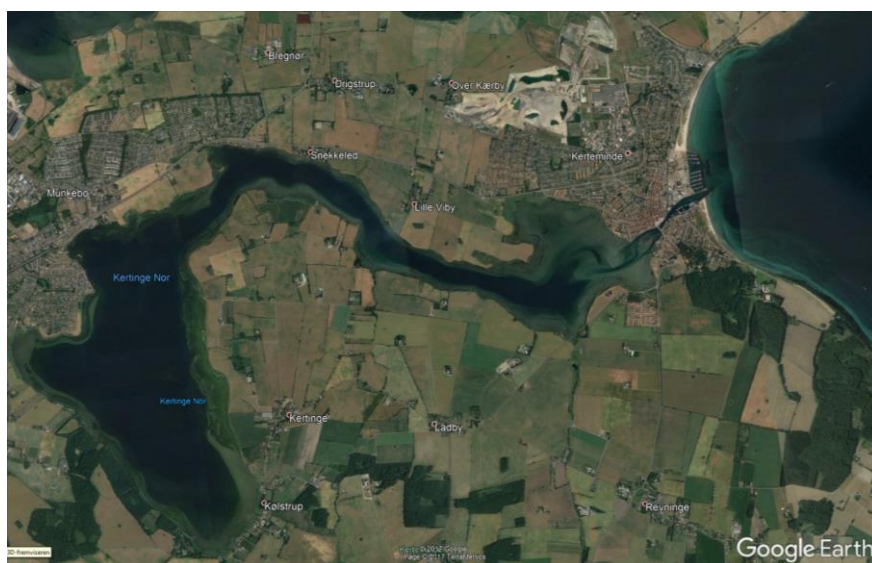


RAPPORT

PROJEKT NUMMER: 23.0710.02

STORMFLODSSIKRING AF KERTEMINDE VURDERING AF FORUNDERSØGELSE



08/02/2018 REV 0

SWECO DANMARK A/S

Kerteminde kommune

KLAUS BUNDGAARD

Winnie Marianne Lund

Resume

Sweco har gennemgået Rambølls rapport "Stormflodssikring af Kerteminde Forundersøgelse" med henblik på at vurdere kvalitet, pris og eventuelle oversete alternativer.

SWECO vurderer at der generelt er tale om en vel gennemarbejdet rapport med solide og i reglen velgennemprøvede løsningskoncepter.

SWECO har følgende generelle kommentarer til sikringsniveauerne:

SWECO er enig i de valgte sikringshøjder mht. højvande om end SWECO undrer sig over hvor man ikke har brugt mere lokale målinger. Men dette umiddelbart synes uden betydning for de valgte højder. Men det er uklart hvordan Rambøll er nået frem til de bølgehøjder som anvendes til beregning af bølgeoverskyl. SWECO's bølgemodel indikerer at de anvendte højder måske er for lave hvilket kan påvirke sikringshøjderne. Det bør også overvejes hvordan bølgerne korrelerer til højvandssituationer da nogen højvandssituationer kommer ved fralandsvind hvor bølgerne er 0.

SWECO har følgende generelle kommentarer til dige konstruktionerne:

De valgte konstruktionstyper er i grundformen klassiske løsninger som SWECO er enig i kan anvendes. Men det er ikke diskuteret eller afprøvet om kernen kunne være sand. Dette er en klart billigere løsning.

Hvis man kører med et løst muldlag på toppen og på fronten som kan ofres ved stormflod skal dette lægges oveni sikringshøjden.

Der er ikke lavet beregninger for om det forventede overskyl kan skade digerne og heller ikke for om dette rent faktisk kan bortledes uden yderligere konstruktioner. Nogen steder vurderer SWECO at der risiko for at det indtrængende vand når frem til de bagved liggende huse.

SWECO har følgende generelle kommentarer til sluse konstruktionerne:

Den valgte sluse konstruktion er ukendt i Danmark men velkendt i udlandet. SWECO har gennemgået konstruktionen og vurderet at det er den optimale løsning til dette sted. SWECO har ligeledes vurderet at selvom slusen ikke vil være en klassisk tæt sluse vil vandstanden bag slusen ikke påvirkes væsentligt ved stormflod.

SWECO har som reference også testet en alternativ position til slusen længere inde.

SWECO har set på den valgte konstruktionsmetode og foreslået et alternativ som SWECO vurderer er nemmere, mindre risikabel og billigere.

SWECO påpeger at man skal overveje hvordan man holder slusen fri for sand da dette vil forhindre slusen i at komme helt op. Endvidere bør man overveje hvordan man påtænker at fjerne sand fra slusen samt hvordan man forhindrer ankerskader mv.

SWECO har følgende generelle kommentarer til pris:

De beregnede priser er angivet i Tabel 1.

Tabel 1 Prisoverslag på baggrund af forundersøgelsesrapport samt redegørelse for stormflodssikring af Kerteminde, Kølstrup og Munkebo februar 2017.

Element	SWECO (Mill kr)	Rambøll (Mill kr)
Slusen (Kun anlægsmetode)	5,2	4,95
Sydstranden	2,2	1,85
Nord for slusen	3,63	3,35

SWECO er stort set enige i prisniveauet for slusen hvorimod SWECO mener, at anlæggene nord og syd for slusen er prissat lidt for lavt i forundersøgelserne. Det skal dog nævnes at forskellen ved begge dele er tæt på de almindelige usikkerheder i sådan et projekt.

Alternativer

SWECO har listet og diskuteret forskellige mobile alternativer. Der findes et bredt udvalg af løsninger som hver især har deres fordele om ulemper. De mest kendte er de såkaldte water tubes som basalt set er en slange fyldt med vand. Water tubes kan benyttes op til en overhøjde på ca. 1,6m over terrænhøjde. Watertubes forudsætter et mindre permeabelt underlag og det kræver meget mandskab. Der diskuteres også andre mere æstetiske løsninger. Men generelt mangler disse en prissætning så man kan lave en egentlig vurdering af den mest optimale løsning.

Indholdsfortegnelse

1	Introduktion	2
2	Scope	2
2.1	Tekniske vurderinger	2
2.2	Anlægsbudget	3
3	Forudsætninger	3
4	Teknisk vurdering af forundersøgelsesrapport	3
4.1	Højvandsstand i 2050 for en 100-års hændelse	3
4.2	Stormflodskote	4
4.3	Bølgetillæg til højvandsstand	5
4.4	Sydstranden	7
4.5	Nord for Slusen	12
4.6	Slusen	15
4.6.1	Slusens placering	15
4.6.2	Sedimentation ved slusen	17
4.6.3	Slusens funktion	18
4.6.4	Miljøpåvirkning af slusen	22
4.7	Ejendomme beskyttet af stormflodssikringen	22
5	Anlægsbudget	22
5.1	Sluseanlæg	22
5.2	Sydstranden	23
5.3	Nord for slusen	24
6	Bilag A	27

1 Introduktion

Kerteminde har historisk set været ramt af periodiske events med meget høj vandstand. Den mest kendte i nyere tid er 1. November 2006 hvor vandet steg til 1,7m. I lyset af de forventede klima ændringer med dertil hørende vandspejlsstigning samt for at imødegå fremtidige ekstreme vandstande har Kerteminde Kommune iværksat et projekt med det formål at højvandssikre Kerteminde By og Kertinge Nor.



Figur 1 Undersøgelsesområde

Kerteminde Kommune har fået udarbejdet en forundersøgelse til højvandssikring. Forundersøgelsen er udført af Rambøll og omfatter forskellige typer af højvandssikring ved Kerteminde. Indeværende opgave omfatter en gennemgang af forundersøgelsen med henblik på at vurdere validiteten af de tekniske løsninger samt med henblik på at vurdere den anslåede anlægspris. Derudover har Kerteminde Kommune efterfølgende udarbejdet en redegørelse for stormflodssikring af Kerteminde, Kølstrup og Munkebo februar 2017.

2 Scope

2.1 Tekniske vurderinger

Sweco vil gå igennem de tekniske løsninger som de er beskrevet i forundersøgelsesrapporten og vurdere om de er teknisk valide herunder om løsningerne er tilstrækkeligt dokumenterede, om der er anvendt almindeligt kendte metodikker, om de anvendte design data er tilstrækkelige, om løsningen kan bygges/konstrueres uden meromkostninger og ekstra risici, og om gældende lovgivning herunder VVM-krav er overholdt. Sweco vil endvidere vurdere, om der er tekniske eller miljømæssige emner som burde undersøges for at sikre en tilstrækkelig belysning af projektet og projektets risici. Vurderingen vil blive udført for hvert af de tre delområder Sydstranden, Nord for slusen og slusen samt for hver

af de i forundersøgelsen foreslåede løsninger. Endvidere vurderer Sweco redegørelsen februar 2017 korrigerede løsning for højvandssikring af havnearealet nord for slusen. I anlægsoverslaget er det kun den seneste løsning fra redegørelsen i 2017 som medtages.

2.2 Anlægsbudget

Sweco vil gennemgå projektet og vurdere anlægsmetoder. På grundlag af dette vil Sweco ud fra tilgængelige data samt ved at benytte Sweco's netværk vurdere om den anslåede anlægspris er rimelig samt give Sweco's bud på en anlægspris. Som et led i vurderingen vil Sweco vurdere om der er alternative anlægsmetoder som vil være mere hensigtsmæssige eller billigere at benytte. Sweco vil vurdere de tre delområder og de foreslåede løsninger hver for sig.

3 Forudsætninger

Sweco er ikke i besiddelse af de bagvedliggende shape filer og modeller ligesom detaljerede beskrivelser af antagelserne bag projektet ikke i alle tilfælde er tilgængelige. Sweco baserer således sine vurderinger og estimater på forundersøgelsesrapporten og de tegninger som er deri. Der kan således forekomme afvigelser i mængder mv.

I beregningerne til anlægsbudgettet er der regnet med 10% usikkerhed. Mobilisering og demobilisering sættes til 8%.

4 Teknisk vurdering af forundersøgelsesrapport

Forundersøgelsesrapporten beskriver, at for højvandssikringen i Kerteminde ønskes sikkerhedsniveauet i slutningen af år 2050 svarende til en returperiode på mindst 100 år. Dette niveau mener Sweco også er rimeligt. Det er imidlertid vigtigt at der i fastsættelsen af maksimalvandstanden medtages både klimatillæg og bølgetillæg.

4.1 Højvandsstand i 2050 for en 100-års hændelse

I forundersøgelsesrapporten anvendes kystdirektoratet højvandsstatistik for 2014 for Kerteminde Havn (Ref. 1) for en 100-årshændelse med 180 cm vandstand. Dertil lægger forundersøgelsesrapporten vandstigningen frem til 2050. Rapporten bestemmer den resulterende stigning i havvandsniveauet til 30 cm som er havvandsstigningen minus landhævningen og refererer til at dette niveau også er anvendt i Odense Fjord. Det er således erfaringstal for Odense Fjord som anvendes. I alt opnås derved en højvandstand på $180 \text{ cm} + 30 \text{ cm} = 210 \text{ cm}$ i år 2050 for en 100-årshændelse. Det skal i den sammenhæng nævnes at der findes specifikke vandstandsstatistikker for både Korsør og Slipshavn og til dels også fra Kerteminde som ikke er anvendt. Det forekommer derfor mærkeligt at man anvender Odense Fjord hvor de fysiske forhold er markant anderledes end i Kerteminde. Det skal bemærkes at 100 års hændelserne i Korsør og Slipshavn er ca. 30cm lavere end i Odense hvorimod den statistisk mindre sikre station i Kerteminde viser 180cm.

For at vurdere ovenstående højvandstand på 210 cm hvor der bl.a. anvendes erfaringstal for Odense Fjord beregner Sweco højvandstanden her udelukkende ud fra tilgængelige

data i højvandsstatistikken for Kerteminde. Metodikken til bestemmelse af højvandstanden findes i kystdirektoratets højvandsstatistik for 2014:

*År 2012: Vandstand ved 100 års middeltidshændelse = 180 cm + (8 cm/99 år) = 182 cm
 År 2050: Vandstand ved 100 års middeltidshændelse = 182 cm + 30 cm – (38 år x 0,08 cm/år) = 209 cm. (vandstandsstigning på 30 cm anvendes hvilket er middelværdien af den nationale udmelding; antaget landhævning på 0,08 cm/år).*

Niveauet bestemt udelukkende fra højvandsstatistikken for Kerteminde som således er det samme som erfaringstallet fra Odense Fjord. Det kan diskuteres om vandstandsstigningen skal være mere end 30 cm men et middelniveau på 30 cm virker rimeligt, da det er IPCC's bedste estimat af middelvandstanden i Nordsøen for et mellemscenarie. Men Sweco's estimat er i praksis det samme som Rambøll's.

4.2 Stormflodskote

Forundersøgelsesrapporten undersøger hvilken topkote at højvandskonstruktionerne skal anlægges i for at opnå det ønskede sikkerhedsniveau. Forundersøgelsesrapporten undersøger hvad sandsynligheden er for, at vandstanden (inkl. vandstandsstigning) + bølgetillæg vil være højere end højvandskonstruktionerne og anvender slusen som beregningseksempel (bilag 3.3 i Forundersøgelsesrapporten).

Der regnes på scenarier hvor slusen har topkote i +2,20 m, +2,30 m, +2,40 m og +2,50 m. Sandsynligheden for, at den årlige maksimumsvandstand inkl. bølgetillæg overskrider topkoten, findes ud fra vandstandsfordelingsfunktionen i højvandsstatistikken, og sandsynligheden for én eller flere oversvømmelser pr. 40 år beregnes.

Forundersøgelsesrapporten skriver at beregningen er udført for et bølgetillæg på 0,20 m, men i bilag 3.3 fremgår det umiddelbart at være 0,30 m. Rapporten konkluderer at såfremt at en given højvandskonstruktion anlægges med topkote +2,20 + bølgetillæg (0,20 m eller 0,30 m?) så vil der være 9 % sandsynlighed for oversvømmelse inden år 2050.

Sweco er enig i Forundersøgelsens betragtninger, men Sweco opnår andre værdier end resultaterne i Forundersøgelsen, se vedlagte bilag A. Når slusen har topkote i +2,20 + bølgetillæg på 0,30 m så er risikoen 12 % for vandstanden og bølgetillæg overstiger denne kote.

Ud fra Swecos betragtninger kan det konkluderes, at konstruktionen skal være minimum kote +2,20 m + bølgetillæg for at opnå den ønskede sikkerhed, der ifølge forundersøgelsesrapporten skal ligge på omkring 9 % og da den ifølge Sweco er omkring 12 % er dette en sammenlignelig risiko. Det skal dog nævnes, at hvis bølgetillægget er større end 0,30 m, så vil sandsynligheden for oversvømmelse øges, og hvis bølgetillægget er under 0,30 m, så vil der være mindre sandsynlighed for oversvømmelse af konstruktionen.

Sweco mener dog, at der også bør ses på, hvor store mængder overskyl, at der vil forekomme for de aktuelle konstruktioner, da mængden af acceptabelt overskyl kan være med til at bestemme koten af konstruktionen, både pga. fare for færdende og for erosions- og skadesfare på konstruktionen.

Sweco mener endvidere at det kan være hensigtsmæssigt at undersøge korrelationen imellem bølgehøjder og vandstande da nogen af de vindretninger som giver de højeste vandstande reelt er fralandsvind i Kerteminde.

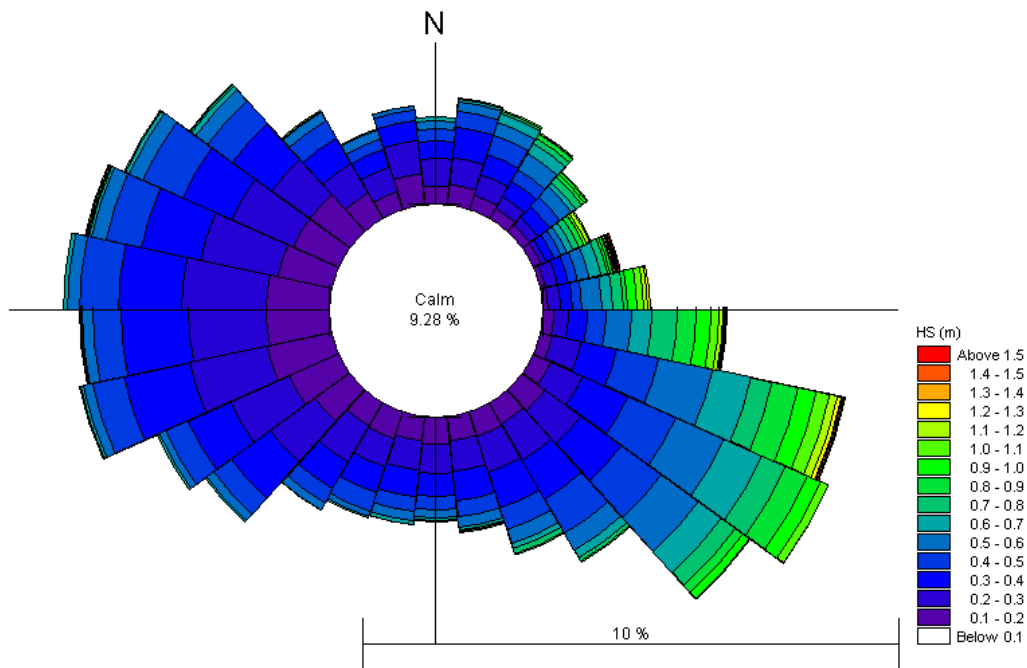
4.3 Bølgetillæg til højvandsstand

Bølgetillæg indeholder en ekstra højde som lægges til højvandstanden for at sikre mod uacceptabel overskyl og erosion af diger. I forundersøgelsesrapporten fremgår det dog ikke hvorledes størrelsen på bølgetillægget er bestemt. I det nedenstående estimerer Sweco bølgetillægget ud fra Swecos regionale bølgemodel. Se Figur 3.



Figur 2 Kysten omkring Kerteminde.

Ved stormflod i Kerteminde er vindretningen typisk fra nordvest til nordøst. I bølgemæssig forstand er Nordvest fralandsvind hvor de farligste vindretninger ved højvande mht. bølgetillægget må forventes at være nordøst. Dette underbygges også af Figur 3.



Figur 3 Bølgerose ud for Kerteminde.

Bølger kommende fra retninger omkring nordøst under stormflod vil bøje af omkring Stavre pynten nord for Kerteminde bugt hvor de til en vis grad dæmpes for derefter at fortsætte i retning mod Kerteminde. Mere nordlige og vestlige retninger vil være helt eller delvist afskærmet. Højden på bølgerne ved Kerteminde under stormflod vil have stor betydning for kystbeskyttelsen pga. overskylsfare og erosionsfare.

Swecos regionale bølgemodel viser, at bølgehøjden ud for Kerteminde ved vind fra nordøst er op til omkring 1,0 m.

På sydstranden falder vanddybden ind mod diget og dette vil påvirke bølgehøjden, da en bølge som hovedregel højst kan være 0,8 x vanddybden før den bryder. Helt inde ved diget er vanddybden ved stormflod omkring 1,0 m ifølge forundersøgelsesrapporten. Dette betyder, at bølgen vil aftage i højden på vej ind mod diget og ende med at have en signifikant bølgehøjde på maksimalt 0,8 m.

På strækningen nord for slusen er promenaden beskyttet af molerne i lystbådehavnen. Under en stormflod hvor vandstanden er +2,10 m er molerne under vand, da de har topkote +1,40. Bølgen vil sandsynligvis bryde ved passagen over molerne og reduceres til en signifikant bølgehøjde på 0,5-0,6 m's. Bådebroerne kan også være med til at dæmpe bølgerne i bassinet, så bølgehøjden bliver lidt mindre inde ved stenkastningen. I indsejlingen til havnebassinet vil dæmpningen dog være lidt mindre.

Bølgerne vil til en vis grad dæmpes på vejen gennem havneløbet frem til slusen pga. spredning af bølgeenergien. Bølgen er ikke begrænset af vanddybden. I forundersøgelsesrapporten er bølgetillæg foran slusen angivet til 0,20 m. Rapporten argumenterer for at det er ok at acceptere relativt store mængder overskyl, da overskylsvandet løber ind i det bagvedliggende reservoir, som har et overfladeareal på 10 km². Forundersøgelsesrapporten vurderer, at det bagvedliggende reservoir vil hæves med mellem 0,1 m og 0,2 m.

Sweco's regionale model indikerer at de valgte bølgehøjder måske er lidt for små. Endvidere bemærker Sweco at der ikke er angivet hvordan man er kommet frem til de valgte bølgehøjder. Sweco kan heller ikke se om der er foretaget en krydskorrelation. Altså om man har taget i regning hvorvidt de valgte bølgehøjder faktisk kan forekomme under en stormflod. Man må f.eks. forvente at en stormflod fra nordvest giver små eller næsten ingen bølger pga. fralandsvind. Hvis der ikke er foretaget en krydskorrelation imellem vandstand og bølger vil det optimere designet at gøre dette.

Opsummeret gælder:

- Sydstranden. Bølgetillægget i forundersøgelsesrapporten er 0,30 m. Sweco har beregnet bølgehøjden til 0,80 m, så der skal forventes en del mere overskyl af diget.
- Nord for Slusen. Bølgetillægget er i forundersøgelsesrapporten 0,40 m. Sweco har beregnet en bølgehøjde på 0,5-0,6 m, så der skal forventes mere overskyl af promenaden.
- Slusen. Bølgetillægget er i forundersøgelsesrapporten 0,20 m. Sweco har beregnet bølgehøjden foran indløbet til slusen til 0,8 m. Der er ikke foretaget beregninger ved selve sluseplaceringen men det må forventes at dæmpes noget ved selve slusen men alligevel højere end 0,2m. Forundersøgelsesrapporten har indregnet store mængder overskyl, hvilket Sweco også mener er forventeligt.
- Sweco's bølgetillæg er generelt 0,1m - 0,5m højere end Rambølls.

4.4 Sydstranden

Forundersøgelsesrapporten har valgt at digekronen på sydstranden er +2,50 m. I forundersøgelsesrapporten er bølgetillægget for sydstranden 0,30 m hvilket er lavere end bølgehøjden som Sweco har beregnet foran diget på 0,80 m. Såfremt at Swecos estimat af bølgehøjden er korrekt vil der forekomme væsentligt mere overskyl end forundersøgelsesrapporten forventer. I undersøgelsesrapporten er der ikke udført undersøgelser af risikoen for digebrud som følge af kyst-erosion, eller bagsideerosion som følge af overtopping eller andre brud. Effekten/konsekvensen af et eventuelt digebrud er heller ikke undersøgt og sat i forhold til den valgte løsning og designhøjde. Disse undersøgelser mener Sweco er relevante at udføre eller i hvert fald diskutere.

I forundersøgelsesrapporten anlægges diget med en lerkerne overdækket af et 0,10 m muld eller sanddække. Sweco har overvejet om man kunne overveje at begrænse lerlaget til en vis tykkelse og lade det inderste af kernen opbygge af sand. Som sædvanligvis er et billigere materiale. Sand er ca 2.5 gange billigere end ler i anlæg. Dette alternativ er så vidt Sweco kan se ikke diskuteret eller undersøgt.

Kystdirektoratet anbefaler et særligt holdbart græsdække på hele diget som slås 2-4 gange årligt. Forundersøgelsesrapporten foreslår dog, at der på forsiden i stedet anlægges opgravet sandet jord med planterødder udenpå en lerkerne, som kan modstå vandtrykket. Rapporten begrundes løsningen med, at et græsdække på stranden vil skille sig visuelt ud i modsætning til sandet jord og planterødder. Rapporten gør opmærksom på, at der vil ske erosion af sanddækket under stormflod og efter stormflod vil det være nødvendigt at tilføre afdækning af forsiden og evt. reparere huller i lerkernen. Sweco er enig i at såfremt der ønskes et visuelt ensartet udtryk så anlægges et sandet dække med eksisterende planterødder. Sweco mener dog, at de øverste 10 cm af diget af samme grund vil fungere som offerlag og derfor ikke være en reel del af det blivende dige. Diget vil derfor reelt virke som være 10 cm lavere, dvs. med topkote +2,40 m. Dette har derfor betydning for oversvømmelse og overskyl. Endvidere mener Sweco at et overslag på de økonomiske omkostninger ved renoveringen af diget efter en stormflod være med til at give et overblik over om der er økonomi til denne løsning frem for en løsning med græsdække.

Rapporten vurderer, at det vil være forsvarligt at anlægge kronekoten 0,20 m lavere dvs. i kote +2,30 m og først hæve kronekoten til kote +2,50 m, når middelvandstanden er steget med 0,15 m. Dette er Sweco enig i, men såfremt at de øverste 10 cm er sandet plantedække som let eroderes, så er kronekoten reelt +2,20 m. Dette skal derfor indregnes når overskyllet vurderes. Når diget skal hæves skal det sikres, at det øverste sand og plantedække på 10 cm fjernes inden at lerkernen forøges. Dette skal således indregnes i anlægsoverslaget for diget.

Hældningen af diget er 1:5 alternativt 1:3 og mod havet og 1:2 mod landsiden. I forhold til erosion anbefaler Sweco en hældning på maksimalt 1:5 mod havet. Sweco er enig i en hældning på 1:2 mod landsiden, når der lægges et holdbart græsdække.

Sweco har vha. programmet Eurotop beregnet overskylsmængden for Rambøls tal til at være 6,2 l/s/m.

Ifølge Eurotop er dette lige på kanten til potentielt at kunne skade konstruktionen. Se Tabel 2. Hvis Sweco har ret i at bølgerne vil være højere vil risikoen stige.

Tabel 2 Overskylsgrænser for digger og højvandsmure (Eurotop)

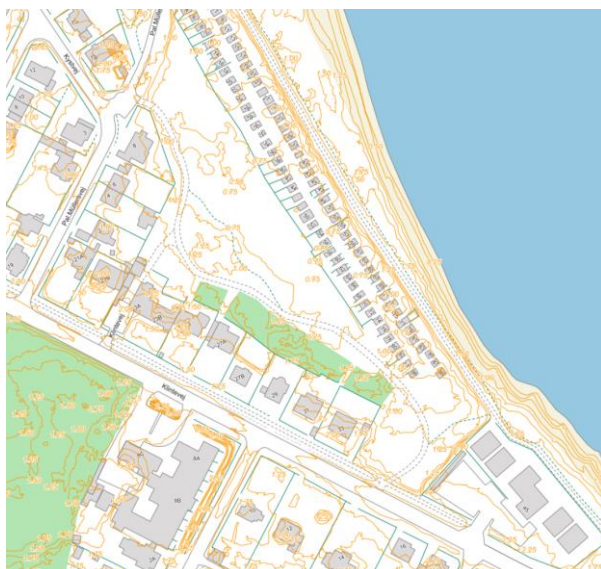
Hazard type and reason	Mean discharge q (l/s per m)	Max volume V_{max} (l per m)
Rubble mound breakwaters; $H_{m0} > 5$ m; no damage	1	2,000-3,000
Rubble mound breakwaters; $H_{m0} > 5$ m; rear side designed for wave overtopping	5-10	10,000-20,000
Grass covered crest and landward slope; maintained and closed grass cover; $H_{m0} = 1 - 3$ m	5	2,000-3,000
Grass covered crest and landward slope; not maintained grass cover, open spots, moss, bare patches; $H_{m0} = 0.5 - 3$ m	0.1	500
Grass covered crest and landward slope; $H_{m0} < 1$ m	5-10	500
Grass covered crest and landward slope; $H_{m0} < 0.3$ m	No limit	No limit

Forundersøgelsesrapporten undersøger tre forskellige placeringer af diget. Den første er et centralt forhøjet dige på det eksisterende dige langs stranden, den anden er et forhøjet dige på ydersiden af det eksisterende dige og det tredje er et forhøjet dige på indersiden af det eksisterende dige. Sweco mener dette er dækkende for de mulige alternativer. Rapporten anbefaler, at der anlægges et dige på ydersiden af det eksisterende dige startende fra havnen og løbende frem til 80 m før PAX bygningen. Dette skyldes, at et dige på ydersiden vil være en mere teknisk, visuel og økonomisk stærkere løsning. Et dige på indersiden vil bl.a. betyde, at der på de første 60 m skal anlægges et murværk, et skot hvor strandstien krydses og at diget vil ligge 1-2 m foran 45 badehuse, hvilket fratager husenes deres terrasser. Et dige centralt over det eksisterende dige betyder bl.a., at den eksisterende asfaltsti skal nedbrydes og at der skal anlægges en ny asfaltsti hvilket gør, at løsningen vil være den dyreste af de tre. Sweco er derfor enig i, at et dige på ydersiden af det eksisterende er den mest optimale løsning.



Figur 4 Sydligste 80 m før PAX.

Rapporten påpeger, at diget på de sydligste 80 m af stranden før PAX ende af stranden startende 80 m fra PAX ligger så tæt på stranden, at det ikke kan udbygges på forsiden af diget. Rapporten skriver, at der skal udføres en mur langs stien eller at det eksisterende dige skal udbygges på indersiden. Et dige på indersiden vil dog komme til at lægge helt tæt op af de eksisterende sommerhuse, da afstanden kun er omkring 10 m fra center af den eksisterende sti, så denne løsning bør uddybes i rapporten for at klargøre hvad konsekvensen bliver. Ligeledes ville en uddybning af løsningen med et murværk være med til at klargøre, hvorledes det tænkes udformet.



Figur 5 Højdekurver på de sydligste del af sydstranden.

Da sommerhusene ligger lavt vil vandet fra bølgeoverskyl løbe mod husene. Da afstanden fra diget er så kort, vil der være risiko for at overskylsvandet løber direkte til husene afhængigt af hvor hurtigt vandet kan trænge ned i undergrunden og hvor højt grundvandet står. Ligeledes skal det undersøges om der er fare for færdende på stien bag diget som følge af overskyl. Sweco mener derfor, at det er vigtigt at fastsætte hvor meget bølgeoverskyl der kan accepteres.

Sweco er enige i, at når området med strandeng mellem havnen og Pax er §3 beskyttet, men ligger i en byzone, så kræves der principielt ikke dispensation fra Naturbeskyttelsesloven. Ligeledes mener Sweco også, at arealet hvor diget placeres skal undersøges for sjældne arter af planter eller fauna, da disse vil kræve dispensation.

Forstærkning af stormflodssikring omkring PAX

Forundersøgelsesrapporten skriver at en løsning for Pax-bebyggelsen skal findes på grundlag af højdemodellen og en fælles besigtigelse. Samtidig anbefaler rapporten af stormflodssikringen i form af et dige føres langs det nordlige mod Pax frem til Klintevej. Sweco har ikke højdemodellen tilgængelig men ud fra beskrivelsen i forundersøgelsesrapporten mener Sweco også at dette kunne være en løsning.

Forstærkning af diget langs Klintevej syd for PAX

Syd for Pax langs Klintevej ligger et eksisterende dige mellem cykelstien og landevejen med topkote mellem +1,75 m og +2,25 m. På forsiden af cykelstien ligger en stenkastning ned mod havet. Diget kan forhøjes til kote +2,50 m men anlægget mod cykelstien vil være 1:3. Diget beskyttes delvist af stenkastningen på forsiden af cykelstien. Sweco har kigget på figur 6.8 i Forundersøgelsesrapporten og opnår at diget mellem cykelstien og vejen vil være anlæg 1:3 når det hæves til kote +2,50 m. Betragtningerne er dog foretaget

udelukkende ud fra figur 6.8 og at diget har uændret bredde. Sweco mener at der skal indtænkes solid beplantning, der gør diget mere modstandsdygtigt overfor erosion .

4.5 Nord for Slusen

Havnearealet nord for Slusen er beliggende mellem kote +1,40 m og +1,80 m hvor promenaden ligger i +1,40 m og terrænet stiger i retning ind mod baglandet. Kajen mod havnebassinet er typisk i kote +1,80 m. Store dele af den nordlige og østlige del af havnen vil være oversvømmet ved +1,60 m og ved +1,80 m vil væsentlige dele af havnen være oversvømmet. For at undgå, at der sker overløb udenom slusen som har topkote i +2,20 m og for at undgå at kajerne ikke oversvømmes fra den østlige kyststrækning er det nødvendigt at anlægge en højvandssikring

Forundersøgelsesrapporten foreslår et bølgetillæg på 0,40 m begrundet med at dækmo-lerne i lystbådehavnen vil være stort set oversvømmet under stormflod. Sweco savner dog her en lidt dybere begrundelse for bølgetillæggets størrelse herunder kvantificering af overskyl under stormflod ved dette bølgetillæg. Sweco har overslagsmæssigt beregnet overskyllet til 2,6 l/s/m. Dette vurderes i forhold til Tabel 2 ikke at være et problem. Men hvis Sweco har ret i at bølgerne reelt er højere skal der tages højde for dette.

Forundersøgelsesrapporten foreslår to mulige scenarier til placering af beskyttelsen mod stormflod. Den ene mulighed er, at muren eller kombinationen af mur og hævet terræn placeres langs promenaden. Den anden er, at der placeres en tilbagetrukket mur bag om en række bygninger. Redegørelsen af stormflodsikring Kerteminde, Kølstrup og Munkebo fra februar 2017 angiver højvandssikring som primært løber langs havnepromenaden. De tre løsninger er kommenteret i det nedenstående.

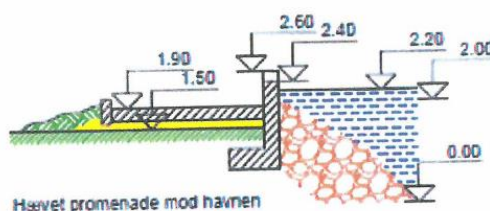
Stormflodssikring langs promenaden, forundersøgelsesrapport

Muren eller kombinationen af mur og hævet terræn placeres langs promenaden. Muren placeres så den beskytter hele området nord for slusen med undtagelse af restaurant Marinaen. Murens topkote er +2,60 m i år 2050. Rapporten nævner at overskyl samles op i en tilbagetrukket dekorativ rende der løber ned til havneløbet og at muren kan sænkes, hvis der accepteres større overskyl som ledes til renden. Rapporten nævner ikke hvorledes overfladeafvandingen mellem promenademuren og renden foregår og heller ikke hvorledes terrænkoteforholdene er. Afstanden mellem promenademuren og renden er ca. 50 m og vandet skal passere bygninger på dele af strækningen. Kapaciteten af renden er ikke bestemt i rapporten samt den forventede overskylsmængde som renden skal aflede. Sweco har ikke mulighed for at vurdere om overskylsvandet afledes fornuftigt til renden og videre til havnen. Rapporten nævner at der anlægges broer over renden for passage af biler. Sweco bemærker her, at afhængig af rendens dybde kan det være nødvendigt med indhegning.

Promenademurens topkote på +2,60 er i rapporten bestemt ud fra ovenstående bølgetillæg. Sweco har forsøgt at vurdere bølgehøjden i havnebassinet foran promenaden. Under en stormflod hvor vandstanden er +2,10 m er molerne under vand da de har topkote

+1,40. Bølgen vil sandsynligvis bryde ved passagen over molerne og reduceres til 0,5-0,6 m's bølgehøjde. Bådebroerne er også med til at dæmpe bølgerne i bassinet så bølgehøjden bliver lidt mindre inde ved stenkastningen. I indsejlingen til havnebassinet vil dæmpningen dog være lidt mindre. Det vil således være behov for afledning af vandet der skylles ind over promenademuren. Sweco mener at promenademurens topkote på +2,60 m er rimelig. Rapporten nævner at såfremt at der accepteres større bølgeoverskyl så kan murens topkote sænkes 20 cm. Sweco efterspørger en kvantificering af det større bølgeoverskyl.

Som forundersøgelsen nævner skal åbninger i muren sikre passage til bådebroerne og under stormflod skal der placeres skot i åbningerne. Sweco kan ud fra tilgængelige plan-kort fra Kerteminde havn (google earth) se at bådebroerne er omkring et par meter brede, mens at de to ramper ud for kajakklubben er henholdsvis 30 m og 10 m brede. Såfremt der er behov for så brede åbninger i højvandsmuren skal disse indtænkes i forhold til hvorledes disse lukkes under højvande, specielt åbningen på 30 m. De mindre åbninger antages lukket med skot og evt. kan skot også anvendes på de bredde åbninger, men det bør undersøges. Det skal sikres, at der er uddannet mandskab til at isætte skot, da bare én åbning som ikke lukkes under en stormflod vil betyde, at stormflodssikringen ikke virker og at vandet kan passere og løbe ind til det bagvedliggende område. Dette er således en risiko.



Figur 7.5: Hævet promenade med højvandsmur og bagkant

Figur 6 Højvandsmur langs promenaden fra forundersøgelsesrapporten (Figur 7.5).

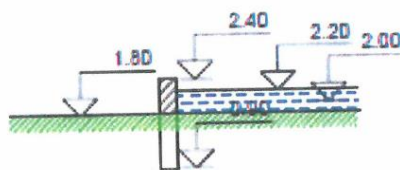
Sweco mener at det overordnede skitsemæssige design af højvandsmuren virker rimeligt. Sweco har ikke udført statisk beregning af konstruktionen.

Sweco mener, at man alternativt kan overveje at trække muren nord for slusen langs med promenaden over på den modsatte side af vejen for at skabe plads til at muren kan udformes som eller med bænke. Herved kunne man sidde og fortsat have frit udsyn til havnens skibe i det daglige brug. Toppen af muren kunne afsluttes med en azobétræ, hvorved muren ville virke som bænke som man har set i andre havne. Der kunne udformes trappetrin foran bænken eller der kunne monteres bænke på muren. Der kunne på den måde tænkes i at gøre muren mere rekreativ. Dette betyder dog at vejen mellem muren og stenkastningen vil blive oversvømmet under stormflod.

Stormflodssikring i baglandet – alternativ linieføring, forundersøgelsesrapport

Stormflodsmuren anlægges tilbagetrukket i baglandet ved Marinavejen. Forundersøgelsesrapporten skriver at da terrænet her er højere kan murens højde begrænses tilsvarende og endvidere kan bølgetillægget undlades. Herved opnås en kote på +2,40 m.

Denne løsning bevirker at en del bygninger foran muren på havnen vil blive oversvømmet ved stormflod. Sweco bemærker at eventuel fremtidig bebyggelse på havnen vil skulle forholde sig til at denne del af havnen oversvømmes. Det vil være vigtigt at informere havnens brugere om hvor højt vandet forventes at stå på terræn under stormflod. Der skal sikres passage gennem muren og der skal være uddannet personel til at isætte skotene ved stormflod.



Figur 7 Højvandsmur tilbagetrukket i baglandet fra forundersøgelsesrapporten (Figur 7.5).

Sweco mener at designet af højvandsmuren virker rimeligt. Sweco har ikke udført statiske beregninger af konstruktionen.

Stormflodssikring langs havnepromenade, redegørelse februar 2017

Redegørelsen af stormflodssikring Kerteminde, Kølstrup og Munkebo fra februar 2017 angiver højvandssikring som primært løber langs havnepromenaden og afsluttes med et dige mod nordstranden. Højvandssikringen består af grønt dige, mure med skydelåger, plantekummer og dige mod nordstranden. Sweco mener også at denne løsning er virker rimelig. Løsningen angiver generelt ikke murens funderingskote, men som minimum skal disse ned til frostfri dybde.

Mobile løsninger

Rapporten beskriver, at der som alternativ til muren nord for slusen kan anvendes en mobil løsning i form af store slanger der rulles ud og pumpes fyldt med vand hvorved de kan modstå vandtrykket. Barrierer af slanger er effektive når de installeres på korrekt vis, men det er tungt og tidskrævende arbejde. Rapporten nævner at en fordel ved løsningen er at der ikke skal anlægges en permanent mur nord for slusen. Dette er Sweco enige i. Det skal bemærkes at det vil kræve uddannet personel, at der er tungt arbejde og at dette personel skal kunne rykke ud ved stormflodsvarsel. Ulempen er som rapporten skriver, at det ikke er alle varsler der udvikler sig til stormflod, men at slangerne alligevel skal rulles ud. Der skal derfor mobiliseres mandskab hver gang at disse varsler forekommer. Derudover er der risiko for at slangen punkterer. Til sammenligning mobiliserer man ca. 100-200 mennesker når de mobile diger i Jyllinge Nordmark skal rulles ud og overvåges. Rapporten nævner, at der statistisk vil være varsel hvert 7. år. Rapporten nævner ikke hvilken økonomi der er forbundet med anskaffelse, opbevaring og mobilisering af slangerne. Denne oplysning kunne være med til at skabe overblik over hvorvidt det er attraktivt for

havnen at vælge denne alternative løsning. Overslagsmæssigt kan der installeres 100 m slange pr time når alle materialer er på pladsen ifølge firmaet 'TubebARRIER' (<https://tubebARRIER.de/informationen/installation-von-innovativer-dammbau/>). TubebARRIER har ca. 3-5 indsatser og ca. 5 år på hylden, dog varierer det fra producent til producent. Mobile løsninger kan benyttes op til højder på 160cm med to pølser i bunden og en på toppen. Det er en forudsætning at underlaget ikke er alt for hydraulisk ledende da vandet ellers siver under.

Et alternativ til en mobil slange er en mobil dæmning i materiale tilsvarende slangen. Den mobile dæmning rulles ud på tilsvarende vis som slangen og der udlægges sandsække for at holde på dæmningen under blæsevejr. Ulempen ved dæmningen er, at den kræver udlægning af sandsække i større eller mindre omfang afhængigt af vejret. Fordelen ved den mobile dæmning er, at den ikke kræver pumper og strøm når den udlægges. Udlægningshastigheden er 1-5 km i timen ifølge producenten.

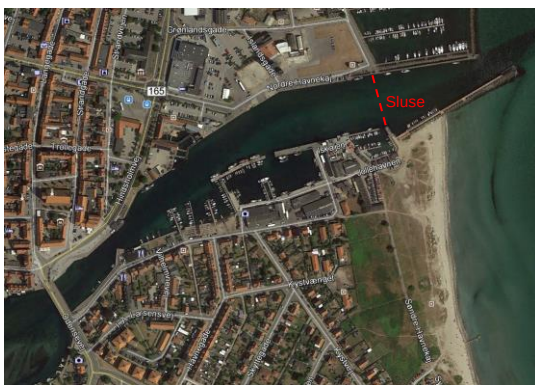
Af andre mobile løsningsmuligheder kan nævnes en automatisk stormflodssikring som er en mur der ligger skjult i et kammer i fortovet/vejen. Når vandet i kammeret stiger, så stiger hele væggen automatisk op af kammeret. Når vandet falder, så sænkes muren automatisk igen. Fordelen ved løsningen er, at den ingen mandskab kræver og at det ikke vil være en permanent mur på området. Ulempen ved løsningen er, at hvis bare én af sektionerne ikke stiger op af kammeret, så virker muren ikke og stormflodssikringen vil ikke være i funktion. Endvidere vil løsningen vil være mere omkostningsfuld at anlægge.

En anden mobil løsning er demonterbare søjle-bjælkebarrierer, som kan anvendes på lange stræk, og kun sættes kun op ved stormflodsvarsel. Dette kræver dog mandskab og opbevaringsplads. Fordelen er at søjle-bjælkebarrieren kun 30 cm i bredden og kan nemt komme rundt om bygninger og igennem smalle steder.

4.6 Slusen

4.6.1 Slusens placering

Slusen placeres i Forundersøgelsesrapporten yderst i havnen, som vist på figur 6.



Figur 8 Slusens placering i havnen i Forundersøgelsesrapporten.

Slusen har en samlet bredde på 75 m (3x25 m), en længde på 12 m og en overside i kote -5,0 m, når sluseanlægget ikke er i funktion. Som en del af sluseanlægget skal der udføres 12 m brede pierkonstruktioner nord og syd for slusen, den sydlige som en indkapsling af den eksisterende pier. Koten til pierkonstruktionerne skal være ca. +2,40 m og disse konstruktioner skal forbindes til stormflodssikringen nord og syd for havnen.

Sweco har på det grundlag, der fremgår af rapporten, vurderet den valgte placering. Følgende skal fremhæves:

- Slusen er placeret på det sted i havnen, hvor havnen er bredest.
- På grund af bredden af havnen ved den valgte placering af slusen er strømhastighederne her i gennemsnit de mindste inden for havneområdet. Det fremgår samtidig af simuleringerne, at 'hovedstrømmen' er placeret forskelligt ved ind- og udadgående strøm.
- Det fremgår af rapporten, at der ca. midt på sluseanlægget med den valgte placering optræder en langstrakt sandbanke. Det må formodes at denne sandbanke vil gendannes over tid, efter at sluseanlægget er udført.

Af anden kilde (Havnelodsen) fremgår:

- Havnen kan besejles af skibe med dybgang 4,2 m. Skal der være 0,3 m vand under kølen ved et sædvanligt lavvande (skøn ~0,15 m) vil kravet uddybningskote/vedligeholdelsesniveau være ca. kote -4,65 m. Hvilken kote Havnen rent faktisk har valgt som vedligeholdelseskote bør undersøges.

På baggrund af ovenstående vurderer Sweco, at der er usikkerheder for slusekonstruktionen specielt på følgende punkter med den valgte placering:

- Koten -5,0 m til oversiden af sluseanlægget, når dette ikke er i funktion, bør nøje overvejes. Det er ikke hensigtsmæssigt at der evt. dannes et trug, der kan opsamle sedimenter.
- Den langstrakte sandbanke vil som angivet gendannes, det er vanskeligt at angive en stabil situation.
- Det må formodes, at der også i siderne af sluseanlægget i en vis udstrækning vil ske aflejring af sandsedimenter.

Disse forhold indebærer at lejekonstruktionerne i den ene side af anlægget skal dimensioneres for tillægskræfter fra sandsedimenter, der aflejres på klappen. Er der f.eks. tale om et gennemsnit på 0,5 m sand på sluseportene, når de ligger på bunden, vil de lodrette kræfter pr. leje vokse fra ca. 250 kN (25 t) uden sedimentation til ca. 625 kN (62,5 t), altså en betragtelig forøgelse. På det nuværende grundlag vurderes det endog meget vanskeligt at vurdere, hvor meget sedimentation, der skal medtages ved dimensioneringen af anlægget, og dermed udformningen af lejerne. Herudover indebærer sedimentation ovenpå sluseportene, at styrken af sluseportene vil skulle øges.

Sweco har også kigget på en alternativ placering og lidt anderledes størrelse af sluseanlægget.

Dette alternativ bygger desuden på at vandudskiftningen i Kertinge Nor i alt overvejende grad skal opretholdes uændret. Men i lyset af at bredden af indsejlingen ved Storebælt er ca. 42 m er ideen, at der imellem den foreslåede placering af sluseanlægget (med en bredde på 75 m = 3x25 m) og indsejlingen (med en bredde på 42 m) kan etableres et sluseanlæg med bredde på 50 m (= 2x25 m) imellem en ny nordlig og ny sydlig pierkonstruktion. Anlægget foreslås placeret ca. 75 m mod den nuværende indsejling i forhold til den i rapporten angivne placering (jf. figur 6), anlægget placeres således hvor der i dag på den sydlige mole er bygget en bølgefælde. Oversiden af sluseanlægget udføres i kote -4,65 m (skal dog stadig vurderes yderligere). Pierkonstruktionerne og de vandtætte spuns vægge, der skal udføres til tilslutningspunkterne til stormflodssikringerne nord og syd for havnen (i alt ca. 2x75 m), udføres til kote +2,40 m.

Fordelene ved dette alternativ er følgende:

- Ved udadgående strøm vurderes der at være nogenlunde samme strømningshastighed i hele sluseanlæggets bredde. Dette vil modvirke at der totalt set aflejres sedimenter på sluseportene i nedsænket tilstand.
- Ved at udføre sluseanlægget med overside i kote -4,65 m, når sluseanlægget ikke er i funktion, undgås et trug, der kan opsamle sedimenter.
- Med sedimenter i begrænset omfang er det muligt at definere en vis mindre mængde der skal indgå ved dimensioneringen af sluseanlægget, herunder lejekonstruktionerne.
- Der vurderes at være en besparelse ved dette alternativ, da ca. 25 m sluseport inkl. grube til en høj enhedspris pr. m erstattes af ca. 2x75 m spuns væg til en markant mindre enhedspris pr. m.

Bagdelen ved dette alternativ er, at vandskiftet i Kertinge Nor vil blive reduceret i en eller anden mindre grad hvilket sandsynligvis vil udløse en VVM.

Sweco foreslår, at alternativet vurderes strømnings teknisk og layoutmæssigt for at vurdere ændringen i vandskiftet og for at få sedimentationsforholdene ved slusen yderligere undersøgt.

Som et yderligere alternativ kan sluseanlægget tænkes længere inde i havnen, hvor bredden af havnen er begrænset. Et sådant forslag vil indebære etablering af højvandsmure i stor udstrækning langs både nord- og sydsiden af havnen, hvilket af Sweco vurderes som uacceptabelt.

4.6.2 Sedimentation ved slusen

I nærværende afsnit resumeres relevante angivelser i Forundersøgelsesrapporten.

Rapporten beskriver, at opmåling i 2013 har vist, der i midt i havnen, hvor slusen i henhold til rapporten placeres, ligger en langstrakt sandbanke. Som beskrevet i det foregå-

ende afsnit må det forventes, at denne sandbanke vil genopbygge sig selv efter udførelsen af sluseanlægget. Der skal derfor forventes sedimentation over sluseanlægget, såfremt dette bygges med en overside i kote -5,0 m. Omfanget er uforudseeligt, men påvirker konstruktionerne, der indgår i sluseanlægget.

En strømhastighed på 0,4 m/s kan flytte sedimenter med middeldkornstørrelse på 0,35 mm, som er fundet i bundprøver, der er udtaget. DHI har, jf. rapporten, beregnet at der ved den foreslåede placering årligt passerer ca. 10 m³ sand pr. m sluse, dvs. i alt 750 m³. Dette er en øvre grænse for den mængde, der kan aflejres på slusen, svarende til i gennemsnit ca. 0,8 m. Det er oplagt, at den mængde der evt. aflejres, blot vil være 1/3 til 1/4 af den angivne mængde, svarende til ca. 200 m³ årligt.

Der må således forventes en årlig oprensning i området med sluseanlægget. Der er stor usikkerhed forbundet med hvor stor en oprensningsmængde, der bliver behov for. Ovenfor er skønnet ca. 200 m³ årligt. Oprensningsmængden skal indregnes i anlægsoverslaget vel vidende, at der er stor usikkerhed med denne mængdebestemmelse. Det bør også overvejes hvordan man oprenser ovenpå sluseporten uden at skade denne.

4.6.3 Slusens funktion

Sweco har vurderet det foreliggende projekt for sluseanlægget, som det fremgår af Forundersøgelsesrapporten.

Projekt for sluseanlægget

Efter Swecos opfattelse er det foreliggende projekt på det nuværende stade rigtig godt gennemarbejdet og dokumenteret. Konceptet med at basere principperne for sluseanlægget på Venedig modellen forekommer velunderbygget. Det forekommer oplagt ikke at inddrage andre slusekoncepter i vurderingen.

Bemærkninger til sluseanlægget

Nedenfor gennemgås og kommenteres forskellige elementer af sluseanlægget:

- Lukket grube, størrelse ca. 75 m x 12 m, med et låg af 3 stk. sluseporte, udført som stålponter, der understøttes af 3 x 2 stk. lejekonstruktioner i den ene side og linjeunderstøtning på et vederlag på spunsvæggen, der udgør den anden side af gruben.
 - Sweco er enig i konklusionen at vælge en lukket grube på grund af materialeændringen.
 - Sweco har udført overordnede beregninger af de kræfter, der skal overføres til lejekonstruktionerne. Sweco er enig i den vandrette last på 1350 kN/leje, men anbefaler at den opadrettede last kontrolleres (Sweco får umiddelbart en noget større opadrettet kraft).

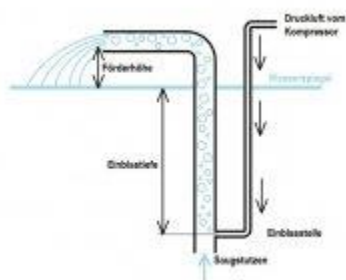
Uanset der måtte ligge aflejrede sedimenter på porten, f.eks. 0,5 m, vil sluseporten lukke op, men hvis sandet ikke på en eller anden måde fjernes, vil de aflejrede sedimenter forhindre porten i at lukke helt op.

Aflejrede sedimenter på porten indebærer yderligere at vægten af disse skal indregnes og således påvirker størrelsen af anlægget. Sweco anbefaler derfor, at der forsøget stables en procedure på benene for aktiviteter, der skal friholde sluseportene for sand. Evt en jævnlig mobilisering af sluseportene.

- Sweco er enig i den principielle udformning af den enkelte sluseport. I forbindelse med fortsættelsen af projektet skal udformningen optimeres og detailprojekteres.
- Sweco er enig i at korrosionsbeskyttelse af sluseportene i form af offeranoder er i orden.
- Det angives i rapporten, at der kan være en passende afstand indbyrdes mellem sluseportene og mellem sluseportene og pierkonstruktionerne, når sluseportene er oppe og i funktion. Sweco er enig heri. Den passende afstand kan efter Swecos opfattelse være 10 – 20 cm, men afhænger i øvrigt af den opnåelige tolerance på udførelsen af lejekonstruktionerne.

Såfremt der igennem hvert mellemrum skønsmæssigt løber en vandmængde på 5 m³/sek., når slusen er helt oppe, vil der inkl. andre utætheder i alt strømme en vandmængde på ca. 25 m³/sek. igennem det samlede sluseanlæg. Med et opland på ca. 10 km², som er tilfældet ved Kerteminde, vil dette betyde en vandstandsstigning inden for sluseanlægget på ca. 0,0025 mm/sek., hvilket er forsvindende. Af samme grund vil et (mindre) bølgeoverskyl være uden betydning.

- Såfremt der under vedligeholdelse/løbende tests af slusen ophober sig mindre mængder af sand på sluseportene eller i gruben under portene, kan dette sand forholdsvis nemt pumpes op og lempes uden for sluseområdet ved anvendelse af en mammutpumpe (rør med anvendelse af trykluft, der styres af dykker).



Figur 7: Mammut-pumpe, princip

- Sweco vurderer udførelsen med skråpæle (på vand), anvendelse af sænkebrønd, udførelse af leje og lejefundament i brønd samt etablering af jordankre som relativt besværlig og kompliceret. Sweco har derfor vurderet en anden udførelsesmetode, se nedenfor under 'Udførelse af sluseanlægget'.

Evt. forbedringer af sluseanlægget

Nedenfor har Sweco oplistet nogle elementer, der kan overvejes inddraget som forbedringer:

- Sweco anbefaler at bunden i gruben udføres som gabioner eller som et renselag (i beton). Herved opnås en veldefineret grænse, hvortil der skal oprensnes, når sand skal fjernes.
- Sweco anbefaler at det overvejes at installere et simpelt water-jet system, der kan anvendes til at videretransportere sedimenter, der har aflejret sig på sluseportene. Systemet skal anvende havvand fra havnen.

Systemet kan omfatte et antal rør, der fra gruben føres op igennem linjeunderstøtningen og over sluseporten forsynes med 90°-bøjninger, der vender ind mod sluseporten. Under porten kobles rørene til en fælles pumpeledning, der føres videre til det nærliggende kajniveau, hvor en mobil pumpe kan kobles på efter behov.

- Sweco anbefaler, at der på begge sider af sluseanlægget i en bredde på ca. 5 m udlægges gabioner (tykkelse f.eks. 0,2 m) eller et tilsvarende stenlag. På denne måde kan lokal erosion langs grubens sider undgås.
- Sweco ønsker at gøre opmærksom på, at sluseanlægget, jf. krav fra Søfartsstyrelsen, i en eller anden grad skal sikres mod skader fra et anker, der utilsigtet droppes fra et forbisejlende skib, der har problemer.

Udførelse af sluseanlægget

Sweco har gennemgået og vurderet den udførelsesmetode, der fremgår af Forundersøgelsesrapporten. Sweco vurderer at sluseanlægget kan udføres som det er beskrevet, men der er indbygget en del besværliggørende udfordringer i metoden:

- Inden sænkebrønden kan komme i anvendelse ved de enkelte fundamenter skal skråpælene rammes og efterfølgende afskæres, så sænkebrønden kan bringes på plads. Afhængigt af arbejdets planlægning vil der i perioder stå opragende pæle i havnen, der kan genere sejladsen og som derfor risikerer at blive påsejlet og dermed beskadiget. Alternativt kan pælene rammes umiddelbart inden sænkebrønden skal placeres, men dette vil indebære at rammegrej og dykkere (til kapning) skal mobiliseres i flere omgange, hvilket vil være fordyrende for projektet.
- Overholdelse af tolerancer for indstøbning af lejekonstruktionerne i fundamenterne kan være vanskeligt.
- Det vurderes ikke umiddelbart let at opvibrere eller løfte sænkebrønden, da der er krav til vandtæthed (under vandtryk) imellem sænkebrønd og undervandsstøbt beton.
- Det vurderes temmelig kompliceret at indbore, udstøbe, teste og opspænde jordankrene med endelig fastgørelses i kote ca. -5,0 m.
- De langsgående vægge i gruben skal rammes til topkote -5,0 m med forlænger eller tilsvarende.
- Der er udfordringer i at (sand)tætnes mellem fundamenter og dykkede spunsvægge.

Det skal bemærkes, at den foreslåede metode kun har marginal indflydelse på vandskiftet i Kertinge Nor.

Sweco foreslår at bringe en alternativ udførelsesmetode i spil. Denne består i, at der først udføres en byggegrube i havnen svarende til den ene halvdel af gruben. I denne situation er halvdelen af indsejlingen til havnen åben. Hvor der skal udføres fundamenter for lejekonstruktionerne udvides byggegruben lokalt i form af en niche svarende til fundamentstørrelsen. I byggegruben udføres funderingsarbejder for lejekonstruktionerne samt vederlaget (i armeret beton) i den modsatte side. Når arbejderne er afsluttet, afskæres/bjærges spunsvæggene over det niveau, der er gældende (pt. ca. kote -5,0 m). Tværvæggen efterlades.

Herefter fortsættes med anden halvdel af gruben. Havnen kan nu besejles igennem den halvdel, hvor gruben er udført. Hvor der skal udføres fundamenter for lejekonstruktionerne udvides byggegruben lokalt i form af en niche svarende til fundamentstørrelsen. I byggegruben udføres funderingsarbejder for lejekonstruktionerne samt vederlaget (i armeret beton) i den modsatte side. Når arbejderne er afsluttet, afskæres/bjærges spunsvæggene, herunder tværvæggen, over de niveauer, der er gældende (pt. ca. kote -5,0 m for langsgående spunsvægge og ca. kote -8,5 m for tværvæggen).

I forbindelse med første halvdel udføres således 2x37,5 m spunsvægge og 12 m tværvæg, der for nærværende skønnes at skulle have en topkote på +1,5 m og en rammekote på -15 m (spidsen skal et par meter ned i det faste moræneler). Der etableres indvendig afstivning i ca. kote +0 m. Herefter sænkes vandstanden indenfor væggene, og fundamenter, jordankre, vederlag (i beton) mv. udføres tørt.

Samme betragtninger gælder i forbindelse med udførelse af den anden halvdel af arbejderne.

Sweco vurderer følgende fordele ved denne udførelsesmetode:

- Alle arbejder i gruben kan udføres tørt.
- Fundamenter for lejekonstruktioner kan fastgøres til spunsvæggen, der optager såvel opadrettede som nedadrettede kræfter. Pæle kan undværes.
- Udover at jordankrene skal etableres igennem spunsvæggen og mod vandtryk, kan alle arbejder med jordankrene udføres tørt.
- Udførelse af den langsgående vederlagsbjælke sker tørt.
- Overholdelse af tolerancer for indstøbning af lejekonstruktionerne i fundamenterne samt tolerancer til overside af vederlagsbjælken vurderes uden særlige problemer.

Det skal bemærkes, at den foreslåede alternative udførelsesmetode vil have en indflydelse på vandskiftet i Kertinge Nor i udførelsesperioden hvilket kan udløse et myndighedskrav.

I afsnit 5 af nærværende rapport er der udført en overordnet sammenligning mellem udførelsen af sluseanlægget efter de to metoder. Der er i store træk balance. Sweco vurderer

at der er store udførelsesmæssige fordele ved det foreslåede alternativ, hvilket også kan afspejle sig i anlægsoverslaget efter en mere detaljeret vurdering.

4.6.4 Miljøpåvirkning af slusen

Sluseanlægget vurderes overordnet at være neutralt med hensyn til miljøpåvirkninger. Vandskiftet i Kettinge Nor vil være uændret.

Med det af Sweco foreslåede mulige alternativ vil vandskiftet i Kettinge Nor blive påvirket, formodentlig i meget beskedent omfang.

4.7 Ejendomme beskyttet af stormflodssikringen

Sluseanlægget indgår i stormflodssikringen sammen med sikringen nord og syd for havnen.

Slusen lukkes (dvs. aktiveres), når vandstanden er steget til kote +0,5 m (og der varsles stormflod). Dette betyder, at ejendomme og arealer inden for den samlede stormflodssikring vil opleve forhold svarende til et højvande i dag i kote ca. + 0,5 m (eller lidt højere) i havnen og Storebælt.

Et højvande omkring kote +0,5 m er ikke en usædvanlig hændelse, så samtlige ejendomme må formodes at være beskyttet, når den samlede stormflodssikring er etableret.

5 Anlægsbudget

5.1 Sluseanlæg

I Forundersøgelsesrapporten foreligger gennemarbejdede anlægsoverslag for:

- Anlægsarbejder for fundering og lukket grube i havbunden
- Levering og installering af sluseporte med udstyr

Sweco har gennemgået overslagene med fokus på de anvendte enhedspriser.

Sweco er overordnet enig i størrelsesordenen af de beregnede overslag, uanset det altid vil være muligt at ansætte de enkelte enhedspriser lidt højere eller lidt lavere.

Det er Swecos vurdering at anlægsoverslaget for fundering og lukket grube repræsenterer den rigtige størrelsesorden.

Det er tilsvarende Swecos holdning at anlægsoverslaget for sluseporte mv. ligger på den billige side. Sweco har ikke umiddelbart kontrolleret enhedsprisen 22.000 kr./tons for produktion af sluseporte, men denne enhedspris vurderes i underkanten. Er enhedsprisen 5.000 – 7.000 kr. højere indebærer dette en samlet merpris for sluseportene på ca. 2,0 mio. kr.

Sweco er generelt enig i materialepriser og øvrige poster og forholder sig i det følgende kun til anlægspriser.

Sweco har for den af Sweco foreslåede alternative udførelse af funderingen og den lukkede grube i havbunden udarbejdet et anlægsoverslag til sammenligning med den tilsvarende pris i henhold til Forundersøgelsesrapporten.

Anlægsoverslag:

Byggegrube 1 inkl. fundering og grube

Spunsvæg (16,5x (75+12+7,5)) x130x11 kr./kg	2.230.000.kr.
Forankring ~10% af posten Spunsvæg	223.000 kr.
Fundamenter for lejer, 3x7 m ³ x3.500 kr.m ³	75.000 kr.
Kantbjælke, ~40 m á 1.000 kr.	40.000 kr.
Jordankre, 6 stk. á 30.000 kr.	180.000 kr.
Grundvandssænkning, simpel lænsning	150.000 kr.
<u>Skæring/ bjærgning spunsvæg i kote ca. -5,0 m, 75x1,4x300 kr./m</u>	<u>40.000 kr.</u>
I alt Byggegrube 1 inkl. fundering og grube:	2.938.000 kr.

Byggegrube 2 inkl. fundering og grube

Spunsvæg (16,5x (75+7,5)) x130x11 kr./kg	1.950.000.kr.
Forankring ~10% af posten Spunsvæg, nu genbrug	100.000 kr.
Fundamenter for lejer, 3x7 m ³ x3.500 kr.m ³	75.000 kr.
Kantbjælke, ~40 m á 1.000 kr.	40.000 kr.
Jordankre, 6 stk. á 30.000 kr.	180.000 kr.
Grundvandssænkning, simpel lænsning	150.000 kr.
Skæring/ bjærgning spunsvæg i kote ca. -5,0 m, 87x1,4x300 kr./m	40.000 kr.
<u>Værdi af afskåret og bjærget spuns, 6,5x177x130x2kr./kg</u>	<u>-300.000 kr.</u>
I alt Byggegrube 2 inkl. fundering og grube	2.235.000 kr.

Samlet for udførelse af Fundering og grube efter Swecos alternativ: 5.173.000 kr.

Med henvisning til afsnit 11.2 i Forundersøgelsesrapporten fremgår, at overslaget for udførelse af funderingen og den lukkede grube i havbunden her udgør 4.952.000 mio. kr. (sammenligning af posterne 'Levering af foringsrør til borede ankere' til og med 'Udstøbning af 6. stk. armerede fundamenter').

Forskellen mellem de to udførelsesmetoder er således ca. 220.000 kr., hvilket anses som marginalt og klart indenfor usikkerhederne i de beregnede anlægsoverlag.

5.2 Sydstranden

I Forundersøgelsesrapporten foreligger anlægsoverslag for sydstranden for:

- Anlægsarbejder for indbygning af dige

- Porte i dige

Sweco har gennemgået overslaget og Swecos anlægsoverslag ligger lidt højere end overslaget i forundersøgelsesrapporten.

Sydstranden	Sweco				Forundersøgelsesrapporten
Mobilisering og demobilisering af byggeplads	-			150.000 kr	90.000 kr
Afrømning af muld langs eks. Dige, l = 510 m	510 lbm	1,28 m3/lbm	50 kr/m3	35.000 kr	61.200 kr
Levering og indbygning af moræneler i diget, l = 510 m	510 lbm	8,62 m3/lbm	250 kr/m3	1.100.000 kr	800.000 kr
Tilbagefyldning af overjord på diget, l = 510 m	510 lbm	1,28 m3/lbm	75 kr/m3	50.000 kr	102.000 kr
Afrømning af overjord for dige ved jollehuse, l = 80 m.	80 lbm	1,28 m3/lbm	50 kr/m3	5.000 kr	9.600 kr
Levering og indbygning af moræneler i diget ved jollehuse, l = 80 m.	80 lbm	8,62 m3/lbm	250 kr/m3	175.000 kr	140.000 kr
Tilbagefyldning af overjord på diget ved jollehuse, l = 80 m	80 lbm	1,28 m3/lbm	75 kr/m3	8.000 kr	16.000 kr
Mur på den sydlige strækning ved badehuse. l = 40 m	80 lbm	0,38 m3/lbm	2.000 kr/m3	60.000 kr	120.000 kr
Afrømning af muld og overjord bag eks. dige ved Pax, l = 90 m	90 lbm	1,28 m3/lbm	50 kr/m3	7.000 kr	9.000 kr
Levering og indbygning af moræneler i diget ved Pax, l = 90 m	90 lbm	8,62 m3/lbm	250 kr/m3	200.000 kr	108.000 kr
Tilbagefyldning af muld på diget ved Pax, l = 90 m	90 lbm	1,28 m3/lbm	75 kr/m3	10.000 kr	12.000 kr
Forstærkning af dige ved Klintevej, l = 200 m	200 lbm		-	100.000 kr	100.000 kr
Port i diget ved havnemolen, B = 4 m med betonmur mod diget	1 stk		-	40.000 kr	40.000 kr
Port i diget ved adgang til stranden, B = 6 m med betonmur mod diget	1 stk		-	50.000 kr	50.000 kr
Port i diget på stien ved Pax B = 2 m med betonmur mod diget	1 stk		-	30.000 kr	30.000 kr
Uforudsete udgifter	10 %		-	200.000 kr	168.780 kr
I alt				2.220.000 kr	1.856.580 kr

Forskellen skyldes primært tre poster på overslaget. Den første post er mobilisering og demobilisering af byggeplads hvor forundersøgelsesrapporten har estimeret 90.000 kr hvor Sweco sætter beløbet til 8 % af anlægssummen, hvilket giver 150.000 kr. Den anden og tredje post er indbygning af moræneler i diget på stranden og ved Pax hvor forskellen mellem Sweco og forundersøgelsesrapporten skyldes mængden af ler, mens enhedsprisen er tæt at være ens. Sweco har taget udgangspunkt i tværsnittet af diget vist på figur 6.4 i forundersøgelsesrapporten og anvendt dette tværsnit til mængdeberegningen på hele sydstranden (510 lbm) og ved Pax (90 lbm). Sweco har ikke nærmere oplysninger om digets geometri end nævnte figur viser og derfor er denne anvendt på hele strækningen til mængdeoverslag. Swecos mængdeberegning af lerkernen er derfor behæftet med en del usikkerhed. Sweco har ikke haft nogen mulighed for at verificere posten af forstærkning af dige ved Klintevej (200 lbm), da der ikke foreligger tegning af digets udbygning forundersøgelsesrapporten. Ligeledes kender Sweco ikke detaljerne vedr. porte i diget og disse har Sweco derfor ikke kunne prissætte.

5.3 Nord for slusen

I Redegørelsen for stormflodssikring af Kerteminde, Kølstrup og Munkebo februar 2017 foreligger anlægsoverslag for nord for slusen og de enkelte poster er ikke vist i redegørelsen.

Sweco har udarbejdet et anlægsoveroverslag med udgangspunkt i figurer vist i redegørelsen. Se Figur 9.

Højvandssikring på havnearealer, Kerteminde	Mængde	Pris ekskl. moms	Redegørelse feb. 2017 ekskl. moms
Mobilisering og demobilisering af byggeplads	-	250.000 kr	Ingen poster
Afgravning af græsdække ved dige i sydlig ende af havnen	58 lbm	4.000 kr	
Levering og indbygn af moræneler i dige i sydlig ende af havn	58 lbm	90.000 kr	
Tilfyldning af overjord på dige i sydlig ende af havn	58 lbm	5.000 kr	
Mur inkl. udgravning	152 lbm	380.000 kr	
Skydelåge i mure	53 lbm	425.000 kr	
Plantekumme	352 lbm	1.235.000 kr	
Låge i plantekumme	5 stk	125.000 kr	
Afgravning af græsdække ved dige mod nordstranden	113 lbm	6.000 kr	
Levering og indbygn af moræneler i dige mod nordstranden	113 lbm	175.000 kr	
Tilfyldning af overjord på dige mod nordstranden	113 lbm	10.000 kr	
Passage i dige mod nordstranden, mure og låge	1 stk	40.000 kr	
Opbrydning af vejbelægning ved mur og plantekumme	504 lbm	100.000 kr	
Retablering af asfaltbelægning	504 lbm	400.000 kr	
Hensynstagen til eksisterende el/belysning	sum	50.000 kr	
Uforudsete udgifter	sum	330.000 kr	
I alt		3.625.000 kr	3.350.000 kr

Swecos anlægsoverslag er omkring 300.000 kr højere end anlægsoverslaget i redegørelsen. Dette vurderes at ligge indenfor usikkerhederne i det beregnede anlægsoverslag.



Figur 9 Højvandssikring nord fra slusen i redegørelse af februar 2017.

6 Bilag A

Bilag A: Sweco kommentering af bilag 3.3 i forundersøgelsesrapporten.