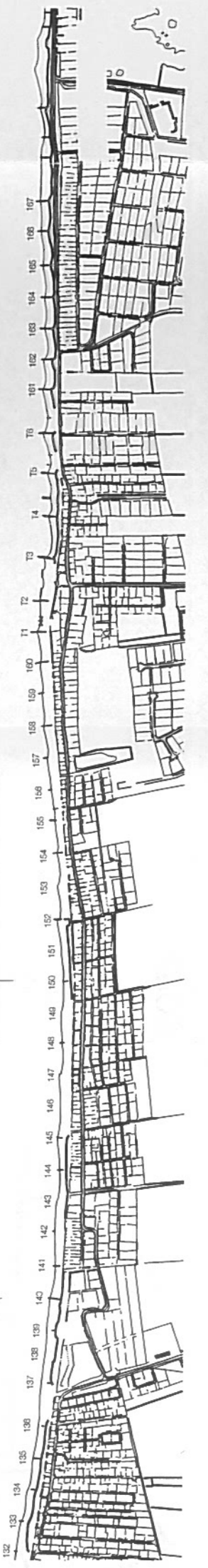
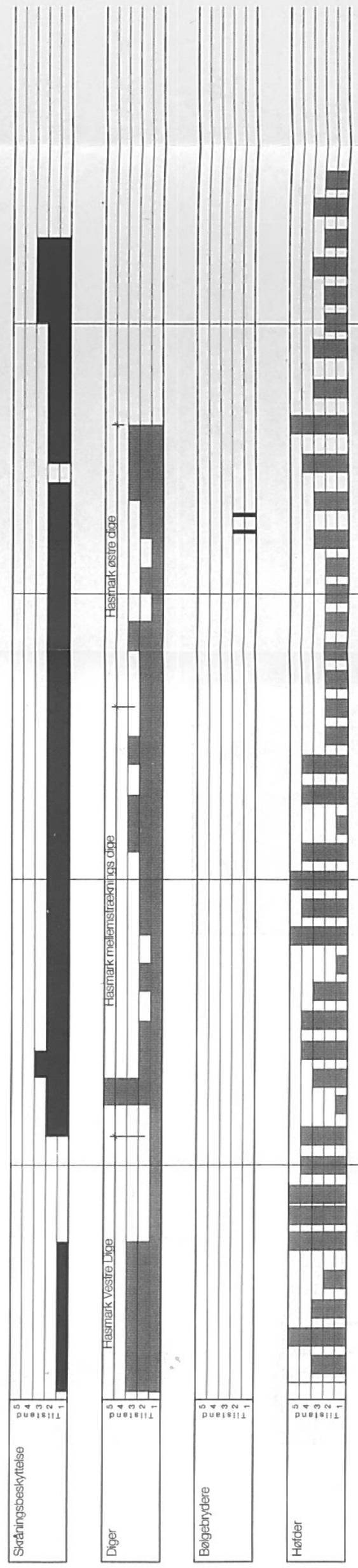
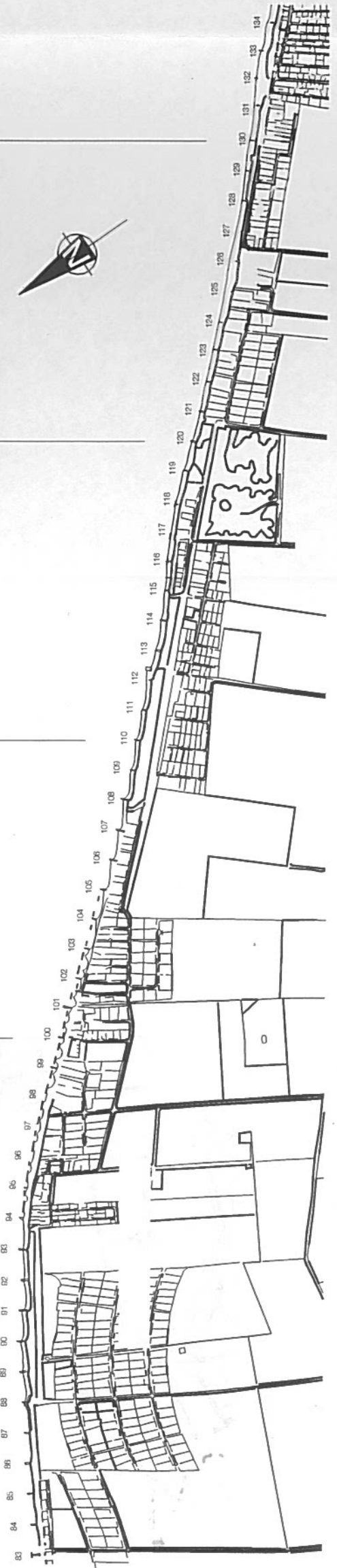
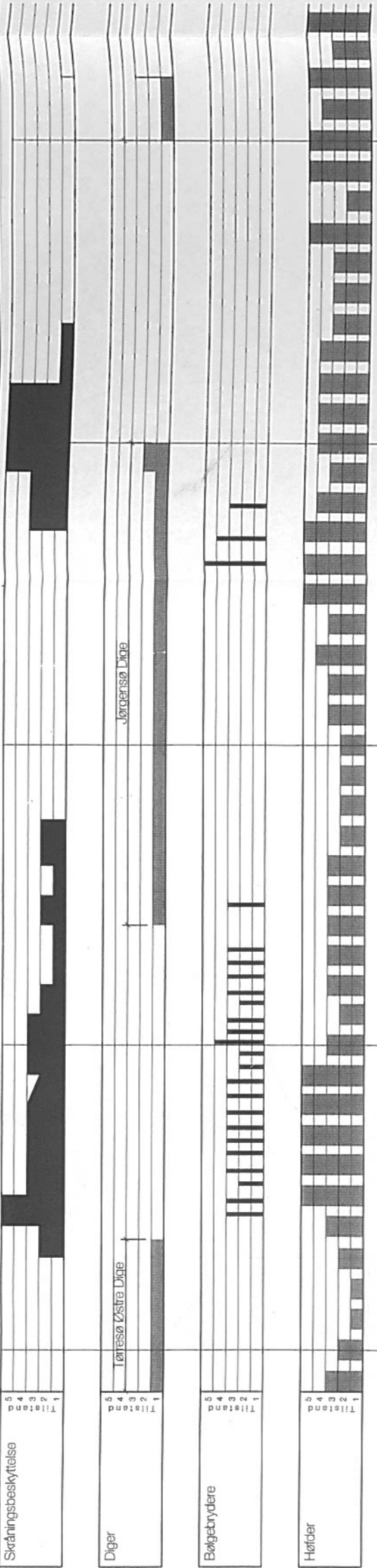
Fotos i Delrapport 1 viser typiske eksempler på konstruktionerne.

Koten til digerne er blevet opmålt. Resultaterne er vist på Figur 3.4. Det fremgår, at koten typisk er ca. +3,0 m, men at kronen på diget langs Hasmark mellemstrækning kun er i ca. kote +2,7 m.



Nordfyn Kystteknisk undersøgelse	
Pelleplan	
COWI	
Rådgivende Ingeniører AS	
Papebjerg 15 2600 Lyngby Telefon 45 97 22 11 Telefax 45 97 22 12	
Figur 3.1	





Nordfyn

Kystteknisk undersøgelse

Tilstand af kystbeskyttelsesanlæg

Del 2

COWI

Rådgivende Ingeniører AS

Perstievej 15
2600 Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12

Figur 3.3

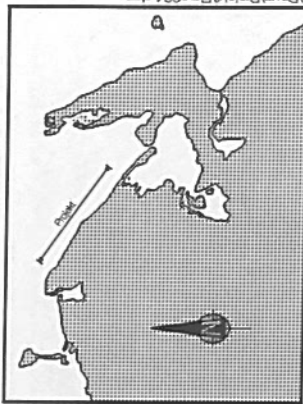
27-MAY-1998 13:12

P:\22226\Drawings\Figurer\03.dwg

Kronekote [m]



Kronekote [m]



Nordfyn

Kystteknisk undersøgelse

Kronekote for strækninger med dike

COWI

Rådgivende Ingeniører AS

Penållevej 15
2600 Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12

Figur 3.4

P:\32226\DMW\Projekter\Figur034.dgn

27-MAY-1998 13:12

LSB

4 Geologi og Kystmorfologi

Som baggrundsmateriale for forståelse af kystens udvikling og nuværende situation er der gennemført en vurdering af områdets geologi og kystmorfologi.

Figur 4.1 viser et geologisk kort over området. Det fremgår, at en del af området tidligere var havbund.

Disse områder, f.eks. ved Hasmark og Tørresø, ligger meget lavt, i dag i kote +0,5 m til +1,5 m og er beskyttet med diger, idet de ellers ville blive oversvømmet ved større storme og samtidigt højvande.

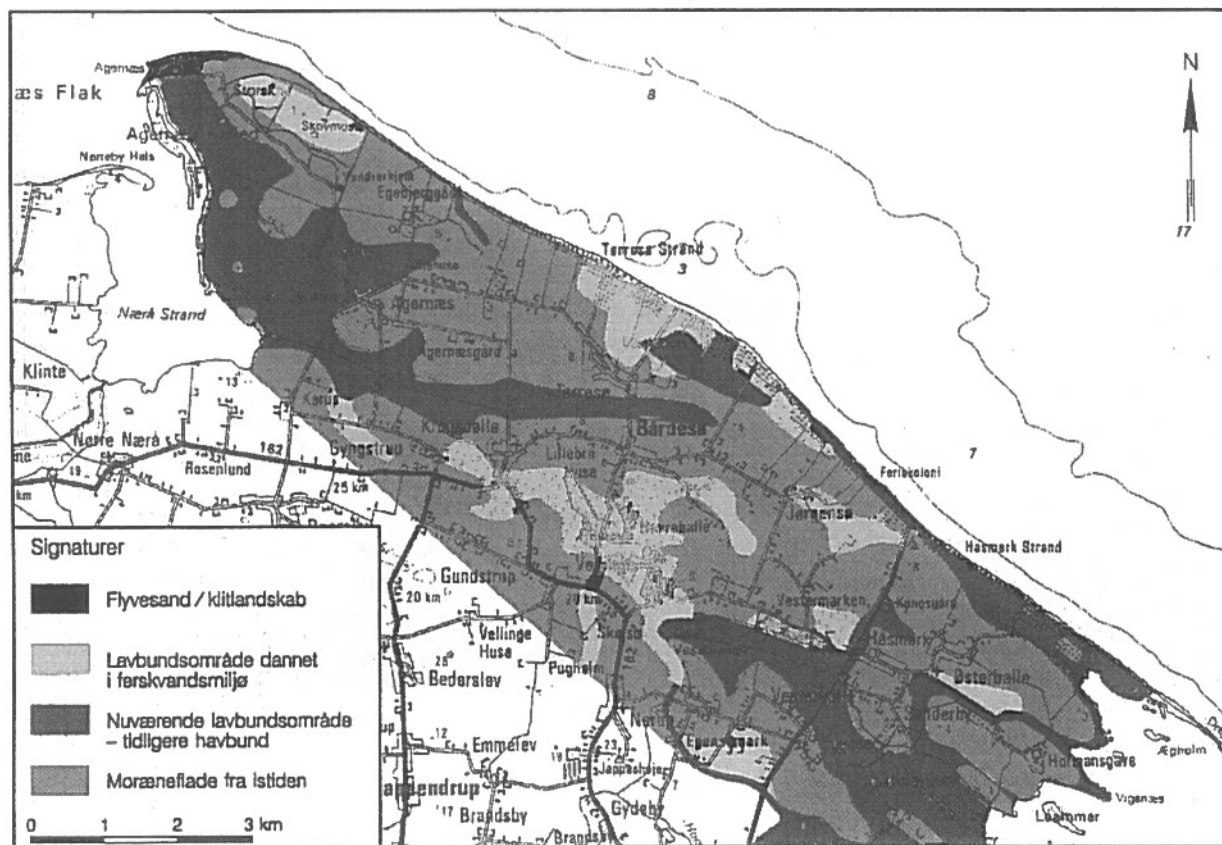


Fig. 4.1 Landskabsformer på Fyn.

5 Kystlinieudvikling

Der er gennemført en detaljeret undersøgelse af kystliniens udvikling fra 1945 til 1996, dvs. ca. 40 år. Grundlaget for denne undersøgelse er eksisterende kortmateriale og luftfotos. Hovedkonklusionerne er baseret på luftfotos fra 1968 til 1996, dvs. ca. 26 år.

Resultaterne viser nogen spredning, bl.a. på grund af manglende eksakt kendskab til vandstanden på de tidspunkter, hvor luftfotos er taget.

Det fremgår, at der er områder hvor kysten er rykket tilbage og områder hvor den er rykket frem, i middel er kysten dog rykket tilbage.

Den største tilbagerykning er konstateret ved Skovmose, hvor tilbagerykningen er op til 15 m på ca. 30 år. Mellem Tørresø og Kristiansminde og ved Jørgensø er tilbagerykningen op til ca. 5 m (dvs. ca. 0,2 m/år). Figur 5.1 viser som eksempel situationen ved Skovmose.

Den største fremrykning er konstateret ved Erikshåb.

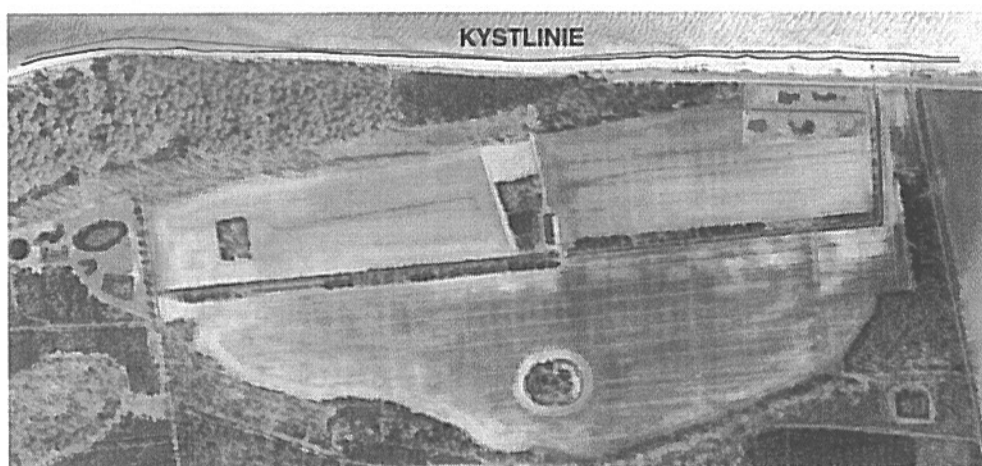


Fig 5.1 Eksempel på kystlinietilbagerykning ved Skovmose.

6 Dimensionsgivende Hydrauliske Parametre

Som baggrund for vurdering af konstruktionerne, dvs. høfder, bølgebrydere og diger er der udført en beregning af bølgeforldene langs projektstrækningen. De beregnede bølgedata er endvidere benyttet til vurdering af sedimenttransporten langs projektstrækningen.

Bølgeklimate er vurderet ud fra Meteorologisk Instituts vindstatistikker for vejrstationerne Røsnæs Fyr og Æbelø Fyr.

Beregningerne viser, at på dybt vand ud for kysten kan bølgerne i ekstreme storme (en gang per 50 år) opnå en signifikant bølgehøjde* på, $H_s=3,0$ m. Den største enkeltbølge vurderes til ca. 1,80 gange H_s eller ca. 5,4 m.

Den ekstreme vandstand på projektstrækningen er ligeledes vurderet ud fra målinger fra Gabet ved Odense Fjord og ud fra generelt kendskab til vandstandsforholdene i Indre Danske Farvande under storm. Det fremgår, at i Gabet vurderes en halvtredsårshændelse til +1,74 m over DNN. På kysten langs projektstrækningen er vandstanden mindre og for en 50 års situation ca. +1,35 m ud for kysten og i gennemsnit +1,55 m på selve kysten på grund af bølgestuvning.

* Den signifikante bølgehøjde er defineret som middelværdien af den største tredjedel af bølgerne i et bølgetog.

7 Sedimentbudget

Eftersom vinde fra vest og nordvest er væsentlig mere hyppige end vinde fra nordøst og øst er bølger fra nordvest dominerende over bølger fra østlige retninger. Dette medfører at sandet i havbunden i et bælte fra ca. 4 m dybde og op til stranden, i middel har en tendens til at vandre mod sydøst.

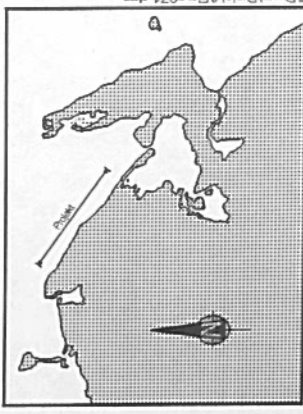
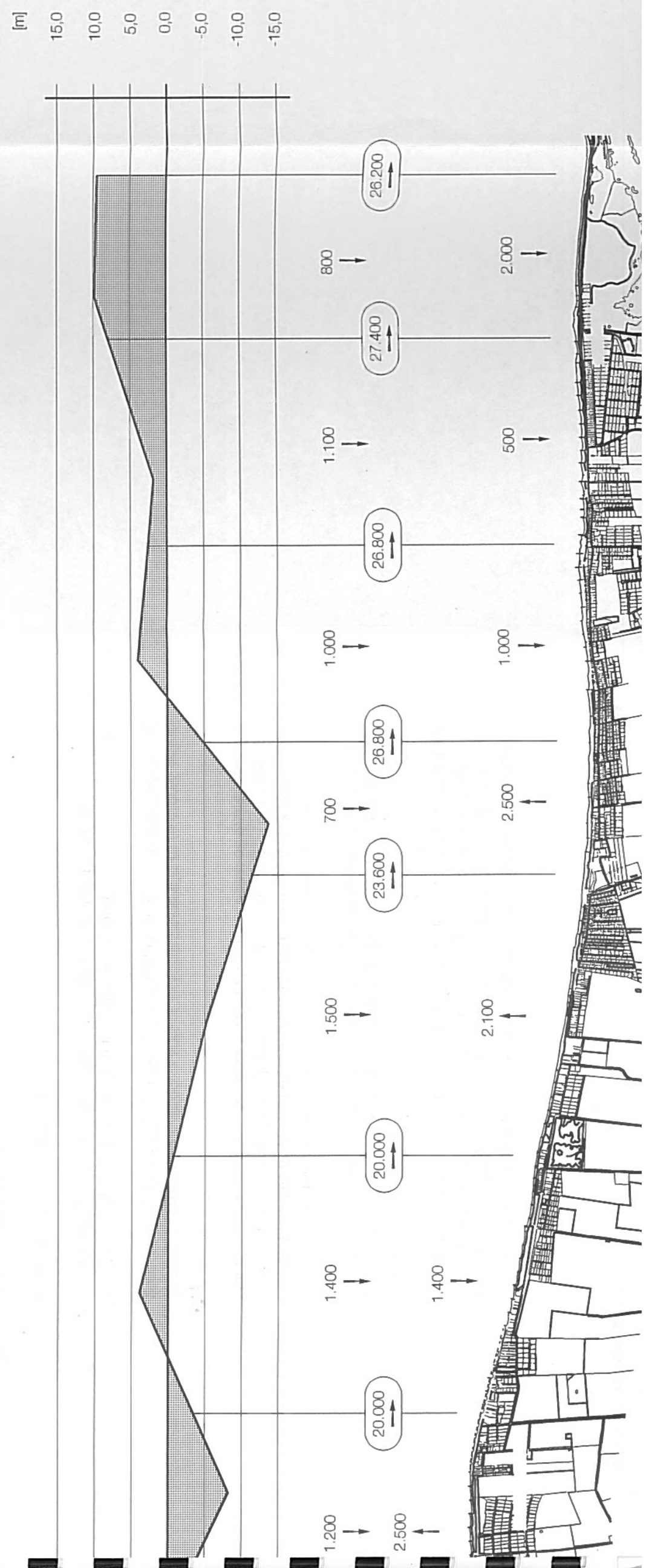
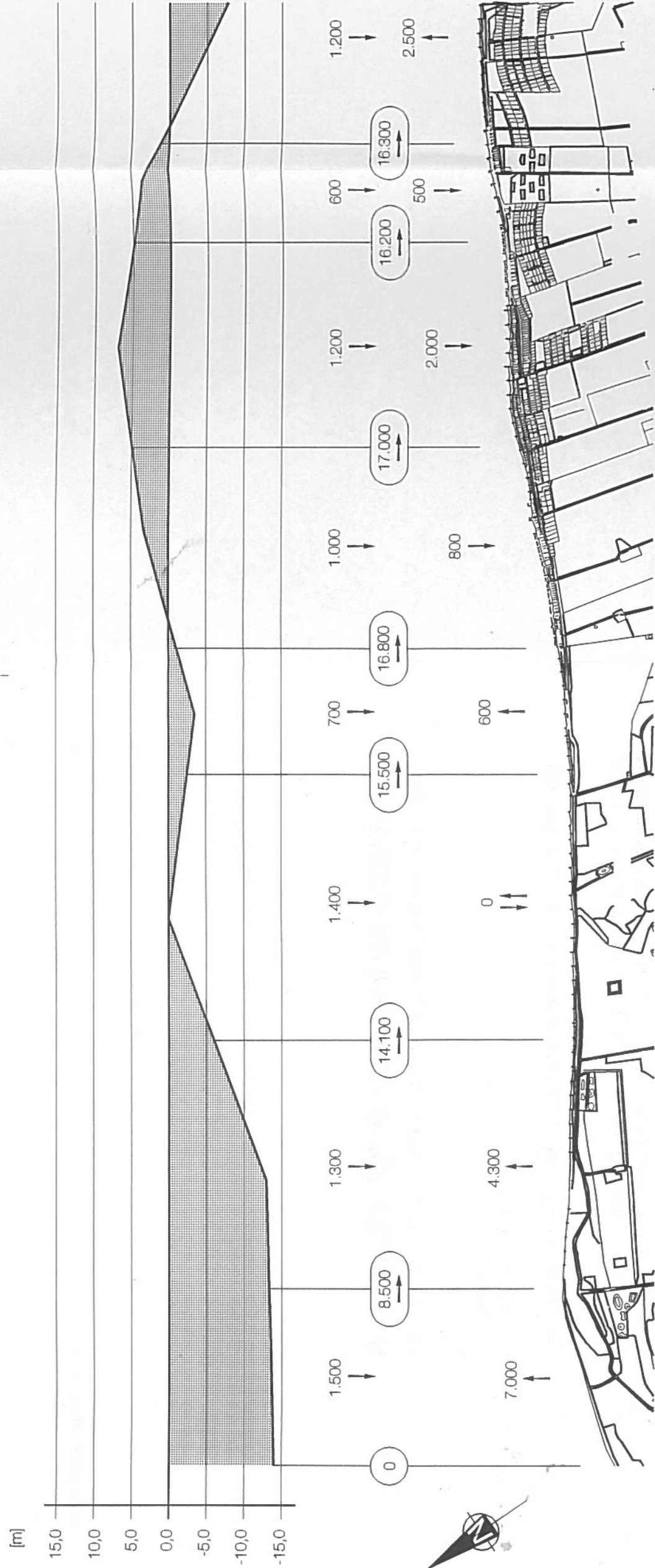
Der er ud fra det opstillede bølgeklimate og kystens dybdeprofiler og orientering foretaget beregninger af sedimenttransporten (materialevandringen).

Hovedresultaterne fremgår af Figur 7.1.

- Ved Agernæs er et nulpunkt for sedimenttransporten. Nordvest herfor går transporten mod vest og sydøst herfor mod sydøst.
- Ved starten af projektstrækningen passerer i middel ca. 8.000 m³/år mod sydøst.
- Ved knækket i kysten ud for Kristiansminde passerer ca. 20.000 m³/år mod sydøst.
- Ved Erikshåb passerer ca. 26.000 m³/år mod sydøst.

Ovennævnte sedimenttransporter betyder, at der fjernes ca. 18.000 m³/år mere end der tilføres, og at erosionen er fordelt med 2/3 eller ca. 12.000 m³/år for den nordvestlige halvdel af projektstrækningen, med 1/3 eller ca. 6.000 m³/år for den sydøstlige del.

Resultaterne af sedimentberegningerne er sammenlignet med analysen af kysttilbagerykningen, og der er fundet at være god overensstemmelse mellem de to vurderinger/analyser.



8 Kystbeskyttelseselementernes funktion

Følgende elementer er i dag benyttet til kystbeskyttelse på projektstrækningen:

- høfder
- bølgebrydere
- skråningsbeskyttelse

Hovedparten af høfderne blev bygget i beton i perioden 1948-52 og de er i dag for de flestes vedkommende meget nedbrudte.

Deres funktion er begrænset og der er derfor på en række kritiske steder bygget skråningsbeskyttelse (stenkastning) på f.eks. ydersiden af diget og bygget bølgebrydere på lavt vand imellem høfderne. Dette er f.eks. tilfældet ved Tørresø vest og ved Kristiansminde.

Konstruktionernes funktion er

- Direkte beskyttelse af bebyggelse og diger mod bølgepåvirkning.
- Nedsættelse af den langsgående sedimenttransport.

Som redegjort for i kapitel 5, er kysten i middel under tilbagerykning og de eksisterende konstruktioner vurderes ikke at være tilstrækkelige til fremtidig sikring af kysten.

Andre steder i Danmark, herunder især på Jyllands vestkyst og mange steder i udlandet har man fået øjnene op for, at konstruktioner alene ikke er i stand til at løse problemerne på kyster under naturlig tilbagerykning. Det maksimale der kan opnås er en nedsættelse af hastigheden hvormed tilbagerykningen sker.

Man er derfor med succes mange steder begyndt at indpumpe mere materiale, primært sand, på stranden, såkaldt strandfodring. Dette har to umiddelbare effekter:

- Strandplanet løftes og kysten flyttes ud på stedet for indpumpningen. Dette medfører reduceret bølgepåvirkning f.eks. på et bagved liggende dige.
- Det indpumpede sand har en gavnlig virkning når det ved bølge- og strømpåvirkning spredes i den naturlige retning for sedimenttransporten.

9 Identifikation af indsatsområder og strækninger med kysttekniske problemer

Ud fra de foretagne undersøgelser er følgende strækninger identificeret som havende særlige problemer. Ved gennemgangen arbejdes fra nordvest mod sydøst.

1. Skovmose/Egebjerggård
I projektstrækningens nordvestlige ende er der på grund af den kraftige kysttilbagerykning erosion i skrænten og nedfald af betonmuren langs skrænten. Hvis der ikke gribes ind vil erosionen, og dermed tilbagerykningen, fortsætte og i den Gamle Herres Skov vil dette medføre, at de store bøgetræer er truet.
2. Ved Tørresø, herunder især i den vestlige ende af bebyggelsen, hvoraf mange sommerhuse ligger foran diget, er stranden meget smal og der er behov for yderligere kystbeskyttelse. Ved yderligere nedbrydning/erosion er der på længere sigt fare for gennembrud af diget, der beskytter det lavtliggende område, Tørresø. Husene foran diget er i dag i en meget truet situation. Ved meget kraftige storme og samtidigt højvande må der påregnes, at mange af husene vil blive helt eller delvist ødelagte.
3. Ved Kristiansminde er der, som ved Tørresø, behov for forstærkning af kystbeskyttelsen til sikring af diget og mod oversvømmelse af bagved liggende Tørresø.
4. Ved Hasmark, herunder især Hasmark mellemstrækningsdige, er der behov for forstærkning og/eller forhøjelse af diget til mindskelse af risikoen for oversvømmelse af det bagved liggende, lavtliggende og bebyggede område. Hvis der ikke gribes ind vil diget overskyldes af bølger under en kraftig storm svarende f.eks. til en storm med med 10 eller 50 års gentagelsesinterval med samtidigt højvande. Diget er så lavt, kote ca. +2,7 m at bølgeoverskyldet vil være så kraftigt, at digets bagside eroderes og der er meget stor sandsynlighed for digebrud.
5. Generelt er tilstanden af mange af de eksisterende høfder meget dårlig. Dette er dog på mange strækninger, især mod sydøst hvor stranden er bred, mere et æstetisk problem end et egentligt kystbeskyttelsesproblem.

Antallet af grunde, der er beliggende under kote +1,40 m og +1,55 m svarende til 10 års og 50 års vandstandshændelser er gengivet i Tabel 9.1.

Område	Typisk grundareal [m ²]	Antal grunde (10-års MT ¹)	Antal grunde (50-års MT)
A: Skovmose	800	1	1
B: Tørresø	550	225	285
C: Kristiansminde	700	205	220
D: Kristiansminde/Jørgensø	380	165	180
E: Jørgensø/Hasmark	300	420	430
F: Hasmark/Charlottenlund	610	640	685
Max. antal grunde		1656	1801

Tabel 9.1 Vurdering af antal oversvømmede grunde i forbindelse med digebrud

For at få et skøn over de økonomiske konsekvenser, er der regnet med en gennemsnitlig ejendomsværdi på 400.000 kr., og at en oversvømmelse vil medføre et skønnet tab på 20% eller 80.000 kr. per oversvømmet ejendom.

Tabel 9.2 viser det samlede maksimale tab for de forskellige områder. Det fremgår klart, at de fleste lavtliggende ejendomme er beliggende ved Jørgensø/Hasmark og Hasmark/Charlottenlund.

Område	Typisk ejendomsværdi [m ²]	Tab [mio.kr.] (10-års MT)	Tab [mio.kr.] (50-års MT)
A: Skovmose	400.000	0,1	0,1
B: Tørresø	400.000	18,0	22,8
C: Kristiansminde	400.000	16,4	17,6
D: Kristiansminde/Jørgensø	400.000	13,2	14,4
E: Jørgensø/Hasmark	400.000	33,6	34,4
F: Hasmark/Charlottenlund	400.000	51,2	54,8
Max. tab		132,5	144,1

Tabel 9.2 Vurdering af maksimalt tab ved oversvømmelse af grunde i forbindelse med digebrud

Når dette kombineres med det faktum, at digerne ved Hasmark er de laveste og dermed mest udsatte er det konkluderet, at en forhøjelse eller forstærkning af de svageste strækninger af digerne ved Hasmark må prioriteres meget højt.

¹ MT = Middeltidsafstand mellem hændelser

10 Konstruktionselementer

Løsningsforslagene beskrevet i det følgende omfatter en række typiske konstruktionselementer til kystbeskyttelse:

- Bølgebrydere

Der er udarbejdet et projektforslag til en standard-bølgebryder. De kystparallelle bølgebrydere på ca. 1,5 m vanddybde opbygges af forskellige størrelser af sten, hvoraf de yderste store dæksten formentlig bliver importerede brudsten. Kronekoten er regnet lig +1,2 m og bølgebryderens længde er 50 m. Plan og profil fremgår af Figur 10.1.

- Diger

Der er til digernes forstærkning udarbejdet et standardprofil som vist på Figur 10.1. Dette teoretiske digeprofil vil kunne modstå en 50-års hændelse. Det har en hældning på 1:4 på forsiden og 1:2 på bagsiden. Digets krone er i kote +3,3 m og beskyttet af betonfliser. Udover digets geometri har højden og hældningen af strandplanet foran diget en indflydelse på bølgeoverskyllet. Jo højere strandplan jo mindre overskyl. Derfor har strandfodring en positiv indflydelse på digernes sikkerhed.

For diger med for lav kronekote er en alternativ mulighed til forhøjelse af kronekoten at foretage en beklædning af ydersiden med sten, idet det nedsætter bølgeoverskyllet. Det anbefales at forhøjelse af diget eller beklædning med sten vurderes yderligere inden valg af løsning f.eks. for diget langs Hasmark mellemstrækning.

- Strandfodring

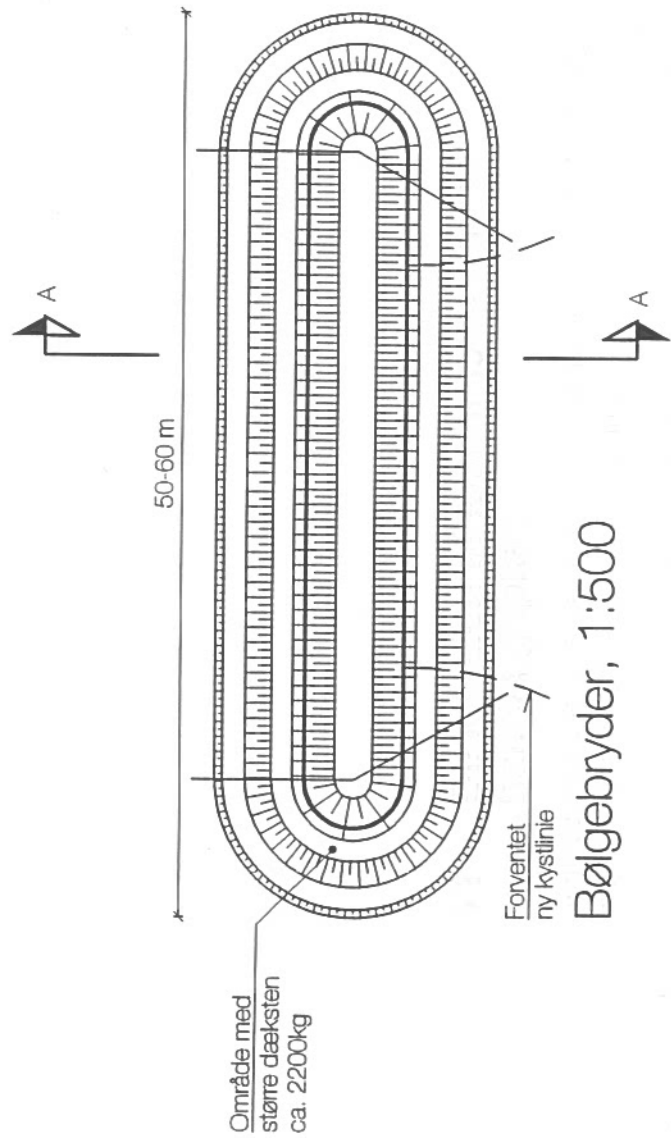
Strandfodring med sand er det vigtigste konstruktionselement i handlingsplanen. Sandet tages fra et af de af Skov- og Naturstyrelsen udpegede områder ud for kysten (ved Kristiansminde og Charlottenlund). Der er i standardprislisten, tabel 10.1 regnet med to priser for sandindpumpning. En relativ billig pris for indpumpning ved Skovmose/Egebjerggård, hvor der er dybt vand tættere ved kysten, og en 50% højere pris for resten af projektstrækningen. Disse overslagspriser forudsætter relativt store indpumpningsmængder på grund af anstillingsomkostningerne.

Der er i handlingsplanen i afsnit 12 regnet med følgende enhedspriser:

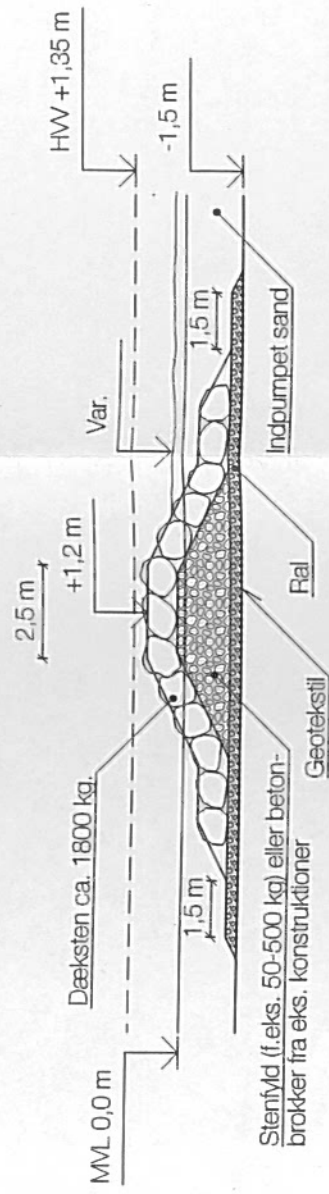
Konstruktionselement	Dimensioner	Enhedspris
Standardbølgebryder	se figur 10.1	680.000 kr.
Digereparation/forhøjelse	se figur 10.1	1.500 kr./m
Strandfodring ved Skovmose	> ca. 35.000 m ³	50 kr./m ³
Strandfodring andetsteds	> ca. 20.000 m ³	75 kr./m ³
Gennemsnitspris for projektudarbejdelse, tilsyn & opmåling i procent af anlægsomkostninger.		~ 6%

Tabel 10.1 Enhedspriser for Konstruktionselementer

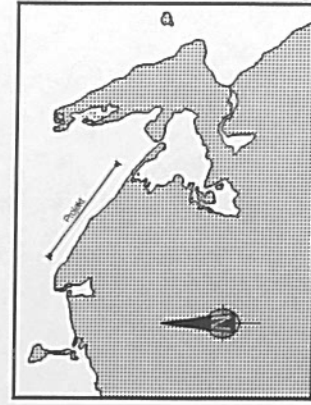
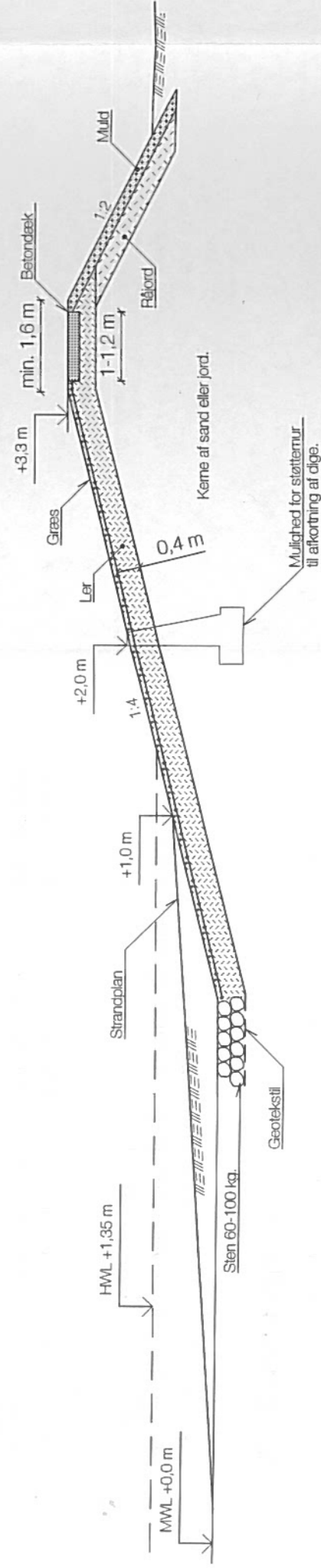
Alle priser er 1998-priser, eksklusive moms.



Bølgebryder, 1:500



Snit A-A, 1:200



Nordfyn	P:\32226\DMW\F\tekn\Figur101.dgn
Kystteknisk undersøgelse	27-MAY-1998 13:12
Standardsnit for fremtidig udformning af konstruktioner	
princip for bølgebryder og digetvaersnit.	
COWI	
Parallevej 15 2650 Lyngby Telefon 45 97 22 11 Telefax 45 97 22 12	

11 Diskussion af løsningsforslag til handlingsplan

Som redegjort for i de tidligere kapitler, er der en række muligheder, der bør overvejes som elementer af handlingsplanen.

Før diskussion af mulige løsningsforslag for projektstrækningen er det vigtigt at præcisere de overordnede krav til handlingsplanen.

1. Nedsat risiko mod økonomisk tab
Dvs. bedre beskyttelse af diger og foran- og bagved liggende bebyggelse og andre værdier mod oversvømmelse under kraftig storm med bølger og samtidigt højvande.
2. Bedre rekreative muligheder
Bredere og mere sandfyldte strande. Dette tjener som redegjort for tidligere også beskyttelsesmæssige formål, idet bredere og højere strande reducerer bølgepåvirkningen på digerne.
3. Æstetik
Bedre æstetisk/visuel udformning, dvs. forbedring af den nuværende situation med mange delvist nedbrudte konstruktioner, der er skæmmende for helhedsindtrykket.
4. Langtidsstrategi for kystbeskyttelse
Planen skal være langsigtet, også udover planperioden på 10-20 år. Dvs. der skal naturligt kunne bygges videre på planen.

11.1 Forslag Type A

Det der falder mest naturligt i øjnene er en reparation og udbygning af det eksisterende anlæg, der primært består af ca. 173 høfder med en række mindre kystparallelle bølgebrydere i de mest udsatte områder bl.a. ved Tørresø og Kristiansminde.

Dette forslag lider imidlertid under, at der på store dele af projektstrækningen, især i den nordvestlige del er meget sparsomt med sediment og stranden er meget smal. Der er ikke nogen naturlig tendens til, at der kommer mere sand, så en løsning der udelukkende omfatter reparation af eksisterende anlæg vil, selv om

den kunne være æstetisk attraktiv ikke medføre væsentlige forbedringer på pkt. 1, 2 og 4 ovenfor.

En mulighed kunne være at fjerne hver anden hofde og reparere resten til en god standard. Med en skønnet pris per hofde på 50,000 kr for fjernelse og 200,000 kr for reparation er totalprisen ca. 23 mill kr.

I figur 11.1 er der vist omkostningsoverslag og tidsplan for udførelse af ovennævnte forslag.

11.2 Forslag Type B

Et andet og nærliggende forslag er at strandfodre med så store mængder af sand, at stranden så at sige bliver mættet med materiale, og at der derved opnås forbedringer på alle fire punkter (1-4).

Det siger sig selv, at hvis der f.eks. tilføres så meget sediment (sand), at stranden som udgangspunkt i middel bliver ca. 10 m bredere (i alt ca. 0,5 mill m^3), så vil ønsket om en bredere strand være opfyldt (pkt. 2). Der vil samtidig opnås mindre bølgepåvirkning og dermed indirekte bedre beskyttelse, idet bølgerne vil bryde mere og længere ude, end det er tilfældet i dag. En overslagspris for strandfodring med så store mængder er også ca. 22 mill kr.

Ved strandfodring opnås en bedre beskyttelse af de lavtliggende arealer bag digerne, idet mindre bølger mod digerne automatisk betyder mindre risiko for digebrud og for stort bølgeoverskyl.

Mere sand og en bredere strand vil dække mange af de eksisterende nedbrudte konstruktioner med sand og der opnås derved en stor æstetisk forbedring af hele projektstrækningen.

Strandfodring er altså på mange måder meget attraktiv, men er ikke i stand til at reducere den sydøstgående sedimenttransport. Uanset hvilken løsning der vælges må man regne med, at der ved de naturlige kystprocesser tilgår ca. 8.000 m^3 /år til projektstrækningen fra nordvest og mistes ca. 26.000 m^3 /år mod sydøst. Tabet på den nordvestlige del strækning er vurderet til ca. 12.000 m^3 /år, mens det for den sydøstlige del er ca. 6.000 m^3 /år. Dette overordnede erosionsmønster må tages i regning ved strandfodringsplanen, så der kompenseres løbende for at vedligeholde tabet. Rene fodringsløsninger tager ikke særlig godt hensyn til den skiftende karakter af projektstrækningen, hvor halvdelen mod nordvest har smal strand, mens den anden halvdel mod sydøst har en bredere strand, dog med mange nedbrudte hofder m.m.

En absolut minimumsplan til bevaring af status quo er årligt at tilføre en mængde sand til projektstrækningen, der er lig med tabet mod sydøst, dvs. ca. 18.000 m³/år. Omkostningerne udgør ca. 1 mill kr/år hvis der regnes med strandfodring hvert andet år.

I figur 11.1 er der udarbejdet omkostningsoverslag og tidsplan for ovennævnte minimumsplan.

11.3 Forslag Type C

Da handlingsplanen bør omfatte mere end bevarelse af status quo, forekommer det, at en kombinationsløsning bedst vil kunne give størst mulig nyttevirkning når alle fire punkter skal tilgodeses. Der er i hovedrapporten gennemgået og prissat en række forskellige forslag under Type C både med og uden strandfodring.

Når der tages afbalanceret hensyn til alle forhold herunder den mulige økonomiske ramme anbefales det at handlingsplanen udstrækkes fra de 10 år angivet i projektspecifikationerne til 20 år.

Den således fremkomne plan, Forslag D, er COWI's anbefalede handlingsplan. Denne er detaljeret beskrevet i Delrapport 2: Handlingsplaner og projektforslag og i nærværende rapport, kapitel 12.

Figur 11.1 viser omkostningsoverslag og tidsplan for Forslag D.

År	Model A2			Model B1			Model D		
	Anlæg	Vol/stk [m³/m]	Pris [milli kr]	Anlæg	Vol/stk [m³/m]	Pris [milli kr]	Str. Anlæg (2')	Vol/stk [m³/m]	Pris [milli kr]
1	Forstærkning af diger	1.000	1,6	Forstærkning af diger	1.000	1,6	B Fodring ved Haveskov	40.000	2,1
2	Fjernelse af hølter	9	0,5	Initial fodring ved Haveskov	120.000	6,4	F Forstærkning af dige, Hasmark	1.000	1,6
2	Reparation af hølter	9	1,9				E Bølgebrydere, Tørresø	2	1,4
3	Fjernelse af hølter	9	0,5	Vedligeholdelsesfodring	36.000	1,9	E Fodring bag bølgebrydere	15.000	1,2
3	Reparation af hølter	9	1,9				B Fodring ved Haveskov	36.000	1,9
4									
5	Fjernelse af hølter	9	0,5	Vedligeholdelsesfodring	36.000	1,9	D Bølgebrydere, Kristiansminde	2	1,4
5	Reparation af hølter	9	1,9				D Fodring bag bølgebrydere	25.000	2,0
6							B Fodring ved Haveskov	36.000	1,9
7	Fjernelse af hølter	9	0,5	Vedligeholdelsesfodring	36.000	1,9	B Fodring ved Haveskov	36.000	1,9
7	Reparation af hølter	9	1,9						
8									
9	Fjernelse af hølter	9	0,5	Vedligeholdelsesfodring	36.000	1,9	B Fodring ved Haveskov	36.000	1,9
9	Reparation af hølter	9	1,9						
10									
11	Fjernelse af hølter	9	0,5	Vedligeholdelsesfodring	36.000	1,9	A Bølgebrydere, Skovmose	2	1,4
11	Reparation af hølter	9	1,9				A Fodring bag bølgebrydere	20.000	1,1
11							B Fodring ved Haveskov	36.000	1,9
11							E Bølgebrydere, Kristiansminde	1	0,7
11							E Fodring bag bølgebrydere	10.000	0,8
13	Fjernelse af hølter	9	0,5	Vedligeholdelsesfodring	36.000	1,9	B Fodring ved Haveskov	36.000	1,9
13	Reparation af hølter	8	1,7						
15	Fjernelse af hølter	8	0,4	Vedligeholdelsesfodring	36.000	1,9	C Bølgebrydere, Tørresø	6	4,3
15	Reparation af hølter	8	1,7				C Fodring bag bølgebrydere	50.000	4,0
17	Fjernelse af hølter	8	0,4	Vedligeholdelsesfodring	36.000	1,9	B Fodring ved Haveskov	36.000	1,9
17	Reparation af hølter	8	1,7						
19	Fjernelse af hølter	8	0,4	Vedligeholdelsesfodring	36.000	1,9	B Fodring ved Haveskov	36.000	1,9
19	Reparation af hølter	8	1,7						
Total pris			24,4	Total pris			Total pris		
							37,4		

Figur 11.1: Uddrag af omkostningsoverslag fra delrapport 2 - Handlingsplaner og projektforslag.
Udgifter til projektering, tilsyn og opmåling er inkluderet med 6%. Priser er 1998-priser, excl. moms.

² Se figur 12.1, Løsningsforslag D, for placering af delstrækninger

12 Den anbefalede handlingsplan

Der er på basis af alle data og oplysninger mv. udarbejdet en afbalanceret plan. Planen er, som tidligere anført, grundet de forventede økonomiske ressourcer udstrakt over ca. 20 år og koster i nutidspriser (1998) ca. 37 mill. kr. eller i gennemsnit 1,85 mill. kr. per år.

Planen er gengivet i tabellen til Figur 11.1. Det fremgår, at planens hovedprioritet er at skabe balance i sedimentbudgettet. Det nuværende tab af ca. 18.000 m³/år kompenseres ved indpumpning af den dobbelte mængde hvert andet år. Prisen pr år er ca. 1,0 mill kr.

Den overvejende sedimenttransport er mod sydøst, så indpumpningen sker i den nordvestlige del af projektstrækningen. Sandet tages i de af Skov- og Naturstyrelsen udpegede indvindingsområder ud for kysten.

Undersøgelsen har vist, at diget ved Hasmark inellemstrækning er særlig udsat på grund af den lave kronekote på +2,7 m.

Diget her lever ikke op til de sikkerhedskrav om at kunne modstå en 50 års storm, der hidtil som gængs praksis har været anvendt af Stormflodsrådet. Stormflodsrådet tager stilling til erstatning i henhold til "Lov om erstatning for skader forårsaget af stormflod" af 6 juni 1991.

Derfor er en forstærkning af det eksisterende dige højt prioriteret. Dette kan ske enten ved forøgelse af digets kronekote eller ved formindskelse af bølgeoverskyl ved placering af stenkastning på digets forside.

Prisen for forstærkningen er vurderet til ca. 1,6 mill kr.

Udover strandfodring med sand, der på længere sigt har en generel positiv indflydelse på hele projektstrækningen, prioriteres forstærkning af kysten alle steder, hvor der er bagvedliggende lave områder med kote mindre end +1,5 m. Dette medfører reduceret risiko for beskadigelse af værdier beliggende bagved diget, herunder især de mange sommerhuse.

Dette sker ved Tørresø og Kristiansminde ved fjernelse af eksisterende konstruktioner og bygning af 50 m lange bølgebrydere ca. 50 m fra stranden. Der fyldes op med sand bag konstruktionerne, så læsideerosion minimeres.

Figur 12.1 viser den anbefalede handlingsplan med markering af indsatsområder mens Figur 11.1 viser tidsplanen for arbejdet og prisoverslagene for de enkelte delelementer.

Det anbefales, for hurtigt at få positiv effekt, at der i planperiodens første år investeres ca. 3,7 mill. kr.

Disse arbejder i år "1" omfatter strandfodring ved Haveskov/Egebjerggård samt forstærkning af diget ved Hasmark.

Planen som den foreligger er langtidssikret, idet den opererer med en standard bølgebryder på 50 m længde. Hvor disse bygges i serier, bør der være ca. 150 m mellem bølgebryderne.

Der regnes som angivet i planen med senere udbygning med tilsvarende bølgebrydere først ved Tørresø og senere på strækningen ud for Kristiansminde, som vist på Figur 12.1. Det er planen, at de eksisterende høfder og bølgebrydere fjernes på strækningen hvor der bygges nye store bølgebrydere, og at materialeerne genbruges enten til bølgebryderne eller skræntfodssikring. Dette vil skabe fri og uhindret passage langs med stranden. Det anbefales specielt i denne forbindelse, at betonbrokker og resterende dele af støttemuren ud for Skovmose fjernes og indbygges i de nye konstruktioner.

Det skal anføres, at denne plan ikke løser alle problemer på projektstrækningen, men at den ud fra de forhåndenværende muligheder vurderes at give den optimale effekt for de investerede midler.

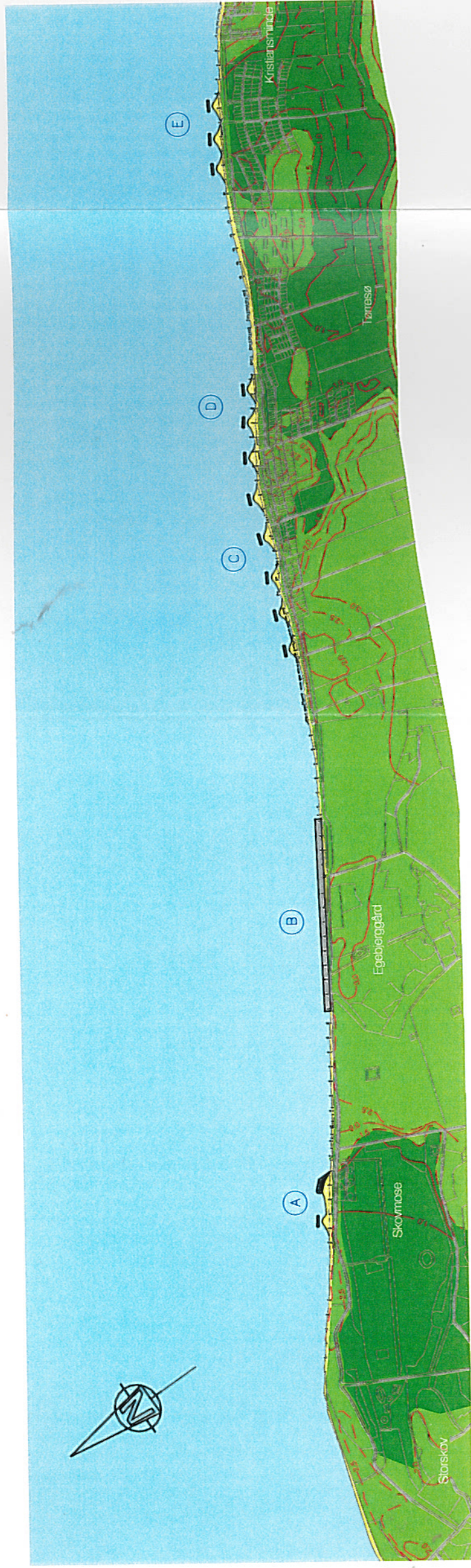
Set over en længere periode på 20 eller 50 år vil den naturlige tilbagerykning af kysten medføre problemer for de eksisterende sommerhusgrunde og stabiliteten af digerne hvis der ikke iværksættes et kystbeskyttelsesprojekt. Dette gælder specielt for den nordvestlige del og den centrale del af projektstrækningen.

Hovedsigtet med planen er således at vende den igangværende udvikling, der er kendetegnet af kysterosion og tilbagerykning mange steder med følgende forøget sandsynlighed for digeoverskyl eller -gennembrud medførende risiko for oversvømmelse af de mange huse, der er beliggende bag diget i lavtliggende områder under kote +1,5 m.

Den omfatter endvidere forstærkning af digerne ved Hasmark mellemstrækning, der i dag er de laveste på projektstrækningen. Det er samtidigt her, der er flest huse, der er udsat for oversvømmelse ved digeoverskyl/brud.

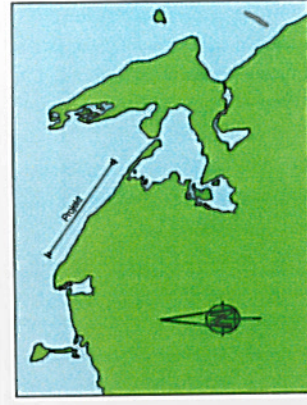
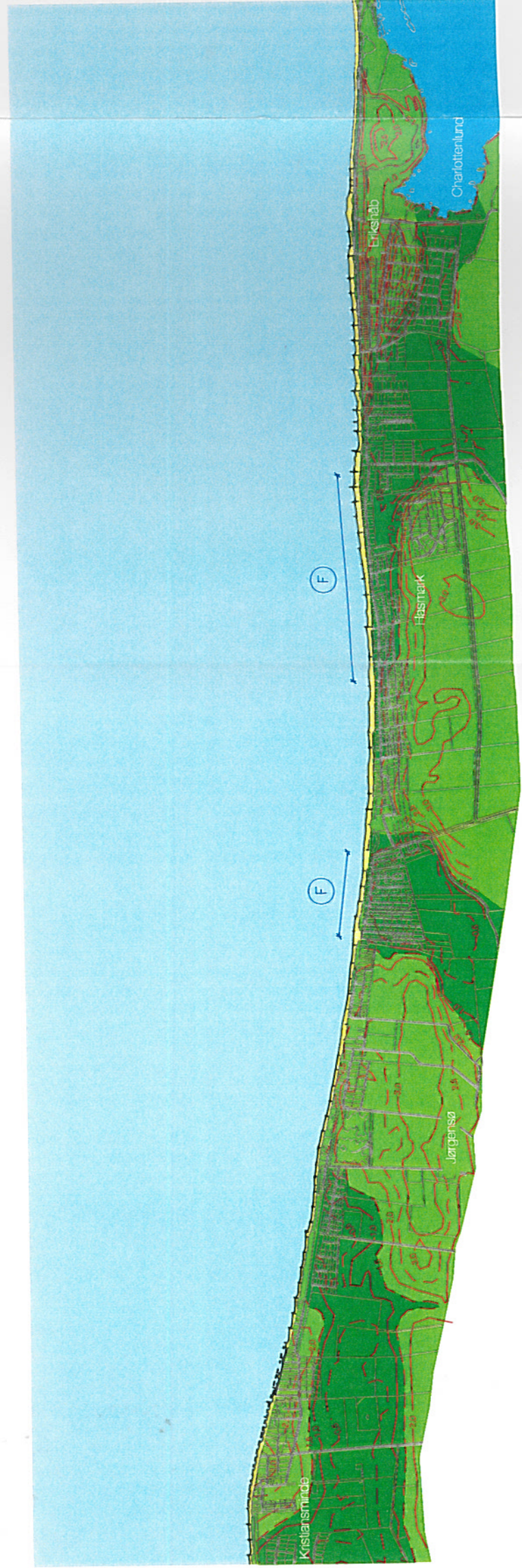
Det er vigtigt igen at fremføre, at grundet den sydøstgående sedimenttransport, vil de foreslåede strandfodringer i projektstrækningens nordvestlige ende på sigt være til gavn for hele projektstrækningen.

Alternativet til gennemførelse af planen er en fortsat tilbagerykning af kysten med deraf følgende gener, og en langsom men stigende risiko for alvorlige og kostbare oversvømmelser af de bebyggede områder.



Signatur:

Under kote +1,5 m
Strandflodning



Nordfyn Kystteknisk undersøgelse	
Løsningsforslag D	
COWI Rådgivende Ingeniører AS Parasøvej 15 2800 Lyngby Telefon 45 87 22 11 Telefax 45 87 22 12	
Figur 12.1	