

## Teknisk notat

### Kystsikring ved Svenstrup Strand

14. marts 2008  
Projekt: 23.0412.01

Udarbejdet : Mette Würtz Nielsen *MWN*  
Kontrolleret : Erik Gregersen Dal *EGD*  
Godkendt : Erik Gregersen Dal *EGD*  
Vedlagt : 6 bilag  
Kopi til : Hans Høyer (3 ex)

#### 1 INDLEDNING

Mange af grundejerne ved Svenstrup Strand har i de senere år haft store problemer med oversvømmelser af både huse og grunde. Specielt i forbindelse med stormhændelsen d. 1. november 2006 blev mange grunde oversvømmede, og flere sommerhuse blev vandskadet. På baggrund af dette har de tre grundejerforeninger; Grundejerforeningen Knivkær, Strandgaardens Grundejerforening og Sommerhusforeningen Svenstrup Strand valgt at iværksætte indledende undersøgelser i forbindelse kystsikring af området imod oversvømmelser, med henblik på etablering af et fælles dige.

Nærværende notat er udarbejdet af Grontmij | Carl Bro i henhold til aftale om rådgivningsassistance, jf. Tilbudsbrev af 14. januar 2008.

#### 2 RESUMÉ

Nærværende notat sammenfatter de indledende undersøgelser og anbefalinger i forbindelse med planlægningen af en kystsikring ved Svenstrup Strand.

Notatet er vedlagt følgende bilag:

- Bilag 1: Billeder fra inspektion af kysten
- Bilag 2: Kort med opmålte digekoter
- Bilag 3: Udstrækning af det nye dige.

Bilag 4: Grunde og huse ramt af oversvømmelser i forbindelse med stormhændelsen d. 1/11 2006.

Bilag 5: Kort med markering af grunde på hvilke huse blev oversvømmet i forbindelse med stormhændelsen d. 1/11 2006.

Som udgangspunkt er der foretaget en registrering af de eksisterende forhold på kyststrækningen, og koterne på det eksisterende dige er opmålt. Som forholdene er i dag, er de to vigtigste årsager til oversvømmelse ved Svenstrup Strand bølgeoverskyl og gennemsvivning af diget. Mht. bølgeoverskyllet kan dette begrænses ved at hæve digets topkote, mens gennemsvivningen kan begrænses ved at opbygge diget med en tæt kerne.

Som designgrundlag for kystsikringen er forholdene svarende til en 25-, 50-, og 100 års hændelse vurderet, og for hver af disse hændelser bestemmes en repræsentativ designvandstand og bølgehøjde. Det anbefales, at benytte en 25 års hændelse som designgrundlag.

Med hensyn til designvandstanden er denne vurderet på baggrund af højvandsstatistikker fra Kystdirektoratet anno 2007. Herudover indregnes effekten fra landbevægelser samt den globale effekt fra klimaændringer. Den dimensionsgivende bølgehøjde er bestemt ud fra en fritstræksberegning.

Det skal vurderes, hvilke kriterier en kystbeskyttelse skal designes for. En sådan vurdering bygger på et skøn af den tilladelige mængde overskyl, hvis det antages at en specifik maksimal vandstand må kunne accepteres. Herudover skal også andre parametre tages i betragtning, heriblandt strandens tilgængelighed, udsigt fra husene, økonomisk afvejning mv.

Tre forskellige løsningsforslag, der vurderes at opfylde de opstillede krav, er fremsat og skitseret. For hvert løsningsforslag er udarbejdet et anlægsoverslag, der angiver opførselsomkostningerne ved den valgte løsning.

Afslutningsvis omfatter notatet et afsnit indeholdende anbefalinger i forbindelse med senere projektering af kystbeskyttelsen. Disse anbefalinger omhandler geotekniske undersøgelser, modellering af bølgeforholdene, konsekvensanalyse af oversvømmelse, vurdering af effekten af kombinerede hændelser samt en detaljeret undersøgelse af kystbeskyttelsen stabilitet og modstandsdygtighed over for bølgepåvirkning og overskyl.

### 3

## FORMÅL

Det overordnede formål med dette notat er at give et beslutningsgrundlag for at vurdere behovet for en fælles kystsikring ved Svenstrup Strand gennem et digelag. Notatet omfatter følgende punkter:

- Analyse af de eksisterende forhold i området ved Svenstrup Strand
- Anbefalinger om designsituation
- Undersøgelse af hvilke områder der vil få gavn af en evt. kystsikring
- Skitsering af løsningsforslag samt prisoverslag

## 4

**EKSISTERENDE FORHOLD**

Området ved Svenstrup Strand er en gammel strandeng med mange sommerhuse. I forbindelse med markarbejde er der lavet et dige langs kysten, der består af overskydende marksten og sand. Flere steder er diget helt eller delvist gennembrudt for passage.

I den nordlige ende er der på strækninger lavet en fremskudt betonmur til beskyttelse, se Figur 4-1. På figuren fremgår også en del af det eksisterende dige hvoraf en længere strækning er bortgravet.



**Figur 4-1: Fremrykket betonmur.**

**Rest af det eksisterende dige ses, men en større del er bortgravet.**

Nogle steder på strækningen er der udlagt større eller mindre stensætninger ved foden af diget til beskyttelse, se Figur 4-2, mens man andre steder har forstærket diget med brædder og plader, jf. Figur 4-3.



**Figur 4-2: Stensætning foran diget**



**Figur 4-3: Beskyttelse med sten og plader**

De bagvedliggende markarealer er i dag drænet. Drænene løber under diget og har deres udløb i forstranden, hvor nogle er mere eller mindre tilsandede, se Figur 4-4.



**Figur 4-4: Drænuvløb i forstrand**

Der er etableret to pumper til pumpning af afvandingskanal og lavtliggende områder. Disse pumper har i alt en kapacitet på 50 m<sup>3</sup>/timen.

I forbindelse med opstart af projektet blev der foretaget en inspektion af de eksisterende forhold i området. I denne forbindelse er koten af diget blevet opmålt med GPS over en strækning på ca. 500 m. En fotoregistrering af digets tilstand er ligeledes udført på samme strækning. Resultatet af GPS opmålingen fremgår af bilag 2, mens fotoregistreringen kan ses på bilag 1. Som det fremgår af koteopmålingerne, bilag 2, variere topkoten af det eksisterende dige, men det fremgår, at diget har en omtrentlig topkote på ca. 2,3-2,6 meter.

Ifølge lokale observationer har der i de sidste år været flere tilfælde af overskyl af diget og vandindtrængen hvor diget er bortgravet, f.eks. ved stiforbindelserne. Det værste tilfælde af oversvømmelse var i forbindelse med stormhændelsen d. 1. november 2006, hvor flere grunde og huse blev oversvømmede.

Som forholdene er i dag, er der tre primære årsager til oversvømmelserne ved Svenstrup Strand. Det første problem er oversvømmelse i forbindelse med bølgeoverskyl over det eksisterende dige og gennem åbningerne i diget. Dette kan i ekstreme vejr-situationer give anledning til meget store mængder vand.

Et andet problem er, at det er observeret at diget ikke er tæt. Opbygningen med marksten og sand resulterer i, at der ved høj vandstand sker gennem-sivning. Denne gennem-sivning bidrager til oversvømmelse, men også til destabilisering og erosion af diget.

Et sidste problem mht. oversvømmelser er drænene. Drænene har deres udløb i forstranden, hvor de kan sandes til så udløbet ikke fungerer. Et andet problem er, at vandet i forbindelse med højvande kan løbe tilbage, og ud på de bagvedliggende arealer.

Ved sammenligning af disse tre problemstillinger må det dog vurderes, at effekterne fra overskylliget vil have størst indflydelse i forbindelse med oversvømmelser. Digets utæthed vil dog også kunne give et væsentligt bidrag i forbindelse med højvande ligesom det kan give problemer for digets stabilitet. Tilsandingen og tilbageløbet fra drænene må vurderes at have en mindre indflydelse.

## 5 DESIGNGRUNDLAG

Designgrundlaget for dette projekt bygger på et estimat af vind- og vandstandsforholdene ved Svenstrup Strand, estimeret for hhv. en 25-, 50-, og 100års hændelse. Med en 25års hændelse menes i denne forbindelse en hændelse (vandstand, bølgehøjde etc.), der statistisk set vil nås eller overgås hvert 25. år.

I nedenstående afsnit er det beskrevet, hvorledes designværdierne for hhv. vandstanden og bølgehøjden for de tre hændelsesfrekvenser er estimeret, og hvilke antagelser/tilnærmelser det har været nødvendigt at benytte.

### 5.1 Vandstand

Designvandstanden er estimeret på baggrund af højvandsstatistikker. Hertil er adderet en hævet vandstand pga. globale klimaændringer samt et bidrag fra ændret vandstand grundet landbevægelser.

#### ***Vandstandsstatistik***

Til bestemmelse af en statistisk designvandstand anvendes Kystdirektoratets højvandsstatistik for Korsør. Kystdirektoratet har siden 1997 udarbejdet højvandsstatistikker for en række målestationer i Danmark. Disse statistikker opdateres ca. hvert 5. år, og til dette projekt er den nyeste version fra 2007 benyttet, hvor stormhændelsen d. 1/11 2006 er medtaget.

I højvandsstatistikken er middeltidsvandstanden angivet, hvilket er den vandstand, der statistisk set forventes at indtræffe eller blive overgået indenfor en vis tidsperiode. Tilsvarende angiver middeltidsafstanden den gennemsnitlige tidsafstand i år, imellem at en given vandstand nås eller overskrides.

Den statistiske middeltidsvandstand for Korsør for hhv. en 25-, 50- og 100-års hændelse fremgår af Tabel 5-1.

Middeltidsafstand	Middeltidsvandstand
25 år	131 cm +/- 5,5 cm
50 år	142 cm +/- 8 cm
100 år	153 cm +/- 11 cm

**Tabel 5-1: Middeltidsvandstand for Korsør, ref. 1/1**

Ekstremvandstanden, der er anvendt i statistikken, er baseret på vandstandsobservationer igennem en længere periode varierende fra station til station. Udover disse observerede forhold er der som nævnt andre faktorer der har indflydelse på vandstanden. De to væsentligste er her landbevægelser og klimaændringer, som er beskrevet neden for.

### **Landbevægelser**

Der foregår til stadighed en relativ ændring af middelvandspejlet pga. landbevægelser siden afsmeltning efter sidste istid og pga. ændringer i havspejlsniveau. Ved Korsør forårsager dette en stadig relativ stigning i middelvandspejlsniveauet estimeret til ca. 8 cm/100 år.

Ændringerne pga. landbevægelser har resulteret i, at der i 1990 blev indført et nyt højdesystem, DVR90, der definerer kote 0 som middelvandspejlet. En korrigeret mht. landbevægelser for de forskellige frekvenser skal derfor foretages i forhold til niveauet i 1990. Dette giver følgende forøgelse af designvandstanden:

Middeltidsafstand	Vandstandsstigning pga. landbevægelser
25 år	3,4 cm
50 år	5,4 cm
100 år	9,5 cm

**Tabel 5-2: Vandstandsstigning grundet landbevægelser.  
Angivet i forhold til 1990 niveauet**

### **Klimaændringer**

Grundet klimaændringer forventes en generel stigning i havvandspejlet i fremtiden. I henhold til de seneste offentliggjorte klimascenarier fra FN's internationale klimapanel, IPCC, forventes en generel global havspejlsstigning på 18-59cm i løbet af dette århundrede, afhængig af hvilket scenarie der benyttes.

For Danmark svarer forholdene ifølge Kystdirektoratet til scenarie A2, hvilket betyder, at den statistisk gennemsnitlige forventede globale vandstandsstigning frem til 2100 er på 42 cm (ref. /2/). På baggrund af denne værdi, samt en i 2002 vurderet fordeling af vandstandsstigningen iht. en 25-, 50- og 100års hændelse, estimeres følgende vandstandsstigninger forårsaget af klimaændringer:

Middeltidsafstand	Vandstandsstigning pga. klimaændringer
25 år	8 cm
50 år	18 cm
100 år	42 cm

**Tabel 5-3: Vandstandsstigning grundet klimaændringer**

### Samlet designvandstand

Ved at sammenholde bidragene fra vandstandsstatistikker, landbevægelse og globale klimaændringer kan designvandstands niveauet bestemmes, se Tabel 5-4.

Middeltidsafstand	Designvandstand
25 år	143 cm
50 år	165 cm
100 år	205 cm

Tabel 5-4: Designvandstand for Korsør.

## 5.2

### Bølger

Til vurdering af designbølgehøjden benyttes en fritstræksberegning som bestemmer den signifikante bølgehøjde på baggrund af vanddybde, vindhastighed og længden af strækket, over hvilket bølgerne kan opbygges. Vanddybden i fritstræksberegningen sættes i første omgang til 10 meter, men bølgehøjden skal herefter skaleres i henhold til bølgernes højdebegrænsning på lavere vand.

Vindhastigheden der anvendes i beregningerne bestemmes som en 25-, 50-, eller 100 års vind fra Nord-vest. Med f.eks. en 25 års vind menes en vind der overskrides 3 timer/25 år.

På baggrund af fritstræksberegningen fås følgende bølgehøjder for en vanddybde på 10 m, se Tabel 5-5:

Middeltidsafstand	Bølgehøjde, $H_s$
25 år	2,8 m
50 år	2,9 m
100 år	3,0 m

Tabel 5-5: Designværdier for på 10 meters dybde

Da det er den dybdebegrænsede bølgehøjder, der skal anvendes til estimering af f.eks. overskyl, omskrives bølgehøjderne i Tabel 5-5 til bølgehøjderne ca. 1 bølgelængde fra kysten (ca. 38-46 meter fra kysten svarende til bølgelængden for en 25- til 100 års bølge). Dette giver en fornuftig repræsentativ værdi at anvende i de valgte beregningsmodeller:

Middeltidsafstand	Bølgehøjde, $H_s$
25 år	1,75 m
50 år	2,0 m
100 år	2,3 m

Tabel 5-6: Designbølgehøjde en bølgelængde fra kysten

Designbølgehøjderne i Tabel 5-6 er nedskaleret iht. vanddybden for den givne designsituation. Dette betyder, at bølgehøjderne i Tabel 5-6 gælder for den maksimale vandstand svarende til hvert scenarie, og at en ny bølgehøjde må bestemmes, hvis en anden kombination ønskes (hvor maksimal vandstand og maksimal bølgehøjde ikke er sammenfaldende).

I forbindelse med detailprojektering af kystbeskyttelsen anbefales det at lave en mere nøjagtig bestemmelse af bølgehøjden, f.eks. ved numerisk modellering baseret på et aktuelt og repræsentativt kystprofil, se afsnit 8.2.



### 5.3 Designkriterier, vurdering af skadesomfang

For at designe kystsikringen er det nødvendigt at opstille kriterier for hvor meget vand man vil kunne tillade i et specifikt område, herunder valg af acceptable skade.

I bilag 6 er vist et grundkort med koteopmålinger over området. Hvis der opstilles et kriterium om, at en vandstand på 20 cm må kunne accepteres ved det lavest liggende område, betyder dette at der må løbe omkring 2100m<sup>3</sup> til området i løbet af en stormperiode. Et sådan design vil betyde, at der på enkelte meget lavtliggende grunde må forventes op til ca. 20 cm vand, mens de højreliggende grunde ikke kan forvente noget vand af betydning. Dette skøn er dog meget groft og må verificeres med opmåling mv., se afsnit 8.3. Udover valg af acceptabelt skadesniveau, herunder tilladeligt overskyl, er der ligeledes andre hensyn der skal afvejes for at fastsætte designgrundlaget. For det første må der foretages en økonomisk sammenligning af værdien af det, der ønskes beskyttet, i forhold til de økonomiske omkostninger ved opførelsen af kystbeskyttelsen. Herudover skal der også tages hensyn til at designet sikrer adgangen til kysten, ligesom en vurdering af effekten for udsigten fra eksisterende huse er nødvendig. En vurdering af kystbeskyttelsens indflydelse på natur og miljø er ligeledes nødvendig.

## 6 LØSNINGSFORSLAG

Der er flere tiltag som skal iværksættes for at området ved Svenstrup Strand kan beskyttes mod oversvømmelser. **Det primære tiltag, er at forhøje, reparere og forbedre det eksisterende dige.** Dette kan bl.a. ske ved at øge kronkoten og/eller forøge digebredden samt tætne diget.

En andet tiltag for at reducere skaderne ved store overskyl er at etablere et større reservoir ved de lavtliggende områder samt at forstærke de mest udsatte huse. Et reservoir kan f.eks. etableres ved at udgrave de bagvedliggende fællesområder således at vandet fra overskyl kan løbe hertil.

**Et tredje tiltag kan være at afbryde de eksisterende markdræn og fører disse til pumpestationen.**

Nedenfor er beskrevet 3 forskellige forslag til en forstærkning af diget. Som et generelt eksempel er der her regnet på en løsning med anlæg 2 på forsidet. Topkoten af diget bestemmes ved at estimere bølgeoverskyllet svarende til designvandstanden og bølgehøjden. Hvis mængden af overskyl sammenholdes med kriteriet om maks. 20 cm vand på de lavestliggende grunde er de nødvendige omtrentlige topkoter fundet som vist i Tabel 6-1.

**Det skal bemærkes, at overskyl kun kan bestemmes som størrelsesorden.**

Endvidere skal det fremhæves, at overskyllet og hermed topkoten er afhængig af digets udformning, idet et bredere dige vil give mindre overskyl.

Designsituation	Topkote
25 år	2,8 m
50 år	3,3 m
100 år	4,0 m

Tabel 6-1: Topkote på diget

Som det fremgår af Tabel 6-1 er det nødvendigt at hæve digets topkote for at beskytte strækningen mod oversvømmelser. Dette kan medføre, at havudsigten fra husene vil blive forringet for mange af grundejerne, hvilket må indgå i overvejelserne om etablering af en kystsikring.

For at forhindre gennemsvivning er det nødvendigt at tætte diget med ler eller et andet impermeabelt materiale.

Som designgrundlag for diget anbefales det at benytte en 25 års hændelse. Nedenfor er angivet 3 forskellige forslag til forstærkning og forbedring af det eksisterende dige iht. en 25 års hændelse.

Fælles for alle forslagene er digets udstrækning, se bilag 3. Nord for den kystnære bebyggelse er terrænet lavt over en strækning på ca. 100 m. Her hæves terrænet generelt til kote +2,8 således at det ikke fremstår med et dige, men beskyttelsen falder naturligt ind i omgivelserne, se bilag 3.

## 6.1

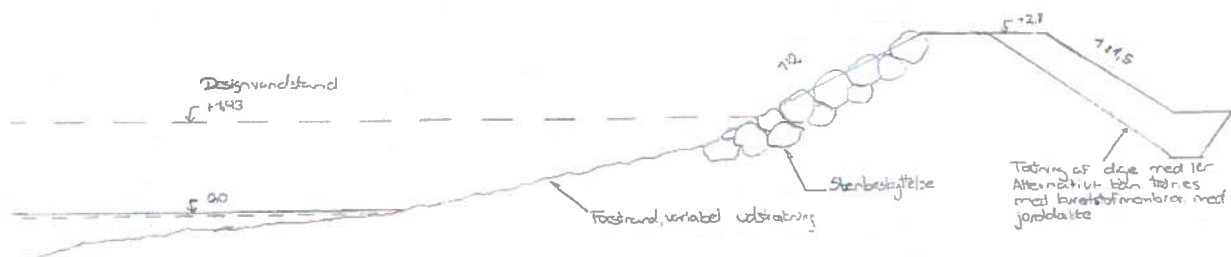
### Forslag 1: Dige tætnet med membran

I dette løsningsforslag er det valg at tætte det eksisterende dige ved opgravning på bagsiden og efterfyldning med ler eller tætning med kunststofmembran med jorddække. Tætningen skal ske til en passende dybde afhængigt af geotekniske forhold.

Digets topkote hæves til kote +2,8 for at beskytte mod en 25 års hændelse. Forsiden skal forstærkes med sten for at beskytte mod erosion og sikre digets stabilitet.

På bagsiden kan diget anlægges med en stejlere hældning begrænset af skråningens stabilitet. I dette løsningsforslag er antaget en hældning på 1:1,5.

En principskitse af diget designet for en 25 års hændelse kan ses på Figur 6-1.



Figur 6-1: Forlag nr. 1 designet for en hændelse på 25 år.

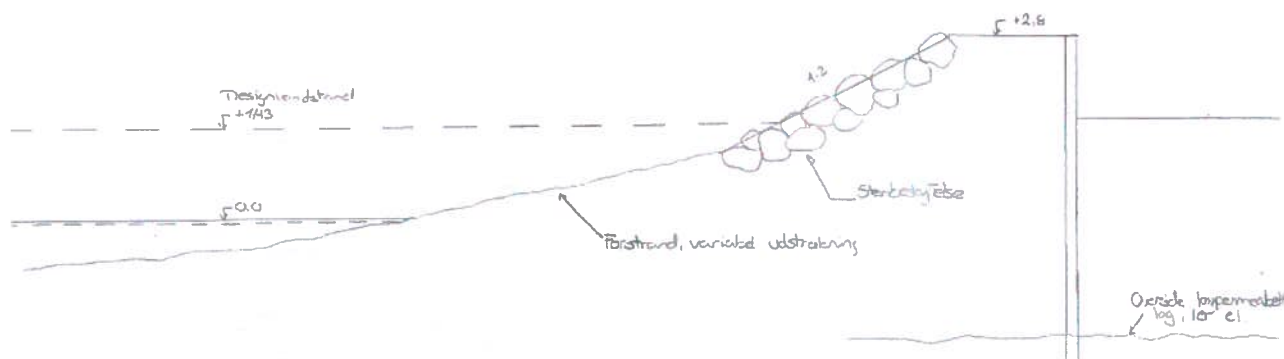
Prisniveauet for et sådan dige vil være i størrelsesordenen 2500-3000 kr/lbm ekskl. moms.

## 6.2 Forslag 2: Dige tætnet med spuns

I dette løsningsforslag vælges det at tætno diget ved at ramme en spunsvæg med topkote svarende til digekoten i Tabel 6-1. I dette tilfælde opbygges digets forside ligeledes med hældningen 1:2, og fronten beskyttes med sten. På bagsiden af spunsen vil der ikke være nogen særlige krav til opfyldning, her er det primært æstetikken der har betydning.

Forslag nr. 2 vurderes at være en meget sikker løsning med en god stabilitet og modstandsdygtighed mod erosion. **Dog kræver løsningen en grundig undersøgelse af de geotekniske forhold i området.**

En principskitse af dige designet iht. forslag 2 kan ses på Figur 6-2 for en 25 års hændelse.



Figur 6-2: Forlag nr. 2 designet for en hændelse på 25 år.

Prisniveauet for diget beskrevet i dette løsningsforslag vil være i størrelsesordenen 8000-12000kr/lbm ekskl. moms.

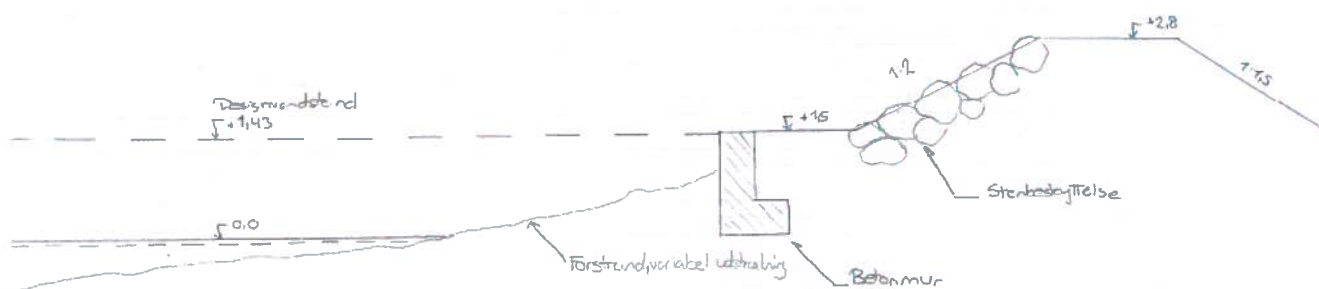
## 6.3 Forslag 3: Dige med fremrykket mur

Det tredje løsningsforslag bygger på et tværsnit med udgangspunkt i den fremrykkede betonmur i den nordlige ende, Figur 4-1. Betonmuren designes med en topkote højere end designvandstanden således, at det ikke er nødvendigt at tætno diget med f.eks. ler. Diget kan her opbygges af f.eks. marksten og sand, og forsiden skal også i dette tilfælde beskyttes med sten.

**Ved denne løsning er det muren der beskytter mod en forhøjet vandstand, mens det bagvedliggende dige beskytter imod bølgeoverskytlet.**

Det vil være nødvendigt at etablere betonmuren på fællesarealerne hvilket kan betyde at dette efterfølgende vil kunne komme til at fremstå som private parceller.

En principskitse for denne løsning kan ses i Figur 6-3.



Figur 6-3: Forlag nr. 3 designet for en hændelse på 25 år.

Prisniveauet for denne konstruktion med en fremrykket mur foran diget vil være i størrelsesordenen 7000-9000 kr/lbm ekskl. moms.

#### 6.4 Forudsætninger

Forudsætningen for at alle tre ovenstående løsningsforslag er virksomme som beskyttelse mod oversvømmelser er, at diget er ubrudt. Alternativt kan der laves en gennemføring som lukkes med skot i hele efterårs- og vinterperioden. Denne løsning giver ikke samme sikring som det ubrudte dige, men vil lette tilgangen til stranden. Løsningen er dog risikobetonet hvilket betyder, at der er nogle ansvarsmæssige spørgsmål der skal afklares.

### 7 INDFLYDELSESOMRÅDE

Ifølge lokale observationer var der i forbindelse med stormhændelsen d. 1/11 2006 en stor oversvømmelse af mange af grundene og husene ved Svenstrup Strand. Iht. kystdirektoratets liste over højeste vandstande blev der denne dag registreret en vandstand på 177cm hvilket svare til en vandstand der er højere end 100 års hændelsen.

I bilag 4 er vedlagt en liste, der angiver en registrering af de huse/grunde der i denne forbindelse blev påvirket, og det ses at 25 grunde med huse, samt 18 grunde uden huse, blev oversvømmet. I bilag 5 er de grunde hvor husene blev oversvømmet markeret på et kort over området.

Udover hændelsen d. 1. november 2006 har der været flere situationer med høj vandstand. Kombineret med bølger har dette givet anledning til overskyl af diget på flere strækninger.

### 8 SUPPLERENDE UNDERSØGELSER

I forbindelse med detailprojektering af diget er det nødvendigt at foretage en række supplerende undersøgelser.

#### 8.1 Geoteknisk undersøgelse

I forbindelse med projektering af et dige vil det være nødvendigt at have et godt geoteknisk grundlag for området. Det er blandt andet vigtigt at kunne bestemme koten af den tætte bund således at det kan defineres til hvilket niveau der skal tættes med spus, ler etc.

## 8.2 Modellering af bølgeforholdene

Designbølgehøjderne anvendt i afsnit 5.2 bygger på en række antagelser. F.eks. antages kystprofilretlinet med en konstant hældning, hvilket er en tilnærmelse af det virkelige profil. Da bølgehøjden har meget stor indflydelse på omfanget af overskyl anbefales det, at der ved en detailprojektering laves en detaljeret undersøgelse af bølgeforholdene i området. Dette kan gøres ved numerisk modellering således, at man kan vurdere effekten af det virkelige bundprofil. Herudover kan man skabe et mere virkelighedstro og detaljeret billede af effekterne fra flere faktorer som f.eks. refraction og bølgebrydning, når bølgerne nærmer sig kysten.

## 8.3 Konsekvensanalyse af oversvømmelser

Det anbefales at der foretages en konsekvensanalyse af oversvømmelse for at optimere topkoten af kystbeskyttelsen. I afsnit 5.3 er der foretaget et groft skøn over indflydelsesområdet ved en oversvømmelse og der er opsat et eksempel på et kriterie for en tilladelig oversvømmelse. Ved en mere detaljeret konsekvensanalyse, vil det tilladelige overskyl kunne estimeres mere nøjagtigt, og topkoten af kystbeskyttelsen vil evt. kunne reguleres.

## 8.4 Kombinerede hændelser

Til orientering anfører Havnelodsen for Korsør Havn (ref. /6/), at storm mellem NV og NE kan give indtil 1,3 m højvande. For området ved Svenstrup Strand er det også situationen med vind fra Nord-vest der giver de største bølgehøjder og nærværende notat bygger derfor på fuld korrelation mellem maksimal vandstand og bølgehøjde. Denne antagelse skal selvfølgelig vurderes yderligere ved en detailprojektering.

## 8.5 Beregning af digestyrken

Ved detailprojektering er det nødvendigt at lave en dybdegående undersøgelse af digets styrke og stabilitet.

De mest almindelige årsager til digebrud er for- og bagskråningsbrud. Et forskråningsbrud kan indtræffe, når bølgepåvirkningen når op på et niveau, hvor skråningsbeskyttelsen bliver ustabil, og der derfor vil ske erosion af diget, som i værste fald kan føre til digebud. Bagskråningsbrud skyldes at bølgeoverskyllet når op på et niveau, hvor krone- og bagsideskråningsens beklædning bliver ustabil. Dette kan resultere i en udskæring i bagskrånningen og hermed et digebrud.

De faktorer der skal tages hensyn til ved en vurdering af digets styrke er primært: Forlandsprofil, for- og bagskrånningernes hældning, kronete, beklædning af diget samt digefyldets erosionshastighed. For så vidt muligt at sikre sig mod digebrud er det vigtigt, at der laves en grundig undersøgelse af alle disse faktorer inden opførelse af diget. Ref. /5/.

9

**REFERENCER**

/1/ Højvandsstatistikker 2007, Kystdirektoratet, december 2007

/2/ Notat om konsekvenser af klimaændringer på de danske kyster, april 2007

/3/ Hydrodynamik, Jørgen Fredsøe, maj 1994

/4/ Coastal Protection, K. W. Pilarczyk, 1990

/5/ Stormflodsrisikoanalyse De indre danske farvande, bilag 6, kystdirektoratet, 1988

/6/ Den Danske Havnelods, [www.danskehavnelods.dk](http://www.danskehavnelods.dk)