

Til
Sund og Bælt Holding A/S

Dokumenttype
Teknisk rapport, TMA Bilagsrapport

Dato
23. august 2024

Stormflodssikring af København

Delrapport 2: Arbejdsgruppe for teknik, miljø og anlægsøkonomi

Bilagsrapport



RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.

Stormflodssikring af København

Delrapport 2: Arbejdsgruppe for teknik, miljø og anlægsøkonomi
Billagsrapport

Projektnavn **Stormflodssikring af København**
Projekt nr. **1100055786**
Modtager **Sund og Bælt Holding A/S**
Dokumenttype **Rapportbilag - Delundersøgelse 2**
Version **2**
Dato **23. august 2024**
Udarbejdet af **KPP, JVDM, STROS, MSKV**
Kontrolleret af **AVP, TRIT, MSKV**
Godkendt af **MBMJ**
Beskrivelse **Teknisk bilagsrapport til hovedrapport.**

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S

T +45 5161 1000
<https://dk.ramboll.com>

Rambøll Danmark A/S
CVR NR. 35128417

Medlem af FRI

Indhold

1.	RAMMESÆTNING	5
1.1	Introduktion	5
1.2	Definition af sikringsniveau	5
1.3	Opnåelse af sikringsniveau	7
1.3.1	Enkeltstående beskyttelsessystem	7
1.3.2	'Dobbelt beskyttelsessystem'	7
1.3.3	Opsamling - strategi fremadrettet	10
2.	TEKNISKE FORUDSÆTNINGER	15
2.1	Normgrundlag for dimensionering af anlægskonstruktioner	15
2.2	Hydrologiske og hydrografiske forhold	15
2.2.1	Designvandstand	15
2.2.2	Bathymetri	16
2.2.3	Terrænkoter	16
2.3	Geoteknik og geotekniske fyldmaterialer	16
2.3.1	Oversigtskort over jordarter	16
2.3.2	Offentlige tilgængelige borer	18
2.3.3	Vurdering af geotekniske forhold for projektområdet	19
2.3.4	Geotekniske fyldmaterialer	20
2.4	Belastninger på anlægskonstruktioner	20
2.4.1	Permanente belastninger	20
2.4.2	Variable belastninger fra nyttelast	20
2.4.3	Belastninger fra designvandspejl ved stormflod	20
2.4.4	Hydrauliske belastninger	20
2.4.5	Variable belastninger fra andre miljøpåvirkninger generelt	21
2.5	Generelle funktionskrav vedr. anlægskonstruktioner	21
2.5.1	Levetid	21
2.5.2	Adgangsveje og inspektionsveje	22
2.5.3	Afvanding	22
2.5.4	Vandtæthed	22
2.5.5	Erosionssikring og sikring mod bølgepåvirkning	23
2.5.6	Udførelsesmetoder	24
3.	BESTEMMELSE AF BØLGETILLÆG	25
3.1	Fastlæggelse af bølgehøjder	25
3.1.1	Metode til bestemmelse af bølgehøjde	25
3.1.2	Dybdebegrænset bølgehøjde	28
3.1.3	Bølgediffraktion	28
3.1.4	Bølgerefraktion	28
3.1.5	Bølgererefleksion	29
3.2	Fastlæggelse af bølgeoverskyl	29
3.2.1	Generel fremgangsmåde	29
3.2.2	Konstruktionens geometri	30
3.2.3	Effekt af bølgenes angrebsvinkel	30
3.3	Bemærkninger til fastlæggelse af bølgetillæg	30
3.3.1	Dybdebegrænsning	30
3.3.2	Havne- og kanalløb	30
3.3.3	Terrænkoter og komplekst forland	31
3.4	Opsummering på delstrækningsniveau	31

4.	BESKRIVELSE AF EGNED E ANLÆGSTYPOLOGIER OG DESIGNFORUDSÆTNINGER	34
4.1	Tilbagetrukket dige – anlæg uden stenkastning	34
4.1.1	Beskrivelse	34
4.1.2	Opbygning og geometri	34
4.1.3	Robusthed, tilpasning og udbygning	35
4.2	Kystnært dige – anlæg med stenkastning	35
4.2.1	Beskrivelse	35
4.2.2	Opbygning og geometri	36
4.2.3	Robusthed, tilpasning og udbygning	36
4.3	Dige inkl. vejprofilering	36
4.3.1	Beskrivelse	36
4.3.2	Opbygning og geometri	37
4.3.3	Robusthed, tilpasning og udbygning	37
4.4	Tilbagetrukket vegetationsdækket 'kystlandskab' – landskabeligt dige	37
4.4.1	Beskrivelse	37
4.4.2	Opbygning og geometri	38
4.4.3	Robusthed, tilpasning og udbygning	38
4.5	Kystnært landskab i kystzonen – anlæg på land og vand	39
4.5.1	Beskrivelse	39
4.5.2	Opbygning og geometri	39
4.5.3	Robusthed, tilpasning og udbygning	39
4.6	Højvandsmur	40
4.6.1	Beskrivelse	40
4.6.2	Opbygning og geometri	40
4.6.3	Robusthed, tilpasning og udbygning	41
4.7	Højvandsmur inkl. landskabsintegration	41
4.7.1	Beskrivelse	41
4.7.2	Opbygning og geometri	41
4.7.3	Robusthed, tilpasning og udbygning	42
4.8	Højvandsmur inkl. byrumsintegration	42
4.8.1	Beskrivelse	42
4.8.2	Opbygning og geometri	42
4.8.3	Robusthed, tilpasning og udbygning	43
4.9	Højvandsmur inkl. bygningsintegration	43
4.9.1	Beskrivelse	43
4.9.2	Opbygning og geometri	44
4.9.3	Robusthed, tilpasning og udbygning	44
4.10	Højvandsport/-låge på land	44
4.10.1	Beskrivelse	44
4.10.2	Opbygning og geometri	45
4.10.3	Robusthed, tilpasning og udbygning	45
4.11	Højvandsport på vand	45
4.11.1	Beskrivelse	45
4.11.2	Opbygning og geometri	46
4.11.3	Robusthed, tilpasning og udbygning	46
4.12	Dæmning som spunsceller	47
4.12.1	Beskrivelse	47
4.12.2	Opbygning og geometri	47
4.12.3	Robusthed, tilpasning og udbygning	48

4.13	Bygværker og pumpestationer	48
4.13.1	Beskrivelse	48
4.13.2	Opbygning og geometri	49
4.13.3	Robusthed, tilpasning og udbygning	49
4.14	Landindvinding og forland	49
4.14.1	Beskrivelse	49
4.14.2	Opbygning og geometri	49
4.14.3	Robusthed, tilpasning og udbygning	50
5.	PRISSÆTNING	51
5.1	Anlægsoverslag jf. "Hovednotatet for Ny Anlægsbudgettering - Ny Anlægsbudgettering på Transportministeriets område"	51
5.2	Anlægsomkostninger	51
5.2.1	Fastsættelse af enhedspris på anlægskonstruktioner, generelt	52
5.2.2	Fastsættelse af enhedspris for højvandsporte på vand inkl. støttekonstruktion	53
5.2.3	Fastsættelse af enhedspris for højvandsporte/-låger på land	53
5.3	Omkostninger for Projektering, Tilsyn og Administration (PTA)	53
5.4	Drifts- og vedligeholdelseskostninger	54
5.5	Anvendelse af overskudsjord	56
5.6	Arealerhvervelse	56
5.7	Undersøgelser	57
5.8	Beskrivelse af risici	57
5.8.1	Samlet projektøkonomi	58
5.9	Eksempel på prissætning af anlægstype	58
6.	TEKNISKE SPECIFIKATIONER OG ANLÆGSOVERSLAG IFT. LØSNINGSTYPOLOGI PER DELSTRÆKNING	60
6.1	Delstrækning 1: Avedøre Holme	61
6.1.1	Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion	61
6.1.2	Pris og nøgletal	64
6.2	Delstrækning 2: Kalveboderne	66
6.2.1	Åbninger for vandgennemstrømning og sejlads	67
6.2.2	Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion	70
6.2.3	Pris og nøgletal	70
6.3	Delstrækning 3: Vestamager	71
6.3.1	Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion	72
6.3.2	Pris og nøgletal	72
6.4	Delstrækning 4: Ullerup	73
6.4.1	Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion	74
6.4.2	Pris og nøgletal	74
6.5	Delstrækning 5: Lufthavnen, St. Magleby	75
6.5.1	Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion	75
6.5.2	Pris og nøgletal	77
6.6	Delstrækning 5a og 5b: Dragør	77
6.6.1	Åbninger for vandgennemstrømning og sejlads	79
6.6.2	Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion	79
6.6.3	Pris og nøgletal	82
6.7	Delstrækning 6: Kastrup Halvø	84
6.7.1	Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion	84
6.7.2	Pris og nøgletal	86
6.8	Delstrækning 7: Amager Øst, Kastrup	86
6.8.1	Åbninger for vandgennemstrømning og sejlads	87

6.8.2	Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion	88
6.8.3	Pris og nøgletal	89
6.9	Delstrækning 8: Amager Øst, Sundby	90
6.9.1	Åbninger for vandgennemstrømning og sejlads	91
6.9.2	Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion	91
6.9.3	Pris og nøgletal	94
6.10	Delstrækning 9: Bag Prøvestenen	96
6.10.1	Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion	97
6.10.2	Pris og nøgletal	97
6.11	Delstrækning 10: Kraftværkshalvøen/Refshaleøen	98
6.11.1	Åbninger for vandgennemstrømning og sejlads	99
6.11.2	Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion	99
6.11.3	Pris og nøgletal	103
6.12	Delstrækning 11: Lynetteholm	104
6.12.1	Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion	104
6.12.2	Pris og nøgletal	105
6.13	Delstrækning 12: Kronløbet	106
6.13.1	Åbninger for vandgennemstrømning og sejlads	107
6.13.2	Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion	108
6.13.3	Pris og nøgletal	109
6.14	Delstrækning 13: Nordhavn	109
6.14.1	Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion	110
6.14.2	Pris og nøgletal	114
6.15	Delstrækning 14: Svanemøllebugten	115
6.15.1	Åbninger for vandgennemstrømning og sejlads	115
6.15.2	Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion	116
6.15.3	Pris og nøgletal	118
	REFERENCER	119

1. RAMMESÆTNING

1.1 Introduktion

Hovedformålet med nærværende rapportbilag til hovedrapporten for teknik, miljø og anlægsøkonomi (TMA) er at beskrive de overordnede forudsætninger for projektets anlægstekniske grundlag med henblik på at eftervise stabilitet, strukturel virkemåde samt definere geometriske bindinger, som måtte være for den enkelte anlægstype. Herunder beskrivelse af normgrundlag og forudsætninger.

Meteorologiske og hydrografiske forhold er indledningsvist undersøgt for at bestemme bølgeforholdene, herunder at fastlægge bølgetillægget afhængigt af anlægstypen. Der er foretaget en overordnet analyse af strækningernes geotekniske karakteristika. Da forundersøgelsens analyser foregår på et overordnet niveau, er de enkelte delstrækningers geotekniske forudsætninger kun vurderet overfladisk og med anvendelse af en konservativ tilgang.

1.2 Definition af sikringsniveau

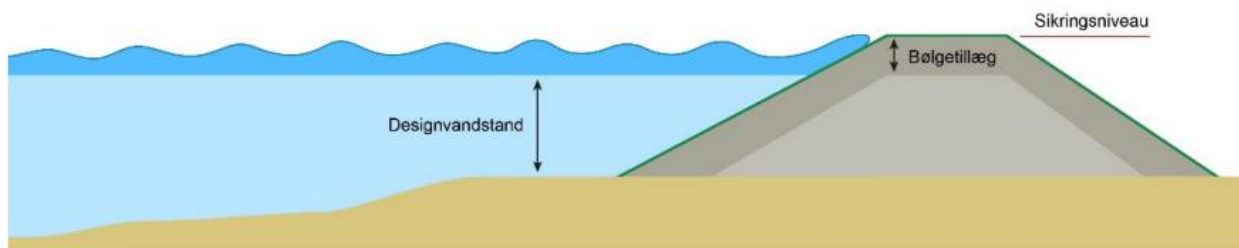
En stormflodssituation medfører dels en forhøjet vandstand og dels en bølgepåvirkning af kysten, som vil afhænge af vindretningen og orientering af kysten. Stormflodssikringen skal derfor både være høj nok til at forhindre, at vandet løber over sikringen som følge af den forhøjede vandstand og til at beskytte imod bølgepåvirkninger, som kan være af betydelig størrelse på de eksponerede kyster. Da stormflodssikringen skal beskytte baglandet i hele konstruktionslevetid, vil der yderligere være en række forhold, der er bestemmende for sikringens topkote og dermed sikringsniveau. Højden af stormflodssikringen vil overordnet være bestemt af følgende bidrag:

- Estimeret ekstremvandstand
- Tillæg for klimabetinget havniveaustigning
- Reduktion/tillæg for landhævning/-sænkning
- Tillæg for bølgeopløb og bølgeoverløb
- Tillæg for lokale sætninger i jord

Designvandstanden er et estimat på middelhøjvandet under en storm, som stormflodssikringen skal beskytte for. Estimeringen inddrager beregnet ekstremvandstand, havniveaustigning og landbevægelse for et given årstal. Estimering af designvandstanden tager udgangspunkt i tidligere målte data. Ud fra nyeste datagrundlag og prognoser bestemmes den forventede klimabetingede middel havniveaustigning samt isostatisk ændringer. I Danmark sker de isostatisk ændringer primært som følge af, at den seneste istids ismasser er smeltet bort, hvilket bevirker, at de isostatisk ændringer overordnet set sker som landhævninger, men at der lokalt kan være landsænkninger grundet geologien.

Tillæg for bølgepåvirkninger vil afhænge af den valgte løsningstype og hældning af denne. Bølgeoverskyllet kan reduceres ved at forhøje stormflodssikringen, men også ved at udforme stormflodssikringen så bølgeopløbet på konstruktionen minimeres, eller ved at bølgerne brydes, før de når konstruktionen. Det sidste kan ske ved at bevare eller etablere et bredt forland foran konstruktionen, hvor en del af bølgeenergien frigives, før bølgerne rammer sikringskonstruktionen, mens bølgeopløbet på selve konstruktionen kan minimeres ved fladere hældning og mere hydraulisk modstand på overfladen af stormflodssikringen. Ud over, at estimeringen af sikringsniveauet skal indeholde potentielt bølgeopløb, -overskyl og -slag, betyder bølgepåvirkningen også, at stormflodssikringen skal sikres mod erosion, eller at dette skal tages i

regning. Et eksempel kan være en klitforhøjelse, hvor man medregner erosion og påregner løbende sandfodring som vedligehold.



Figur 1-1: Definition af sikringsniveau bestående af designvandstand og bølgetillæg, ref. [1].

Når stormflodssikringen skal etableres, kan der være geotekniske forhold i den underliggende jord, der gør, at konstruktionen vil sætte sig. Tillæg for sætninger vil afhænge af den valgte løsning samt geologien på stedet. Det håndteres typisk ved at etablere konstruktionen med en ekstra højde, en såkaldt overhøjde, svarende til de forventede sætninger i jorden, eller ved at man efterfølgende efterser og f.eks. på et dige påfylder jord, hvor sikringsniveauet ikke er overholdt, med periodevis mellemrum.

Det endelige sikringsniveau for stormflodssikringen vil således både afhænge af løsningen, herunder anlægstype og konstruktionsdesign, men også af de aktuelle omgivelser, så som geologi, plads, tilgængelighed, levetid, designvandstand og bølgepåvirkninger. Forskellige typer af tiltag og strategier kan anvendes til sikring mod stormflod, herunder beskyttelse mod højvande og erosion. Hvilken type af stormflodssikring, der kan anvendes, vil i høj grad afhænge af de kysttekniske forhold det pågældende sted. Derudover vil mulighederne for stormflodssikring afhænge af pladstilgængelighed, ejerforhold, forekomster af natur- og miljøforhold, finansiering m.v.

For dette projekt er designvandstanden til bestemmelse af sikringsniveauet defineret af forundersøgelsens delundersøgelse 1, jf. kommissorium, ref. [1]. Delundersøgelse 2, omfattende 'teknik, miljø og anlægsøkonomi', fastsætter bølgetillægget i henhold til placering og anlægstype.

1.3 Opnåelse af sikringsniveau

Opdraget for forundersøgelsen er at beskytte hele København til et meget højt sikringsniveau. Men den præcise sikringslinje har ikke været præcist defineret, ligesom det ikke er besluttet, hvor hurtigt sikringsanlægget skal være etableret. Sikringsniveauet er i nærværende forundersøgelse indledningsvist undersøgt langs kystlinjen eller i umiddelbar nærhed, jf. kommissoriet. Løsningsmulighederne, der fremsættes, er således også fremsat til designhændelsen i en sikringslinje som en del af en ydre sikring. Der er desuden fremsat ønske om at undersøge muligheden for at anvende 'dobbelt beskyttelsessystem' samt undersøge, om de ydre kystområder kan fungere som buffer i tilstrækkelig grad ved ekstreme stormflodshændelser.

Et indledende screeningsstudie undersøger muligheden for at anvende et system med parallelle kystbeskyttelsesanlæg som giver det samlede system en større redundans, i det følgende blot kaldet et 'dobbelt beskyttelsessystem', til sikring af hovedstadsområdet mod stormfloder. Screeningseksempler inkludere stormflodssikring anlagt til lavere hændelser end den af Arbejdsgruppe 1 angivne designvandstand, da teorien bag konceptet tager afsæt i at lavere anlæg til sammen, giver tilsvarende sikringsniveau, som et enkelt anlæg anlagt til sikringsniveauet. Det er ikke undersøgt nærmere eller eftervist, hvilke og hvor store eventuelle effekter vil være i indeværende arbejde.

1.3.1 Enkeltstående beskyttelsessystem

Etablering af stormflodssikring i en enkelt linjeføring er en klassisk procestilgang til design af stormflodssikring. Baglandet agerer da, hvor muligt, reservoir eller buffer i tilfælde af evt. brud eller kollaps af sikringsanlægget. Afhængig af baglandets topografi vil et brud og timing heraf, i forhold til stormflodens varighed og form, påvirke graden af opfyldning af reservoiret og udbredelse og dermed oversvømmelsesfaren.

1.3.2 'Dobbelt beskyttelsessystem'

Potentialet ved et 'dobbelt beskyttelsessystem' som sikringssystem er afdækket ved et litteraturstudie. Studiet har været udfordret af, at litteraturen oftest tager udgangspunkt i specifikke eksisterende digekonstruktioner samt er sparsom. Mest grundlæggende er en teoretisk pragmatisk udredning af Führböter (1987), se ref. [2], omkring mer-sikkerheden for en 'dobbelt kystbeskyttelseskonstruktion'. Dernæst følger et nyere studie af Marijnissen et al. (2021), se ref. [3], der opsætter en fysisk realistisk model af 'dobbelt beskyttelsessystem' ved en stormflodshændelse. Dette studie udstiller dog også, hvor komplekst emnet er at arbejde med. Således bør det forventes, at design af et 'dobbelt beskyttelsessystem' er tilsvarende komplekst og kræver probabilistiske beregninger, der tilgodeser de fysiske omstændigheder, under hvilke konstruktionen skal fungere. Endeligt vil placeringen af en konstruktion medføre en ændret adfærd af vandet, og denne skal ligeledes kortlægges, så uacceptable følgeskader ikke opstår som konsekvens af en 'dobbelt kystbeskyttelseskonstruktion'.

Jf. ref. [2], i diskussionen om et 'dobbelt beskyttelsessystem' frem for en enkelt beskyttelseskonstruktion, er det mer-sikkerheden 'dobbelt beskyttelsessystemet' yder i forhold til en enkelt beskyttelseskonstruktion, som er relevant at eftervise og efterprøve for at se, hvor relevant systemet er. Der er overordnet to tilfælde, hvor mer-sikkerheden ønskes kendt. Det ene tilfælde handler om en ukritisk hændelse svarende til en hændelse, hvis gentagelsesperiode er mindre end eller lig med forreste konstruktions designgentagelsesperiode. Om end relevant, så er denne ikke så vigtig som tilfælde to, hvor sandsynligheden for at både forreste beskyttelseskonstruktion (konstruktion 1) og bagerste beskyttelseskonstruktion (konstruktion 2) påføres stress.

Det andet tilfælde benævnes kritiske hændelser, hvor gentagelsesperioden for en hændelse overstiger designgentagelsesperioden for den forreste konstruktion.

1.3.2.1 Ukritiske gentagelsesperioder

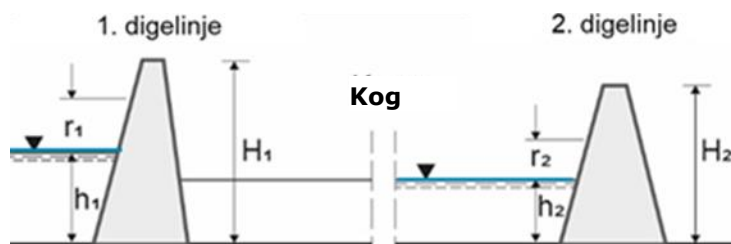
Sandsynligheden (P) for vand bag bagerste beskyttelseskonstruktion, når en hændelses gentagelsesperiode er mindre end designgentagelsesperioden for forreste beskyttelseskonstruktion, er givet ved uligheden:

$$P \leq P_1 \times P_2$$

For at sætte lighedstegn i stedet for *mindre end* kræves, at ved en fejl af forreste beskyttelseskonstruktion (konstruktion 1) skal det forstås, at forreste beskyttelseskonstruktion helt forsvinder, og at bagerste beskyttelseskonstruktion (konstruktion 2) dermed vil opleve samme last, som konstruktion 1 gjorde, før den fejlede. Her er det implicit antaget, at mellemområdet, kog, ikke har nogen effekt på belastningen af konstruktion 2. Altså, kystbeskyttelseskonstruktionerne opfører sig uafhængig af hinanden. I praksis vil konstruktion 1 næppe helt forsvinde, men fejle ved at der opstår brud, og dermed vil lasten mod konstruktion 2 ventes at være mindre end lasten på konstruktion 1. Hvis kog'en er stor, vil belastningen på konstruktion 2 også være mindre.

1.3.2.2 Kritiske gentagelsesperioder

Er vandstand og bølgehøjde sådan, at højden af konstruktion 1 overskrides, stiger sandsynligheden for fejl på konstruktion 1 betragteligt og bestemmelse af den mer-sikkerhed, som 'dobbelt beskyttelsessystemet' yder for baglandet, kompliceres ligeså, selv i en idealiseret modelbetragtning. I Figur 1-2 er vist beregningsparametre for to diger med et mellemliggende kog. H_1 og H_2 er konstruktionshøjderne, h_1 og h_2 er vandstanden foran konstruktion 1 og 2, mens r_1 og r_2 henviser til bølgebidraget.



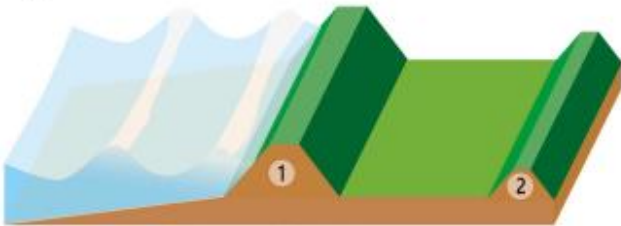
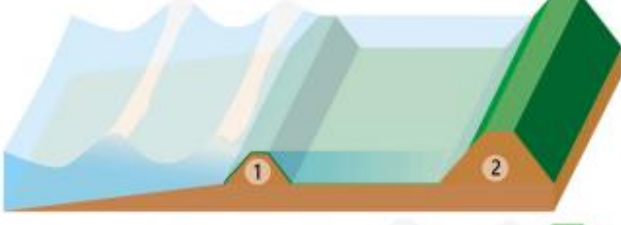
Figur 1-2: Skitse over beregningsparametre ved 'dobbelt beskyttelsessystem', tilpasset fra ref. [2].

Tabel 1-1: Scenarier for 'dobbelt beskyttelseskonstruktion' og rollen af mellemområdet (kog'en) ved kritiske hændelser.

Nr.	Scenarie	Konstruktionshøjder	Kog	Forventning
1	$H1 < h1+r1$	$H1 < H2$	Negligibelt/lille afstand resulterende i lille mellemareal	Mellemarealet har ingen effekt og vil hurtigt opfyldes, således at konstruktion 2 opfører sig som en enkel konstruktion, hvormed 'dobbelt beskyttelsessystemet' kan siges at fejle eller være irrelevant. Effektivt svarer dette til, at der reelt kun er én konstruktion, fordi de står tæt.
2	$H1 < h1+r1$	$H1 < H2$	Kritisk størrelse	Uafklaret. Fastlæggelsen af den kritiske størrelse på kog'en defineres ud fra begge konstruktionshøjder og tiden, det vil tage at opfylde kog'en op i forhold til, hvor lang tid en stormflod med en specifik gentagelsesperiode varer. Ved fastsættelse af kog'ens kritiske størrelse skal højden af konstruktion 1 og konstruktion 2 ansues, samt det forventede bølgebidrag i kog'en som rammer konstruktion 2. Dette kan løses som et matematisk optimeringsproblem, hvor designgentagelsesperioder samt forventede vandstand og bølgebidrag foran konstruktion 1 er kendte variable. Variable, der testes med henblik på optimering, der her er at mindske højden af konstruktion 2, er sammenhængen mellem kog'ens størrelse, vandstand og bølgebidrag ved konstruktion 2.
3	$H1 < h1 + r1$	$H1 < H2$	Stor afstand resulterende i stort mellemareal	Er kog'en tilstrækkelig stor i forhold til en stormflods varighed, vil stormfloden ikke have potentiale til at oversvømme mellemområdet tilstrækkeligt til, at vandet når foden af konstruktion 2.

I artiklen af Marijnissen et al. (2021), ref. [3], ansues fem forskellige 'doble kystbeskyttelsessystemer', hvor deres system III og IV, se Figur 1-3, er de systemer, der betragtes i nærværende rapport. Marijnissen et al. (2021) anskuer sandsynligheden for, at konstruktion 2 fejler. Konklusionen fra Marijnissen et al. (2021) er, at et 'dobbelt kystbeskyttelsessystem' kun bidrager med lidt eller ingen ekstra sikring. Det skal dog nævnes, at Marijnissen et al. (2021) baserer deres konklusion på et enkelt eksisterende 'dobbelt kystbeskyttelsessystem' i Holland, hvor afstanden mellem de to konstruktioner er cirka 500 m, aflæst fra Figur 2 i ref. [3], og at forreste konstruktion er højere end bagerste konstruktion. Det er forstået, at artiklen ikke diskuterer betydningen af mellemområdets størrelse i forhold til stormhændelsen, og det er uvist i hvilket omfang, at deres casestudie tilnærmer sig scenarie 1 eller 2 fra Tabel 1-1.

Table 1A classification for different double dike configurations based on the probability of a flood (P_f) for each dike in the absence of the other.

Type	Image	Criterion
I		$P_{f,1} < P_{f,2}$
II		$P_{f,1} \approx P_{f,2}$
III		$P_{f,1} > P_{f,2}$
IV		$P_{f,1} \gg P_{f,2}$
V		$P_{f,1} = 1$

Figur 1-3: Klassificering af et 'dobbelt kystbeskyttelsessystem' bestående af 2 diger fra Martijnissen et al. (2021), ref. [3]. Dige 1 er forreste konstruktion, og dige 2 er bagerste konstruktion.

Det er fra det teoretiske grundlag givet, at to kystbeskyttelseskonstruktioner er mere sikkert end én konstruktion. Hvorvidt det er relevant at konstruere to parallelle beskyttelseskonstruktion fremfor et, må bero på en videre analyse, der optimerer konstruktionshøjder i forhold til den specifikke lokation og med udgangspunkt i det ønskede sikkerhedsniveau og de mulige scenarier, under hvilket 'dobbelt beskyttelsessystemet' skal fungere.

1.3.3 Opsamling - strategi fremadrettet

Der konkluderes således ikke entydige fordele ved etablering af to på hinanden følgende anlægskonstruktioner, men det ventes, at arealer bag det forreste mest kystnære anlæg

fungerer som reservoir eller bufferområde, hvorfor lokaliteter i baglandet reelt vil have et langt højere sikringsniveau mod oversvømmelse.

Delstrækninger jf. forundersøgelsens afgrænsning, hvor en betragtning med dobbelte beskyttelseslinjer kan undersøges nærmere, er følgende:

- Delstrækning 1
- Delstrækning 3
- Delstrækning 5, (sammenkoblet med delstrækning 4 og 6) i kombination med 5b/5a.

Herudover vil der være øvrige områder, der opnår effekter tilsvarende 'dobbelt beskyttelsessystem', som følge af kystbeskyttelsesanlæg eller barrierer i baglandet. Dette gælder både eksisterende områder, men også mulige kommende mindre lokale sikringsanlæg, der vil etableres som følge af fremtidige lukkeprotokoller for de større portanlæg ifm. havne- og kanalindløb. Dette gælder f.eks. lavereliggende områder bag delstrækning 2 og 12.

Stillingtagen til muligheden for anvendelse af 'dobbelt beskyttelsessystem', skal baseres på en vurdering ud fra følgende, understøttet af scenarieanalyser:

• **Områdets størrelse mellem de to beskyttelseslinjer:** Et lille område vil hurtigt blive fyldt op, og designvandstanden for den bagerste beskyttelseslinje vil næsten svare til den udvendige designvandstand ved den forreste beskyttelseslinje. Reduktionen af beskyttelseshøjden er i så fald kun baseret på de reducerede bølgehøjder. Et større område vil fyldes langsomt, så vandstanden i det oversvømmede område vil forventeligt ikke stige så højt under varigheden af en stormflod. Dette kan begrænse højden af anlægget på den bagerste beskyttelseslinje endnu mere, men kræver detaljeret modellering af tidseffekten.

• **Anlægstype og tilstand af den forreste beskyttelseslinje:** Det kan være, at højden af den forreste beskyttelseslinje ikke er tilstrækkelig, men beskyttelsens typologi og tilstand er sådan, at et brud på strukturen ikke er sandsynligt. I så fald vil et svigt være grundet overskyl, der vil resultere i en langsom opfyldning af området imellem de to beskyttelseslinjer. Denne opfyldning vil dog ske langsomt sammenlignet med et decideret konstruktionsbrud og -kollaps.

• **Arealanvendelsen i området mellem de to beskyttelseslinjer:** Lejlighedsvis oversvømmelse som følge af stormflod kan opleves eller vurderes som et mindre eller større problem afhængig af arealanvendelsen mellem beskyttelseslinjerne. Dette har således indflydelse på systemdesignet, sikringsniveauet og sikkerheden. For nogle typer arealanvendelse, så som naturområder, åbne landskaber eller markarealer, kan det formodentligt accepteres, at der kan opleves lejlighedsvis oversvømmelser. Modsat kan det for industrier eller boligområder beliggende mellem de to beskyttelseslinjer være et problem med alvorlige negative konsekvenser, at opleve lejlighedsvis oversvømmelser. I planlægningen af sikringstiltagene, og dermed opbygningen af et fælles system, kan der ligeledes planlægges mere langsigtet, så mellemarealets funktioner/brugere enten gives tid til at foretage lokale punktsikringer eller alternativt planlægges reallokeret.

Dertil kommer betragtningen om, hvorvidt nuværende bagland, bag forreste beskyttelseslinje, indeholder beskyttelsesanlæg eller andre infrastrukturanlæg og landskabstræk, som kan agere anden, tredje og evt. fjerde beskyttelseslinje- eller zone og dermed være delvist virksomme ved ekstreme højvandshændelser. Dette kan f.eks. være ved, at arealet bag eksisterende beskyttelse afgrænses delvist af et eller flere større anlæg til anden funktion, hvorfor forsinkelse

kan skabes, men også større lokale kritiske farer kan opstå i 'huller' og 'overgange' imellem de delvist afgrænsede zoner. Dette er således ikke et system, som aktivt opfattes som et 'dobbelt beskyttelsessystem', mere resultatet af vandets vej igennem landskabet.

For de undersøgte delstrækninger, hvor dobbelt beskyttelseslinjer indledningsvist har været omtalt, er følgende vurderet:

Delstrækning 1: At etablere et sikringsanlæg søværts for nuværende kystbeskyttelse ventes, grundet det meget smalle areal og volumen, at have en begrænset tilbageholdelseeffekt og dermed minimal indflydelse på designbetingelserne for et nyanlæg til det specificerede sikringsniveau jf. Delundersøgelse 1. Nedenstående scenarier lister nogle af de indledende overvejelser omkring dobbelt beskyttelseslinje for strækningen ifm. forundersøgelsen:

- **Scenarie 1:** Den forreste beskyttelseslinje anlægges til designsikringsniveau (=SN2075), den bagerste linje har minimal til ingen funktion som beskyttelseskonstruktion.
Fordelen ved scenariet er, at hele området er beskyttet til designstormen, hvilket stiller særligt industrien bag beskyttelseslinjen i udsigt at kunne forsætte eller vækste produktionen og dermed ikke forvente at skulle frygte oversvømmelse eller behov for flytning.
Ulempen ved scenariet er, at dette kræver en stor investering i anlægskonstruktioner til et højt sikringsniveau i den nærmeste fremtid, og områdets nuværende investeringer i eksisterende kystbeskyttelsesanlæg har mindre betydning. Derudover skal det sikres, at der kan opretholdes den nødvendige business-case for gevinstrealisering samt drift- og vedligeholdelse.
- **Scenarie 2:** Forøgelse af bagerste beskyttelseslinje til designsikringsniveau (=SN2075), imens den forreste beskyttelseslinje anlægges til et sikringsniveau langt lavere end designhændelsen (<<<SN2075). Dette gøres for, at forreste beskyttelseslinje i stedet fungerer som forland for at reducere bølgepåvirkningerne på den bagerste beskyttelseslinje, som her er den primære sikring.
Fordelen ved scenariet er, at dette vil kræve en væsentlig mindre konstruktion i forreste linje samt en forstærkning af bagerste linje, således anlægssomkostningerne forventeligt bliver mindre i forhold til scenarie 1. Dette giver nye muligheder i området, men efterlader også eksisterende industri og evt. nyanlæg uden for den højeste sikring.
Ulempen er således, at mellemzonen, altså området imellem beskyttelseslinjerne, ikke er beskyttet mod stormflod i nogen væsentlig grad og evt. vil forårsage en udflytning eller ændring af arealanvendelsen og/-funktionen i nær fremtid. Det kan overvejes i større grad at udnytte området til natur- eller rekreative formål eller enhver anden funktion, hvor lejlighedsvis oversvømmelse kan accepteres.
- **Scenarie 3:** Afviger fra designsikringsniveauet ved at etablere sikringsanlæg i forreste beskyttelseslinje til et lavere sikringsniveau end designhændelsen (<<SN2075), kombineret med en forøgelse af eksisterende bagerste beskyttelseslinje (<SN2075). Dette scenarie er en variant af scenarie 2, hvor nuværende industri gives mere tid til at tilpasse sig eller flytte. Samtidigt giver det også muligheden for en adaptiv udbygning af området med det endelige mål, at forreste beskyttelseslinje skal sikres til designsikringsniveauet (=SN2075). I så fald er slutresultatet mere som en variant af scenarie 1, men fordelene i dette tilfælde er at sprede risici og investeringen ud over tid og dermed opretholde nuværende arealanvendelse og -funktion, med afsæt i en klar risikostyringsstrategi for tiltag og indsatser.

Dertil kommer yderligere et 'scenarie', hvor nuværende baglands udformning kan agere delvis funktionelle anden og tredje beskyttelseslinje- eller zoner uden nærmere definition af sikringsniveauet og/eller sikkerheden. Avedøre Holme erhvervsområde bag eksisterende kystbeskyttelse afgrænses eksempelvis delvist af Amagermotorvejen, hvor endnu en beskyttelseslinje kan defineres. Denne bufferzone kan skabe yderligere forsinkelse samt evt. inddæmme potentielle negative konsekvenser ved oversvømmelse for mennesker, natur og miljø.

Delstrækning 3: At etablere et sikringsanlæg landværts for nuværende kystbeskyttelse ventes, grundet det meget store areal og volumen, at have en betydelig tilbageholdelseeffekt og dermed nogen indflydelse på designbetingelserne for et nyanlæg til det specificerede sikringsniveau jf. Delundersøgelse 1. Nedenstående scenarier lister nogle af de indledende overvejelser ifm. forundersøgelsen:

- **Scenarie 1:** Den forreste beskyttelseslinje anlægges til designsikringsniveau (=SN2075), imens den bagerste beskyttelseslinje har minimal til ingen funktion som beskyttelseskonstruktion. Omend det ikke nødvendigvis er en investering, som skal ske i nær fremtid pga. det eksisterende relativt høje sikringsniveau og begrænsede problemer ved overskyl, bør en forstærkning og dermed udbygning tage udgangspunkt i en undersøgelse af den eksisterende konstruktions stabilitet og dermed sikkerhed. *Fordelen* ved scenariet er, at hele området er beskyttet til designsikringsniveauet, hvilket beskytter nuværende naturområder og bagvedliggende bolig- og erhvervsområder, så de kan fastholde deres nuværende funktion. Dette betyder også umiddelbart kun drift- og vedligeholdelse af ét anlæg. Dette kan dog uanset stormflodssikringsindsatser ændres som resultat af, at klimaforandringerne medfører stigende middel havniveau, stigende terrænnært grundvand, og øgede regnmængder. *Ulempen* ved scenariet er, at dette kræver en stor investering og øget konstruktionsfodaftryk, hvilket risikerer at medføre påvirkninger af natur- og miljøforhold. Derudover bør det afsøges, om den nødvendige businesscase for gevinstrealisering samt drift- og vedligeholdelse kan skabes.
- **Scenarie 2:** Forøgelse af bagerste beskyttelseslinje til designsikringsniveau (=SN2075), og evt. udførelse af stenbeskyttelse, så bagerste beskyttelseslinje opfylder det endelige beskyttelsesniveau. Når overskyllet af den forreste beskyttelseslinje bliver for stort, vil vandstanden i mellemzonen stige hurtigere under en stormflod, og dermed vil også belastningerne på den bagerste beskyttelseslinje stige. Forreste beskyttelseslinje (eksisterende dige) justeres ikke ift. nuværende sikringsniveau.
- **Scenarie 3:** Der udføres begrænset forøgelse af sikringsniveauet for bagerste beskyttelseslinje (<<SN2075), imens den forreste beskyttelseslinje bibeholder nuværende sikkerhed eller tilpasses i mindre grad med forlandsudbygning eller digeforstærkning landværts. Samlet set vil forreste beskyttelseslinje begrænse designvandstandens bølgepåvirkninger. Over tid vil der ske overskyl af forreste beskyttelseslinje, og derfor vil oversvømmelser af mellemzonen forekomme oftere. Afhængigt af hyppigheden vil det ændre naturområdet over tid. Det forventes, at anlægsmkostningerne er mindre i forhold til scenarie 1, da bølgebelastningerne er mindre, og der vil kun i mindre grad være behov for stenbeskyttelse på den bagerste beskyttelseslinje. En ulempe er, at både den forreste og den bagerste beskyttelseslinje ville kræve inspektion og vedligeholdelse.

Delstrækning 5: Området mellem de to beskyttelseslinjer er relativt stort, men da terrænet er stigende fra forreste til bagerste beskyttelseslinje, er reservoirkapaciteten begrænset. Dog vil mellemzonen fungere som bølgereducerende på bagerste beskyttelseslinje. Området imellem beskyttelseslinjerne er primært beboelsesområder, hvilke kan have andre beskyttelsesniveauer end kritisk infrastruktur som f.eks. Københavns Lufthavn, der er beliggende i baglandet. Nedenstående scenarier lister nogle af de indledende overvejelser gjort ifm. forundersøgelsen:

- **Scenarie 1:** Forøgelse af bagerste beskyttelseslinje indtil designsikringsniveau (=2075), den forreste beskyttelseslinje fungerer som forland for at reducere bølgehøjderne.
Fordelen er, at dette vil kræve mindre forstærkning, så konstruktionsomkostningerne er mindre sammenlignet med scenarie 2. Fremtidige konstruktionsomkostninger er også begrænsede, men både forreste og bagerste beskyttelseslinje skal vedligeholdes. Beskyttelsen af den kritiske infrastruktur i baglandet er i dette tilfælde ikke afhængig af fremtidige planer fra kommunen.
Ulempen er, at beboere og virksomheder i det mellemliggende område mellem beskyttelseslinjerne ikke er beskyttet mod vandstandsforhøjelse, hvilket vil kræve en separat løsning i fremtiden.
- **Scenarie 2:** Forøgelse af forreste beskyttelseslinje indtil designsikringsniveau (=2075). Dette vil kræve betydelig forstærkning i den nære fremtid, eftersom den kritiske infrastruktur i baglandet ikke tillader nogen oversvømmelse.
Fordelen er, at beboere og industri i området opnår beskyttelse og ikke behøver at blive beskyttet separat. De fremtidige konstruktionsomkostninger er begrænsede, dog er sikringen afhængig af tilstrækkelig vedligeholdelse for at opretholde funktionen.
Ulempen er, at dette kræver en stor investering i den nærmeste fremtid, og der vil ikke være mulighed for differentiering i beskyttelsesniveauet. Det vil resultere i et relativt højt beskyttelsesniveau, da der ligeledes skal sikres mod relativt stor bølgepåvirkning.
- **Scenarie 3:** Begrænset forøgelse af bagerste linjes sikringsniveau (<2075) i fase 1, kombineret med en yderligere forøgelse af forreste linjes sikringsniveau (=2075) i fase 2. Dette scenarie kan ses som en etapevis konstruktion af både scenarie 1 og 2, men giver kommunerne mere tid til at etablere en separat beskyttelse, mens beskyttelsen af den kritiske infrastruktur allerede er opnået.
Fordelen er, at denne bagerste beskyttelseslinje forventes at være mindre høj sammenlignet med scenarie 1, men den endelige højde afhænger af designet af den forreste beskyttelseslinje.
Ulempen er denne afhængighed, men det er muligt at differentiere i beskyttelsesniveauet. Også de samlede omkostninger vil være lavere sammenlignet med scenarie 1, når man tager i betragtning, at kommunerne alligevel behøver en vis beskyttelse i fremtiden.

2. TEKNISKE FORUDSÆTNINGER

2.1 Normgrundlag for dimensionering af anlægskonstruktioner

For dimensionering af anlægskonstruktioner anvendes generelt alle gældende udgaver af Dansk Standard og Eurocodes med tilhørende referencer og deres danske annekser, dernæst internationale standarder.

Der er ikke foretaget detaljeret dimensionering eller dokumentation af anlægskonstruktionerne, da rammen for projektet er en indledende undersøgelse. Det er dog sikret, at de foreslåede anlægstyper, anlægsgeometrier og materialevalg som udgangspunkt lever op til gældende normer og standarder inden for Dansk Standard og Eurocode systemet.

Det forudsættes derfor, at alle anlæg kan dimensioneres i overensstemmelse med relevante normer, standarder og anvisninger i gældende udgave på det tidspunkt, hvor denne rapport er dateret. Ved den endelige projektering af de enkelte konstruktioner er det op til den ansvarlige projekterende at leve op til det på det tidspunkt gældende normer og standarder inden for samme felt.

Alle anlæg omfattet af projektet for stormflodssikring af København forudsættes projekteret og dimensioneret således, at den nødvendige bæreevne og stabilitet er eftervist ved brug af parti-koefficientmetoden jf. DS/EN 1990 ref. [4]. Dette indebærer, at projekteringen definerer relevante grænsetilstande og kombinerer disse med relevante belastninger jf. DS/EN 1991 ref. [5] og alle del-normer til denne. Der kan være relevante belastninger defineret i andre normer, som ligeledes skal tages i betragtning.

2.2 Hydrologiske og hydrografiske forhold

2.2.1 Designvandstand

Designvandstande er angivet i rapporten fra arbejdsgruppe 1, ref. [1]. Rapporten angiver designvandstande for stormfloder for kyststrækningerne NORD, MIDT og SYD for år 2075. Designvandstandene er en sum af maksimal stormflodsvandstand og havniveaustigning fremskrevet i henhold til IPCC-scenarie SSP3-7.0 83-percentil og justeret i forhold til lokal landbevægelse (værdier afrundet i decimeter og relateret til DVR90). For den midterste del af hovedstadens kyststrækning, MIDT, anvendes middelværdien af NORD og SYD jf. afsnit 8.1, ref. [1] Dimensionsgivende stormflodsvandstande er gengivet i nedenstående Tabel 2-1.

Tabel 2-1: Designvandstand for stormflodssikring af hovedstadsområdet i 2075, ref. [1].

Kystområde	Vandstand 100-års hændelse, 2075	Vandstand 'Fysisk Maksimum', 2075
Syd Delstrækning: 1,2,3,4,5,5a/5b Hvidovre kommunegrænse til Dragør Fort	2,56 m DVR90	4,4 m DVR90
Midt Delstrækning: 5a,6 Dragør Fort til Øresundstunnelnedkørsel	2,36 m DVR90	3,9 m DVR90
Nord Delstrækning: 6,7,8,9,10,11,12,13,14 Øresundstunnelnedkørsel til Københavns kommunegrænse	-	3,4 m DVR90

2.2.2 Bathymetri

Havbundsdybder baseres på Danmarks Dybdemodell, hvor modellen har en 50 m opløsning og er dateret 15.02.2022, ref. [6].

2.2.3 Terrænkoter

Terrænkoter anvendt til fastlæggelse af bølgeforskel baseres på SDFI's Den Danske Højdemodell (DHM), hvor modellen er med horisontal opløsning på 0,4 m. Terrændata er for projektområdet indmålt i april 2019, ref. [7].

2.3 Geoteknik og geotekniske fyldmaterialer

Projektet er på et indledende niveau, hvorfor der ikke er udført projektspecifikke geotekniske undersøgelser. Projektet forholder sig derfor til den offentligt tilgængelige information om geotekniske forhold samt Rambølls interne arkiv over geotekniske undersøgelser samt generelle erfaring på området.

Ligeledes er der for geotekniske fyldmaterialer taget udgangspunkt i generelle materialer, som generelt anvendes til anlægsarbejder i Danmark på tidspunktet for udarbejdelsen af nærværende rapport.

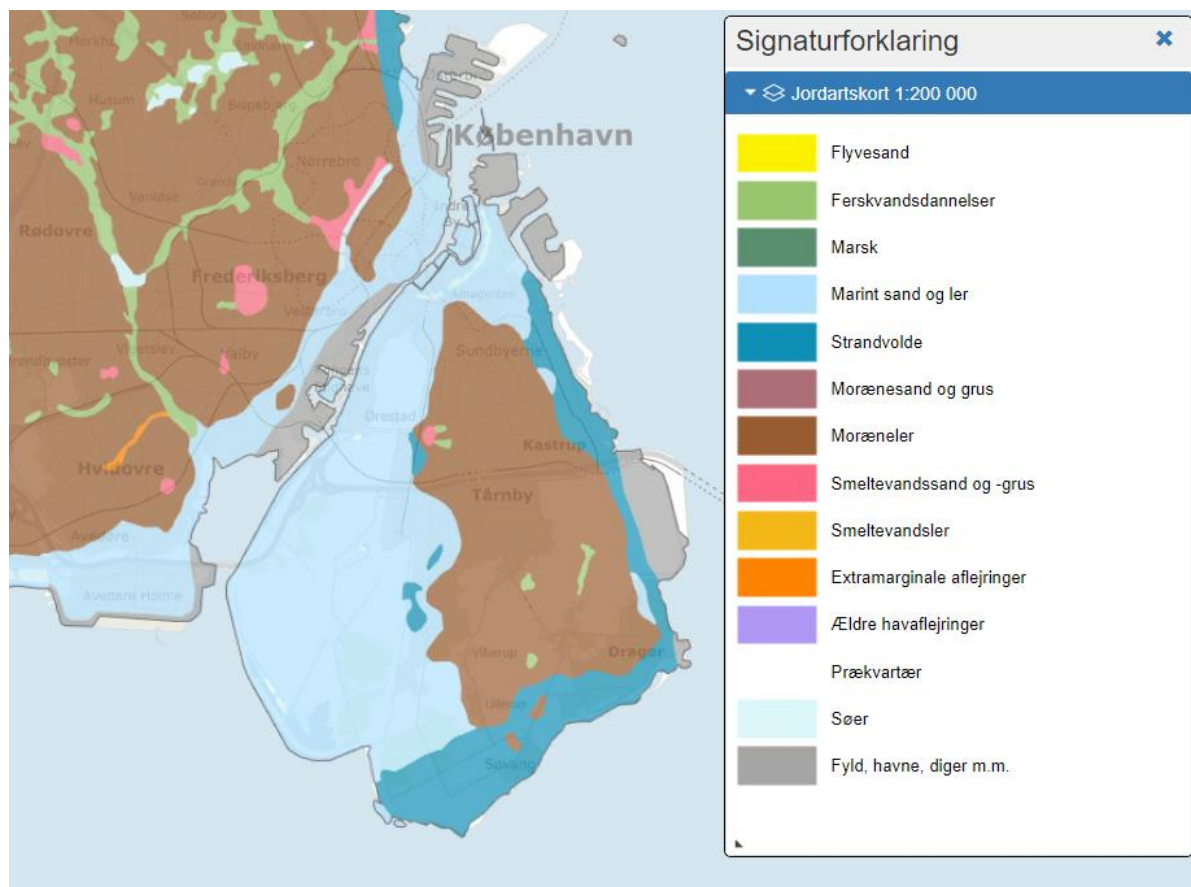
2.3.1 Oversigtskort over jordarter

Der er via Danmarks Digitale Jordartskort, ref. [8], lavet et udtræk over området for linjeføringen. Både kortversionen i 1:200.000 og 1:25.000 er trukket ud. Se Figur 2-1 og Figur 2-2.

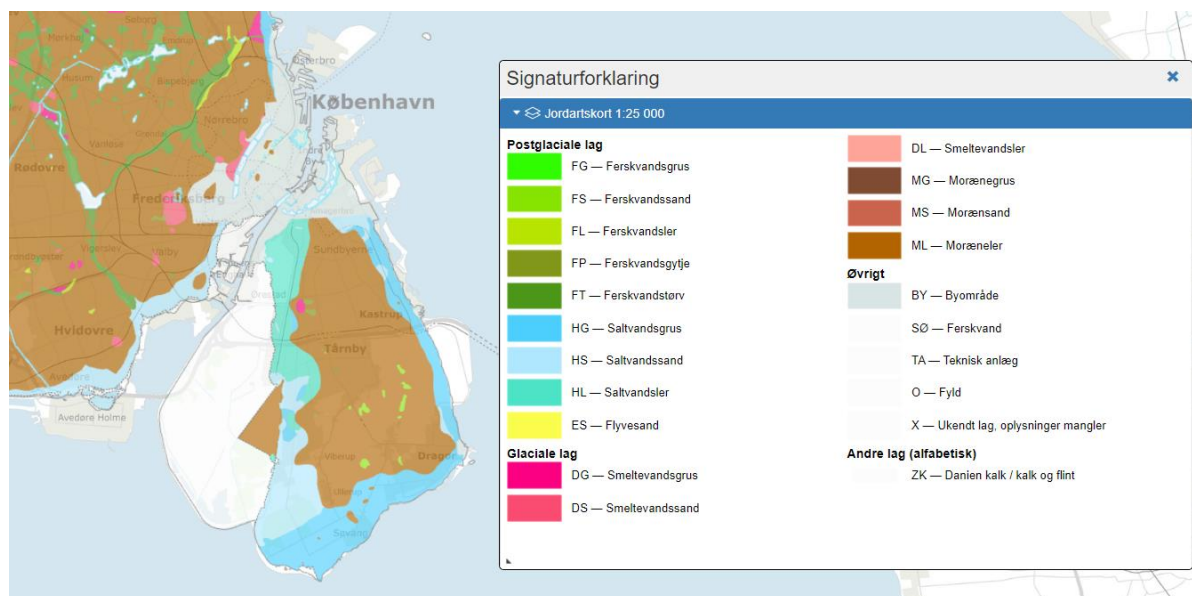
Jordartskortet i 1:200.000 viser, at der langs linjeføringen kan forventes truffet strandvolde og marint sand og ler under den terrænnære geologi. Tilbage trukket fra kysten kan der forventes truffet moræneler med enkelte områder, der indikerer smeltevandssand og -grus samt ferskvandsdannelser. Yderligere er der indikeret byområde uden nærmere beskrivelse af geologien.

Jordartskortet 1:25.000 viser, at der langs linjeføringen kan forventes truffet strandvolde og saltvandssand. Tilbage trukket fra kysten kan der forventes truffet moræneler med enkelte områder, der indikerer smeltevandssand og -grus samt ferskvandsdannelser. Yderligere er der indikeret byområde uden nærmere beskrivelse af geologien.

De to versioner af jordartskortet viser nogenlunde overensstemmelse, når den forventede opløsningsgrad tages i betragtning. Dog indikerer kortet i 1:25.000, at der for store dele af Amager og Avedøre Holme ikke findes oplysninger om geologien i kortet. Dette afspejler også den gængse viden om, at områderne er landindvundet, og generelt vil den oprindelige geotekniske aflejring være overlejret af fyld.



Figur 2-1: Jordartskort, 1:200.000. Datakilde: GEUS, ref. [8]

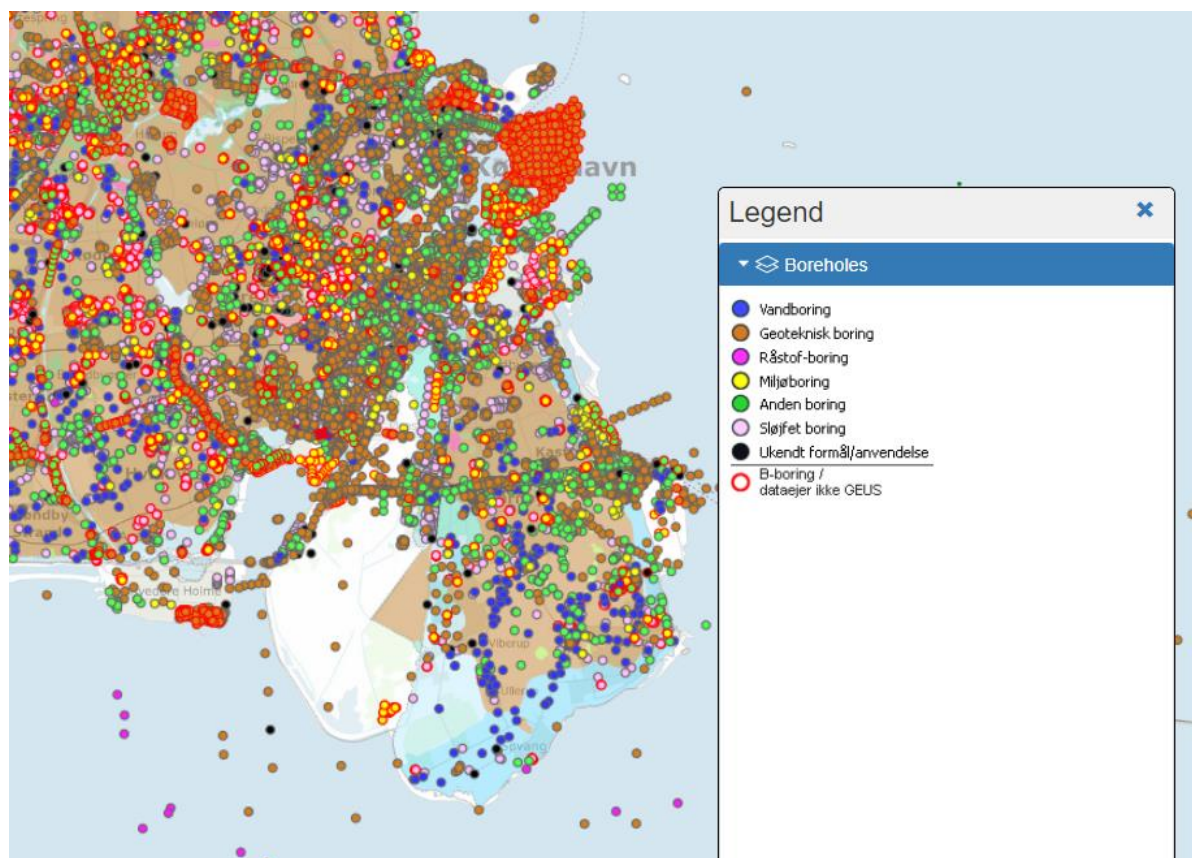


Figur 2-2: Jordartskort, 1:25.000. Datakilde GEUS, ref. [8]

2.3.2 Offentlige tilgængelige boringer

Der kan gennem JUPITER databasen, ref. [9], tilgås boringer i form af geotekniske boringer, vandboringer, miljøboringer mv., hvilket kan være med til at kortlægge de generelle geotekniske aflejringer, som ikke er terrænnære.

Rambøll har gennemgået flere af boringerne, som viser en generel tendens til, at der træffes glaciale aflejringer i form af moræneler og smeltevandssand og -grus. Kote, hvor disse aflejringer træffes, varierer naturligvis, men der synes at være en generel tendens til, at der under kote -1 m er truffet de førnævnte glaciale aflejringer. Der kan være afvigelser, hvor f.eks. ferskvandsdannelser eller marine aflejringer udgør et ringere funderingsunderlag end glaciale aflejringer, men disse er ikke kendt på nuværende tidspunkt. Generelt bør de geotekniske forhold yderligere afdækkes i et fremtidigt projektstadiet.



Figur 2-3: Oversigtskort med indikation af boringer, jf. JUPITER database

2.3.3 Vurdering af geotekniske forhold for projektområdet

På baggrund af den offentlige tilgængelige information samt Rambølls generelle viden om geologien langs linjeføringen er der overvejende truffet jordbundsforhold, som tillader direkte fundering af konstruktioner samt jordbundsforhold, som kan agere stabil undergrund for stensætninger, diger mv., når den umiddelbare fyld er gravet væk. Der kan enkelte steder være dårligere jordbundsforhold, end belyst her, eller særlige krav til konstruktionerne, som stiller yderligere krav til udgravning eller funderingsmetode.

Opsummerende er der opstillet følgende antagelser:

- Det antages, at glacialt moræneler træffes fra kote -1,0 m DVR90.
- Over kote -1,0 m træffes der overvejende fyldaflejringer og aflejringer af marint sand og -ler.
- Der er indledningsvist ingen indikationer på væsentlige udstrækninger af blødbundsområder på land, som påvirker hele delstrækninger. Lokalt på delstrækningerne vil der altid være risiko for blødbund i større eller mindre udstrækning, men det forventes at være afgrænsede områder. For anlæg på vand kan der være større områder med blødbund eller blødt sediment, som skal håndteres, men omfanget af dette er ukendt på nuværende stadie grundet få boringer på vandsiden.

2.3.4 Geotekniske fyldmaterialer

Der er i langt størstedelen af anlægstypologierne forudsat anvendt geotekniske fyldmaterialer. Her er som udgangspunkt forudsat gode geotekniske fyldmaterialer af enten kontrollerede sandfyldsgraderinger med gode styrke- og stivhedsegenskaber eller fyld af gode glaciale eller postglaciale aflejringer fra området omkring København. Der er ikke forudsat anvendt dårlig fyldjord, som indeholder væsentlige partier af organiske materialer som gytje eller tørv, da konstruktionerne generelt har en virkemåde, hvormed der stilles krav til rimelige styrke- og stivhedsparametre. Dette sætter naturlige begrænsninger til evt. anvendelse af overskudsjord, men der er en forventning om, at overskudsjord opgravet fra projekter i Københavnsområdet kan nyttiggøres på projektet. Ift. prissætning er det antaget, at jorden skal indkøbes fra ny af som kontrolleret materiale for indledningsvist at angive et robust anlægsoverslag, dog er et eksempel for at synliggøre potentialet med anvendelse af overskudsjord medtaget i en indledende vurdering, som nærmere beskrevet i afsnit 5.5.

2.4 Belastninger på anlægskonstruktioner

Der virker belastninger af forskellig karakter på de enkelte dele af sikringskonstruktionerne. Alle relevante belastninger skal naturligvis medtages i den detaljerede projektering. I det følgende er relevante belastninger oplistet, som er taget med i overvejelserne for fastsættelse af geometri og materialevalg for anlægskonstruktionerne. De opstillede belastninger er medtaget overordnet og skal derfor ses som en del af grundlaget for eftervisning af stabiliteten af konstruktionen fremadrettet, ligesom de afspejler de overvejelser, der er foretaget i forbindelse med nærværende analysearbejde.

2.4.1 Permanente belastninger

Permanente belastninger fra konstruktioner, vand og jord medtages for den enkelte konstruktion hvor relevant. Den gængse egenvægt for materialer er forudsat.

2.4.2 Variable belastninger fra nyttelast

2.4.2.1 Generel trafik belastning på serviceområder og adgangsveje

For alle overflader inden for serviceområderne og adgangsveje bør der medregnes en generel overfladelast på $q_k = 20 \text{ kN/m}^2$ svarende til trafik fra tunge køretøjer. Der er på nuværende ikke taget stilling til særlige punktblastninger fra kranløft mv.

2.4.2.2 Generel belastning på inspektionsstier og cykel-/gangstier

For alle overflader, hvor der forudsættes begrænset færdsel med mindre køretøjer som personbiler, mindre redningskøretøjer, mindre entreprenørmaskiner ved max 5 ton mv., medregnes en generel overfladelast på $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$.

2.4.3 Belastninger fra designvandspejl ved stormflod

Der medtages destabiliserende differensvandspejl for konstruktioner i stormflodssikringen givet ud fra et designvandspejl på forsiden. Dette skal kombineres med et designvandspejl på bagsiden af konstruktionen, som skaber størst mulige destabiliserende belastning.

Designvandspejlet på bagsiden skal defineres for hver enkelt konstruktionsdel. Hvor der er truffet valg om dette i nærværende rapport, er valget beskrevet i afsnittet for den pågældende konstruktionsdel.

2.4.4 Hydrauliske belastninger

Belastninger fra bølgepåvirkning skal medtages på relevante konstruktionsdele, hvor bølgepåvirkningen kan have væsentlig påvirkning af stabiliteten.

Der skal medtages belastninger for strøm på konstruktionsdele, som udsættes for havstrøm, tidevandsstrøm eller vindgenereret overfladestrøm.

2.4.5 Variable belastninger fra andre miljøpåvirkninger generelt

Ud over selve stormflodsscenariet kan der opstå andre miljøpåvirkninger på konstruktionerne, som kan være dimensionsgivende for stabiliteten. En række af disse variable belastninger oplystes herunder.

2.4.5.1 Belastninger fra generelle hav- og grundvandsspejl

Belastninger fra grundvandsspejl og almindelige variationer i havvandsspejl skal medtages i designet af konstruktionen hvor relevant. Disse skal medtages hvor relevant for bl.a. opløft- og grundbrudsproblematikker, stabilitet ved lavvandstilfælde og opbygning af vandspejl ved læn- gerevarende nedbør.

2.4.5.2 Belastninger fra is

Der vil kunne opstå belastninger fra is på konstruktioner. Særligt på faste konstruktioner, hvor der kan opstå internt tryk fra is mellem konstruktionsdele, eller hvor konstruktionsdele kan blive udsat for dravis og pakis, skal det undersøges, hvorledes belastningen påvirker konstruktionen.

2.4.5.3 Belastninger fra vind

Der vil kunne opstå belastninger fra vind på konstruktionerne, men normalt er dette ikke dimensionsgivende for anlægskonstruktioner af den type, som forudsættes at indgå i nærværende projekts valgte sikringskonstruktioner. Det skal i et detaljeret design af den enkelte konstruktionsdel sikres, at vindbelastning medtages, hvis denne er dimensionsgivende for en lastkombination, men for nuværende er der ikke medtaget vindbelastning. Porte vil i vise tilfælde skulle regnes med vindlast i forhold til valgte model.

2.4.5.4 Belastninger fra termiske påvirkninger

Belastning fra termiske påvirkninger skal medtages i et detaljeret design af f.eks. stål og betonkonstruktioner.

2.4.5.5 Seismiske belastninger

Danmark er normalt ikke betragtet som et område, hvor seismisk aktivitet vil give udslag i dimensionsgivende lastkombinationer og særligt ikke for anlægskonstruktioner af den type, som sikringskonstruktionerne består af. Derfor er der ikke medtaget seismiske belastninger på nuværende detaljeringsniveau. Der skal i et detaljeret design foretages en yderligere vurdering og analyse af, om seismiske belastninger kan være dimensionsgivende for den enkelte konstruktion.

2.5 Generelle funktionskrav vedr. anlægskonstruktioner

2.5.1 Levetid

For alle konstruktionerne er det forudsat en levetid på min. 50 år, jf. kommissorium. Dette vil sige, at konstruktionen kan stå i minimum 50 år, før der skal ske en udskiftning eller væsentlige reparationer. Der er i drift- og vedligeholdelseskostningerne medtaget økonomi til de nødvendige arbejder for at sikre konstruktionernes funktionsdygtighed inden for levetiden. For flere konstruktioner, som dæmninger og diger, vil levetiden i praksis være væsentligt mere end 50 år, når der foretages det nødvendige vedligehold og reinvesteringer

2.5.2 Adgangsveje og inspektionsveje

Adgangsveje og inspektionsveje for kystsikringskonstruktioner og stormflodssikringskonstruktioner er for nuværende forudsat med en bredde på hhv. 5 m og 3 m. Krav til inspektionsveje er bl.a. beskrevet i ref. [10], mens krav for adgangsveje er opstillet af projektet. Der skal som minimum sikres en adgangsvej til alle sikringskonstruktioner. For højvandsmure og andre konstruktioner ved befæstede arealer antages det, at arealerne udgør adgangsvejen.

For diger forudsættes det, at de skal kunne tilgås fra toppen (kronen) via en 3 m bred inspektionsvej samt fra foden på bagsiden via en 5 m bred adgangsvej. Yderligere skal der for diger være adgang til forsiden enten via en inspektionsvej eller direkte på skråningen. Hvor der ikke er mulighed for at inspicere forsiden eller ved foden af en skråning på grund af et normalt vandspejl, skal der indbygges et plateau, så siden kan inspiceres via en 3 m bred inspektionsvej.

For spunscelledæmninger skal der være adgangsvej på toppen på 5 m. Der er som udgangspunkt ikke behov for andre adgangsveje.

For portanlæg er der særlige adgangsforhold, som skal sikres ved en adgangsvej helt frem til porten via de tilstødende konstruktioner. Hen over portåbningen kan der være mulighed for adgang afhængig af kravene til sejlhøjde.

Ovenstående forudsætninger er skitseret ind på typetværsnit i afsnit 4.

2.5.3 Afvanding

Der er for alle konstruktioner på land eller med bagside ind mod land (kystnært dige) forudsat, at der skal etableres en grøft eller anden form for afvanding. Der skal kunne bortledes almindeligt overfladevand fra diger og dæmninger samt tilstødende overflader, så der ikke sker unødigt skade eller opblødning på bagsiden af konstruktionen, ligesom tørholdelse forbedrer fremkommeligheden i tilfælde af akut behov for adgang til anlægget.

Under en stormflodshændelse skal afvandingssystem i form af grøfter og dræn ligeledes sikre, at evt. bølgeoverskyl kan ledes væk effektivt samtidig med håndtering af overfladevand, så der kan sikres fremkommelighed, og så bagland ikke oversvømmes. En stormflodshændelse skal da kombineres med håndtering af bagvand. Sidstnævnte er for flere af strækningerne ikke nødvendigvis en risiko grundet et stort bassinvolumen bag anlægget, som f.eks. på delstrækning 3 Vestamager.

2.5.4 Vandtæthed

Alle konstruktioner og anlæg, som indgår i sikringen, skal være vandtætte set ud fra varigheden af en stormflodshændelse. For slanke konstruktioner som højvandsmure eller porte skal vandtætheden være af fuldstændig impermeabel karakter, hvor der ikke sker vandgennemstrømning. Diger og dæmninger kan have mindre vandgennemstrømning, men vandtætheden sikres typisk gennem lermembraner, som er næsten impermeable, og hvor der for varigheden af en stormflodshændelse i praksis ikke sker nogen gennemstrømning. For store anlæg som kystlandskaber vil vandtætheden være skabt alene af den store mængde opfyld eller ved terrænhævningen i sig selv. Her er opfyldningen i sig selv ikke karakteriseret ved at være impermeabel, men der vil ikke kunne trænge væsentlige mængder vand igennem inden for varigheden af en stormflod.

Ud over at selve konstruktionen og anlægget skal være opbygget af materialer, som skaber en vandtæt barriere, skal det sikres, at der ikke kan ske understrømning i undergrunden. Dette vil

typisk sikres ved at grave ned til en geoteknisk aflejring, som er tilstrækkelig impermeabel grundet dens kornstørrelse (f.eks. moræneler) eller grundet dybden under konstruktionen.

Som alternativ kan det tænkes, at der etableres en vandtæt konstruktion i undergrunden under anlægget. Dette kunne f.eks. være en spuns, som afskærer understrømning. Der er for detaljegraden under denne analyse ikke truffet forhold, som giver anledning til at skulle etablere større afskærende konstruktioner under sikringskonstruktionerne. De geotekniske forhold indikerer generelt, at det vil være muligt at sikre vandtætheden under konstruktionen ved udgravning og etablering af kontakt til et lerlag eller ved at indbygge en lermembran i tilpas dybde under terræn for derved at sikre mod understrømning.

2.5.5 Erosionssikring og sikring mod bølgepåvirkning

En anlægskonstruktion udsat for bølgepåvirkning kan blive udsat for erosion, som kan lede til materialetab, destabilisering og i sidste ende kollaps af anlægget. Derfor skal erosion som følge af bølgepåvirkning tages i regning for alle sikringskonstruktioner.

For kystnære konstruktioner og anlæg vil bølgepåvirkningen være størst og risikoen for erosion stor. Diger og dæmninger vil opleve erosion på forsiden eksponeret mod bølgeklimaet og kan typisk sikres på to måder. Den mest almindelige er at anlægge en stenkastning på forsiden som sikrer, at erosionen ikke sker i kritisk omfang. En stenkastning skal dække fra foden af diget og op til det niveau hvor bølgepåvirkningen virker. For et kystnært dige projekteret med en topkote svarende til sikringsniveauet vil dette betyde, at stenkastningen skal føres fra foden af diget hele vejen til toppen. Med topkote svarende til sikringsniveauet vil der være risiko for bølgeoverskyl fra særligt store bølger, som ikke ligger inden for det normale. Derfor vil der være behov for at sikre bagsiden mod bølgenedslag, som kan skabe erosion på bagsiden og destabilisere diget. Typisk vil stenkastningen på bagsiden være begrænset til den øverste tredjedel, da det er her, bølgenedslaget vil ske. Eksempel på dette kan ses i den valgte standard typologi for kystnære diger i Figur 4-2.

Alternativt til stenkastninger kan diger anlægges med tilpas flade hældninger for at lade energien fra bølgerne løbe af over en længere afstand. Dette gør risikoen for erosion mindre. Digerne skal da være beklædt med græs for at minimere materialeflugten. Dette kan være interessant for diger trukket tilbage fra kysten, hvor bølgepåvirkningen er mindre. Det kan for denne type diger være nødvendigt at anlægge mindre stenkastninger for foden, hvis denne er permanent udsat for bølgepåvirkning fra normal vandstand.

Større kystlandskaber uden hård erosionssikring (som stenkastninger eller betonkonstruktioner) kan gøres modstandsdygtige mod erosion ved at sikre tilstrækkeligt materiale til, at erosionen kan ske, uden at sikringsniveauet kompromitteres under en stormflodshændelse. Dette giver mulighed for, at den naturlige dynamiske sedimenttransport langs kysten kan ske samtidig med, at landskabet sikrer mod højvande. Efter en stormflod vil landskabet dog skulle bygges op igen svarende til den grad af erosion, som der er sket.

Kystnære højvandsmure, porte og andre konstruktioner er beskyttet mod erosion ved den belægning, som er forudsat anlagt i forbindelse med disse. Der forventes derfor ikke særlige tiltag mod erosion for disse.

For dæmninger ude på vandet er vanddybden som udgangspunkt så stor, at en egentlig erosion omkring konstruktionen må forventes at være lille. Der kan ske mindre sandflugt ved havbunden langs konstruktionen, som skal sikres tilbagefyldt i den daglige drift eller ved at tillade erosionen i designet af funderingen.

2.5.6 Udførelsesmetoder

For konstruktioner på land vil udførelsesmetoden svare til almindelige anlægsarbejder med jordarbejder og betonarbejder som de primære. Planlægning og udførelse af disse indebærer almindelig planlægning for anlægsarbejder.

For udførelse af anlæg og konstruktioner på vand vil der være andre forhold at tage højde for. Typisk vil jordarbejder på vand foregå vådt, dvs. at opgravning og udlægning af geotekniske materialer foregår under vand med udstyr fra vandsiden eller fra en kystnær arbejdsplatform fra land. Disse arbejder bærer karakter af almindelige arbejder på vand og er gængse og almindelige for anlæg af diger, dæmninger og andre marine konstruktioner som stenkastninger, bølgebrydere, moler og landindvindinger.

Udførelse af konstruktioner på vand kræver særlige foranstaltninger og planlægning afhængigt af typen af konstruktioner. Spunsarbejder er generelt almindelige arbejder, mens mere komplicerede konstruktioner som betonbundplader og bygværker til f.eks. portanlæg er mere komplicerede. Normalt vil man forudsætte sådanne konstruktioner udført tørt, hvor der etableres en midlertidig tæt konstruktion, der kan pumpes tør for vand, hvor arbejdet derefter kan udføres tørt. Når konstruktionen er færdig, vil den midlertidige tætte konstruktion kunne fyldes med vand igen og fjernes. Dette giver under udførelsesperioden en blokering af arealet på vand, hvor der arbejdes. Til forskel fra almindelige jordarbejder på vand er der ikke mulighed for ophør i udførelsen. Som eksempel kan nævnes udførelse af en bundplade til en portkonstruktion. Her kan det være nødvendigt at blokere hele eller dele af en indsejling for at tørholde arbejdsområdet for den nye portkonstruktion, hvilket vil kræve længere tids planlægning ift. omlægning af skibstrafik og f.eks. drift af en havn.

3. BESTEMMELSE AF BØLGETILLÆG

Nærværende afsnit beskriver fremgangsmåden til bestemmelse af bølgetillægget. Som tidligere nævnt i hovedrapporten udgør bølgetillægget stormflodskonstruktionens minimumshøjde over designvandspejlet (konstruktionens topkote = designvandstand + bølgetillæg), som er nødvendig for at kunne begrænse bølgeoverskyllet til et acceptabelt niveau.

Bølgetillægget og dermed konstruktionshøjden, er således bestemt af bølgenes størrelse, når de rammer den enkelte sikringskonstruktion. Jo større bølger, des større overskyl og des højere stormflodskonstruktion er nødvendig. I nærværende afsnit beskrives fremgangsmåden til bestemmelse af bølgenes størrelse og bestemmelse af overskyl af stormflodskonstruktionerne.

Det bemærkes, at den tilladelige mængde bølgeoverskyl afhænger af de ydre dækværkers funktion samt udformning, beskaffenhed og udnyttelse af dækværkernes bagvedliggende områder. Områder med tæt bebyggelse, hvor der kan være risiko for personskafe eller anden skade på væsentlige værdier (bygninger, materiel mv.), vil således ikke kunne tolerere store mængder overskyl imens andre, mere åbne områder udenfor bebyggede områder potentielt kan tåle højere mængder af overskyl.

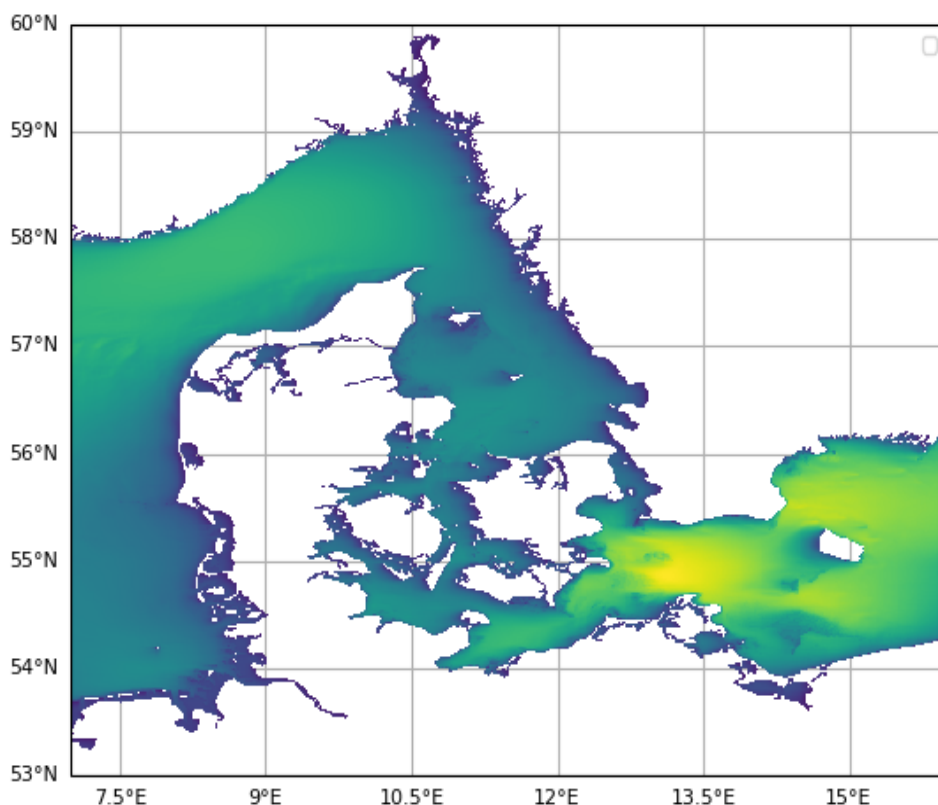
Det har ikke været en del af nærværende projektarbejde at afdække, hvordan vandmasser fra bølgeoverskyl kan håndteres i de enkelte områder. Grundet projektets indledende niveau er der fastlagt en tilladelig overskylsmængde på 10 l/m/s uanset anlægstypen og placering. Dette skal yderligere analyseres og evt. differentieres for strækningerne i de efterfølgende projektfaser.

3.1 Fastlæggelse af bølgehøjder

3.1.1 Metode til bestemmelse af bølgehøjde

De anvendte bølgeforhold er således korreleret til de anvendte designvandstande, der er fastlagt i delrapport 1. Bølgehøjder er beregnet ved DMI's regionale WAM bølgemodel, hvor der er anvendt samme atmosfæriske forcering som ved fastlæggelse af designvandstanden i delrapport 1, og hvor der ved udregning af den maksimalt mulige stormflod anvendes HBM-stormflodsmodel, dvs. 1872-stormfloden baseret på Rosenhagen og Bork (2009), men med en 10% forøgelse af vindstyrken og en 15 grader rotering af vinden med uret. For yderligere detaljer omkring stormflodsmodellen henvises der til DMI's supplement i forbindelse med "Arbejdsgruppe om undersøgelse af sikringsniveauer omkring København", januar 2024.

Til fastlæggelse af bølgetillæg har Rambøll modtaget et udtræk fra den regionale bølgemodel for døgnet 13/11/1872, hvorfra bølgedata er udtrukket i en række repræsentative lokaliteter udvalgt af Rambøll. Modelområdet er vist på Figur 3-1. Modellen har en opløsning på ca. 1x1 km. DMI har udarbejdet resultater for modelområdet i én tidslig dimension for simplicitet. DMI's modelresultater for den signifikante bølgehøjde H_{m0} , peak bølgeperioden T_p , middelbølgeperioden $T_{m,-1.0}$ og vindhastighed er således midlede værdier for modelsimuleringsperioden kl. 06-18 (13/11/1872). DMI's resultater for bølgeretning og vindretning er for modelsimuleringsstartspunktet kl. 12 (13/11/1872), Ref. [11].



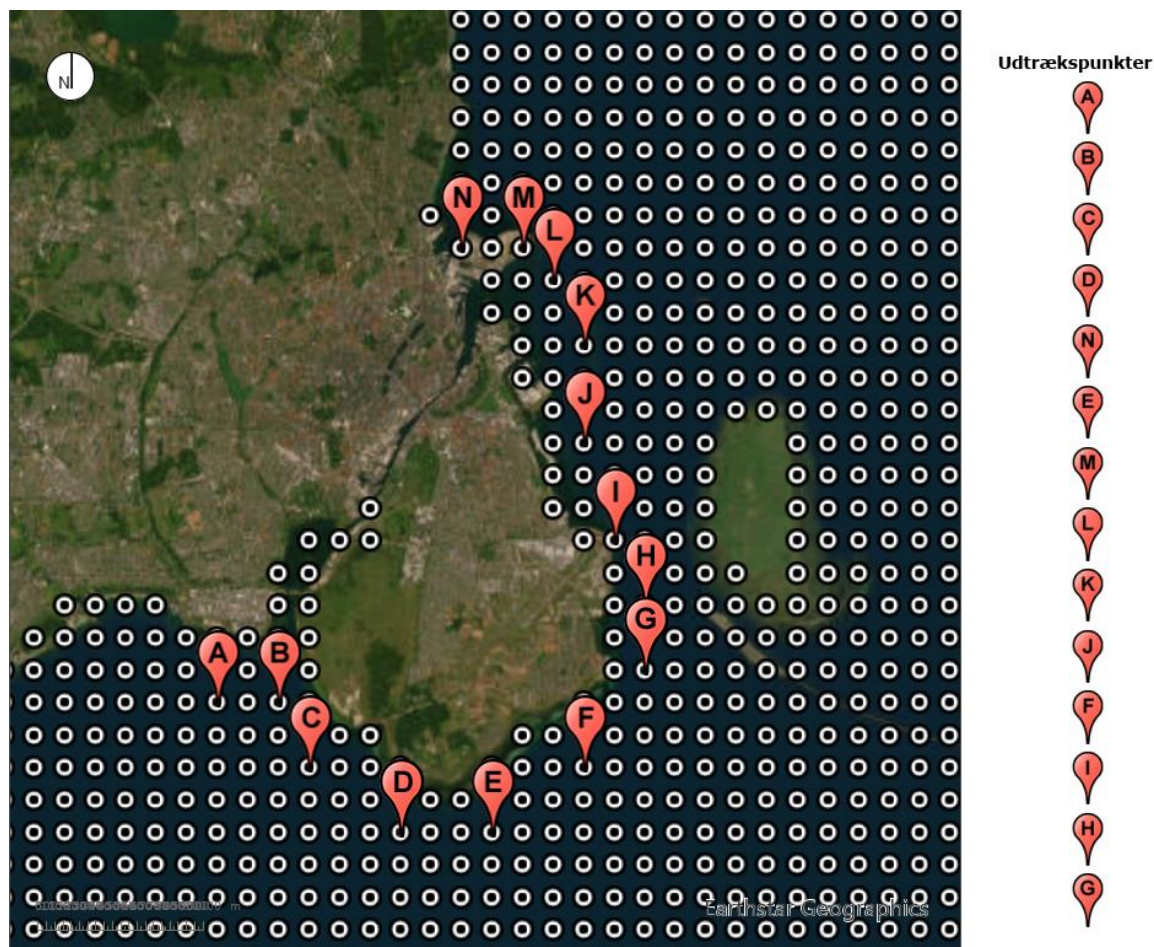
Figur 3-1: Dækningsområde i DMI's WAM bølgemodel hvorfra bølgedata er udtrukket i projektområdet omkring København. Modelområdet dækker grænserne lat: 53°-60°, lon: 7-16°. Modellen har en opløsning på ca. 1x1 km.

Rambøll har således modtaget ét tidsligt modeludtræk fra DMI's bølgemodelmodel for hele modelområdet indeholdende følgende parametre:

- Signifikant bølgehøjde, H_{m0} [m], gennemsnit for perioden kl. 06-18 (13/11/1872)
- Peak bølgeperiode, T_p [s], gennemsnit for perioden kl. 06-18 (13/11/1872)
- Middel bølgeperiode, $T_{m,-1.0}$, gennemsnit for perioden kl. 06-18 (13/11/1872)
- Middelbølgeretning, udtrukket kl. 12 (13/11/1872)
- Vindhastighed, gennemsnit for perioden kl. 06-18 (13/11/1872)
- Vindretning, udtrukket kl. 12 (13/11/1872)
- Vanddybde [m]

På baggrund af de modtagne data har Rambøll udtrukket bølgehøjder ved 14 udvalgte lokaliteter i DMI's modelområde fordelt jævnt langs projektområdets kystlinje. De udvalgte punkter for udtræk af bølgedata fremgår af Figur 3-2.

Det bemærkes, at DMI's bølgemodel beregnes ved konstant vandspejl i hele modeldomænet samt dybdata angivet i hele meter. Eftersom design højvandstanden varierer i projektområdet, er der udført seks beregningstilfælde svarende til én model indeholdende resultater ved middelvandspejlet i kote nul samt 5 yderligere modelkørsler, hvor vandstanden hæves gradvist 1 m i hele modeldomænet (dvs. +1 m, +2 m, +3 m, +4 m, +5 m). Bølgeforhold ved de udledte designvandstande i SYD, MIDT og NORD er således bestemt ved interpolation imellem udtræk fra modelkørsler med relevante vandstande. Udledte bølgeforhold for de udvalgte lokationer A-N fremgår af afsnit 3.4, Tabel 3-1.



Figur 3-2: Oversigt over punktudtræk for bølgedata. Der er udtrukket data i 14 punkter A-N, som er fordelt jævnt i projektområdet.

Som konsekvens af modellens relativt grove opløsning (ca. 1x1 km gitterafstand) og det faktum, at dybdeforholdene i modellen beskrives i hele meter, er det valgt ikke at udtrække bølgedata i gitterpunkter, som er direkte sammenfaldende med kystlinjen.

Rambøll har transformeret DMI's bølger fra udtrækspunkterne og ind til sikringskonstruktionerne ved overordnet at tage hensyn til dybdebegrænsning, refraktion og diffraktion. Transformation af bølgehøjder under hensyn til disse nævnte forhold er, som beskrevet i de kommende afsnit, generelt overordnede og forholdsvis simple i nærværende projekt, da det vil kræve detaljerede numeriske modeller for hver enkelt delstrækning for at kunne bestemme disse forhold nøjagtigt, hvilket ligger uden for rammerne af dette indledende studie.

I nærværende indledende studie forekommer der derfor strækninger, hvor naboliggende sikringskonstruktioner vurderes at blive påvirket af identiske bølgeforhold vel vidende, at et detaljestudie vil vise, at bølgeforholdene til en vis grad vil være forskellige. Bølgeforholdene i meget komplekse indløb/kanaler bliver generelt vurderet konservativt i nærværende studie.

Som tidligere nævnt, så er de anvendte bølgeforhold repræsentative for situationen og tidspunktet for maksimal stormflodshøjde som beskrevet i delundersøgelse af sikringsniveauer, delrapport 1. Det bemærkes dog, at der kan forekomme andre stormhændelser med andre vindretninger end den betragtede 1872-hændelse, som potentielt kan resultere i større bølgehøjder, eksempelvis en stærk, vedvarende storm fra sydlige retning. Det vurderes dog, at f.eks. sydlige storme vil være associeret med betydeligt lavere vandstand sammenlignet med det nuværende, betragtede fysiske maksimum. Omend bølgehøjderne på dybt vand kan være større grundet det længere frie stræk, så tyder det på, at den lavere vandstand kombineret med de større bølger samlet set vil resultere i en lavere topkote for sikringskonstruktionerne. Det vurderes derfor, at den betragtede, modificerede 1872-stormhændelse og tilhørende bølger vil være dimensionsgivende ift. den nødvendige minimumstopkote på sikringskonstruktionerne, og alternative stormhændelser omtales derfor ikke yderligere i nærværende delundersøgelse.

3.1.2 Dydbegrænset bølgehøjde

Havbundshældningen vurderes generelt at være lav i projektområdet (mindre end 1/100). Den signifikante bølgehøjde vil i tilfælde af lave havbundshældninger typisk være begrænset i størrelse til ca. 0,5-0,6 x vanddybden (d). Grundet det overordnede detaljeringsniveau for udredning af bølgeforholdene er det derfor valgt at anvende en konstant dydbegrænsning af den signifikante bølgehøjde på 0,55 x vanddybden (d) uanset projektlokalitet. Vanddybden, d , bestemmes som forskellen mellem den maksimale stormflodsdesignvandstand og den lokale havbunds- eller terrænkote.

På delstrækninger eller sektioner heraf, hvor kystbeskyttelsen ligger tilbagetrukket på land med en afstand større end ca. én bølgelængde, regnes bølgehøjden at dydbegrænses ud fra terrænkoten på land. Der er foretaget en grov afvejning af, hvor meget eventuel bebyggelse på land medvirker til at dæmpe bølgepåvirkningen. Såfremt der er større åbne passager imellem bygningerne, er terrænkoten som udgangspunkt fastsat ud fra terrænkoten i de åbne passager. Det bemærkes, at beplantning og vegetation generelt ikke indregnes i forbindelse med reduktion af bølgehøjden, hvilket er konservativt. Der eksisterer dog enkelte tilfælde, hvor sikringskonstruktionerne er tilbagetrukket bag så massiv bygningsmasse, at det vurderes at give væsentlig reduktion på bølgehøjden. Eksakt bestemmelse af bølgehøjden i sådanne tilfælde kan ikke gøres uden detaljeret modellering. Såfremt det forventes, at bølgepåvirkningen vil være reduceret i væsentlig grad, er der derfor antaget en maksimal bølgehøjde på 0,5 m.

3.1.3 Bølgediffraktion

Diffraktion beskriver den spredning af bølgefronten, der sker, når bølger bevæger sig omkring en genstand, som stikker ud i havet f.eks. dækværker, øgrupper og havnemoler. Når bølgerne drejer rundt om genstandens ende, vil bølgefronten danne et cirkulært mønster omkring genstanden, og bølgehøjden vil falde bag genstanden. Dette cirkulære mønster kan ofte ses ved indsejlingen til havne, hvor bølgerne ses at dreje omkring de ydre dækværker. På delstrækninger, hvor stormflodssikringen ligger i områder, der åbenlyst er påvirket af diffraktion, er diffraktionskoefficienten vurderet ud fra simple diffraktionsdiagrammer, eksempelvis fra CEM eller SPM, ref. [12]. Det bemærkes, at det vil kræve detaljerede numeriske modeller at bestemme effekten af diffraktion mere præcist.

3.1.4 Bølgerefraktion

Bølgerefraktion beskriver den afbøjning af bølgen, der finder sted, når bølger løber ind på lavere vand. Den del af bølgen, der er nærmest land, dvs. på den mindste vanddybde, bremses mest. Det betyder, at bølgefronten vil ændre retning og dreje ind mod land, hvor den helt inde ved kystlinjen kan ende med at blive tæt på parallel med kystlinjen alt afhængigt af

dybdeforholdene. Effekten af bølgerefraktion indregnes i åbenlyse tilfælde i bølgenes anløbsretning på konstruktionerne.

Grundet den betydelige højvandstand i designsituationen vil vanddybden ud for kystlinjen eller ved foden af sikringskonstruktionen langs store dele af projektområdet fortsat være så dyb, at bølgefronten ikke når at dreje helt ind og blive parallel med kysten eller sikringskonstruktionen. Bølgen vil i stedet ramme kystlinjen eller sikringskonstruktionen med et skråt indfald. Dette forhold medtages i overskylsberegningerne.

Til indledende vurderinger af bølgenes eventuelle skrå indfald på kysterne og konstruktionerne er der foretaget simple, kvalitative vurderinger af, hvorledes bølgefronten ændrer retning over de lokale dybdekanturer ved de enkelte delstrækninger. Dette vurderes bl.a. ved brug af Snells lov i kombination med en forudsætning om rette og parallelle bundkonturer ud fra kystlinjen/konstruktionen. I flere tilfælde vil de lokale terræn- og bathymetriske forhold dog være så komplicerede, at førnævnte simplificerede kriterie ikke vil være opfyldt, og vurdering af evt. skråt indfald vil derfor på dette indledende stadie foretages ved en kvalitativ vurdering. Det bemærkes, at det vil kræve detaljerede numeriske modeller at bestemme de lokale bølgeforhold- og retninger mere præcist.

3.1.5 Bølgererefleksion

Refleksion af bølgeenergi fra omkringliggende konstruktioner kan forøge den indkomne bølgehøjde. Bølgenes indløb til de enkelte delstrækninger sker ved et komplekst samspil med de lokale forhold (omkringliggende konstruktioner, lokal topografi mv.). Refleksionen kan ikke fastlægges præcist uden mere detaljerede lokale numeriske modeller. Effekten af refleksion medtages dog i åbenlyse tilfælde i bestemmelse af bølgehøjder og er fastlagt bedst muligt ud fra en lokalspecifik, kvalitativ vurdering. Det bemærkes, at det vil kræve detaljerede numeriske modeller at bestemme effekten af dette mere præcist.

3.2 Fastlæggelse af bølgeoverskyl

3.2.1 Generel fremgangsmåde

Bølgeoverskyl beregnes ud fra de empiriske formeludtryk angivet i EurOtop Manual: "Manual on wave overtopping of sea defences and related structures", ref. [13]. EurOtop Manual indeholder formeludtryk til bestemmelse af overskyl for diger, moler, stenkastninger, lodrette vægge mm. Grundet det indledende undersøgelsesniveau i nærværende projekt, er alle overskylsberegninger tillagt én standardafvigelse i henhold til anbefalinger i EurOtop.

For alle konstruktionstyper og placeringer er der ved bestemmelse af konstruktionens topkote indregnet en maksimal tilladelig overskydsmængde på 10 l/m/s. Dette valg om ensartet overskydsmængde for alle konstruktionstyper og placeringer vurderes at være en konservativ antagelse, og der vil være flere delstrækninger, hvor en yderligere analyse af tilladelig overskydsmængde har potentialer, som vil medføre, at bølgetillæg kan reduceres med lavere konstruktionshøjder til følge. Særligt for portkonstruktioner, hvor større vandarealer findes bagved, kan der være mulighed for at acceptere større bølgeoverskyl grundet det store bassinvolumen bag ved sikringslinjen, men dette skal vurderes i forhold til oversvømmelsesfaren af de bagvedliggende værdier og lukkepraksis for porten. Der er i Tabel 6-4 og Tabel 6-28 synliggjort, hvordan konstruktionshøjden for hhv. port i Kalveboderne og i Kronløbet påvirker overskyl.

3.2.2 Konstruktionens geometri

Stormflodssikringskonstruktionerne indeholder ofte en række rekreative funktioner for at kunne integreres i landskabet og byrummet. Dette giver en kompleksitet i konstruktionernes opbygning, som er ud over, hvad EurOtops metoder dækker. Det har derfor været nødvendigt at forsimple konstruktionerne ved overskylsberegningerne. Eksempelvis tages der ikke højde for eventuelle vandrette plateauer på diger og stenkastninger eller knæk i forsideskråningens hældning. Forsimplingerne i konstruktionernes geometri vurderes generelt at være konservative.

Bredden af konstruktionernes krone er ikke indregnet i overskylsberegningerne, hvilket også er konservativt.

3.2.3 Effekt af bølgenes angrebsvinkel

På delstrækningssektioner, hvor bølgen vurderes at have en angrebsvinkel, der åbenlyst afviger fra nul grader, indregnes der skråt indfald i overskylsberegningen, hvilket reducerer overskyllet. Effekten af skråt indfald er medtaget efter metoderne beskrevet i EurOtop (ref. [13]) for den specifikke konstruktionstype.

3.3 Bemærkninger til fastlæggelse af bølgetillæg

Som tidligere beskrevet beror bestemmelsen af bølgehøjder på dette indledende niveau på DMI's bølgemodel, hvor bølgeforhold i udvalgte modelbølgeudtrækspunkter ud for kysten føres ind til sikringskonstruktionerne ved tage højde for dybdebegrænsning, refraktion, refleksion og diffraktion. I det følgende angives en række bemærkninger, som adresserer væsentlige punkter eller usikkerheder forbundet med de indledende vurderinger.

Det bemærkes, at man ved fremtidige arbejder bør foretage et mere detaljeret, numerisk modellingsstudie for at fastlægge bølgehøjderne præcist, ligesom det visse steder også vil være nødvendigt at validere overskylsmængderne ved modelforsøg ifm. detailprojektering af anlæggene.

3.3.1 Dybdebegrænsning

Under de givne designforhold er bølgerne dybdebegrænsede på omtrentligt 2/3-dele af den samlede længde af stormflodssikringen. De dybdebegrænsede strækninger er mindre sensitive over for den modellerede bølgehøjde, da vanddybden vil være begrænsende for bølgehøjden.

3.3.2 Havne- og kanalløb

Bølgenes indløb til de enkelte delstrækninger sker ved et komplekst samspil med de lokale forhold (omkringliggende konstruktioner, lokal topografi mv.) og involverer effekter af diffraktion, refraktion og refleksion, som kræver et lokalt detaljeret modellingsstudie for at bestemme indløbets effekt præcist. Bølgehøjden er særlig kompleks at beregne i indløbene til Københavns Havn, dvs. ved Kalvebodløbet og Sorterenden mod syd og indløb og kanaler i Københavns Nordhavn og Kronløbet.

I nærværende studie er det valgt at fastsætte bølgehøjden i Kalvebodløbet til 80 % af bølgehøjden ved indgangen til Kalvebodløbet. Der forventes at ske en yderligere reduktion i bølgehøjden i indløbet, men den kan ikke kvantificeres tilstrækkeligt præcist i nærværende projekt, da det kræver detailstudier, og det bør derfor undersøges yderligere i et senere projektforsløb. På samme vis er det i det yderste bassin i Margretheholm Havn (bassinet øst for Margretheholmsbroen, Jordtransportvej) antaget, at bølgehøjden har en størrelse svarende til 80 % af den udefrakommende bølgehøjde. Dette bør ligeledes præciseres ved senere detailstudier.

Bølgehøjden i Kronløbet er antaget at være identisk med bølgehøjden ved indgangen til Kronløbet, og eventuelle energitab negligeres, da der forventes at være en del refleksion af bølgeenergi fra de omkringliggende kajvægge. Den høje grad af refleksion kan potentielt øge bølgehøjden til en værdi større end den udefrakommende bølgehøjde. Der er dog indledningsvist antaget, at dette ikke er tilfældet, men det bør som nævnt præciseres i senere detailstudier.

Ligeledes er forholdene komplekse omkring havne og havneindløb som Kastrup Gammelhavn og mellem Refshaleøen og Kraftværkshalvøen samt mellem Kraftværkshalvøen og Prøvestenen. Grundlaget for at bestemme bølgehøjderne på et detaljeret niveau for hver enkelt delstrækning er derfor i mange tilfælde ikke til stede, og det er derfor nødvendigt at foretage grovere kvalitative vurderinger.

3.3.3 Terrænkoter og komplekst forland

Terrænkoten varierer på nogle strækninger meget markant over korte afstande, og på mange strækninger ligger der også konstruktioner og bygninger, der vil have væsentlig indvirkning på bølgehøjden. I alle tilfælde vil det være nødvendigt at forsimple terrænet for at kunne fastlægge den lokale bølgehøjde ved sikringskonstruktionen. I denne indledende undersøgelse er der foretaget en forholdsvis grov forsimpelse samt kvalitative vurderinger for at bestemme bølgehøjden.

I tilfælde med tilbagetrukne diger, hvor forlandet har lokale bakketoppe, der er meget tæt på designvandstandskoten eller i nogle tilfælde overstiger denne, så er topkoten af de tilbagetrukne sikringskonstruktioner bestemt ved at tillægge et fast bølgetillæg på 0,5 m, således at den påkrævede minimumskote findes som designvandstanden + 0,50 m. I et senere detailstudie bør ovenstående forhold detaljeres yderligere.

3.4 Opsummering på delstrækningsniveau

Bølgeparametre udtrukket fra DMI's modelresultater i udvalgte 14 punkter langs projektområdets kyststrækning er vist i nedenstående Tabel 3-1.

Tabel 3-1: DMI's modellerede bølgehøjder i udvalgte udtrækspunkter langs projektområdets kystlinje. Bemærk, at de angivne bølgeparametre er gældende for udtrækningspunktet og ikke er transformeret ind til sikringskonstruktionerne.

Pkt.	Lat / lon	Bølge-højde, Hm0*	Bølge-periode, Tm-1,0 *	Bølge-retning **	Vindhas-tighed* / Vindret-ning**	Dels-træk-ning, nr.	Delstrækningssektion, nr.
A	55.590 12.4667	2,7 m	7,2 sek.	130 °	25 m/s 73 °	1	1.01, 1.02, 1.03, 1.04, 1.05, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.10
B	55.590 12.5000	2,3 m	7,3 sek.	130 °	26 m/s 73 °	1 og 2	1.11, 1.12, 1.13, 1.14, 1.15, 1.16, 1.17, 1.18, 1.19, 1.31, 1.32, 1.33, 1.34, 2.01, 2.02, 2.03, 2.04, 3.01
C	55.570 12.5167	2,6 m	7,5 sek.	135 °	26 m/s 73 °	3	3.02
D	55.550 12.5667	2,1 m	7,7 sek.	135 °	26 m/s 74 °	3	3.03, 3.04

E	55.550 12.6167	2,6 m	6,5 sek.	100 °	26 m/s 74 °	4, 5a og 5b	4.01, 4.02, 4.03, 4.04, 4.05, 5a.01, 5a.02, 5a.03, 5a.04, 5a.05, 5a.06, 5b.31, 5b.32, 5b.33, 5b.34, 5b.35, 5b.36
F	55.570 12.6667	2,8 m	6,1 sek.	90 °	26 m/s 75 °	5, 5a og 5b	5.01, 5.02, 5.03, 5.04, 5.05, 5.06, 5.31, 5.32, 5.33, 5.34, 5.35, 5.36, 5.37, 5a.07, 5a.08, 5a.09, 5b.37, 5b.38, 5b.39
G	55.600 12.7000	3,4 m	5,7 sek.	85 °	26 m/s 75 °	5a, 5b og 6	5a.10, 5a.11, 5a.12, 5a.13, 5b.40, 5b.41, 5b.42, 5b.43, 5b.44, 5b.45, 5b.46, 5b.47, 6.01, 6.02, 6.03, 6.04, 6.05, 6.31
H	55.620 12.7000	2,9 m	5,2 sek.	80 °	26 m/s 75 °	6	6.06, 6.07, 6.08, 6.09, 6.10
I	55.640 12.6833	2,9 m	5,1 sek.	65 °	25 m/s 75 °	6 og 7	6.11, 6.12, 6.13, 7.01, 7.02, 7.03, 7.04, 7.05, 7.06, 7.07, 7.08, 7.09, 7.10, 7.11, 7.12, 7.13, 7.14, 7.15, 7.16, 7.31, 7.32, 7.33
J	55.670 12.6667	3,3 m	5,5 sek.	65 °	25 m/s 75 °	8	8.01, 8.02, 8.03, 8.04, 8.05, 8.06, 8.07, 8.08, 8.09, 8.10, 8.11, 8.12, 8.13, 8.14, 8.15, 8.16, 8.17, 8.18, 8.19, 8.20, 8.21, 8.22, 8.23, 8.24, 8.25, 8.31, 8.32, 8.33, 8.34, 8.35, 8.36, 8.37
K	55.700 12.6667	2,8 m	5,6 sek.	70 °	25 m/s 75 °	9, 10 og 11	9.01, 9.02, 9.03, 9.04, 9.05, 9.06, 10.01, 10.02, 10.03, 10.04, 10.05, 10.06, 10.07, 10.08, 10.09, 10.10, 10.11, 10.12, 10.13, 10.14, 10.31, 10.32, 10.33, 10.34, 10.35, 10.36, 10.37, 10.38, 10.39, 11.01, 11.02, 11.03
L	55.720 12.6500	4,0 m	6,0 sek.	75 °	25 m/s 75 °	11, 12 og 13	11.04, 11.05, 12, 13.01, 13.02, 13.03, 13.04, 13.05, 13.06, 13.07, 13.08, 13.09, 13.31
M	55.730 12.6333	4,0 m	6,0 sek.	80 °	25 m/s 75 °	13	13.10, 13.11, 13.12, 13.13, 13.14, 13.15, 13.32
N	55.730 12.6000	3,2 m	6,0 sek.	80 °	25 m/s 75 °	13 og 14	13.16, 13.17, 13.18, 13.19, 13.20, 13.21, 13.22, 13.23, 13.24, 13.25, 13.26, 14.01, 14.02, 14.03, 14.04, 14.05, 14.06, 14.07
* Gennemsnitsværdi for perioden kl. 06-18 (13/11/1872) ** 'Øjebliksværdi' udtrukket kl. 12 (13/11/1872)							

Designparametre for stormflodssikringen, som anvendes til bestemmelse af bølgetillægget på de i alt 14 delstrækninger, er angivet i Tabel 3-2. Det er indledningsvist antaget, at bølgeperioden ikke ændres ved transformation af bølgen fra udtrækningspunktet og ind til sikringskonstruktionen.

Tabel 3-2: Designparametre, opgjort på delstrækningsniveau.

Delstrækningsnr. og navn		Vandstand [m DVR90]	Lokal bølgehøjde nær sikringskonstruktion [m]	Tilladt bølgeoverskyl [l/s/m]
1	Avedøre Holme	4,4	0,5 - 2,7	10
2	Kalveboderne	4,4	1,2 - 1,8	10
3	Vestamager	4,4	1,8 - 2,6	10
4	Ullerup	4,4	1,6	10
5	Lufthavnen, St. Magleby	4,4	0,0-1,6	10
5a	Dragør, lokal	2,6*	0,6 - 1,8	10
		2,4**	1,8 - 2,7	10
5b	Dragør, maksimal	4,4	1,6 - 2,8	10
		3,9	2,8 - 3,4	10
6	Kastrup Halvø	3,9	0,6 - 2,9	10
		3,4	1,0 - 2,4	10
7	Amager Øst, Kastrup	3,4	0,5 - 2,9	10
8	Amager Øst, Sundby	3,4	0,5 - 3,3	10
9	Prøvestenen	3,4	0,3-0,5	10
10	Kraftværksøen / Refshaleøen	3,4	0,5-2,8	10
11	Lynetteholm	3,4	0,8-4,0	10
12	Kronløbet	3,4	4,0	10
13	Nordhavn	3,4	0,0 - 4,0	10
14	Svanemøllebugten	3,4	0,6 - 1,9	10
* Designvandstand svarende til 100 års returperiode i området SYD (anvendes i basisløsning)				
** Designvandstand svarende til 100 års returperiode i området MIDT (anvendes i basisløsning)				

4. BESKRIVELSE AF EGNEDE ANLÆGSTYPOLOGIER OG DESIGNFORUDSÆTNINGER

I dette kapitel beskrives, hvilke overordnede forudsætninger som gør sig gældende for den foreslåede geometri for den enkelte kysttekniske konstruktion. På baggrund af designforudsætninger og designkrav opstillet i de forudgående afsnit er der udarbejdet generiske typetværsnit for de i projektet anvendte sikringskonstruktioner. Der er naturligvis punkter, bl.a. geoteknik, hvor det på nuværende vidensniveau kan give anledning til variationer i den endelige geometri, men det er eftervist, at den skitserede geometri generelt opfylder krav til stabilitet ved en stormflodshændelse. Derfor skal geometrien for sikringskonstruktionen ses som det generelle løsningsforslag for hver typologi.

4.1 Tilbagetrukket dige – anlæg uden stenkastning

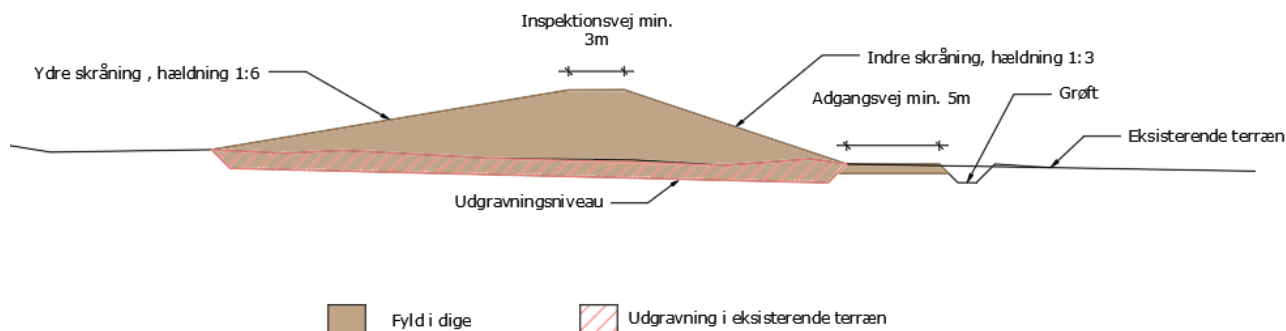
4.1.1 Beskrivelse

Diger tilbagetrukket fra kyster og vandløb beskytter baglandet mod oversvømmelse fra hav, vandløb eller vådområder, mens arealet på forsiden tillades oversvømmet. Typisk er forlandet, skov, landbrug, strandeng eller anden naturtype. Diger fremstår som en forhøjning i landskabet, konstrueret af sand, ler og eventuelt andet materiale, med hældende overflader både mod kystsiden og mod landsiden. Diger er typisk tilsået med græs, der klippes og vedligeholdes i vækstperioden. Hældningen på diget er afgørende for erosionsbeskyttelsen af selve diget, og typisk vil man etablere diger tilbagetrukket fra kystlinjen med så lille en hældning mod havsiden, at græsbeplantning alene kan fungere som erosionsbeskyttelse. Når placeringen er tilbagetrukket fra kysten, vil forlandet kunne minimere bølgeenergien og erosionsfaren, hvorved det ofte ikke er nødvendigt med yderligere erosionsbeskyttelse. Ved en stejl hældning mod havet og/eller tæt beliggenhed ved havet kræves der en erosionsbeskyttelse i form af f.eks. skråningsbeskyttelse eller kystlandskabsopbyggelse.

Diger kræver grundet deres store fodaftryk et relativt stort etableringsareal. Det tilstræbes derfor, at diger placeres tilbagetrukket fra kystlinjen i en højere terrænkote for at mindske fodaftryk og højden, samtidig med at give naturen foran diget plads. Afhængig af konstruktionshøjden kan designet indpasses i de omkringliggende landskabsformer og virke som et naturligt element "skjult" i landskabet. Færdsel på digets skråninger må normalvis ikke ske, da slid kan forringe digekonstruktionen og sikringshøjden. I stedet kan der indarbejdes adgangsveje og inspektionsveje, som sikrer fremkommeligheden på diget.

4.1.2 Opbygning og geometri

For diger tilbagetrukket fra kystlinjen er bølgepåvirkningen forventeligt mere begrænset, men ikke negligibel. Der tages udgangspunkt i hældning 1:6 på forsiden og 1:3 på bagsiden. Opbygningen af diget er med sandkerne eller lerkkerne med en lermembran på ydersiden for at sikre vandtæthed. Der etableres vækstlag for at minimere erosion. Der etableres inspektionsvej på digekronen, som bør være min. 3 m bred. På indersiden af diget skal der ligeledes etableres en adgangsvej med bredde på min. 5 m, hvorfra diget kan serviceres med større maskiner gennem levetiden, samt hvor der kan foretages inspektion af diget under en stormhændelse.



Figur 4-1: Opbygning og geometri af 'generisk' anlægstype: dige

4.1.3 Robusthed, tilpasning og udbygning

Diger er konstruktioner, der som udgangspunkt er robuste og kan tilpasses efter etablering. En senere forhøjelse eller forstærkning kan være forbundet med et øget pladsbehov. Diger kan fra start designes og etableres således, at anlæggets vil kunne udvides ved senere behov. Dette kræver f.eks. om nødvendigt, at underliggende jordbund forstærkes til at kunne modstå en større last ved f.eks. afgravning af jord til fast undergrund, så mere jordmateriale skal fjernes, og at der fortages arealreservation, så der er plads til et større fremtidigt fodaftryk. Diger benyttes ikke kun til beskyttelse mod havoversvømmelse, men også langs vandløb. Et havdige og et å-dige kan således samtænkes, så der skabes en sammenhængende karakter og ens beskyttelsestræk.

4.2 Kystnært dige – anlæg med stenkastning

4.2.1 Beskrivelse

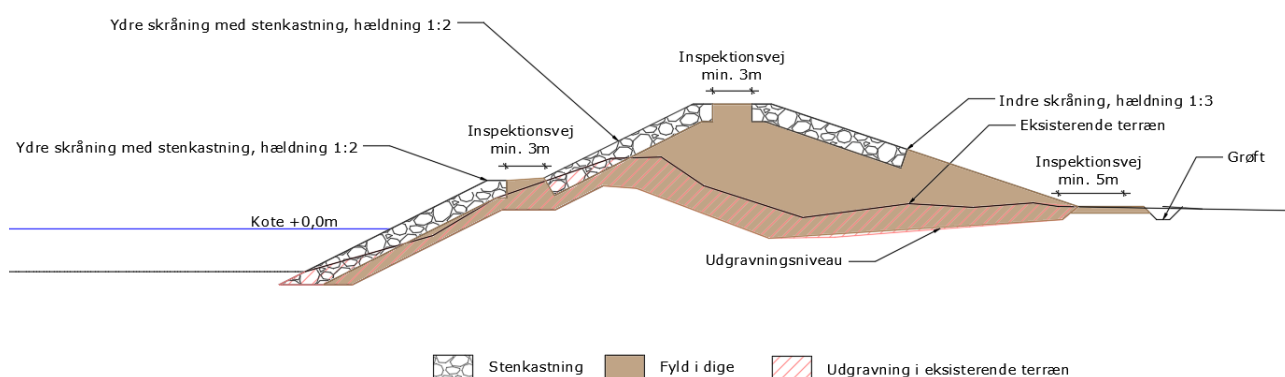
Et kystnært dige er en konstruktion, som typisk danner en barriere mellem kysten og baglandet. Diger helt ud til en kystlinje fremstår som en forhøjning, typisk konstrueret af sand, ler og dæksten og eventuelt andet materiale, med hældende overflader både mod kystsiden og mod landsiden. Når diget er placeret helt ud til kystlinjen, kan diget enten anlægges med en meget flad hældning med græsbeklædning, hvor der er let bølgepåvirkning eller med stejl hældning med erosionssikring i form af stenkastning, hvor der er moderat til kraftig bølgepåvirkning.

Hvor der er brug for en pladsoptimeret løsning, vil et dige med stejl hældning og stenkastning være en god løsning, således det kan modstå store bølgepåvirkninger. Hvis diget designes med et forlandskystlandskab, kan det også reducere bølgepåvirkningerne eller modvirke kysterosion lokalt, og stenkastningen kan minimeres. Det bemærkes, at man skal være opmærksom på, om tilstødende kystarealer i så fald oplever forøget erosion.

Selvom et dige ud mod kystlinjen kan beskyttes med en stenkastning, og derved anlægges med stejl skråning, kræver diger stadig relativt store etableringsarealer. Det kan derfor tilstræbes, at diger placeres tilbagetrukket fra kystlinjen, i en højere terrænkote, for at mindske fodaftryk og højden samtidig med at give naturen foran diget plads. Afhængig af konstruktionshøjden kan designet indpasses i de omkringliggende landskabsformer og virke som et naturligt element "skjult" i landskabet. Som udgangspunkt anbefales det ikke, at digers skråninger betrædes, kun digekronen.

4.2.2 Opbygning og geometri

For kystnære diger med stenkastning ud til kysten kan forsiden etableres med hældning 1:2. Dette er en typisk hældning på stenkastninger, og hældningen er i princippet styret af stabiliteten af stenkastningen. Bagsiden af diget etableres med en hældning, der ikke er stejlere end 1:3 for at sikre stabiliteten af diget samt sikre mulighed for vedligehold af græsarealet. Ved store bølgepåvirkninger vil det være nødvendigt at beskytte dele af bagsiden af diget med stenkastning i tilfælde af bølgeoverskyl, som kan forårsage store erosioner, hvis bagsiden er ubeskyttet. Der etableres inspektionsvej på digekronen, som bør være min. 3 m bred. På indersiden af diget skal der ligeledes etableres en adgangsvej med en bredde på min. 5 m, hvorfra diget kan serviceres med større maskiner gennem levetiden, samt der kan foretages inspektion af diget under en stormflodshændelse. På forsiden af diget kan der med fordel også etableres en inspektionsvej omtrent midt på diget, når højden af diget bliver stor, eller når foden af diget går ud i vandet. Dette giver da mulighed for inspektion af stenkastningen, ligesom inspektionsvejen kan bruges rekreativt. Inspektionsveje skal gennem materialevalget sikres mod erosion.



Figur 4-2: Opbygning og geometri af 'generisk' anlægstype: dige inkl. stenkastning.

4.2.3 Robusthed, tilpasning og udbygning

Diger er konstruktioner, der som udgangspunkt er robuste og kan tilpasses efter etablering. En senere forhøjelse eller forstærkning kan være forbundet med et øget pladsbehov. Diger kan fra start designes og etableres således, at anlægget vil kunne udvides ved senere behov. Dette kræver f.eks. om nødvendigt at underliggende jordbund forstærkes til at kunne modstå en større last ved f.eks. afgravning af jord til fast undergrund, så mere jordmateriale skal fjernes, og at der foretages arealreservation, så der er plads til et større fremtidigt fodaftryk.

4.3 Dige inkl. vejprofilering

4.3.1 Beskrivelse

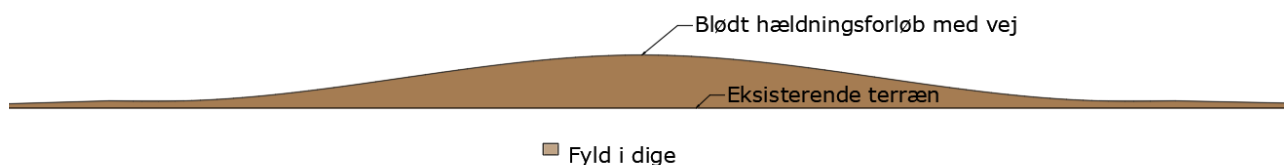
Diger integreret i en større terrænregulering og vejprofilering ligger ofte tilbagetrukket fra kyster og vandløb for at beskytte baglandet mod oversvømmelse samt sikre nødvendig overgang og færdsel, både i hverdagen og under stormflod. Et dige med integreret overkørsel er en konstruktion, som typisk danner en visuel barriere mellem kysten og baglandet, men som tillader passage over diget via et belægningsmarkeret vejanlæg.

Anlægget fremstår som en meget bred forhøjning i landskabet, konstrueret af sand, ler og eventuelt andet materiale, afgrænset af vejbelægning tværs over meget svagt hældende

skråninger både mod kystsiden og mod landsiden. Anlægget har meget flad hældning for at imødekomme vejens krav til fald og kræver meget store fodaftryk og et stort etableringsareal, og vil ved sammenbygning med andre anlægstypologier kræve langt mere arealer end det tilsluttende anlæg. Et dige med vejprofilering vil visuelt fremstå mere 'blødt' end et traditionelt dige uden vejprofilering.

4.3.2 Opbygning og geometri

For et dige med vejprofilering vil hældningen være styret af den tilladelige hældning for vejens forløb jf. regler og normer for trafiksikkerhed, tilgængelighed mv. Opbygningen udføres med sandkerne eller lerkerne med en lermembran på ydersiden for at sikre vandtæthed omkring vejbanen. Der etableres vækstlag for at minimere erosion på siderne af vejbanen. På samme måde som for almindelige diger etableres der en inspektionsvej på digekronen, som bør være min. 3 m bred. På indersiden af diget skal der ligeledes etableres en adgangsvej med adgang fra vejen, som føres over diget. Adgangsvejen bør have en bredde på min. 5 m, hvorfra diget kan serviceres med større maskiner gennem levetiden, samt der kan foretages inspektion af diget under en stormflodshændelse.



Figur 4-3: Opbygning og geometri af 'generisk' anlægstype: dige inkl. vejprofilering.

4.3.3 Robusthed, tilpasning og udbygning

Diger som grundkonstruktion er som udgangspunkt robuste og kan tilpasses efter etablering, dog vil det også kræve ny vejetablering ved en senere forhøjelse eller forstærkning, hvilket er forbundet med et øget pladsbehov samt skal ske i relation til gældende standarder inden for vejanlæg samt i forhold til trafiksikkerhed.

4.4 Tilbagetrukket vegetationsdækket 'kystlandskab' – landskabeligt dige

4.4.1 Beskrivelse

Et landbaseret vegetationsdækket 'kystlandskab', oftest også refereret til som et landskabeligt dige, kan etableres i form af en større terrænregulering og plantning af tæt vegetation, hvilket kan give mulighed for stor biodiversitet. Ved at hæve og bearbejde et nyetableret vegetationsdækket 'kystlandskab' sikres baglandet mod oversvømmelser, og erosionsfaren minimeres. Anlæg af større karakter fungerende som højvandssikring fremstår ikke kun som forhøjninger, men er oftest forsøgt integreret med større landskabelige bearbejdninger end et dige. Anlægget fremstår således uden klassiske antydninger af konstruerede skråningsmarkeringer og hældninger. Et landbaseret 'kystlandskab' opleves derfor mere naturligt.

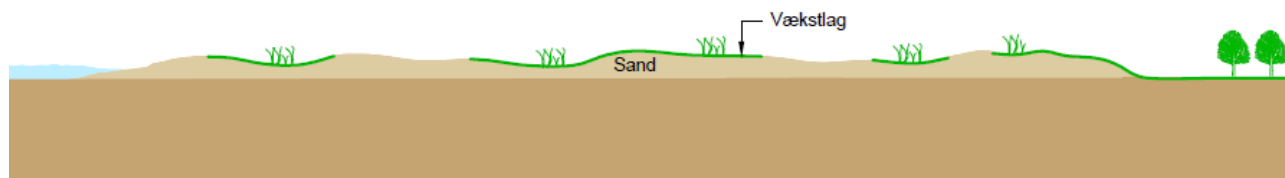
Kystlandskaber af mere naturlig landskabelig karakter tager afsæt i konceptet for Nature-based Solutions (NbS). Dette betyder, at anlægget skal være meget bredt for at kunne modstå en længerevarende stormflod og hyppige højvande. Erosion fra både vand og vind er en naturlig

konsekvens af designet. Erosionsbeskyttelse søges primært etableret i form af stærkt og tæt vegetationsdække. I umiddelbar nærhed til et nyetableret kystlandskab som stormflodssikring kan vådområder, forstrande og strandengsområder opstå. Derved kan et mere naturligt kystlandskab og økosystem genetableres, hvor spredt vegetation af egnet karakter fastholder materialet og på sigt udvider området grundet sedimentation. Tiltagstypen kan således have indflydelse på den naturlige sedimenttransport langs kysten og andre omkringværende naturlige processer, eftersom kystlandskabet udgør en barriere. Den naturlige udvikling af kystmiljøet kan derfor blive ændret, og dette bør analyseres forud for valg af løsningen.

Etablering af landbaseret 'kystlandskaber' er pladskrævende og optager store arealer. Afhængig af konstruktionshøjde og mulighederne for multifunktionsskabelse kan designet indpasses i det omkringliggende by- og naturområde og næsten fremstå som skjult eller naturligt integreret i eksisterende landskabskarakter. Kystlandskaber må betrædes, hvilket giver mulighed for indkig og udkig.

4.4.2 Opbygning og geometri

For kystlandskaber konstrueret på land er der for denne forundersøgelse forudsat en kronebredde på 40 m med skråningsanlæg på 1:8 på begge sider. Opbygningen af kystlandskabet kan bestå af forskellige geotekniske materialer, som typisk kan leveres fra landsiden. Der er få krav til materialets styrkeparametre, da sikringen sker alene ved det store jordvolumen, som sikrer mod højvandet, dog på bekostning af erosion. Der skal være mulighed for at inspicere kystlandskabets generelle tilstand, hvorfor det kan være nødvendigt at anlægge adgangsveje og inspektionsveje. Grundet landskabets størrelse er det dog ikke fundet nødvendigt at specificere placeringen af disse nærmere, da det kan indgå i landskabsudformningen.



Figur 4-4: Opbygning og geometri af 'generisk' anlægstype: vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige.

4.4.3 Robusthed, tilpasning og udbygning

Vegetationsdækket 'kystlandskaber' eller landbaserede diger fremstår ofte dynamiske, men er robuste. Som en del af større visioner kan løsningerne løbende tilpasses og evt. bebygges. 'Kystlandskaber' kan afhængigt af materialeopbygning naturligt tilpasse sig gradvise påvirkninger. Landbaserede 'kystlandskaber' må således anses for at være fleksible og tilpasningsdygtige. Udbygning af kystlandskabet er pladskrævende, og såfremt yderligere terrænforhøjelse ikke kan ske, kan en del af løsningen være at supplere med andre tiltagstyper, såsom udbygning af kystlandskab på land og vand, diger og højvandsmure.

4.5 Kystnært landskab i kystzonen – anlæg på land og vand

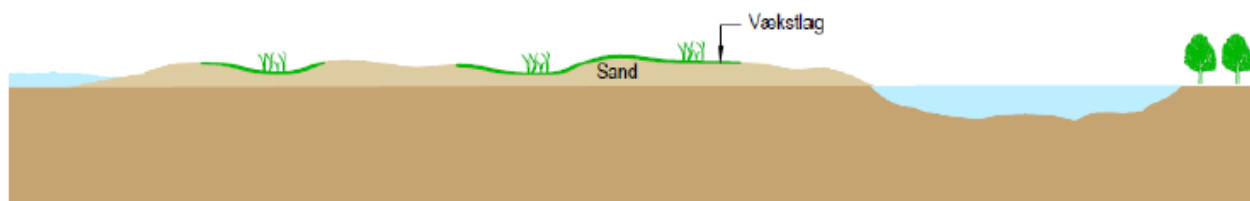
4.5.1 Beskrivelse

Landindvinding af nye barriereøer eller tanger efterfulgt af etablering af nyt byområde eller naturligt kystlandskab foran den eksisterende kystlinje kan virke som en effektiv forøgelse af beskyttelsesniveauet. Afhængig af udformning og umiddelbar nærhed og overgang til eksisterende land kan et nyetableret kystlandskab i kystzonen sikre sig selv eller et større bagland mod oversvømmelser og erosionsfare. Ved etablering af kystlandskaber på vand skabes nye afgrænsninger og overgange imellem land og vand. Et kystlandskab på land og vand opleves oftest mere statisk, til trods for en landskabelig bearbejdning.

Større landindvindinger kan etableres ved anlæg af spunselledæmninger på vand evt. suppleret med stenkastninger og efterfølgende tørlægning, eller som udbygning af eksisterende lavvandet områder med naturlig sedimentationstilvækst suppleret med sandfordring. Alt efter kystens naturlige beskaffenhed kan der etableres barriereøer med lagunesøer, klitlandskab og strandområder med varierende kystvegetation eller kunstige øer og halvøer. Kystlandskaber med lavere hældninger opbygget af flytbart materiale, vil kunne absorbere bølgeenergien bedre end spuns-afgrænsede landindvindingsområder. Kystlandskabets ydre perimeter, hvor kystlinjeafgrænsningen etableres, kan have et forskelligartet udtryk. Kystlandskabets meget varierende karakter, kan have stor betydning for udikig og indkig.

4.5.2 Opbygning og geometri

For kystlandskaber konstrueret på land er der for denne forundersøgelse forudsat en kronebredde på 40 m med skråningsanlæg på 1:8 på begge sider. Opbygningen af kystnære kystlandskaber forudsættes udført ved sandfodring, hvor sandet leveres indpumpet. Der er få krav til materialets gradering, da sikringen sker alene ved det store jordvolumen, som sikrer mod højvandet, dog på bekostning af erosion. Der skal være mulighed for at inspicere kystlandskabets generelle tilstand, hvorfor det kan være nødvendigt at anlægge adgangsveje og inspektionsveje. Grundet landskabets størrelse er det dog ikke fundet nødvendigt at specificere placeringen af disse nærmere, da det kan indgå i landskabsudformningen. Anlæg kan ske med og uden stenkastning.



Figur 4-5: Opbygning og geometri af 'generisk' anlægstype: kystlandskab uden stenkastning på land og vand.

4.5.3 Robusthed, tilpasning og udbygning

Områder, som er indvundet og efterfølgende bebygget, fremstår statiske modsat kystlandskaber baseret på sandfodring. Sandede løsninger med strandarealer og klitter har en naturlig evne til at tilpasse sig gradvise ændringer modsat anlæg med en mere fast perimeter, der oftest i sig selv ikke tilpasses, men kan udbygges med højvandsmure, diger, punktsikring m.v.

4.6 Højvandsmur

4.6.1 Beskrivelse

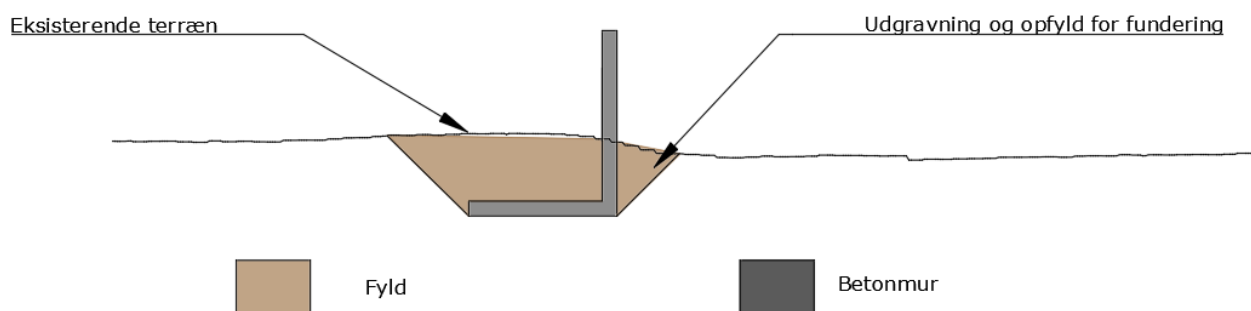
En højvandsmur beskytter bagvedliggende områder mod oversvømmelse og bølgepåvirkninger fra havet. En højvandsmur er en fast barriere, som typisk konstrueres af beton, stål eller træ. Højvandsmure fremstår oftest som en smal konstruktion og med et rektangulært udtryk, men kan have varierede bredde.

Højvandsmure er traditionelt pladsbesparende og kan udformes med stor metodefrihed som lodrette, kurvede eller skrå konstruktioner. Konstruktionsdesignet med typisk lodrette kanter medvirker ofte til, at bølgepåvirkningen bliver stor, hvorfor designet skal modstå store bølgepåvirkninger. En tilbagetrukket placering og integreret designudnyttelse ved etablering af højvandsmure bør tilstræbes.

Højvandsmure kan med et lille fodaftryk og arealoptag lettere etableres, hvor pladsen er begrænset. Afhængig af konstruktionshøjde kan designet være svært at indpasse i de omkringliggende landskabsformer. Som udgangspunkt kan højvandsmure ikke forceres, hvilket begrænser mulighed for indkig og udkig. Ved integreret design kan højvandsmure ofte indpasses i det omkringliggende by- og havneområde.

4.6.2 Opbygning og geometri

En højvandsmur er i klassisk forstand udført som en betonstøttemur, som er funderet i minimum frostfri dybde eller dybere af hensyn til stabilitet samt modvirkning af understrømmende vand ved stormflod. Der er for så vidt ikke noget til hinder for at anvende andre materialer end beton, hvis tætheden af væggen kan sikres. Væggens tykkelse varierer alt efter højden på den frie del af muren. Konstruktionen har sin primære anvendelse i højder op til 4-5 m, hvorefter dens virkemåde bliver udfordret af det meget store destabiliserende vandtryk på forsiden ved stormflod og vil lede til meget massive konstruktioner. På bagsiden af højvandsmuren vil der typisk være afvanding i form af dræn og afløbsriste, som både håndterer generelt overfladevand og evt. bølgeoverskyl. I dagligdagssituationen kan overfladevand opsamles af dræn og ledes gennem røråbninger i muren for at hindre opstuvende overfladevand på terræn på murens bagside. Udføres der rørgennemføringer, monteres disse med kontraklapper, der kun tillader passage fra bagside mod forside, så der imødegås svage punkter i forbindelse med stormflod på udvendig side af muren.



Figur 4-6: Opbygning og geometri af 'generisk' anlægstype: højvandsmur.

4.6.3 Robusthed, tilpasning og udbygning

Højvandsmure er som udgangspunkt robuste, men konstruktioner som er svære at tilpasse, når først de er bygget. Kun mindre tilpasninger kan ske, hvis ikke en forhøjelse og udbygning kan ske i umiddelbar nærhed af konstruktionen. Hvis ikke den nødvendige fundering og designintegration, som skal sikre et virksomt anlæg, kan skabes, skal konstruktionen erstattes med en ny og større konstruktion. Hvis en lang levetid ønskes, bør evt. fremtidige scenarier medtages i forbindelse med det indledende design af højvandsmuren, således den forberedes for evt. fremtidige forhøjelser mv.

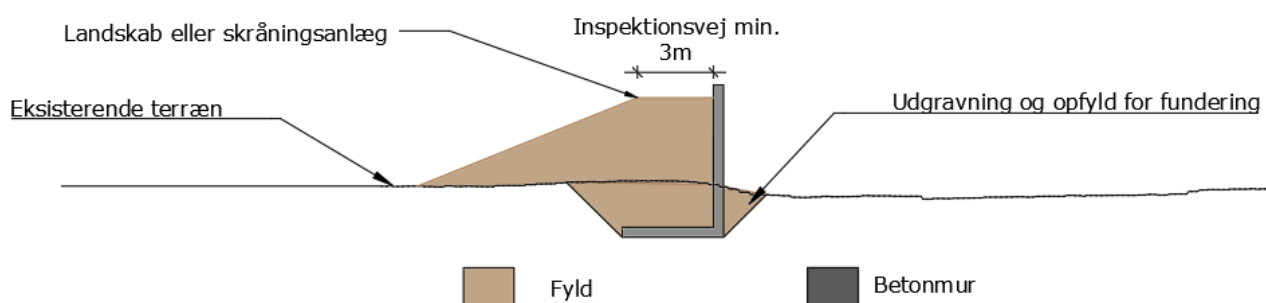
4.7 Højvandsmur inkl. landskabsintegration

4.7.1 Beskrivelse

En landskabsintegreret højvandsmur er en løsning, hvor et dige eller landskab ønskes opført et sted, hvor der er begrænset plads, hvorfor et dige eller landskab opbygges til (eller nært ved) det nødvendige sikringsniveau og afsluttes med en lodret konstruktion, f.eks. i form af en støtemur. Derved kan de dynamiske og rekreative kvaliteter ved kystlandskaber og diger kombineres med de pladsbesparende egenskaber ved en mur. Oftest vil landskabet eller skråningen vende ud mod vandet og kan med fordel benyttes til rekreative formål. Ligeledes vil hældningen fra landskabet være med til at begrænse bølgepåvirkningen på hele anlægget og derved minimere den nødvendige topkote. Men anlægget kan også vendes om, således en skarpere afgrænsning mellem arealanvendelser og evt. opholdsrum og udkigspunkter skabes.

4.7.2 Opbygning og geometri

For højvandsmure integreret i landskaber kan der i klassisk forstand anvendes en betonstøtemur på samme måde som for højvandsmuren som fritstående konstruktion. Stabiliteten af anlægget opnås ved at have en stabil højvandsmur, som kan modstå vandtrykket fra højvandet, og at have en stabil skråning eller landskab, som ikke eroderer mere, end at væggen forbliver stabil. Afhængig af vægtypen kan skråningen eller landskabet tillades eroderet væk i større eller mindre grad. Det anbefales, at der gøres plads til en inspektionsvej langs toppen af anlægget, ligesom en adgangsvej på bagsiden langs muren er anbefalet.



Figur 4-7: Opbygning og geometri af 'generisk' anlægstype: højvandsmur inkl. landskabsintegration.

4.7.3 Robusthed, tilpasning og udbygning

Højvandsmure er som udgangspunkt robuste, men det er også konstruktioner, som er svære at tilpasse, når først de er bygget. Ved forhøjelse af anlægget skal muren kunne tåle merbelastningen. Hvis ikke den nødvendige fundering og designintegration, som skal sikre et virksomt anlæg, kan skabes, skal konstruktionen erstattes med en ny og større konstruktion. Hvis en lang levetid ønskes, bør evt. fremtidige scenarier medtages i forbindelse med det indledende design af højvandsmuren, således den forberedes for evt. fremtidige forhøjelser mv.

4.8 Højvandsmur inkl. byrumsintegration

4.8.1 Beskrivelse

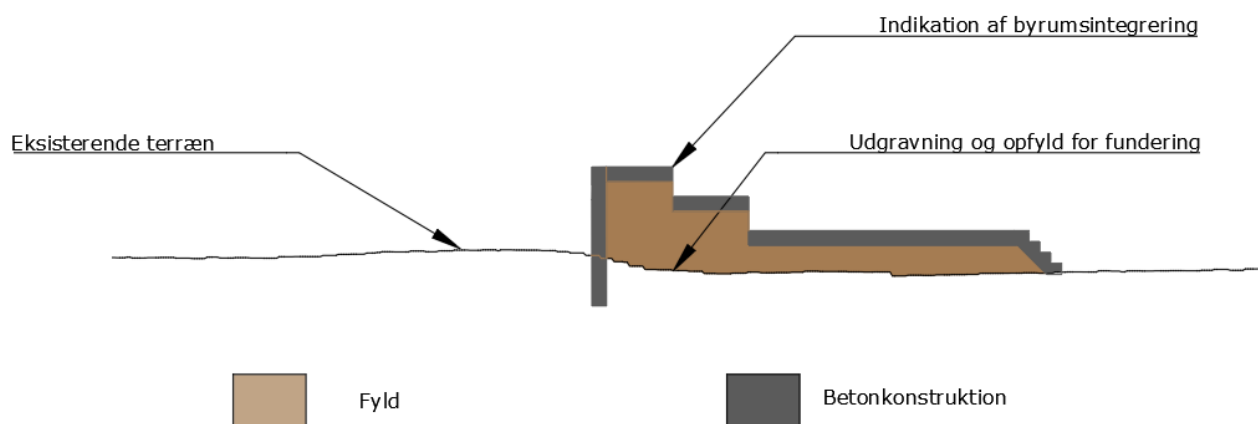
En højvandsmur beskytter bagvedliggende områder mod oversvømmelse og bølgepåvirkninger fra havet. En højvandsmur er en fast barriere, som typisk konstrueres af beton, stål eller træ. Byrumsintegrerede højvandsmure fremstår mindre tydelige, da visionen om at fremme merværdier har søgt at integrere anlægget ind i det omkringliggende bymiljø. Konstruktionen kan således have et meget forskelligartet udtryk og form. Den relativt store designfrihed muliggør, at konstruktionerne udformes som f.eks. en bred lav promenade eller et opholdsmøbel. Det fleksible udtryk og formgivning muliggør ligeledes, at en højvandsmur kan beklædes med andet materiale eller udsmykkes. En højvandsmur kan således have varierende udtryk og placering. Den kan opføres som en del af en kajkantskonstruktion, hvor den agerer direkte adskillelse mellem hav og land, eller den kan opføres mere tilbagetrukket på land. Afhængig af placering, kan en kystnær placering kræve erosionsbeskyttelse i form af f.eks. skråningsbeskyttelse eller samtænkning med et kystlandskab.

Højvandsmure er traditionelt pladsbesparende og kan udformes med stor metodefrihed som lodrette, kurvede eller skrå konstruktioner. Konstruktionsdesignet med typisk lodrette kanter medvirker ofte, at bølgepåvirkningen er stor, hvorfor designet skal modstå store bølgepåvirkninger. En tilbagetrukket placering og integreret designudnyttelse ved etablering af højvandsmure bør tilstræbes. Med udgangspunkt i overfladen omkring konstruktionen, herunder om den er impermeabel (belagt med asfalt, klinker m.v.) eller permeabel (tæt eller spredt vegetationsdække), skal supplerende tiltag integreres i designet, således den nødvendige fundering og beskyttelse sikres.

Højvandsmure kan med et lille fodaftryk og arealoftag lettere etableres, hvor pladsen er begrænset. Afhængig af konstruktionshøjden er designet svært at indpasse i de omkringliggende landskabsformer. Som udgangspunkt kan højvandsmure ikke forceres, hvilket begrænser mulighed for indkig og udkig. Ved integreret design kan højvandsmure ofte indpasses i det omkringliggende by- og havneområde.

4.8.2 Opbygning og geometri

For højvandsmure integreret i byrum skal byrummets funktion sammenbygges med krav til stabilitet og sikringsniveau i tilfælde af en stormflodshændelse. Derfor vil der blive stillet krav til brug af materialer og funderingsmetoder, som typisk strækker sig ud over det normale for byrum. Løsningerne er mange, men forudsættes her at dække over en forhøjet del af byrummet, som er formgivet med adgangsvej og rekreativ passage på toppen og et nedtrappende system af betonelementer. Geometrien er som udgangspunkt fastsat af den ønskede byrumsfunktion, da elementerne i princippet kan gøres meget slanke på samme vis om en egentlig højvandsmur.



Figur 4-8: Opbygning og geometri af 'generisk' anlægstype: højvandsmur inkl. byrumsintegration.

4.8.3 Robusthed, tilpasning og udbygning

Ligesom almindelige højvandsmure vil en byrumsintegreret højvandsmur kunne udformes robust over for en stormflodshændelse, men konstruktionerne er generelt besværlige at tilpasse for ombygninger og forhøjelse af sikringsniveauet i fremtiden. På samme måde som for almindelige højvandsmure skal tanker omkring fremtidige forhøjelser og udbygninger inddrages i designprocessen af konstruktionen både mht. funderingsforhold og materialevalg. Afhængig af udformningen af byrumsintegreringen kan der være plads til at forhøje anlægget med yderligere konstruktioner, som f.eks. en mindre højvandsmur, hvis pladsen tillader det.

4.9 Højvandsmur inkl. bygningsintegration

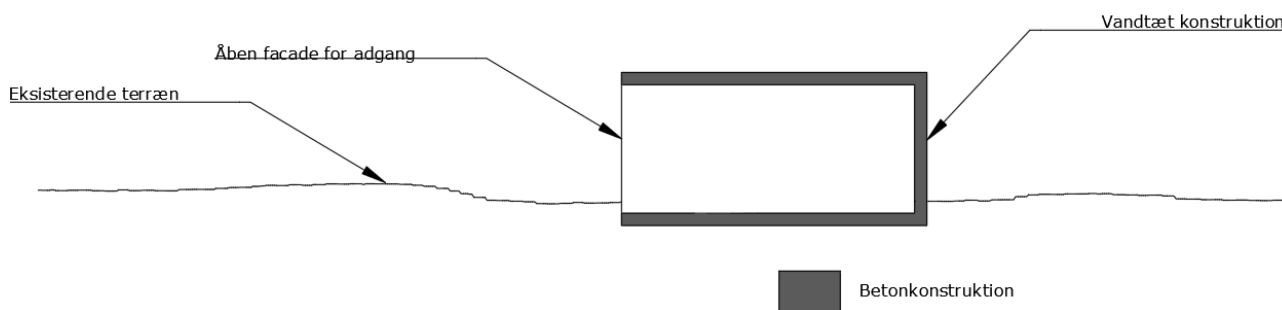
4.9.1 Beskrivelse

I lavtliggende områder, havnearealer o.l., hvor områdets funktion er afhængigt af adgangen til havet, eller man ønsker at have byrummet tæt på vandet, og hvor man ikke ønsker at opsætte klassiske barrierer, kan man vælge at tilpasse bygningerne i området til periodevis oversvømmelser.

Dette kan gøres ved at lade facaderne af bygningerne være en del af sikringen ved at have bagsiden af bygningen ud mod vandet og udføre bagsiden som en fast lukket facade uden mulighed for vandindtrængning. Alternativt kan den åbne facade med adgang til bygningen udformes på en sådan måde, at vinduer og døre kan lukkes med vandtætte skodder på en måde, så bygningen kan modstå vandtrykket og derved agere sikringskonstruktion. Dette kan konstrueres om en række lave bygninger, som kun har et niveau, hvor der oplagt kan være cafe, detailhandel eller lignende. Alternativt kan det være stueetage og evt. første sal på et højere byggeri, hvor der implementeres en vandtæt facade, og bygningen integreres i den generelle sikringslinje.

4.9.2 Opbygning og geometri

Opbygning og geometri af en bygningsintegreret højvandsmur kan fremstå i et utal af former og typer. Der er for forundersøgelsen forudsat, at der er tale om et mindre let byggeri med én etage med adgang i gadeniveau, hvor denne etage kan nyttiggøres. Facaden er åben ud mod gaden, der er adgangsvej til bygningen, mens bagsiden vender ud mod vandet, som sikrer mod højvande. Det er forudsat, at bygningen er en relativ let betonbygning.



Figur 4-9: Opbygning og geometri af 'generisk' anlægstype: højvandsmur inkl. bygningsintegration.

4.9.3 Robusthed, tilpasning og udbygning

Ligesom almindelige højvandsmure vil en bygningsintegreret højvandsmur kunne udformes robust over for en stormflodshændelse, men konstruktionerne er generelt besværlige at tilpasse for ombygninger og forhøjelse af sikringsniveau i fremtiden. På samme måde som for almindelige højvandsmure skal tanker omkring fremtidige forhøjelser og udbygninger inddrages i designprocessen af konstruktionen både mht. funderingsforhold og materialevalg. Afhængig af udformningen af bygningen kan der være plads til at forhøje anlægget med yderligere konstruktioner som en overbygning, højvandsmur eller lignende.

4.10 Højvandsport/-låge på land

4.10.1 Beskrivelse

Mindre fastmonterede højvandsporte/-låger på land kan etableres som permanente portlåger i højvandsmure, åbninger imellem bygninger og hen over veje. Typemæssigt vil der normalt være tale om skydeporte, side- eller bundhængslede porte. Alle dele kan i større eller mindre grad integreres i byrummet, så deres fremtoning ikke kommer til at virke dominerende og er typisk set i højde op til 2-4 m. Der kan dog være funktionelle årsager til at vælge en større sikringshøjde.

Skydeport-typen vil typisk være i forbindelse med en højvandsmur og kan derved skydes hen langs bagsiden/forsiden af denne, evt. i et lille kammer, for på den måde at være ude af syne, når porten er åben. En bundhængslet løsning vil være integreret niveaufrit i belægningen i hverdagssituationen og vil derfor blot synes som et skift i belægningstypen. Derudover kan sidehængslede låger sidde på hver side i en åbning og lukkes sammen mod midten.

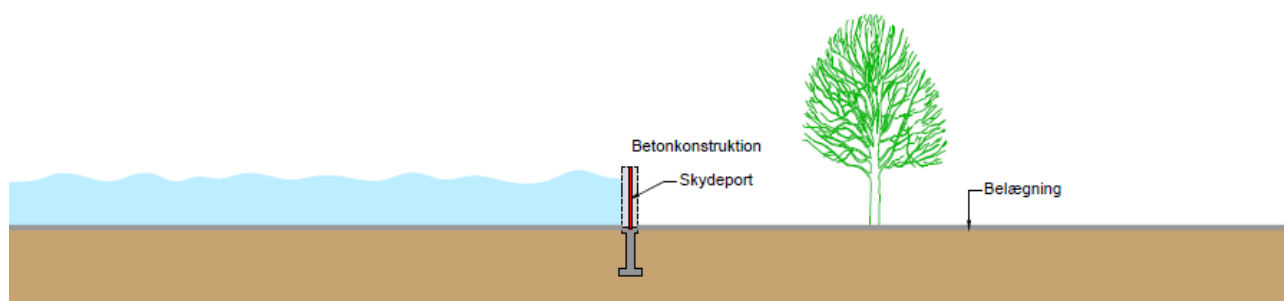
Portlågen er åben under normale vandstandsforhold og lukkes ved varsling af ekstreme vandstande. De kan være manuelle eller fuldt automatiserede. En automatiseret portlågetype vil kunne sikre, at alle portlåger lukkes samtidig, dog under forudsætning af et effektivt forvarslingsystem for lukning, så personer, der færdes i området, ikke bliver overrasket over en

pludselig lukket portlåge. Alle portlåger skal yderligere kunne betjenes manuelt på stedet. Dette giver generelt en robust løsning ift. drift.

Ved at have en fast portlåge i byrummet, skal der ikke tilføres materiel for at operere dem, til forskel fra f.eks. mobile løsninger, hvor der først skal mandskab og evt. materiel ud på lokaliteten. Dog vil de bevægelige dele som en del af de permanente installationer også kræve løbende og jævnlige vedligehold for at sikre, at alle dele fungerer, som de skal.

4.10.2 Opbygning og geometri

En portlåge på land vil være udført som en stålport, som er forbundet til en fast anlægskonstruktion i beton, hvorfra lukkemekanismen udføres fra. Portlågen vil skulle have en bundkonstruktion integreret i underlaget, hvor portlågen kan lukke tæt mod, og undergrunden under portlågen skal sikres mod understrømning, hvorfor der skal forventes funderingsarbejder i hele portlågens udstrækning. For bundhængslede portlåger er udbredelsen af portens længde i princippet ubegrænset, mens der for skydeporte kan forventes et maksimalt spænd på op til 20 meter.



Figur 4-10: Opbygning og geometri af 'generisk' anlægstype: højvandsporte/-låger på land.

4.10.3 Robusthed, tilpasning og udbygning

Porte og låger i sig selv kan ikke tilpasses, men derimod kun udskiftes til højere porte og låger, hvis anlægget omkring porten er dimensioneret til det. Højvandsporte- og låger, som er installeret for at lukke en fast barrierekonstruktion, vil dog altid kun kunne beskytte mod oversvømmelse i lige så høj en sikringslinje, som den øvrige beskyttelse er bygget til. Dermed er tilpasningsevnen begrænset af dette.

Der ligger en robusthed i, at porten står tørt på land før højvandshændelsen. Hvis der opleves en fejl i automatikken under lukning, kan en port designes til at kunne lukkes manuelt. Derfor er løsningen med en port primært anvendt ved lokaliteter, hvor det grundet pladsforhold ikke har været muligt at tilpasse et vejforløb eller et byrum til den nødvendige sikringskote.

4.11 Højvandsport på vand

4.11.1 Beskrivelse

Store højvandsporte etableres som en barriere på tværs af et vandområde for at sikre det bagvedliggende område mod oversvømmelse og bølgepåvirkninger fra havet. Der findes flere forskellige typer af store højvandsporte med det formål at beskytte mod stormflod. Af typer kan nævnes vertikale løfteporte, roterende porte, skydeporte og sidehængslede porte, som kan udgøre en eller flere porte i en stormflodsbarriere.

Etablering af en eller flere større højvandsporte forudsætter, at området, der ønskes beskyttet, ligger fysisk afgrænset, for eksempel en fjord eller en havneindsejling, så der er mulighed for at etablere en barriere i et kontrolleret tværsnit. Dermed kan højvandsporten potentielt sikre et meget stort område mod oversvømmelse. Anlæggene er store og kræver generelt store landarealer at blive anlagt på. Disse arealer skal derfor være til rådighed ved den optimale eller acceptable placering af porten. Er dette ikke tilfældet, kan der være behov for ekspropriering og/eller at kombinere portkonstruktionen med dæmningskonstruktioner eller landindvindinger for at skabe det nødvendige areal til port- og støttekonstruktioner.

Yderligere kræver store højvandsporte typisk store drift- og vedligeholdelsesorganisationer, da der er tale om komplekse konstruktioner, som skal kunne lukkes med relativt lille sandsynlighed for fejl under lukning ved stormflodssvarsel, da porten står i åben position under normale vandstandsforhold. Styringssystemer og back-up systemer skal være tilstrækkelige til, at højvandsporten altid kan aktiveres. Hvis ikke porten kan lukkes grundet forkert eller manglede vedligehold, kan hele området bag porten risikere at blive oversvømmet. Porten kræver derfor en stærk driftsorganisation med trænet personale og klare protokoller for aktioner ved varsling m.v.

4.11.2 Opbygning og geometri

For nærværende projekt er der flere delstrækninger, som kræver højvandsporte af forskellige typer og dimensioner, hvorfor de ikke er nærmere beskrevet i forhold til opbygning og geometri. Der er overordnet set medtaget følgende betragtninger, angivet i Tabel 4-1, men der henvises til de enkelte delstrækninger for yderligere beskrivelse.

Tabel 4-1: Overordnede betragtninger for porte.

Porttype	Åbningsbredde
Større højvandsporte for gennemsejling f.eks. Skydeporte, lodrette løfteporte, roterende porte	> ca. 50 m
Mellemstore højvandsporte for gennemsejling f.eks. Sidehængslede porte	ca. 25 - 50 m
Mindre til mellemstore højvandsporte med begrænset gennemsejlingsmulighed og integreret vandudskiftstyring f.eks. Lodrette løfteporte eller sidehængslede porte	ca. 10 - 50 m
Små højvandsporte i integreret bygværker med ingen til begrænset gennemsejling og integreret vandudskiftstyring	< ca. 10 m

4.11.3 Robusthed, tilpasning og udbygning

Robustheden i en højvandsport ligger i høj grad i at vælge den korrekte type af port under de rigtige forudsætninger og valg, truffet på oplyst grundlag. Portene skal dels kunne virke som gennemsejlingsmulighed for skibe og skal ligeledes sikre mod oversvømmelser. Porten skal derfor passe til lokaliteten og skal passe til den drift- og vedligeholdelsesorganisation, som skal drifte og vedligeholde porten. Opgaven for drift- og vedligehold bør være tildelt, og organisationen for denne bør være oprettet, inden en endelig beslutning om porttype træffes, da det kan udgøre en risiko ift. robusthed, hvis ikke der har været en klar tråd og åben beslutningsproces mellem den udførende og den driftende organisation. Projekteres og opføres en stor højvandsport uden viden om organisationen, som skal drifte porten, risikerer man at implementere en løsning, som i sidste ende udgør en risiko for, at porten ikke kan lukke i en kritisk situation grundet besværlig eller alt for omkostningstunge vedligeholdelsesprocesser.

Stormflodsporke er som udgangspunkt svære at tilpasse og udbygge. Kun mindre tilpasninger kan ske. Derfor skal designet være robust, hvis levetiden skal være lang. Dette kræver, at fremtidige scenarier for vandstandsændringer og øgede stormfloder skal indarbejdes i designet fra start. Yderligere er effektiviteten og dermed robustheden i høj grad knyttet sammen med driftssikkerheden, som varierer i kompleksitet afhængigt af valg af porttype og falder tilbage på vigtigheden for korrekt vedligehold.

4.12 Dæmning som spunceller

4.12.1 Beskrivelse

Dæmninger bygges ud i vandet for at adskille vandmasser. I klassisk forstand kan dæmninger være rene jordkonstruktioner eller konstruktioner med lodrette spunsvægge eller betonvægge. Løsningen med spunsvægge hedder spuncellefangedæmninger og er den type, som primært refereres til i forundersøgelsen. Dæmninger sikrer bagvedliggende lavere områder imod stormfloder og bølgepåvirkning samtidig med, at reservoirkapacitet til bagvandet skabes i form af en lagune eller indsø. Området bag kan anvendes til genvinding af landområder eller som permanent aflukning af en fjord eller en havneindløb. En dæmning kan således også etableres som en mere åben karakter til beskyttelse af maritime og mere kystnære aktiviteter. En dæmning danner således en barriere på vand, som helt eller delvist afskærer vandgennemstrømningen mellem kysten og havet, hvilket medfører ændrede hydrografiske og marinbiologiske forhold.

Dæmninger uden installation af rørledninger eller pumper med formålet at sikre vandudskiftning afskærer vandudvekslingen mellem vandområderne på hver side af dæmningen, hvilket skaber ændrede hydrografiske forhold i området, de omslutter, f.eks. ændringer i udvekslingen af ferskvand og saltvand i en fjord. Desuden hindres skibsfart, kajaker og robåde i at sejle mellem områderne. Hvis ikke det er tiltænkt, at arealet imellem kysten og dæmningen opfyldes, således en ø eller halvø skabes, etableres dæmninger typisk med mulighed for vandudskiftning igennem port(e) og/eller bygværker med pumpesystemer.

Dæmninger kan ligeledes anvendes som støttekonstruktion til eller i forbindelse med en højvandsport, idet dæmningen så reducerer det tværsnit, som højvandsporten ellers skal dække over. Derudover i sammenhæng med anlæggelse af adgangsveje i kystnære område.

4.12.2 Opbygning og geometri

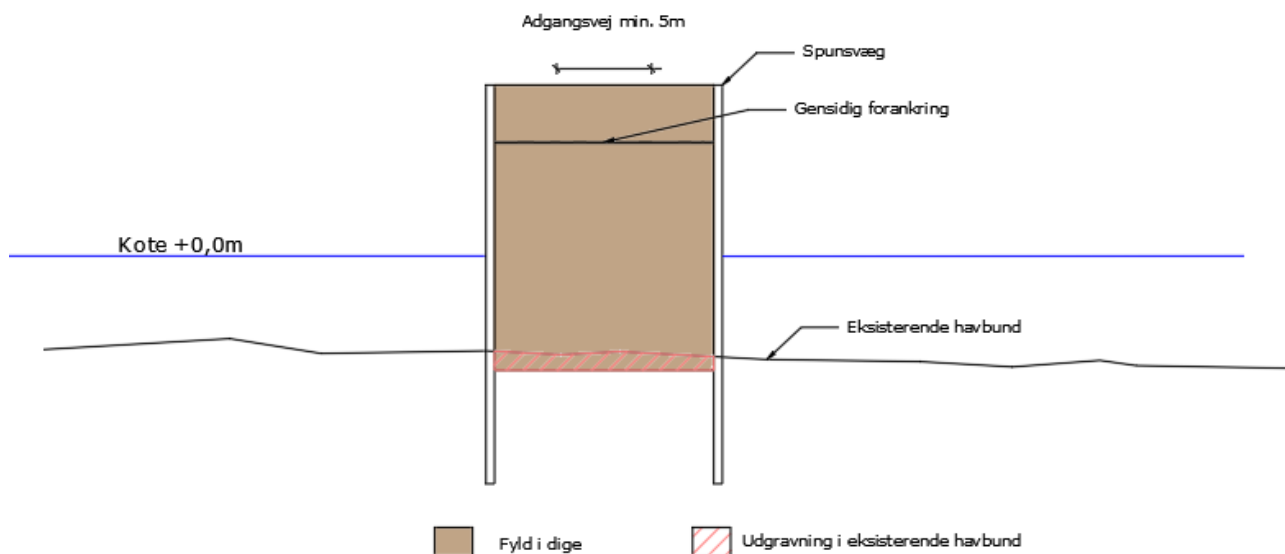
Dæmninger kan opbygges som stenkastning, spuncelledæmning, betonstøttemure eller sænkekasse, men er her forudsat opbygget som spuncelledæmninger, da de primært anvendes i forbindelse med havne- og portanlæg i forundersøgelsen. Spuncelledæmningen kan forsynes med stenkastninger for at dæmpe bølgepåvirkningen samt skabe et mere attraktivt udtryk.

Spuncelledæmningen består af to parallelle spunsvægge, som installeres ned i havbunden. Efterfølgende fyldes rummet mellem de to spunsvægge, og spunsvæggene forankres til hinanden med stålankre for at sikre stabiliteten af væggene. Stabiliteten af selve spuncelledæmningen er styret af bredden af dæmningen. Minimumsbredden på spuncelledæmningerne er dog minimum 5 m svarende til en adgangsvej på toppen af dæmningen. Ofte vil bredden dog være mere.

Spuncelledæmninger er ofte fyldt med sand, som kan være indpumpet, men kan også udføres med andre jordtyper, hvis der tages højde for dette under dimensioneringen. Der kan være

behov for lokal oprensning af havbundssediment, som kan være sætningsgivende, forud for etablering af dæmningen.

Spunscelledæmninger kan forsynes med en stenkastning på vandsiden, som er påvirket af bølger for at minimere højden ift. bølgeoverskyl.



Figur 4-11: Opbygning og geometri af 'generisk' anlægstype: spunscelledæmning.

4.12.3 Robusthed, tilpasning og udbygning

Dæmninger udført som spunscelledæmninger er som udgangspunkt robuste, men er samtidig konstruktioner, som er svære at tilpasse, når først de er bygget. Kun mindre tilpasninger kan ske, medmindre fremtidige planlagte ombygninger er indtænkt i designet. Hvis ikke den nødvendige fundering og designintegration, som skal sikre et virksomt anlæg kan skabes, skal konstruktionen erstattes med en ny og større konstruktion. Hvis en lang levetid ønskes, bør evt. fremtidige scenarier medtages i forbindelse med det indledende design af spunscelledæmningen, således den forberedes for evt. forhøjelser mv.

4.13 Bygværker og pumpestationer

4.13.1 Beskrivelse

Bygværker og pumpestationer dækker over tekniske bygninger, som er nødvendige for håndtering af bagvand og udløb igennem sikringskonstruktioner. Sikringskonstruktionerne for en stormflodssikring anlægges naturligvis i kystzonen eller i området med forbindelse til kystzonen, hvor overfladevand fra bagvedliggende terræn naturligt vil søge mod kysten. Dette kommer til udtryk i naturskabte åer og vandløb samt i menneskeskabte grøfte- og afvandingssystemer og udløb fra spildevand mv. Der ligger derfor en vigtig grænseflade i at holde vand ude ved en stormflodshændelse og sikre, at vand kan ledes væk fra baglandet.

Bygværker dækker over simple konstruktioner som udløb med kontraskapper, som sikrer mod tilbageløb af vand, evt. forsynet med en pumpeenhed. En kontraskap vil lukke, når vandstanden på forsiden af bygværket skaber et skift i trykgradienten ift. udløbets normale retning. Derved sikrer kontraskappen, at vandet ikke løber bagud i systemet og skaber oversvømmelser på sikringsiden af stormflodssikringen. Når kontraskappen er lukket, vil der blive opstuvet

vand på bagsiden, hvilket skal kunne accepteres for at vælge denne løsning uden pumpestation.

Pumpestationer anvendes i bygværker, hvor det ikke kan accepteres, at der opstuvendes vand, f.eks. i en å med kontinuert vandføring, hvor en kontraklapløsning alene vil kunne skabe oversvømmelser opstrøms. Pumpestationen er en aktivt styret enhed, som kræver forsyning og beredskab under drift. Derfor vælges en pumpestation kun, hvor der ikke er mulighed for at lade vandet opstuve, da en pumpestation kræver elforsyning, beredskab mv. i tilfælde af stormflod, som naturligvis er en driftsomkostning og en risikofaktor. Pumpestationen er dog kun i drift i tilfælde af en højvandshændelse og kombineres derfor typisk med en kontraklap eller en portløsning, som sikrer, at vandet ikke løber tilbage i systemet.

Bygværker kan være både udløb for rørledninger, grøfter mv., hvor der kan implementeres et lukket bygværk og en rørføring under sikringskonstruktionen. Hvor der ønskes en åben konstruktion, som ikke er rørlagt, skal en portløsning implementeres i stedet for kontraklappen.

4.13.2 Opbygning og geometri

Det forudsættes i denne forundersøgelse, at et bygværk har både kontraklapudløb og pumpestation. Bygværket er som udgangspunkt udført i beton som en lukket konstruktion, alternativt som en lukket rørkonstruktion for de mindste anlæg. Den vandførende kilde, enten en grøft, rørledning eller vandløb, føres hen til og ind i bygværket og føres ud på den anden side enten ved gravitation eller pumpning afhængigt af, om kontraklappen er åben eller lukket.

4.13.3 Robusthed, tilpasning og udbygning

Robustheden for sikring mod oversvømmelse fra en stormflodshændelse er relativ stor, når man ser på, hvordan kontraklappen fungerer, da denne lukker automatisk under højvande. Selve pumpearrangementet kan sætte ud af drift under en situation, hvor kontraklappen er lukket, og risikoen for opstuvning af bagvand kan være til stede. Denne risiko kan minimeres ved at have overkapacitet fordelt på flere pumpenheder. På samme måde kan overkapaciteten bruges til at imødekomme større fremtidige vandmængder fra baglandet. Da bygværket typisk ligger i forbindelse med en sikringskonstruktion, vil robustheden for sikring mod stormfloden være afhængigt af sikringskonstruktionen, da bygværket i princippet ikke er direkte følsomt over for højere vandstande fra en stormflod.

4.14 Landindvinding og forland

4.14.1 Beskrivelse

Landindvindinger og forlandskaber er begge typer, hvor der inddrages en del af søterritoriet, men som ikke er en direkte sikringskonstruktion. En landindvinding kunne være et område bag ved en spunscelledæmning (som er sikringskonstruktionen), hvor der ønskes udviklet rekreative forhold, eller hvor en ny adgangsvej skal placeres. Forlandskaber er i dette projekt et område, som er landindvundet mellem to sikringskonstruktioner, hvor der f.eks. etableres et dige med stenkastning på søterritoriet, hvor der efterfølgende fyldes op mod eksisterende kystlinje, hvor der eksempelvis etableres en støttemur. Her er et forland ikke den direkte højvandssikring, men anvendes oftest i kombination til mere rekreative formål samtidig med også at have en begrænsende effekt på bølgeklimaet for den bagerste sikringskonstruktion.

4.14.2 Opbygning og geometri

Landindvindinger og forlandskaber er typisk udformet som indpumpet sand fra vandsiden. Der kan også ske opfyldning fra landsiden, hvis mængderne er begrænset eller tidshorisonten for

udførelse kan tillade længere perioder med tilført jord fra landsiden. Fælles for både landindvindinger og forlandskaber er, at de ikke i sig selv er en højvandssikringskonstruktion, men er anvendt i kombination med øvrige kystbeskyttelseskonstruktioner og derigennem kan have en begrænsende effekt på bølgeklimaet og tilføre et område anden værdi.

4.14.3 Robusthed, tilpasning og udbygning

Områder, som er indvundet og efterfølgende bebygget, fremstår statiske og afgrænsede af sikringskonstruktionerne, som omgiver dem. Robustheden i selve sikringen består derfor i den faktiske sikringskonstruktion. Typisk bliver et landindvundet området bebygget eller nyttiggjort på anden vis, hvorefter indvindingen tager karakter af eksisterende land. Det samme kan gøre sig gældende for forlandsdannelse, men typisk vil forlandet forudsættes oversvømmet under en ekstrem hændelse og er derfor ikke bebygget med større værdier, som beskadiges. Dette giver naturligvis en mulighed for senere at udbygge og omdanne forlandsdannelser til sikringskonstruktioner, som modsvarer fremtidige scenarier og dermed fastlagte sikringsniveau.

5. PRISSÆTNING

I det følgende redegøres der for generelle forudsætninger og antagelser i forbindelse med anlægsoverslagene, herunder fastsættelse af omkostninger for drift- og vedligeholdelse.

5.1 Anlægsoverslag jf. "Hovednotatet for Ny Anlægsbudgettering - Ny Anlægsbudgettering på Transportministeriets område"

Der er i forbindelse med udarbejdelse af anlægsoverslag og etableringsomkostninger forudsat anvendelse af principperne i "Hovednotatet for Ny Anlægsbudgettering - Ny Anlægsbudgettering på Transportministeriets område" jf. ref. [14], forkortes NAB. Projektet er på nærværende tidspunkt i en tidlig fase, hvorfor der tages udgangspunkt i afsnit 3 *Fase 1 (forundersøgelser)*. Her står beskrevet, at formålet med fase 1 er at understøtte den politiske beslutningsproces ift. prioritering af investeringer.

Stadiet for projektet er i denne fase meget tidligt og forbundet med manglende viden om de konkrete projektf forhold, som først bliver klarlagt på et mere detaljeret niveau i forbindelse med senere faser af projektet. Derfor skal et anlægsoverslag afspejle denne usikkerhed ved at indregne en korrektionsreserve eller korrektionsfaktor (K1) på 50 % for at tage højde for projektets tidlige stadium og vidensniveau. Projektet er et type 1 projekt, som dækker over projekter, der ikke er vejprojekter.

Udgangspunktet for det samlede overslag baserer sig på estimater og erfaringer på priser, materialer, mængder og ydelser. Hvert delelement eller arbejde medregnes uden yderligere korrektion i hovedposter og summeres op i et overslag for den samlede løsning eller projekt (fysikoverslag). Dertil kommer et tillæg på 15 % for PTA (Projektering, Tilsyn og Administration), som summeres med fysikoverslaget, hvorefter korrektionsfaktoren på 50 % tillægges for at finde det indledende anlægsoverslag svarende til NAB fase-1 niveau.

For udarbejdelse af overslag på driftsomkostninger er dette baseret på en procentsats af fysikoverslaget ekskl. K1-faktor og ekskl. PTA. Til dækning af tilsyn og administration (TA) i driftsfasen er der et tillæg på 50 % af driftsomkostningerne.

Alle prisestimater er ekskl. moms og afrundes op til nærmeste hele 10.000 DKK.

5.2 Anlægssomkostninger

For udarbejdelse af anlægssomkostninger for de enkelte delstrækninger er der taget udgangspunkt i anlægstypologien for den enkelte strækning, hvorfra der er lavet en "bottom-up" analyse, hvor de overordnede mængder og materialer for anlægskonstruktionen er identificeret og kvantificeret. Disse er delt ind i relevante arbejder som f.eks. "udgravning og bortskaffelse af jord" eller "levering og installation af spuns".

Mængderne for de enkelte konstruktioner er beregnet ud fra generelle tekniske tværsnit af den enkelte anlægstypologi på strækningen. Der er generelt beregnet mængder ud fra et overordnet princip grundet projektets tidlige vidensniveau, og at anlægsoverslaget skal lægge sig op ad detaljeringsniveauet angivet i "Ny Anlægsbudgettering på Transportministeriets område". Derfor er der f.eks. ikke skelnet mellem forskellige jordtyper i forbindelse med afgravning, ligesom der for beton er angivet en enhedspris pr. m³ armeret beton og ikke underinddelt i forarbejde, armering og betonvolumen.

For hvert arbejde, materiale eller bygningsdel er der udarbejdet en generel enhedspris. Enhedspriser er så vidt muligt baseret på nutidsværdi (2023), men der gøres opmærksom på, at der i de senere år har været kraftige prisstigninger på både materialer og arbejdsydelser, som har givet anledning til højere prisstigninger end tidligere. De angivne prisestimer er derfor behæftet med en usikkerhed for prisudsving, prisstigninger mv., men er alle bedste vurdering af en repræsentativ pris nu. Priser, som ikke er fundet som 2023 priser, er korrigeret jf. Danmarks Statistiks prisudvikling på stål og beton, ref. [15].

Da næsten alle enhedspriserne er på det specifikke arbejde eller materiale, er der til de samlede udgifter, og beregnet ud fra enhedspriserne, tillagt 10 % til anstilling, afrigning og drift af arbejdsplads. Procentsatsen kan variere afhængigt af entreprisens indhold, lokalitet, udførelsesforhold, adgangsforhold og arbejdsmiljøforhold mm., men grundet det indledende vidensniveau på prisestimerne er det valgt at anvende én fastsat procentsats på 10 % for alle estimer uanset entreprisestørrelse og konstruktionstype med undtagelse af portkonstruktioner på vand. For portkonstruktioner er der kun medtaget 5 % til anstilling, afrigning og drift af arbejdsplads, da prisen for portkonstruktioner på vand generelt indeholder en total omkostning til porten. 5 % dækker da primært omkostninger, som er forbundet med driften af byggepladsen, mens anstilling og afrigning er indeholdt i enhedsprisen for portkonstruktionen.

Der er præsenteret et eksempel på anlægsoverslaget for en delstrækning i afsnit 5.9, hvor enhedspriser kombineres med mængder for at finde anlægsoverslaget for en delstrækning.

For hver delstrækning er der udarbejdet overslag for hver anlægstype på strækningen, som efterfølgende er summeret op i et fysikoverslag for det endelige løsningsforslag for strækningen. De enkelte løsningsforslag og dertilhørende overslag kan være knyttet til basisløsningen eller det alternative løsningsforslag. Fysikoverslaget for hver delstrækning og de underliggende sektioner kan da kombineres således, at den samlede pris for et løsningsforslag kan bestemmes. Dette er præsenteret og beskrevet yderligere under de enkelte delstrækninger i kapitel 6.

I det følgende bliver metoden, hvorpå enhedspriserne er fremkommet, gennemgået på et overordnet plan. Ud over kilderne nævnt, kan priserne være justeret på baggrund af erfaringer fra andre projekter, for at afspejle forholdene og anlægstypen bedst muligt.

5.2.1 Fastsættelse af enhedspris på anlægskonstruktioner, generelt

Alle enhedspriser på materialer og ydelser er anslået bedst muligt og tager udgangspunkt i tidligere erfaringstal fra sammenlignelige projekter og MOLIO Prisdata, ref. [16], eller specifik litteratur herom. Enhedspriserne benyttet kan ses i selve anlægsoverslaget, og omfatter bl.a. enhedspriser for levering og indbygning af jord, bortskaffelse af jord, levering og installering af spuns og ankre mv.

Enhedspriserne er generelle gennemsnitsværdier og erfaringsværdier, som ikke tager hensyn til særlige ønsker eller krav til f.eks. bæredygtige materialer, produktionslande og foretrukne handelspartnere mv., da denne information ikke som udgangspunkt er belyst i materialepriserne i de anvendte kilder for materialepriser.

For jordarbejder skal det nævnes, at der er taget udgangspunkt i en enhedspris, hvor der ikke er medtaget mulig økonomisk gevinst for at modtage eller bortkøre jord, da den økonomiske gevinst ikke entydigt kan kvantificeres. Der er dog foretaget eksempelberegning for anvendelse af overskudsjord, som beskrevet i afsnit 5.5.

5.2.2 Fastsættelse af enhedspris for højvandsporte på vand inkl. støttekonstruktion

Der er for højvandsporte på vand ikke erfaringstal fra Danmark, imens litteraturen angiver studier med udgangspunkt i flere af verdens større stormflodsbarriereanlæg. For denne delundersøgelse er der taget udgangspunkt i prisoverblikket i artiklen af Jonkman et al., 2013 ref. [17] og M. Kluijver ref. [18]. På baggrund af de to referencer er priser for porte samlet og vurderet samt grupperet for at give et repræsentativt overblik over gennemsnitlige anlægspriser på særligt de store portanlæg. Prisen for portanlæggene er ikke afhængige af højden af konstruktionen, da de er baseret på en generel betragtning på tværs af flere portanlæg.

I Tabel 5-1 er opsummeret anlægsomkostningerne for opførelsesåret samt den fremskrevne pris til 2023-priser baseret på Danmarks Statistiks prisudvikling på stål og beton, ref. [15] for hhv. den lodret åbnende port og skydeporten.

Tabel 5-1: Overblik over omkostning baseret på ref. [17] og ref. [18].

Porttype	Overslag, prisniveau 2023
Større højvandsporte for gennemsejling (> ca. 50 m) f.eks. skydeport, lodrette løfteporte, roterende porte	15,5 mio. kr./m
Mellemstore højvandsporte for gennemsejling (ca.25-50 m) f.eks. sidehængslede porte	13,4 mio. kr./m
Mindre til mellemstore højvandsporte med begrænset gennemsejlingsmulighed og integreret vandudskiftestyling (ca.10-25 m) f.eks. lodrette løfteporte	10,0 mio. kr./m
Små højvandsporte med integreret vandudskiftestyling (< ca. 5 m)	3 mio. kr./m

5.2.3 Fastsættelse af enhedspris for højvandsporte/-låger på land

Prissætning af højvandsporte/-låger på land er baseret på input fra industrien, hvor der er indhentet en generel prisvurdering af porte på land.

Der er fundet en omtrentlig pris på 12.000 €/m² svarende til ca. 90.000 kr./m² for højvandsporte/-låger på land med en sikringshøjde over terræn på op til ca. 3 m. Højeste port på land defineret i forundersøgelsen er knap 4 m, hvorfor prisen er fundet tilstrækkelig retvisende for overslaget.

I kommende projektfaser kan det med fordel undersøges, om lokal terrænregulering kunne hjælpe det permanente sikringsniveau, således lukkefrekvens begrænses til større og mere sjældne hændelser.

5.3 Omkostninger for Projektering, Tilsyn og Administration (PTA)

Der er medtaget omkostninger til projektering, tilsyn og administration (PTA) som en fast procentsats af anlægsomkostningerne svarende til 15 % ift. fysikoverslaget. Denne procentsats er defineret af projektet.

Omkostningerne dækker over projekteringsomkostninger i forbindelse med detaljeret design samt undersøgelser direkte relateret hertil, tilsyn og ingeniørydelser under udførelse samt administration forbundet med projektet.

Der er i faktoren ikke indregnet økonomi for mulige forundersøgelser som konceptstudier, projektforslag, miljøkonsekvensvurderinger mv.

PTA medregnes som en post i anlægsoverslaget, før korrektionsfaktor $K1=50\%$ indregnes.

5.4 Drifts- og vedligeholdelseskostninger

Der er for overslag af drifts- og vedligeholdelseskostninger taget udgangspunkt i generelle erfaringer fra ref. [17] og [10] samt øvrige generelle erfaringer.

Driftsomkostningerne indeholder omkostninger til materialer og entreprenørydelser for generel drift og vedligehold samt større udbedringer gennem levetiden af konstruktionen. Derfor er den angivne årlige økonomi ikke nødvendigvis ensbetydende med en årlig udgift hvert år, men skal ses som et gennemsnit over konstruktionens levetid, hvor driftsomkostningerne må forventes at øges med tiden.

Omkostninger til materialer og entreprenørydelser er taget som en procentsats ift. fysikoverslaget. Procentsatsen er vurderet ud fra anlægstypen og kompleksiteten af denne. Alle anvendte procentsatser for drift- og vedligeholdelseskostninger er givet i Tabel 5-2.

Alle procentsatser jf. ovenstående er tillagt et tillæg på $+50\%$ for at tage højde for administrative omkostninger ud over selve omkostninger på materialer, entreprenørydelser mv., som derved udgør den samlede omkostning til drift og vedligehold.

Da omkostningerne til drift og vedligehold er taget som en procentsats af fysikoverslaget ekskl. PTA, har typologier med samme procentsats ikke nødvendigvis samme omkostning til drift og vedligehold. For eksempel er der for porte på land og på vand angivet den samme procentsats, men da anlægssomkostningerne til porte på vand er væsentlig større, vil drift- og vedligeholdelseskostningerne naturligvis ligeledes være større.

Det bemærkes, at estimeringen af drift- og vedligeholdelseskostningerne ikke indeholder andre større omkostninger til organisation, herunder drift og vedligehold af prognosemodeller og varslings tjenester m.v. Ved større anlæg, der inkluderer stormflodspor, kan denne post være betydelig.

Tabel 5-2: Drift- og vedligeholdelseskostninger for hver anlægstype, givet som procentsats af fysikoverslaget.

Anlægstype	Udgift til materialer og ydelser for vedligehold som procentsats af fysikoverslaget per år	Samlet omkostning til drift og vedligehold som procentsats af fysikoverslaget per år inkl. $+50\%$ til administration	Bemærkninger vedr. opgaver og arbejder i forbindelse med drift og vedligehold
Tilbagetrukket dige - dige uden stenkastning	1,0 %	1,5 %	Vedligehold af vegetation, adgangsveje samt løbende besigtigelser samt udbedringer ved erosioner og mindre sætninger.
Kystnært dige - dige inkl. stenkastning	0,5%	0,75%	Vedligehold af adgangsveje og i mindre grad vegetation samt løbende

			besigtigelser samt udbedringer ved erosioner og mindre sætninger på stensætning.
Højvandsmur	0,5 %	0,75 %	Periodiske syn og udbedringer af frostska-der, generelle skader og fuger i by-nære områder, hvor dette typisk kan opstå grundet saltning eller fysisk påvirkning fra bl.a. påkørsler.
Højvandsmur inkl. landskabsintegrering	1,0 %	1,5 %	Periodiske syn og udbedringer af frostska-der, generelle skader og fuger i by-nære områder, hvor dette typisk kan opstå grundet saltning eller fysisk påvirkning fra bl.a. påkørsler. Desuden kommer hertil vedligehold af vegetation i landskabsintegreringen.
Højvandsmur inkl. byrumsintegrering	0,5 %	0,75 %	Periodiske syn og udbedringer af frostska-der, generelle skader og fuger i by-nære områder, hvor dette typisk kan opstå grundet saltning eller fysisk påvirkning fra bl.a. påkørsler.
Højvandsmur inkl. bygningsintegrering	0,5 %	0,75 %	Periodiske syn og udbedringer af frostska-der, generelle skader og fuger i by-nære områder, hvor dette typisk kan opstå grundet saltning eller fysisk påvirkning fra bl.a. påkørsler.
Højvandsporte/- låger på land	2,0 %	3,0 %	Drift og vedligehold af alle bevægelige dele som hydraulik og lejer, automatiske systemer, beredskabstest mv. Desuden generelt vedligehold af sidekonstruktioner.
Vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige	2,0 %	3,0 %	Generel landskabspleje inkl. omkostninger til genopbygning grundet erosion under stormflod.
Kystlandskab på land og vand, spredt vegetation, uden stenkastning	2,0 %	3,0 %	Vedligehold af landskabet ved sandfodring, da landskabet er dynamisk og ikke en hård sikringskonstruktion. Derudover generelt vedligehold af evt. vegetation og landskabspleje.
Kystlandskab på land og vand, spredt vegetation, med stenkastning	2,0 %	3,0 %	Økonomi til vedligehold af landskabet ved sandfodring er medtaget, selvom erosion minimeres grundet stenkastning, da anlægstypen benyttes som overgang mellem et dige eller mindre eksponeret kystlandskab. Dette kan også give udgifter til udbedring af stenkastning. Derudover generelt vedligehold af evt. vegetation og landskabspleje.
Højvandsporte på vand inkl. støttekonstruktioner	2,0 %	3,0 %	Drift og vedligehold af alle bevægelige dele som hydraulik og lejer, automatiske

			systemer, beredskabstest mv. Desuden generelt vedligehold af sidekonstruktioner. Vedligeholdsomkostningerne for porte baserer sig på ref. [17] og [18]
Spunscelledæmninger	0,5 %	0,75 %	Vedligehold af adgangsveje og i mindre grad vegetation samt løbende besigtigelser. Yderligere kan der være vedligehold af katodisk beskyttelse, hvis spunscellen står i vand, eller vedligehold af maling, hvis spunsen står på land som en del af et byrum.
Spunscelledæmning inkl. stenkastning	0,5 %	0,75 %	Vedligehold af adgangsveje og i mindre grad vegetation samt løbende besigtigelser. Yderligere kan der være vedligehold af katodisk beskyttelse på den ene side, hvis spunscellen står i vand, eller vedligehold af maling, hvis spunsen står på land som del af et byrum. På den anden af side, kan der være mindre omkostninger til vedligehold af stenkastning

5.5 Anvendelse af overskudsjord

For overslag af mulige gevinstrealiseringer har det været et ønske fra forundersøgelsens parter indledningsvist at afdække muligheder for anvendelse af overskudsjord med udsigt til en prisnedsættelse eller fortjeneste.

En vurdering af egnede anlægstyper og de nødvendige materialer behøvet for etablering stormflodssikringsanlægget er foretaget, og det er indledningsvist antaget, at op til 80 % af jordmaterialerne potentielt kan erstattes med anvendelse af overskudsjord, såfremt overskudsjorden består af kompetente postglaciale eller glaciale aflejringer eller fyldjord af god kvalitet uden rester af organisk materiale. Følgende anlægstypologier er udpeget som egnede til anvendelse af overskudsjord:

- Diger uden stenkastning
- Diger med stenkastning
- Vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige
- Højvandsmure med landskabsintegrering

Den mulige besparelse ved at indregne anvendelse af jord er baseret på 100 kr./ton jord. For omregning fra ton til m³ er antaget 1,5 ton/m³ svarende til 150 kr./m³. I anlægsoverslaget er denne besparelse fundet som summen af 80 %-reduktion i omkostning på nyanskaffelsespris og 80 % volumen af jord x 150 kr./m³.

5.6 Arealerhvervelse

For at kunne give et overslag på mulige omkostninger forbundet med arealerhvervelse til stormflodssikringsanlæggene er der tillagt en omkostning svarende til 3 % af det samlede fysikoverslag inkl. PTA.

5.7 Undersøgelser

Der er i projektet synliggjort de forventede omkostninger for undersøgelser. Dette dækker over miljøkonsekvensvurderinger, forundersøgelser på land og vand, feltstudier mv. som måtte ligge forud for den egentlige projektering indeholdt under PTA. Omkostningerne til undersøgelser er fastlagt til 5 % af fysikoverslaget inkl. PTA.

5.8 Beskrivelse af risici

Indledende prissætning af anlægsokonomien indeholder en del usikkerheder og risici, hvorfor de væsentligste risici identificeres jf. "Hovednotatet for Ny Anlægsbudgettering - Ny Anlægsbudgettering på Transportministeriets område". Dette afsnit lister de identificerede risici, og de væsentligste følsomheder for anlægssomkostningerne på dette stadie beskrives, f.eks. prisudvikling på materialer, materialetype og materialetilgængelighed.

Herudover vil den videre proces i forhold til organisering, ejerforhold, finansiering, designbearbejdning og myndighedsbehandling samt evt. krav til kvalitet eller/og certificeringer kunne påvirke anlægsoverslaget betydeligt.

Manglende organisation for ejerskab ift. drift og vedligehold af sikringsanlæg

Der er på nuværende tidspunkt ikke nogen organisation med det entydige formål af være ejer og ansvarlig for drift og vedligehold af sikringsanlægget. Det påvirker ikke nødvendigvis anlægsoverslaget betydeligt på nuværende tidspunkt, men alt andet lige vil en dedikeret organisation med ekspertviden og kendskab til anlæggelse, drift og vedligehold have bedre forudsætninger for at skabe rammer og styre en proces for forundersøgelser og de videre projektfaser frem til anlægsfasen og efterfølgende videre i driftsfasen samt evt. ifm. fremtidige reinvesteringer og udbygninger, som en del af en adaptiv strategi.

Anlægspriser – materialepris udvikling

Der er taget udgangspunkt i prisindekset fra 2023. Der er en naturlig risiko for en generel prisudvikling på materialer og ydelser, som kan ses som en risiko for anlægsoverslaget. Jo længere ud i fremtiden, det opstillede anlægsoverslag benyttes, jo større er risikoen for, at overslaget ikke er dækkende uden, at der foretages en indeksregulering svarende til 2023 som referencetidspunkt.

Bestemmelse af omkostninger til drift og vedligehold

Der er ikke væsentlige erfaringer med drifts- og vedligehold af stormflodssikringsanlæg med porte og konstruktioner af det omfang, som er præsenteret af forundersøgelsen. Prissætning af drifts- og vedligeholdssomkostninger er derfor primært baseret på internationale referencer og typisk baseret på en procentsats af den samlede anlægssum. Forhold som porttype, lønforhold, priser på materialer og ydelser af lokale virksomheder og driftsorganisation er alle væsentlige faktorer, som kan påvirke driftsoekonomien. Yderligere er antallet af lukninger og et stigende vandspejl samtidig med til at give usikkerhed på omkostninger til drift og vedligehold.

Anvendelse og genanvendelse af jord

Jf. ønske fra forundersøgelsens parter er der indledningsvist udarbejdet et eksempel for anvendelse af overskudsjord. Eksemplet indeholder en screening af, hvilke anlægstyper som vurderes at kunne indbygges- og/eller opbygges af overskudsjord, samt i hvor stor grad dele af den nødvendige jord kan erstatte ren jord markedspriser.

I vurderingen er det ikke medtaget, om jord på anlægstidspunktet ville kunne skaffes i den egnede kvalitet, hvilket udgør en risiko for den mulige estimerede gevinstrealisering ved

anvendelsen. Herudover er det ikke afdækket, om andre materialer lokalt vil kunne genanvendes, for eksempel sten fra eksisterende stenkastning.

Bæredygtighedskrav

For rammesætning af forundersøgelsen og i relation til prissætningen jf. NAB-1 niveau, er der ikke fremsat krav, som strækker sig ud over gennemsnitlige vurdering, erfaringer og referencer mht. materialevalg og prissætning heraf. Tilføjelse af bæredygtighedskrav fremadrettet kan påvirke anlægsøkonomien. Konkret kan det nævnes, at det økonomiske overslag tager udgangspunkt i ydelser og materialer, hvor almindelige betingelser og standarder er lagt til grund for beregningerne. For eksempel indgår der stål i nogle af de foreslåede konstruktioner, men i de videre faser kan det specificeres, hvilken type stål der ønskes. Der kan f.eks. sættes krav til et den samlede CO₂ belastning, som kan række ud over end nuværende branchestandarder og prisindeks, f.eks. fordi der anvendes genanvendt stål og fossilfri energi ved forarbejdning for opnåelse af krav til CO₂ belastning. Der er potentialer for at folde bæredygtighedspotentialerne ud, men det forudsætter, at der sættes overordnede ambitioner for flere bæredygtighedsteamaer, og at afklaring af mulighederne sættes under lup i videre tiltag.

Adaptiv udbygning

Anlægsoverslaget er beregnet på baggrund af, at anlægget etableres til den specificerede designhændelse på anlægstidspunktet, hvorfor der ikke er taget højde for en gradvis implementering og opbygning op mod sikringsniveauet svarende til designhændelsen, ligesom der ikke er indregnet økonomi til ombygninger. Der er således ikke medtaget ekstra omkostninger til projektering, anstilling af flere omgange etc. Men blot medtaget økonomi ift. opførelsen af anlægget til designhændelse for 2075, som dog kan ske over en længere årrække, f.eks. 30 år.

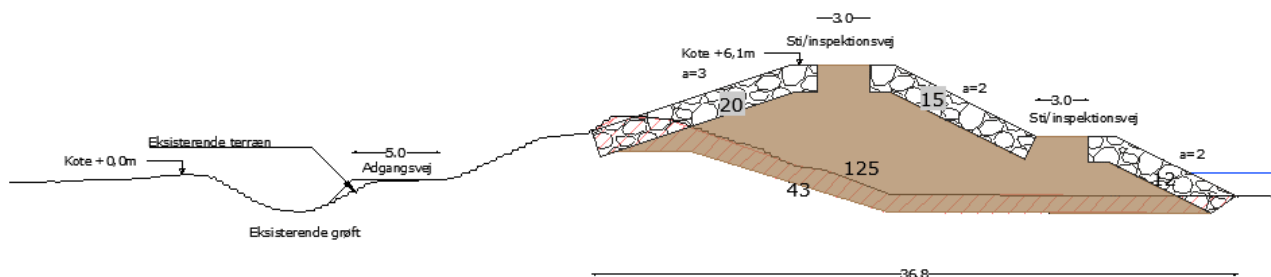
5.8.1 Samlet projektøkonomi

For at opnå et mere retvisende billede af omkostningerne forbundet med etablering af stormflodssikring kan andre poster være afgørende for estimeringen af den samlede projektøkonomi for realisering. Det er:

- Projektbearbejdning, herunder design, bruger- og interessentinddragelse, udførsel af geotekniske undersøgelser, gennemførelse af miljøstudier, herunder screeninger og konsekvensvurderinger, projektledelse og -styring, kommunikation, sagsbehandling, evt. erstatningsnatur m.v.
- Større udgifter forbundet med komplekse ledningskrydsninger eller ledningsomlægninger, som ligger ud over 'traditionelle omlægningsudgifter'
- Mulighed for genanvendelse af materialer lokalt ved afgravning og omdannelse af eksisterende konstruktioner.
- Klimasikring af anlægget, herunder negativ påvirkning fra andre klimafarer eller samtidige hændelser.

5.9 Eksempel på prissætning af anlægstype

Der er medtaget et eksempel på anlægsoverslag af sektion 1.16 for at synliggøre, hvorledes enhedspriserne og mængderne spiller ind i den samlede prissætning for en delstrækning. I Figur 5-1 er tværsnitsgeometrien for anlægstypologien vist. I Tabel 5-3 er arbejder og mængder opgivet og kombineret med de respektive enhedspriser til et overslag. Dette summeres op til en fysikoverslag. Fysikoverslaget skal da tillægges PTA på 15 % og K1-faktor på 50 % for at finde anlægsoverslaget.



Figur 5-1: Sektionsspecifikt tværsnit benyttet til anlægsoverslag for anlægstypen: kystnært dige inkl. stenkastning for sektion 1.16, en del af delstrækning 1. Længden af sektionstrækningen er 688 m.

Tabel 5-3: Eksempel på sektionsspecifikt fysikoverslag for sektionstrækningen 1.16, en del af delstrækning 1.

Arbejder	Enhed	Antal	Enhedspris kr. ekskl. moms	Overslag kr. ekskl. moms
Afgravning og bortskaffelse af uegnet jord ned til bund af dige	m3	29584	150	4.440.000
Opbygning af jorddiger inkl. levering og indbygning af sand og ler mv.	m3	86000	250	21.500.000
Etablering af vækstlag og græs/vegetation	m2	7938	80	640.000
Dæksten	m3	32336	800	25.870.000
Levering, gravning, lægning og omkringfyldning af dræn bag diger inkl. Nødvendige antal inspektions- og spulebrønde	lbm	688	280	200.000
Anstilling, byggepladsrydning og forberedelse af arbejder	sum	1	10%	5.270.000
Fysikoverslag				57.920.000
Meter pris				85.000
Drift og vedligeholdelseskostninger (per år) inkl. +50% TA faktor			0,50%	440.000
Prisreduktion ved anvendelse af overskudsjord				27.520.000

Tabel 5-4: Eksempel på beregning af anlægsoverslag mv. på baggrund af fysikoverslag for sektionstrækningen 1.16, en del af delstrækning 1. Bemærk at afrunding til nærmest 10.000 har fundet sted i mellemregninger.

Strækning	Fysikoverslag	PTA (15 % af fysikoverslag)	Fysikoverslag + PTA	Anlægsoverslag (Fysikoverslag inkl. PTA inkl. K1)
	[DKK]	[DKK]	[DKK]	[DKK]
1.16	57.920.000	8.688.000	66.608.000	99.920.000

6. TEKNISKE SPECIFIKATIONER OG ANLÆGSOVERSLAG IFT. LØSNINGSTYPOLOGI PER DELSTRÆKNING

Der er for hver delstrækning foretaget valg med hensyn til både designforudsætninger og anlægstypologi. Specifikke valg og overvejelser for hver delstrækning er overordnet beskrevet og præsenteret i tabelform. Tabellerne indeholder forudsætninger og antagelser, som ligger til grund for bølgetillæg, samt bemærkninger eller antagelser for anlægstypen på delstrækningens sektioner, ligesom der er knyttet kommentarer til forhold, som måtte have påvirkning på prissætningen.

For hver sektion af delstrækningen er der angivet en løsningsstrategi, som enten kan være en del af basisløsningen og/eller det alternative løsningsforslag. For at sikre en samlet effektiv sikring for hele delstrækningen indgår dele af basisløsningen derfor også i en samlet alternativ løsning.

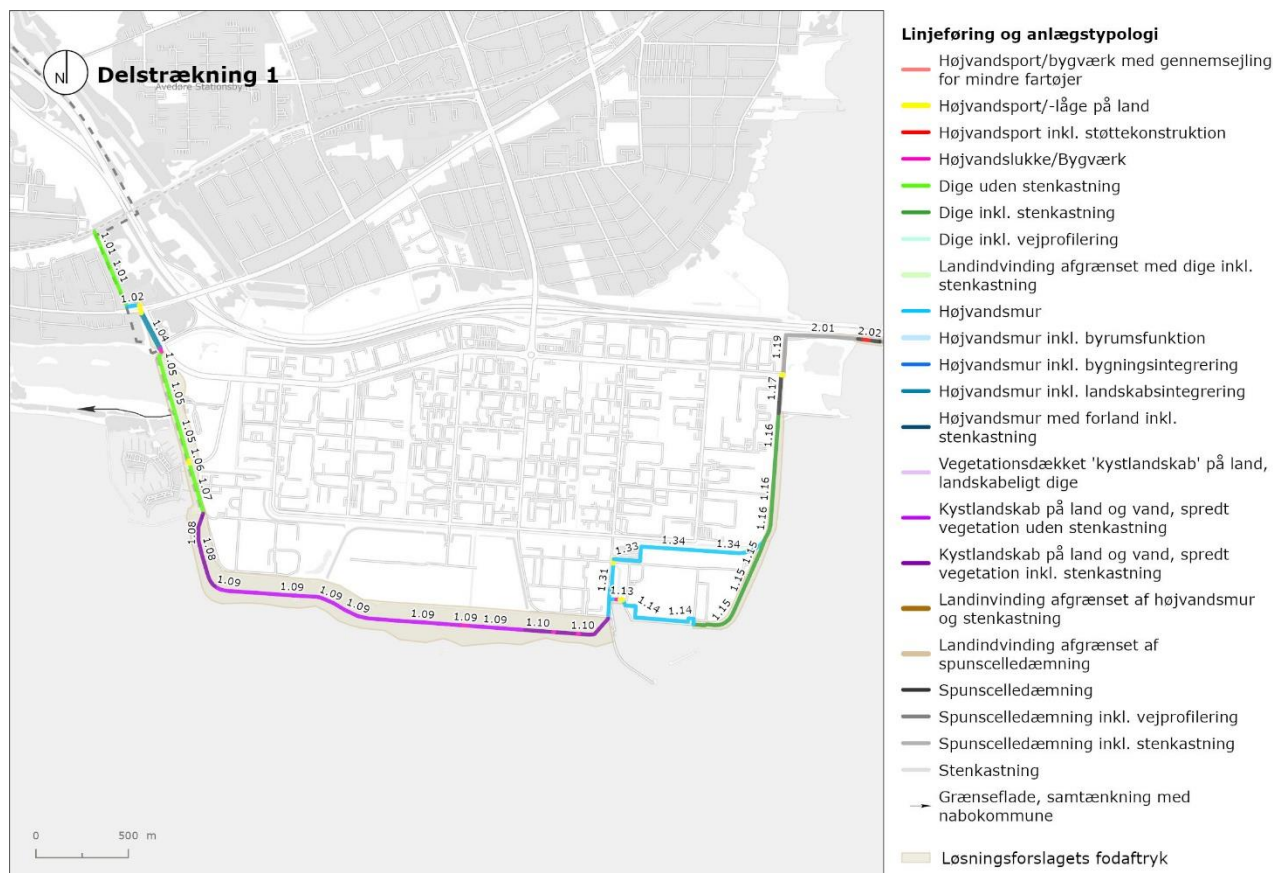
B = sektionen er en del af basisløsningen

A = sektionen er en del af en alternativ løsning

B + A = sektionen er både en del af basisløsningen og en alternativ løsning

6.1 Delstrækning 1: Avedøre Holme

Delstrækning 1 løber fra kommunegrænsen mellem Brøndby Kommune og Hvidovre Kommune, syd om Avedøre Holme og op til Amagermotorvejen ved Sorterendebroen. Linjeføringen og anlægstypologi er indikeret i Figur 6-1. Delstrækningen indeholder både et forslag til en basisløsning og en alternativ løsning. Delstrækningen er således opdelt i sektioner som resultat af skiftende designforudsætninger og anlægstypologi i relation til løsningsstrategien. Løsningsforslaget afsluttes langs kommunegrænsen jf. kommissoriet, men i videre bearbejdningsfaser ventes løsningsrummet af skulle afdækkes med nabokommunen, hvorved sektion 1.01-1.05, meget vel udgår eller modificeres, således en ydre perimeter langs kysten i pilens retning vælges. For nuværende er der således ikke foretaget koordinering med tilstødende sikringsanlæg i nabokommunen Brøndby.



Figur 6-1: Overblikskort over linjeføring og anlægstypologi for delstrækning 1

6.1.1 Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion

Tabel 6-1 giver et overblik over forudsætningerne og antagelserne for beregning af bølgeforld, herunder bølgetillæg for sektionerne langs delstrækningen samt forudsætninger for konstruktioner og anlæg på delstrækningen.

Tabel 6-1: Bemærkninger til bølgetillæg og konstruktioner på Delstrækning 1.

Delstræknings-sektion	Bølgetillæg	Anlæg
1.01 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden er dydbegrænset af det foranliggende terræn samt tætliggende bygninger. Det vurderes, at bølgehøjden maksimalt vil være 0,5 m. Bølger vurderes at løbe nærmest parallelt med konstruktionen, og der indregnes derfor kraftigt skråt indfald.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Grundet pladsforhold har det været nødvendigt at gøre hældningen mere stejl på den ydre skråning. Hældningen er derfor ændret fra standard 1:6 til en stejlere hældning på 1:3. Dette vurderes muligt ift. bølgeforholdene.
1.02 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden er dydbegrænset af det foranliggende terræn samt nærliggende bygninger. Det vurderes, at bølgehøjden maksimalt vil være 0,5 m. Der indregnes direkte indfald af bølger på denne del.	Anlægstypen er en højvandsmur. Ingen yderligere bemærkninger.
1.03 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden er dydbegrænset af det foranliggende terræn samt nærliggende bygninger. Det vurderes, at bølgehøjden maksimalt vil være 0,5 m. Bølger vurderes at løbe nærmest parallelt med konstruktionen, og der indregnes derfor kraftigt skråt indfald.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Afstanden på tværs af vejen gør en port i én sektion for lang. Derfor er det forudsat, at porten laves som en dobbelt port. Dette påvirker i imidlertid ikke prissætningen.
1.04 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden er dydbegrænset af Brøndby Havns landområde areal samt den vegetationsbeklædte vold nord for havnen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til +2,5 m. Bølger vurderes at løbe nært parallelt med konstruktionen, og der indregnes derfor kraftigt skråt indfald.	Anlægstypen er højvandsmur inkl. landskabsintegrering. Begrænset pladsforhold gør, at der ikke kan laves et alm. dige i fuld bredde, hvorfor en højvandsmur inkl. landskabsintegrering er valgt. Gennemstrømningsbygværk med kontraklap findes på sektionstrækningen og er medtaget i sektionstrækningsprisen.
1.05 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden er dydbegrænset af Brøndby Havns landområde areal samt den vegetationsbeklædte vold nord for havnen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til +2,5 m. Bølger vurderes at løbe nært parallelt med konstruktionen, og der indregnes derfor kraftigt skråt indfald.	Anlægstypen er et dige. Ingen bemærkninger
1.06 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses/bryder grundet molerne ved Brøndby Havn med anslået topkote i +2,0 m DVR90. Lokalt foran højvandsporten findes dog en ca. 50 m bred højderyg med kote i min. +3,4, hvilket dydbegrænser bølgen yderligere. Bølger vurderes at løbe nært parallelt med konstruktionen, og der indregnes derfor kraftigt skråt indfald.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Det er valgt at prissætte en højvandsport/-låge, da det på nuværende stadi er usikkert, om en adgangsvej kan udformes hen over diget på en sådan måde, at større trailere til både fortsat kan have adgang til havnen.
1.07 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden er dydbegrænset af foranliggende havneareal ved Brøndby Havn. Lokalt for denne strækning indregnes desuden lokal højderyg ved ydermolens begyndelse. Repræsentativ kote for dydbegrænsning fastsættes til +2,5 m. Bølger vurderes at løbe nært parallelt med konstruktionen, og der indregnes derfor kraftigt skråt indfald.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Diger er foreslået placeret ud i havnebassinet, da der ikke plads til den anden side. Dette betyder delvis opfyldning af havnebassinet. Dette kræver koordinering med Strandparken I/S og Brøndby Kommune
1.08 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes til kote -3,0 m. Bølgehøjden dydbegrænses ikke. Der regnes med skråt indfald svarende til, at bølger løber parallelt med konstruktionen.	Anlægstypen er et kystlandskab på land og vand inkl. stenkastning. Landskabet kommer fra et dige, som bliver gradvist bredere, ind til landskabet har fuld bredde. Der er specificeret en stenkastning for at sikre kronen i under bølgeaktivitet ved stormflod, mens den generelle opbygning har almindelige dynamiske kystprocesser som et kystlandskab, dvs. erosion.

1.09 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes til kote -3,0 m. Bølgehøjden dydbegrænses ikke. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er kystlandskab på land og vand uden stenkastning. Gennemstrømningsbygværk med kontraklap er medtaget i sektionstrækningsprisen.
1.10 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes til kote -3,0 m. Bølgehøjden dydbegrænses ikke. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et kystlandskab på land og vand inkl. stenkastning. Landskabet afgrænses af havnens ydermole og bevæger sig derefter over i en højvandsmur for den tilstødende delstrækningssektion. Der er derfor specificeret en stenkastning for at sikre kronen i under bølgeaktivitet ved stormflod, mens den generelle opbygning har almindelige dynamiske kystprocesser som et kystlandskab, dvs. erosion. 2 gennemstrømningsbygværk med kontraklap er indeholdt i sektionsprisen.
1.11 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden brydes/dydbegrænses af foranliggende ydermoler med topkoten i ca. +1,0 m. Grundet kompleks geometri og brydning antages der direkte bølgeindfald.	Anlægstypen er højvandsmur. Ingen yderligere bemærkninger
1.12 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden brydes/dydbegrænses af foranliggende ydermoler med topkoten i ca. +1,0 m. Grundet kompleks geometri og brydning antages der direkte bølgeindfald.	Anlægstypen er højvandsmur. Et stk. gennemstrømningsbygværk med kontraklap er medtaget i sektionsprisen.
1.13 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden brydes/dydbegrænses af foranliggende ydermoler med topkoten i ca. +1,0 m. Grundet kompleks geometri og brydning antages der direkte bølgeindfald.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Ingen yderligere bemærkninger
1.14 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden brydes/dydbegrænses af foranliggende ydermoler med topkoten i ca. +1,0 m. Grundet kompleks geometri og brydning antages der direkte bølgeindfald.	Anlægstypen er højvandsmur. Den nødvendige sikringshøjde giver en konstruktion på 4,5 m over eksisterende terræn. Det er vurderet, at med den valgte placering af højvandsmuren vil det være muligt at benytte kajen i den nuværende anvendelse med de eksisterende kraner, da der allerede findes betonstøttevægge med lignende højde for det eksisterende kul/brændselsdepot. Der kan være behov for pælefunderet højvandsmur, men generelt er der for i prissætningsperspektiv fundet, at typologien for en alm. højvandsmur vil være passende.
1.15 <i>Basisløsning</i>	Der forventes et ske et energitab i Sorterenden og Kalvebodløbet. Det er indledningsvist antaget, at bølgehøjden i løbet svarer til 80 % af indkomne bølgehøjde. Der indregnes skråt indfald.	Anlægstypen er dige inkl. stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.
1.16 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Der forventes et ske et energitab i Sorterenden og Kalvebodløbet. Det er indledningsvist antaget, at bølgehøjden i løbet svarer til 80 % af indkomne bølgehøjde. Der indregnes skråt indfald.	Anlægstypen er dige inkl. stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.
1.17 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden brydes/dydbegrænses af foranliggende terræn ved Avedøre Sten og Grus. Terrænkoten anslået til +2,25 m.	Anlægstypen er spunscedæmning. Dette er valgt grundet pladsforholdene.
1.18 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden brydes/dydbegrænses af foranliggende terræn ved Avedøre Sten og Grus. Terrænkoten er anslået til +2,25 m. Der vurderes at forekomme kraftigt skråt indfald, hvilket medregnes i bestemmelsen af bølgetillægget.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Der er valgt en port for nuværende grundet pladsforhold, men det kan muligvis konverteres til en rampe for at sikre adgang hen over spunscedæmningen.
1.19 <i>Basisløsning +</i>	Bølgehøjden brydes/dydbegrænses af foranliggende terræn ved Avedøre Sten	Anlægstypen er spunscedæmning. Dette er valgt grundet pladsforholdene.

<i>Alternativ løsning</i>	og Grus. Terrænkoten er anslået til +2,25 m. Der vurderes at forekomme kraftigt skråt indfald, hvilket medregnes i bestemmelsen af bølgetillægget.	Yderligere vil en spunselledæmning give mulighed for inspektion og adgangsvej til portkonstruktionen i delstrækning 2. Spuns-celledæmningen skal derfor føres op til niveau med sidekonstruktionerne i delstrækning 2.
1.31 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet umiddelbart foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til +3,0 m. Grundet kompleks geometri og brydning antages der direkte bølgeindfald (konservativt).	Anlægstypen er en højvandsmur. Alternativet består i en alternativ linjeføring for at gøre bedre brug af det eksisterende terræn og påvirke kajen mindre. Til gengæld er et større området uden for sikringen.
1.32 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet umiddelbart foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til +3,0 m. Grundet kompleks geometri og brydning antages der direkte bølgeindfald (konservativt).	Anlægstypen er en højvandsport/-lås på land. Alternativet består i en alternativ linjeføring for at gøre bedre brug af det eksisterende terræn og påvirke kajen mindre. Til gengæld er et større området uden for sikringen.
1.33 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet umiddelbart foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til +3,0 m. Der indregnes direkte indfald på denne del.	Anlægstypen er en højvandsmur. Alternativet består i en alternativ linjeføring for at gøre bedre brug af det eksisterende terræn og påvirke kajen mindre. Til gengæld er et større området uden for sikringen.
1.34 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af foranliggende terræn. Forlandets udformning er komplekst og med flere, smalle jordvolde med topkote som overstiger designvandstanden. Bølgepåvirkning på denne delstrækning forventes derfor at være stærkt begrænset. Der indregnes derfor en maksimal bølgehøjde på 0,5 m. Der indregnes direkte indfald på denne del.	Anlægstypen er en højvandsmur. Alternativet består i en alternativ linjeføring for at gøre bedre brug af det eksisterende terræn og påvirke kajen mindre. Til gengæld er et større området uden for sikringen.

6.1.2 Pris og nøgletal

Tabel 6-2 nedenfor giver et overblik over estimerede omkostninger for delstrækningen og dens underopdelte sektioner. Delstrækningen indeholder både et forslag til en basisløsning og en alternativ løsning. Øverst i tabellen er angivet den totale delstrækningens længde, det totale anlægsoverslag og de totale årlige drifts- og vedligeholdelseskostninger for basisløsningen og det alternative løsningsforslag.

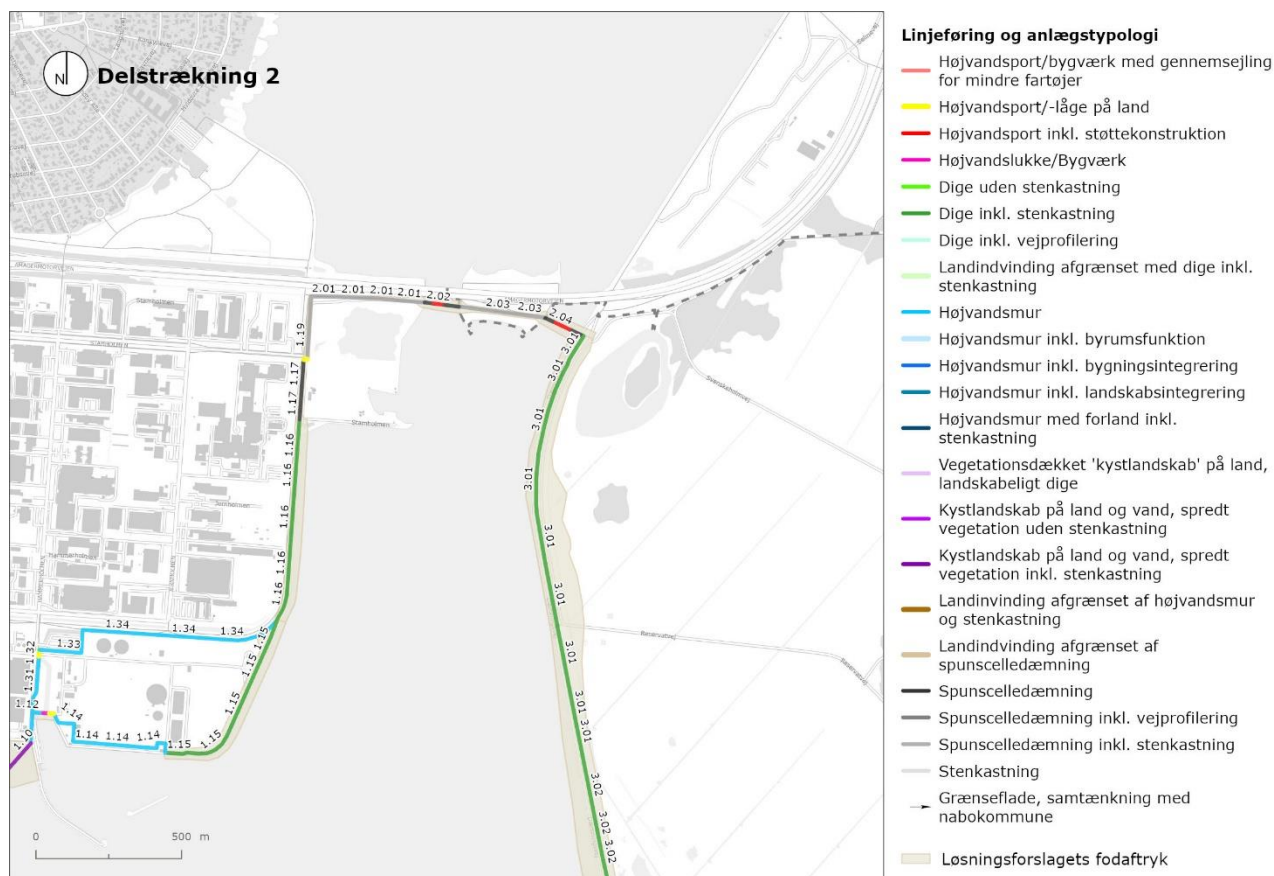
Alle prisoverslag er givet inkl. korrektionsreserven på $K1=50\%$ jf. beskrivelsen i afsnit 5.1

Tabel 6-2: Nøgletalsoversigt over anlægsoverslag samt drifts- og vedligeholdelseskostninger for delstrækning 1, jf. NAB 1-niveau inkl. 15 % PTA og ekskl. moms.

Basisløsning, B				6,8 km	1.163 mio. kr.	14,2 mio. kr.
Alternativ løsning, A				6,7 km	1.035 mio. kr.	13,7 mio. kr.
Sek-tion	Løs-nings-strategi	Anlægstype	Sik-rings-niveau	Længde	Anlægs-overslag jf. NAB 1-niveau	Drifts- og vedlige-holdsom-kostninger
Nr.	-	-	[m DVR90]	[m]	[DKK]	[DKK/år]
1.01	B + A	Dige uden stenkastning	4,9	443	6.820.000	60.000
1.02	B + A	Højvandsmur	5,0	70	4.940.000	30.000
1.03	B + A	Højvandsport/-låge på land	4,8	43	21.220.000	370.000
1.04	B + A	Højvandsmur inkl. landskabsintegrering	5,9	239	64.900.000	570.000
1.05	B + A	Dige uden stenkastning	5,6	614	55.690.000	490.000
1.06	B + A	Højvandsport/-låge på land	4,8	14	3.470.000	70.000
1.07	B + A	Dige uden stenkastning	5,6	280	33.470.000	300.000
1.08	B + A	Kystlandskab på land og vand, spredt vege-tation inkl. stenkast-ning	5,6	420	57.840.000	1.010.000
1.09	B + A	Kystlandskab på land og vand, spredt vege-tation uden stenkast-ning	6,4	1712	416.020.000	7.240.000
1.10	B + A	Kystlandskab på land og vand, spredt vege-tation inkl. stenkast-ning	5,9	494	127.810.000	2.230.000
1.11	B + A	Højvandsmur	6,7	100	10.600.000	50.000
1.12	B	Højvandsmur	6,7	59	49.430.000	220.000
1.13	B	Højvandsport/-låge på land	6,7	15	7.410.000	130.000
1.14	B	Højvandsmur	6,7	519	63.430.000	280.000
1.15	B	Dige inkl. stenkastning	6,1	682	99.500.000	440.000
1.16	B + A	Dige inkl. stenkastning	6,1	688	99.920.000	440.000
1.17	B + A	Spunscelledæmning	5,9	208	16.600.000	80.000
1.18	B + A	Højvandsport/-låge på land	5,9	13	6.420.000	120.000
1.19	B + A	Spunscelledæmning	5,9	216	17.240.000	80.000
1.31	A	Højvandsmur	5,5	196	17.530.000	80.000
1.32	A	Højvandsport/-låge på land	5,5	22	10.870.000	190.000
1.33	A	Højvandsmur	5,5	224	13.800.000	60.000
1.34	A	Højvandsmur	5,0	694	49.860.000	220.000

6.2 Delstrækning 2: Kalveboderne

Delstrækning 2 løber fra Avedøre Holme ved Amagermotorvejen til Vestamager, hen over Sor-terenden og Kalvebodløbet. Linjeføringen og anlægstypologi er indikeret i Figur 6-2. Delstræk-ningen indeholder et forslag til en basisløsning. Delstrækningen er således opdelt i sektioner som resultat af skiftende designforudsætninger og anlægstypologi i relation til løsningsstrate-gien.



Figur 6-2: Overblikskort over linjeføring og anlægstypologi for delstrækning 2

6.2.1 Åbninger for vandgennemstrømning og sejlads

Delundersøgelsen har søgt at identificere løsningskonfigurationer, som kunne være anlægsøkonomiske fordelagtige under hensyntagen til at sikre minimal påvirkning på Natura 2000-området og vandmiljøet. Der findes en uddybet sejlrende i Kalvebodløbet, hvor gennemsejlingsbredden under Kalvebodbroen er 35 m i hhv. nordlig og sydlig retning mellem understøtningerne, mens gennemsejlingshøjden er op til 16 m. For at beholde de eksisterende gennemsejlingsmuligheder er der som udgangspunkt behov en portåbning på min. 35 m og fri gennemsejlingshøjde op til 16 m for ikke at påvirke mulighederne for den generelle sejlads, der kan finde sted i dag. Da det primært er lystbåde, som sejler under broen og ikke kommerciel skibstrafik, kan portåbningen forventeligt gøres mindre i forhold hertil, f.eks. 20-30 m, men dette vil begrænse adgangen med større skibe, sejlskibe uden motor og større materiel til f.eks. vedligehold af broer længere inde mod København samt begrænse muligheden for fremtidige aktiviteter. Dog vil sejladsen allerede i dag blive begrænset af den eksisterende "Amagerbro", som er en banebro hen over vandet lige nord for Sydhavnstippen med gennemsejlingshøjde 3 m.

Derfor kan en begrænsning af gennemsejlingsbredde og højde ved Kalvebodbroen vise sig at have minimal påvirkning. En beslutning om mulig begrænsning af gennemsejlingsbredde og højde skal baseres på detaljerede studier for skibstrafikken, ligesom en inddragelse af relevante parter skal ske, før beslutning om en begrænsning af gennemsejlingsmulighederne træffes.

Deuden vurderes natur- og miljøforholdene også at være mere styrende for, hvilke åbningsbredder der fremadrettet afdækkes. På baggrund af ovenstående indeholder denne delundersøgelse portanlæg på begge sider af Skrædderholmen, hvor den ene port skal sikre gennemsejlingsmulighed og vandgennemstrømning, mens den anden port i højere grad skal sikre vandgennemstrømning og -udskiftning.

For nuværende er der valgt en portbredde på 50 m, ca. svarende til brofagsbredden, som både sikrer vandgennemstrømning og -udskiftning samt gennemsejlingsmulighed.

Porte for vandgennemstrømning og gennemsejling

I Kalvebodløbet er forudsætningen således at finde en løsning, der som minimum sikrer den nuværende 35 m gennemsejlingsbredde og 16 m frihøjde samt vandgennemstrømning. Der er i forundersøgelsen set på prottyper på 50 meter. Af mulige porttyper vurderes følgende typer passende til formålet:

- **Vertikal løfteport:** Typen kan tilpasses spændet for 50 m. Porten løftes op af vandet og skal derfor kunne løftes op, således at underside af porten flugter med underside af Kalvebodbroen svarende til 16 m gennemsejlingshøjde. Porten kan "parkeres" i lodret eller vandret position. Sidekonstruktionerne placeres på begge sider af porten og må forventes at være væsentligt højere end underside af brodæk grundet den store løftehøjde.
- **Roterende porte:** Typen kan tilpasses spændet for 50 m. Porten er under vandet i dagligdags situationer og er kun oppe ved aktivering under højvande eller som en del af vedligeholdelsesprocedure.
- **Skydeport:** Typen kan tilpasses spændet for 50 m. Skydeporten trækkes helt væk fra åbningen, når den ikke er lukket, og derved er der ikke nogen begrænsninger for gennemsejlingshøjde. Typen kræver et portkammer, som porten er placeret i, når denne ikke er i lukkeposition. Dette portkammer kan være placeret på Skrædderholmen. På modsatte side vil en anslagskonstruktion skulle opføres.
- **Sidehængslet port:** Typen er medtaget, omend det er ud over det normale spænd for denne type porte, men porttypen har i princippet ubegrænset frihøjde, og nyere teknologi har gjort, at konstruktionsdesign og materialer ventes at kunne optimeres og dermed tilpasses, omend det kan vise sig at være økonomisk ufordelagtig. Typen vil være bedre egnet til gennemsejlingsbredder i størrelsesorden 20-30 m, da dette spænd er mere passende for den overordnede funktionalitet. Sidekonstruktionerne, hvor de to portlåger er hængslet på, placeres på begge sider af portåbningen.

Porte for vandgennemstrømning og begrænset gennemsejling

I Sorterenden skal en løsning kunne bevare så meget som muligt af den eksisterende vandgennemstrømning. Afhængig af, hvordan adgangsforhold til portene ønskes, kan dette influere valget, om end flere porttyper vurderes egnede med hensyn til nødvendig åbningsbredde. Hvis Skrædderholm ikke skal kunne tilgås fra land via de nye portanlæg og sidekonstruktioner, kan anlæg til porte etableres med adgang på de respektive landsider i Hvidovre og Tårnby kommuner. Af mulige porttyper, vurderes følgende typer passende til formålet:

- **Vertikal løfteport:** Ved etablering som en del af et dæmningsanlæg og køreforhold til Skrædderholm er vertikal løfteport generelt en robust og økonomisk attraktiv porttype. Porttypen vil kunne konstrueres, så den er tilpasset til det antal åbninger, der findes

nødvendige for minimering af natur- og miljøpåvirkningerne ved sikring af vandudskiftning. Porten er ude af vandet i åben position, hvilket er fordelagtigt mod at have en type med permanent vandpåvirkning, set fra et drifts- og vedligeholdelsesmæssigt synspunkt, om end frihøjden for gennemsejling begrænses.

- **Sidehængslet port:** Typen er robust og passende for formålet. Der er ikke begrænsninger for gennemsejlingshøjde, hvorfor passage med kajak mv. er uhindret gennem portåbningerne. Portene kunne konstrueres, så de er tilpasset til det antal åbninger, der findes nødvendige for opretholdelse af vandgennemstrømning. Porten er permanent under vandpåvirkning, hvilket kan veje negativt ift. drift- og vedligehold, når den sammenlignes med f.eks. den vertikale løfteport. Porttypen kan samtænkes med en dæmningskørevej, men frihøjden kan således ikke udnyttes, da dæmningskonstruktionskørevej bliver den begrænsende.

Samlet portsystem.

Teknisk set kan en samlet løsning indeholde op til flere portsektioner for at sikre mindst mulig påvirkning på vandmiljøet og vandkvaliteten. Mange forskellige portkombinationer kan sammensættes alt efter ønsker og behov. Baseret på indledende analyser for miljø- og naturhold i Kalveboderne anbefaler Rambøll, at forundersøgelsens arbejde fastholder et løsningsforslag med åbninger i både Sorterenden og Kalvebodløbet.

For at synliggøre prisspændet for løsningerne er der lavet en opsummering på dette i de to følgende tabeller. Tabel 6-3 viser prisvariansen ved forskellige portåbninger. Det skal bemærkes, at prisniveauet ikke afhænger af konstruktionshøjden, da prisniveauet er fastsat ud fra en generel betragtning på tværs af flere eksisterende anlæg, jf. afsnit 5.2.2.

Tabel 6-3: Varians på prisniveau afhængigt af portåbning.

Gennemsejlingsbredde [m]	Typebeskrivelse	Fysikoverslag [mio. kr.]	Anlægsoverslag inkl. PTA og K1-faktor [mio. kr.]
27,5	Port som sikrer gennemsejlingsmulighed for mindre både under et af brofag	367	667
50	Port, som sikrer gennemsejlingsmulighed for gennemsejling under to brofag ved Kalvebodbroen for mindre skibe med god manøvremlighed, eller ét brofag ved begrænset manøvremlighed.	814	1.404
70	Port, som sikrer gennemsejlingsmulighed for gennemsejling under to brofag ved Kalvebodbroen svarende til nuværende forhold	1.139	1.965
2 x 35	To porte, som sikrer gennemsejlingsmulighed for gennemsejling under to brofag ved Kalvebodbroen svarende til nuværende angivet gennemsejlingsbredde	984	1.699

Tabel 6-4 viser det resulterende bølgeoverskyl, hvis forudsætningen om 10 l/m/s fraviges. Det bagvedliggende reservoirs kapacitet og lukkestrategi skal i den forbindelse vurderes for at bestemme, hvor stor en stigning, der kan tillades.

Tabel 6-4: Varians på overskyld afhængigt af sikringsniveau.

Bølgetillæg [m]	Topkote [m DVR90]	Overskyldsmængde [l/m/s]
1,0	+5,4	127
1,5	+5,9	55
2,0	+6,4	22
2,4	+6,8	10

6.2.2 Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion

Tabel 6-5 giver et overblik over forudsætningerne og antagelserne for beregning af bølgeforhold, herunder bølgetillæg for sektionerne langs delstrækningen, samt forudsætninger for konstruktioner og anlæg på delstrækningen.

Tabel 6-5: Bemærkninger til bølgetillæg og konstruktioner på delstrækning 2.

Delstrækningssektion	Bølgetillæg	Anlæg
2.01 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden brydes/dybdebegrænses af foranliggende terræn ved Avedøre Sten og Grus. Terrænkoten anslået til +2,25 m. Der indregnes direkte indfald på denne del.	Anlægstypen er en spunselledæmning. Der etableres adgangsvej og inspektionsvej på toppen af spunselledæmningen.
2.02 <i>Basisløsning</i>	Der forventes et ske et energitab i Sorterenden og Kalvebodløbet. Det er indledningsvist antaget, at bølgehøjden i løbet svarer til 80 % af indkomne bølgehøjde. Der indregnes direkte indfald på denne del.	Anlægstypen er en højvandsport på vand inkl. landanlæg og sidekonstruktioner. Der etableres en 27,5 m port. Inspektionsvej etableres henover portkonstruktionen på bagsiden i samme højde som adgangsvejen.
2.03 <i>Basisløsning</i>	Der forventes et ske et energitab i Sorterenden og Kalvebodløbet. Det er indledningsvist antaget at bølgehøjden i løbet svarer til 80 % af indkomne bølgehøjde. Der indregnes direkte indfald på denne del.	Anlægstypen er en spunselledæmning. Der etableres adgangsvej og inspektionsvej på toppen af spunselledæmningen.
2.04 <i>Basisløsning</i>	Der forventes et ske et energitab i Sorterenden og Kalvebodløbet. Det er indledningsvist antaget, at bølgehøjden i løbet svarer til 80 % af indkomne bølgehøjde. Der indregnes direkte indfald på denne del.	Anlægstypen er en højvandsport på vand inkl. sidekonstruktioner og spunselledæmning. Der etableres en 50 m port, hvor typen endnu ikke er valgt, men flere muligheder er åbne.

6.2.3 Pris og nøgletal

Tabel 6-6 nedenfor giver et overblik over estimerede omkostninger for delstrækningen, og dens underopdelte sektioner. Delstrækningen indeholder kun forslag til en basisløsning. Øverst i tabellen er angivet den totale delstrækningslængde, det totale anlægsoverslag og de totale årlige drifts- og vedligeholdelseskostninger for basisløsningen.

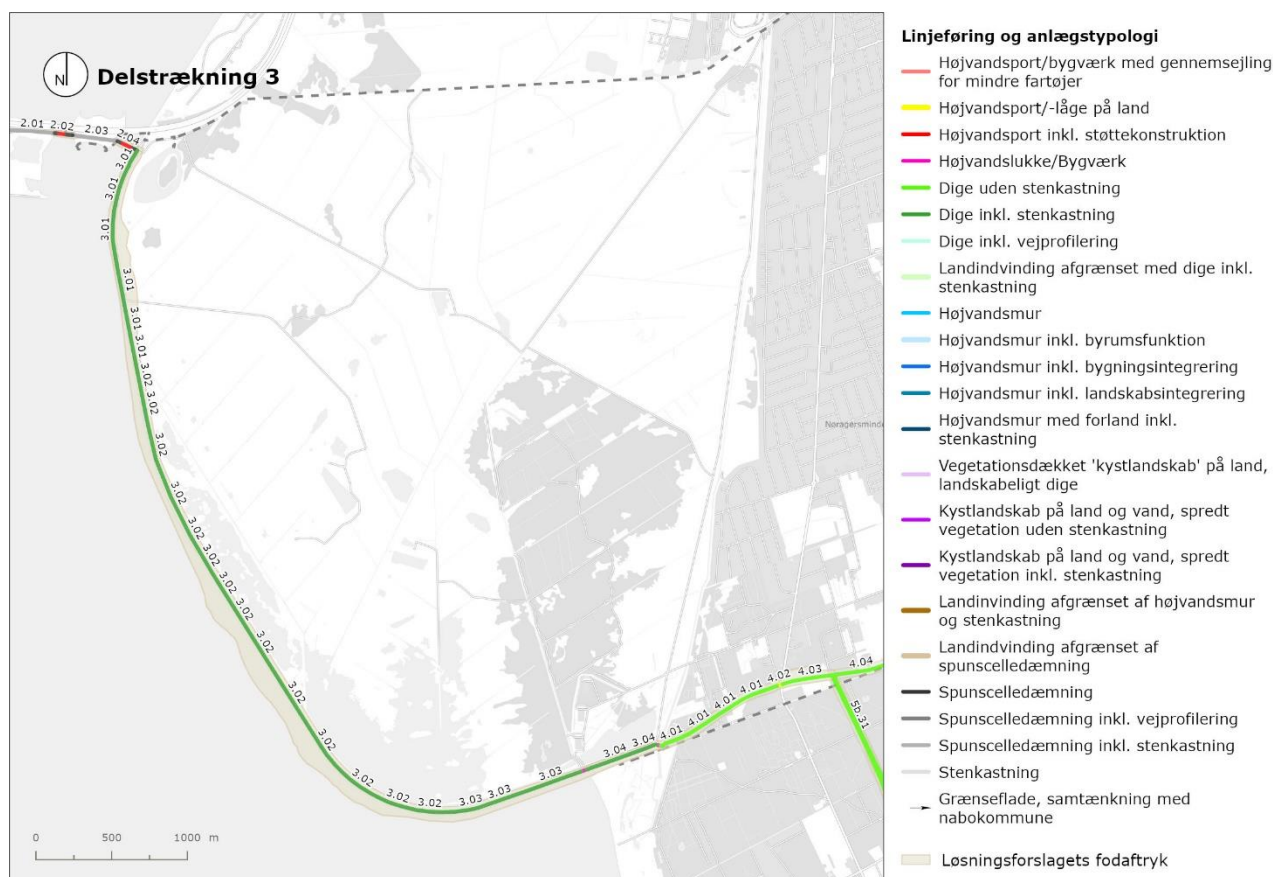
Alle prisoverslag er givet inkl. korrektionsreserven på $K1=50\%$ jf. beskrivelsen i afsnit 5.1.

Tabel 6-6: Nøgletalsoversigt over anlægsoverslag samt drifts- og vedligeholdelseskostninger for delstrækning 2, jf. NAB 1-niveau inkl. 15 % PTA og ekskl. moms.

Basisløsning, B				1,0 km	2.032 mio. kr.	33,7 mio. kr.
Sek-tion	Løs-nings-strategi	Anlægstype	Sik-rings-niveau	Længde	Anlægs-overslag jf. NAB 1-niveau	Drifts- og vedlige-holdsom-kostninger
Nr.	-	-	[m DVR90]	[m]	[DKK]	[DKK/år]
2.01	B	Spunscelledæmning	6,4	390	42.610.000	190.000
2.02	B	Port til vandregulering og begrænset sejlads	6,8	28	498.100.000	8.670.000
2.02	B	Spunscelledæmning (dæmning til port)	6,8	92	24.900.000	110.000
2.03	B	Spunscelledæmning	6,8	298	35.180.000	160.000
2.04	B	Højvandsport inkl. sidekonstruktioner	6,8	50	1.403.720.000	24.420.000
2.04	B	Spunscelledæmning	6,8	96	27.230.000	120.000

6.3 Delstrækning 3: Vestamager

Delstrækning 3 løber fra Amagermotorvejen ved Kalvebodløbet og Pumpehuset ved Hejresøen. Linjeføringen og anlægstypologi er indikeret i Figur 6-3. Delstrækningen indeholder både et forslag til en basisløsning og en alternativ løsning. Delstrækningen er således opdelt i sektioner som resultat af skiftende designforudsætninger og anlægstypologi i relation til løsningsstrategien.



Figur 6-3: Overblikskort over linjeføring og anlægstypologi for delstrækning 3

6.3.1 Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion

Tabel 6-7 giver et overblik over forudsætningerne og antagelserne for beregning af bølgeforhold, herunder bølgetillæg for sektionerne langs delstrækningen, samt forudsætninger for konstruktioner og anlæg på delstrækningen.

Tabel 6-7: Bemærkninger til bølgetillæg og konstruktioner på delstrækning 3.

Delstrækningssektion	Bølgetillæg	Anlæg
3.01 <i>Basisløsning</i>	Der forventes et ske et energitab i Sorterenden og Kalvebodløbet. Det er indledningsvist antaget, at bølgehøjden i løbet svarer til 80 % af indkomne bølgehøjde. Bølger vurderes at løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket indregnes ved bestemmelse af bølgetillægget.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Der etableres adgangsvej og inspektionsvej på bagsiden af diget. Adgangsvejen er hævet, så den ligger over eksisterende terræn for at undgå oversvømmelser fra evt. stigende vandspejl på bagsiden.
3.02 <i>Basisløsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes til gennemsnitlig kote -4,0 m, og bølgehøjden dydbegrænses derfor ikke. Der forventes at være betydeligt skråt indfald på hovedparten af strækningen, hvilket medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Diget foreslås bygget ud i vandet pga. den eksisterende natur på landsiden. Der etableres adgangsvej og inspektionsvej på bagsiden af diget. Adgangsvejen er hævet, så den ligger over eksisterende terræn for at undgå oversvømmelser fra evt. stigende vandspejl på bagsiden.
3.03 <i>Basisløsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes til gennemsnitlig kote -2,8 m, og bølgehøjden dydbegrænses derfor ikke. Der indregnes direkte bølgeindfald.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Diget foreslås bygget ud i vandet pga. den eksisterende natur på landsiden. Der etableres adgangsvej og inspektionsvej på bagsiden af diget. Adgangsvejen er hævet, så den ligger over eksisterende terræn for at undgå oversvømmelser fra evt. stigende vandspejl på bagsiden. Der er gennemstrømningsbygværk med kontraklap på sektionsstrækningen, som medtages i sektionsstrækningsprisen.
3.04 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af foranliggende terræn. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til +0,5 m. Der indregnes direkte bølgeindfald.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Der er gennemstrømningsbygværk med kontraklap på sektionsstrækningen, som medtages i sektionsstrækningsprisen.

6.3.2 Pris og nøgletal

Tabel 6-8 nedenfor giver et overblik over estimerede omkostninger for delstrækningen og dens underopdelte sektioner. Delstrækningen indeholder både et forslag til en basisløsning og en alternativ løsning. Øverst i tabellen er angivet den totale delstrækningslængde, det totale anlægsoverslag og de totale årlige drifts- og vedligeholdelseskostninger for basisløsningen og det alternative løsningsforslag.

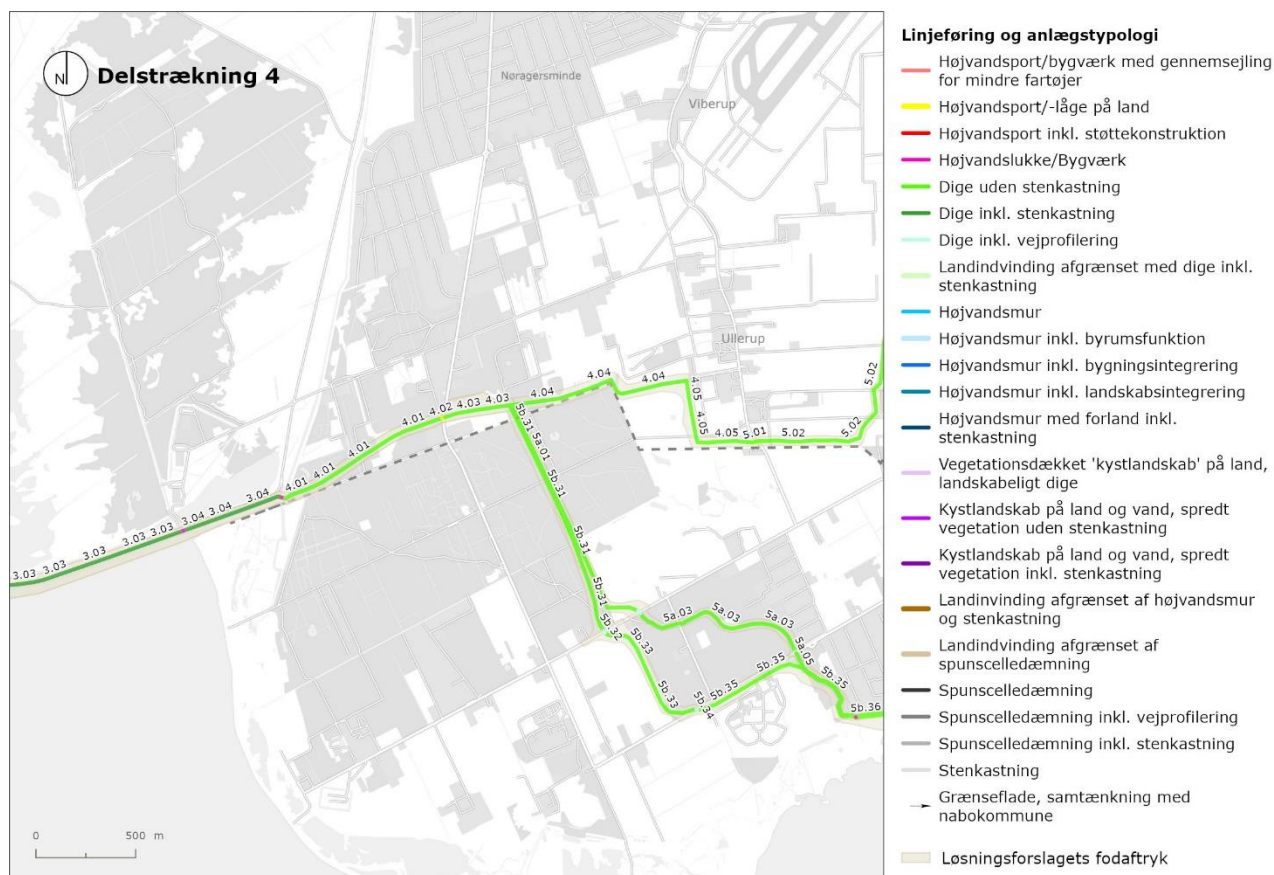
Alle prisoverslag er givet inkl. korrektionsreserven på K1=50% jf. beskrivelsen i afsnit 5.1.

Tabel 6-8: Nøgletalsoversigt over anlægsoverslag samt drifts- og vedligeholdelseskostninger for delstrækning 3, jf. NAB 1-niveau inkl. 15 % PTA og ekskl. moms.

Basisløsning, B				6,8 km	1.077 mio. kr.	4,7 mio. kr.
Sek-tion	Løs-nings-strategi	Anlægstype	Sikrings-niveau	Længde	Anlægs-overslag jf. NAB 1-niveau	Drifts- og vedligeholdsomkostninger
Nr.	-	-	[m DVR90]	[m]	[DKK]	[DKK/år]
3.01	B	Dige inkl. stenkastning	5,9	1451	164.970.000	720.000
3.02	B	Dige inkl. stenkastning	6,6	3790	576.260.000	2.510.000
3.03	B	Dige inkl. stenkastning	7,2	974	220.740.000	960.000
3.04	B	Dige inkl. stenkastning	7,2	540	115.440.000	510.000

6.4 Delstrækning 4: Ullerup

Delstrækning 4 løber fra Hejresøen til Ullerup. Linjeføringen og anlægstypologi er indikeret i Figur 6-4. Delstrækningen indeholder et forslag til en basisløsning. Delstrækningen er således opdelt i sektioner, som resultat af skiftende designforudsætninger og anlægstypologi i relation til løsningsstrategien.

**Figur 6-4: Overblikskort over linjeføring og anlægstypologi for delstrækning 4**

6.4.1 Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion

Tabel 6-9 giver et overblik over forudsætningerne og antagelserne for beregning af bølgeforskel, herunder bølgetillæg for sektionerne langs delstrækningen samt forudsætninger for konstruktioner og anlæg på delstrækningen.

Tabel 6-9: Bemærkninger til bølgetillæg og konstruktioner på delstrækning 4.

Delstrækningssektion	Bølgetillæg	Anlæg
4.01 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til +1,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Der er i volumenberegningerne for diget taget udgangspunkt i det eksisterende Ullerupdige.
4.02 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til +1,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Porten er valgt forud for at hæve vejen, da en hævnings af vejen vurderes uhensigtsmæssig af udførelsesmæssige udfordringer og afvikling af trafik mv.
4.03 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til +1,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Der er i volumenberegningerne for diget taget udgangspunkt i det eksisterende Ullerupdige.
4.04 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet fra kysten og frem til konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til +1,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Der er i volumenberegningerne for diget taget udgangspunkt i det eksisterende Ullerupdige.
4.05 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet fra kysten og frem til konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til +1,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Ingen yderligere kommentarer.

6.4.2 Pris og nøgletal

Tabel 6-10 nedenfor giver et overblik over estimerede omkostninger for delstrækningen og dens underopdelte sektioner. Delstrækningen indeholder både et forslag til en basisløsning og en alternativ løsning. Øverst i tabellen er angivet den totale delstrækningslængde, det totale anlægsoverslag og de totale årlige drifts- og vedligeholdelseskostninger for basisløsningen og det alternative løsningsforslag.

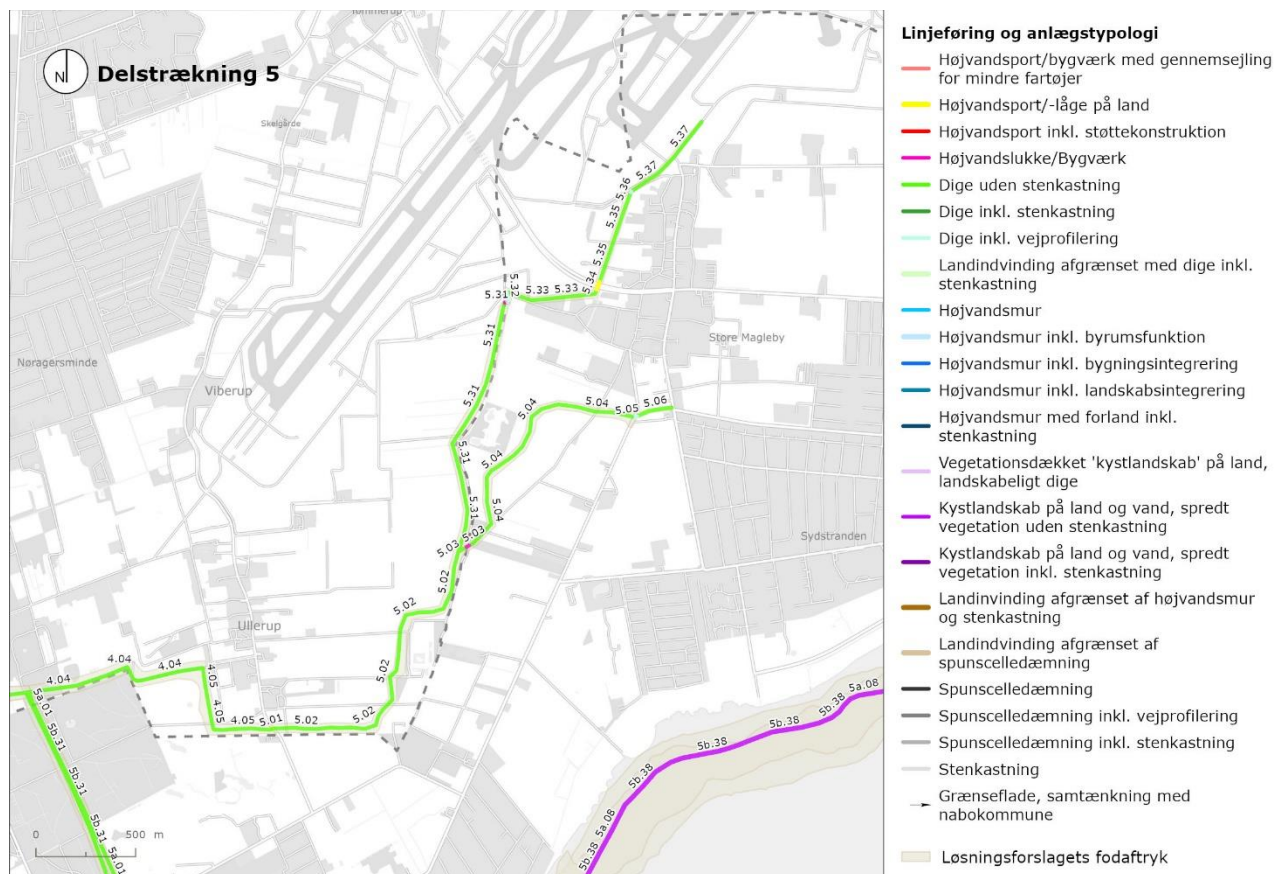
Alle prisoverslag er givet inkl. korrektionsreserven på K1=50% jf. beskrivelsen i afsnit 5.1.

Tabel 6-10: Nøgletalsoversigt over anlægsoverslag samt drifts- og vedligeholdelseskostninger for delstrækning 4, jf. NAB 1-niveau inkl. 15 % PTA og ekskl. moms.

Basisløsning, B				2,8 km	242 mio. kr.	2,2 smio. kr.
Sektion	Løsningsstrategi	Anlægstype	Sikringsniveau	Længde	Anlægsoverslag jf. NAB 1-niveau	Drifts- og vedligeholdelseskostninger
Nr.	-	-	[m DVR90]	[m]	[DKK]	[DKK/år]
4.01	B	Dige uden stenkastning	6,1	897	78.290.000	690.000
4.02	B	Højvandsport/-låge på land	6,6	10	4.940.000	90.000
4.03	B	Dige uden stenkastning	6,1	342	29.880.000	260.000
4.04	B	Dige uden stenkastning	6,1	944	82.390.000	720.000
4.05	B	Dige uden stenkastning	6,1	611	46.610.000	410.000

6.5 Delstrækning 5: Lufthavnen, St. Magleby

Delstrækning 5 løber fra Ullerup til St. Magleby. Linjeføringen og anlægstypologi er indikeret i Figur 6-1. Delstrækningen indeholder både et forslag til en basisløsning og en alternativ løsning. Delstrækningen er således opdelt i sektioner som resultat af skiftende designforudsætninger og anlægstypologi i relation til løsningsstrategien.



Figur 6-5: Overblikskort over linjeføring og anlægstypologi for delstrækning 5

6.5.1 Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion

Tabel 6-11 giver et overblik over forudsætningerne og antagelserne for beregning af bølgeforhold, herunder bølgetillæg for sektionerne langs delstrækningen samt forudsætninger for konstruktioner og anlæg på delstrækningen.

Tabel 6-11: Bemærkninger til bølgetillæg og konstruktioner på delstrækning 5

Delstræknings-sektion	Bølgetillæg	Anlæg
5.01 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dybdebegrænsning af bølger fastsættes til +1,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Porten er valgt forud for at hæve vejen, da en hævnning af vejen vurderes uhensigtsmæssig af udførelsesmæssige udfordringer og afvikling af trafik mv.
5.02 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dybdebegrænsning af bølger fastsættes til +1,8 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Ingen yderligere kommentarer.
5.03 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dybdebegrænsning af bølger fastsættes til +2,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Der er gennemstrømningsbygværk med kontraklap på sektionstrækningen, som medtages i sektionstrækningsprisen.
5.04 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dybdebegrænsning af bølger fastsættes til +2,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Ingen yderligere kommentarer.
5.05 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dybdebegrænsning af bølger fastsættes til +3,0 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. vejprofile-ring. Vejen skal hæves til samme kote som tilstødende dige
5.06 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dybdebegrænsning af bølger fastsættes til +3,0 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Ingen yderligere kommentarer.
5.31 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dybdebegrænsning af bølger fastsættes til +2,5 m. Der indregnes direkte bølgeindfald.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Ingen yderligere kommentarer.
5.32 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dybdebegrænsning af bølger fastsættes til +2,5 m. Der indregnes direkte bølgeindfald.	Anlægstypen er et dige inkl. vejprofile-ring. Vejen skal hæves til samme kote som tilstødende dige
5.33 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dybdebegrænsning af bølger fastsættes til +2,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Ingen yderligere kommentarer.
5.34 <i>Alternativ løsning</i>	Foranliggende terræn vurderes generelt at overstige designvandstanden i +4,4 m. Der medregnes derfor et fast bølgetillæg på 0,5 m.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Der etableres en port hen over vejen, da det vurderes uhensigtsmæssigt at omprofilere vejen grundet pladsforhold. Porten etableres i sektioner af to porte, da totallængden er for stor for en enkelt port.
5.35 <i>Alternativ løsning</i>	Foranliggende terræn vurderes generelt at overstige designvandstanden i +4,4 m. Der medregnes derfor et fast bølgetillæg på 0,5 m.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Ingen yderligere kommentarer.
5.36 <i>Alternativ løsning</i>	Foranliggende terræn vurderes generelt at overstige designvandstanden i +4,4 m. Der medregnes derfor et fast bølgetillæg på 0,5 m.	Anlægstypen er et dige inkl. vejprofile-ring. Vejen skal hæves til samme kote som tilstødende dige
5.37 <i>Alternativ løsning</i>	Foranliggende terræn vurderes generelt at overstige designvandstanden i +4,4 m. Der medregnes derfor et fast bølgetillæg på 0,5 m.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Ingen yderligere kommentarer.

6.5.2 Pris og nøgletal

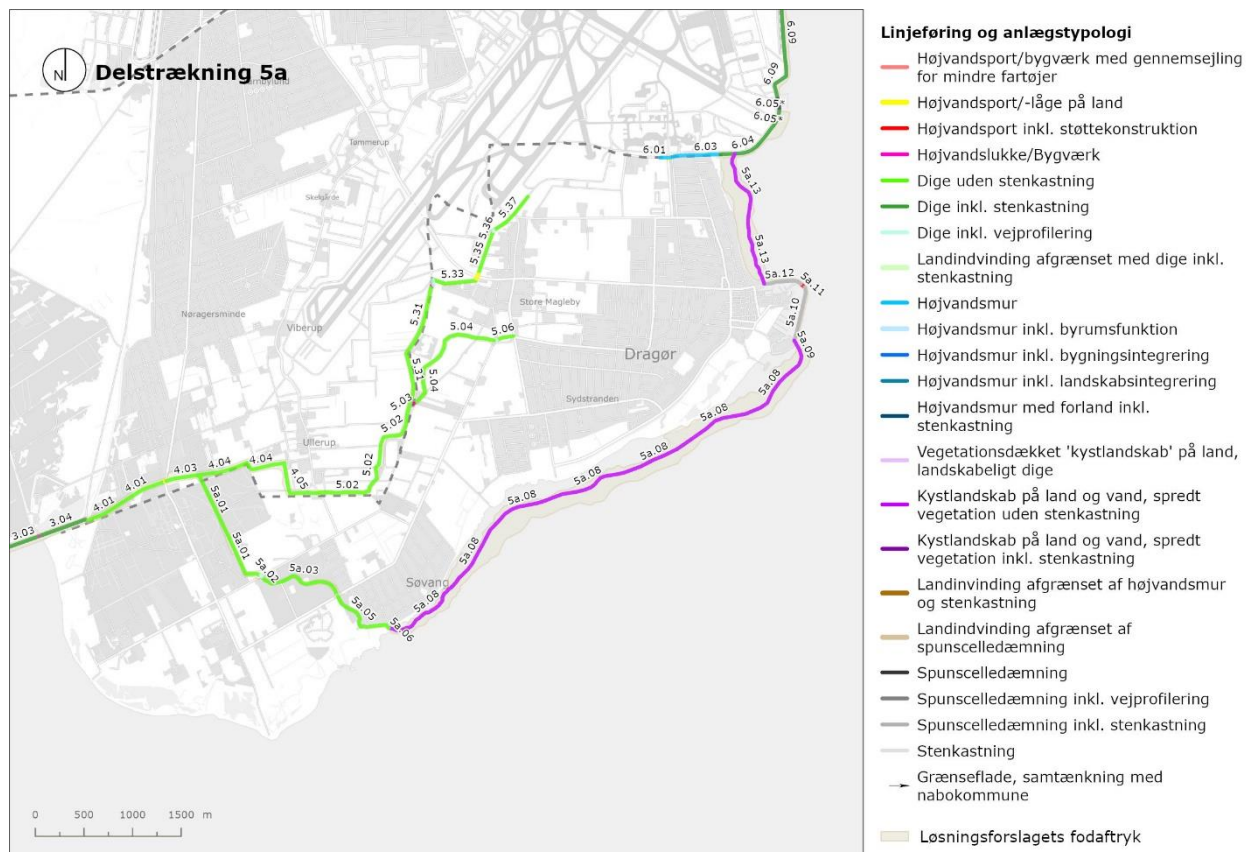
Tabel 6-12 nedenfor giver et overblik over estimerede omkostninger for delstrækningen og dens underopdelte sektioner. Delstrækningen indeholder både et forslag til en basisløsning og en alternativ løsning. Øverst i tabellen er angivet den totale delstrækningens længde, det totale anlægsoverslag og de totale årlige drifts- og vedligeholdelseskostninger for basisløsningen og det alternative løsningsforslag. Alle prisoverslag er givet inkl. korrektionsreserven på K1=50% jf. beskrivelsen i afsnit 5.1.

Tabel 6-12: Nøgletalsoversigt over anlægsoverslag samt drifts- og vedligeholdelseskostninger for delstrækning 5, jf. NAB 1-niveau inkl. 15 % PTA og ekskl. moms.

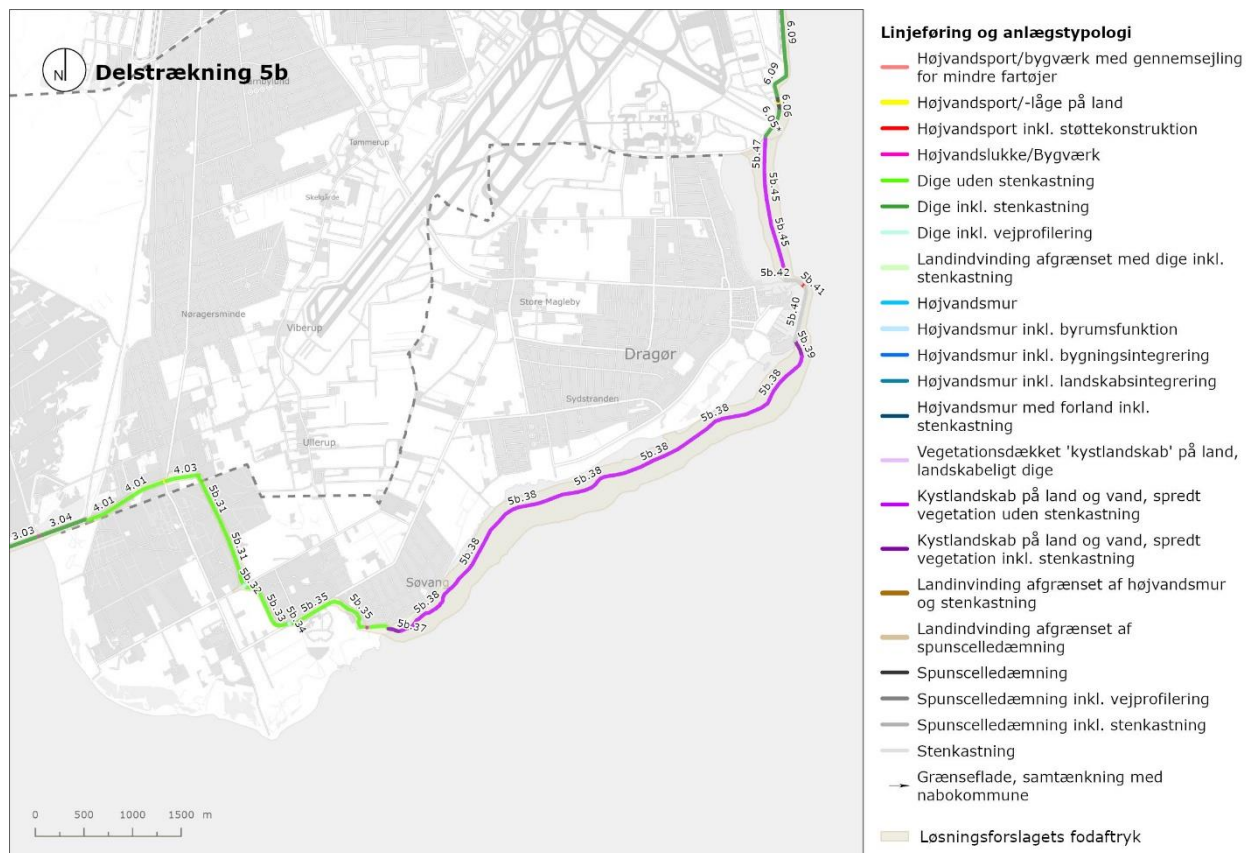
Basisløsning, B				3,2 km	228,1 mio. kr.	2,0 mio. kr.
Alternativ løsning, A				4,4 km	326,2 mio. kr.	3,0 mio. kr.
Sek-tion	Løs-nings-strategi	Anlægstype	Sik-rings-niveau	Længde	Anlægs-overslag jf. NAB 1-niveau	Drifts- og vedlige-holdsom-kostninger
Nr.	-	-	[m DVR90]	[m]	[DKK]	[DKK/år]
5.01	B + A	Højvandsport/-låge på land	6,6	7	3.470.000	70.000
5.02	B + A	Dige uden stenkastning	6	1609	110.040.000	960.000
5.03	B	Dige uden stenkastning	5,7	64	29.670.000	260.000
5.04	B	Dige uden stenkastning	5,7	1319	77.230.000	680.000
5.05	B	Dige inkl. vejprofilering	5,3	26	4.630.000	30.000
5.06	B	Dige uden stenkastning	5,3	181	3.080.000	30.000
5.31	A	Dige uden stenkastning	5,7	1338	107.420.000	940.000
5.32	A	Dige inkl. vejprofilering	5,7	48	15.650.000	70.000
5.33	A	Dige	5,6	479	23.710.000	210.000
5.34	A	Højvandsport/-låge på land	4,9	35	17.270.000	310.000
5.35	A	Dige uden stenkastning	4,9	374	41.610.000	370.000
5.36	A	Dige inkl. vejprofilering	4,9	5	1.320.000	10.000
5.37	A	Dige uden stenkastning	4,9	503	5.680.000	50.000

6.6 Delstrækning 5a og 5b: Dragør

Delstrækning 5a Dragør lokal og 5b Dragør maksimal løber fra Kongelundsvej rundt om Dragør langs kysten til Nordstranden, ved Kystvejen. Linjeføringen og anlægstypologi for 5a Dragør lokal er indikeret i Figur 6-6, imens 5b Dragør maksimal er indikeret i Figur 6-7. Delstrækningen indeholder således både et forslag til en basisløsning svarende til en 100-års hændelse i 2075 og en alternativ løsning til 'fysisk maksimum', 2075. Delstrækningen er således opdelt i sektioner som resultat af skiftende designforudsætninger og anlægstypologi i relation til løsningsstrategien.



Figur 6-6: Overblikskort over linjeføring og anlægstypologi for delstrækning 5a



Figur 6-7: Overblikskort over linjeføring og anlægstypologi for delstrækning 5b

6.6.1 Åbninger for vandgennemstrømning og sejlads

Der er foreslået portkonstruktioner for indsejlingen. Fælles for alle de eksisterende havne er at de primært er lystbådehavne som primært besejles af begrænsede skibsstørrelser. Behovet for gennemsejlingsbredde og højde kan være forskellige i havnene, men det er forudsat, at gennemsejlingsbredden kan begrænses til 25 m. Dette kan opleves som en begrænsning for nogle typer af skibe, hvis de ikke har mulighed for at anvende motor. Forudsætningen er truffet på baggrund af, at anlægsomkostningerne og driftsomkostningerne ved større portanlæg vurderes at være væsentlige og uforholdsmæssigt store sammenholdt med, at havnene primært er lystbådehavne. Ved en endelig beslutning for gennemsejlingsbredde skal havnene og andre relevante parter inddrages, lige som en analyse for besejlingsforhold bør gennemføres for at kortlægge mulighederne og begrænsningerne.

Porttyper, som vurderes hensigtsmæssige for en indsejling til en lystbådehavn, kan være mange, men den sidehængslede porttype er vurderet mest attraktiv for lystbådehavne. Den endelige porttype bør vælges på baggrund af et mere oplyst grundlag, som inkluderer besejlingsstudier, inddragelse af relevante parter og mere detaljerede økonomiske overslag. Dog bemærkes det, at sidehængslede porte er robuste og en kendt konstruktionstype i Danmark. De er vurderet økonomisk attraktive at anvende og har ingen begrænsninger i gennemsejlingshøjde, hvorved højmastede skibes adgang ikke begrænses. Porten er permanent under vandpåvirkning, hvilket kan veje negativt ift. drift- og vedligehold, når den sammenlignes med andre porttyper. Fodafttrykket er begrænset til porten og sidekonstruktionerne.

Evt. mindre bygværksintegrerede højvandsporte inkluderes med en bredde på 5 m, hvor åbninger i kystlandskaber til bagvedliggende laguner ønskes/kræves.

6.6.2 Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion

Tabel 6-13 giver et overblik over forudsætningerne og antagelserne for beregning af bølgeforhold, herunder bølgetillæg for sektionerne langs delstrækningen, samt forudsætninger for konstruktioner og anlæg på delstrækningen.

Tabel 6-13: Bemærkninger til bølgetillæg og konstruktioner på Delstrækning 5a/5B.

Delstræknings-sektion	Bølgetillæg	Anlæg
5a.01 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af terrænet på land. Det bemærkes, at der ligger en række eksisterende diger. Repræsentativ, gennemsnitlig terrænkote for dydbegrænsning af bølger vurderes til +1,5 m. Det vurderes, at bølger vil løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket medregnes ved bestemmelse af bølgetillægget.	Anlægstypen er dige uden stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.
5a.02 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til +1,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. vejprofile-ring. Vejen skal hæves til samme kote som tilstødende dige
5a.03 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til +1,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er dige uden stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.
5a.04 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til +1,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er dige inkl. vejprofile-ring. Vejen skal hæves til samme kote som tilstødende dige

5a.05 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til +0,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er dige uden stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.
5a.06 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til +0,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er dige uden stenkastning. Gennemstrømningsbygværk med kontraklap er inkluderet for denne sektionsstrækning.
5a.07 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af det lavvandede område foran kystlinjen. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -0,3 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning. Strækningen er overgangen fra et dige med begrænset bredde til et kystlandskab. Kystlandskabet kan tåle erosion, men det kan diget ikke.
5a.08 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af det lavvandede område foran kystlinjen. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -0,75 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.
5a.09 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af det lavvandede område foran kystlinjen. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -0,75 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning. Strækningen er overgangen fra et dige med begrænset bredde til et kystlandskab. Kystlandskabet kan tåle erosion, men det kan diget ikke. Derfor skal der for denne del af kystlandskabet medtages erosionsikring i form af stenkastning.
5a.10 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af den lokale vanddybde. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -2,5 m. Der antages direkte bølgeindfald.	Anlægstypen er en spunselledæmning inkl. stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger
5a.11 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af den lokale vanddybde. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -2,5 m. Der antages direkte bølgeindfald.	Anlægstypen er en højvandsport på vand inkl. sidekonstruktioner. Åbningen af porten er 25 m bred. Porten har spunselledæmnings på begge sider.
5a.12 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af den lokale vanddybde. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -2,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en spunselledæmning inkl. stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger
5a.13 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af den lokale vanddybde. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -1,0 m. Der antages direkte bølgeindfald.	Anlægstypen er et kystlandskab land og vand, spredt vegetation uden stenkastning. Kystlandskabet forbindes til eksisterende kystlinje og indesluttet af stenkastninger fra tilstødende sektionsstrækninger.
5b.31 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af terrænet på land. Repræsentativ, gennemsnitlig terrænkote for dydbegrænsning af bølger vurderes til +1,5 m. Det vurderes, at bølger vil løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket medregnes ved bestemmelse af bølgetillægget.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.
5b.32 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af terrænet på land. Det bemærkes, at der ligger en række eksisterende diger. Repræsentativ, gennemsnitlig terrænkote for dydbegrænsning af bølger vurderes til +1,5 m. Det vurderes, at bølger vil løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket	Anlægstypen er et dige inkl. vejprofilering. Eksisterende vej omprofileres og hævses for at undgå at anvende en port. Dette vurderes muligt med fald på maksimalt 4%.

	medregnes ved bestemmelse af bølgetil-lægget	
5b.33 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af terrænet på land. Det bemærkes, at der ligger en række eksisterende diger. Repræsentativ, gennemsnitlig terrænkote for dydbegrænsning af bølger vurderes til +1,5 m. Det vurderes, at bølger vil løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket medregnes ved bestemmelse af bølgetil-lægget	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.
5b.34 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af terrænet på land. Det bemærkes, at der ligger en række eksisterende diger. Repræsentativ, gennemsnitlig terrænkote for dydbegrænsning af bølger vurderes til +1,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. vejprofilering. Eksisterende vej omprofileres og hæves for at undgå at anvende en port. Dette vurderes muligt med fald på maksimalt 4%.
5b.35 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af terrænet på land. Det bemærkes, at der ligger en række eksisterende diger. Repræsentativ, gennemsnitlig terrænkote for dydbegrænsning af bølger vurderes til +1,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.
5b.36 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af terrænet på land. Det bemærkes, at der ligger en række eksisterende diger. Repræsentativ, gennemsnitlig terrænkote for dydbegrænsning af bølger vurderes til +1,0 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Gennemstrømningsbygværk med kontraktap er inkluderet for denne sektionsstrækning.
5b.37 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af det lavvandede område foran kystlinjen. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -0,30 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et kystlandskab på land og vand, spredt vegetation inkl. stenkastning. Strækningen er overgangen fra et dige med begrænset bredde til et kystlandskab. Kystlandskabet kan tåle erosion, men det kan diget ikke. Derfor skal der for denne del af kystlandskabet medtages erosionssikring i form af stenkastning.
5b.38 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af det lavvandede område foran kystlinjen. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -0,75 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.
5b.39 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af det lavvandede område foran kystlinjen. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -0,75 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et kystlandskab på land og vand, spredt vegetation inkl. stenkastning. Strækningen er overgangen fra et dige med begrænset bredde til et kystlandskab. Kystlandskabet kan tåle erosion, men det kan diget ikke. Derfor skal der for denne del af kystlandskabet medtages erosionssikring i form af stenkastning.
5b.40 <i>Alternativ løsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -2,5 m. Dette medfører at bølgehøjden ikke dydbegrænses. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en spunselledæmning inkl. stenkastning. Spunselledæmning med stenkastning er valgt for at minimere fodaftrykket ift. et almindeligt dige samt sikre passende tilstødende konstruktion mod port i efterfølgende strækning
5b.41 <i>Alternativ løsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -2,5 m. Dette medfører, at bølgehøjden ikke dydbegrænses. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsport på vand inkl. sidekonstruktioner. Åbningen af porten er 25 m bred. Porten har spunselledæmninger på begge sider.
5b.42 <i>Alternativ løsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -2,5 m. Dette medfører, at bølgehøjden ikke dydbegrænses. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en spunselledæmning inkl. stenkastning. Spunselledæmning med stenkastning er valgt for at minimere fodaftrykket ift. et almindeligt dige samt

		sikre passende tilstødende konstruktion mod port i efterfølgende strækning
5b.43 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af det lavvandede område foran kystlinjen. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -2,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en spunselledæmning inkl. stenkastning. Spunselledæmning med stenkastning er valgt for at minimere fodaftrykket ift. et almindeligt dige samt sikre passende tilstødende konstruktion mod port i efterfølgende strækning
5b.44 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af det lavvandede område foran kystlinjen. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes at være omtrentligt -1,2 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsport/bygværk med gennemsejling for mindre fartøjer. En mindre højvandsport er inkluderet med en bredde på 5 m i omkring strækning 5b.45 for at sikre den nødvendige cirkulation og håndtering af evt. bagvand.
5b.45 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af det lavvandede område foran kystlinjen. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes at være omtrentligt -1,5 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.
5b.46 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af det lavvandede område foran kystlinjen. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -1,5 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsport/bygværk med gennemsejling for mindre fartøjer. En mindre højvandsport er inkluderet med en bredde på 5 m i omkring strækning 5b.45 for sikring af den nødvendige cirkulation og håndtering af evt. bagvand.
5b.47 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af det lavvandede område foran kystlinjen. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -1,5 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et kystlandskab på land og vand uden stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.

6.6.3 Pris og nøgletal

Tabel 6-14 nedenfor giver et overblik over estimerede omkostninger for delstrækningen og dens underopdelte sektioner. Delstrækningen indeholder både et forslag til en basisløsning og en alternativ løsning. Øverst i tabellen er angivet den totale delstrækningslængde, det totale anlægsoverslag og de totale årlige drifts- og vedligeholdelseskostninger for basisløsningen og det alternative løsningsforslag.

Alle prisoverslag er givet inkl. korrektionsreserven på $K1=50\%$ jf. beskrivelsen i afsnit 5.1.

Tabel 6-14: Nøgletalsoversigt over anlægsoverslag samt drifts- og vedligeholdelseskostninger for delstrækning 5a/5b, jf. NAB 1-niveau inkl. 15 % PTA og ekskl. moms.

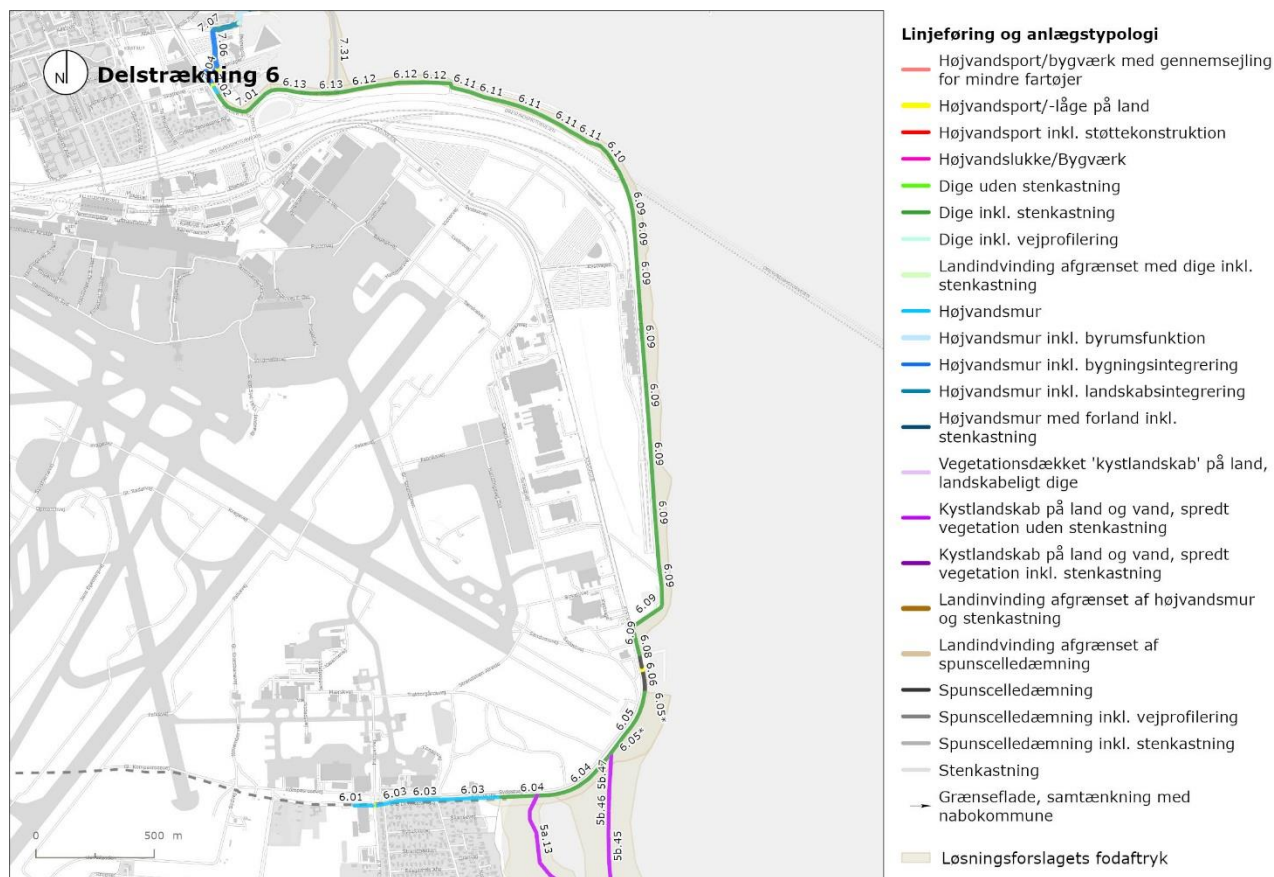
Basisløsning, B (5a Dragør, lokal)				11,0 km	1.726 mio. kr.	26,0 mio. kr.
Alternativ løsning, A (5b Dragør maksimal)				11,1 km	2.574 mio. kr.	37,9 mio. kr.
Sektion	Løsningsstrategi	Anlægstype	Sikringsniveau	Længde	Anlægsoverslag jf. NAB 1-niveau	Drifts- og vedligeholdelseskostninger
Nr.	-	-	[m DVR90]	[m]	[DKK]	[DKK/år]
5a.01	B	Dige uden stenkastning	3,2	1288	32.690.000	290.000
5a.02	B	Dige inkl. vejprofilering	3,3	16	2.660.000	30.000
5a.03	B	Dige uden stenkastning	3,3	922	24.950.000	220.000
5a.04	B	Dige inkl. vejprofilering	3,3	7	900.000	10.000
5a.05	B	Dige uden stenkastning	3,8	493	17.840.000	160.000

5a.06	B	Dige uden stenkastning	3,8	241	32.830.000	290.000
5a.07	B	Kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning	3,6	108	10.150.000	180.000
5a.08	B	Kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning	3,7	5277	598.270.000	10.410.000
5a.09	B	Kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning	3,7	182	23.860.000	420.000
5a.10	B	Spunscelledæmning inkl. stenkastning	6,1	560	154.750.000	680.000
5a.11 (b)	B	Spunscelledæmning	7,8	30	6.800.000	30.000
5a.11 (a)	B	Højvandsport inkl. sidekonstruktioner	7,8	25	606.770.000	10.560.000
5a.12	B	Spunscelledæmning inkl. stenkastning	5,0	389	78.890.000	350.000
5a.13	B	Kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning	3,6	1454	135.020.000	2.350.000

5b.31	A	Dige uden stenkastning	5,8	1230	103.870.000	910.000
5b.32	A	Dige inkl. vejprofilering	5,8	11	4.400.000	40.000
5b.33	A	Dige uden stenkastning	5,8	694	58.600.000	510.000
5b.34	A	Dige inkl. vejprofilering	6,1	8	3.080.000	30.000
5b.35	A	Dige uden stenkastning	6,1	1004	93.430.000	820.000
5b.36	A	Dige uden stenkastning	6,2	237	45.920.000	400.000
5b.37	A	Kystlandskab på land og vand, spredt vegetation og sandstrand, inkl. stenkastning	5,2	111	14.620.000	260.000
5b.38	A	Kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning	6,0	5282	1.086.480.000	18.900.000
5b.39	A	Kystlandskab på land og vand, spredt vegetation inkl. stenkastning	5,3	183	29.140.000	510.000
5b.40	A	Spunscelledæmning inkl. stenkastning	8,9	565	217.410.000	950.000
5b.41 (b)	A	Spunscelledæmning	10,2	30	9.010.000	40.000
5b.41 (a)	A	Højvandsport inkl. sidekonstruktioner	10,2	25	452.820.000	11.820.000
5b.42	A	Spunscelledæmning inkl. stenkastning	7,0	167	51.500.000	340.000
5b.43	A	Spunscelledæmning inkl. stenkastning	8,6	128	45.200.000	300.000
5b.44 +5b.46	A	Højvandsport/bygværk for gennemsejling med mindre fartøjer	5,7	12	65.210.000	1.710.000
5b.45	A	Kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning	5,7	1133	243.330.000	6.350.000
5b.47	A	Kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning	5,7	234	50.270.000	1.320.000

6.7 Delstrækning 6: Kastrup Halvø

Delstrækning 6 løber fra Kystvejen i Dragør til Kastrup Gl. Havn i Tårnby langs Kastrup Halvø. Linjeføringen og anlægstypologi er indikeret i Figur 6-8. Delstrækningen indeholder et forslag til en basisløsning. Delstrækningen er således opdelt i sektioner som resultat af skiftende designforudsætninger og anlægstypologi i relation til løsningsstrategien.



Figur 6-8: Overblikskort over linjeføring og anlægstypologi for delstrækning 6.

6.7.1 Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion

Tabel 6-15 giver et overblik over forudsætningerne og antagelserne for beregning af bølgeforhold, herunder bølgetillæg for sektionerne langs delstrækningen, samt forudsætninger for konstruktioner og anlæg på delstrækningen.

Tabel 6-15: Bemærkninger til bølgetillæg og konstruktioner på Delstrækning 6.

Delstræknings-sektion	Bølgetillæg	Anlæg
6.01 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden er dybdebegrænset af det foranliggende terræn samt tætliggende bebyggelse. Det vurderes, at bølgehøjden maksimalt vil være 0,5 m. Det vurderes, at bølger vil løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket medregnes ved bestemmelse af bølgetillægget.	Anlægstypen er højvandsmur. Ingen yderligere bemærkninger.
6.02 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden er dybdebegrænset af det foranliggende terræn samt tætliggende bebyggelse. Det vurderes, at bølgehøjden maksimalt vil være 0,5 m. Det vurderes, at bølger vil løbe nært parallelt	Anlægstypen er højvandsport/-låge på land. Længden af portåbningen er tæt på maksimal længden for en enkeltport.

	med konstruktionen, hvilket medregnes ved bestemmelse af bølgetillægget	
6.03 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden er dydbegrænset af det foranliggende terræn samt tætliggende bebyggelse. Det vurderes, at bølgehøjden maksimalt vil være 0,5 m. Det vurderes, at bølger vil løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket medregnes ved bestemmelse af bølgetillægget	Anlægstypen er en højvandsmur. Fodgænger og cykelsti skal føres over højvandsmuren via en rampe.
6.04 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af den lokale vanddybde. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -1,0 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er dige inkl. stenkastning. Den eksisterende vej og grøft er forudsat genbrugt. Anlægget bygges derfor på ydersiden af disse. Dog medtages økonomi for grøftarbejder og vejanlæg svarende til ny-anlæg.
6.05 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af den lokale vanddybde. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være omtrentligt -1,25 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er dige inkl. stenkastning. Den eksisterende vej og grøft er forudsat genbrugt. Anlægget bygges derfor på ydersiden af disse. Dog medtages økonomi for grøftarbejder og vejanlæg svarende til ny-anlæg. En variant til basisløsningen er udarbejdet, hvor en landindvinding medtages (6.05*). Dige inkl. stenkastning vender således ud mod vandet, og sandfyld sker bagved.
6.06 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af den foranliggende mole med anslået topkote i +1,6 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en spunselledæmning. Grundet højden af konstruktionen er en højvandsmur fravalgt grundet stabilitetsproblemer. En spunselledæmning er valgt i stedet.
6.07 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af den foranliggende mole med anslået topkote i +1,6 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Sikringshøjden af porten er på grænsen af, hvad der er inden for normale løsninger. En lokal terrænhævning for at minimere porthøjden kan overvejes, men dette er ikke medtaget i anlægsoverslaget.
6.08 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af den foranliggende mole med anslået topkote i +1,6 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en spunselledæmning. Grundet højden af konstruktionen er en højvandsmur fravalgt grundet stabilitetsproblemer. En spunselledæmning er valgt i stedet.
6.09 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses ikke. Repræsentativ havbundskote vurderes til kote -4,5 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Den eksisterende vej og grøft er forudsat genbrugt. Anlægget bygges derfor på ydersiden af disse. Dog medtages økonomi for grøftarbejder og vejanlæg svarende til nyanlæg
6.10 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses ikke. Repræsentativ havbundskote vurderes til kote -4,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Den eksisterende vej og grøft er forudsat genbrugt. Anlægget bygges derfor på ydersiden af disse.
6.11 <i>Basisløsning</i>	Sikringskonstruktion tilbagerykket fra ydre stenkastning (ca. 50 m). Det antages, at bølgerne dydbegrænses på vandrette plateau foran konstruktionen. Repræsentativ kote for dydbegrænses vurderes til +1,5 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Det eksisterende sikringsanlæg er fundet tilstrækkeligt, og kun økonomi til drift og vedligehold er medtaget fremadrettet.
6.12 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af den lokale vanddybde. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes at være -1,25 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Den eksisterende vej og grøft er forudsat genbrugt. Anlægget bygges derfor på ydersiden af disse. Dog medtages økonomi for grøftarbejder og vejanlæg svarende til nyanlæg.
6.13 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af den lokale vanddybde. Repræsentativ	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Den eksisterende vej og grøft er

	havbundskote for dybdebegrænsning vurderes at være -1,0 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	forudsat genbrugt. Anlægget bygges derfor på ydersiden af disse. Dog medtages økonomi for grøftearbejder og vejanlæg svarende til nyanlæg.
--	--	--

6.7.2 Pris og nøgletal

Tabel 6-16 nedenfor giver et overblik over estimerede omkostninger for delstrækningen og dens underopdelte sektioner. Delstrækningen indeholder både et forslag til en basisløsning og et alternativ løsningsforslag. Øverst i tabellen er angivet den totale delstrækningslængde, det totale anlægsoverslag og de totale årlige drifts- og vedligeholdelseskostninger for basisløsningen og det alternative løsningsforslag.

Alle prisoverslag er givet inkl. korrektionsreserven på K1=50% jf. beskrivelsen i afsnit 5.1.

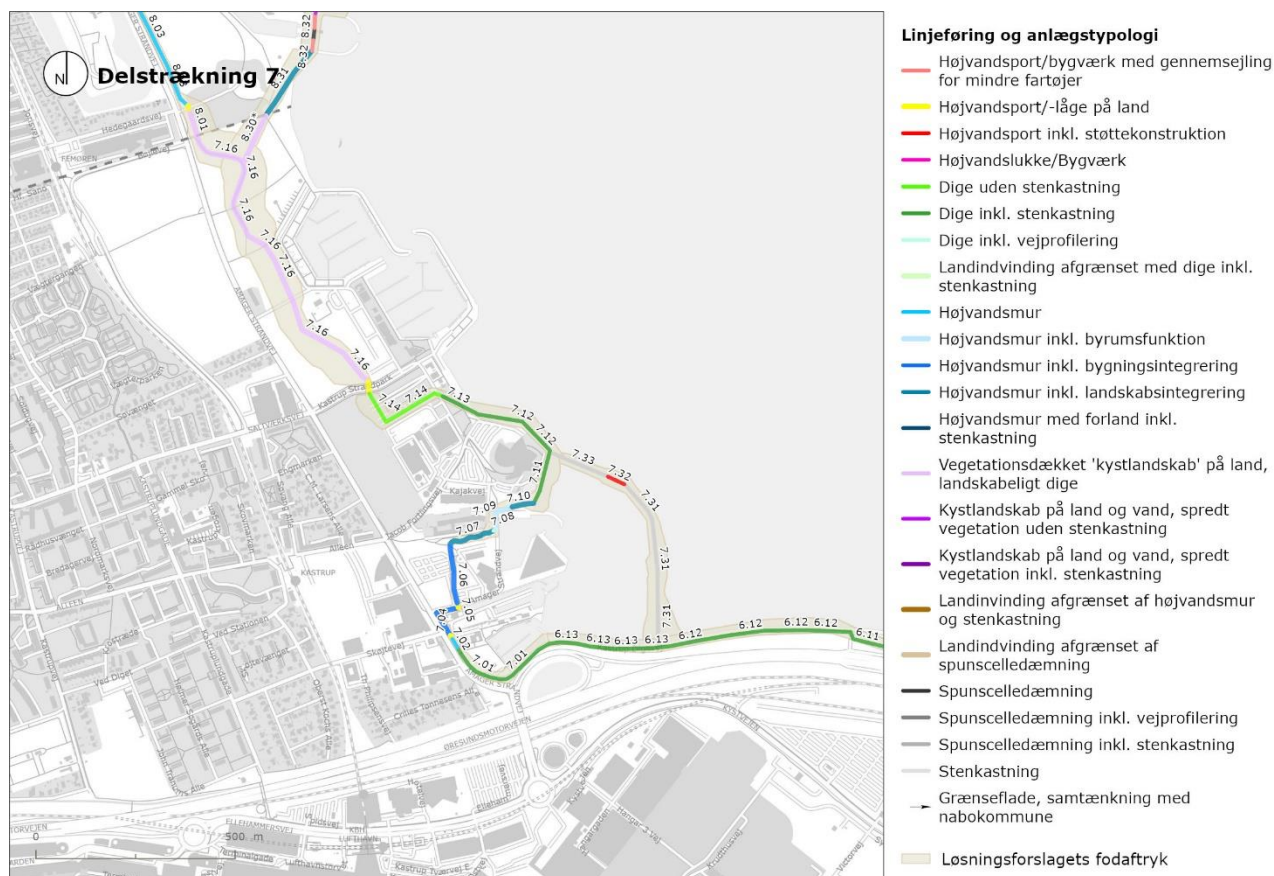
Tabel 6-16: Nøgletaloversigt over anlægsoverslag samt drifts- og vedligeholdelseskostninger for delstrækning 6, jf. NAB 1-niveau inkl. 15 % PTA og ekskl. moms.

Basisløsning				5,3 km	842 mio. kr.	4,7 mio. kr.
Sektion	Løsningsstrategi	Anlægstype	Sikringsniveau	Længde	Anlægsoverslag jf. NAB 1-niveau	Drifts- og vedligeholdelseskostninger
Nr.	-	-	[m DVR90]	[m]	[DKK]	[DKK/år]
6.01	B	Højvandsmur	4,1	78	4.320.000	20.000
6.02	B	Højvandsport/-låge på land	4,1	19	4.700.000	90.000
6.03	B	Højvandsmur	4,3	527	41.110.000	180.000
6.04	B	Dige inkl. stenkastning	7,0	528	101.750.000	450.000
6.05	B	Dige inkl. stenkastning	7,1	300	58.240.000	260.000
6.06	B	Spunscelledæmning	5,9	98	10.730.000	50.000
6.07	B	Højvandsport/-låge på land	5,9	11	5.440.000	100.000
6.08	B	Spunscelledæmning	5,9	55	6.040.000	30.000
6.09	B	Dige inkl. stenkastning	8,0	2071	496.530.000	2.160.000
6.10	B	Dige inkl. stenkastning	7,5	181	18.700.000	188.778
6.11	B	Dige inkl. stenkastning	4,5	696	0	730.000
6.12	B	Dige inkl. stenkastning	5,9	490	60.850.000	270.000
6.13	B	Dige inkl. stenkastning	5,8	273	33.920.000	150.000
6.05*	Variant	Dige inkl. stenkastning	7,4	808	142.350.000	620.000

*) ikke medregnet i basisløsningens overslag

6.8 Delstrækning 7: Amager Øst, Kastrup

Delstrækning 7 løber fra Kastrup Gl. Havn til Amager Strandpark. Linjeføringen og anlægstypologi er indikeret i Figur 6-9. Delstrækningen indeholder både et forslag til en basisløsning og en alternativ løsning. Delstrækningen er således opdelt i sektioner som resultat af skiftende designforudsætninger og anlægstypologi i relation til løsningsstrategien.



Figur 6-9: Overblikskort over linjeføring og anlægstypologi for delstrækning 7.

6.8.1 Åbninger for vandgennemstrømning og sejlads

Der er foreslået portkonstruktioner for indsejlingen til Kastrup Gl. Havn. Fælles for alle havnene er, at de primært er lystbådehavne, som primært besejles af begrænsede skibsstørrelser. Behovet for gennemsejlingsbredde og højde skal afdækkes, men i forundersøgelsen er forudsat en gennemsejlingsbredde på 25 m. Dette kan opleves som en begrænsning for nogle typer af skibe, hvis de ikke har mulighed for at anvende motor. Derudover kan åbningen synes begrænsende i forhold til eventuelle fremtidige ønsker for havneudvidelser.

Forudsætningen er truffet på baggrund af, at anlægsomkostningerne og driftsomkostningerne ved større portanlæg vurderes at være væsentlige og uforholdsmæssigt store sammenholdt med, at havnen primært er lystbådehavn. Ved en endelig beslutning om gennemsejlingsbredde, skal havnene og andre relevante parter inddrages, lige som analyse for besejlingsforhold bør gennemføres for at kortlægge mulighederne og begrænsningerne.

Porttyperne, som vurderes hensigtsmæssige for en indsejling til en lystbådehavn, kan være mange, men den sidehængslede porttype er vurderet mest attraktiv for lystbådehavne. Det endelige valg af porttype bør først træffes på baggrund af et mere oplyst grundlag, som inkluderer besejlingsstudier, inddragelse af relevante parter og mere detaljerede økonomiske overslag. Dog bemærkes det, at sidehængslede porte er robuste og en kendt porttype i Danmark. De er vurderet økonomisk attraktive at anvende og har ingen begrænsninger i gennemsejlingshøjde, hvorved højmastede skibes adgang ikke begrænses. Porten er permanent under vandpåvirkning, hvilket kan veje negativt ift. drift- og vedligehold, når den sammenlignes med andre porttyper. Fodafttrykket er begrænset til porten og sidekonstruktionerne.

6.8.2 Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion

Tabel 6-17 giver et overblik over forudsætningerne og antagelserne for beregning af bølgeforld, herunder bølgetillæg for sektionerne langs delstrækningen, samt forudsætninger for konstruktioner og anlæg på delstrækningen.

Tabel 6-17: Bemærkninger til bølgetillæg og konstruktioner på Delstrækning 7.

Delstrækningssektion	Bølgetillæg	Anlæg
7.01 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af havnearealets terræn samt det grønne område foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes i at være +1,6 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Første del af sektionsstrækningen består af en delvis opfyldning af havnebassin. Den eksisterende vej på bagsiden benyttes som adgangsvej.
7.02 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes i at være +1,6 m. Det bemærkes, at bygninger ligger spredt med åbne passager og er derfor ikke taget med i regning (konservativt). Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur. Linjeføringen langs vejen kræver en konstruktion med minimalt permanent fodaftryk, hvorfor en højvandsmur er valgt.
7.03 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes i at være +1,6 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Ingen yderligere bemærkninger
7.04 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses af terrænet på land foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes i at være +1,6 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. bygningsintegrering. Ingen yderligere kommentarer.
7.05 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af foranliggende terræn. Der vurderes at være væsentlig læeffekt fra bygninger foran konstruktionen. Bølgehøjden fastlæggelse derfor til maksimalt 0,5 m som et indledende skøn. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Ingen yderligere bemærkninger
7.06 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af foranliggende terræn. Der vurderes at være væsentlig læeffekt fra bygninger foran konstruktionen. Bølgehøjden fastlæggelse derfor til maksimalt 0,5 m som et indledende skøn. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. bygningsintegrering. Ingen yderligere kommentarer.
7.07 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af foranliggende terræn. Terrænkoten ved denne sektionsstrækning varierer betragteligt. Repræsentativ, gennemsnitlig terrænkote for dydbegrænsning vurderes i at være +1,8 m. Det vurderes, at bølger vil løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket medregnes ved bestemmelse af bølgetillægget.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. landskabsintegrering. Ingen yderligere kommentarer.
7.08 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af foranliggende terræn. Terrænkoten ved denne sektionsstrækning varierer betragteligt. Repræsentativ, gennemsnitlig terrænkote for dydbegrænsning vurderes i at være +1,8 m. Det vurderes, at bølger vil løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket medregnes ved bestemmelse af bølgetillægget.	Anlægstypen er et dige med vejprofilering. Vejen forudsættes hævet for at undgå en port. Det er vurderet muligt med maksimal hældning på 4%.

7.09 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af foranliggende terræn. Repræsentativ, gennemsnitlig terrænkote for dydbegrænsning vurderes i at være +1,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. byrumsfunktion. Ingen yderligere kommentarer.
7.10 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af foranliggende terræn. Repræsentativ, gennemsnitlig terrænkote for dydbegrænsning vurderes i at være +1,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. landskabsintegrering. Ingen yderligere kommentarer.
7.11 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dydbegrænses ikke. Repræsentativ havbundskote vurderes til kote -2,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkatning. Ingen yderligere kommentarer.
7.12 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes at være -1,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkatning. Ingen yderligere kommentarer.
7.13 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderes at være -0,8 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkatning. Ingen yderligere kommentarer.
7.14 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af terrænet på land. Repræsentativ kote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være +2,4 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Ingen yderligere kommentarer.
7.15 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af terrænet på land. Repræsentativ kote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være +2,4 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Den totale længde af denne delstrækning er for lang at lukke med en enkelt portkonstruktion, hvorfor to porte er forudsat enten som skydeporte eller sidehængslede porte. Afvandingen i vejen skal sikres med en udløbskonstruktion med kontraklap.
7.16 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af terrænet på land. Repræsentativ kote for dydbegrænsning vurderes i gennemsnit at være +2,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige Ingen yderligere kommentarer.
7.31 Alternativ løsning	Bølgehøjden dydbegrænses ikke. Repræsentativ havbundskote vurderes til kote -2,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er spunselledæmning inkl. stenkastning. Spunscelle med bølgebrydende stenkastning på ydersiden.
7.32 Alternativ løsning	Bølgehøjden dydbegrænses ikke. Repræsentativ havbundskote vurderes til kote -2,5 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er højvandsport på vand inkl. sidekonstruktioner. Port med 25 m portåbning er inkluderet i overslaget.
7.33 Alternativ løsning	Bølgehøjden dydbegrænses ikke. Repræsentativ havbundskote vurderes til kote -2,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er spunselledæmning inkl. stenkastning. Spunscelle med bølgebrydende stenkastning på ydersiden.

6.8.3 Pris og nøgletal

Tabel 6-18 nedenfor giver et overblik over estimerede omkostninger for delstrækningen og dens underopdelte sektioner. Delstrækningen indeholder både et forslag til en basisløsning og en alternativ løsning. Øverst i tabellen er angivet den totale delstrækningslængde, det totale anlægsoverslag og de totale årlige drifts- og vedligeholdelseskostninger for basisløsningen og det alternative løsningsforslag.

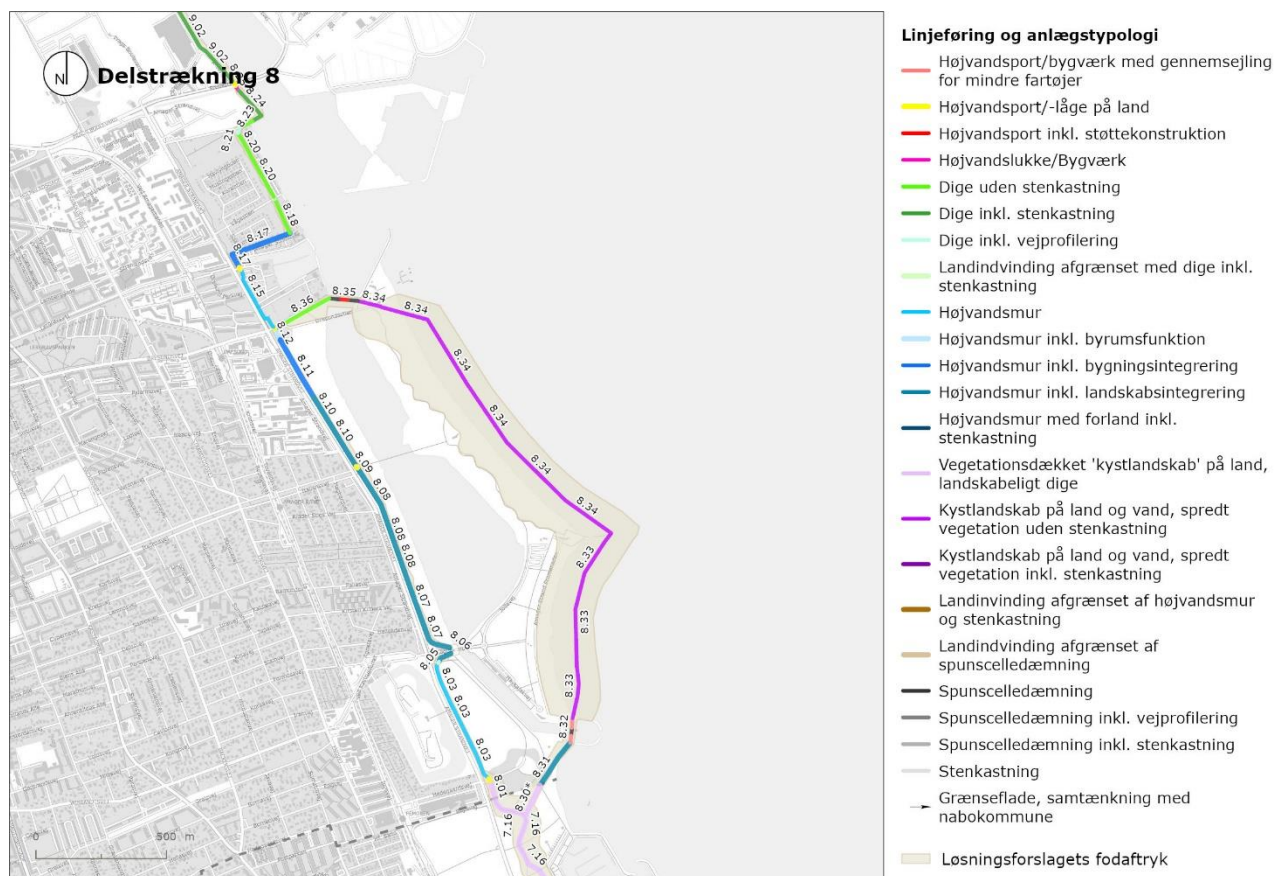
Alle prisoverslag er givet inkl. korrektionsreserven på $K1=50\%$ jf. beskrivelsen i afsnit 5.1.

Tabel 6-18: Nøgletalsoversigt over anlægsoverslag samt drifts- og vedligeholdelseskostninger for delstrækning 7, jf. NAB 1-niveau inkl. 15 % PTA og ekskl. moms.

Basisløsningen, B				2,4 km	287 mio. kr.	2,1 mio. kr.
Alternativ løsning, A				1,9 km	706 mio. kr.	9,6 mio. kr.
Sek-tion	Løs-nings-strategi	Anlægstype	Sik-rings-niveau	Længde	Anlægs-overslag jf. NAB 1-niveau	Drifts- og vedlige-holdsom-kostninger
Nr.	-	-	[m DVR90]	[m]	[DKK]	[DKK/år]
7.01	B	Dige inkl. stenkastning	4,4	298	23.140.000	110.000
7.02	B	Højvandsmur	4,8	24	2.370.000	20.000
7.03	B	Højvandsport/-låge på land	4,8	10	4.940.000	90.000
7.04	B	Højvandsmur inkl. byg-ningsintegrering	4,8	123	48.510.000	220.000
7.05	B	Højvandsport/-låge på land	3,9	12	5.940.000	110.000
7.06	B	Højvandsmur inkl. byg-ningsintegrering	3,9	144	56.810.000	250.000
7.07	B	Højvandsmur inkl. landskabsintegrering	4,6	122	7.150.000	70.000
7.08	B	Dige inkl. vejprofilering	4,6	7	1.040.000	10.000
7.09	B	Højvandsmur inkl. by-rumsfunktion	4,6	88	10.860.000	50.000
7.10	B	Højvandsmur inkl. landskabsintegrering	4,6	55	2.780.000	30.000
7.11	B	Dige inkl. stenkastning	6,7	137	23.970.000	110.000
7.12	B + A	Dige inkl. stenkastning	6,7	220	38.460.000	170.000
7.13	B + A	Dige inkl. stenkastning	6,5	93	10.170.000	50.000
7.14	B + A	Dige uden stenkastning	4,0	245	5.590.000	50.000
7.15	B + A	Højvandsport/-låge på land	4,0	30	14.810.000	260.000
7.16	B + A	Vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige	4,0	835	30.780.000	540.000
7.31	A	Spunscelledæmning inkl. stenkastning	7,3	430	153.270.000	670.000
7.32	A	Højvandsport inkl. sidekonstruktioner	8,5	25	452.820.000	7.880.000
7.33	A	Spunscelledæmning inkl. stenkastning	7,2	144	50.860.000	230.000

6.9 Delstrækning 8: Amager Øst, Sundby

Delstrækning 8 løber fra kommunegrænsen ved Tårnby, nordpå til Prøvestensbroen. Linjeføring og indikation af anlægstypologi er som indikeret i Figur 6-10. Delstrækningen indeholder både et forslag til en basisløsning og en alternativ løsning. Delstrækningen er således opdelt i sektioner som resultat af skiftende designforudsætninger og anlægstypologi i relation til løsningsstrategien.



Figur 6-10: Overblikskort over linjeføring og anlægstypologi for delstrækning 8.

6.9.1 Åbninger for vandgennemstrømning og sejlads

Der er foreslået portkonstruktioner for åbninger til lagunen i Amager Strandpark. Behovet for gennemsejlingsbredde og højde er minimalt, men for at sikre vandudskiftning, uden nærmere undersøgelser er fortaget, er der forudsat en åbningsbredde på 25 m. Forudsætningen er truffet på baggrund af, at anlægsomkostningerne og driftsomkostningerne ved større portanlæg vurderes at være væsentlige og uforholdsmæssige store sammenholdt med, at havnen primært er lystbådehavne. Ved en endelig beslutning om åbningsbredde skal nærmere analyser for særligt vandmiljøet undersøges. Porttyperne, som vurderes hensigtsmæssige, kan være mange, men den sidehængslede porttype er vurderet mest attraktiv. Den endelige porttype bør først vælges på baggrund af et mere oplyst grundlag, som inkluderer inddragelse af relevante parter og mere detaljerede økonomisk overslag. Dog bemærkes det, at sidehængslede porte er robuste og en kendt porttype i Danmark. Porten er permanent under vandpåvirkning, hvilket kan veje negativt ift. drift- og vedligehold, når den sammenlignes med andre port- eller løsningstyper. Fodafttrykket er begrænset til porten og sidekonstruktionerne.

En mindre bygværksintegreret højvandsport inkluderes desuden med en bredde på 5 m, hvor åbninger til bagvedliggende laguner kræves.

6.9.2 Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion

Tabel 6-19 giver et overblik over forudsætningerne og antagelserne for beregning af bølgeforskel, herunder bølgetillæg for sektionerne langs delstrækningen, samt forudsætninger for konstruktioner og anlæg på delstrækningen.

Tabel 6-19: Bemærkninger til bølgetillæg og konstruktioner på Delstrækning 8.

Delstræknings-sektion	Bølgetillæg	Anlæg
8.01 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølgehøjden er vurderet til +1,5 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige Ingen yderligere bemærkninger.
8.02 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølgehøjden er vurderet til gennemsnitligt +1,7 m. Direkte bølgeindfald medregnes	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Ingen yderligere bemærkninger.
8.03 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølgehøjden er vurderet til gennemsnitligt +1,7 m. Direkte bølgeindfald medregnes	Anlægstypen er en højvandsmur Ingen yderligere bemærkninger
8.04 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølgehøjden er vurderet til gennemsnitligt +1,7 m. Direkte bølgeindfald medregnes	Anlægstypen er et dige inkl. vejprofile-ring Ingen yderligere bemærkninger
8.05 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølgehøjden er vurderet til gennemsnitligt +1,7 m. Direkte bølgeindfald medregnes	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. landskabsintegrering. Ingen yderligere bemærkninger
8.06 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af Amager Strandpark og terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølgehøjden er vurderet til +2,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en stenkastning Eksisterende terræn er tilstrækkeligt højt skal derfor blot beskyttes med stenkastning
8.07 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af Amager Strandpark og terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølgehøjden er vurderet til +2,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. landskabsintegrering. Ingen yderligere bemærkninger
8.08 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af Amager Strandpark og terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølgehøjden er vurderet til +2,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. landskabsintegrering. Ingen yderligere bemærkninger.
8.09 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af Amager Strandpark og terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølgehøjden er vurderet til +2,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Ingen yderligere bemærkninger.
8.10 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af Amager Strandpark og terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølgehøjden er vurderet til +2,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. landskabsintegrering. Ingen yderligere bemærkninger.
8.11 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af Amager Strandpark og terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølgehøjden er vurderet til +2,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. bygningsintegrering Ingen yderligere bemærkninger.

8.12 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af Amager Strandpark og terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølgehøjden er vurderet til +2,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. byrumsintegrering Ingen yderligere bemærkninger.
8.13 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af Amager Strandpark og terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning af bølgehøjden er vurderet til +2,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Ingen yderligere bemærkninger.
8.14 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på foranliggende terræn. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes at være +1,8 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur Ingen yderligere bemærkninger.
8.15 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på foranliggende terræn. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes at være +1,8 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur Ingen yderligere bemærkninger.
8.16 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på foranliggende terræn. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes at være +1,8 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Ingen yderligere bemærkninger.
8.17 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på foranliggende terræn. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes at være +1,8 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. bygningsintegrering Ingen yderligere bemærkninger.
8.18 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på foranliggende terræn og Prøvestenen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes at være +2,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.
8.19 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på foranliggende terræn og Prøvestenen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes at være +2,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. vejprofile-ring Ingen yderligere bemærkninger.
8.20 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på foranliggende terræn og Prøvestenen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes at være +2,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning Ingen yderligere bemærkninger.
8.21 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på foranliggende terræn og Prøvestenen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes at være +2,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. vejprofile-ring. Ingen yderligere bemærkninger.
8.22 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på foranliggende terræn og Prøvestenen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes at være +2,0 m. På denne delstrækning forventes der at være et væsentligt skråt bølgeindfald. Grundet strækningens korte udbredelse er dette dog konservativt negligeret. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.
8.23 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på foranliggende terræn og Prøvestenen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes at være +2,0 m. På denne delstrækning forventes der at være et væsentligt skråt bølgeindfald. Grundet	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning Ingen yderligere bemærkninger.

	strækningens korte udbredelse er dette dog konservativt negligeret. Direkte bølgeindfald medregnes.	
8.24 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på foranliggende terræn og Prøvestenen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes at være +2,5 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning Ingen yderligere bemærkninger.
8.25 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på foranliggende terræn og Prøvestenen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes at være +2,5 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en spunselledæmning Typologien er valgt for at indarbejde en port på strækning 9.01. Yderligere etableres der gennemstrømningsbygværk i spunselledæmningen.
(8.30) <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af foranliggende terrænet på land. Terrænet varierer kraft på denne strækning. Repræsentativ kote for dydbegrænsning vurderes i at være +1,5 m, som opmåles foran yderste snit ved overgangen til den tilstødende sektion 8.31. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige. Eksisterende landområde er næsten i tilsvarende højde og en videre bearbejdning til delstrækning 7 skal sikre overgangen.
8.31 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses. Repræsentativ havbundskote for dydbegrænsning vurderet til kote -1,50 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. landskabsintegrering. Ingen yderligere bemærkninger.
8.32 <i>Alternativ løsning</i>	Der antages dydbegrænsning på de ydre dækværker. Repræsentativ kote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til +1,5 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et portanlæg med sidekonstruktioner. Der er angivet spunselledæmninger omkring portåbningen. Portåbningen er 5 m. Promenaden bliver på eksisterende lokalitet. Portens placering er foran eksisterende udløb.
8.33 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses ikke. Repræsentativ havbundskote vurderet til gennemsnitligt at være -4,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.
8.34 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses ikke. Repræsentativ havbundskote vurderet til gennemsnitligt at være -4,0 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.
8.35 <i>Alternativ løsning</i>	Der antages brydning på hjørnet af Amager Strandpark. Repræsentativ kote for dydbegrænsning af bølger fastsættes til kote +1,5 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et portanlæg med sidekonstruktioner. Der er angivet spunselledæmninger omkring portåbningen. Portåbningen er 25 m.
8.36 <i>Alternativ løsning</i>	Det forudsættes at bølger dydbegrænses på foranliggende terræn. Repræsentativ kote for dydbegrænses fastlægges til +1,5 m. Det vurderes, at bølger vil løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket medregnes ved bestemmelse af bølgetillægget.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.
8.37 <i>Alternativ løsning</i>	Det forudsættes at bølger dydbegrænses på foranliggende terræn. Repræsentativ kote for dydbegrænses fastlægges til +1,5 m. Det vurderes, at bølger vil løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket medregnes ved bestemmelse af bølgetillægget.	Anlægstypen er en højvandsmur Ingen yderligere bemærkninger.

6.9.3 Pris og nøgletal

Tabel 6-20 nedenfor giver et overblik over estimerede omkostninger for delstrækningen og dens underopdelte sektioner. Delstrækningen indeholder både et forslag til en basisløsning og en alternativ løsning. Øverst i tabellen er angivet den totale delstrækningens længde, det totale

anlægsoverslag og de totale årlige drifts- og vedligeholdelseskostninger for basisløsningen og det alternative løsningsforslag.

Alle prisoverslag er givet inkl. korrektionsreserven på K1=50% jf. beskrivelsen i afsnit 5.1.

Tabel 6-20: Nøgletaloversigt over anlægsoverslag samt drifts- og vedligeholdelseskostninger for delstrækning 8, jf. NAB 1-niveau inkl. 15 % PTA og ekskl. moms.

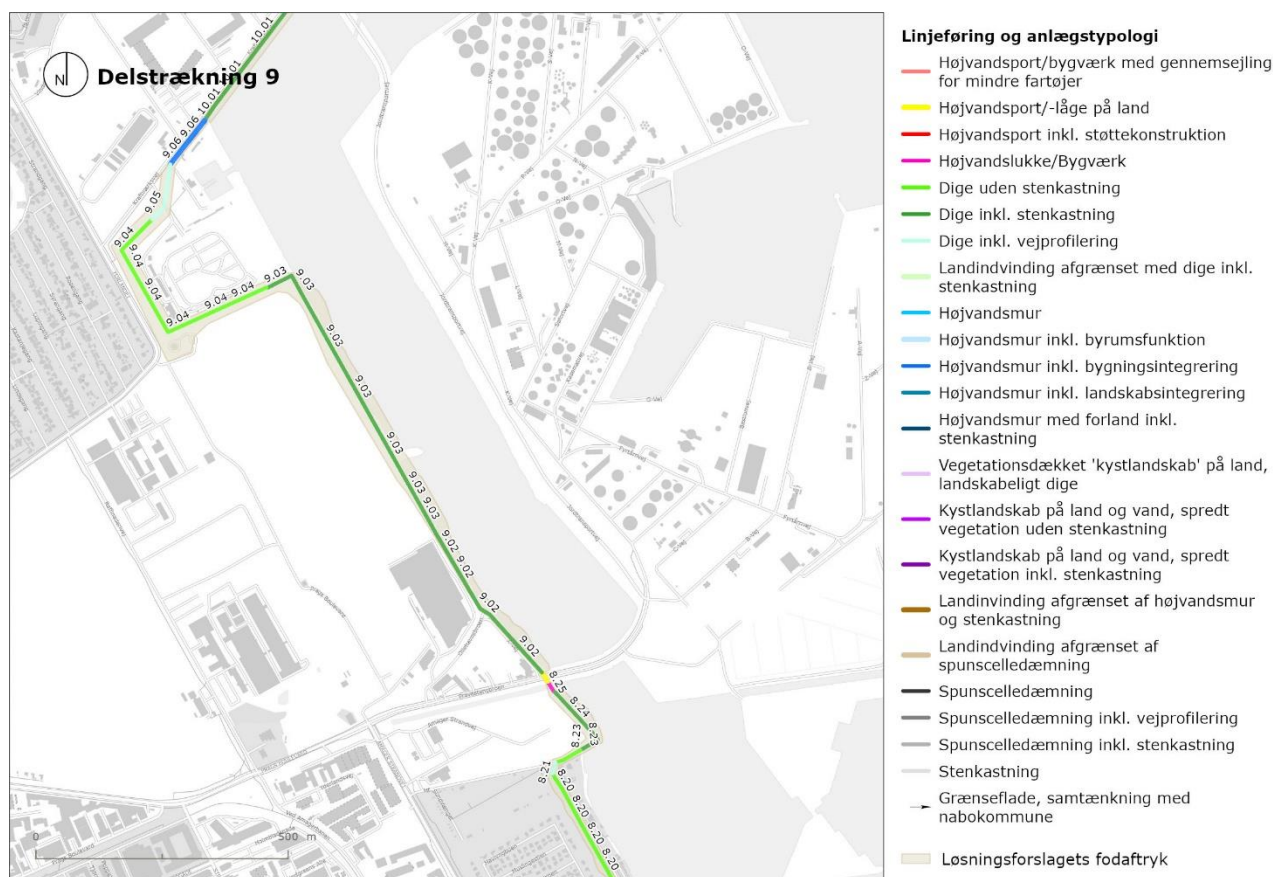
Basisløsningen, B				3,4 km	470 mio. kr.	2,9 mio. kr.
Alternativ løsning, A				4,1 km	1.371 mio. kr.	20,6 mio. kr.
Sek- tion	Løs- nings- strategi	Anlægstype	Sik- rings- niveau	Længde	Anlægs- overslag jf. NAB 1-niveau	Drifts- og vedlige- holdsom- kostninger
Nr.	-	-	[m DVR90]	[m]	[DKK]	[DKK/år]
8.01	B	Vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige	4,2	67	5.230.000	140.000
8.02		Højvandsport/-låge på land	4,7	8	3.960.000	70.000
8.03	B	Højvandsmur	4,7	492	48.990.000	220.000
8.04	B	Dige inkl. vejprofilering	4,2	6	870.000	10.000
8.05	B	Højvandsmur inkl. landskabsintegrering	4,2	59	3.350.000	50.000
8.06	B	Stenkastning	4,1	67	3.470.000	20.000
8.07	B	Højvandsmur inkl. landskabsintegrering	4,8	342	25.970.000	230.000
8.08	B	Højvandsmur inkl. landskabsintegrering	4,8	462	35.070.000	310.000
8.09	B	Højvandsport/-låge på land	4,4	6	2.970.000	60.000
8.10	B+A	Højvandsmur inkl. landskabsintegrering	4,8	328	22.000.000	200.000
8.11	B+A	Højvandsmur inkl. byg- ningsintegrering	4,4	238	93.840.000	410.000
8.12	B+A	Højvandsmur inkl. by- rumsfunktion	4,4	47	5.840.000	30.000
8.13	B+A	Højvandsport/-låge på land	4,4	8	3.960.000	70.000
8.14	B+A	Højvandsmur	4,6	93	8.650.000	40.000
8.15	B+A	Højvandsmur	4,6	170	15.790.000	70.000
8.16	B+A	Højvandsport/-låge på land	4,6	8	3.960.000	70.000
8.17	B+A	Højvandsmur inkl. byg- ningsintegrering	4,6	297	117.080.000	510.000
8.18	B+A	Dige	4,8	142	2.040.000	20.000
8.19	B+A	Dige inkl. vejprofilering	4,8	8	510.000	10.000
8.20	B+A	Dige	4,8	281	3.970.000	40.000
8.21	B+A	Dige inkl. vejprofilering	4,8	23	1.400.000	20.000
8.22	B+A	Dige	4,8	56	850.000	10.000
8.23	B+A	Dige inkl. stenkastning	4,1	60	4.130.000	20.000
8.24	B+A	Dige inkl. stenkastning	3,8	108	6.700.000	30.000
8.25	B+A	Spunscelledæmning inkl. bygværk	4	25	49.670.000	220.000
8.30*	A	Vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige	4,1	134	2.040.000	40.000
8.31	A	Højvandsmur inkl. landskabsintegrering	7,4	201	25.400.000	230.000
8.32 (b)	A	Spunscelledæmning	4,6	81	13.670.000	60.000
8.32 (a)	A	Højvandsport inkl. sidekonstruktioner	4,6	10	54.340.000	950.000

8.33	A	Kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning	5,3	742	150.180.000	2.620.000
8.34	A	Kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning	5,3	1370	277.260.000	4.830.000
8.35 (b)	A	Spunscelledæmning	4,6	64	9.340.000	50.000
8.35 (a)		Højvandsport inkl. sidekonstruktioner	4,6	25	606.770.000	10.560.000
8.36	A	Dige	4,2	202	9.150.000	80.000
8.37	A	Højvandsmur	4,6	38	3.710.000	20.000

* En sammenbygning og tilpasning af 7.16 i relation til valg af alternativ løsning.

6.10 Delstrækning 9: Bag Prøvestenen

Delstrækning 9 løber fra Prøvestensbroen til Kraftværksøen. Linjeføringen og anlægstypologi er indikeret i Figur 6-11. Delstrækningen indeholder et forslag til en basisløsning. Delstrækningen er således opdelt i sektioner som resultat af skiftende designforudsætninger og anlægstypologi i relation til løsningsstrategien.



Figur 6-11: Overblikskort over linjeføring og anlægstypologi for delstrækning 9.

6.10.1 Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion

Tabel 6-21 giver et overblik over forudsætningerne og antagelserne for beregning af bølgeforhold, herunder bølgetillæg for sektionerne langs delstrækningen, samt forudsætninger for konstruktioner og anlæg på delstrækningen.

Tabel 6-21: Bemærkninger til bølgetillæg og konstruktioner på delstrækning 9.

Delstrækningssektion	Bølgetillæg	Anlæg
9.01 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af Prøvestenen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,5 m. Eventuel begrænsning af bølgehøjden fra bygningerne er konservativt ikke medregnet. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Åbningen af porten er på grænsen af, hvad normale porttyper kan for en portlåge på tværs af vejen. Evt. kan der etableres to mindre porte, men dette påvirker ikke prissætningen på nuværende niveau.
9.02 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af Prøvestenen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,5 m. Eventuel begrænsning af bølgehøjden fra bygningerne er konservativt ikke medregnet. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Adgangsvej forudsættes på eksisterende terræn.
9.03 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af Prøvestenen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,5 m. Eventuel begrænsning af bølgehøjden fra bygningerne er konservativt ikke medregnet. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Adgangsvej forudsættes på eksisterende terræn.
9.04 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,5 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige uden stenkastning. Eksisterende terræn er beliggende højt nok til at imødekomme sikringsniveauet. Der er medtaget omkostninger til drift og vedligehold svarende til et dige, da terrænet udgør samme funktion som et dige.
9.05 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,5 m. Direkte bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. vejprofilering. Det er vurderet muligt at hæve vejen i en omprofilering med op til 8% hældning.
9.06 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af det foranliggende terræn. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,8 m. Direkte bølgeindfald betragtes. Dette er konservativt, i et der forventeligt vil være betydeligt skråt indfald.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. bygningsintegrering. Ingen yderligere kommentarer.

6.10.2 Pris og nøgletal

Tabel 6-22 nedenfor giver et overblik over estimerede omkostninger for delstrækningen og dens underopdelte sektioner. Delstrækningen indeholder både et forslag til en basisløsning og en alternativ løsning. Øverst i tabellen er angivet den totale delstrækningslængde, det totale anlægsoverslag og de totale årlige drifts- og vedligeholdelseskostninger for basisløsningen og det alternative løsningsforslag.

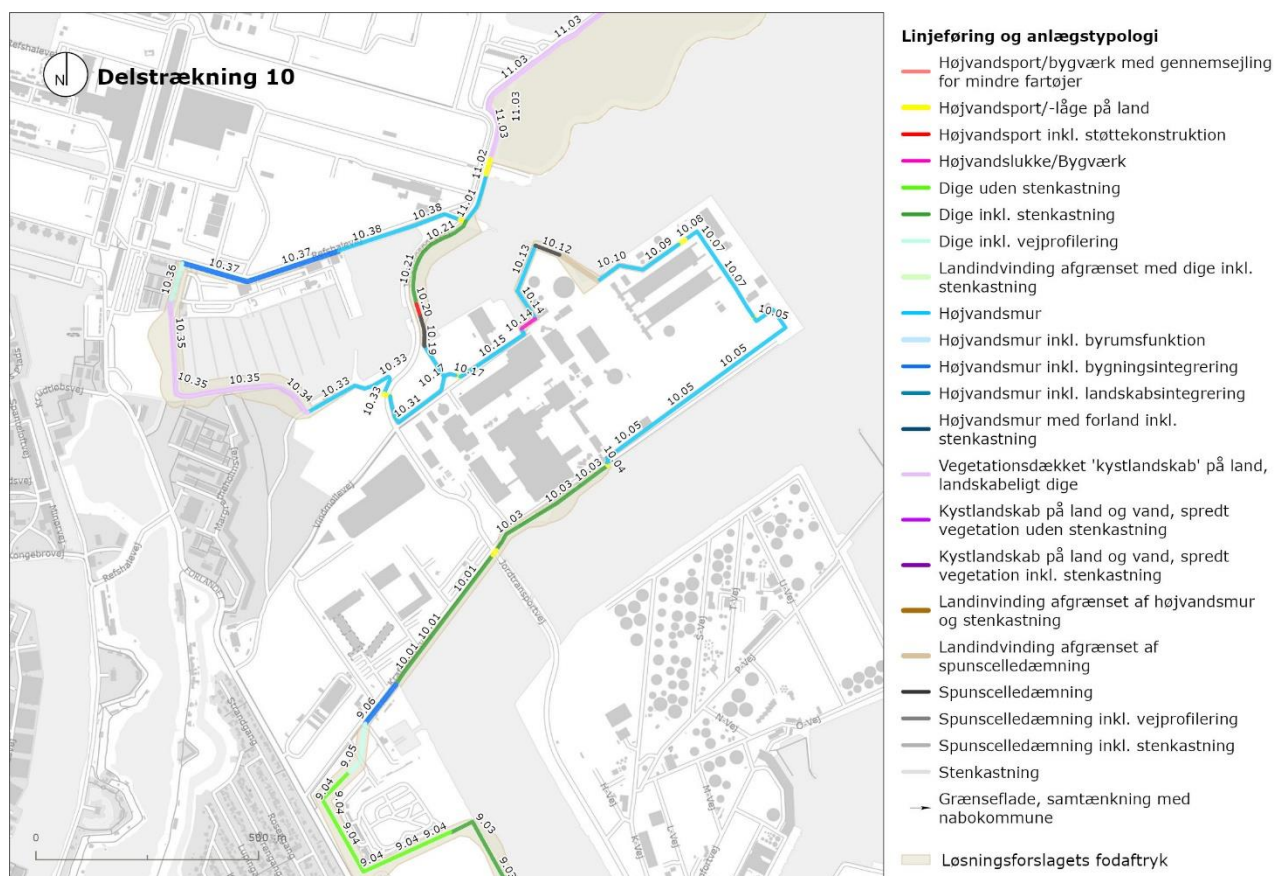
Alle prisoverslag er givet inkl. korrektionsreserven på $K1=50\%$ jf. beskrivelsen i afsnit 5.1.

Tabel 6-22: Nøgletalsoversigt over anlægsoverslag samt drifts- og vedligeholdelseskostninger for delstrækning 9, jf. NAB 1-niveau inkl. 15 % PTA og ekskl. moms.

Basisløsning				1,6 km	147,3 mio. kr.	0,9 mio. kr.
Sek-tion	Løs-nings-strategi	Anlægstype	Sik-rings-niveau	Længde	Anlægs-overslag jf. NAB 1-niveau	Drifts- og vedlige-holdsom-kostninger
Nr.	-	-	[m DVR90]	[m]	[DKK]	[DKK/år]
9.01	B	Højvandsport/-læge på land	4,0	19	9.390.000	170.000
9.02	B	Dige inkl. stenkastning	3,8	347	31.160.000	140.000
9.03	B	Dige inkl. stenkastning	3,8	643	57.720.000	260.000
9.04	B	Dige uden stenkastning	4,1	409	0	100.000
9.05	B	Dige inkl. Vejprofilering	4,1	119	5.250.000	50.000
9.06	B	Højvandsmur inkl. byg-ningsintegrering	3,7	111	43.800.000	200.000

6.11 Delstrækning 10: Kraftværkshalvøen/Refshaleøen

Delstrækning 10 løber fra Copenhagen Cablepark til Lynetteholm. Linjeføring og indikation af anlægstypologi er som indikeret i Figur 6-12. Delstrækningen indeholder både et forslag til en basisløsning og en alternativ løsning. Delstrækningen er således opdelt i sektioner som resultat af skiftende designforudsætninger og anlægstypologi i relation til løsningsstrategien.

**Figur 6-12: Overblikskort over linjeføring og anlægstypologi for delstrækning 10.**

6.11.1 Åbninger for vandgennemstrømning og sejlads

Der er foreslået portkonstruktioner for indsejlingen til lystbådehavnen, som primært besejles af begrænsede skibsstørrelser. Behovet for gennemsejlingsbredde og højde skal afdækkes, men for nuværende er der forudsat en gennemsejlingsbredde på 25 m. Dette kan opleves som en begrænsning for nogle typer af skibe, hvis de ikke har mulighed for at anvende motor. Forudsætningen er truffet på baggrund af, at anlægsomkostningerne og driftsomkostningerne ved større portanlæg vurderes at være væsentlige og uforholdsmæssigt store sammenholdt med, at havnen primært er lystbådehavn. Forud for en endelig beslutning om gennemsejlingsbredde, skal havnene og andre relevante parter inddrages, lige som analyse for besejlingsforhold bør gennemføres for at kortlægge mulighederne og begrænsningerne.

Porttyperne, som vurderes hensigtsmæssige for en indsejling til en lystbådehavn, kan være mange, men den sidehængslede porttype er vurderet mest attraktiv for lystbådehavne. Den endelige porttype bør først vælges på baggrund af et mere oplyst grundlag, som inkluderer besejlingsstudier, inddragelse af relevante parter og mere detaljerede økonomiske overslag. Dog bemærkes det, at sidehængslede porte er robuste og kendt porttype i Danmark. De er vurderet økonomisk attraktive at anvende og har ingen begrænsninger i gennemsejlingshøjde, hvorved højmastede skibe ikke begrænses. Porten er permanent under vandpåvirkning, hvilket kan veje negativt ift. drift- og vedligehold, når den sammenlignes med andre porttyper. Fodafttryk er begrænset til porten og sidekonstruktionerne.

6.11.2 Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion

Tabel 6-23 giver et overblik over forudsætningerne og antagelserne for beregning af bølgeforhold, herunder bølgetillæg for sektionerne langs delstrækningen, samt forudsætninger for konstruktioner og anlæg på delstrækningen.

Tabel 6-23: Bemærkninger til bølgetillæg og konstruktioner på delstrækning 10.

Delstrækningssektion	Bølgetillæg	Anlæg
10.01 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne antages at bryde på foranliggende vejrdæmning, der løber på tværs af kanalen. Dæmningens topkote kendes ikke præcist, men vurderes at være ca. kote +2,0 m. Direkte bølgeindfald betragtes. Dette er konservativt, idet der forventeligt vil være betydeligt skråt indfald.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Det forudsættes, at der bygges ud mod vandet, da der ikke er plads til at bygge ind på land ift. eksisterende kystlinje. Eksisterende vej er anvendt som adgangsvej.
10.02 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne antages at bryde på vejrdæmning, der løber på tværs af kanalen. Dæmningens topkote kendes ikke præcist, men vurderes at være ca. kote +2,0 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Ingen yderligere kommentarer.
10.03 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgehøjden i kanalen vurderes ikke at blive dydbegrænset. Eventuelle energitab og reduktion af bølgehøjden gennem det snævre indløb er konservativt negligeret. Det vurderes, at bølger vil løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket medregnes ved bestemmelse af bølgetillægget.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Det forudsættes, at der bygges ud mod vandet, da der ikke er plads til at bygge ind på land ift. eksisterende kystlinje. Eksisterende vej er anvendt som adgangsvej.
10.04 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,0 m. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Se bemærkninger til sektion 10.05 for overvejelser.
10.05 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på terrænet foran konstruktionen. Det bemærkes at bredden på kajarealet er mindre end 1x	Anlægstypen er en højvandsmur Højvandsmuren er placeret ca. 15-20 m bag kajvæggen. Konstruktionshøjden er 2,2 m

	bølgelængde, men da bølgerne forventes at løbe nært parallelt med konstruktionen, vurderes det rimeligt at dydbegrænse bølgehøjden efter kajarealets terrænhøjde. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,0 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	over eksisterende terræn, og det er vurderet muligt at opretholde driften af kajen grundet, at det eksisterende materiel på kajen kan operere hen over konstruktioner med sammenlignelige højder. Der kan være behov for at ændre funderingstypen fra direkte funderet betonstøttevæg til en pælefunderet løsning. For nu er en standard direkte funderet betonstøttevæg forudsat.
10.06 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på terrænet foran konstruktionen. Bredden på foranliggende kajarealet er større end 1x bølgelængde, og det vurderes derfor rimeligt at dydbegrænse bølgehøjden efter kajarealets terrænhøjde. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,5 m. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Se bemærkninger til sektion 10.05 for overvejelser.
10.07 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på terrænet foran konstruktionen. Bredden på foranliggende kajarealet er større end 1x bølgelængde, og det vurderes derfor rimeligt at dydbegrænse bølgehøjden efter kajarealets terrænhøjde. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,5 m. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsmur. Højvandsmuren og port/-låge er placeret 70 m bag kajvæggen.
10.08 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Se bemærkninger til str. 10.07 for overvejelser.
10.09 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur. Højvandsmuren og port/-låge er placeret 50 m bag kajvæggen.
10.10 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,5 m. Bølger vil ramme dele af konstruktionen skråt, mens andre dele af delstrækningen vurderes at få direkte bølgeindfald. Bølgetillæg for hele strækningen fastlægges derfor efter direkte bølgeindfald.	Anlægstypen er en højvandsmur. Højvandsmuren er placeret ca. 10 m bag kajvæggen.
10.11 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes at være -6.0. Bølgehøjden dydbegrænses derfor ikke. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en spuncelle inkl. landindvinding Der er medtaget landindvinding for at sikre adgang til eksisterende facilitet. En spuncelledæmning er valgt, da anlægget flyttes ud i vandet, da eksisterende land ikke kan imødekomme en støttevægskonstruktion uden at påvirke anløbsmulighederne på eksisterende kajanlæg.
10.12 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes at være -6.0. Bølgehøjden dydbegrænses derfor ikke. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Det forudsættes at der bygges ud mod vandet, da der ikke er plads til at bygge ind på land ift. eksisterende kystlinje. Eksisterende vej er anvendt som adgangsvej.
10.13 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes til -4.0. Vanddybden vurderes ikke at være tilstrækkelig stor til at dydbegrænse bølgehøjden. Bølgehøjden antages dog at være reduceret til 80 % af den udefrakommende værdi grundet forventet energitab i det snævre indløb ind mod yderste	Anlægstypen er en højvandsmur. Ingen yderligere bemærkninger.

	bassin i Margretheholm Havn (bassinet øst for Margretheholms broen (Jordtransportvej)). Dette nøjagtige energitab skal præciseres ved senere detailstudier. Det vurderes, at bølger vil løbe nært parrallelt med konstruktionen, hvilket medregnes ved bestemmelse af bølgetillægget	
10.14 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes til -4.0. Vanddybden vurderes ikke at være tilstrækkelig stor til at dydbegrænse bølgehøjden. Bølgehøjden antages dog at være reduceret til 80 % af den udefrakommende værdi grundet forventet energitab i det snævre indløb ind mod yderste bassin i Margretheholm Havn (bassinet øst for Margretheholms broen. Dette nøjagtige energitab skal præciseres ved senere detailstudier. Det vurderes, at bølger vil løbe nært parrallelt med konstruktionen, hvilket medregnes ved bestemmelse af bølgetillægget.	Anlægstypen er en højvandsmur. Der skal etableres et gennemstrømningsbygværk.
10.15 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,0 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur. Højvandsmuren er trukket tilbage langs adgangsvejen for at sikre fortsat drift på eksisterende kaj.
10.16 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,0 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Ingen yderligere bemærkninger.
10.17 <i>Basisløsning + Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,0 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur. Ingen yderligere bemærkninger.
10.18 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,0 m. Direkte bølgeindfald antages.	Anlægstypen er en højvandsmur. Ingen yderligere bemærkninger.
10.19 <i>Basisløsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes til -6.0. Vanddybden vurderes ikke at være tilstrækkelig stor til at dydbegrænse bølgehøjden. Bølgehøjden antages dog at være reduceret til 80 % af den udefrakommende værdi grundet forventet energitab i det snævre indløb ind mod yderste bassin i Margretheholm Havn (bassinet øst for Margretheholms broen (Jordtransportvej)). Dette nøjagtige energitab skal præciseres ved senere detailstudier. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en spunsclledæmning. Spunsclledæmningen grænser op til port for strækning 10.20 og har samtidig eksisterende kajanlæg til den anden side. Der er forudsat, at der skal være fortsat drift af kajen, hvorfor et minimalt fodaftryk ud mod denne er prioriteret. Spunsclledæmningen bygges uden på eksisterende dæmning grundet dette. Adgangsvejen på eksisterende dæmning beholdes.
10.20 <i>Basisløsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes til -6.0. Vanddybden vurderes ikke at være tilstrækkelig stor til at dydbegrænse bølgehøjden. Bølgehøjden antages dog at være reduceret til 80 % af den udefrakommende værdi grundet forventet energitab i det snævre indløb ind mod yderste bassin i Margretheholm Havn (bassinet øst for Margretheholms broen (Jordtransportvej)). Dette nøjagtige energitab skal præciseres ved senere detailstudier. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsport inkl. sidekonstruktioner. En port på 15 m indarbejdes foran eksisterende gennemsejling. Adgangsvejen på eksisterende dæmning og bro beholdes.

10.21 <i>Basisløsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes til -6.0. Vanddybden vurderes ikke at være tilstrækkelig stor til at dydbegrænse bølgehøjden. Bølgehøjden antages dog at være reduceret til 80 % af den udefrakommende værdi grundet forventet energitab i det snævre indløb ind mod yderste bassin i Margretheholm Havnen (bassinet øst for Margretheholms broen (Jordtransportvej)). Dette nøjagtige energitab skal præciseres ved senere detailstudier. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Videreførelsen af sikringslinjen er et dige inkl. stenkastning, da der ikke er begrænsninger for fodaftrykket, som det var tilfældet for sektion 10.19.
10.31 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsmur. Ingen yderligere bemærkninger.
10.32 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne dydbegrænses på terrænet foran konstruktionen. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,5 m. Skråt bølgeindfald medregnes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Ingen yderligere bemærkninger.
10.33 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne antages at blive dydbegrænset af vejdamning der ligger på tværs af kanalen. Dæmningens topkote vurderes at ligge i ca. kote +2,0 m. Direkte bølgeindfald betragtes (konservativt).	Anlægstypen er en højvandsmur. Ingen yderligere bemærkninger.
10.34 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne antages at blive dydbegrænset af vejdamning der ligger på tværs af kanalen. Dæmningens topkote vurderes at ligge i ca. kote +2,0 m. Direkte bølgeindfald betragtes (konservativt).	Anlægstypen er et vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige Ingen yderligere bemærkninger.
10.35 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne antages at blive dydbegrænset af vejdamning der ligger på tværs af kanalen. Dæmningens topkote vurderes at ligge i ca. kote +2,0 m. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er et vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige. Ingen yderligere bemærkninger.
10.36 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne antages at bryde på det foranliggende bådopland. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes til +2,5 m. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er et dige inkl. vejprofilering. Ingen yderligere bemærkninger.
10.37 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne antages at bryde på det foranliggende bådopland. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning vurderes til +2,5 m. Direkte bølgeindfald betragtes konservativt, da der formentlig vil være betydeligt skråt indfald.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. bygningsintegrering. Ingen yderligere bemærkninger.
10.38 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne antages at blive dydbegrænset af vejdamning, der ligger på tværs af kanalen. Dæmningens topkote vurderes at ligge i ca. kote +2,0 m. Der forventes at være væsentlig skråt indfald, men grundet komplekse brydningsdynamik er der konservativt antaget direkte bølgeindfald.	Anlægstypen er en højvandsmur. Ingen yderligere bemærkninger.
10.39 <i>Alternativ løsning</i>	Bølgerne antages at blive dydbegrænset af foranliggende terræn. Repræsentativ terrænkote vurderes at være +2,0 m. Det vurderes, at bølger vil løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket medregnes ved bestemmelse af bølgetilægget.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Ingen yderligere bemærkninger.

6.11.3 Pris og nøgletal

Tabel 6-24 nedenfor giver et overblik over estimerede omkostninger for delstrækningen og dens underopdelte sektioner. Delstrækningen indeholder både et forslag til en basisløsning og en alternativ løsning. Øverst i tabellen er angivet den totale delstrækningens længde, det totale anlægsoverslag og de totale årlige drifts- og vedligeholdelseskostninger for basisløsningen og det alternative løsningsforslag.

Alle prisoverslag er givet inkl. korrektionsreserven på $K1=50\%$ jf. beskrivelsen i afsnit 5.1.

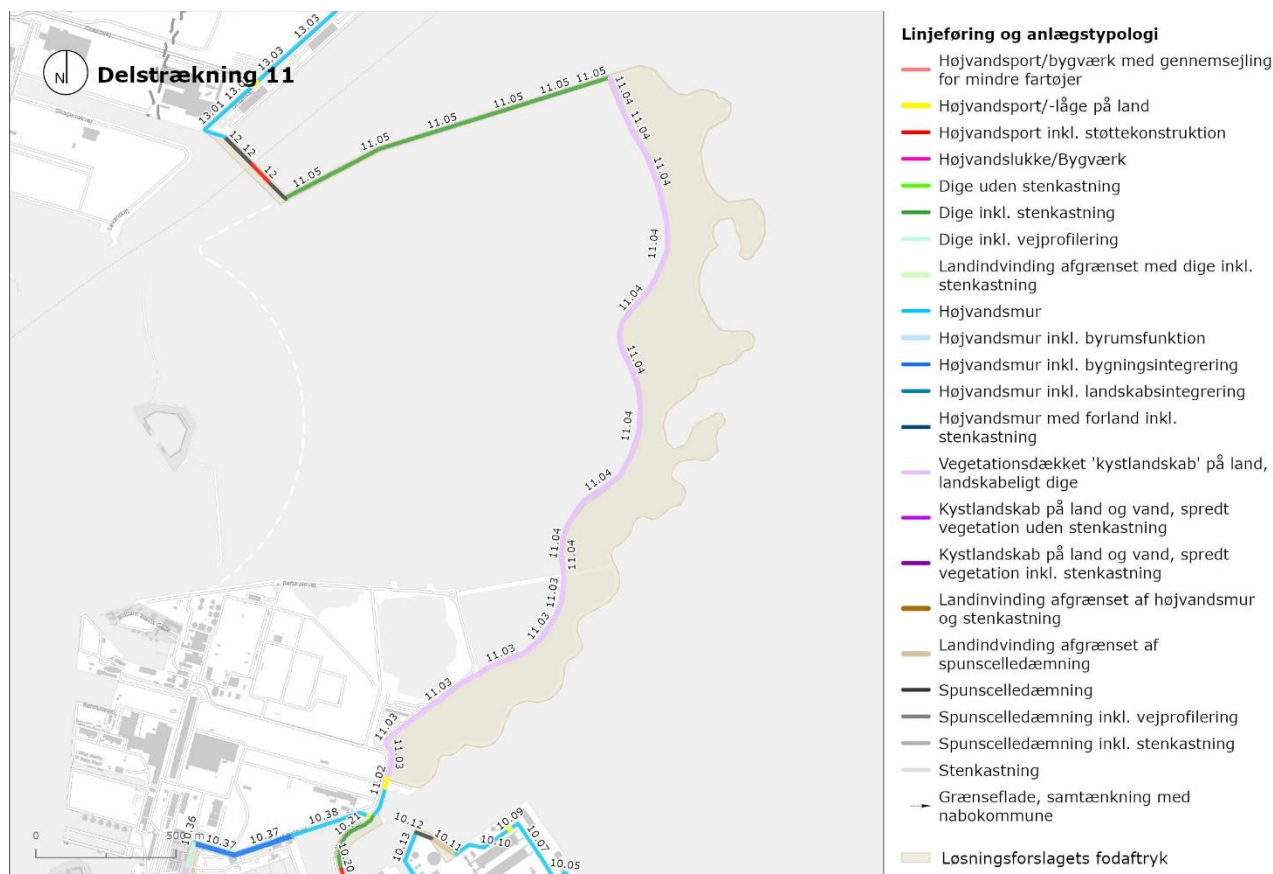
Tabel 6-24: Nøgletalsoversigt over anlægsoverslag samt drifts- og vedligeholdelseskostninger for delstrækning 10, jf. NAB 1-niveau inkl. 15 % PTA og ekskl. moms.

Basisløsning, B				2,9 km	632 mio. kr.	6,6 mio. kr.
Alternativ løsning, A				4,2 km	517 mio. kr.	4,4 mio. kr.
Sek- tion	Løs- nings- strategi	Anlægstype	Sik- rings- niveau	Længde	Anlægs- overslag jf. NAB 1-niveau	Drifts- og vedlige- holdsom- kostninger
Nr.	-	-	[m DVR90]	[m]	[DKK]	[DKK/år]
10.01	B+A	Dige inkl. stenkastning	4,1	363	27.570.000	120.000
10.02	B+A	Højvandsport/-låge på land	3,9	12	5.940.000	110.000
10.03	B+A	Dige inkl. stenkastning	5,4	319	44.700.000	200.000
10.04	B+A	Højvandsport/-låge på land	4,4	6	2.970.000	60.000
10.05	B+A	Højvandsmur	4,2	612	50.360.000	220.000
10.06	B+A	Højvandsport/-låge på land	4,0	8	1.990.000	40.000
10.07	B+A	Højvandsmur	4,0	261	16.980.000	80.000
10.08	B+A	Højvandsport/-låge på land	3,8	18	4.460.000	80.000
10.09	B+A	Højvandsmur	3,8	98	6.060.000	30.000
10.10	B+A	Højvandsmur	4,0	109	7.150.000	40.000
10.11	B+A	Spunscelledæmning inkl. landindvinding	7,5	104	24.590.000	110.000
10.12	B+A	Spunscelledæmning	7,5	59	7.510.000	40.000
10.13	B+A	Højvandsmur	6,0	110	11.580.000	60.000
10.14	B+A	Højvandsmur	6,0	114	59.450.000	260.000
10.15	B+A	Højvandsmur	4,2	187	13.790.000	60.000
10.16	B+A	Højvandsport/-låge på land	4,2	10	2.470.000	50.000
10.17	B+A	Højvandsmur	4,2	28	2.090.000	10.000
10.18	B	Højvandsmur	4,4	81	6.270.000	30.000
10.19	B	Spunscelledæmning	6,5	141	32.570.000	150.000
10.20	B	Højvandsport inkl. sidekonstruktioner	6,5	15	271.690.000	4.730.000
10.21	B	Dige inkl. stenkastning	6,4	243	31.810.000	140.000
10.31	A	Højvandsmur	3,8	214	14.310.000	70.000
10.32	A	Højvandsport/-låge på land	3,8	15	3.710.000	70.000
10.33	A	Højvandsmur	4,2	252	18.580.000	90.000
10.34	A	Vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige	4,1	87	2.470.000	1.453.389
10.35	A	Vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige	4,1	446	12.610.000	220.000
10.36	A	Dige inkl. Vejprofilering	4,1	87	2.520.000	30.000

10.37	A	Højvandsmur inkl. bygningssintegrering	4,0	366	144.300.000	630.000
10.38	A	Højvandsmur	4,2	289	22.430.000	100.000
10.39	A	Højvandsport/låge på land	4,2	13	6.420.000	120.000

6.12 Delstrækning 11: Lynetteholm

Delstrækning 11 løber fra Margretheholms Havn til Kronløbet. Linjeføringen og anlægstypologi er indikeret i Figur 6-13. Delstrækningen indeholder et forslag til en basisløsning. Delstrækningen er således opdelt i sektioner som resultat af skiftende designforudsætninger og anlægstypologi i relation til løsningsstrategien.



Figur 6-13: Overbliksskema over linjeføring og anlægstypologi for delstrækning 11.

6.12.1 Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion

Tabel 6-25 giver et overblik over forudsætningerne og antagelserne for beregning af bølgeforhold, herunder bølgetillæg for sektionerne langs delstrækningen samt forudsætninger for konstruktioner og anlæg på delstrækningen.

Tabel 6-25: Bemærkninger til bølgetillæg og konstruktioner på Delstrækning 11.

Delstræknings-sektion	Bølgetillæg	Anlæg
11.01 <i>Basisløsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes til -6.0. Vanddybden vurderes ikke at være tilstrækkelig stor til at dydbegrænse bølgehøjden. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsmur Typen er valgt grundet pladsforhold.
11.02 <i>Basisløsning</i>	Denne delstrækning ligger tilbagetrukket bag ved et ca. 100 m bredt kajareal. Det antages, at bølgehøjden begrænses over dette terræn. Repræsentativ kote for dydbegrænses vurderes til kote +2.0. Det bemærkes, at den nøjagtige kote på terrænet ikke er kendt, og derfor anvendes terrænkoten på bagvedliggende kørevej. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Ingen yderligere bemærkninger
11.03 <i>Basisløsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes til -12,0 m. Vanddybden vurderes ikke at være tilstrækkelig stor til at dydbegrænse bølgehøjden. Skråt bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er et vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige. Der er kun medtaget nødvendigt opfyld over den projekterede terrænkote for Lynetteholmen (+4,0 m DVR90). Længden af sektionsstrækningen er baseret på den indre grænse af Lynetteholmen og ikke den udvendige organiske form på afslutningen af Lynetteholmens kystlandskab.
11.04 <i>Basisløsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes til -8,0 m. Vanddybden vurderes ikke at være tilstrækkelig stor til at dydbegrænse bølgehøjden. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er et vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige. Der er kun medtaget nødvendigt opfyld over den projekterede terrænkote for Lynetteholmen (+4,0 m DVR90). Længden af sektionsstrækningen er baseret på den indre grænse af Lynetteholmen og ikke den udvendige organiske form på afslutningen af Lynetteholmens kystlandskab.
11.05 <i>Basisløsning</i>	Repræsentativ havbundskote vurderes til -11,0 m. Vanddybden vurderes ikke at være tilstrækkelig stor til at dydbegrænse bølgehøjden. Bølgerne vurderes at løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket medregnes i bestemmelsen af bølgetillægget.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Da sikringskoten er noget over projekteret terræn for Lynetteholmen, skifter typen til et dige inkl. stenkastning for at holde linjeføringen kystnært.

6.12.2 Pris og nøgletal

Tabel 6-26 nedenfor giver et overblik over estimerede omkostninger for delstrækningen og dens underopdelte sektioner. Delstrækningen indeholder både et forslag til en basisløsning og en alternativ løsning. Øverst i tabellen er angivet den totale delstrækningslængde, det totale anlægsoverslag og de totale årlige drifts- og vedligeholdelseskostninger for basisløsningen og det alternative løsningsforslag.

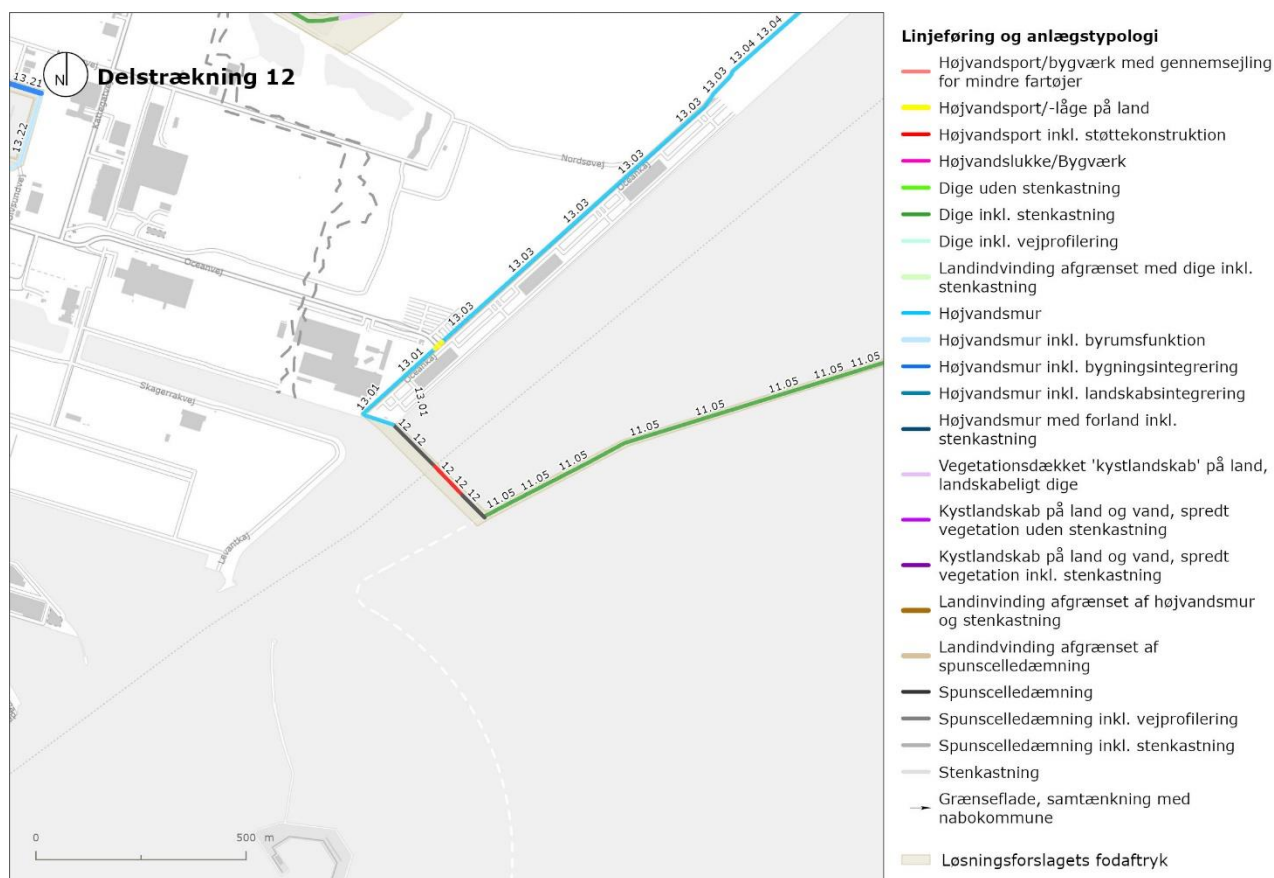
Alle prisoverslag er givet inkl. korrektionsreserven på $K1=50\%$ jf. beskrivelsen i afsnit 5.1.

Tabel 6-26: Nøgletalsoversigt over anlægsoverslag samt drifts- og vedligeholdelseskostninger for delstrækning 11, jf. NAB 1-niveau inkl. 15 % PTA og ekskl. moms.

Basisløsning, B				4,4 km	199 mio. kr.	2,4 mio. kr.
Sek-tion	Løs-nings-strategi	Anlægstype	Sik-rings-niveau	Længde	Anlægs-overslag jf. NAB 1-niveau	Drifts- og vedlige-holdsom-kostninger
Nr.	-	-	[m DVR90]	[m]	[DKK]	[DKK/år]
11.01	B	Højvandsmur	7,5	115	16.100.000	70.000
11.02	B	Højvandsport/-låge på land	4,4	35	8.650.000	160.000
11.03	B	Vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige	4,7	1.048	17.820.000	310.000
11.04	B	Vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige	5,8	1.989	86.940.000	1.520.000
11.05	B	Dige inkl. stenkastning	6,4	1.237	69.710.000	310.000

6.13 Delstrækning 12: Kronløbet

Delstrækning 12 løber fra Lynetteholm til Nordhavn. Linjeføringen og anlægstypologi er indikeret i Figur 6-14. Delstrækningen indeholder et forslag til en basisløsning. Delstrækningen er således opdelt i sektioner som resultat af skiftende designforudsætninger og anlægstypologi i relation til løsningsstrategien.

**Figur 6-14: Overblikskort over linjeføring og anlægstypologi for delstrækning 12**

6.13.1 Åbninger for vandgennemstrømning og sejlads

Delundersøgelsen har søgt at identificere løsningskonfigurationer, som kunne være anlægsøkonomiske fordelagtige under hensyntagen til at sikre en maksimal åbning. Den kommende gennemsejlingsbredde ved lokaliteten efter konstruktion af Lynetteholmen er ca. 310 m og en garanteret vanddybde på 10 m i en bredde på 135 m.

Der har i forundersøgelsesfasen været ønske om at opretholde skibstrafik til Københavns Havn med bl.a. færgetrafik med Oslo-båden og mulighed for flådeskibe og krydstogtskibe. Dette giver et naturligt behov for at maksimere bredden af portåbningen. Der er i tidligere konceptstudier af netop en port i Kronløbet taget udgangspunkt i en minimumsgennemsejlingsbredde på +80 m, ref. [19] og [20]. Der skal desuden være ubegrænset frihøjde, så store færges og krydstogtskibe kan sejle igennem. Ud over porten vil der blive etableret dæmningskonstruktioner som tilstødende sidekonstruktioner.

Alene grundet ønsket om stor gennemsejlingsbredde og -højde begrænser løsningsmulighederne sig. Eventuelle fremtidige vurderinger af behov for gennemsejling kan resultere i mindre gennemsejlingsbredder og begrænsninger på krav til frihøjde, hvilket kan medføre mulighed for alternative porttyper. Men med de til forundersøgelsen valgte kriterier om 80 m gennemsejlingsbredde og ubegrænset frihøjde vil følgende porttyper være en mulighed:

- **Skydeport:** Porttypen vurderes mulig at tilpasse spændet for 80 m, omend det vil være en af verdens største skydeporte. For nuværende er porttypen ikke set etableret i områder udsat for stor bølgepåvirkninger. Skydeporten trækkes helt væk fra åbningen for gennemsejling, når den er åben, og derved er der ikke nogen begrænsninger for gennemsejlingsbredde, ligesom skydeporten ikke vil begrænse frihøjden. Porttypen kræver et portkammer, som porten er placeret i, når denne ikke er i lukkeposition. Dette portkammer kan være integreret i en del af dæmningskonstruktionen, som er med til at lukke den fulde åbningsbredde på ca. 310 m. Porttypen er i mindre grad egnet til store bølgepåvirkninger, men kan over tid og ved indtænkning i projekteringsfasen indgå i et større slusesystem, hvis der opstår behov for dette.
- **Sidehængslet port:** Typen er medtaget, om end gennemsejlingsbredden er ud over det normale spænd for denne type porte, men porttypen har i princippet ubegrænset frihøjde, og nyere teknologi har gjort, at konstruktionsdesign og materialer ventes at kunne optimeres og dermed tilpasses. Fodaft trykket for en sådan konstruktion er vurderet uhensigtsmæssigt på denne lokation, men porten er dog en mulighed, hvis landarealerne frigives.

Et alternativ til én portløsning med meget stor gennemsejlingsbredde kunne være et kompromis, hvor der skal anvendes slæbebåd for at større skibe kan komme igennem. Da vil en mindre portkonstruktion kunne anvendes, og typer som sidehængslede porte kunne være i spil. Der kunne f.eks. etableres to porte af denne størrelse for at tillade trafik ind og ud af inderhavnen. Dog vil dette begrænse den nuværende skibstrafik, og alternative løsninger for kaj til disse vil skulle findes uden for porten for de største skibe, samt der ville skulle sikres slæbebådsassistance for de skibe, som kan gå gennem den smallere port, men som kræver assistance grundet reduceret manøvreedygtighed og begrænset afstand til portkonstruktionen.

Et andet alternativ vil være at anvende to forskellige porttyper, hvor frihøjden evt. begrænses i form af en vertikal løfteport eller roterende port i det ene sejlløb. Dette vil potentielt give forskellige drifts- og vedligeholdelsesprotokoller og økonomi.

Det skal nævnes, at en bundhængslet vippeport er udelukket for nuværende grundet det dimensionsgivende differensvandspejl, som er benyttet. Typen virker ved opdrift og kan ikke operere ved det opstillede differensvandspejl grundet eksisterende vanddybde. Ved et mindre differensvandspejl kan den blive mulig, men udfordres også af andre parametre, som at alle bevægelige dele ligger under vand, som i høj grad besværliggør og fordyrer drift- og vedligehold.

Endelig beslutning om portbredde og -type skal træffes på et oplyst grundlag, der indeholder besejlingsstudier, geotekniske undersøgelser, inddragelse af relevante parter, modellering af vandudskifte og et detaljeret økonomisk overslag for de interessante løsninger.

For at synliggøre prisspændet for løsningerne er der lavet en opsummering på dette i de to følgende tabeller. Tabel 6-27 viser prisvariansen ved forskellige portåbninger. Det skal bemærkes, at prisniveauet ikke afhænger af konstruktionshøjden, da prisniveauet er fastsat ud fra en generel betragtning på tværs af flere eksisterende anlæg jf. afsnit 5.2.2.

Tabel 6-28 viser det resulterende bølgeoverskyl, hvis forudsætningen om 10 l/m/s fraviges. Det bagvedliggende reservoirs kapacitet og lukkestrategi skal i den forbindelse vurderes for at bestemme, hvor stor en stigning der kan tillades.

Tabel 6-27: Varians på prisniveau afhængigt af portåbning

Gennemsejlingsbredde [m]	Typebeskrivelse	Fysikoverslag [mio. kr.]	Anlægsoverslag inkl. PTA og K1-faktor [mio. kr.]
60	Port for gennemsejling	977	1.684
80	Port for gennemsejling	1.302	2.246
90	Port for gennemsejling	1.465	2.527
2 x 50	To porte for dobbeltrettet gennemsejling	1.550	2.807

Tabel 6-28: Varians på overskyl afhængigt af sikringsniveau

Bølgetillæg [m]	Topkote [m DVR90]	Overskylsmængde [l/m/s]
1,0	+4,4	873
2,0	+5,4	460
3,0	+6,4	218
4,0	+7,4	95
5,0	+8,4	39
6,0	+9,4	15
6,4	+9,8	10

6.13.2 Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion

Tabel 6-29 giver et overblik over forudsætningerne og antagelserne for beregning af bølgeforhold, herunder bølgetillæg for sektionerne langs delstrækningen, samt forudsætninger for konstruktioner og anlæg på delstrækningen.

Tabel 6-29: Bemærkninger til bølgetillæg og konstruktioner på delstrækning 12.

Delstræknings-sektion	Bølgetillæg	Anlæg
12 Basisløsning	Repræsentativ havbundskote vurderes til -11,0 m. Vanddybden vurderes ikke at være tilstrækkelig stor til at dybdebe-grænse bølgehøjden. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsport på vand inkl. støttekonstruktioner. Der er foreslået en skydeport for at give adgang til færgetrafik/krydstogtskibe. Bredden på portåbningen er 80 m, hvilket er på kanten af porttypens mulige spænd. Et portkammer på 95 m er inkluderet. Den resterende åbning sikres ved en spunscedæmning, som forbindes til Oceankaj og Lynetteholmen på hver side af porten. På grund af sikringskonstruktionen vil der være begrænset anvendelse af Oceankaj i nærheden af sikringslinjen. Et detaljeret studie må fremadrettet udføres for at definere dette nærmere samt vurdere på påsejlingsforanstaltninger for portkonstruktionen.

6.13.3 Pris og nøgletal

Tabel 6-30 nedenfor giver et overblik over estimerede omkostninger for delstrækningen og dens underopdelte sektioner. Delstrækningen indeholder et forslag til en basisløsning. Øverst i tabellen er angivet den totale delstrækningslængde, det totale anlægsoverslag og de totale årlige drifts- og vedligeholdelseskostninger for basisløsningen.

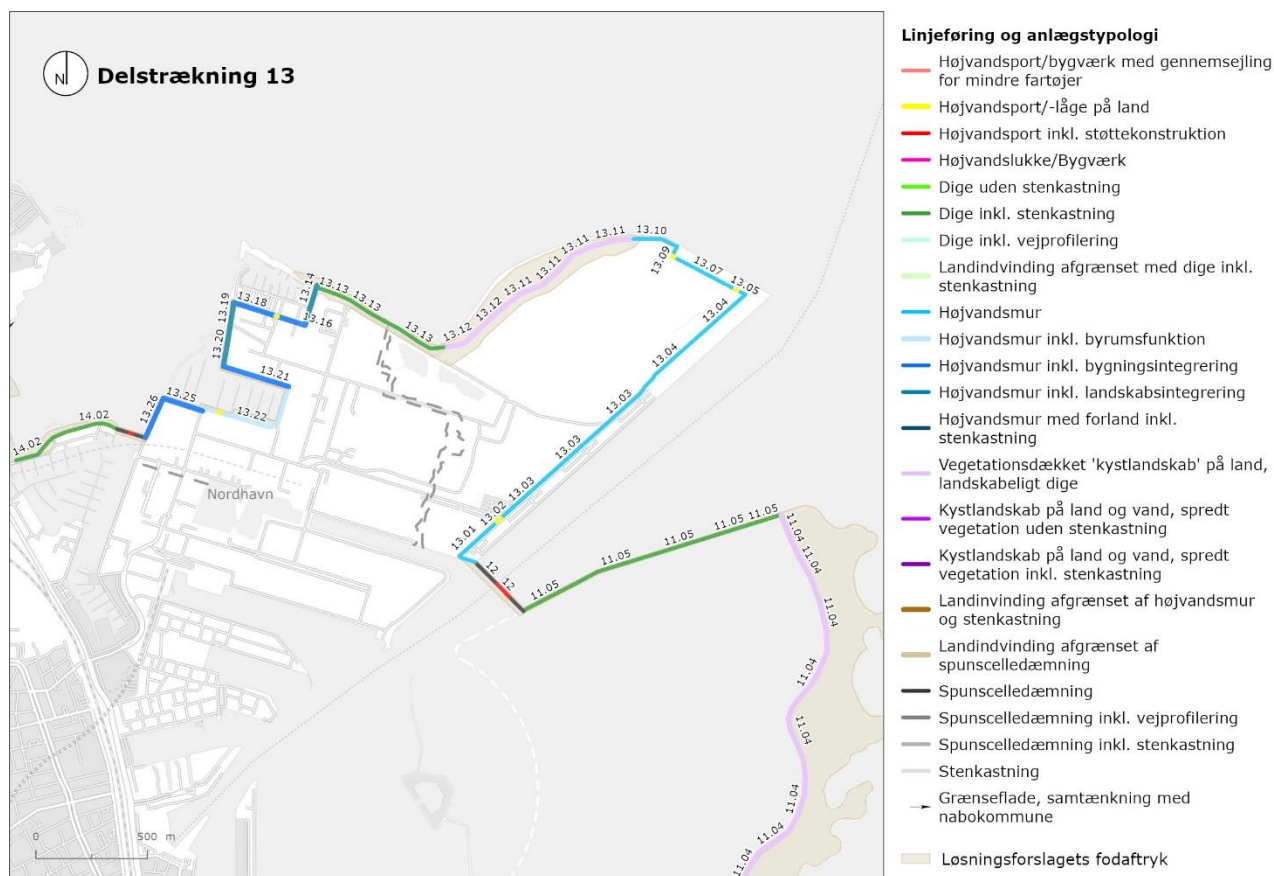
Alle prisoverslag er givet inkl. korrektionsreserven på $K1=50\%$ jf. beskrivelsen i afsnit 5.1.

Tabel 6-30: Nøgletalsoversigt over anlægsoverslag samt drifts- og vedligeholdelseskostninger for delstrækning 12, jf. NAB 1-niveau inkl. 15 % PTA og ekskl. moms.

Basisløsning				0,3 km	2.364 mio. kr.	36,6 mio. kr.
Sek-tion	Løs-nings-strategi	Anlægstype	Sik-rings-niveau	Længde	Anlægs-overslag jf. NAB 1-niveau	Drifts- og vedlige-holdsom-kostninger
Nr.	-	-	[m DVR90]	[m]	[DKK]	[DKK/år]
12 (b)	B	Spunscedæmning	9,8	229	118.130.000	520.000
12 (a)	B	Højvandsport på vand inkl. landanlæg og sidekonstruktioner	9,8	80	2.245.950.000	39.060.000

6.14 Delstrækning 13: Nordhavn

Delstrækning 13 løber fra Kronløbet til Kalkbrænderihavnen. Linjeføringen og anlægstypologi er indikeret i Figur 6-15. Delstrækningen indeholder et forslag til en basisløsning. Delstrækningen er således opdelt i sektioner som resultat af skiftende designforudsætninger og anlægstypologi i relation til løsningsstrategien.



Figur 6-15: Overblikskort over linjeføring og anlægstypologi for delstrækning 13.

6.14.1 Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion

Tabel 6-31 giver et overblik over forudsætningerne og antagelserne for beregning af bølgeforhold, herunder bølgetillæg for sektionerne langs delstrækningen, samt forudsætninger for konstruktioner og anlæg på delstrækningen.

Tabel 6-31: Bemærkninger til bølgetillæg og konstruktioner på Delstrækning 13.

Delstræknings-sektion	Bølgetillæg	Anlæg
13.01 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af det foranliggende kajareal. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,7 m. Bølgerne vurderes at løbe nært parrallel med konstruktionen. Konservativt betragtes dog direkte indfald grundet kompleks brydning på forlandet.	Anlægstypen er en højvandsmur. Højvandsmuren er foreslået på bagsiden af terminalen.
13.02 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af det foranliggende kajareal. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,7 m. Bølgerne vurderes at løbe nært parrallel med konstruktionen. Konservativt betragtes dog direkte indfald grundet kompleks brydning på forlandet.	Anlægstypen er en højvandsport /-låge. Ingen yderligere bemærkninger

13.03 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af det foranliggende kajareal. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,7 m. Bølgerne vurderes at løbe nært parrallet med konstruktionen. Konservativt betragtes dog direkte indfald grundet kompleks brydning på forlandet.	Anlægstypen er en højvandsmur. Højvandsmuren er foreslået på bagsiden af terminalen.
13.04 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af det foranliggende kajareal. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,0 m. Bølgerne vurderes at løbe nært parrallet med konstruktionen. Konservativt betragtes dog direkte indfald grundet kompleks brydning på forlandet.	Anlægstypen er en højvandsmur på land. Højvandsmuren er placeret ca. 30 m bag kajvæggen. Fremtidigt terræn i kote +3,2 m DVR90 er forudsat.
13.05 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af det foranliggende kajareal. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,0 m. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsmur. Højvandsmuren er placeret ca. 55 m bag kajvæggen. Fremtidigt terræn i kote +3,2 m DVR90 er forudsat.
13.06 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af det foranliggende kajareal. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,0 m. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsport /-låge. Ingen yderligere bemærkninger
13.07 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af det foranliggende kajareal. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,0 m. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsmur. Højvandsmuren er placeret ca. 60 m bag kajvæggen. Fremtidigt terræn i kote +3,2 m DVR90 er forudsat.
13.08 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af det foranliggende kajareal. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,0 m. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsport /-låge. Ingen yderligere bemærkninger
13.09 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af det foranliggende kajareal. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,0 m. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsmur. Ingen yderligere bemærkninger
13.10 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af det foranliggende terræn. Det bemærkes, at bredden af foranliggende terræn er betydeligt mindre end ved tilstødende sektioner. Dog vurderes det, at bølgerne vil løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket øger den skrå afstand, over hvilken bølgen brydes. Det vurderes derfor rimeligt at dydbegrænse bølgehøjden. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,0 m. Konservativt betragtes dog direkte bølgeindfald i bestemmelsen af bølgetillægget grundet kompleks brydning på det foranliggende terræn.	Anlægstypen er en højvandsmur. Højvandsmuren er placeret ca. 25 m bag kajvæggen. Fremtidigt terræn i kote +3,2 m DVR90 er forudsat.
13.11 <i>Basisløsning</i>	Bredden af forlandet varierer betydeligt langs denne sektion. Der er konservativt taget udgangspunkt i de delafsnit, hvor forlandet vurderes at være så tilpas smalt, at der ikke kan nå at ske en reel dydbegrænsning. Bølgehøjden dydbegrænses derfor ikke. Repræsentativ havbundskote foran konstruktionen vurderes til kote -8,0 m. Bølgerne vurderes at løbe nært parallelt med	Anlægstypen er et kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.

	konstruktionen, hvilket indregnes ved bestemmelse af bølgetillægget.	
13.12 <i>Basisløsning</i>	Bredden af forlandet varierer betydeligt langs denne sektion. Der er konservativt taget udgangspunkt i delafsnit, hvor forlandet vurderes at være så tilpas smalt, at der ikke kan nå at ske en reel dybdebegrænsning. Bølgehøjden dybdebegrænses derfor ikke. Repræsentativ havbundskote foran konstruktionen vurderes til kote -5,0 m. Bølgerne vurderes at løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket indregnes ved bestemmelse af bølgetillægget.	Anlægstypen er et kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger.
13.13 <i>Basisløsning</i>	Bølgehøjden dybdebegrænses grundet lav vanddybde. Repræsentativ havbundskote for dybdebegrænsning af bølgehøjden vurderes til kote -3,5 m. Skråt bølgeindfald indregnes.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Ingen yderligere bemærkninger
13.14 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne brydes/dybdebegrænses af den foranliggende mole, som vurderes at have en gennemsnitskronekote på +2,5 m. Eventuel yderligere reduktion af bølgehøjden grundet tæt bebyggelse medregnes ikke (konservativt). Grundet kompleks bølgedynamik efter brydning betragtes der direkte bølgeindfald.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. landskabsintegrering. Der er forudsat en generel landskabsudvikling af området, hvor højvandsmuren integreres i.
13.15 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne brydes/dybdebegrænses af den foranliggende mole, som vurderes at have en gennemsnitskronekote på +2,5 m. Eventuel yderligere reduktion af bølgehøjden grundet tæt bebyggelse medregnes ikke (konservativt). Grundet kompleks bølgedynamik efter brydning betragtes der direkte bølgeindfald.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. landskabsintegrering. Der er forudsat en generel landskabsudvikling af området, hvor højvandsmuren integreres i.
13.16 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne brydes/dybdebegrænses af den foranliggende mole, som vurderes at have en gennemsnitskronekote på +2,5m. Eventuel yderligere reduktion af bølgehøjden grundet tæt bebyggelse medregnes ikke (konservativt). Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. bygningsintegrering. Der er forudsat generel byudvikling af området, hvor sikringen indgår i.
13.17 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne brydes/dybdebegrænses af den foranliggende mole, som vurderes at have en gennemsnitskronekote på +2,5m. Eventuel yderligere reduktion af bølgehøjden grundet tæt bebyggelse medregnes ikke (konservativt). Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Ingen yderligere bemærkninger.
13.18 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne brydes/dybdebegrænses af den foranliggende mole, som vurderes at have en gennemsnitskronekote på +2,5m. Eventuel yderligere reduktion af bølgehøjden grundet tæt bebyggelse medregnes ikke (konservativt). Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. bygningsintegrering. Der er forudsat generel byudvikling af området, hvor sikringen indgår i.
13.19 <i>Basisløsning</i>	Vanddybden vurderes ikke at være tilstrækkelig til at dybdebegrænse bølgehøjde. Repræsentativ havbundskote fastlægges til kote -5,0. Det bemærkes, at de indkomne bølger i designsituationen forventes at have et meget skråt indfald ift. indløb ind i Svanemøllebugten. Det vurderes derfor, at der vil være en betydelig reduktion i bølgehøjden grundet diffraktion omkring det ydre hjørnepunkt for enden af Skudehavnen.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. landskabsintegrering. Der er forudsat en generel landskabsudvikling af området, hvor højvandsmuren integreres i.

	Det vurderes, at bølgehøjden ved denne strækning reduceres til 25 % af den oprindelige bølgehøjde i udtrækningspunktet. Der vurderes desuden at være en væsentlig skråt bølgeindfald, som tages i betragtning ved fastlæggelse af bølgetillægget.	
13.20 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne brydes/dybdebegrænses af den foranliggende mole omkring Erstatningshavnen, som vurderes at have en gennemsnitskronekote i +2,0 m. Skråt bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. landskabsintegrering. Der er forudsat en generel landskabsudvikling af området, hvor højvandsmuren integreres i.
13.21 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne brydes/dybdebegrænses af den foranliggende mole omkring Erstatningshavnen, som vurderes at have en gennemsnitskronekote i +2,0. Vanddybden i havnen antages til kote -5,0 m. Direkte bølgeindfald betragtes (konservativt).	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. bygningsintegrering. Der er forudsat generel byudvikling af området, hvor sikringen indgår i.
13.22 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne brydes/dybdebegrænses af den foranliggende mole omkring Erstatningshavnen, som vurderes at have en gennemsnitskronekote i +2,0 m. Vanddybden i havnen antages til kote -5,0 m. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. byrumsintegrering. Der er forudsat generel byudvikling af området, hvor sikringen indgår i.
13.23 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne brydes/dybdebegrænses af den foranliggende mole omkring Erstatningshavnen, som vurderes at have en gennemsnitskronekote i +2,0 m. Vanddybden i havnen antages til kote -5,0 m. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Ingen yderligere bemærkninger.
13.24 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne brydes/dybdebegrænses af den foranliggende mole omkring Erstatningshavnen, som vurderes at have en gennemsnitskronekote i +2,0 m. Vanddybden i havnen antages til kote -5,0 m. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. byrumsfunktion. Der er forudsat generel byudvikling af området, hvor sikringen indgår i.
13.25 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne brydes/dybdebegrænses af den foranliggende mole omkring Erstatningshavnen, som vurderes at have en gennemsnitskronekote i +2,0 m. Vanddybden i havnen antages til kote -5,0 m. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. bygningsintegrering. Der er forudsat generel byudvikling af området, hvor sikringen indgår i.
13.26 <i>Basisløsning</i>	Vanddybden vurderes ikke at være tilstrækkelig til at dybdebegrænse bølgehøjde. Repræsentativ havbundskote fastlægges til kote -4,0 m. Det bemærkes, at de indkomne bølger i designsituationen forventes at have et meget skråt indfald ift. indløb ind i Svanemøllgebugten. Det vurderes derfor, at der vil være en betydelig reduktion i bølgehøjden grundet diffraktion omkring det ydre hjørnepunkt for enden af Skudehavnen. Det vurderes, at bølgehøjden ved denne strækning reduceres til 25 % af den oprindelige bølgehøjde i udtrækningspunktet. Skråt bølgeindfald tages i betragtning ved fastlæggelse af bølgetillægget.	Anlægstypen er en højvandsmur inkl. bygningsintegrering. Der er forudsat generel byudvikling af området, hvor sikringen indgår i.

6.14.2 Pris og nøgletal

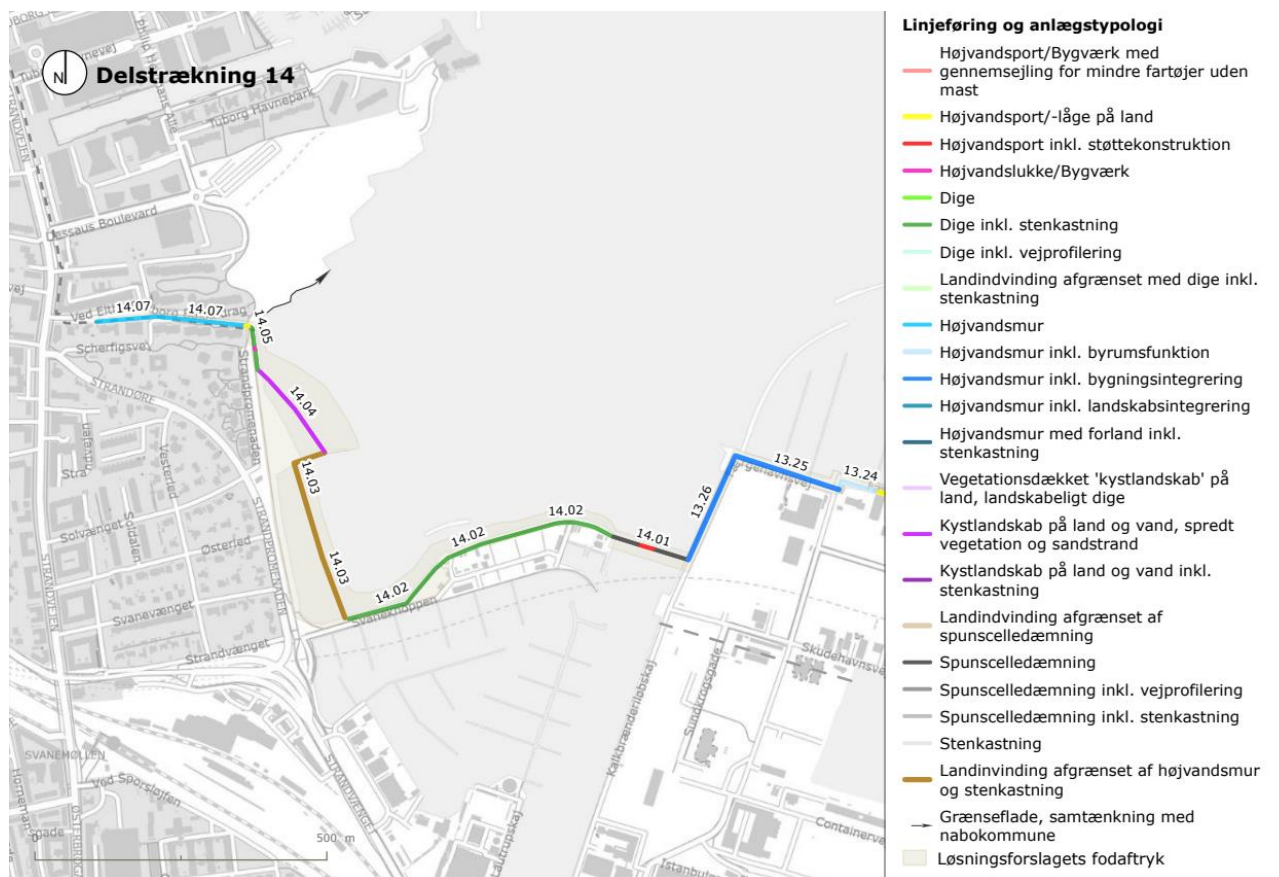
Tabel 6-32 nedenfor giver et overblik over estimerede omkostninger for delstrækningen og dens underopdelte sektioner. Delstrækningen indeholder et forslag til en basisløsning. Øverst i tabellen er angivet den totale delstrækningslængde, det totale anlægsoverslag og de totale årlige drifts- og vedligeholdelseskostninger for basisløsningen. Alle prisoverslag er givet inkl. korrektionsreserven på K1=50% jf. beskrivelsen i afsnit 5.1

Tabel 6-32: Nøgletalsoversigt over anlægsoverslag samt drifts- og vedligeholdelseskostninger for delstrækning 13, jf. NAB 1-niveau inkl. 15 % PTA og ekskl. moms.

Basisløsningen				6,1 km	817 mio. kr.	6,4 mio. kr.
Sek- tion	Løs- nings- strategi	Anlægstype	Sik- rings- niveau	Længde	Anlægs- overslag jf. NAB 1	Drifts- og vedlige- holds-om- kostning
Nr.	-	-	[m DVR90]	[m]	[DKK]	[DKK/år]
13.01	B	Højvandsmur	3,8	308	19.480.000	90.000
13.02	B	Højvandsport/-låge på land	3,8	21	5.200.000	100.000
13.03	B	Højvandsmur	3,8	947	59.810.000	1.050.000
13.04	B	Højvandsmur	4,5	544	43.840.000	770.000
13.05	B	Højvandsmur	4,5	44	3.010.000	60.000
13.06	B	Højvandsport/-låge på land	4,5	9	2.230.000	40.000
13.07	B	Højvandsmur	4,5	312	20.810.000	370.000
13.08	B	Højvandsport/-låge på land	4,5	9	2.230.000	40.000
13.09	B	Højvandsmur	4,5	50	3.390.000	60.000
13.10	B	Højvandsmur	2,5	204	13.630.000	240.000
13.11	B	Vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige	5,1	647	26.540.000	470.000
13.12	B	Vegetationsdækket 'kystlandskab' på land, landskabeligt dige	5,1	279	11.460.000	200.000
13.13	B	Dige inkl. stenkastning	7,7	688	122.360.000	540.000
13.14	B	Højvandsmur inkl. landskabsintegrering	4,0	107	4.080.000	40.000
13.15	B	Højvandsmur inkl. landskabsintegrering	4,0	81	3.110.000	30.000
13.16	B	Højvandsmur inkl. byg- ningsintegrering	4,0	129	50.890.000	230.000
13.17	B	Højvandsport/-låge på land	4,0	6	1.490.000	30.000
13.18	B	Højvandsmur inkl. byg- ningsintegrering	3,4	199	78.480.000	350.000
13.19	B	Højvandsmur inkl. landskabsintegrering	4,3	125	5.490.000	50.000
13.20	B	Højvandsmur inkl. landskabsintegrering	3,9	166	5.970.000	60.000
13.21	B	Højvandsmur inkl. byg- ningsintegrering	4,2	308	121.430.000	530.000
13.22	B	Højvandsmur inkl. by- rumsfunktion	4,2	439	46.080.000	210.000
13.23	B	Højvandsport/-låge på land	4,2	12	5.940.000	110.000
13.24	B	Højvandsmur inkl. by- rumsfunktion	4,2	81	8.580.000	40.000
13.25	B	Højvandsmur inkl. byg- ningsintegrering	4,2	185	72.960.000	320.000
13.26	B	Højvandsmur inkl. byg- ningsintegrering	4	198	78.080.000	340.000

6.15 Delstrækning 14: Svanemøllebugten

Delstrækning 14 løber fra Kalkbrænderihavnen til kommunegrænsen til Gentofte. Linjeføringen og anlægstypologi er indikeret i Figur 6-16. Delstrækningen indeholder et forslag til en basisløsning. Delstrækningen er således opdelt i sektioner som resultat af skiftende designforudsætninger og anlægstypologi i relation til løsningsstrategien. Løsningsforslaget afsluttes langs kommunegrænsen jf. kommissoriet, men i videre bearbejdningsfaser ventes løsningsrummet af skulle afklares med nabokommunen, hvorved sektion 14.05-14.07 meget vel udgår eller modificeres, således en ydre perimeter langs kysten i pilens retning vælges.



Figur 6-16: Overblikskort over linjeføring og anlægstypologi for delstrækning 14.

6.15.1 Åbninger for vandgennemstrømning og sejlad

Der er foreslået portkonstruktioner for indsejlingen til Svanemøllen og Kalkbrænderihavnen, begge havne besejles primært af begrænsede skibsstørrelser. Behovet for gennemsejlingsbredde og højde skal analyseres, men for nuværende er det forudsat, at gennemsejlingsbredden kan begrænses til 25 m. Dette kan opleves som en begrænsning for nogle typer af skibe, hvis de ikke har mulighed for at anvende motor. Forudsætningen er truffet på baggrund af, at anlægsomkostningerne og driftsomkostningerne ved større portanlæg vurderes at være væsentlige og uforholdsmæssigt store sammenholdt med, at havnen primært er lystbådehavn. Ved en endelig beslutning af gennemsejlingsbredde, skal havnene og andre relevante parter inddrages, lige som analyse for besejlingsforhold bør gennemføres for at kortlægge mulighederne og begrænsningerne.

Porttyperne, som vurderes hensigtsmæssige for en indsejling til en lystbådehavn, kan være mange, men den sidehængslede porttype er vurderet mest attraktiv for lystbådehavne. Den

endelige porttype bør først vælges på baggrund af et mere oplyst grundlag, som inkluderer be-sejlingsstudier, inddragelse af relevante parter og mere detaljerede økonomiske overslag. Dog bemærkes det, at sidehængslede porte er robuste og en kendt porttype i Danmark. De er vur-deret økonomisk attraktive at anvende og har ingen begrænsninger i gennemsejlingshøjde, hvorved højmastede skibe ikke begrænses. Porten er permanent under vandpåvirkning, hvilket kan veje negativt ift. drift- og vedligehold, når den sammenlignes med andre porttyper. Fodaf-trykket er begrænset til porten og sidekonstruktionerne.

6.15.2 Bemærkninger for beregning af bølgetillæg og valg af konstruktion

Tabel 6-33 giver et overblik over forudsætningerne og antagelserne for beregning af bølgefor-hold, herunder bølgetillæg for sektionerne langs delstrækningen, samt forudsætninger for kon-struktioner og anlæg på delstrækningen.

Tabel 6-33: Bemærkninger til bølgetillæg og konstruktioner på Delstrækning 14.

Delstræknings-sektion	Bølgetillæg	Anlæg
14.01 <i>Basisløsning</i>	Vanddybden vurderes ikke at være til-strækkelig til at dydbegrænse bølge-højde. Repræsentativ havbundskote fastlægges til kote -3,5. Det bemærkes, at de indkomne bølger i designsituatio-nen forventes at have et meget skråt indfald ift. indløb ind i Svanemøllebug-ten. Det vurderes derfor, at der vil være en betydelig reduktion i bølgehøjden grundet diffraktion omkring det ydre hjørnepunkt for enden af Skudehavnen. Det vurderes, at bølgehøjden ved denne strækning reduceres til 25 % af den op-rindelige bølgehøjde i udtrækningspunk-tet. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en spunselledæmning og en højvandsport på vand inkl. land-anlæg og sidekonstruktioner. Portåbningen er forudsat 25 m. Der anven-des spunselledæmninger til sidekonstruktio-ner for porten.
14.02 <i>Basisløsning</i>	Vanddybden vurderes ikke at være til-strækkelig til at dydbegrænse bølge-højde. Repræsentativ havbundskote fastlægges til kote -3,0. Det bemærkes, at de indkomne bølger i designsituatio-nen forventes at have et meget skråt indfald ift. indløb ind i Svanemøllebug-ten. Det vurderes derfor, at der vil være en betydelig reduktion i bølgehøjden grundet diffraktion omkring det ydre hjørnepunkt for enden af Skudehavnen. Det vurderes, at bølgehøjden ved denne strækning reduceres til 40 % af den op-rindelige bølgehøjde i udtrækningspunk-tet. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkast-ning. Den eksisterende vej og grøft genan-vendes, og diget er derfor bygget foran disse ud mod vandet.
14.03 <i>Basisløsning</i>	Delstrækning udføres med 50 m bredt forland i kote +2,3 m, hvorpå bølgerne dydbegrænses. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er en Landindvinding af-grænset af højvandsmur med forland inkl. stenkastning. Løsningen vil delvist fylde bassinet op. Bagerst i bassinet vil der ligeledes blive fyldt op for at forbinde sik-ringslinjen til kysten. Her muliggøres yderli-gere udvikling af rekreative anlæg på forlan-det.
14.04 <i>Basisløsning</i>	Vanddybden vurderes ikke at være til-strækkelig til at dydbegrænse bølge-højde. Repræsentativ havbundskote fastlægges til kote -2,5 m. Det bemær-kes, at de indkomne bølger i designsitu-ationen forventes at have et meget skråt	Anlægstypen er et kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden sten-kastning. Den eksisterende strand vil blive forlænget til et kystlandskab. Der skabes adgang til kysten gennem landskabet.

	indfald ift. indløb ind i Svanemøllebugten. Det vurderes derfor, at der vil være en betydelig reduktion i bølgehøjden grundet diffraktion omkring det ydre hjørnepunkt for enden af Skudehavnen. Det vurderes, at bølgehøjden ved denne strækning reduceres til 60 % af den oprindelige bølgehøjde i udtrækningspunktet. Direkte bølgeindfald betragtes.	
14.05 <i>Basisløsning</i>	De indkomne bølger i designsituationen forventes at have et meget skråt indfald ift. indløb ind i Svanemøllebugten. Det vurderes derfor, at der vil være en betydelig reduktion i bølgehøjden grundet diffraktion omkring det ydre hjørnepunkt for enden af Skudehavnen. Det vurderes, at bølgehøjden ved denne strækning reduceres til 60 % af den oprindelige bølgehøjde i udtrækningspunktet. Direkte bølgeindfald betragtes.	Anlægstypen er et dige inkl. stenkastning. Anvendt for at minimere fodaftryk op mod Gentofte Kommune. Der er inkluderet et gennemstrømningsbygværk med kontraklap.
14.06 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af det foranliggende terræn. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,2 m. Bølgerne vurderes at løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket indregnes ved bestemmelse af bølgetillægget.	Anlægstypen er en højvandsport/-låge på land. Ingen yderligere bemærkninger
14.07 <i>Basisløsning</i>	Bølgerne dydbegrænses af det foranliggende terræn. Repræsentativ terrænkote for dydbegrænsning antages at være kote +2,2 m. Bølgerne vurderes at løbe nært parallelt med konstruktionen, hvilket indregnes ved bestemmelse af bølgetillægget.	Anlægstypen er en højvandsmur Der er en grænseflade til Gentofte Kommune i den nordlige del af sektionsstrækningen. Der er ikke foretaget yderligere ift. denne. Løsningen med en højvandsmur er for at minimere fodaftryk af konstruktionen fra kysten og ind mod land, hvor terræn når kote +4,0 m.

6.15.3 Pris og nøgletal

Tabel 6-34 nedenfor giver et overblik over estimerede omkostninger for delstrækningen, og dens underopdelte sektioner. Delstrækningen indeholder et forslag til en basisløsning. Øverst i tabellen er angivet den totale delstrækningslængde, det totale anlægsoverslag og de totale årlige drifts- og vedligeholdsmkostninger for basisløsningen.

Alle prisoverslag er givet inkl. korrektionsreserven på $K1=50\%$ jf. beskrivelsen i afsnit 5.1.

Tabel 6-34: Nøgletalsoversigt over anlægsoverslag samt drifts- og vedligeholdsmkostninger for delstrækning 14, jf. NAB 1-niveau inkl. 15 % PTA og ekskl. moms.

Basisløsning				1,5 km	688 mio. kr.	10,2 mio. kr.
Sek-tion	Løs-nings-strategi	Anlægstype	Sik-rings-niveau	Længde	Anlægs-overslag jf. NAB 1-niveau	Drifts- og vedlige-holdsom-kostninger
Nr.	-	-	[m DVR90]	[m]	[DKK]	[DKK/år]
14.01	B	Spunscelledæmning	4,2	108	14.630.000	70.000
14.01	B	Højvandsport inkl. sidekonstruktioner	4,2	25	452.820.000	7.880.000
14.02	B	Dige inkl. stenkastning	4,9	506	54.460.000	240.000
14.03	B	Landindvinding afgrænset af højvandsmur med forland inkl. stenkastning	4,2	335	37.680.000	660.000
14.04	B	Kystlandskab på land og vand, spredt vegetation uden stenkastning	4,8	182	38.020.000	670.000
14.05	B	Dige inkl. stenkastning	5,9	80	68.280.000	300.000
14.06	B	Højvandsport-/låge på land	4,0	4	1.990.000	40.000
14.07	B	Højvandsmur	4,0	258	20.380.000	360.000

REFERENCER

- [1] Kystdirektoratet og Danmarks Meteorologiske Institut, »Delundersøgelse af sikringsniveauer for stormflodssikring af København,« 2023.
- [2] A. Führböter, »Über den Sicherheitszuwachs im Küstenschutz durch eine zweite Deichlinie. Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen, Die Küste, Vol. 45, pp. 181-208.,« 1987.
- [3] M. K. C. K. J. M. v. L.-S. Richard J.C. Marijnissen, »Flood risk reduction by parallel flood defences – Case-study of a coastal multifunctional flood protection zone,« Coastal Engineering vol 167, 2021.
- [4] B.-, o. B. Trafik-, »DS/EN 1990 DK NA:2019, Eurocode 0: Projekteringsgrundlag,« Trafik-, Bygge-, og Boligstyrelsen, 2019.
- [5] Vejdirektoratet, »DS/EN 1991 Last på bærende konstruktioner,« Vejdirektoratet, 2017.
- [6] SDFI, Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, »Dataforsyningen - Danmarks Dybdemodell,« <https://dataforsyningen.dk/data/4817>, 2022.
- [7] SDFI, Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, »Dataforsyningen - Danmarks Højdemodell - Terræn,« <https://dataforsyningen.dk/data/930>.
- [8] Danmarks Miljøportal, »Arealinformation,« Februar 2024.
- [9] GEUS, »Jupiter - Boringsdatabase,« Februar 2024.
- [10] Technical Advisory Committee for Flood Defence, »Guide on Sea and Lake Dikes,« Hauge, 1999.
- [11] DMI, *Readme*, København: DMI, 2024.
- [12] U.S Army Coastal Engineering, »Shore Protection Manual,« 1977.
- [13] EurOtop Manual, »Manual on wave overtopping of sea defences and related structures,« 2018.
- [14] Transportministeriet, »Hovednotatet for Ny Anlægsbudgettering,« 2024.
- [15] Danmarks statistik , »Prisudvikling på stål og beton,« www.statbank.dk, 2023.
- [16] Molio, »Molio Prisdata,« Molio, [Online]. Available: <https://molio.dk/produkter/digitale-vaerktojer/prisdata/anlaeg>.
- [17] s. N. jonkman og M. Hillen, »Costs of adapting coastal defenses to sea-level rise - new estimates and their implications,« 2013.
- [18] M. Kluijver et. al., »Advances in the planning and conceptual design of storm surge barriers - Application to the New York metropolitan area,« 2019.
- [19] Rambøll, »Københavns Kommune - Mulige portløsninger i Kronløbet,« 2019.
- [20] FORCE, »By & Havn: Manøvresimulering ved Lynetteholmen - to alternative åbningsudformninger,« 2022.
- [21] Transportministeriet, »Hovedkommissorium - Forundersøgelse af stormflodsplan for København,« 2022.
- [22] DHI, »Nordhavnstunnellen - Marine investigation – Numerical Modelling of Wave and Current Conditions,« 2021.
- [23] 1. D.P. Hurdle and R.J.H. Stive, »Revision of SPM 1984 Wave Hindcast Model to Avoid Inconsistencies in Engineering Applications,« 1989.

