

MARTS 2026
DRAGØR KOMMUNE

DRAGØR KLIMAROBUST KYSTKOMMUNE

PROJEKTFORSLAG, ETAPE 1: TEKNISK BAGGRUNDSRAPPORT

MARTS 2026
DRAGØR KOMMUNE

DRAGØR KLIMAROBUST KYSTKOMMUNE

PROJEKTFORSLAG, ETAPE 1: TEKNISK BAGGRUNDSRAPPORT

PROJEKTNR.

A257010

DOKUMENTNR.

PF-GEN-RP-002

VERSION

1.0

UDGIVELSES DATO

27.03.2026

BESKRIVELSE

Teknisk baggrundsrapport

UDARBEJDET

RUAH

KONTROLLERET

ADKE

GODKENDT

THGI

INDHOLD

1	Definitioner	7
2	Indledning	9
2.1	Generelt	9
2.2	Afgrænsning	11
3	Eksisterende forhold	13
3.1	Topografiske forhold	13
3.2	Havbundsforhold	15
3.3	Natur- og kulturbeskyttelser	20
3.4	Geotekniske forhold	23
4	Generelle designforudsætninger	24
4.1	Generelt	24
4.2	Levetider og returperioder	25
4.3	Geotekniske forhold	25
4.4	Bagvandshåndtering	25
5	Kysthydrauliske forhold	29
5.1	Vandstand	29
5.2	Bølgeforhold	37
5.3	Kystmorfologi	48
6	Materialer til etablering af kystbeskyttelsen	51
6.1	Sand	51
6.2	Ler	51
6.3	Ren overskudsjord	51
6.4	Beplantning	51
6.5	Stenmaterialer	52

7	Kystbeskyttelse	54
7.1	Generelt	54
7.2	Anlægsbeskrivelse	54
7.3	Designmetodik	69
8	Myndighedsforhold	78
8.1	Miljøvurderingsloven	78
8.2	Kystbeskyttelsesloven	78
8.3	Fredninger	78
8.4	Vurdering iht. vandrammedirektivet	79
8.5	Vurdering iht. havstrategidirektivet	79
8.6	Lokalplan	79
8.7	Dispensationer	80
9	Videre forløb	81
9.1	Generelt	81
10	Indledende anlægsoverslag	83
10.1	Generelt	83
10.2	Hovedantagelser	83
11	Referencer	88

BILAG

Bilag A	Indledende anlægsoverslag, Hovedforslaget	90
Bilag B	Indledende anlægsoverslag, Alternativet	92
Bilag C	Bølgeforhold på delstrækning 5	94
C.1	Delstrækning 4: Søvangs sydvestlige del	94
C.2	Delstrækning 5: Ved Pionergården og åbent land	95

1 Definitioner

Begreb	Forklaring
Returperiode	Statistisk mål for hyppighed af hændelser, f.eks. højvande. En højvandstand med en 100-års returperiode vil statistisk set forekomme én gang hvert 100. år.
Designhændelse og -år	Betegnelse for den hændelse/stormflod, som kystbeskyttelsen skal beskytte mod, f.eks. en 100-års stormflod i år 2075 (designåret).
Levetid	Levetiden for kystbeskyttelsen betegner den tidsmæssige længde til designåret (2075)
Middelvandstand	Det gennemsnitlige vandstands niveau (i m DVR90) i et givet år. Middelvandstanden er stigende som følge af klimaændringerne.
Stormflodshøjde	Vandstand (i m relativt til middelvandstanden) med en given returperiode, f.eks. 100-års stormflodshøjde, som benævnes T_{100} .
Designvandstandskote	Den regningsmæssige vandstandskote (i m DVR90). Dvs. summen af middelvandstanden i et givet år (f.eks. 2075) og stormflodshøjden med en given returperiode. 100-års designvandstandskote i år 2075 betegnes $K_{100,2075}$.
Beskyttelseskote	Kote (i m DVR90) til overside af impermeabel (vandtæt) kerne i diger/kystforland. Beskyttelseskoten betegner koten, hvor kystbeskyttelsen kan modstå et længerevarende vandspejl.
Kronekote	Kote (i m DVR90) af diges/kystforlands overside/top, og betegner koten, hvortil diget/kystforlandet kan modstå korterevarende vandpåvirkning såsom bølgeopskyl.

Begreb	Forklaring
Udledningsscenarie	Fremskrivninger/scenarier for udledning af drivhusgasser. Benyttes i relation til fremskrivning af udviklingen i middelvandstande.

2 Indledning

2.1 Generelt

Dragør er beliggende naturskønt i tæt forbindelse med havet og med store natur-områder i form af f.eks. strandeng. Dragør er også meget lavtliggende, hvorfor størstedelen af Dragør er udsat for oversvømmelse i forbindelse med stormflodshændelser, særligt i en tid med stigende havvandstand.

Oversvømmelser fra havet vil under stormflod kunne brede sig over land bag eksisterende diger fra et område til et andet. Hvilke områder, der risikerer at rammes af oversvømmelse, afhænger af forskellige faktorer såsom den aktuelle vandstand under stormfloden, vind- og bølgeretning, vindstyrke og stormflodshændelsens varighed.

For de fleste grundejere i Dragør Kommune betyder det, at de er afhængige af, at der over tid bliver anlagt en samlet kystbeskyttelse for hele den 13 km lange kyststrækning afgrænset mellem Kystvejen umiddelbart syd for Kastrup Lufthavn i nord og Kanalvej mod syd/vest ved Ullerupdiget, se Figur 2-1.

Dragørs kyststrækning er opdelt i de seks delstrækninger vist på Figur 2-1, hvoraf delstrækning 4, 5 og 6 (Søvang, Sydvestpynten og Kongelunden) udgør kystbeskyttelsens Etape 1, mens delstrækning 1, 2 og 3 (Dragør Nord, Dragør By og Sydstranden) udgør Etape 2.

Nærværende tekniske baggrundsrapport omfatter kun Etape 1 og udgør den tekniske baggrund for projektforslaget for Etape 1. Den tekniske baggrundsrapport er en del af det samlede projektforslag, som består af følgende dokumenter. Nærværende rapport bygger videre på den tekniske baggrundsrapport for dispositionsforslaget, ref. /1/.

- › PF-GEN-RP-001 Projektforslagsrapport, vers. 1.0, marts 2026, ref. /2/
- › PF-ARK-TL-001 Projektforslag, Etape 1: ARK – Tegningsliste, vers. 1.0, marts 2026, ref. /3/
- › PF-ARK-RP-001 Projektforslag, Etape 1: Kort fortalt, vers. 1.0, marts 2026, ref. /4/
- › PF-OVS-TN-001 Håndtering af Bagvand, vers. 1.0, marts 2026, ref. /5/
- › PF-KBS-TN-001 Nyt kystforland ved Søvang: Kystteknisk designnotat, vers. 1.0, marts 2026, ref. /6/
- › PF-GEN-OT-001 Bæredygtighedsstrategi, vers. 1.0, november 2026, ref. /7/.



Figur 2-1 Oversigt over projektområdet opdelt i delstrækningerne 1-6.

Store dele af Dragør Kommune er allerede i dag udsat i forbindelse med stormflodshændelser, f.eks. den seneste østlige stormflod i oktober 2023. Risikoen for oversvømmelse vil stige i takt med stigende havspejl, og oversvømmelser vil derfor i fremtiden ske hyppigere end i dag, hvis der ikke udføres beskyttelsestiltag. Dragør har derfor behov for en fremtidssikret kystbeskyttelse for at være beskyttet bedre mod dels ekstreme hændelser i dag, men også for at kunne modstå fremtidige stormflodshændelser i takt med, at havspejlsstigninger indtræffer.

En stormflodshændelse med en given hyppighed (returperiode) vil i takt med havspejlsstigningerne oversvømme større områder end i dag. Derfor er der behov for at etablere en sammenhængende og fremtidssikret stormflodsbeskyttelse af Dragørs kyst. Den lave vanddybde langs store dele af Dragørs kyststrækning får bølgerne til at bryde inden de når kysten, hvilket betyder at kyststrækningen er udsat for en begrænset bølgepåvirkning. Nogle dele af Dragørs kyststrækning kan dog blive særligt udsatte i takt med, at havspejlsstigningerne indtræffer, da kysten muligvis også vil opleve øget bølgepåvirkning sammenlignet med i dag, på grund af den øgede vanddybde.

Når kystbeskyttelsen i Etape 1 og 2 er færdigetableret, vil hele Dragørs kystlinje være beskyttet mod en 100-års stormflod i år 2075 (endelige beskyttelsesniveau).

Formålet med nærværende tekniske baggrundsrapport er at beskrive tekniske og anlægsøkonomiske hovedforudsætninger og metoder, som ligger til grund for

projektforslaget. Det bemærkes, at der i takt med detaljeringen af projektet i de kommende faser, herunder myndighedsbehandlingen af projektet, kan blive identificeret yderligere elementer, som kan kræve supplerende undersøgelser.

Kystbeskyttelsen etableres generelt som diger og et naturbaseret kystforland. Kystbeskyttelsen er adaptiv, så det anlægsteknisk er relativt enkelt at forhøje beskyttelsen senere i takt med evt. stigende havvandsspejl.

2.2 Afgrænsning

Dragør Kommune har besluttet at etapeopdele Dragørs kystbeskyttelse således:

- › Etape 1: Delstrækning 4 og 5-6 (Søvang til Kongelunden)
- › Etape 2: Delstrækning 1, 2 og 3 (Nordstanden til Søvangsbugten)

Områderne i Etape 1 er i dag mere udsatte, da det eksisterende beskyttelsesniveau er lavere sammenlignet med områderne i Etape 2. Etape 1 prioriteres derfor højest.

Det skal bemærkes, at Etape 1 først vil opnå det endelige beskyttelsesniveau, når det samlede projekt er etableret. Det skyldes, at områderne i Etape 1 potentielt kan oversvømmes via områderne øst for Søvang (kyststrækningerne i Etape 2). Der henvises til kapitel 4, for nærmere beskrivelse af risikoen frem til at Etape 2 er etableret.

I Etape 1 arbejdes med to mulige linjeføringer, hhv. Hovedforslaget og Alternativet. Fodaftrykkene for de to mulige linjeføringer er vist i hhv. Figur 2-2 og Figur 2-3. Hovedforslaget og Alternativet er ens på delstrækning 4 og 6, men varierer på delstrækning 5, hvor uddannelsesinstitutionen TAMU er beliggende hhv. foran og bag "hoveddiget". I Alternativet beskyttes TAMU i stedet af en lokal beskyttelse, se Figur 2-3.

Kystbeskyttelsen i Etape 1 består af følgende hovedelementer:

- › Delstrækning 4, Søvang. Etablering af nyt kystforland, ca. 1,2 km, på eksisterende søterritorium. Etablering af ca. 400 m dige på eksisterende land ved det sydlige Søvang og frem til eksisterende skydevolde, se Figur 2-2 og Figur 2-3, hvoraf ca. 30-35 m af strækningen etableres som en lodret beskyttelse af hensyn til et beskyttet fortidsminde. Øst for Søvang forhøjes det eksisterende fløj-dige langs Søvej over en ca. 600 m strækning.
- › Delstrækning 5-6, Søvang til Kongelunden:
Hovedforslaget etableres som ca. 4.300 m landskabsdiger.
Alternativet etableres som ca. 4.200 m landskabsdiger ("hoveddige") og ca. 850 m lokalt dige omkring TAMU.

I både Hovedforslaget og Alternativet etableres en lokal beskyttelse omkring ejendommene ved Kongelundskroen, se Figur 2-2 og Figur 2-3.



Figur 2-2 Fodaftrek for Hovedforslaget på Etape 1. Rød: Fodaftrek af ny kystbeskyttelse. Gul: Eksisterende skydevolde, som i sin nuværende form indgår i den nye kystbeskyttelse.



Figur 2-3 Fodaftrek for Alternativet på Etape 1. Rød: Fodaftrek af ny kystbeskyttelse. Gul: Eksisterende skydevolde, som i sin nuværende form indgår i den nye kystbeskyttelse.

3 Eksisterende forhold

3.1 Topografiske forhold

3.1.1 Generelt

I det følgende beskrives de eksisterende terrænforhold på de tre delstrækninger i Etape 1. Beskrivelserne baseres på Danmarks Højdemodel fra marts 2024.

3.1.2 Delstrækning 4

Langs kysten ved Søvang findes et eksisterende dige med kronekote i ca. +2,0 m DVR90. Terrænforholdene fremgår af Figur 3-1, hvor det eksisterende dige ses som en relativt ret linje (grøn nuance) umiddelbart bag kystlinjen. Kysten foran diget er meget smal og umiddelbart bag det eksisterende dige findes beboelsesområde, hvor haverne i første række grænser op til digets bagside.

Som det fremgår af Figur 3-1, er Søvang beliggende i et meget lavt område, generelt mellem kote +0,5 og +1,5 m DVR90.

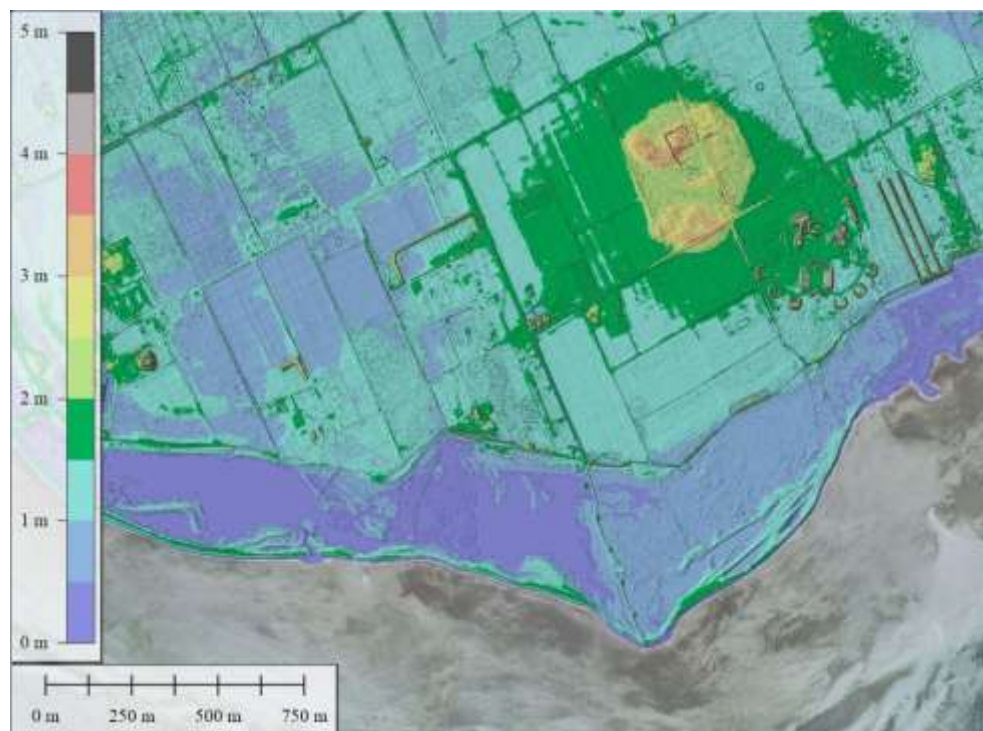


Figur 3-1 Terrænkoter (m DVR90) på delstrækning 4, Søvang. Baseret på Danmarks Højdemodel 2024 (terræn, hvor bygningselementer er filtreret ud).

3.1.3 Delstrækning 5

Ligesom Søvang er baglandet langs delstrækning 5 lavt beliggende. Terrænkoten er generelt varierende mellem ca. +0,5 og +1,5 m DVR90, se Figur 3-2. Der findes eksisterende strandvolde og diger med meget varierende topkote, generelt mellem

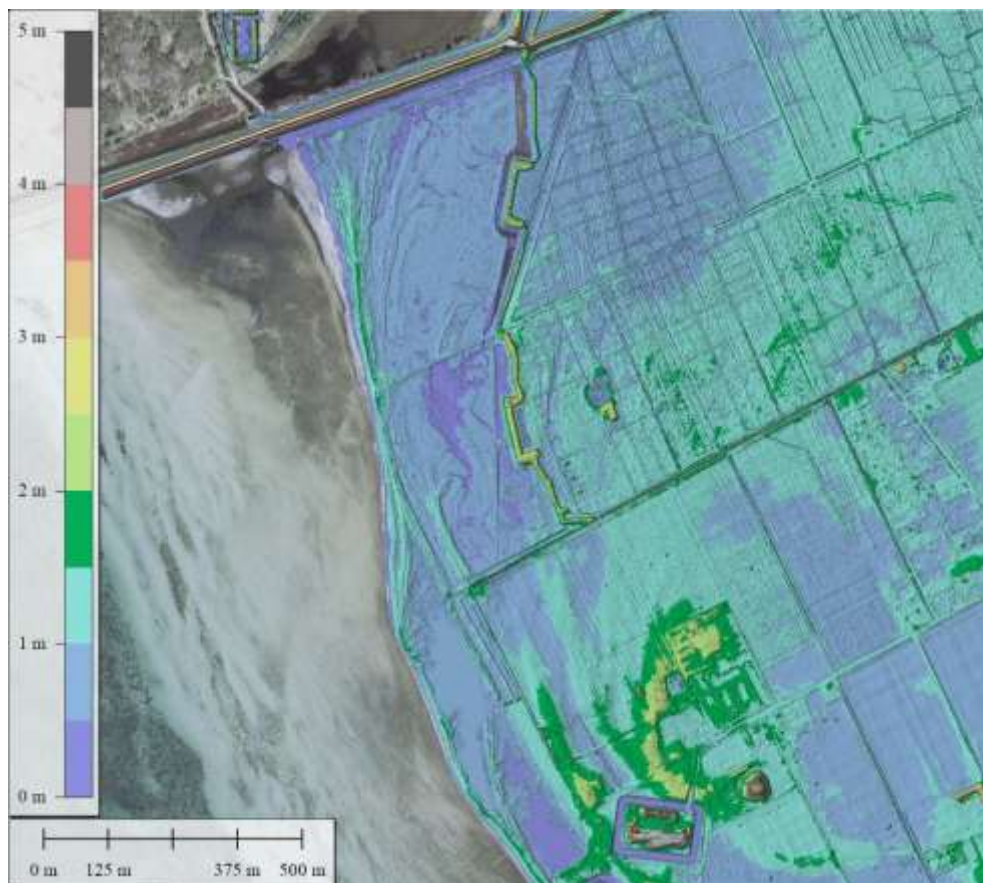
+1,5 og +2,0 m DVR90 (grønne nuancer umiddelbart nord for strandengene). Bølge- og strømpåvirkningen af Dragørs kyst har gennem årene skabt strandvolde og barriereøer på særligt denne del af kysten, og disse naturligt opståede forhøjninger udgør – sammen med de forholdsvis lave diger – i dag den primære beskyttelse mod stormflod på delstrækning 5.



Figur 3-2 Terrænkoter (m DVR90) på delstrækning 5, Sydvestpynten. Baseret på Danmarks Højdemodel 2024 (terræn, hvor bygningselementer er filtreret ud).

3.1.4 Delstrækning 6

Langs delstrækning 6 er baglandet også generelt lavtliggende, generelt ca. +0,5 m til +1,0 m DVR90, dog lokalt op til ca. +1,5 m DVR90. Som det fremgår af Figur 3-3, er der på den nordligste del en eksisterende skanse med varierende topkote i ca. +2,0 m til +3,0 m DVR90 (grønne og gule nuancer). Skansen er et beskyttet fortidsminde. På den sydlige del, syd for eksisterende vold/dige, er der ikke umiddelbart nogen sikring mod vandindtrængen til baglandet, se Figur 3-3.



Figur 3-3 Terrænkoter (m DVR90) på delstrækning 6, Kongelunden. Baseret på Danmarks Højdemodel 2024 (terræn, hvor bygningselementer er filtreret ud).

3.2 Havbundsforhold

Nærværende projektforslag er baseret på tre sæt havbundsforhold:

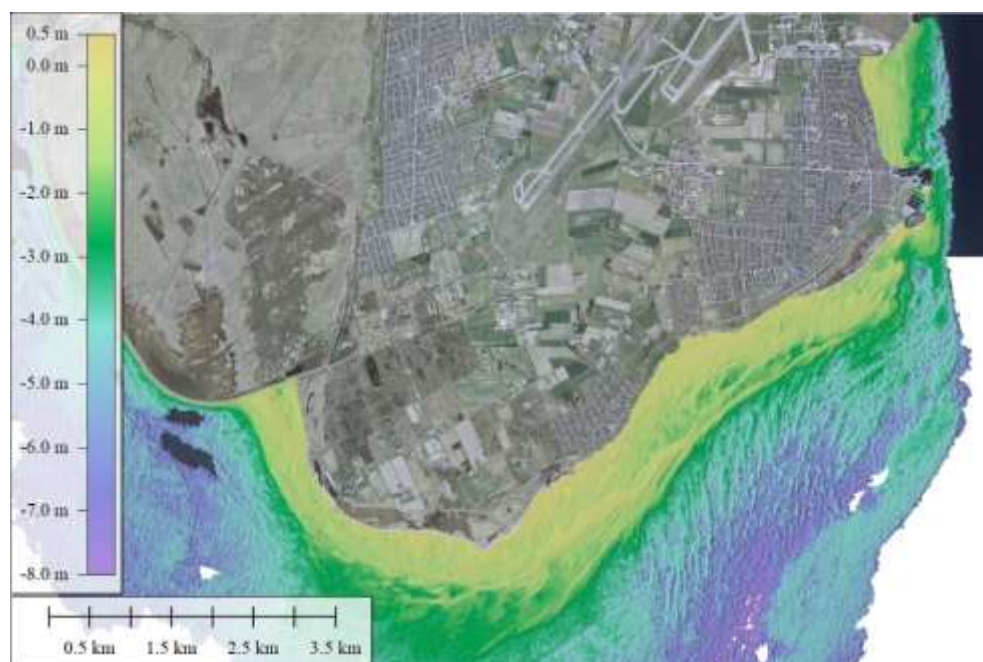
- 1) DHI GRAS-data (satellitmålinger) fra 2017, som også blev anvendt af NIRAS i ref. /8/.
- 2) DHI GRAS-data fra 2025.
- 3) Opmåling med stadie ud for Søvang i sommeren 2025.

De tre opmålinger er vist på Figur 3-4, Figur 3-5 og Figur 3-6. Det ses, at der langs Dragørs kyst er meget lavvandet, og at der er naturlige sandbanker (og revler) til ca. 0,5-1,0 km afstand fra kysten. Udvalgte luftfotos af sandbankerne fra de seneste ca. 20 år er desuden vist i Figur 3-7.

Sandbankerne ud for kysten udgør et dynamisk morfologisk system. Det ses, at der er en forholdsvis stor primær sandbanke, hvorfra der er forgreninger af mindre sekundære sandbanker. Den primære sandbanke ser umiddelbart ud til at have mindre forskydninger i planen. Dog indikerer luftfotoet fra 2005, at den sydlige del af sandbanken på daværende tidspunkt var højt beliggende med top omkring vandspejlet, baseret på farveforskellen på luftfotoet. I 2015 og 2024 ser det

umiddelbart ud til, at sandbankerne er beliggende under vandspejlet. Sammenligningen af luftfotos viser, at området omkring sandbankerne er meget dynamisk (i modsætning til selve kysten).

Satellitopmålingerne er meget følsomme over for forholdene på tidspunktet for opmålingen. Ved sammenligning med stadiemålingerne i Figur 3-6 er det fundet, at satellitopmålingen fra 2017 i det kystnære område ud for Søvang viser bedst overensstemmelse med stadiemålingen fra sommeren 2025, se Figur 3-6. Stadiemålingen vurderes at have størst pålidelighed, men dækker kun et begrænset område.



Figur 3-4 Havbundsforhold baseret på DHI GRAS-data (satellitdata) fra 2017. Koter anført i m DVR90. Baggrundsfoto er GeoDanmark ortofoto fra foråret 2025.



Figur 3-5 Havbundsforhold baseret på DHI GRAS-data (satellitdata) fra 2025. Koter anført i m DVR90. Baggrundsfoto er GeoDanmark ortofoto fra foråret 2025.



Figur 3-6 Havbundsopmåling med stadie ud for Søvang udført i sommeren 2025. Koter anført i m DVR90.



Figur 3-7 Luffotos af sandbanker ud for Søvang. Fotos fra Google Earth.

3.3 Natur- og kulturbeskyttelser

I det følgende præsenteres natur- og kulturmæssige beskyttelser på Etape 1. Beskrivelsen er på overordnet niveau. Der pågår vurderinger af evt. påvirkninger på de respektive natur- og kulturbeskyttelser i regi af den igangværende miljøkonsekvensvurdering for Etape 1. I nærværende rapport beskrives påvirkninger ikke nærmere, idet disse behandles i miljøkonsekvensvurderingen, som forventes at foreligge ultimo 2026/primo 2027.

3.3.1 Beskyttet natur

Området indeholder et Natura 2000-område som er særligt beskyttet i EU og nationalt beskyttet natur (§3-natur). Natura 2000-områdets kortlagte habitatnatur og habitatarter samt fugle på udpegningsgrundlaget må ikke påvirkes væsentligt, hverken permanent eller under anlægsfasen. Natura 2000-området er udpeget for en række naturtyper herunder sandbankerne, som er beliggende ud for Søvang ca. 500-1000 m fra eksisterende kystlinje, se afsnit 3.2. Naturbeskyttelsesinteresserne i form af habitatnatur og § 3-beskyttet natur, strandbeskyttelse og fredskov i Etape 1 er vist i Figur 3-8.



Figur 3-8 Habitatnatur og beskyttet natur (§3), strandbeskyttelse og fredskov.



Figur 3-9 Natura 2000-områdets udbredelse.



Figur 3-10 Fuglereservat fra Natura 2000-basisanalysen.

3.3.2 Fredninger

Store dele af området er fredet for blandt andet at beskytte de biologiske, landskabelige og kulturhistoriske værdier i kystområdet, og dele af området er også udlagt som fuglereservat. Fredninger i Etape 1 fremgår af Figur 3-11.



Figur 3-11 Fredninger i Etape 1.

3.3.3 Kulturarv

Der findes adskillige fortidsminder langs kyststrækningen. Fortidsminderne udgøres primært af gamle forsvarsanlæg, se Figur 3-12.



Figur 3-12 Beskyttet kulturarv i Etape 1. Mørkerød: Fysisk udstrækning af beskyttede fortidsminder. Lyserød: 100 m beskyttelseszone.

3.4 Geotekniske forhold

3.4.1 Generelt

Som led i dispositionsforslaget blev der udført en indledende geoteknisk screening, ref. /10/. Screeningen indikerer, ud fra det tilgængelige data, at der generelt kan forventes 0,5-2 m muld eller sand over moræneaflejringer på land. Flere steder er moræneaflejringerne i de historiske borer klassificeret som moræneler. Lignende forhold forventes på delstrækning 4, hvor der etableres nyt kystforland på søterritoriet foran den eksisterende kystlinje. Dog er der på søterritoriet meget stor usikkerhed om sedimenterne over moræneaflejringerne.

I løbet af sommeren 2025 har GEO udført geotekniske borer for Kystdirektoratet i de eksisterende diger langs Dragørs kyst. De udførte borer har generelt verificeret formodningen fra den geotekniske screening idet der generelt træffes moræneler mellem kote -1 og 0 m DVR90. Over moræneleret træffes dels forskellige intakte postglaciale og senglaciale aflejringer (sand, ler, silt), men også fyldmaterialer i form af grus/sand, muld og ler (idet borerne er udført på digerne).

På baggrund af det foreliggende grundlag vurderes det, at der generelt er lav risiko for kystbeskyttelsens geotekniske stabilitet og at de forventede sætninger generelt vil være begrænsede. Der kan dog være risiko for, at der findes vandførende lag (f.eks. sand- eller gruslag) mellem terræn og det underliggende moræneler, som generelt ses i de foreliggende geotekniske borer. De foreliggende borer er desuden beliggende uden for linjeføringen i nærværende kystbeskyttelsesprojekt, og der kan derfor være behov for udførelse af geotekniske/geofysiske undersøgelser med henblik på at kortlægge jordbundsforholdene nærmere i tracéet for kystbeskyttelsen. Behov om omfang af evt. supplerende geotekniske og geofysiske undersøgelser vurderes og fastlægges i en kommende fase.

4 Generelle designforudsætninger

4.1 Generelt

Det forudsættes, at kystbeskyttelsen af delstrækning 1, 2 og 3 (Etape 2) etableres inden for få år efter kystbeskyttelsen af delstrækning 4 og 5-6 (Etape 1), idet den fulde beskyttelse af delstrækning 4 og 5-6 ikke opnås før Etape 2 er etableret. En midlertidig beskyttelse af delstrækning 4 og 5-6 mod oversvømmelse via indtrængende vand fra Etape 2-områderne til det endelige beskyttelsesniveau iht. afsnit 4.2 (100-års hændelse i år 2075) vil kræve særdeles omfangsrige tiltag og indebære en stor økonomisk meromkostning. Sådanne midlertidige beskyttelsestiltag vil kun have funktion indtil Etape 2 er etableret. Det er derfor besluttet at etablere midlertidige tiltag til beskyttelse i perioden frem til Etape 2 er etableret svarende til en 100-års hændelse i 2030, altså et mindre beskyttelsesniveau end designhændelsen.

Den midlertidige beskyttelse kan opnås ved forhøjelse af eksisterende vold/fløjdig langs Søvej samt etablering af højvandslukke ved hovedgrøften, se Figur 4-1. Forhøjelsen af fløjdiget langs Søvej, umiddelbart øst for Søvang, etableres som del af kystbeskyttelsesprojektets Etape 1, mens etableringen af højvandslukket i Hovedgrøften etableres i særskilt regi. Der henvises til afsnit 7.2.5 for yderligere beskrivelse af beskyttelsen af Søvang i den midlertidige fase mellem etableringen af Etape 1 og 2.

Kystbeskyttelsen af delstrækning 4 og 5-6 vil således først være svarende til det endelige beskyttelsesniveau når Etape 2 er færdigetableret. Dette skyldes, at Søvang kan oversvømmes med vand, som trænger ind i området fra nord via lavtliggende områder på delstrækning 3. Forhøjelsen af fløjdiget langs Søvej samt etablering af højvandslukket i Hovedgrøften reducerer denne risiko, så beskyttelsesniveauet i denne midlertidige periode svarer til en 100-års hændelse i 2030.



Figur 4-1 Til beskyttelse af Søvang i den midlertidige fase mellem etableringen af Etape 1 og 2 beskyttes mod en 100-års hændelse i 2030 ved en forhøjelse af fløjdige langs med

østsiden af Søvej samt etablering af højvandslukke i hovedgrøften (etableres i særskilt regi).

4.2 Levetider og returperioder

Dragør Kommune har som led i den tidligere dispositionsforlagsfase besluttet, at designåret for kystbeskyttelsen skal være år 2075, dvs. med en levetid på knapt 50 år. Dragør Kommune har ligeledes besluttet, at fastlæggelsen af 100-års stormflodshøjden samt forventede vandstandsstigninger skal fastlægges iht. det statslige arbejde med stormflodsbeskyttelsen af København, ref. /11/.

Som nævnt i det foregående, vil det endelige beskyttelsesniveau først opnås, når den samlede kystbeskyttelse (delstrækning 1-6) er etableret. Indtil delstrækning 1, 2 og 3 er etableret, vil beskyttelsesniveauet for delstrækning 4 og 5-6 være svarende til en 100-års hændelse i 2030, og således mindre end det endelige beskyttelsesniveau (100-års stormflod i 2075), forudsat tiltagene beskrevet i afsnit 4.1.

Hyppigheden/returperioden af designhændelsen fastsættes typisk afhængigt af værdien af det der beskyttes. I Dragør beskyttes boligbebyggelse, hvorfor der iht. gængs praksis er valgt en returperiode på 100 år for designhændelsen. For projekter, der skal beskytte kritisk infrastruktur og store samfundsværdier, anvendes typisk en meget længere returperiode som designgrundlag. Tilsvarende anvendes der kortere returperiode, hvis man kan acceptere større sandsynlighed for oversvømmelse.

Det skal bemærkes, at eftersom vandstandsstigningerne indtræffer løbende over årene, vil beskyttelsesniveauet umiddelbart efter etableringen af det samlede projekt (delstrækning 1-6) være væsentligt højere end i år 2075, se også afsnit 5.1.2. For bølgeudsatte delstrækninger kombineres designvandstandskoten under designhændelsen med relevante designbølgeforhold, se afsnit 5.2.

Diger og kystforland projekteres som adaptive konstruktioner, så de kan hæves senere, hvis de faktiske havspejlsstigninger med tiden nødvendiggør dette.

4.3 Geotekniske forhold

Det forudsættes, at eksisterende jordbund har tilstrækkelig styrke og stivhed til at sikre løsningernes stabilitet, samt at eksisterende jordbund er tilstrækkelig impermeable, så der ikke skal foretages yderligere tiltag under diget for at sikre imod indtrængende vand (understrømning). Da dybden til moræneler, som beskrevet i afsnit 3.4, forventes at være begrænset, vurderes denne antagelse realistisk. Der kan dog være behov for at udgrave en rende under digerne, som opfyldes med lerholdig jord med henblik på at afskære evt. vandførende lag (f.eks. sand- eller gruslag) over moræneleret.

4.4 Bagvandshåndtering

Der er i ref. /5/ foretaget analyser af eksisterende afvandingsforhold på Etape 1. På baggrund af analysen er der udarbejdet en plan for etablering af

rørgennemføringer gennem diget samt etablering af nye grøfter på digets bagside på enkelte lokaliteter.

Rørgennemføringerne forsynes med kontramekanismer som hindrer vandindtrængning under stormflodssituationer. Ved rørenes indløb etableres riste for at hindre indtrængning af grene mv. i rørene, og ristene renses løbende. På baggrund af analyserne i ref. /5/ er det vurderet, at der er behov for etablering af pumpefaciliteter ved fire rørgennemføringer af hoveddiget samt ved den lokale beskyttelse af ejendommene ved Kongelundskroen.

Ved Søvang forlænges den eksisterende udløbsledning fra det eksisterende udledningspunkt på den nuværende kystlinje, se Figur 4-2. Der ændres ikke på opland, vandmængder eller lign. som følge af forlængelsen af ledningen i kystbeskyttelsesprojektet. Det eneste tiltag, der udføres ifm. Søvangs eksisterende udløbsledning, er således, at ledningens udløbspunkt etableres længere havværts.

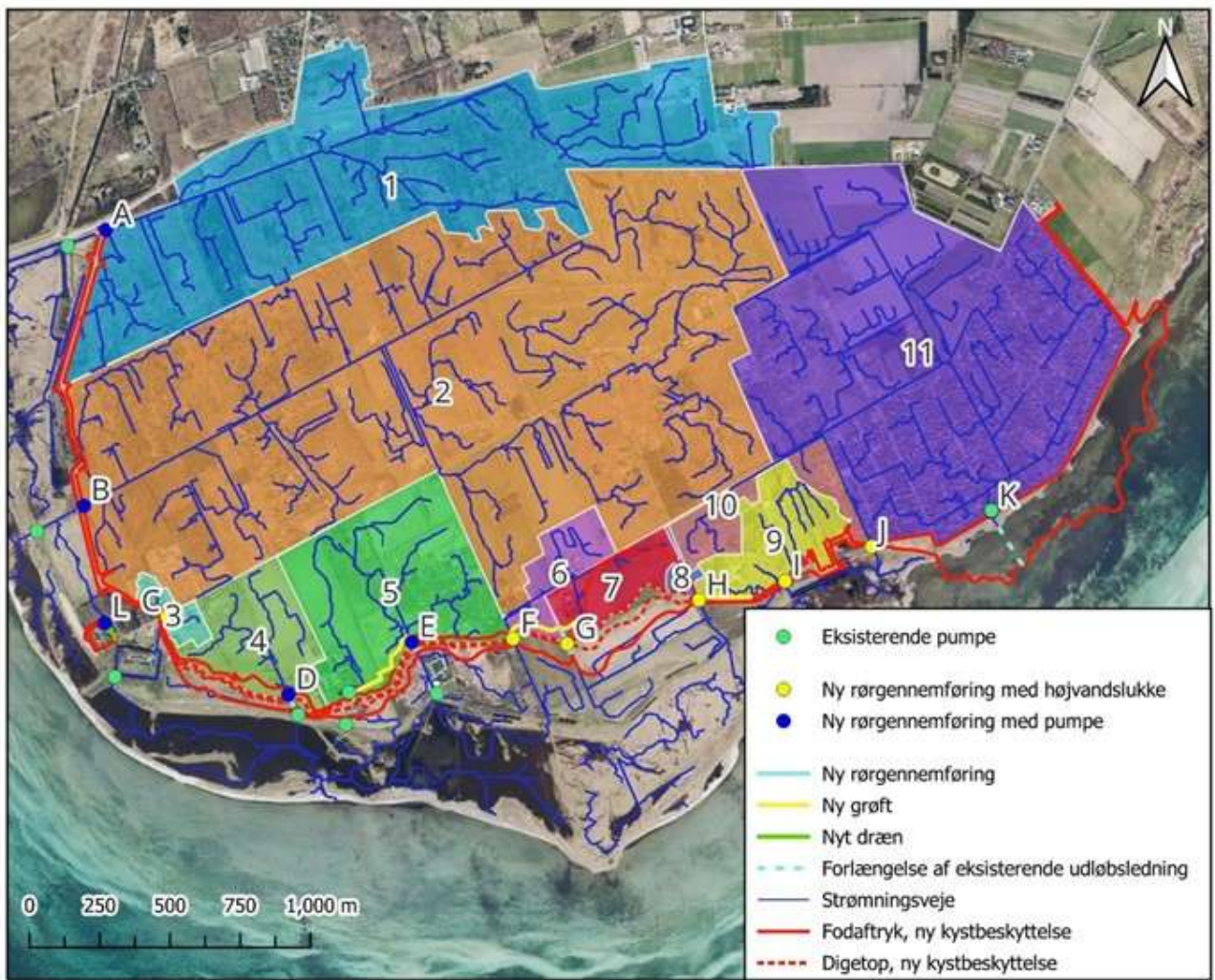


Figur 4-2 Eksisterende afvandingsforhold ved Søvang.

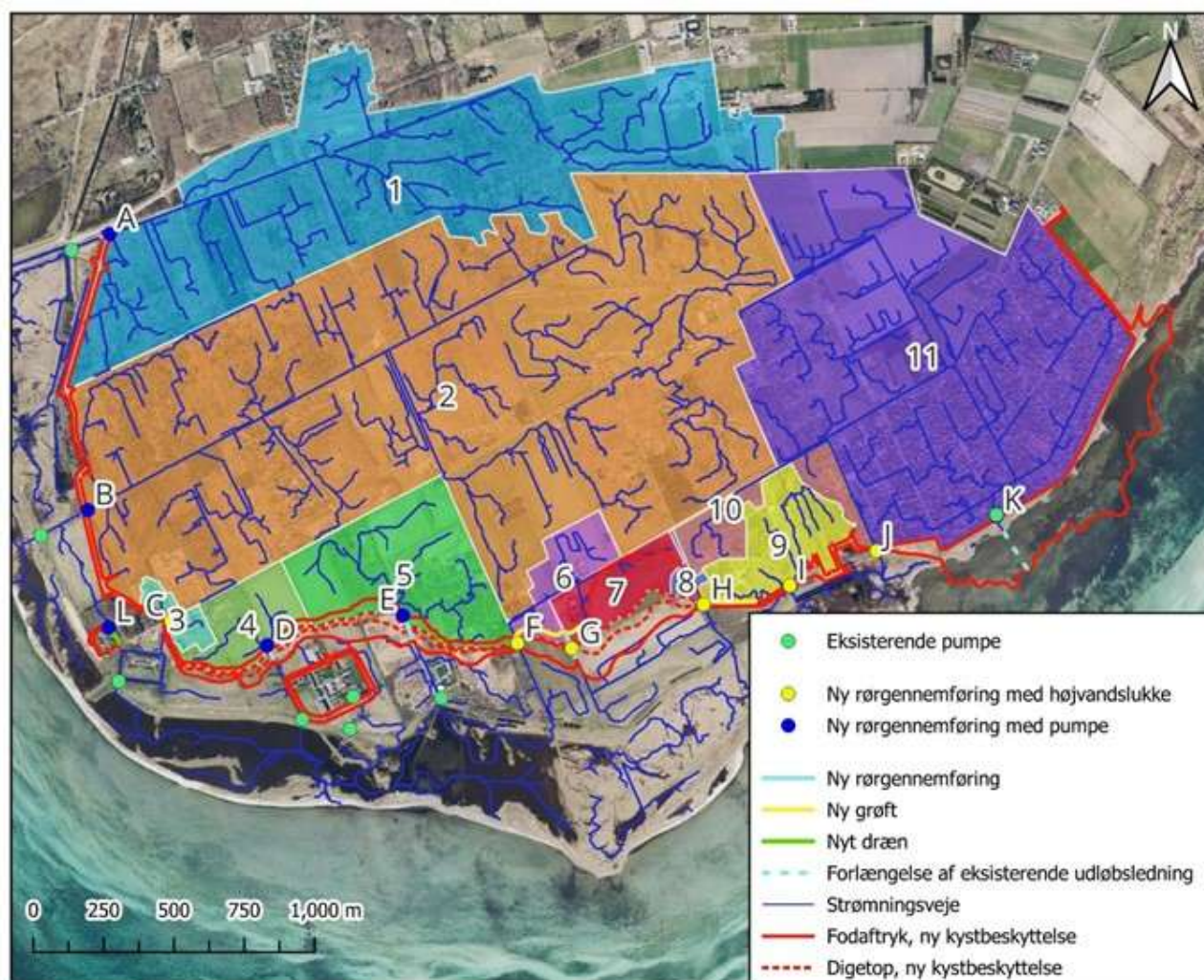
Samlet set betyder tiltagene, at afvandingen af arealerne i Etape 1 i fremtiden vil ske på samme vis som i dag. Rørgennemføringer i diget og supplerende grøfter langs diget, er således placeret, så vand fra de enkelte oplande i baglandet ledes til de samme udledningspunkter, som det er tilfældet i dag. De enkelte rørgennemføringer etableres med højvandslukke, så der ikke kan strømme vand fra havsiden igennem diget og ind i det beskyttede område.

Ved digets krydsning med Nordre Skovgrøft og Søndre Skovgrøft i Kongelunden, etableres dels et frit udløb gennem digetracéet, med en højvandsklap, der skal aflede afstrømningen i en normalsituation, og dels en pumpe, der skal kunne pumpe afstrømningen ud fra baglandet i forbindelse med en stormflodssituation.

På Figur 4-3 og Figur 4-4 fremgår en oversigt over tiltagene for hhv. Hovedforslaget og Alternativet til opretholdelse af de eksisterende afvandingsforhold. Der henvises til ref. /5/ for nærmere beskrivelser af bagvandsanalyserne og baggrundene for de forskellige tiltag.



Figur 4-3 Hovedforslaget: Tiltag til håndtering af bagvand på Etape 1. Tal indikerer oplandsnumre, som afvandes gennem diget via prikkerne navngivet med store bogstaver.



Figur 4-4 Alternativet: Tiltag til håndtering af bagvand på Etape 1. Tal indikerer oplandsnumre, som afvandes gennem diget via prikkerne navngivet med store bogstaver.

5 Kysthydrauliske forhold

5.1 Vandstand

5.1.1 Normale vandstandsforhold

Normale vandstandsforhold er kortlagt på baggrund af DMI's vandstandsmåler i Dragør Havn, hvor vandstandsmålinger i perioden 1/7-2011 til 31/6-2024 er analyseret. Sandsynligheden for udvalgte høj- og lavvandstande fremgår af Tabel 5-1 og Tabel 5-2. Det fremgår, at der generelt er betydelig årstidsvariation.

Af Kystdirektoratets Højvandsstatistikker (ref. /12/) fremgår, at en 1-års højvands-hændelse (1-års returperiode) ved Drogden Fyr er +93 cm.

Tabel 5-1 Sandsynlighed for højvande over udvalgte tærskelværdier. Vandstande relativt til middelvandpejlet.

Vandstand	Vinterhalvår		Sommerhalvår		Hele året	
m	Procent	Gns. antal timer pr. måned	Procent	Gns. antal timer pr. måned	Procent	Gns. antal timer pr. måned
+0,0	53,2%	389	41,6%	304	47,4%	346
+0,1	31,9%	233	12,6%	92	22,2%	162
+0,2	15,2%	111	2,0%	15	8,6%	63
+0,3	5,9%	43	0,3%	2	3,1%	22
+0,4	2,0%	14	0,0%	0	1,0%	7
+0,5	0,7%	5	0,0%	0	0,4%	3
+0,6	0,3%	2	0,0%	0	0,1%	1
+0,7	0,1%	1	0,0%	0	0,1%	0
+0,8	0,1%	0	0,0%	0	0,0%	0

Det fremgår, at en vandstand på 0,2 m over middelvandstanden forekommer ca. 111 timer pr. måned i vinterhalvåret, ca. 15 timer pr. måned i sommerhalvåret og ca. 63 timer pr. måned over et helt år.

Tabel 5-2 Sandsynlighed for lavvande under udvalgte tærskelværdier. Vandstande relativt til middelvandpejlet.

Vandstand	Vinterhalvår		Sommerhalvår		Hele året	
m	Procent	Gns. antal timer pr. måned	Procent	Gns. antal timer pr. måned	Procent	Gns. antal timer pr. måned
-0,7	0,1%	0	0,0%	0	0,0%	0
-0,6	0,1%	1	0,0%	0	0,1%	0
-0,5	0,3%	2	0,0%	0	0,2%	1
-0,4	1,0%	7	0,1%	1	0,5%	4
-0,3	3,7%	27	0,8%	5	2,2%	16
-0,2	11,3%	83	6,3%	46	8,8%	64
-0,1	26,2%	192	25,5%	186	25,9%	189
0,0	46,8%	342	58,4%	426	52,6%	384

5.1.2 Middelvandstande

På grund af de igangværende havspejlsstigninger vil middelvandstanden variere i løbet af anlæggets levetid. Middelvandstanden betegner det gennemsnitlige vandstandsniveau, dvs. uden bølgetillæg.

Dragør Kommune har besluttet, at ref. /11/ (*Delundersøgelse af sikringsniveauer for stormflodssikring af København*) skal anvendes som grundlag for fastlæggelsen af stormflodsniveauer. Som en konsekvens af dette vælges, i overensstemmelse med statens arbejde i ref. /11/, IPCC-scenariet SSP3-7.0 (83%-percentil) som grundlag for udviklingen i middelvandstanden i anlæggets levetid.

Middelvandstandskoterne i Tabel 5-3 udgør grundlaget for beskyttelsesniveauer i kystbeskyttelsesprojektet. I ref. /11/ anvendes 2023 som "i dag", hvilket ligeledes gøres i nærværende projekt.

Tabel 5-3 Designmiddelvandstande inkl. effekt af landhævninger.

Årstal	Middelvandstandskote	Reference
2023	+0,12 m DVR90	IPCC-scenarie SSP3-7.0, 83-percentil, ref. /11/
2075	+0,60 m DVR90	IPCC-scenarie SSP3-7.0, 83-percentil, ref. /11/

Tabel 5-3 viser, at den forventede stigning i middelvandstanden, baseret på det valgte udledningsscenarie, i perioden 2023-2075 er på ca. 48 cm.

5.1.3 Stormflodshøjder og designvandstandskoter

I det statslige arbejde med stormflodsbeskyttelse af København, ref. /11/, er givet information om ekstreme stormflodshøjder ved Køge, men ikke information om vandstandsvariationen langs kysten i Køge Bugt. Variationen er af stor vigtighed for projektet, da vandstanden under stormflod varierer væsentligt langs Dragørs kystlinje. Derfor har COWI opstillet en numerisk model, se ref. /13/, til modellering af vandstandsforholdene under stormflod.

Alle vandstande i nærværende afsnit er ekskl. bølgetillæg. Der henvises til ref. /13/ for nærmere beskrivelse af oversvømmelsesmodelleringen.

Den numeriske modellering af oversvømmelse blev gennemført inden offentliggørelse af ref. /11/. Derfor er der i oversvømmelsesmodelleringen anvendt en middelvandstandskote i 2075 på +0,46 m DVR90, mens anbefalingen i ref. /11/ er +0,60 m DVR90 i 2075 (inkl. effekt af landhævninger), se også afsnit 5.1.2. Denne forskel i middelvandstand vurderes at være uden betydning for selve stormflodshøjden (målt i meter relativt til middelvandspejlet).

100-års stormflodshøjden (T_{100}), som varierer langs kysten, beregnes som:

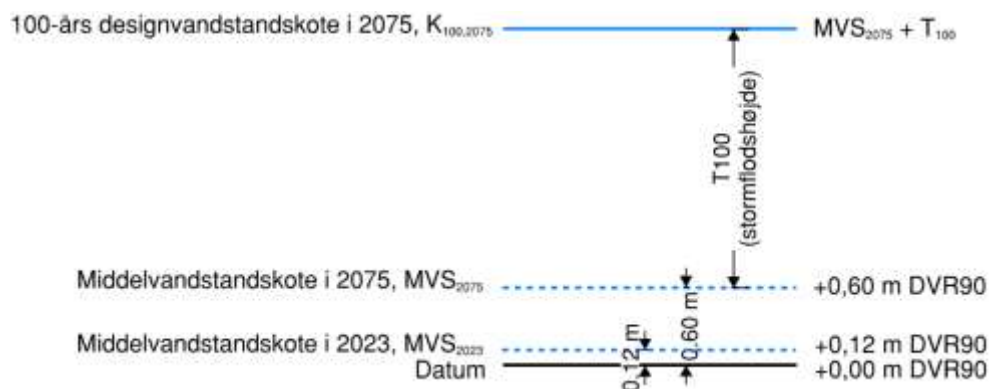
$$T_{100} = K_{100,2075,model} - MVS_{2075,model}$$

hvor $K_{100,2075,model}$ er den modellerede designvandstandskote (i m DVR90) i 2075 for middelvandstanden anvendt i modellen, $MVS_{2075,model} = +0,46$ m DVR90.

I ref. /13/ er 100-års stormflodshøjden (i meter relativt til middelvandspejlet) beregnet i en række punkter P1-P6, se Figur 5-2, langs projektstrækningen.

Tabel 5-4 viser de beregnede stormflodshøjder og designvandstandskoter i år 2075. Det ses, at der er betydelig variation af 100-års stormflodshøjden (relativt til middelvandspejlet) langs projektstrækningen fra ca. 1,25 m ved delstrækning 1 i nord til ca. 1,80 m ved delstrækning 6 i syd, altså en forøgelse af stormflodshøjden på ca. 55 cm fra nord til syd.

I Figur 5-1 ses sammenhængen mellem referenceniveau (datum), middelvandstand, stormflodshøjde og designvandstandskote.



Figur 5-1 Definitionsskitse: Middelvandstandskote, stormflodshøjde og designvandstandskote. Ekskl. bølgetillæg.

Tabel 5-4 Stormflodshøjder (relativt til middelvandstanden) og designvandstandskoter (relativt til referencesystem DVR90) i 2075 langs projektstrækningen for udledningsscenarie SSP3-7.0 (83-percentil). Modelresultater fremgår i parentes og designværdier (oprundet til nærmeste 5 cm) er vist med fed. Ekskl. bølgetillæg. Fra ref. /13/.

Delstrækning	Punkt	Stormflodshøjde [m] T_{100}	Designvandstandskote [m DVR90] $K_{100,2075}$ ($MVS_{2075}=+0,60$ m DVR90)
1	P1	1,25 (1,23)	+1,85 (+1,83)
	P2	1,25 (1,25)	+1,85 (+1,85)
2	P3	1,45 (1,43)	+2,05 (+2,03)
3 og 4 (og 5 ud for Pi- onergården)	P4	1,70 (1,66)	+2,30 (+2,26)
	P5	1,70 (1,70)	+2,30 (+2,30)
5 (vest for Pio- nergården) samt 6	P6	1,80 (1,79)	+2,40 (+2,39)



Figur 5-2 Udtrækspunkter (P1-P6) langs projektstrækningen til kortlægning af vandstandsvariationer inden for projektområdet. Fra ref. /13/.

Betydning af stigende middelvandstand for beskyttelsesniveau

På grund af middelvandstandens udvikling gennem levetiden vil beskyttelsesniveauet umiddelbart efter etablering af kystbeskyttelsen være væsentligt højere end i år 2075. F.eks. vil beskyttelsesniveauet i år 2030 svare til en hændelse med ca. 375-400 års returperiode.

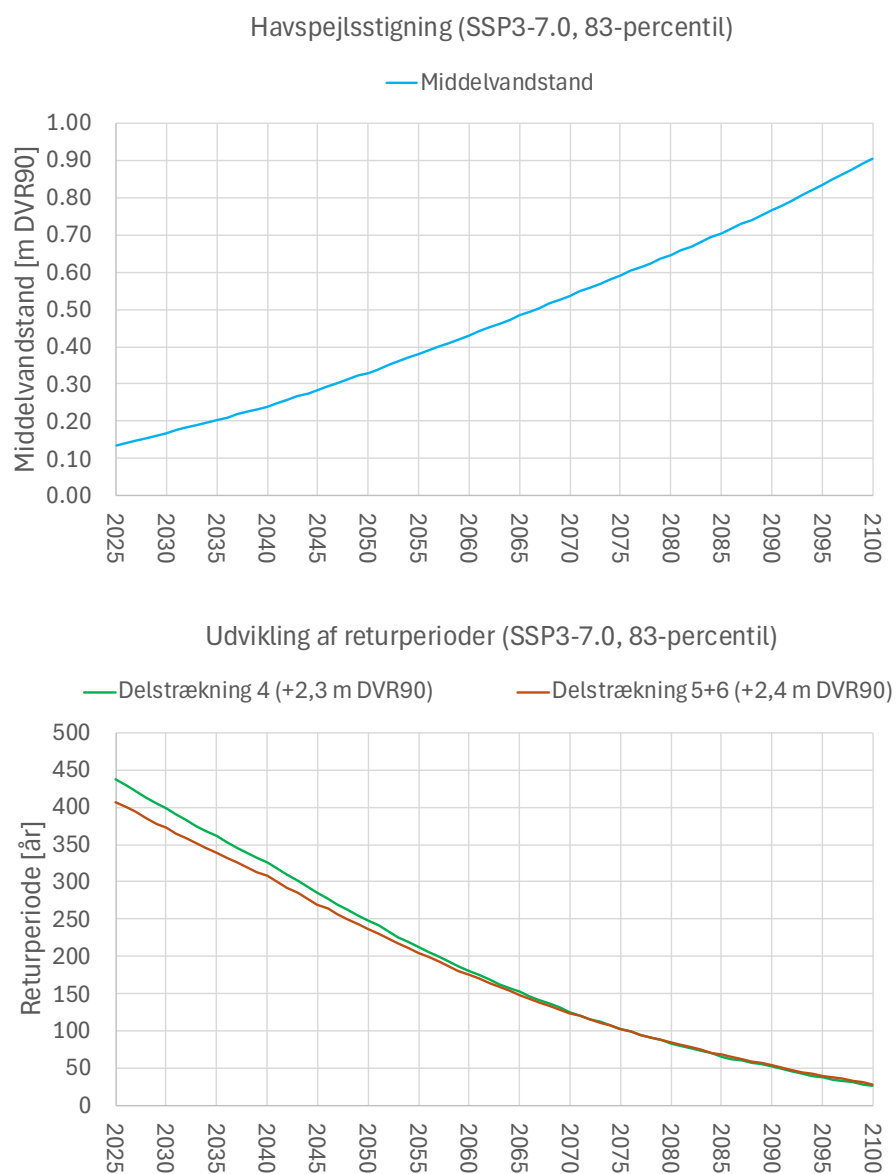
Havspejlsstigningerne indtræffer gradvist, hvorfor den stormflodshøjde (relativt til middelvandspejlet et givet år), som giver anledning til oversvømmelse af de bagvedliggende arealer de første år, skal være højere end en 100-års stormflodshøjde iht. Tabel 5-4. Derfor er det faktiske beskyttelsesniveau imod oversvømmelse højere end en 100-års stormflodshændelse i årene frem til designåret 2075, forudsat at både Etape 1 og 2 er etableret. Tilsvarende vil beskyttelsen imod oversvømmelse efter designåret (2075) være mindre end en 100-års stormflodshændelse under forudsætning om at de forudsatte havspejlsstigninger realiseres.

Figur 5-3 illustrerer udviklingen i returperiode i perioden 2025-2100 (forudsat at Etape 1 og 2 er etableret). Figuren viser returperioden for en stormflod, som vil give anledning til at designvandstandskoterne i Tabel 5-4 overskrides i et givent år. Dvs. hvor ofte en given ekstremhændelse statistisk set vil optræde.

Det skal understreges, at den illustrerede udvikling i returperiode er stærkt afhængig af det faktiske forløb for udviklingen af havspejlsstigningen.

Figur 5-3 viser eksempelvis, at middelvandstandskoten i år 2030 er ca. +17 cm DVR90, og at beskyttelsesniveauet imod oversvømmelse i 2030 svarer til en stormflod med ca. 375-400 års returperiode.

I 2050 falder beskyttelsesniveauet til en ca. 250-årshændelse, idet middelvandstandskoten er steget til +33 cm DVR90, mens beskyttelsesniveauet i 2075 er en 100-årshændelse for en middelvandstandskote på ca. +60 cm DVR90. Efter 2075 falder beskyttelsesniveauet gradvist, f.eks. til en ca. 30-års stormflod i 2100, hvis der ikke udføres tiltag til forhøjelse af beskyttelsen til den tid.

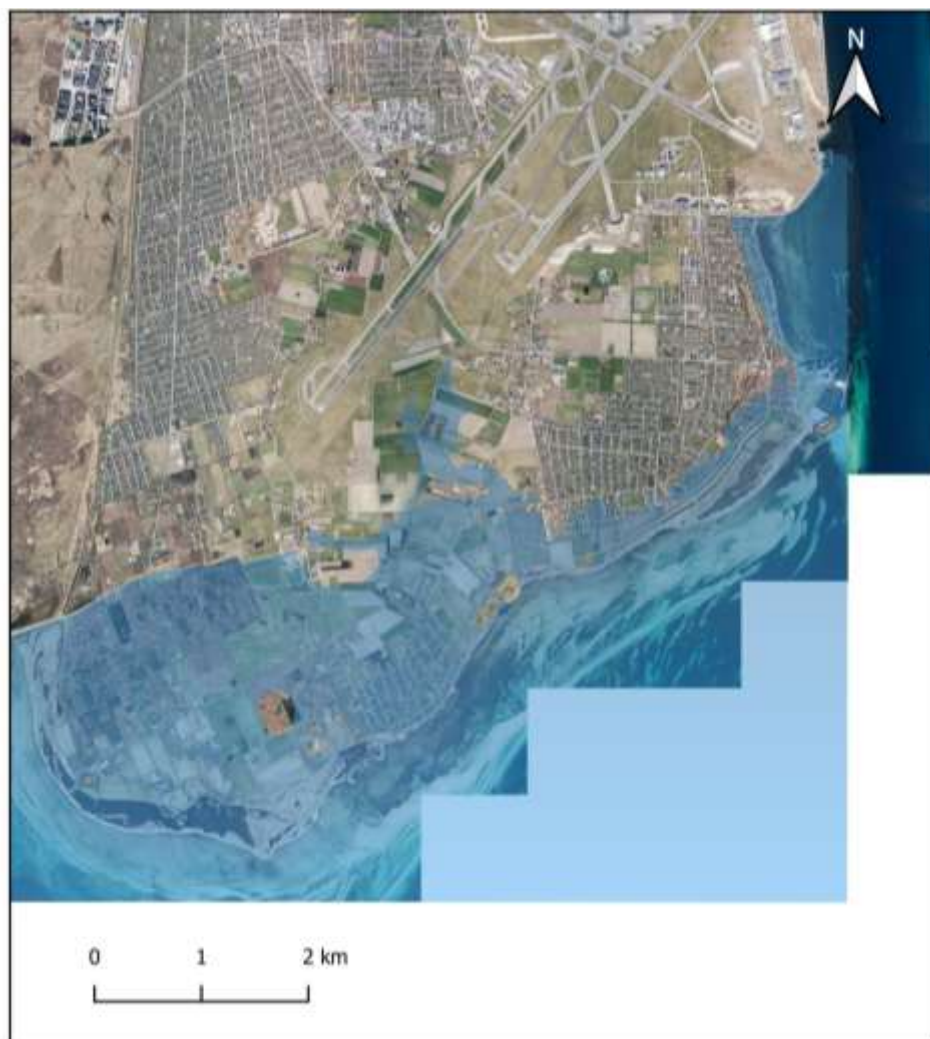


Figur 5-3 Øverst: Udvikling i middelvandstandskote baseret på udledningsscenarie SSP3-7.0 (83-percentil). Nederst: Udvikling af beskyttelsesniveau (associeret returperiode) for stormflod der vil forårsage oversvømmelse gennem levetiden i takt med, at havspejlsstigningerne indtræffer. Det skal bemærkes, at beskyttelsesniveauerne vist i figuren først er repræsentative når både Etape 1 og 2 er etableret.

5.1.4 Udbredelse af oversvømmelse

I ref. /13/ er konsekvensen ved en 100-års stormflod i 2075 iht. Tabel 5-4 belyst for det tilfælde, at stormflodsbeskyttelsen ikke er etableret. Dette danner grundlag for en kortlægning af de berørte matrikler, som vil opnå beskyttelse når kystbeskyttelsesprojektet er gennemført i sin helhed.

Den beregnede maksimale udbredelse af oversvømmelsen ved en 100-års stormflod er gengivet i Figur 5-4.



Figur 5-4 Beregnet maksimal udbredelse af oversvømmelsen under en 100-års stormflod i år 2075 for nuværende terrænforhold, dvs. uden etablering af ny kystbeskyttelse.

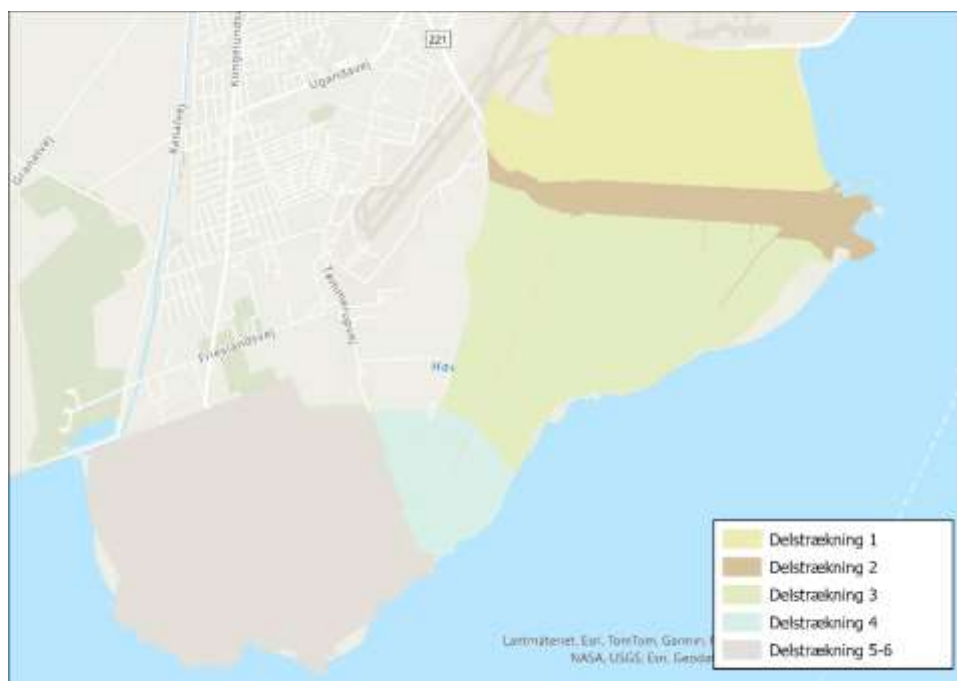
De beskyttede matrikler på de enkelte delstrækninger opgøres inden for områderne vist på Figur 5-5. Som det fremgår, opgøres delstrækning 5-6 som en samlet strækning. Antallet af berørte matrikler inden for delområderne er oplyst i Tabel 5-5.

Delstrækning 4 dækker Søvang og bagvedliggende matrikler. På denne strækning berøres alle matrikler i forbindelse med designstormflodshændelsen.

På delstrækning 5-6 berøres alle matrikler undtagen tre matrikler på Skolevej, som ligger så højt, at de ikke nås. Dog når vandet næsten op til en af matrikerne, som derved kun lige går fri.

Der henvises til ref. /13/ for nærmere beskrivelse af udbredelse af oversvømmelse ifm. designhændelsen.

Det skal igen bemærkes, at stormflodsbeskyttelsen af Etape 1 (delstrækning 4 og 5-6) først yder den fulde beskyttelse mod designhændelsen (100-års hændelse i år 2075), når Etape 2 er færdigetablet. Der henvises til afsnit 4.1 for nærmere beskrivelse.



Figur 5-5 Opdeling af beskyttede områder bag de respektive delstrækninger.

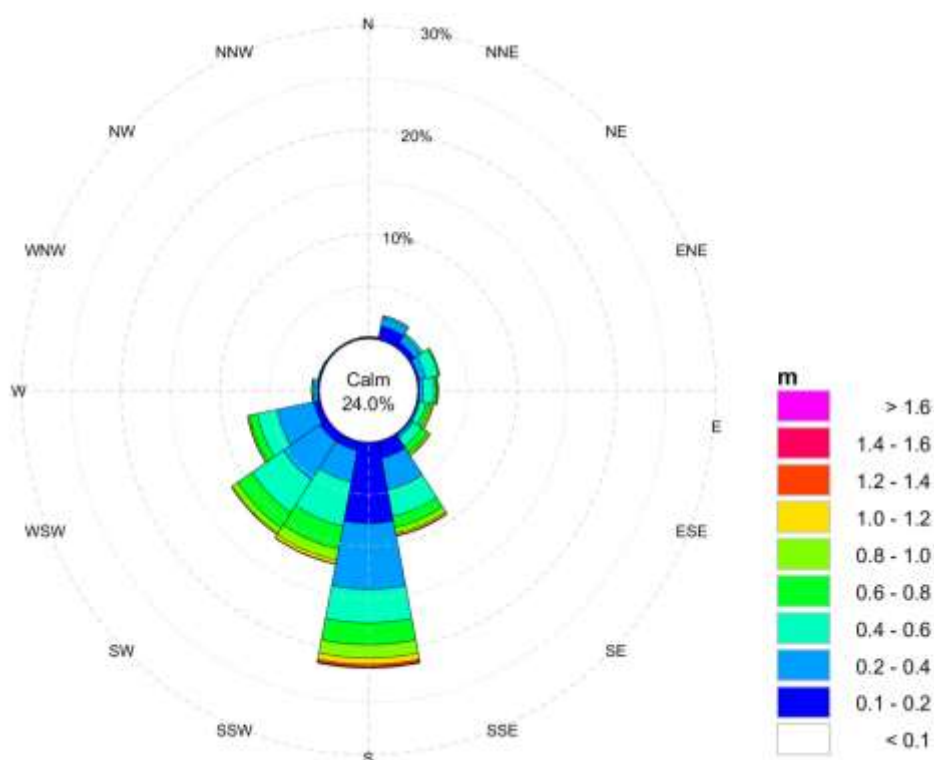
Tabel 5-5 Berørte matrikler som vil opleve oversvømmelse ved en 100-års stormflod i år 2075 ($K_{100,2075}$).

	Berørte matrikler ved 100-års stormflod i 2075
Delstrækning 1	261
Delstrækning 2	416
Delstrækning 3	548
Delstrækning 4	683
Delstrækning 5 og 6	119
I alt	2027

5.2 Bølgeforhold

5.2.1 Generelt

Langs delstrækning 4 og 5-6, er de typiske bølgeretninger fra sydlige og sydvestlige retninger. Dette fremgår af bølgerosen, vist på Figur 5-6. Bølgerosen repræsenterer bølgeførholdene for en lokalitet på ca. 5 m dybde ud for Søvang, delstrækning 4. Bølgerosen er baseret på 11 års bølge hindcast data etableret på baggrund af COWI's bølgemodel for Østersøen og danske farvande ved anvendelse af MIKE 21 SW. Det fremgår af bølgerosen, at den typiske bølgeretning er i sektoren vestsydvest til sydsydvost.



Figur 5-6 Bølgerose (signifikant bølgehøjde, H_{m0}) på 5 m dybde ud for delstrækning 4 (Søvang). Baseret på 11 års spektral bølgemodellering (jan. 2013 – jan. 2024). Bølgeretning er ”kommende fra”

Under normale forhold vil bølgeudbredelsesretningen derfor være mest direkte ind mod delstrækning 5 og 6, mens de typiske bølger tilnærmelsesvis vil komme fra retninger, der er meget skrå på kysten ved delstrækning 4 (Søvang).

Som følge af den lave vanddybde og flade havbund ud for delstrækning 4 og 5-6 er bølgerne, som angriber kysten generelt dybdebegrænsede, idet den signifikante bølgehøjde (H_{m0}) typisk ikke kan blive højere end i størrelsesordenen 50-60% af vanddybden. Under normale forhold vil bølgepåvirkningen af kysten således være meget begrænset.

Som bølgerosen i Figur 5-6 viser, er typiske bølgeretninger syd og sydvest. Lokalt genererede bølger er derfor typisk forbundet med vindretninger fra syd og sydvest,

som dog ikke giver samtidigt højvande ved Dragør. De ekstreme stormflodssituationer i Køge Bugt og den vestlige Østersø er generelt forbundet med vind fra nord-øst og øst. Bølger samtidigt med ekstreme højvandstande kommer derfor fra retninger, hvor det frie stræk er begrænset.

På dybt vand er ekstreme bølger og ekstrem højvandstand derfor ikke direkte korreleret. Inde ved kysten på den tilnærmelsesvist østvendte kyst på delstrækning 4 og dele af delstrækning 5 vil det dog omvendt forholde sig sådan, at der er en korrelation mellem stormflodsvandstand og bølgepåvirkning, da bølgerne er dybdebe- grænsede. Dette forhold er undtaget i de helt særlige situationer, hvor et forudgå- ende vejrsystem har presset vand ind i Østersøen, som skaber en udadrettet gradi- ent og en opstuvning i den vestlige Østersø, som følge af den begrænsede kapaci- tet i de danske bæltter, når vandet strømmer tilbage i Kattegat og Nordsøen. I disse tilfælde kan man have en såkaldt "stille stormflod", hvor den forhøjede vandstand ikke er ledsaget af kraftig vind og bølger. Et eksempel på dette fænomen var stormfloden den 4. januar 2017.

I forbindelse med stormflod (med kraftigt forhøjet vandstand) vil større bølger kunne nå helt ind til kysten. Den bølgedrevne sedimenttransport på kysten er der- for styret af ekstremhændelserne med samtidigt højvande og bølgepåvirkning.

I forbindelse med stormflod er kystbeskyttelsen på delstrækning 4 ud for Søvang den mest bølgeudsatte strækning, da denne er delvist østvendt. Dele af diget på delstrækning 5 kan i mindre omfang være bølgeudsatte, mens diget på delstræk- ning 6 ikke forventes bølgeudsat i forbindelse med stormflod.

5.2.2 Stormflodshændelser med bølger

Stormfloden d. 20. oktober 2023 var et tydeligt eksempel på en hændelse med samtidigt højvande og bølgepåvirkning af Dragørs østlige kyster, hvor det eksiste- rende dige foran Søvang blev beskadiget af bølgeslag under stormen. Hændelsen blev forårsaget af kraftig vind fra øst, som pressede vand fra Østersøen ned i den sydvestlige del af Østersøen, hvor det stuede op pga. de smalle bæltter (Lillebælt, Storebælt og Øresund). Derved opstod forhøjet vandstand langs de danske Øster- søkyster.

Den kraftige vind fra øst skabte ligeledes meget voldsomme bølgeforhold ved pri- mært østvendte kyster i Danmark. Ved østvendte kyster syd for bæltterne opstod en sjælden kombination af højvande og kraftig pålandsvind, som medførte samti- digt højvande og bølger, bl.a. langs Dragørs kystlinje, hvor særligt nordstranden og Søvang blev hårdt ramt med beskadigelse af eksisterende diger til følge.

Til beskrivelse af bølgeforhold, der kan opstå i forbindelse med stormflodssituatio- ner, er der undersøgt tre forskellige historiske stormflodshændelser, hvor bølgefor- holdene er modelleret med COWIs numeriske bølgemodel for Østersøen:

- › 3-4. januar 2024
- › 20-21. oktober 2023

› 12-13. november 1872

Stormfloden 3-4. januar 2024 er den 5. største vandstand i de sidste 63 år målt i Køge Havn (1,43 m DVR 90), mens stormfloden 20-21. oktober 2023 er den højeste målte vandstand i Køge Havn (+1,69 m DVR90) i de 63 år, hvor der systematisk er blevet foretaget vandstandsmålinger i Køge Havn. Stormfloden i november 1872 er den største stormflod i nyere tid og er veldokumenteret både hvad angår vind- og vandstandsforhold. De undersøgte hændelser, der alle er hændelser med samtidig høj vandstand og bølgepåvirkning på de østvendte kyster, vurderes derfor at være repræsentative for kombinationen af ekstrem vandstand og bølger ud for Amagers sydkyst. Den næsthøjeste vandstand er målt i januar 2017 (+1,57 m DVR90), som var en "stille stormflod" uden bølgepåvirkning.

Hændelserne i januar 2024 og oktober 2023, er begge hændelser forårsaget af et lavtryk med længerevarende østenvind, der giver anledning til forhøjet vandstand kombineret med bølger på østvendte kyster i Køge Bugt. I begge tilfælde giver dette anledning til signifikante bølgehøjder (H_{m0}) på op til ca. 1,5 m ud for Søvang (delstrækning 4). Oktober stormen i 2023 er dog ledsaget af højere vandstand end januar stormen 2024.

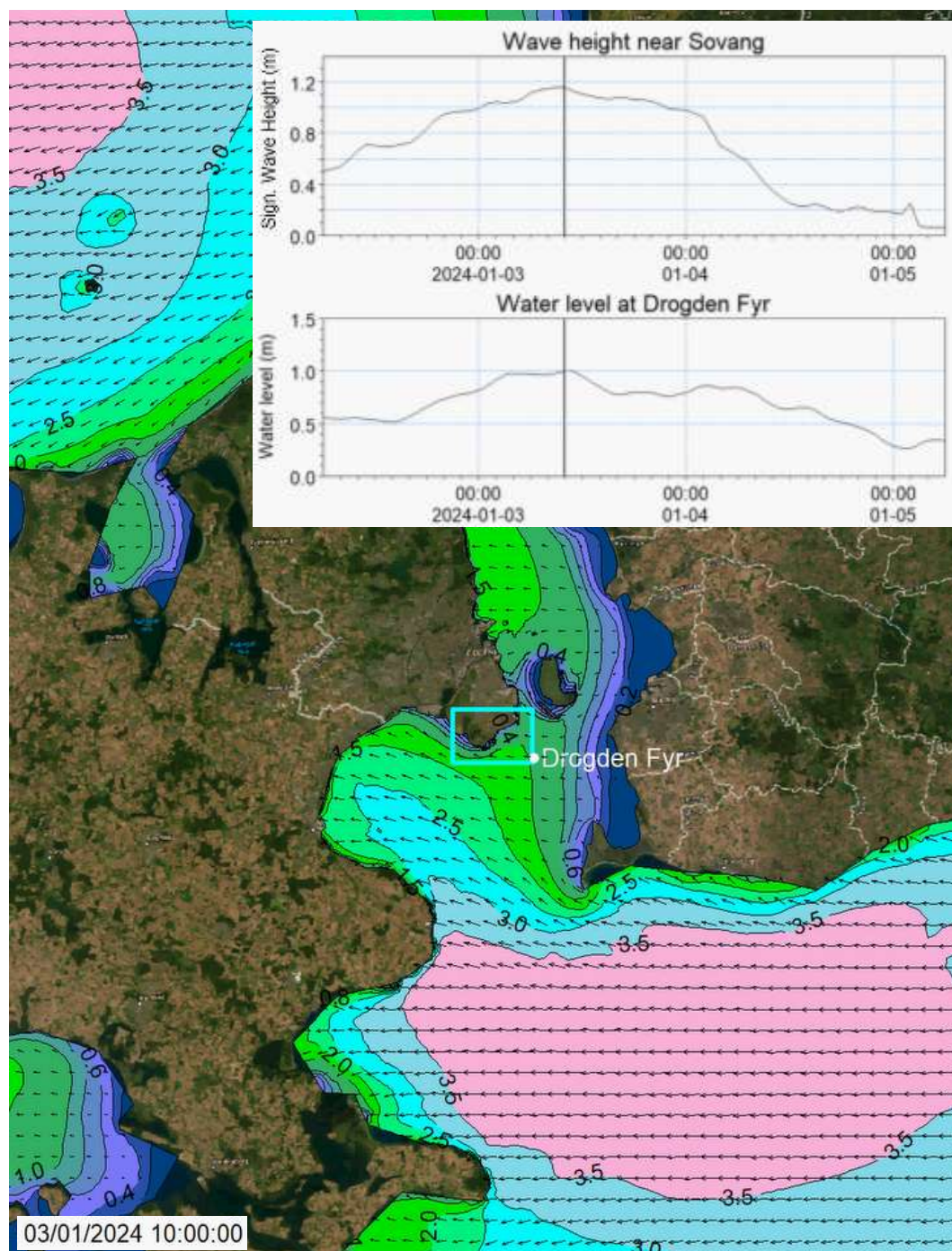
Stormfloden i november 1872 var ledsaget af væsentlig højere vandstand end i de to seneste hændelser og har en vandstand med en returperiode, der er væsentlig større end de 100 år. 1872-stormfloden var forårsaget af et sjældent forekomende vejrsystem, hvor et lavtryk over Nordtyskland og et stabilt højtryk over Midtsverige forstærkede hinanden og skabte længerevarende storm fra nordøst, som resulterede i stormflod i den vestlige Østersø, med vandstande som var markant over, hvad der sidenhen er registreret. Bølgemodelleringen af denne stormhændelse giver lokale signifikante bølgehøjder (H_{m0}) ud for Søvang på op til 1,8 m fra nordøstlige retninger.

Den modellerede vandstand og bølgehøjde (H_{m0}) i den sydlige Østersø er vist på Figur 5-7 til Figur 5-9 under de tre hændelser. Figur 5-10 til Figur 5-12 viser desuden bølgeforholdene lokalt ved Amagers sydkyst.

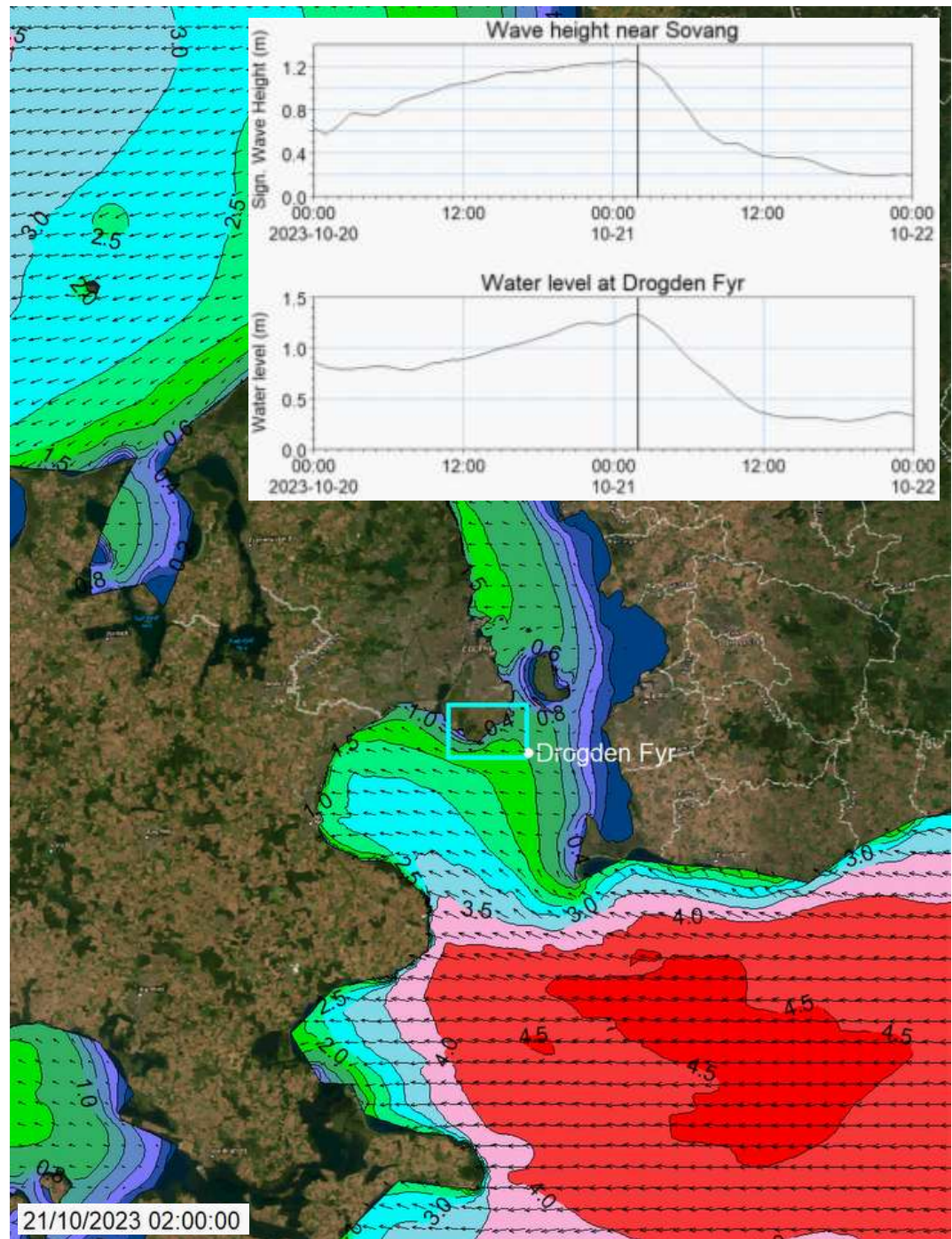
Stormflodshændelserne i januar 2024 og oktober 2023 skabte begge store østlige bølger i den vestlige Østersø. Bølgerne trængte ind i Køge Bugt fra sydøst, og var medvirkende til at skabe ekstreme bølgeforhold i størstedelen af Køge Bugt. Dette er vist på Figur 5-7 og Figur 5-8. Bølgerne genereret i Østersøen, med relativt lange bølgeperioder, blev i Køge Bugt blandet med kortere lokalt genererede bølger fra østlig retning. Dette skabte i begge stormflodshændelser et bølgeklima med væsentlig større bølgehøjder end ved tilsvarende hændelser udelukkende bestående af lokalt genererede bølger i Køge Bugt.

Stormfloden i 1872 er et eksempel på en hændelse, hvor bølgeretningen overordnet set var fra nordøst, og der af denne grund ikke trængte bølger fra Østersøen ind i Køge Bugt, som det ses af Figur 5-9. Bølgerne i Køge Bugt var derfor udelukkende lokalt genererede bølger fra nordøst. Dette betyder, at bølgerne i forbindelse med 1872-stormen er mindre i store dele af Køge Bugt end i de to andre stormflodshændelser, selvom stormen og vindhastighederne var væsentlig større i november 1872 end i de to andre hændelser. Lokalt ved Amagers sydkyst var

bølgehøjderne dog marginalt større i 1872 end i 2023 og 2024, da påvirkningen fra bølger, der stammer fra Østersøen, er mindre ved Amagers sydkyst end eksempelvis ved Køge.

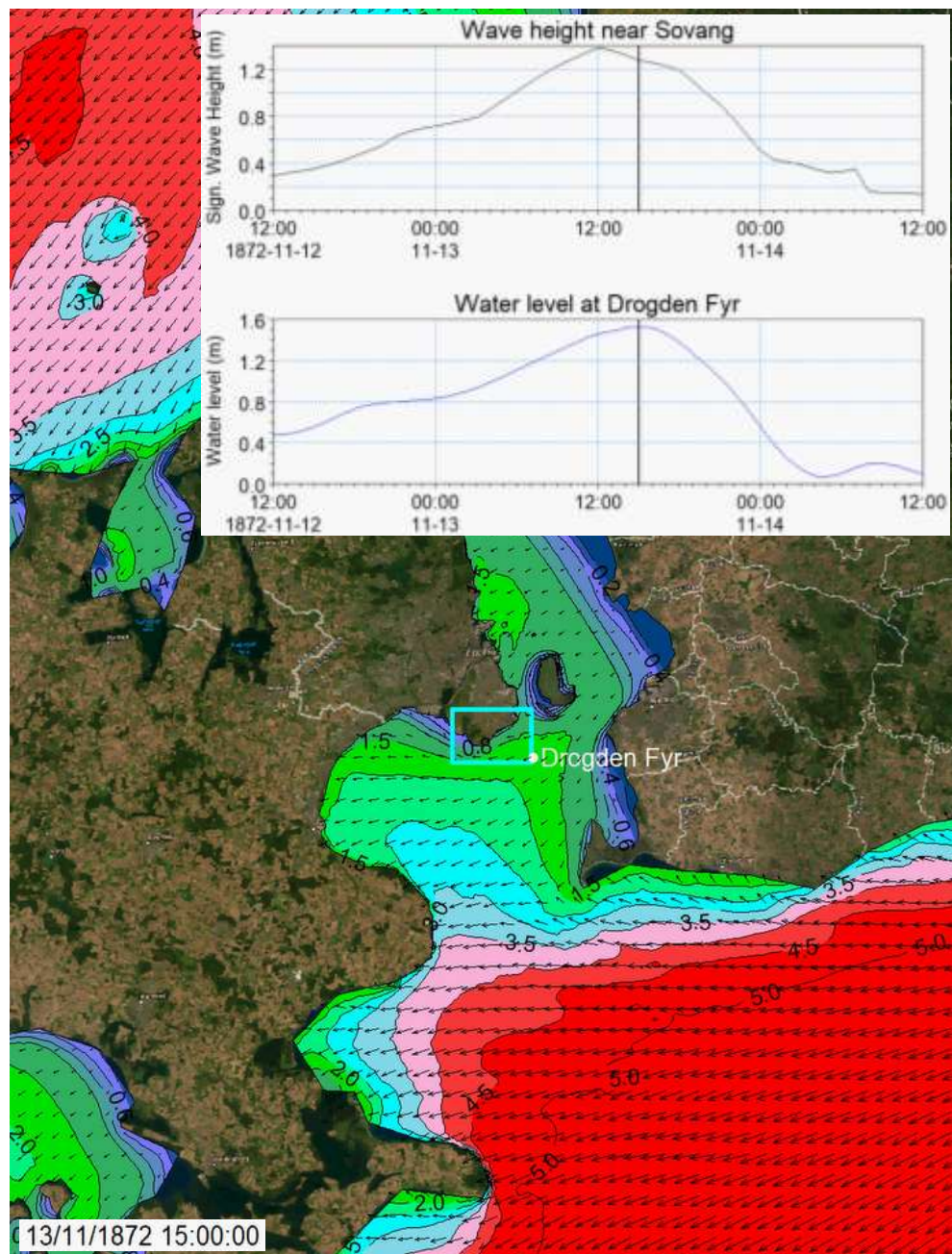


Figur 5-7 Stormfloden 3-4. januar 2024. Signifikant bølgehøjde (H_{m0}) i den sydlige Østersø på tidspunkt for maksimal vandstand ved Dragør. De lokale forhold ved Etape 1 er vist på Figur 5-10.

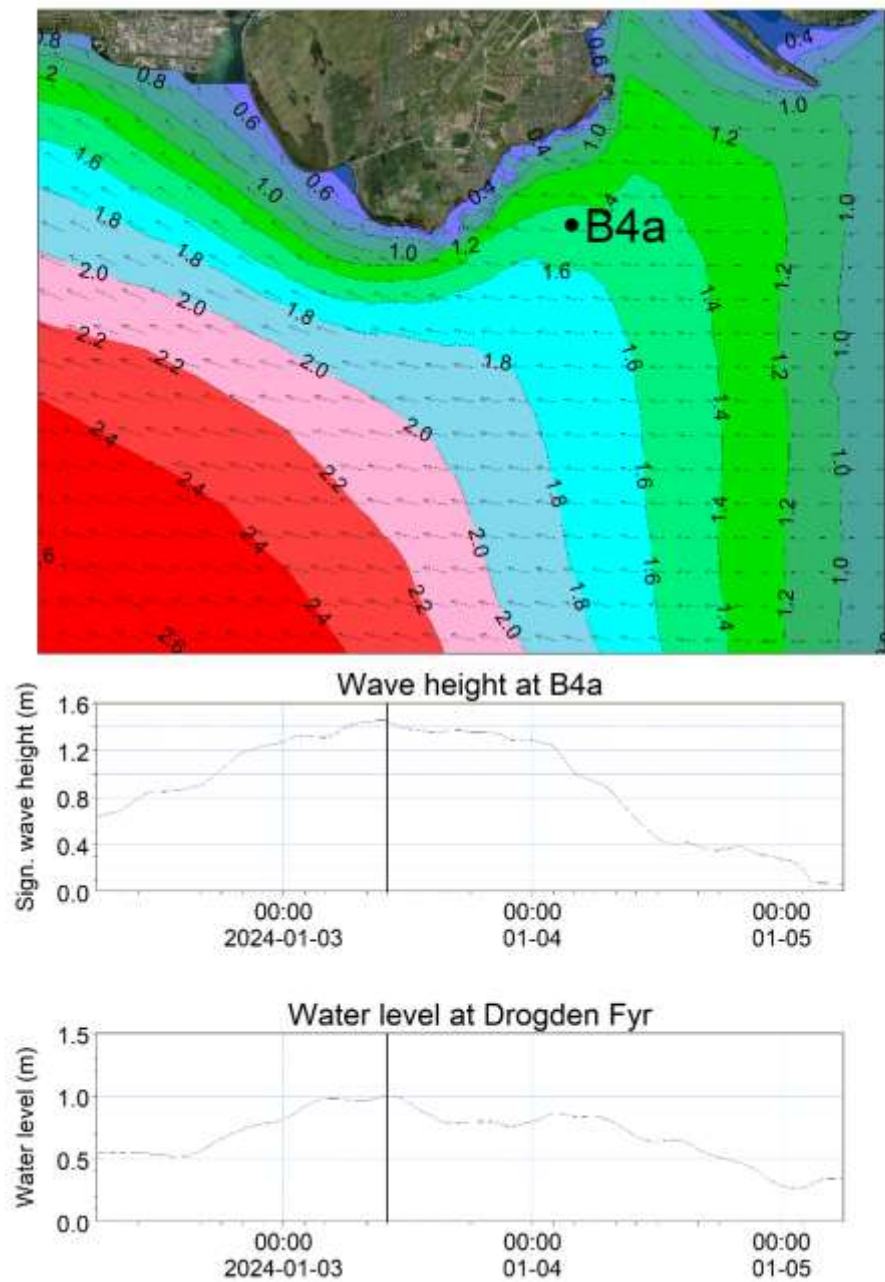


Figur 5-8

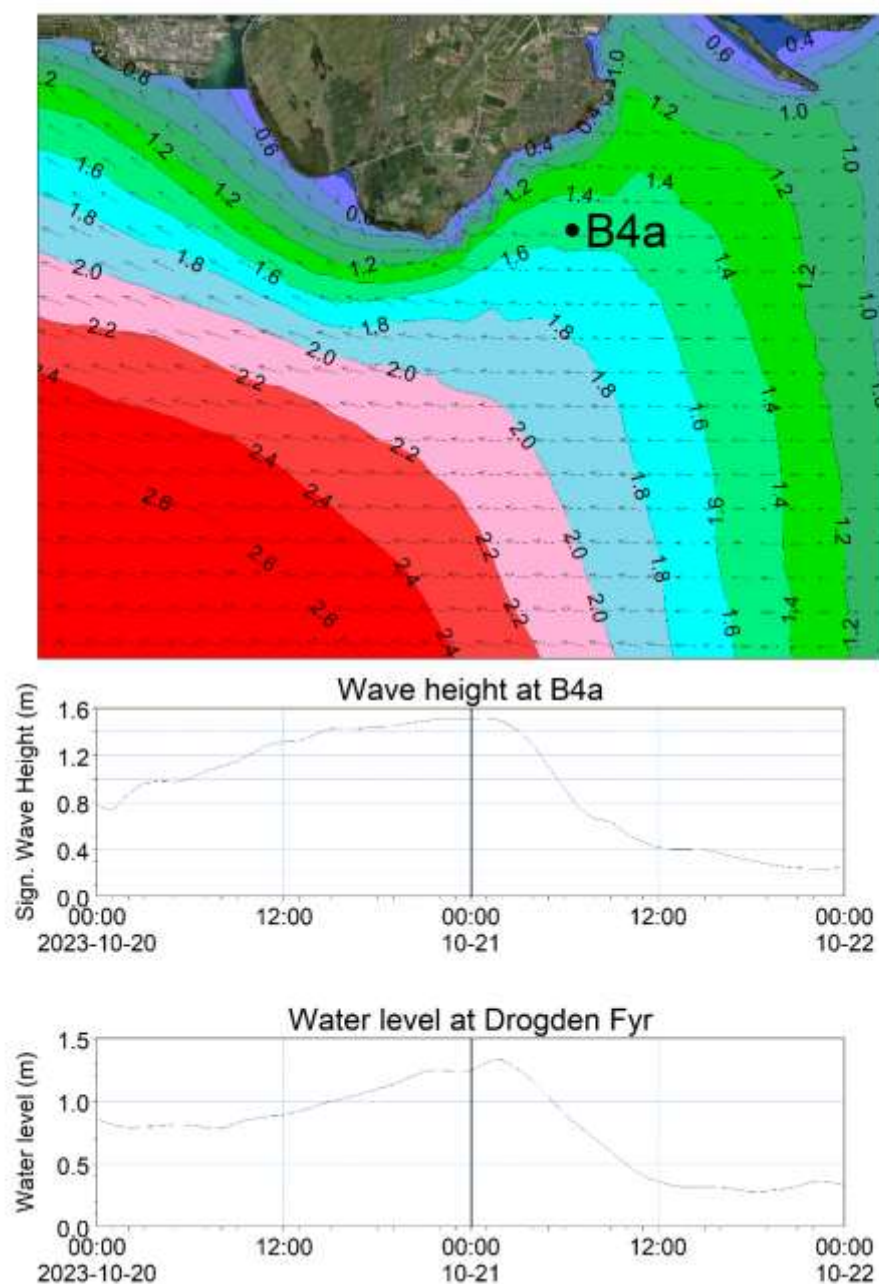
Stormfloden 20-21. oktober 2023. Signifikant bølgehøjde (H_{m0}) i den sydlige Østersø på tidspunkt for maksimal vandstand ved Dragør. De lokale forhold ved Etape 1 er vist på Figur 5-11.



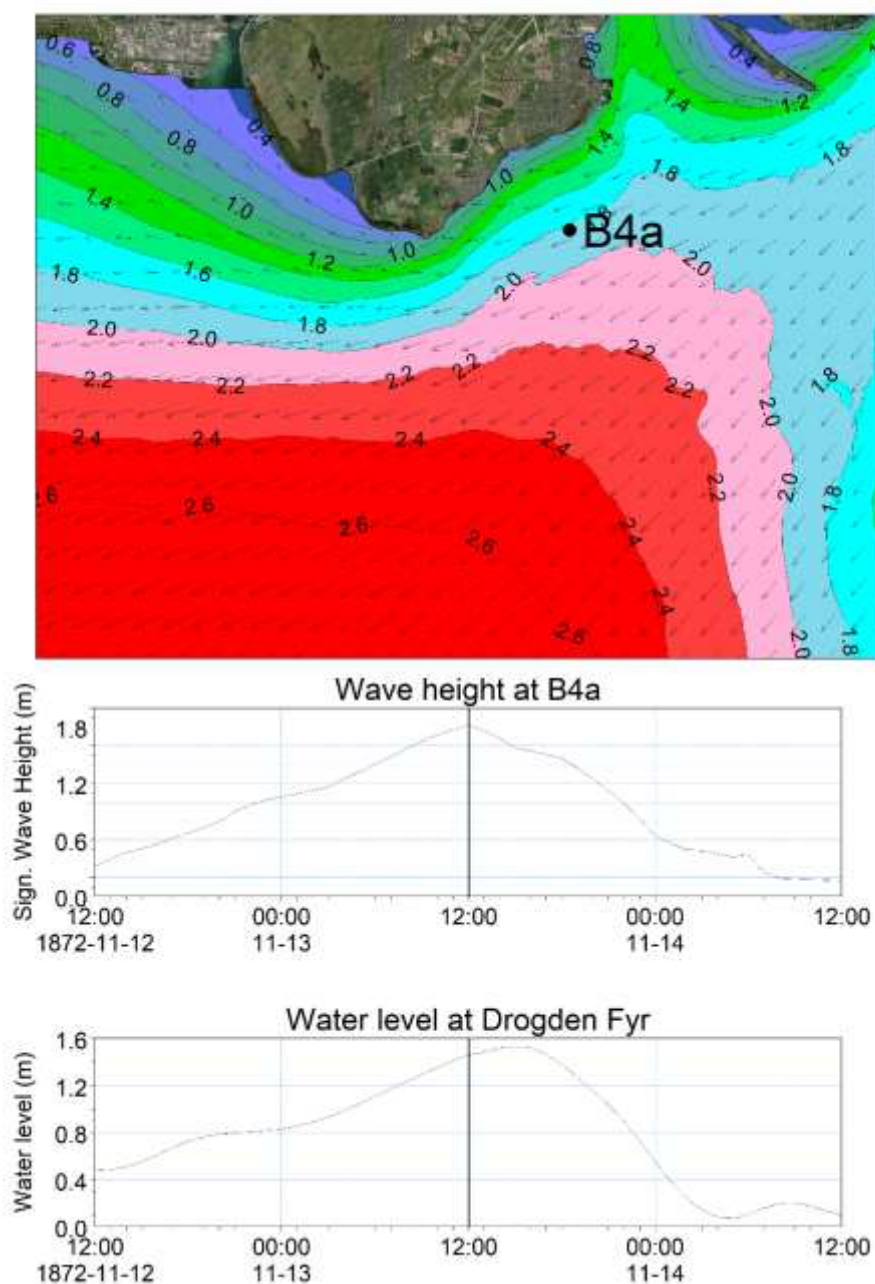
Figur 5-9 Stormfloden 12-13. november 1872. Signifikant bølgehøjde (H_{m0}) i den sydlige Østersø på tidspunkt for maksimal vandstand ved Dragør. De lokale forhold ved Etape 1 er vist på Figur 5-12.



Figur 5-10 Stormfloden 3-4. januar 2024. Modelleret vandstand og signifikant bølgehøjde (H_{m0}) ud for Søvang på 5 m vanddybde.



Figur 5-11 Stormfloden 20-21. oktober 2023. Modelleret vandstand og signifikant bølgehøjde (H_{m0}) ud for Søvang på 5 m vanddybde.



Figur 5-12 Stormfloden 12-13. november 1872. Modelleret vandstand og signifikant bølgehøjde (H_{m0}) ud for Søvang på 5 m vanddybde.

5.2.3 Designbølgeforhold

Fordi stormflodshændelser med samtidigt højvande og bølgepåvirkning langs Dragørs kyst er meget sjældne, er antallet af veldokumenterede hændelser af denne type meget begrænset. Designbølgeforhold er derfor vurderet på baggrund af de tre historiske stormflodshændelser, vist i afsnit 5.2.2.

Stormflodshændelserne i januar 2024 og oktober 2023, har begge en vandstand, der er lidt mindre end designvandstanden, men med bølger direkte fra øst, der

vurderes at være det mest kritiske for delstrækning 4 og 5. Stormfloden november 1872 er en væsentlig større stormflodshændelse end designhændelsen for nærværende projekt. Hændelsen indebærer dog bølgeretninger fra nordøst, der giver en mindre direkte bølgepåvirkning af kysten ("mere parallelt med kysten") på delstrækning 4 og 5 end de to hændelser i oktober 2023 og januar 2024.

De tre analyserede stormflodshændelser giver anledning til signifikante bølgehøjder indenfor et relativt begrænset interval (ca. 1,5-1,8m), på 5 m vanddybde ud for Søvang. De største signifikante bølgehøjder på op til 1,8 m ses i forbindelse med 1872-stormfloden, men dette er fra nordøstlige retninger, der, som beskrevet, er mindre kritisk for kystbeskyttelsen end ved en direkte østlig bølgeretning.

Ved vind fra mere sydlige retninger end i de tre analyserede stormflodshændelser, vil der kunne generes større bølgehøjder på dybt vand på grund af et større frit stræk i de sydlige retninger, men vandstanden vil samtidigt falde, når vinden bliver mere sydlig, og derfor vil bølger under sådanne hændelser ikke være sammenfaldende med den maksimale stormflodsvandstand ved kysten.

Baseret på ovenstående er det vurderet, at bølgeforholdene under oktober-stormen i 2023 sammen med 100 års stormflodshændelsen i 2075 vil udgøre en repræsentativ og realistisk designhændelse for kombineret vandstand og bølger med 100-års returperiode.

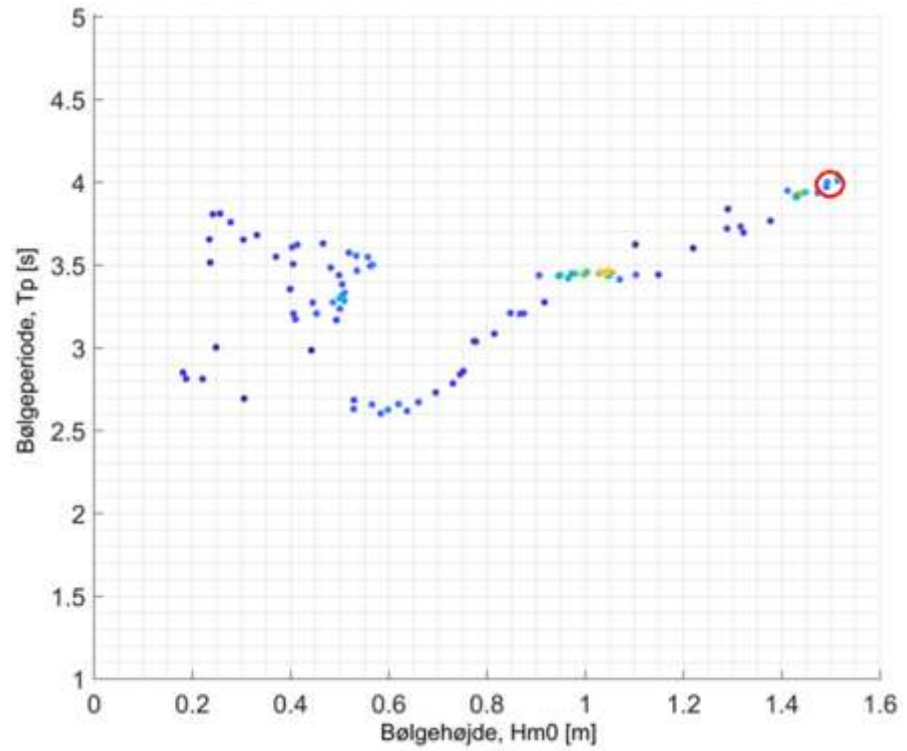
5.2.4 Bølgeforhold på dybt vand

Designbølgeforhold på dybt vand (ca. 5 m vanddybde) ud for Dragørs sydkyst, svarende til stormfloden i oktober 2023, er sammenfattet i det følgende.

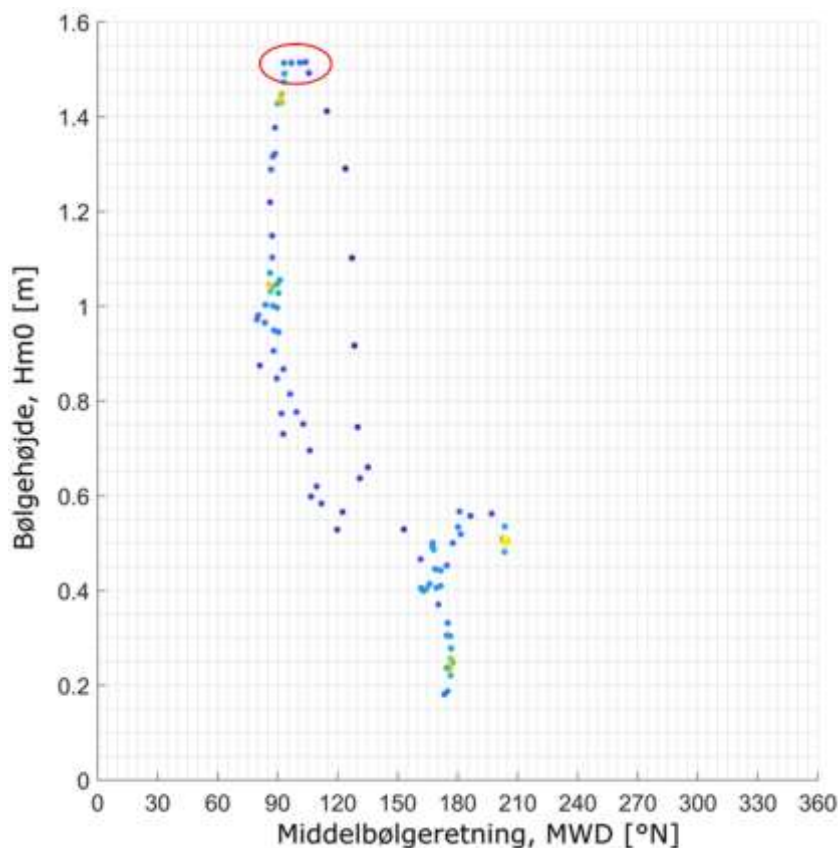
Nær kysten er bølgehøjderne begrænset af vanddybden. Særligt hvor den nye kystbeskyttelse på land er beliggende bag et lavtliggende forland (som oversvømmes under designhændelsen), som bryder bølgerne, vil de lokale bølgeforhold være styret af bølgenes brydning. Forholdet er behandlet nærmere i kapitel 7.

Bølgeforholdene på dybt vand under stormen i oktober 2023 er udtrukket af COWI's spektrale bølgemodel på lokalitet med havbund i ca. kote -5 m DVR90 ud for Søvang, se udtræksposition på Figur 5-11. Bølgemodellen anvendes til at genskabe de bølgeforhold, der er forekommet under specifikke hændelser, således bølgenes påvirkning på kystbeskyttelsen kan vurderes.

Bølgeforholdene under stormen er vist i Figur 5-13 og Figur 5-14, samt som tidsserie og overfladeplot på Figur 5-11.



Figur 5-13 Bølgehøjde og -periode under stormen i oktober 2023. Fra COWIs spektrale bølgemodel. Bølgeforhold udtrukket på ca. 5 m dybde ud for Søvang. Designhændelsen er markeret med rød cirkel.



Figur 5-14 Bølgehøjde og -retning under stormen i oktober 2023. Fra COWIs spektrale bølgemodel. Bølgeforhold udtrukket på ca. 5 m dybde ud for Søvang. Designhændelsen er markeret med rød cirkel.

Designbølgen, som kombineres med 100-års højvande, forudsættes i nærværende fase at have parametrene vist i Tabel 5-6.

Tabel 5-6 Dybvandsbølgeforhold til kombination med designvandstanden ved Søvang.

Parameter	Værdi
Bølgehøjde, H_{m0}	1,5 m
Bølgeperiode, T_p	4 s
Bølgeretning, MWD	90-110 °N

5.3 Kystmorfologi

Niras har i ref. /8/ redegjort for kystmorfologien langs den del af Dragør, som omfatter delstrækning 4 og 5-6. I det følgende gengives hovedpointerne herfra, og der henvises til ref. /8/ for supplerende information. Der henvises desuden til det kysttekniske designnotat, ref. /6/, for beskrivelse af kystmorfologien ved Søvang, hvor kystbeskyttelsen etableres på eksisterende søterritorium.

Dragørs kyst har i løbet af de seneste godt 100 år undergået betydelige morfologiske ændringer med opbygning af barriereøer og strandvolde som følge af naturlig sedimentation drevet af de fremherskende bølge- og strømforhold. Udvalgte fotos

af Dragørs kystlinje siden 1890 er vist i Figur 5-15. De naturligt opståede strandvolde og barriereøer beskytter nu i et vist omfang de bagvedliggende arealer mod små oversvømmelser.

Selve kystlinjen har de seneste mange år været meget lidt morfologisk aktiv som følge af de meget lave vanddybder og det flade kystprofil ud for Søvang. Således er det primært sandbanker (og revler) ud for kysten, som undergår morfologiske ændringer, se også afsnit 3.2.



Figur 5-15 Historisk udvikling af Dragørs kyst gennem de seneste ca. 130 år. Figur fra ref. /8/.

Drogdentskælen, beliggende mellem Dragør/Drogden og Limhamn, er et lavvandet område som adskiller Øresund mod nord og Østersøen mod syd, se Figur 5-16. Drogdentskælen udgør en flaskehals i vandudvekslingen mellem de to farvande, herunder også under stormflodshændelser. I forbindelse med hyppigt forekommende vestenvind presses vand fra Øresund over Drogdentskælen til Østersøen, hvorved relativt høje strømhastigheder opnås over Drogden tærsklen. Strømningen fører sand over tærsklen, hvorefter strømningshastighederne relativt hurtigt aftager i takt med, at strædet bliver bredere. Når strømningshastighederne bliver tilstrækkeligt lave, aflejres sandet, hvilket sker ud for Dragør.

Materialeaflejringen er særdeles dynamisk og varierer således naturligt hen over år og årstider. Sedimenttransporten foran sandbankerne er vist skematisk i Figur 5-16. For nærmere beskrivelse af dynamikken af selve sandbanken, som er både strøm- og bølgedrevet, ud for kystlinjen henvises til ref. /6/.



Figur 5-16 Princip for sedimentation langs Dragør Kommunes sydlige kyst. Pile indikerer dominerende materialetransport. Fra ref. /8/.

6 Materialer til etablering af kystbeskyttelsen

6.1 Sand

Det forudsættes, at sandmaterialer til etablering af kystforlandet ved Søvang bliver indvundet fra marint fællesområde. Tilladelserne til mange fællesområder er i slutningen af 2025 udløbet og er ikke blevet forlænget. Der er generelt stor usikkerhed omkring tilgængeligheden af marint sand fra fællesområder. Det forventes og antages, at indvindingen af marint sand vil ske fra fællesområder i Faxe Bugt idet de tilgængelige fællesområder i Køge Bugt enten er udtømte eller påklagede.

Det er usikkert hvilken sandkvalitet (kornstørrelse) sandet i fællesområderne har. Derfor er der i kystdesignet, se ref. /6/, bl.a. udført følsomhedsanalyser med forskellige kornstørrelser. Det foretrækkes, at der kan anvendes sand med d50 (korn-diameter ved 50% gennemfald ved en sigteanalyse) på $\geq 0,3$ mm, hvilket kan betegnes som "medium sand", blandt andet af hensyn til den hydrauliske stabilitet mod bølger samt at vindbåren sandtransport begrænses.

6.2 Ler

Digerne og kystforlandets impermeabilitet (vandtæthed) sikres ved indbygning af ler, enten i form af en lerkerne eller en lermembran i digetværsnittet. Der henvises til kapitel 7 for nærmere beskrivelse af digets opbygning.

Det er sandsynligt, at lerkernen kan udelades i dele af landdigerne, særligt på de dele af delstrækning 5, hvor digerne er meget brede. Forholdet belyses nærmere i en senere fase.

6.3 Ren overskudsjord

Ren overskudsjord fra bygge- og anlægsprojekter i Storkøbenhavn kan anvendes som fyldmateriale i kystbeskyttelsen i opbygningen af diger og kystforland. Brugen af ren overskudsjord reducerer behovet for jomfruelige materialer og indebærer en stor anlægsøkonomisk fordel. I dag afleveres overskudsjord fra bygge- og anlægsprojekter i Storkøbenhavn ved f.eks. Lynetteholm, hvor entreprenører og bygherrer betaler for at komme af med overskudsjorden.

Det vurderes, at anvendelsen af ren overskudsjord vil være tilnærmelsesvist omkostningsneutralt idet omkostningerne til håndtering og indbygning af materialet vurderes at opvejes af indtægten fra modtagelse af den rene overskudsjord.

Myndighedsforhold vedr. brugen af ren overskudsjord håndteres i den igangværende miljøkonsekvensvurdering.

6.4 Beplantning

For digerne på land arbejdes ud fra et hovedprincip om, at eksisterende vækstlag aførmes inden for digernes fodaftryk. Større rødder mv. frasorteres og den

afrømmede jord udlægges som terrænaflutning på digerne. Dermed vil frøbanken fra det eksisterende vækstlag bidrage til begroningen af digerne.

Der suppleres med såning af digegræs. Digegræssets funktion er at beskytte diget mod hydrauliske belastninger, herunder særligt mod påvirkning fra bølger. For at bevare denne funktion er det vigtigt, at digegræsset passes og plejes, bl.a. ved slåning og/eller græsning. Der henvises til Kystdirektoratets anbefalinger, ref. /14/, for yderligere information. Det forventes, at hjemmehørende arter vil brede sig ind over området med tiden, og det skal sikres, at digets funktionalitet og robusthed ikke kompromitteres som følge af dette.

Tabel 6-1 Typisk digegræsblanding iht. Kystdirektoratets anbefalinger, ref. /14/.

Græsart	Sort	Del
Strandsvingel (<i>Festuca arundinacea</i>)	Fine Lawn	20%
Rødsvingel (<i>Festuca rubra</i>)	Suzette S	20%
Rødsvingel (<i>Festuca rubra</i>)	Echo	40%
Rajgræs, hybrid (<i>Lolium hybridum</i>)	Avance	15%
Krybende hvene (<i>Agrostis stolonifera</i>)	Kromi S	2,5 %
Hvene, alm. (<i>Agrostis capillaris</i>)	Highland bent	2,5 %

6.5 Stenmaterialer

Synlige stenmaterialer i form af stenflak til stabilisering af kystlinjen på kystforlandet etableres i muligt omfang med sø- eller marksten (afrundede sten), som er naturligt forekommende i Danmark. Hvis der ikke kan fremskaffes tilstrækkelige mængder egnede afrundede sten, vil stenflakkene blive suppleret med brudsten (mere skarpkantede sten), se Figur 6-1 som viser eksempler på sø-/marksten og brudsten. Stenbeskyttelser af lerkernen (ikke-synlige sten) etableres med brudsten.

Den hydrauliske stabilitet af brudsten er større end for tilsvarende sø- og marksten, ligesom prisen på brudsten generelt er lavere grundet tilgængeligheden. Sø- og marksten vælges dog af æstetiske hensyn til anvendelser, hvor stenene er synlige.



Figur 6-1 *Eksempler på stentyper. Venstre: Sø-/marksten. Højre: Brudsten.*

7 Kystbeskyttelse

7.1 Generelt

Kystbeskyttelsen etableres på delstrækning 4 primært som et fladt, naturbaseret kystforland foran Søvangs eksisterende kystlinje. Foruden højvande er kystbeskyttelsen af delstrækning 4 derfor eksponeret for bølger under stormflod. I Søvangs sydlige ende etableres et landdige på eksisterende landareal og lokalt ved et beskyttet fortidsminde etableres en lodret beskyttelse i form af spuns. Langs Søvangs østlige side etableres en forhøjelse af det eksisterende fløjelige af hensyn til den midlertidige fase mellem etableringen af Etape 1 og 2. Derudover skal der etableres højvandslukke i Hovedgrøften øst for Søvang, hvilket sker i særskilt regi.

På delstrækning 5-6 etableres beskyttelsen primært som landskabsdiger med varierende hældning. Digerne på delstrækning 5-6 etableres tilbagetrukket i forhold til eksisterende kystlinje. Digerne på delstrækning 5 er generelt mindre bølgeeksponerede end på delstrækning 4, og på den vestligste del af strækningen er der ingen bølgeeksponering som følge af kystens orientering i forhold til stormflodsbølgeretningen. På delstrækning 6 er digerne ikke eksponeret for stormflodsbølger.

7.2 Anlægsbeskrivelse

7.2.1 Konstruktionsprincip, kystforland

På delstrækning 4 (Søvang) er der generelt lille afstand fra den eksisterende kystlinje og ind til bebyggelsen i Søvang, som ligger bag det eksisterende dige. Der er således begrænset mulighed for at forhøje det eksisterende dige eller bygge umiddelbart udenpå det eksisterende dige, bl.a. af hensyn til overskyl fra bølgepåvirkning under ekstrem stormflod. Det eksisterende diges placering umiddelbart foran beboelsesejendomme og umiddelbart bag den eksisterende kystlinje gør diget sårbar under stormflod, som f.eks. sås under stormfloden i oktober 2023, se Figur 7-2.

Kystforlandet ud for Søvang etableres under hensyntagen til de fremherskende bølge- og vandstandsforhold, både normale og ekstreme forhold. Den mest udsatte kyststrækning af forlandet mod nordøst orienteres op imod den dominerende bølgeretning (~ØSØ) under ekstreme bølgeforhold i forbindelse med stormflod fra øst. Dette er bl.a. baseret på erfaring fra stormfloden *Babet* i oktober 2023, men også det faktum, at den eksisterende kystlinje ud for den nordlige del af Søvang er betydeligt smallere end mod syd, hvilket indikerer at denne del af kysten er mest erosionsudsat. Formålet er at have tilstrækkelig sikkerhed under designhændelsen. Derved er forlandet længst mod nordøst beliggende umiddelbart ud for det nuværende dige. Pga. den nødvendige orientering af den udsatte kyststrækning, kommer dige og forland længere og længere søværts det eksisterende dige desto længere mod sydvest man kommer. Cirka halvvejs drejes dige og forland, så det løber så parallelt med stormbølgerne, at den langsgående sedimenttransport under stormflod minimeres. I den sydvestlige ende anlægges dige og forland ind mod det

eksisterende dige. Denne del af kystlinjen er ikke udsat under stormflodsbølger, se **Error! Reference source not found.**

Den geometriske udformning af kystforlandet som følge af behovet for at orientere den mest udsatte del mod stormflodsbølgerne betyder, at det nye dige placeres i en vis afstand fra det eksisterende dige. Dette er hensigtsmæssigt, da diget så kan forhøjes bagud efter behov uden at forlandets udstrækning (fodaftrek) skal øges, eller kystprofilets hældning ændres (stejles, med reduceret robusthed til følge). Desuden tillader afstanden til bebyggelse, at der kan accepteres mere bølgeoverskyl i designhændelsen, således af kronekote på diget kan være lavere end hvis det nye dige lå tættere på eksisterende dige.

Området bag det nye dige er ikke 'designet' ud fra at det skal kunne rumme en vis mængde bølgeoverskyl, men fremkommer som konsekvens af ovennævnte geometriske krav til udformningen, og vil fremstå som et nyt kystnært naturområde. Når kystbeskyttelsen er etableret med dige og forland, er det planen at bagarealet formes ud fra det skitserede landskabsarkitektoniske design, så det sikres, at det nye kystforland fremstår som en samlet integreret kystbeskyttelse snarere end en teknisk baseret kystbeskyttelse placeret i landskabet. På den måde fremstår kystbeskyttelsen som en helhedsorienteret løsning, der ikke opleves som en barriere, men som et naturligt kystlandskab.

Området bag det nye dige kan i princippet bevares uforandret (svarende til eksisterende havbund med lav vanddybde), hvorved der naturligt vil dannes lavvandede søer. Det er vanskeligt at opretholde god vandkvalitet i søer med så lav vanddybde, da vandet er stillestående og søen vil vokse til med tiden. Det vil potentielt kunne medføre lugtgener, dårlig naturkvalitet mv. Derfor er det tanken, at arealet bag det nye dige bearbejdes efter at dige og forland er etableret, så arealet opnår en højere natur- og miljømæssig kvalitet. Dette kan enten gøres ved at opfylde, så hele arealet hæves og "bliver til nyt land" eller ved at udgrave til større dybde, som muliggør en god naturmæssig kvalitet af arealet. En generel forhøjelse af arealet kræver betydelige mængder materiale. Derfor udgraves der, som en del af projektet, dele af bagarealet til større dybde (ca. 1,5 m vanddybde), og omfordele det opgravede materiale bag det nye dige, hvorved arealet samlet vil fremstå som et landareal med søer. Udgravningen af søerne sikrer desuden, at de ikke vil udtørre, selv ikke under tørre sommerperioder.

Genbrug af det opgravede havbundsmateriale vil medføre reduceret behov for jomfruelige materialer. Søerne vil desuden komplementere den nye kystnatur og de øvrige naturligt forekommende søer og kystlaguner i området.



Planudformning af nyt kystforland ved Søvang.

Det nye kystforland ved Søvang har som nævnt målsætning om at skulle være naturbaseret, så kystbeskyttelsen placeres og udformes, så den integreres med naturens udvikling og lader de eksisterende naturbaserede processer indgå som led i den successive klimatilpasning, f.eks. dannelse af ny kystnatur. Det nye kystforland er nødvendigt for at opnå en effektiv kystbeskyttelse, som samtidig integreres i de landskabelige karakteristika i området. Forlandet skal derfor udformes og anlægges, så det bliver en naturlig del af fremtidens kystlandskab og giver gunstige betingelser for, at de naturtyper og arter, der er karakteristiske for det eksisterende kystlandskabet, har mulighed for over tid at udvikle sig på forlandet.

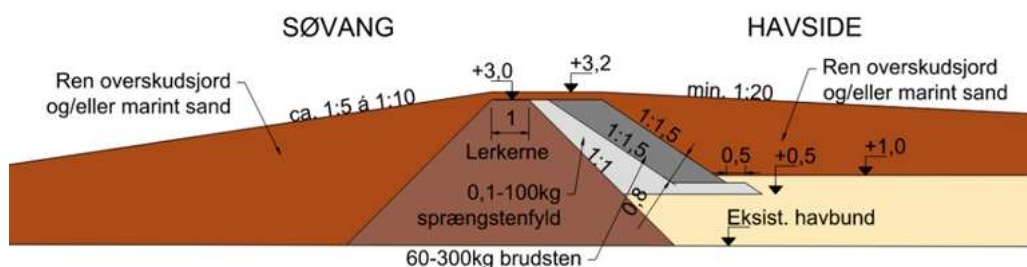
Kystforlandet ved Søvang er således designet under hensyntagen til de eksisterende landskabelige værdier og karakteristika, som understøttes af udformningen af det nye kystforland, så den fremtidige oplevelse af området vil bære præg af et samlet integreret kystlandskab snarere end en teknisk foranstaltning til kystbeskyttelse placeret i landskabet. Formålet med at udforme kystbeskyttelsen på denne måde er navnlig at sikre tilstedeværelsen af de fysiske og visuelle forbindelser mellem land og vand, samt at undgå at kystbeskyttelsen opleves som en barriere mod eller et fremmedelement i forhold til havet eller langs med kysten.



Figur 7-2 Fotos fra 30. okt. 2023 af beskadiget dige ved Søvang under stormfloden Babet i oktober 2023.

Beskyttelsen ud for Søvang etableres derfor som et kystforland, med et typisk tværsnit som har forholdsvis flad forsideskråning på min. 1:20. I kystforlandet indbygges en kerne bestående af impermeabel ler, som udgør den egentlige beskyttelse mod oversvømmelse af baglandet. Kystforlandets bagside etableres som et relativt fladt anlæg med ca. 1:5 til 1:10, som vist på Figur 7-3. Det eksisterende dige langs Søvang bevares i sin nuværende form.

På forsiden foran lerkernen indpumpes marint sand til kote +1,0. Herover og bag lerkernen indbygges ren overskudsjord. Selve lerkernen beskyttes med sten, som modvirker erosion af lerkernen i tilfælde af, at materialet på kystforlandets forside eroderer bort under en stormflodshændelse. Principtværsnit af kystforlandet fremgår af Figur 7-3 og Figur 7-4.



Figur 7-3 Principsnit for kystforland ved Søvang. Forsidehældningen varierer af hensyn til landskabsdesignet, dog ikke stejlere end 1:20. Bagsideskråningen varierer generelt mellem 1:5 og 1:10. Længder er i m og koter i m DVR90.



Figur 7-4 Principssnit for kystforland ved Søvang. Lerkernen (mørkebrun) beskyttes af sten (grå). Foran lerkernen (på havsiden) udlægges sand nederst i profilet. Over vandspejlsniveau forventes udlagt ren overskudsjord (lysebrun). Forsideskråning etableres med anlæg ca. 1:20. Vandspejl vist svarende til i dag (ca. +0,1 m DVR90) og i 2075 (ca. +0,6 m DVR90).

Det skal bemærkes, at udformningen af kystforlandet vil være dynamisk og over tid tilpasse sig til de faktiske påvirkninger fra højvande og bølger. Den naturlige bevoksning, som med tiden vil brede sig på kystforlandet, vil bidrage positivt til kystforlandets robusthed idet sandet i højere grad vil fastholdes af rodnettet. Den viste plangeometri må forventes at ændre sig, særligt afhængigt af om der optræder stormflodshændelser med samtidig bølgepåvirkning inden bevoksningen har fuldt etableret sig på kystforlandet. Der må forventes behov for vedligehold af kystprofilen efter stormflodshændelser i form af reprofilerings og/eller tilførsel af sand til kystforlandet. Initiale kystorienteringer og placering af stenflak skal belyses nærmere i senere projekteringsfaser.



Figur 7-5 Eksempel på stenflak på Sjællands Odde.

Anlægsmetode, kystforland

Kystforlandet etableres dels ved indpumpning af marint sand fra skib via rørledning og dels ved tilførsel af materialer fra land. Anlægstakten forventes som skitseret i Figur 7-6. I hovedtræk vil anlægsarbejderne omfatte:

- › Indvinding af marint sand fra fællesområde i Faxe Bugt samt indpumpning af marint sand fra flåde via rørledning.

- › Udgravning af rende for etablering af lerkkerne. Gravearbejder og etablering af lerkkerne vil ske inddæmmet bag indpumpet marint sand, der som minimum er etableret over vandspejlsniveau.
- › Etablering af stenbeskyttelse af lerkkerne samt etablering af stenflak.
- › Tilførsel af ren overskudsjord over kote +1,0 samt på kystforlandets bagside (bag den impermeable lerkkerne). Evt. overskud af indpumpet sandfyld bag lerkernen efter etableringen af denne vil blive omplaceret til forsiden efter.
- › Beplantning/tilsåning af kystforlandets overflade.

Til etablering af kystforlandet ved Søvang indpumpes først marint sand fra søterri-
toriet. Indvinding af marint sand sker fra fællesområde(r) og udføres med sandsu-
gerfartøj. Da indvinding sker fra fællesområder, kan der ske indvinding fra områ-
derne til brug i andre projekter i perioden frem til, at kystforlandet skal etableres.
Det er derfor usikkert hvilke fællesområder, der fortsat indeholder egnede sandres-
sourcer på tidspunktet for anlægsarbejdet med kystforlandet. Det skal understre-
ges, at der er usikkerhed omkring tilgængeligheden af sandressourcer fra fælles-
områder da der kan blive indvundet materialer herfra til andre bygge- og anlægs-
projekter i perioden frem til Etape 1's anlæggelse. Det forventes på nuværende
tidspunkt, at indvindingen sker fra fællesområde i Faxe Bugt.



a) Opstart af indpumpning af marint sand (gul) via rørledning (rød linje).



b) Marint sand indpumpes indtil sandfyldet kommer over vandspejlet og "sandbunken" bliver landfast. Der graves nu en rende (orange), som inddæmnes af indpumpet sand-dæmning over vandspejlsniveau (kote +0,5 å +1,5), Lærkerne (brun) etableres løbende i den gravede rende og af-dækkes løbende med sten på lerkernens forside.



c) Indpumpning af marint sand er afsluttet og pumpeledning demobiliseret. Gravning af rende, etablering af lærkerne samt stenafdækning af lærkerne forløber parallelt bag ind-dæmningen af det indpumpede sand. Ren overskudsjord (mørkebrun) tilføres over kote +1,0 og søer (blå) udgraves. Udgravet materiale fra søerne genindbygges på kystforlandets bagside. Stenflak (grå) etableres løbende.



d) Resterende søer udgraves, ren overskudsjord tilføres og resterende stenflak etableres (kun de store stenflak er vist, der vil også blive etableret mindre stenflak mellem de viste stenflak). Slutteligt beplantes/tilsås forlandet.

Figur 7-6

Skitseret anlægstakt for kystforland. Arbejder med landdiger er ikke vist, men vil forløbe parallelt med etableringen af kystforlandet. Søer og stenflak er vist principielt.

Det indvundne sandmateriale opbevares i skibets lastrum og sejles ind til en egnet position foran eksisterende kystlinje. På grund af de lave vanddybder foran den eksisterende kyst, er det ikke muligt at sejle helt frem til forlandet. Sandsugerfartøjer kræver typisk ca. 5-6 m vanddybde. Derfor vil sandsugeren sandsynligvis skulle ligge for anker relativt langt fra kystlinjen. Her vil sandsugerfartøjet tilkoble en rørledning (pumpeledning), hvorfra sandet pumpes ind på kysten via rørsystemet. På

grund af de lave vanddybder ud for Søvang forventes det, at tilkoblingen til rørledningen vil ske ca. 3-4 km fra kysten. Sandsugerfartøjet har typisk en pumperækkevidde på 2-3 km ved losning via sandpumpe og rørledning. Det vurderes derfor, at der sandsynligvis vil være behov for mobilisering af en booster/pumpestation et sted mellem sandsugerfartøjets tilkoblingspunkt og udmundingen på det fremtidige kystforland.

Af Figur 7-7 ses et eksempel på indpumpning via rørledning. Rørledningen forventes udlagt på havbunden. Ledningen forventes forlænget successivt langs det fremtidige kystforland i forbindelse med indpumpning af sandet. Efter denne initielle fordeling af det indpumpe sand og efter afdræning, fordeles sandet efterfølgende med traditionelt jordflytningsmateriel (f.eks. gummihjulslæsser, dozer og/eller gravemaskine), for etablering af kystforlandet.



Figur 7-7 Indpumpning af marint sand via rørledning, foto fra kysten på Sild. Indpumpning ved udmundingen ses i forgrunden til højre mens sandsugerfartøjet ses i baggrunden til venstre.

Profilering af kystforlandet vil ske parallelt med indpumpningen og dels efter endt sandindpumpning, hvor ren overskudsjord tilføres kystforlandet over kote +1,0. Efter den initielle profilering af kystforlandet vil de fremherskende bølge- og vandstandsforhold naturligt omlejre/forme kystforlandet mellem de etablerede stenflak.

Forud for etablering af lerkernen i kystforlandet udgraves en rende i nødvendigt omfang i det planlagte tracé for lerkernen. Renden graves fra landsiden i det indpumpe sand, når der er indpumpet sand til kote ca. +1,0 m DVR90, hvorved der kan etableres en kørevej på det indpumpe sand. Kørevejen vil desuden fungere som adgangsvej for anlægsarbejderne med landdiget i Søvangs østlige ende.

Lerkernen opbygges lagvist i den udgravede rende, på samme vis som for landdigerne med lerkerne og komprimeres løbende. Lerkernen opbygges med en relativt stejl hældning (ca. 1:1). Lermaterialet tilkøres fra landsiden.

På søsiden af lerkernen etableres efterfølgende stenbeskyttelse af kernen ved udlægning af geotekstil, filterlag af sprængstensfyld (eller ral) og dernæst dæksten (brudsten). Stenmaterialerne leveres fra Sverige eller Norge med skib/coaster. Lerkerne og stenbeskyttelse tildækkes med ren overskudsjord. På kystforlandets

forside etableres stenflak ved udlægning af grusgravssten ("afrundede sten", alternativt brudsten/"kantede sten") for fastholdelse af sedimentet på forlandet.

Efter etablering af kystforlandets ydre perimeter ved sandfodring og etableringen af lerkkerne, udgraves de nye søer. Søerne udgraves med landbaseret materiel. Det opgravede materiale genindbygges i kystforlandet. Som nævnt ovenfor vil der efter etableringen af kystforlandet forekomme naturlige variationer/omlejninger som følge af bølge- og vandstandsforhold.

Arbejdet med profilering/bearbejdning af kystforlandet, etablering af lerkkerne, stenbeskyttelse af lerkkerne, etablering af stenflak og udgravning af søer forventes at vare ca. 1-1,5 år.

Kystforlandet forventes begroet naturligt med vegetation tilsvarende den eksisterende kyst. Evt. vil bevoksningen blive "hjulpet på vej" ved tilsåning/beplantning med vegetation svarende til den eksisterende kystbevoksning.

I tillæg til ovenstående forlænges den eksisterende udløbsledning fra Søvang, som i dag har udløb umiddelbart foran eksisterende kystlinjen. Udløbsledningen forlænges til forsiden af det nye kystforland, se også afsnit 4.4. Der ændres ikke på vandoplandsarealer, vandmængder eller lignende.

7.2.2 Konstruktionsprincip, diger

Kystbeskyttelsen langs delstrækning 5-6 etableres som landskabsdiger med varierende for- og bagsidehældning. På delstrækning 5 ("i det åbne") etableres digerne generelt meget flade, generelt ca. 1:10 á 1:20 på forsiderne og ca. 1:10 á 1:75 på bagsiderne. Landskabsdigerne på delstrækning 5 etableres med den hensigt, at de visuelt skal falde mest muligt ind i det eksisterende, omkringliggende terræn. På lokaliteter, hvor der på grund af eksisterende bebyggelse, naturbeskyttelser eller lignende pladmæssige forhold, er begrænset plads, etableres digerne med stejlere skråningsanlæg, f.eks. på den østligste del af delstrækning 5 ved Forsvarets faciliteter ved Pionergården umiddelbart vest for Søvang, se Figur 7-8.

Landskabsdigerne etableres med varierende kronekote afhængigt af om landskabsdiget på den pågældende strækning vurderes potentielt at være udsat for bølger under stormflod samt hvilket skråningsanlæg det etableres med. Jo stejlere digeskråningen er, jo højere bølgeopskyl og jo mere bølgeoverskyl vil der være, og derved er der behov for en højere digekote. Se også afsnit 7.3.2. På delstrækning 6 (Kongelunden), etableres digerne stejlere, hældning 1:3 eller 1:5, for at reducere behovet for fældning af træer i skoven.

Linjeføringen er vist på Figur 7-8 og Figur 7-9 for hhv. Hovedforslaget og Alternativet. På delstrækning 5 er der to mulige linjeføringer i spil, hhv. foran og bagom TAMU. De to varianter er identiske på delstrækning 4 og 6.

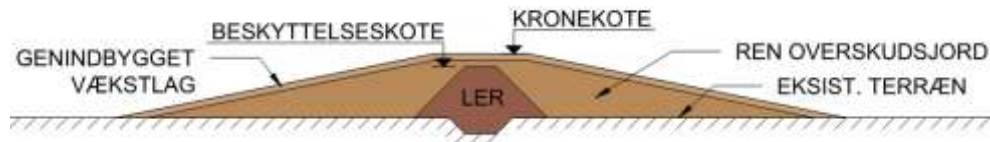


Figur 7-8 Rød: Beskyttelseslinje for kystbeskyttelse, som etableres i Hovedforslaget.
Gul: Eksisterende fløjdige som i sin nuværende form vil indgå i kystbeskyttelsen.



Figur 7-9 Rød: Beskyttelseslinje for kystbeskyttelse, som etableres i Alternativet.
Gul: Eksisterende fløjdige som i sin nuværende form vil indgå i kystbeskyttelsen.

Digerne både på delstrækning 5 og 6 etableres primært af ren overskudsjord. Afhængigt af hvor impermeabelt (vandtæt) den modtagne rene overskudsjord er, vil diget enten blive etableret med eller uden en lerkerne. Et principtværsnit af digerne fremgår af Figur 7-10. Der etableres stiadgang på diget de steder, hvor der er eksisterende stier (nordlig del af delstrækning 6), mens der ikke etableres stiadgang på strækninger, hvor det ikke findes i dag.



Figur 7-10 Principsnit for dige med lerkerne. Hvis den modtagne rene overskudsjord er tilstrækkeligt impermeabel, vil lerkernen kunne undlades.

Digerne tilsås generelt med digegræs, som supplerer til den eksisterende frøbank i det afrømmede eksisterende vækstlag, som genudlægges som overflade/afslutning af de nye diger. Digerne skal vedligeholdes løbende i form af klipning og/eller afgræsning med kreaturer, får, heste eller lign.

Digegræs skal sikre digets robusthed lige når det er etableret, og det forventes, at naturligt hjemmehørende arter vil brede sig ind over området med tiden. Her skal det sikres, at digets funktionalitet og robusthed ikke kompromitteres som følge af dette, og der vil fortsat være behov for slåning, så buske og træer ikke etablerer sig på selve diget.

Anlægsmetode, landskabsdiger

Etableringen af landskabsdigerne omfatter helt traditionelt jordarbejde og traditionelt jordflytningsmateriel. Landskabsdigerne forventes etableret efter følgende hovedprincipper. Det bemærkes, at den endelige anlægstilladelse vil kunne indeholde vilkår (f.eks. af hensyn til naturen), som vil have betydning for anlægstakten.

- › Evt. fældning/rydning af træer/buske og/eller afrømning af vækstlag i tracé for dige.
- › Opbygning af lerkerne i lag á op til ca. 0,3-0,5 m tykkelse, som løbende komprimeres. Lerkernen profileres med skråningsanlæg og topkote iht. designet.
- › Indbygning af ren overskudsjord på for- og bagsideskråninger samt jorddække over kronen. Overskudsjorden komprimeres løbende i takt med indbygningen.
- › Landskabsdiget afsluttes ved tilbagelægning af det afrømmede vækstlag, som tilsås med digegræs.

7.2.3 Konstruktionsprincip, lodret beskyttelse ved fortidsminde

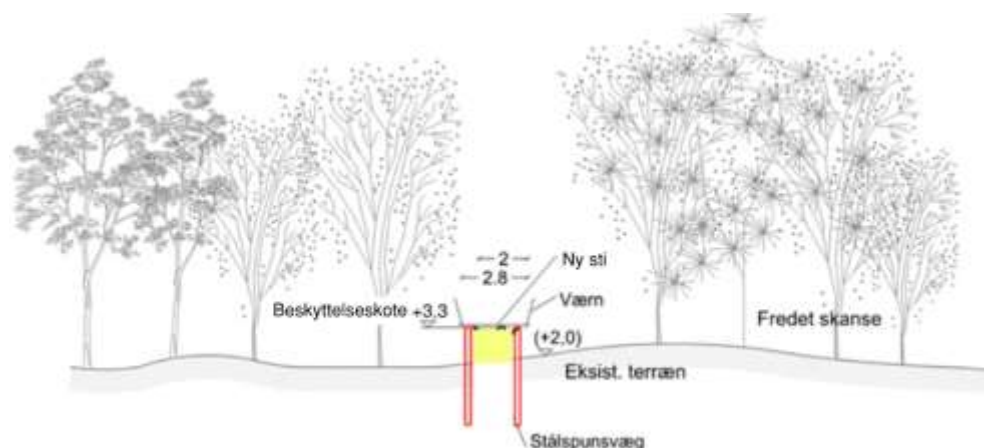
Etableringen af den lodrette beskyttelse ved fortidsmindet sydvest for Søvang etableres med spunsvægge, som evt. forankres gensidigt. Det foreliggende geotekniske grundlag indikerer, at der er meget hårde moræneaflejringer relativt terrænnært, som kan besværliggøre nedbringning af spunsvægge på lokaliteten. Det

vurderes derfor, at nedbringning vil skulle ske ved ramning. Figur 7-11 viser principsnit for beskyttelsen lokalt ved det beskyttede fortidsminde.

Hvis jordbunden er for hård til, at spunsvægge kan nedbringes til tilstrækkelig dybde på lokaliteten, vil den lodrette beskyttelse blive udført med L-vægge i beton eller tilsvarende. I så fald vil der blive afgravet til overside af moræneaflejring i stitracéet, hvor et jævnt planum etableres, hvorpå L-væggene placeres. Mellem L-væggene indbygges sandfyld eller egnet overskudsjord.

Det bemærkes, at plads- og adgangsforholdene er trange ved fortidsmindet, så der kan være begrænsninger i hvilket materiel, herunder rammemateriel, der kan benyttes.

Hvis den lodrette beskyttelse etableres med spunsvægge, vil disse blive rammet som det første, hvorefter der vil ske opfyldning og komprimering mellem spunsvæggene med sand eller egnet overskudsjord. Forankring installeres mellem spunsvæggene i nødvendigt omfang. Når spunsvæggene er nedbragt etableres et trædæk samt værn ovenpå på spuncellen, så den eksisterende sti i fremtiden etableres på toppen af den lodrette beskyttelse (i samme tracé som stien er beliggende i dag).



Figur 7-11 Principsnit for lodret beskyttelse ved beskyttet fortidsminde (fredet skanse).

7.2.4 Konstruktionsprincip, lokal beskyttelse af ejendomme ved Kroen

Ved Kalvebodvej på Sydvestpynten etableres en lokal beskyttelse, idet ejendommene ikke bliver beskyttet af hoveddiget, se Figur 7-12. Der etableres en løsning bestående af forskellige typer beskyttelser. Der etableres dels et traditionelt dige/landskabsdige, hvor der er plads til dette. Derudover etableres terrænbearbejdninger/jordvolde, som afsluttes med relativt stejle stengærder/-sætninger, se principsnit på Figur 7-13. Jorddiger anlægges efter samme princip som beskrevet i det foregående.

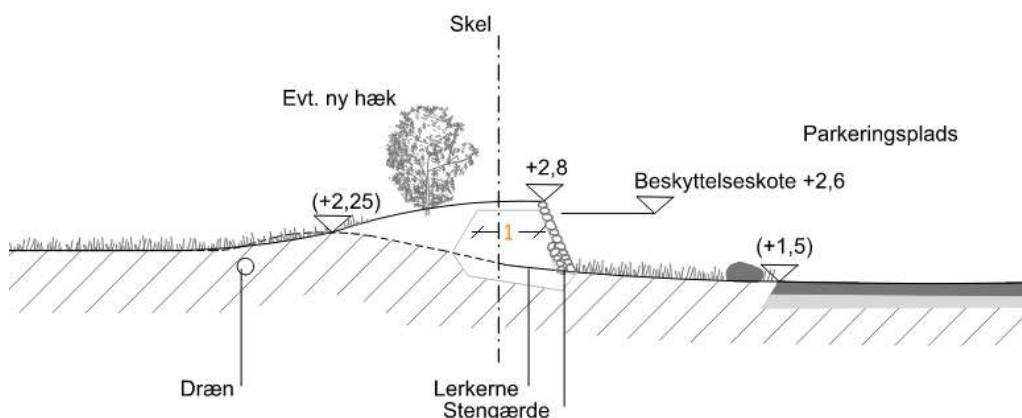


Figur 7-12 Lokal beskyttelse af ejendomme på Kalvebodvej, herunder Kongelundskroen.

Hvor pladsforholdene er trangest, etableres en lodret beskyttelse i form af en spunsvæg, som evt. kan beklædes med træ og dels en landskabelig barriere (grøn fuldoptrukket linje på Figur 7-12, se også principsnit på Figur 7-13), hvor der på havværts side etableres stenkastning/stengærde, mens den anden side bliver en fladere jordskråning, på de steder hvor der ikke er plads til etablering af et dige. Dette er tilfældet ud mod Kalvebodvej og på østligste del mod skoven (sorte linjer på Figur 7-12).

Der etableres to åbninger (stiplet grøn i Figur 7-12) i beskyttelsen ud mod Kalvebodvej af hensyn til at sikre adgangsvej til ejendommenes fællesvej samt garagen ved Kalvebodvej 268. Åbningerne skal i tilfælde af stormflodsvarsel lukkes med en demonterbar højvandsmur (søjle-/bjælkebarriere), som monteres ved opsætning af alu-søjler og -planker, på et fundament, der etableres i åbningerne. I hver side af åbningerne på-svejses et beslag til montering af plankerne i siderne, mens der etableres beslag i fundamentet til montering af stolper derimellem i det omfang det er nødvendigt. Diger, lodrette vægge og åbninger (beredskabsløsninger) fremgår af Figur 7-12.

Der foreligger ikke detaljerede geotekniske oplysninger ved ejendommene. Det antages, at spunsvæggene etableres til ca. samme dybde, som væggenes højde over terræn. En væghøjde over terræn på f.eks. 1,25 m vil således være i alt 2,5 m høj, hvoraf ca. 1,25 m er under jorden. Der er ikke foretaget strukturelle beregninger af de lodrette vægge, hvilket skal gøres i forbindelse med udbudsprojektet.



Figur 7-13 Princip for landskabelig barriere. Lerkernen vil evt. blive erstattet af stålspuns eller membran afhængigt af de faktiske jordbundsforhold (afklares i en senere fase).

7.2.5 Midlertidig beskyttelse mod oversvømmelse af Søvang pga. vand fra nord

Som beskrevet i afsnit 4.1 vil etableringen af Etape 1 alene ikke beskytte Søvang mod oversvømmelse ifm. en designstormflodshændelse i 2075, da Søvang kan oversvømmes via oversvømmede arealer på delstrækning 3. Den fulde beskyttelse af Søvang mod en 100-års hændelse i 2075 opnås således først når Etape 2 er fuldt etableret. I den midlertidige fase indtil da vil Søvang være beskyttet mod en 100-års hændelse i 2030, hvis følgende to tiltag udføres:

- › Etablering af ny højvandslukke i Hovedgrøften, herunder etablering af fløjvægge og lokal forhøjelse af eksisterende kystparallellelt dige, ca. 50 m på hver side af Hovedgrøften.
- › Forhøjelse af eksisterende fløjdige langs Søvej til kote +1,8 m DVR90.

Oversvømmelsesomfanget under en 100-års stormflodshændelse i 2030 er vist på Figur 7-14 for en oktober 2023-lignende stormflod (dog med stormflodshøjde svarende til 100-års hændelse i 2030). Det bemærkes, at det nøjagtige oversvømmelsesomfang er meget afhængigt af særligt den aktuelle stormflods varighed.

Højvandslukket i Hovedgrøften etableres i særskilt regi og således ikke som en del af kystbeskyttelsens Etape 1. Højvandslukket vil efter etableringen indgå som en integreret del af den senere permanente kystbeskyttelse i Etape 2. Det er en forudsætning for Søvangs ovennævnte beskyttelsesniveau, at højvandslukket er etableret når kystbeskyttelsens Etape 1 er anlagt.



Figur 7-14 Beregnet oversvømmelsesomfang under en 100-års hændelse i 2030 efter etablering af kystbeskyttelsens Etape 1 inkl. forhøjelsen af eksisterende fløjdijs langs Søvej og etablering af ny højvandslukke i Hovedgrøften. Det bemærkes, at linjeføringen på figurens delstrækning 5 og 6 afviger lidt fra den endelige linjeføring, men det er uden betydning for Søvangs oversvømmelsesrisiko.

Anlægsmetode, midlertidig beskyttelse

Forhøjelsen af fløjdijs øst for Søvej forventes etableret ved følgende hovedarbejder:

- › Rydning af buske og/eller fældning af træer samt afrømning af vækstlag.
- › Indbygning og komprimering af ler og ren overskudsjord til digeforhøjelse.
- › Genudlægning af afrømt vækstlag, som tilsås med digegræs.

Ved hovedgrøften etableres højvandslukke. Det er endnu uafklaret nøjagtigt hvilken konstruktionstype, der etableres. Det forventes, at der etableres et betonbygværk med én åbning, som forsynes med klap eller spjæld. På hver side af Hovedgrøften forhøjes det eksisterende dike, efter samme principper som fløjdijs ved Søvej, over en ca. 50 m strækning på hver side.

7.3 Designmetodik

7.3.1 Kystforland

Kystforlandet skal yde beskyttelse imod både bølger og forhøjet vandstand under en stormflod. De dominerende brudtilstande for diger og klitter i forbindelse med stormflod fremgår af Figur 7-15 og kan inddeles i fire kategorier:

- › **Erosion fra forsiden**, enten som følge af geotekniske stabilitetsbrud eller bølgeerosion.
- › **Erosion fra bagsiden** som følge af bølgeoverskyl ("overtopping", hydraulisk bagskråningsbrud).
- › **Indre erosion (piping & mikro instabilitet)** på grund af strøm gennem eller under forlandet.
- › **Skråningsbrud** på grund af svigtende geoteknisk stabilitet. Vurderes ikke kritisk for skråningshældninger på 1:5 til 1:20, men skal vurderes nærmere i en senere fase.

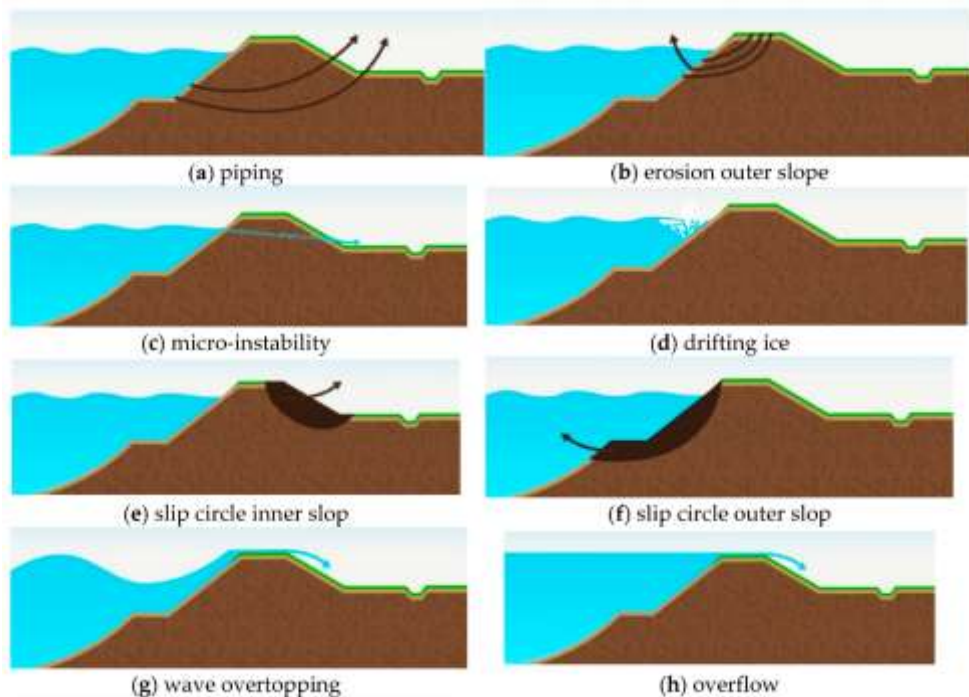
Forsideerosion vurderes på baggrund af XBeach-simuleringer. Der simuleres både stormflodshændelser af typen i oktober 2023 og i november 1872, ligesom forskellige skråningsanlæg og materialekarakteristika (kornstørrelser) er simuleret for at kortlægge følsomheden over for disse forhold.

Bagsideerosion vurderes på baggrund af bølgeoverskylsmængder og strømnings-hastigheder ned ad bagsideskråningen som følge af overskyllet. Ligesom for forsideerosionen belyses forskellige scenarier med henblik på at vurdere følsomhed og robusthed.

Indre erosion vurderes på baggrund af forholdsvis simple betragtninger og beregninger med Darcys lov.

Der henvises til ref. /15/ for detaljerede beskrivelser af det kysttekniske design. I det følgende gengives hovedkonklusionerne.

Det bemærkes, at kystforlandets respons er *meget* afhængigt af sandbankens udformning ud for Søvang. Det vurderes, at dynamikken omkring sandbanken vil være uændret som følge af etableringen af kystbeskyttelsen, men sandbanken er en del af et komplekst dynamisk sedimentsystem, som naturligt ændrer sig. Variationer i sandbankens placering, højde og udstrækning kan have stor betydning for kystforlandets respons under en stormflodshændelse.



Figur 7-15 Dominerende brudtilstande for diger, ref. /16/.

Forsideerosion

Af ref. /15/ ses, at kystforlandets forsideskråning er robust og kan modstå en 100-års hændelse, når denne opbygges med skråningsanlæg 1:20. Det bemærkes dog, at erosionsberegningerne er foretaget i 1D og ikke medtager langsgående sedimenttransport. Da stormflodsbølgeretningen kan variere, kan der under stormflod forekomme langsgående sedimenttransport, som lokalt kan forårsage erosion, som indebærer stejlere skråningsanlæg. På baggrund af simuleringerne vurderes det, at kernen vil kunne blive blotlagt lokalt under stormflodshændelser som følge af lokalt stejlere skråningsanlæg (som f.eks. kan forekomme som følge af læsideerosion). Det bemærkes, at den naturligt forekommende sandbanke ud for Søvang har stor betydning (læeffekt) for bølgeforholdene ved det nye kystforland. Stenbeskyttelsen af lerkernen bidrager således også med en vis robusthed over for sandbankens naturlige variationer.

Kystforlandets forsideskråning etableres derfor med anlæg 1:20 og det besluttet af robusthedshensyn at fastholde stenbeskyttelsen fra dispositionsforslagets design. Forsiderne vil løbende skulle efterses og vedligeholdes i nødvendigt omfang. Behovet for vedligehold vil forventeligt være størst i perioden frem til, at kystforlandet er vokset til og bevoksningen derved bidrager til fikseringen af materialet på kystforlandet.

Bagsideerosion og kronekote

Analyserne af risikoen for bagsideerosion i ref. /15/ viser, at der på de førnævnte lokale steder på kystforlandet, hvor stejlere forsideskråninger i størrelsesordenen 1:10 kan forekomme, vil kunne ske "begyndende skade" på bagsiden, når kronekoten er +3,1 á +3,2 m DVR90. Da der ikke kan accepteres lokale gennembrud af diget, er det derfor besluttet at fastholde kronekoten i +3,2 m DVR90, svarende til

designet i dispositionsforslaget. Lerkernen afsluttes i +3,0 m DVR90 (20 cm jord-dække) af hensyn til terrænaflutningen.

Indre erosion

I ref. /15/ er det sandsynliggjort, at lerkernen potentielt vil kunne udelades, hvis der stilles krav til permeabiliteten af den indbyggede overskudsjord. Da der på nuværende tidspunkt ikke er klarhed over typen af ren overskudsjord, der kan fremskaffes på tidspunktet for anlægsarbejdet, er det besluttet at fastholde en lerkerne i kystforlandet. Det bemærkes, at evt. krav til permeabiliteten af den rene overskudsjord vil indebære en øget kompleksitet i anlægstakten og behov for prøvetagning mv. Forholdet kan evt. genbesøges i en senere designfase.

7.3.2 Diger og lodrette løsninger

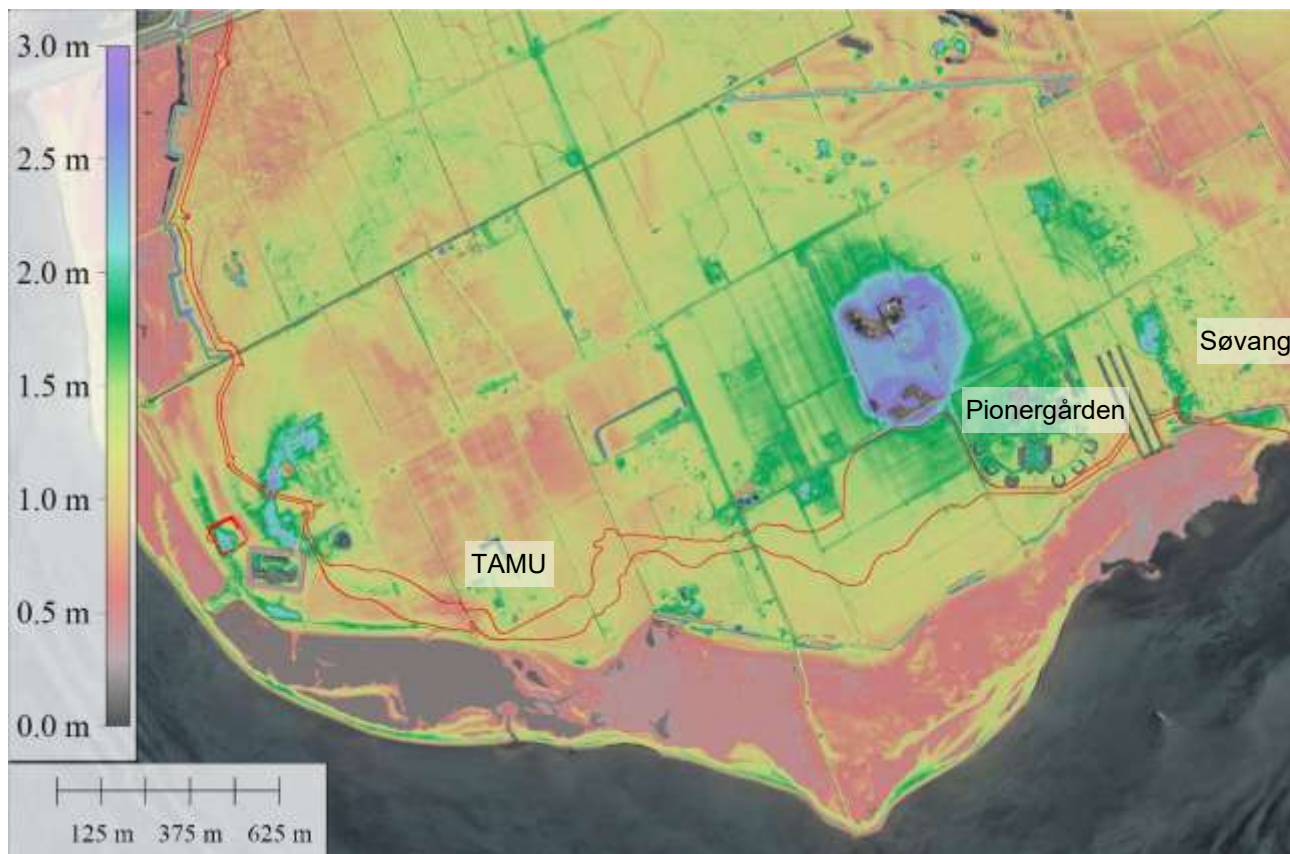
Generelt

Da den nye kystbeskyttelse på den sydvestlige del af delstrækning 4 samt delstrækning 5 etableres som diger på land, vil de under normale forhold ikke være påvirket af bølger. Der kan dog opstå bølgepåvirkning af diget i forbindelse med ekstreme stormflodshændelser med samtidigt højvande og bølgepåvirkning af kyststrækningen. Som beskrevet i afsnit 5.2, optræder ekstremt højvande langs Dragørs kyst i forbindelse med østlige og nordøstlige storme. Kystorienteringen på delstrækning 6 gør, at diget på delstrækning 6 ikke er eksponeret for bølger, hverken under normale forhold eller stormflod.

Under nordøstlige (som stormfloden i november 1872) vil de nye landdiger ikke være påvirket af bølger som følge af kystens orientering og bølgenes indfaldsvinkel. Under mere østlige storme (som stormfloden i oktober 2023) kan dele af kyststrækningen påvirkes af bølger, som dog kommer med en relativt skrå indfaldsvinkel.

Langs den eksisterende kystlinje findes både naturlige strandvolde og, som nævnt i afsnit 3.1.3, et eksisterende dige på dele af delstrækning 5. Det eksisterende diges forløb på delstrækning 5 fremgår af Figur 7-16 umiddelbart bag (landværts) strandengsarealerne (røde farver). Det eksisterende dige har meget varierende topkote. På de laveste steder er topkoten mellem ca. +1,4 og +1,5 m DVR90, mens koten på de højeste steder er mellem ca. +2,5 og +3,0 m DVR90. Som anført i afsnit 5.1.3 er designvandstandskoten +2,4 m DVR90 ved delstrækning 5 i år 2075. Det fremgår desuden af Figur 7-16, at der på store dele af kyststrækningen (på nær umiddelbart sydøst for Pionergården) er strandvoldsformationer (gule og grønne farver) foran strandengsarealerne (røde farver).

Under en østlig stormflod, hvor samtidigt højvande og østlige bølger kan optræde, se afsnit 5.2.2, vil de indkommende bølger derfor passere først strandvoldene, strandengene og dernæst det eksisterende dige før de når det nye dige.



Figur 7-16 Terrænkoter (m DVR90) på dele af baseret på Danmarks Højdemodel (2024).
Rød linje: Fodafttryk af ny kystbeskyttelse (Hovedforslaget). Bølgepåvirkning under stormflodshændelser kan optræde fra TAMU og øst på.

Bølgerne vil undergå meget komplicerede bølgetransformationer og bryde i takt med, at de udbreder sig ind over land og det eksisterende dige. På grund af de meget flade hældninger og uregelmæssige bund-/landkonturer antages det, at refractionseffekter kan negligeres.

En del af arealerne, hvor det nye dige etableres, benyttes dels til landbrugsdrift og dels til hestehold. Det er derfor sandsynligt, at digekronen kan blive udsat for slitage og delvis nedbrydning. For at sikre, at lerkernen – og dermed digernes funktion som stormflodsbeskyttelse – forbliver intakt, er det besluttet generelt at udlægge 40 cm jorddække (overskudsjord) ovenpå lerkernen.

På den del af det nye dige, som ligger ud for Pionergården vil der ikke være kørsel med landbrugsmateriel, heste eller lign. Derfor etableres diget her med 20 cm jorddække ovenpå lerkernen.

I driftsfasen skal det ved løbende inspektion, at evt. beskadigelse udbedres løbende og at arealanvendelsen ikke medfører dybere påvirkning end jorddækkets tykkelse.

Beskyttelseskoter for landskabsdiger, som er bølgepåvirkede under stormflodshændelser, beregnes iht. EurOtop II, ref. /17/. Der designes for følgende kriterium:

- › Bølgeoverskyl på under 1 l/s/m, beregnet med topkote svarende til overside jorddække (kronekote). Dette svarer til 'moderat' bølgeoverskyl og anvendes normalt som grænsen for acceptabelt bølgeoverskyl ved robuste diger (fx græsdiger), og det niveau, hvor der kan begynde at ske erosion, afhængigt af digets opbygning.

Det bemærkes, at der i de første mange år efter etableringen af kystbeskyttelsen vil være betydeligt mindre bølgeoverskyl under en 100-års hændelse idet havspejlsstigningerne frem til 2075 endnu ikke er indtruffet. Der er således mulighed for løbende at vurdere om der er behov for evt. supplerende tiltag til forstærkning af diget, f.eks. i form af græsarmring lokalt omkring kronen på de strækninger, hvor arealanvendelsen potentielt kan give udfordringer.

Fastlæggelse af kronekoter

Det forudsættes, at bølgerne pga. det meget flade landskab ikke vil refraktere væsentligt og derfor har tilnærmelsesvis samme retning som ekstrembølgerne på dybt vand, op til ca. 110°N. Bølgeforholdene ved foden af det nye landskabsdige er vurderet i Bilag C, hvortil der henvises for nærmere beskrivelse af estimerede bølge-transformationer mv. hen over det eksisterende terræn. Det bemærkes, at bølgeforholdene ved det nye dige afhænger af tilstanden af de naturligt forekommende strandvolde og det eksisterende diges tilstand. I driftsfasen vil der skulle laves løbende eftersyn af disse med henblik på at vurdere evt. behov for forstærkning af landdigerne. Det bemærkes dog, at der de første mange år af digernes levetid vil være en robusthed i digernes design idet bølgepåvirkningen vil være begrænset indtil havspejlsstigningerne indtræffer.

På delstrækning 4 er dige og lodret beskyttelse ved fortidsminde generelt orienteret ca. 170°N (vinkelret på dige/lodret løsning) eller med større indfaldsvinkel ift. bølgeretningen op til ca. 110°N. Der medregnes en indfaldsvinkel på 45° for delstrækning 4. Diget er på det kritiske sted på delstrækning 5 orienteret ca. 150-155°N (vinkelret på diget), svarende til en indfaldsvinkel på 40-45°. Der medregnes en indfaldsvinkel på 35° for delstrækning 5.

Som beskrevet i Bilag C er bølgeforholdene ved digefoden i sydvestlig del af delstrækning 4 samt på bølgeudsat del af delstrækning 5 meget sammenlignelige, ca. $H_{m0}=0,5 \text{ m}$ á $0,6 \text{ m}$ (100-års hændelse i år 2075) ved digefoden. I det følgende præsenteres nødvendige kronekoter baseret på disse forudsætninger.

Overskylsberegningerne fremgår af Tabel 7-1 og Tabel 7-2. Overskylsformlerne i EurOtop II, ref. /17/, er ikke gyldige for forsidehældninger fladere end 1:8, hvorfor denne hældning anvendes som fladeste forsideskråning. For digerne i det åbne land på delstrækning 5, hvor forsidehældningerne er væsentligt fladere end 1:8 forventes det, at det faktiske bølgeoverskyl vil være betydeligt mindre end beregningen for 1:8 viser.

På delstrækning 4 er læeffekten af det nye kystforland ud for Søvang ikke medregnet. Effekten er kompliceret og omfatter bl.a. bølgerisning (shoaling), refraction og diffraktion, som er behæftet med betydelig usikkerhed. Læeffekten fra det nye kystforland i forbindelse med ekstreme stormflodshændelser fra 90-110°N vil virke til

gunst og indebære en reduktion af de faktisk forekommende bølger fra landdiget i Søvangs sydvestlige ende. Derfor vurderes det, at det faktisk bølgeoverskyl på strækningen er mindre end anført i Tabel 7-1. Da matriklerne er beliggende umiddelbart bag diget, er der ikke plads til at etablere foranstaltninger til håndtering af overskylsvand (f.eks. grøfter) uden at inddrage en betydelig del af haverne i første række. De beregnede bølgeoverskyl er inkl. havspejlstigningerne i år 2075, hvorfor bølgeoverskyllet de første mange år vil være betydeligt mindre under en 100-årshændelse. Der etableres derfor ikke tiltag til håndtering af overskylsvand ved Søvang i forbindelse med etableringen af Etape 1-kystbeskyttelsen, men det kan blive nødvendigt på et senere tidspunkt i takt med, at havspejlsstigningerne indtræffer.

Tabel 7-1 Bølgeoverskylsberegninger for varierende forsidehældninger på delstrækning 4.

Parameter	Forsidehældning 1:5	Lodret
Bølgehøjde ved digefod, H_{m0} [m]	0,6	
Bølgeperiode, T_p [s]	4,0	
Indfaldsvinkel [°]	45	
Terrænkote ved digefod [m DVR90]	+0,5	
Designvandstand [m DVR90]	+2,4*	
Ruhedsfaktor, γ_r [-]	0,89	-
Topkote, lodret væg [m DVR90]	-	+3,3
Kronekote, overside dige [m DVR90]	+3,2**	-
Gennemsnitlig overskylsmængde, [l/s/m]	0,4	0,9

*/ Designvandstandskote inkl. 10 cm bølgestuvning (beregnet som ca. $0,15 \text{ \AA } 0,2 \times H_{m0}$).

**/ 20 cm jorddække.

***/ 40 cm jorddække.

Tabel 7-2 Bølgeoverskylsberegninger for varierende forsidehældninger på delstrækning 5.

Parameter	Åbent land, forsidehældning 1:8	Åbent land, forsidehældning 1:5	Pionergården, forsidehældning 1:3
Bølgehøjde ved digefod, H_{m0} [m]	0,6	0,6	0,5
Bølgeperiode, T_p [s]	4,0	4,0	4,0
Indfaldsvinkel [°]	35	35	35
Terrænkote ved digefod [m DVR90]	+1,2	+1,1	+1,0
Designvandstand [m DVR90]	+2,5*	+2,5*	+2,4**
Ruhedsfaktor, γ_f [-]	0,89	0,89	0,81
Kronekote, overside dige [m DVR90]	+3,2***	+3,5***	+3,6****
Overskyl, topkote svarende til 40 cm jorddække over lerkerne [l/s/m]	<0,1	<0,1	<0,1

*/ Designvandstandskote på delstrækning 5 inkl. 10 cm bølgestuvning (beregnet som ca. 0,15 á 0,2 x H_{m0}).

**/ Designvandstandskote på delstrækning 4 (analysepkt. P5 som er beliggende lige ud for Pionergården) inkl. 10 cm bølgestuvning (beregnet som ca. 0,15 á 0,2 x H_{m0}).

***/ 40 cm jorddække.

****/ 20 cm jorddække.

For landskabsdiger uden forventet bølgepåvirkning fastsættes oversiden af lerkerne (beskyttelseskoten) som designvandstandskoten, iht. afsnit Tabel 5-4, tillagt 20 cm usikkerhedstillæg for skvulp mv. Derudover tillægges 20 á 40 cm jorddække afhængigt af arealanvendelsen.

I Figur 7-17 og Figur 7-18 er vist oversigter over krone- og beskyttelseskoter for hhv. Hovedforslaget og Alternativet.



Figur 7-17

Hovedforslaget: Oversigt over landdigers terrænkoter.

Lilla (forside 1:5 eller lodret væg): Dige-løsning: Beskyttelseskote i +3,0 m DVR90, hertil 20 cm jorddække. Kronekote +3,2 m DVR90. Lodret væg: Beskyttelseskote i +3,3 m DVR90.

Orange: Eksisterende kote på eksisterende skydevold.

Grøn (forside 1:3): Beskyttelseskote i +3,4 m DVR90, hertil 20 cm jorddække. Kronekote: +3,6 m DVR90.

Rød (forside 1:8 eller fladere): Beskyttelseskote i +2,8 m DVR90, hertil 40 cm jorddække. Kronekote: +3,2 m DVR90.

Blå (forside 1:5): Beskyttelseskote i +3,1 m DVR90, hertil 40 cm jorddække. Kronekote: +3,5 m DVR90.

Gul (ingen bølgepåvirkning): Beskyttelseskote i +2,6 m DVR90 (designvandstandskote + 20 cm skvulp-tillæg), hertil 20-40 cm jorddække (20 cm i skoven og 40 cm i åbent land). Kronekote: +2,8 á +3,0 m DVR90.



Figur 7-18

Alternativet: Oversigt over landdigers terrænkoter.

Lilla (forside 1:5 eller lodret væg): Dige-løsning: Beskyttelseskote i +3,0 m DVR90, hertil 20 cm jorddække. Kronekote +3,2 m DVR90. Lodret væg: Overside i +3,3 m DVR90.

Orange: Eksisterende kote på eksisterende skydevold.

Grøn (forside 1:3): Beskyttelseskote i +3,4 m DVR90, hertil 20 cm jorddække. Kronekote: +3,6 m DVR90.

Rød (forside 1:8 eller fladere): Beskyttelseskote i +2,8 m DVR90, hertil 40 cm jorddække. Kronekote: +3,2 m DVR90.

Blå (forside 1:5): Beskyttelseskote i +3,1 m DVR90, hertil 40 cm jorddække. Kronekote: +3,5 m DVR90.

Gul (ingen bølgepåvirkning): Beskyttelseskote i +2,6 m DVR90 (designvandstandskote + 20 cm skvulp-tillæg), hertil 20-40 cm jorddække (20 cm i skoven og 40 cm i åbent land). Kronekote: +2,8 á +3,0 m DVR90.

8 Myndighedsforhold

8.1 Miljøvurderingsloven

Projektet er omfattet af miljøvurderingslovens¹ bilag 2 punkt 10 k) Kystanlæg til modvirkning af erosion og maritime vandbygningskonstruktioner, der kan ændre kystlinjerne, som f.eks. skråningsbeskyttelser, strandhøfder og diger, dæmninger, moler, bølgebrydere og andre konstruktioner til beskyttelse mod havet bortset fra vedligeholdelse og genopførelse af sådanne anlæg.

Projektet er således som udgangspunkt screeningspligtigt, men kravet om Natura 2000-konsekvensvurdering udløser fuld miljøvurderingspligt uanset hvilket bilagspunkt projektet er omfattet af.

Dragør og Tårnby Kommuner vil være myndighed for miljøvurderingsprocessen efter miljøvurderingsreglerne.

8.2 Kystbeskyttelsesloven

Dragør Kommune skal meddele tilladelse efter kystbeskyttelseslovens² § 3 stk. 1. til kystbeskyttelsesforanstaltninger på søterritoriet, strandbredder og andre kyststrækninger, hvor der ikke findes sammenhængende grønsvær eller anden sammenhængende landvegetation, og på arealer, der ligger inden for en afstand af 1.000 m fra, hvor denne vegetation begynder.

Miljøvurderingsprocessen efter miljøvurderingsloven, herunder krav til offentlig høring af udkast til tilladelse, udgør grundlaget for tilladelsen efter kystbeskyttelsesloven, som skal medsendes den offentlige høring.

8.3 Fredninger

Projektområdet er omfattet af en fredningskendelse (07956.00 Kystområdet Sydåmager).

Fredningen har til formål:

- › At beskytte de biologiske, landskabelige og kulturhistoriske værdier i kystområdet på Sydåmager.
- › At forbedre mulighederne for områdets anvendelse til fritidsaktivitet.
- › At tilgodese de videnskabelige interesser, der er knyttet til området.

¹ LBK nr 4 af 03/01/2023 Bekendtgørelse af lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM).

² LBK nr 73 af 18/01/2024 Bekendtgørelse af lov om kystbeskyttelse m.v.

- › At sikre opfyldelsen af Danmarks internationale forpligtelser til at værne om naturværdier.
- › Afveje modstridende formål ved regulering af almenhedens færdsel i området.

En tilladelse efter kystbeskyttelseslovens § 3 inkluderer en dispensation fra fredningen. Kommunen skal i forbindelse med afgørelse om kystbeskyttelsen efter kystbeskyttelseslovens § 3 stk. 1. afveje hensynet mellem kystbeskyttelsesforanstaltningen og fredningsbestemmelserne. Fredningsnævnet skal høres som part i sagen.

8.4 Vurdering iht. vandrammedirektivet

EU's vandrammedirektiv³ fastlægger rammerne for beskyttelsen af vandløb og søer, overgangsvande (flodmundinger, laguner o.l.), kystvande og grundvand i alle EU-lande. Direktivet fastsætter en række miljømål og opstiller overordnede rammer for den administrative struktur for planlægning og gennemførelse af tiltag og for overvågning af vandmiljøet.

Forholdet behandles i miljøkonsekvensvurderingen.

8.5 Vurdering iht. havstrategidirektivet

EU's havstrategidirektiv⁴ skal sørge for, at der opnås og opretholdes god miljøtilstand i havets økosystemer, samtidig med at bæredygtig udnyttelse af havets resurser muliggøres. Der skal derved opnås en balance mellem beskyttelse og benyttelse af havet og dets resurser.

Havstrategien er målrettet hele det marine økosystem. Den er således inddelt i 11 emner, kaldt for deskriptorer, der hver især beskriver en række tilstandselementer og påvirkninger i havmiljøet. Deskriptorerne giver tilsammen en helhedsorienteret vurdering af havmiljøets tilstand.

Forholdet behandles i miljøkonsekvensvurderingen.

8.6 Lokalplan

Dragør Kommune har i februar 2026 besluttet, at der skal udarbejdes en lokalplan for Etape 1.

³ Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger

⁴ Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2008/56/EF af 17. juni 2008 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets havmiljøpolitiske foranstaltninger (havstrategirammedirektivet) (EØS-relevant tekst)

8.7 Dispensationer

En tilladelse efter kystbeskyttelseslovens § 3 inkluderer i overensstemmelse med reglerne herom i naturbeskyttelsesloven, blandt andet § 3 (beskyttede naturtyper m.v.), § 15 (strandbeskyttelseslinjen), § 16 (Sø- og åbeskyttelseslinjen), § 17 (Skovbyggelinjen), og § 18 (fortidsmindebeskyttelseslinjen), lov om skove og lov om jagt og vildtforvaltning, lov om vandløb og regler fastsat i medfør af disse love, tilladelser, godkendelser m.v., som ville være nødvendige for at gennemføre foranstaltninger omfattet af tilladelsen.

9 Videre forløb

9.1 Generelt

Efter afslutningen af nærværende projektforslag følger følgende hovedaktiviteter frem til færdigetableret kystbeskyttelse i Etape 1. Tidspunkter og aktiviteternes varighed er skøn og skal således betragtes som vejledende. Aktiviteterne er generelt gensidigt afhængige, hvorfor ændringer i én aktivitet kan have betydning for andre aktiviteter. Det er i tidsplanen forudsat, at udbudsprojekt og myndighedsbehandling udarbejdes sideløbende. Det bemærkes, at evt. uforudsete krav fra myndigheden kan medføre, at der er behov for sene tilpasninger i udbudsprojekt og -materiale, hvilket kan medføre en forsinkelse, afhængigt af de pågældende krav.

- › Medio 2025 – primo 2027 (igangværende): Miljøkonsekvensvurdering (ekskl. Natura 2000-fravigelse) for delstrækning 4 og 5-6 (Etape 1)
 - › Miljøkonsekvensvurdering, herunder feltarbejde/-undersøgelser, teknisk input til miljøvurderinger, udarbejdelse af miljøkonsekvensrapport
 - › Håndtering og besvarelse af høringssvar, borgerhenvendelser mv.
 - › Dialog med myndigheder
 - › Høringsfase for miljøkonsekvensvurdering mv.
- › Primo 2026 – medio 2027 (igangværende): Øvrige myndighedsansøgning og -tilladelser.
 - › Indhentning af nødvendige tilladelser, f.eks. tilladelse til kommunalt nyt-tiggørelsesanlæg
 - › Evt. ansøgning for etablering af jordmodtagelse/jordtip til modtagelse af overskudsjord
- › Primo/medio 2026 – primo 2027: Kommuneplantillæg og lokalplanproces for Etape 1
 - › Udarbejdelse af kommuneplantillæg, lokalplan og miljørapporter
 - › Høringsfase, herunder håndtering af høringssvar, borgerhenvendelser mv.
- › Ultimo 2026 – ultimo 2027/primo 2028: Detaljering af udbudsprojekt og udbudsproces (Etape 1)
 - › Detaljering af projekt til udførelse
 - › Udarbejdelse af udbudsmateriale
 - › Tekniske udbudsdokumenter (herunder tilbudsliste, afregningsgrundlag, arbejdsbeskrivelser og teknisk tegnings- og modelgrundlag)

- › Kontraktuelle udbudsdokumenter (herunder kontraktudkast, al-
mene/særlige betingelser, udbudsbetingelser og udbudsbrev)
- › Udbudsproces (EU-udbud), herunder besvarelse af spørgsmål/kommen-
tarer og evt. tilretning af udbudsmateriale
- › Tilbudsevaluering og kontrahering
- › Primo/medio 2028 – ultimo 2029/primo 2030: Anlægsfase (Etape 1)
 - › Koordinering med interessenter, naboer mv.
 - › Fagtilsyn med anlægsarbejder
 - › Arbejdsmiljøkoordinering
 - › Diverse projektopfølgninger, herunder gennemgang af som-udført materi-
ale, afleveringsforretning, 1-års gennemgang mv.

10 Indledende anlægsoverslag

10.1 Generelt

Det følgende anlægsoverslag er baseret på COWIs erfaringspriser fra sammenlignelige anlægsprojekter. Det bemærkes dog, at der de seneste år har været usædvanligt store prisudsving. Desuden er der i disse år stor aktivitet med adskillige store anlægsprojekter, særligt i Storkøbenhavn, hvilket kan medføre uforudsigelige prisudsving afhængigt af markedssituationen på tidspunktet for udbud og udførelse.

Der er desuden usikkerhed omkring marine fællesområder (marint sand) idet tilladelserne til størstedelen af de marine fællesområder udløb omkring årsskiftet 2025/2026. Dermed skal det generelle behov for marine råstoffer generelt dækkes af færre fællesområder, og de tilbageværende råstofområder risikerer således at blive udtømt hurtigere end hidtidige erfaringer, hvor flere fællesområder har været tilgængelige. Konsekvensen af dette for prisen på marint sand er uforudsigelig, men prisen på sand kan risikere at stige væsentligt.

Det indledende anlægsoverslag er udarbejdet med successiv kalkulation, hvor variation i mængder og enhedspriser medregnes. Herved forsøges det så vidt muligt at tage højde for ovennævnte markedsusikkerhed i form af spænd i de anvendte enhedspriser og dermed også et spænd på anlægsoverslagets totalsum.

Hovedmængder i diger (på land) regnes generelt på baggrund af terrændata (Danmarks Højdemodel fra 2024, se også afsnit 3.1), mens hovedmængder i kystforlandet på eksisterende søterritorium beregnes ud fra havbundsopmålinger (profilopmålinger med stadiet, udført af COWI i sommeren 2025) suppleret med GRAS-opmålinger fra 2017, se også afsnit 3.2. Det vurderes, at terrænniveauerne i Danmarks Højdemodel generelt har høj pålidelighed. Havbunds-niveauerne vurderes at være behæftet med større usikkerhed, dels som følge af opmålingstætheden ved stadielopmålinger (profiler og ikke fladeopmåling) og opmålingsmetoden for GRAS-opmålingerne (satellitdata).

Alle priser i nærværende kapitel er anført med prisniveau 2026K1.

10.2 Hovedantagelser

Hovedantagelserne for de enkelte hovedposter i anlægsoverslaget er fremhævet i Tabel 10-1.

Tabel 10-1 Hovedantagelser og bemærkninger til anlægsoverslag

Beskrivelse	Bemærkninger/antagelser
Generelle omkostninger	<u>Indretning, drift og rømning af arbejdsplads</u> Generelle omkostninger til indretning, drift og rømning af arbejdsplads skønnes til 10% +/- 5% af netto byggeomkostningerne.
Forberedende arbejder	<u>Anstilling flydende materiel (sandsuger og pumpeledning), delstrækning 4</u> Anstilling med flydende materiel kommer udover de sædvanlige generelle arbejdspladssomkostninger ovenfor, hvorfor omkostninger til mobilisering af materiel til indpumpning af sand medtages som særskilt post. <u>Afrømning, harpning og genindbygning af vækstlag</u> Det forudsættes, at der afrømmes de øverste 0,2 m vækstlag/toplag inden for landdiggernes fodaftryk og at den afgravede jord harpes eller sorteres, så større rødder mv. frasorteres. Det afrømmede vækstlag genindbygges som terrænaflutning. <u>Rodfræsning</u> På delstrækning 6 etableres det nye dige generelt i udkanten af Kongelundsskoven. Der vil i nogen grad være behov for fældning af træer og rodfræsning af stubbe og rødder. Der medtages omkostninger til rodfræsning i anlægsoverslaget. Fældning og bortskaffelse af træer forudsættes omkostningsneutralt idet det antages, at omkostninger til fældning opvejes af indtægten ved salg af træet.
Jordarbejder	<u>Ler</u> Ler til tætning af kystbeskyttelsen forventes leveret og indbygget fra land. Der er i nærværende indledende anlægsoverslag antaget en pris på ler svarende til erfaringspriser fra andre (mindre) digeprojekter. Det er dog meget usikkert om den krævede mængde ler er tilgængeligt i markedet og i hvilken afstand fra Dragør. Afstanden har stor betydning for prisen. Hvis der ikke er tilstrækkelige ler-ressourcer tilgængeligt i acceptabel afstand til Dragør (økonomisk og CO₂-mæssigt), kan alternative koncepter evt. introduceres. Alternative løsninger kunne f.eks. være membraner, som indbygges i digets kerne. Der kan potentielt udelades lerkerne i de meget flade og brede diger på land (delstrækning 5). Det vurderes, at indbygning af ler vil være mere omstændeligt i kystforlandet på delstrækning 4 (eksisterende søterritorium) end på land, hvorfor enhedsprisen for ler vurderes 20% højere her. <u>Sand</u> Sand til etablering af kystforlandet ved Søvang forudsættes at være marint indvundet sand, som ved indpumpning via rørledning bringes ind på det nye kystforland. Rørledningen vil have udmunding på det nye kystforland og et sandsugerfartøj (skib) vil tilkoble sig rørledningen til søs i en vis afstand fra kysten (forventeligt ca. 3-4 km fra kysten). På grund af det meget lave forland, er det i anlægsoverslaget forudsat, at der skal anvendes en lang pumpeledning inkl. booster. I dispositionsforslaget var det forudsat, at indvinding af marint sand ville ske fra Køge Bugt. I mellemtiden er mange indvindingstilladelser til fællesområder udløbet. Det vurderes derfor ikke længere realistisk, at egnet materiale kan indvindes fra Køge Bugt idet kun to fællesområder på nuværende tidspunkt findes i Køge Bugt, hvoraf det ene er påklaget (og ikke må anvendes imens) og det andet udløber inden anlægsfasen for Etape 1. Sandindvindingen forudsættes derfor i projektforslaget at ske fra fællesområde i Faxe Bugt (ca. 50 km fra Søvang, sejlafstand t/r ca. 100 km). Det skal bemærkes, at der ikke foreligger detaljeret information om sandets egenskaber offentligt tilgængeligt. <u>Ren overskudsjord</u> Det forudsættes, at "fyldjord" i diger udgøres af ren overskudsjord. I kystforlandet anvendes ren overskudsjord over kote +1,0 på forsiden (foran lerkkerne) og på hele bagsiden (bag lerkernen). Den rene overskudsjord vil komme fra andre bygge- og anlægsprojekter i og omkring

Beskrivelse	Bemærkninger/antagelser
	Storkøbenhavn. Brugen af ren overskudsjord vil indebære en indtægt for kystbeskyttelsesprojektet. Prisen, som entreprenører og bygherrer betaler for at komme af med overskudsjord, er meget varierende og er stærkt afhængig af alternative jordmodtagere (f.eks. Lynetteholm, Nordhavn, statens arbejde med Stormflodsbeskyttelsen af København og lign.) og bygge- og anlægsaktiviteten generelt. Det kan f.eks. have stor betydning for markedsprisen for modtagelse af ren overskudsjord, hvis f.eks. Lynetteholm (meget stor jordmodtager) ønsker at accelerere opfyldningen og derfor sænker prisen eller hvis Sund & Bælt tilbyder en lav pris for modtagelse ifm. anlæggelse af diger i det statslige arbejde med etablering af Lufthavnsdiget. Der er således stor usikkerhed omkring økonomien i den rene overskudsjord. Efter aftale med Dragør Kommune forudsættes det i nærværende projektforslag, at indtægterne fra modtagelsen af ren overskudsjord balancerer med omkostningerne til håndtering og indbygning af overskudsjorden i kystbeskyttelsen, dvs. at den rene overskudsjord er omkostningsneutral.
Stenarbejder	<u>Kystforland, Søvang: Stenbeskyttelse af lerkkerne</u> Stenbeskyttelsen af lerkernen etableres så den tildækkes med sand og er derved ikke synlig, hvorfor der ikke er særlige visuelle hensyn til stenmaterialet. Det forudsættes derfor, at lerkernen beskyttes med brudsten ("kantede sten") fra stenbrud i Sverige eller Norge, da det vurderes at være billigere end sø-/marksten ("runde sten"). Brudsten er desuden mere hydraulisk stabile end sø-/marksten med samme vægt. <u>Kystforland, Søvang: Stenflak</u> Stenflakkene ved kystforlandet ud for Søvang forudsættes etableret med sø-/marksten af hensyn til det visuelle hensyn, da sø-/marksten er naturligt forekommende i Danmark. Det er COWIs erfaring, at sø-/marksten de senere år er blevet stadig vanskeligere at skaffe i markedet. Det skal derfor undersøges nærmere hvilke egnede ressourcer, der kan forventes tilgængelige på anlægstidspunktet. Der er forekomster af naturligt forekommende sten i området, hvor kystforlandet skal etableres. Disse kan evt. indsamles og anvendes til etablering af stenflak, hvilket potentielt kan reducere behovet for nyindkøbte sten. Der er ikke taget højde for dette forhold i anlægsoverslaget.
Øvrige arbejder	<u>Tilsåning/beplantning</u> Der er i anlægsoverslaget medtaget omkostninger til tilsåning af diger på land med digegræs, som supplerer den eksisterende frøbank i det afrømmede og dernæst genindbyggede vækstlag inden for digets fodaftryk. På kystforlandet er der medtaget en groft skønnet sumpost til beplantning og tilsåning af kystforlandet med henblik på at fremskynde bevoksningen på kystforlandet. <u>Rørgennemføringer i diger</u> Der er medtaget groft skønnede omkostninger til rørgennemføringer med kontraklapper af eksisterende grøfter/vandløb, som diget krydser. Ved krydsninger, hvor der er vurderet behov for pumpefaciliteter, er omkostninger hertil også medtaget. På steder, hvor der er vurderet behov for etablering af pumpefaciliteter, er omkostninger hertil medtaget i overslaget. Der er desuden medtaget omkostninger til etablering af ét bygværk (højvandslukke) ved Søndre Skovgrøft på delstrækning 6. Det bemærkes, at for at opnå beskyttelse af Søvang svarende til en 100-års hændelse i 2030 efter etableringen af Etape 1, men før Etape 2, kræves desuden etablering af højvandslukke i Hovedgrøften øst for Søvang. Denne forudsættes etableret i særskilt regi og anlægsomkostninger hertil er <i>ikke</i> indeholdt i anlægsoverslaget. Det skønnes, at anlægsomkostningerne for etableringen af højvandslukke i Hovedgrøften vil være i størrelsesordenen 2-3 mio. kr. <u>Specialløsninger lokalt ved Kalvebodvej (v. Kroen)</u> Beskyttelsen af ejendommene på Kalvebodvej ved kroen udføres dels som lodrette vægge (spunsvægge), dels som diger og stengærder. Der etableres to beredskabsløsninger ved hhv. den primære adgangsvej fra Kalvebodvej samt til garagen på Kalvebodvej 268. De lodrette vægge kan evt. beklædes med planker og/eller klatreplanter eller hække, men omkostninger

Beskrivelse	Bemærkninger/antagelser
	hertil er ikke medtaget i overslaget – kun omkostninger til selve væggen og tætning af disse er medtaget. Ved stiudgang til parkeringspladsen mod V/SV etableres beskyttelsen som en flad rampe, som kan anvendes af udrykningskøretøjer, men som ikke benyttes af øvrige motorkøretøjer. <u>Krydsninger af veje</u> Der er medtaget omkostninger til lokal tilpasning af digerene, hvor eksisterende veje krydser diget. <u>Erstatningsskov</u> Der er i anlægsoverslaget medtaget omkostninger til erstatningsskov. Det er antaget, at der skal etableres dobbelt så stort areal erstatningsskov som det fældede areal. Det er antaget, at prisen på opkøb af areal til udplantning er 200.000-250.000 kr./ha hvortil der lægges 50.000 kr./ha. til beplantning.
Korrektionstillæg (rådgivning, forundersøgelser, uforudseelige omkostninger)	Der fastholdes efter aftale med Dragør Kommune et korrektionstillæg på ca. 50% baseret på Trafikministeriets vejledning, ref. /18/, for anlægsprojekter (type 1-projekter), som krydser over eller under saltvand og på projektstadiet før opnået anlægstilladelse. Korrektionstillægget omfatter f.eks. usikkerhed om tilgængelighed og pris på råstoffer (særligt ler, sand og ren overskudsjord) og usikkerhed omkring evt. myndighedskrav som følge af myndighedsbehandlingen.

10.2.1 Anlægsoverslag

Det indledende anlægsoverslag for hhv. Hovedforslaget og Alternativet er vist i Tabel 10-2. Der henvises til Bilag A og Bilag B for nærmere specificering af de medregnede poster i anlægsoverslagene for de varianter.

I tillæg til anlægssomkostningerne til etableringen af kystbeskyttelsen i Etape 1, vil der være omkostninger forbundet med drift og vedligehold af kystbeskyttelsen. Det estimeres, at omkostningerne hertil vil være i størrelsesordenen 2 mio. kr. ekskl. moms årligt. Det bemærkes dog, at særligt for kystforlandet ved Søvang vil vedligeholdelsesomkostningerne forventeligt variere væsentligt fra år til år afhængigt af de fremherskende bølge- og vandstandsforhold. Der vil således være større omkostninger til vedligehold efter ekstreme stormflodshændelser, særlige hvis de optræder i de første år efter anlæg, hvor vegetationen ikke har etableret sig.

Tabel 10-2 Anlægsoverslag for Hovedforslaget og Alternativet.

mio. kr. ekskl. moms	Hovedforslaget	Alternativet
Generelle omkostninger (ca. 10%), ca.	12,0	12,0
Delstrækning 4, ca.	71,5	
Delstrækning 5-6, ca.	45,0	49,5
Sum entreprenøromkostninger, ca. (inkl. generelle omkostninger, hele mio. kr.)	129	133
Korrektionstillæg (50%), ca.	64,0	66,5
Sum inkl. generelle omkostninger og korrektionstillæg, ca. (hele mio. kr.)	193	200

11 Referencer

- /1/ **COWI A/S**
Dragør Klimarobust Kystkommune. Dispositionsforslag: Teknisk Baggrundsrapport
version 1.0, 2024.
- /2/ **Arkitema**
Projektforslag, etape 1: ARK - Tegningsliste
marts 2026.
- /3/ **COWI A/S**
Dragør Klimarobust Kystkommune. Projektforslag - Teknisk baggrundsrapport
Dok. A257010-PF-GEN-RP-002, marts 2026.
- /4/ **COWI og Arkitema**
Dragør Klimarobust Kystkommune. Projektforslag, Etape 1: kort fortalt
2026.
- /5/ **COWI A/S**
Dragør Klimarobust Kystkommune. Håndtering af bagvand - Etape 1
2026.
- /6/ **COWI A/S**
Dragør Klimarobust Kystkommune. Nyt kystforland ved Søvang: Kystteknisk designnotat
Kystteknisk designnotat, Dok. A257010-PF-KBS-TN-001, november 2025.
- /7/ **COWI og Arkitema**
Bæredygtighedsstrategi
2025.
- /8/ **Niras**
Stormflodssikring Dragør Kommune: Teknisk-økonomisk-miljømæssig undersøgelse af to overordnede digeløsninger med to forskellige sikringsniveauer
2017.
- /9/ **Niras**
Stormflodssikring Dragør Kommune
Modellering af digekronekoter for en 100-års og 10.000-års stormflodshændelse, 2019.
- /10/ **COWI A/S**
Dragør Klimarobust Kystkommune: Geoteknisk og hydrogeologisk screening
Revision 1, dateret 23.05.2024, 2024.
- /11/ **Kystdirektoratet**
Delundersøgelse af sikringsniveauer for stormflodssikring af København - Arbejdsgruppe sikringsniveauer
Link: https://sundogbaelt.dk/media/ighpofbk/arbejdsgrupperapport_sn-enderligt_februar-2024.pdf, 2024.

- /12/ **Kystdirektoratet**
Højvandsstatistikker
 Link:
https://kyst.dk/media/nibjjwhw/hoejvandsstatistikker_2012_rev_15072013.pdf, 2012.
- /13/ **COWI A/S**
Dragør Kommune: Genberegning af oversvømmelse
 Dok. A257010-KM-OVS-TN-001, 2024.
- /14/ **Kystdirektoratet**
Guide til vedligeholdelse af diger
https://kyst.dk/media/xqgl4slh/guide-til-vedligeholdelse-af-diger__wcag.pdf, 2024.
- /15/ **COWI A/S**
Dragør Klimarobust Kystkommune. Naturbaseret kystforland ved Søvang
 Kystteknisk designnotat, Dok. A257010-PF-KBS-TN-001,.
- /16/ **Kłosowski, G. . R. T. . & G. A.**
Increasing the Reliability of Flood Embankments with Neural Imaging Method
Applied Sciences, vol. 8, no. 9, p. 1457,
<https://doi.org/10.3390/app8091457>, 2018.
- /17/ **van der Meer, J. W. et al.**
EurOtop: Manual on wave overtopping of sea defences and related structures. An overtopping manual largely based on European research, but for worldwide application
 2nd edition, 2018.
- /18/ **Transportministeriet**
Hovednotat for Ny Anlægsbudgettering
 Ny anlægsbudgettering på Transportministeriets område: Herunder om økonomistyringsmodel og risikohåndtering for anlægsprojekter,
<https://www.trm.dk/media/f5qpufuj/ny-anlaegsbudgettering-hovednotat-2024.pdf>, 2024.
- /19/ **CIRIA; CUR; CETMEF**
The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering, 2nd edition
 C683, CIRIA, London, 2007.
- /20/ **Kamphuis, J. W.**
Introduction to coastal engineering and management
 World Scientific, ISBN: 981-02-3830-4, 2000.
- /21/ **Goda, Y.**
Random seas and design of maritime structures
 World Scientific, ISBN: 981-02-3256-X, 2000.
- /22/ **COWI A/S**
Dragør Klimarobust Kystkommune: Væsentlighedsvurdering
 Dok. A257010-KM-MIL-RP-001, 2024.

Bilag A Indledende anlægsoverslag, Hovedforslaget

ANLÆGSOVERSLAG - marts 2026, successiv kalkulation.

Hovedpost	Post	Underpost	Beskrivelse	Enhed	Mængde minimum	Mængde middel	Mængde maksimum	Enhedspris minimum, [DKK]	Enhedspris, bedste bud [DKK]	Enhedspris maksimum, [DKK]
HP	P	UP								
1	1.1	1.1.1	Generelle omkostninger Arbejdsplads Indretning, drift og rømning af arbejdsplads (5% / 10% / 15%)	sum	1	1	1	5,825,000	11,675,000	17,500,000
2	2.1	2.1.1 2.1.2 2.1.3	Delstrækning 4 Forberedende arbejder Anstilling, flydende materiel (sandsuger og pumpeledning) Afrensning, harpning og genindbygning af muldjord, t=20cm (eksist. dige ved sydlige Søvang) Afrensning, harpning og genindbygning af muldjord, t=20cm (digeforhøjelse langs Søvej)	sum m² m²	1 10,350 2,160	1 11,500 2,400	1 14,375 3,000	1,500,000 20 20	2,500,000 50 50	3,500,000 75 75
	2.2	2.2.1 2.2.2 2.2.3 2.2.4 2.2.5 2.2.6 2.2.7	Jordarbejder Levering og indbygning, sand under kote +1,0 (foran lerkerne i kystforland) Levering og indbygning, ren overskudsjord (bag lerkerne og over kote +1,0 i kystforland) Levering og indbygning, ler (kystforland) Udgravning af søer og genindbygning i kystforland Levering og indbygning, jord (eksist. dige ved sydlige Søvang) Levering og indbygning, ler (eksist. dige ved sydlige Søvang) Levering og indbygning, ler (digeforhøjelse langs Søvej)	m³ m³ m³ m³ m³ m³ m³	117,000 69,750 13,500 34,200 8,370 1,890 900	130,000 77,500 15,000 38,000 9,300 2,100 1,000	162,500 96,875 18,750 47,500 11,625 2,625 1,250	180 10 300 75 0 250 250	250 20 480 100 0 400 400	350 30 600 150 0 500 500
	2.3	2.3.1 2.3.2 2.3.3 2.3.4	Stenarbejder Levering og indbygning, sprængstensfyld (filtersten) Levering og indbygning, 60-300 kg brudsten (dæksten) Levering og indbygning, sø-/marksten (stort stenflak) Levering og indbygning, sø-/marksten (små stenflak)	m³ m³ stk. stk.	3,960 3,510 4 9	4,400 3,900 4 9	5,500 4,875 4 9	450 600 750,000 200,000	600 700 1,000,000 250,000	800 900 2,000,000 400,000
	2.4	2.4.1 2.4.2 2.4.3 2.4.4 2.4.5 2.4.6 2.4.7	Øvrige arbejder Beplantning/tilsåning (kystforland) Etablering af grussti (kystforland) Tilsåning med digegræs (eksist. dige ved sydlige Søvang) Lodret beskyttelse ved fortidsminde Tilsåning med digegræs (digeforhøjelse langs Søvej) Fortængelse af eksist. udløbsledning Omlægning/lørægning af grøft	sum m² m² lbm m² sum stk.	1 2,880 10,350 27 2,160 1 2	1 3,200 11,500 30 2,400 1 2	1 4,000 14,375 38 3,000 1 2	1,000,000 235 2 20,000 2 1,000,000 100,000	2,500,000 275 5 35,000 5 2,000,000 200,000	4,000,000 345 10 50,000 10 4,000,000 500,000

Side 1 af 3

Dragør - Projektforslag, etape 1 (delstrækning 4 og 5-6)

Hovedforslaget

Alle beløb i DKK excl. moms (2026K1)

ANLÆGSOVERSLAG - marts 2026, successiv kalkulation.

Hovedpost	Post	Underpost	Beskrivelse	Enhed	Mængde minimum	Mængde middel	Mængde maksimum	Enhedspris minimum, [DKK]	Enhedspris, bedste bud [DKK]	Enhedspris maksimum, [DKK]
HP	P	UP								
3	3.1		Delstrækning 5							
			Forberedende arbejder							
		3.1.1	Afrømning, harpning og genindbygning af muldjord, t=20cm (hoveddige)	m²	198,000	220,000	275,000	20	50	75
		3.1.2	Afrømning, harpning og genindbygning af muldjord, t=20cm (ved Kalvebodvej)	m²	1,170	1,300	1,625	20	50	75
			Jordarbejder							
		3.2.1	Levering og indbygning, jord (hoveddige)	m³	229,500	255,000	318,750	0	0	0
		3.2.2	Levering og indbygning, ler (hoveddige)	m³	15,750	17,500	21,875	250	400	500
		3.2.3	Levering og indbygning, jord (ved Kalvebodsvej)	m³	630	700	875	0	0	0
		3.2.4	Levering og indbygning, ler (ved Kalvebodsvej)	m³	675	750	938	250	400	500
		3.2.5	Udgravning af grøft og indbygning i dige (hoveddige)	m³	495	550	688	75	100	150
		3.2.6	Udgravning af grøft og indbygning i dige (ved Kalvebodsvej)	m³	36	40	50	75	100	150
			Øvrige arbejder							
		3.4.1	Tilsåning med digegræs (hoveddige)	m²	198,000	220,000	275,000	2	5	10
		3.4.2	Tilsåning med digegræs (ved Kalvebodvej)	m²	1,170	1,300	1,625	2	5	10
		3.4.3	Rørføring af grøft gennem dige (med højvandsklap, uden pumpe)	stk.	5	5	5	175,000	200,000	300,000
		3.4.4	Rørføring af grøft gennem dige (med pumpe)	stk.	3	3	3	400,000	500,000	750,000
		3.4.5	Etablering af højvandsmur (topkote +2,6) ved Kalvebodvej	lbm.	98	115	155	8,000	10,000	15,000
		3.4.6	Beredskabsløsning ved indkørsel fra Kalvebodsvej (højde ca. 1,5 m over terræn)	m²	8	9	12	7,000	10,000	15,000
		3.4.7	Beredskabsløsning, ved garage med indkørsel via Kalvebodvej (højde ca. 2 m over terræn)	m²	14	16	22	7,000	10,000	15,000
		3.4.8	Etablering af dræn, brønd samt ledning til eksisterende grøft	sum	1	1	1	250,000	325,000	400,000
		3.4.9	Vejkrydsning over dige	stk.	2	2	2	500,000	750,000	1,250,000
		3.4.9	Genetablering af haver (Kalvebodvej)	sum	1	1	1	0	50,000	0
		3.4.9	Stengærde ved Kalvebodvej	m²	98	115	155	600	700	900
		3.4.10	Geotekstil (Kalvebodvej)	m²	425	500	675	40	50	60

Omkostning i DKK			
Vægtet middel	Std.afv.	CoV	Prioritet (%)
11,105,373	2,658,822	0.24	3.9
65,623	15,711	0.24	0.0
0	0	0.07	0.0
7,030,248	1,041,228	0.15	0.6
0	0	0.07	0.0
301,296	44,624	0.15	0.0
-	-	0.00	0.0
-	-	0.00	0.0
1,226,218	379,809	0.31	0.1
7,246	2,244	0.31	0.0
1,076,531	127,551	0.12	0.0
1,591,837	214,286	0.13	0.0
1,270,221	211,533	0.17	0.0
97,497	18,035	0.18	0.0
173,328	32,062	0.18	0.0
325,000	30,612	0.09	0.0
1,602,041	306,122	0.19	0.1
29,592	-	0.00	0.0
86,228	11,188	0.13	0.0
26,020	3,320	0.13	0.0
26,014,298	5,097,148	0.20	14.4

Dragør - Projektforslag, etape 1 (delstrækning 4 og 5-6)

Hovedforslaget

ANLÆGSOVERSLAG - marts 2026, successiv kalkulation.

Alle beløb i DKK excl. moms (2026K1)

Hovedpost	Post	Underpost	Beskrivelse	Enhed	Mængde minimum	Mængde middel	Mængde maksimum	Enhedspris minimum, [DKK]	Enhedspris, bedste bud [DKK]	Enhedspris maximum, [DKK]
HP	P	UP								
4	4.1	4.1	Delstrækning 6							
			Forberedende arbejder							
			4.1.1 Afrømning, harpning og genindbygning af muldjord, t=20cm (hoveddige)	m²	27,900	31,000	38,750	20	50	75
			4.1.2 Rodfræsning	m²	27,900	31,000	38,750	25	75	100
			Jordarbejder							
			4.2.1 Levering og indbygning, jord	m³	27,000	30,000	37,500	0	0	0
			4.2.2 Levering og indbygning, ler (dige)	m³	8,550	9,500	11,875	250	400	500
			Øvrige arbejder							
			4.4.1 Tilsåning med digegræs (hoveddige)	m²	27,900	31,000	38,750	2	5	10
			4.4.2 Etablering af grussti (hoveddige)	m²	2,025	2,250	2,813	235	275	345
			4.4.3 Rørføring af grøft gennem dige (med højvandsklap, uden pumpe)	stk.	1	1	1	175,000	200,000	300,000
			4.4.4 Vekrydsning over dige	sum	2	2	2	500,000	750,000	1,250,000
			4.4.5 Asfalteret stikrydsning over dige	sum	1	1	1	100,000	200,000	300,000
			4.4.6 Højvandslukke i Nordre Skovgrøft	stk.	1	1	1	2,500,000	3,000,000	3,500,000
			4.4.7 Højvandslukke i Søndre Skovgrøft	stk.	1	1	1	2,500,000	3,000,000	3,500,000
			4.4.8 Erstatningsskov	sum	1	1	1	1,500,000	2,500,000	3,500,000

Omkostning i DKK			
Vægtet middel	Std.afv.	CoV	Prioritet (%)
1,564,848	374,652	0.24	0.1
2,233,168	512,924	0.23	0.1
0	0	0.07	0.0
3,816,420	565,238	0.15	0.2
172,785	53,519	0.31	0.0
651,889	68,929	0.11	0.0
215,306	25,510	0.12	0.0
1,602,041	306,122	0.19	0.1
200,000	40,816	0.20	0.0
3,000,000	204,082	0.07	0.0
3,000,000	204,082	0.07	0.0
2,500,000	408,163	0.16	0.1
18,956,457	2,764,037	0.15	4.2

Netto byggeomkostning ekskl. generelle omkostninger

116,658,722	13,198,128
-------------	------------

Netto byggeomkostning inkl. generelle omkostninger (uden korrektion)

128,328,619	13,411,473
-------------	------------

5	5.1		<u>Rådgivning, forundersøgelser og uforudseelige omkostninger</u> Korrektionstillæg (25% / 50% / 75%)	sum	1	1	1	32,082,155	64,164,310	96,246,465
---	-----	--	--	-----	---	---	---	------------	------------	------------

Brutto byggeomkostninger

192,492,929	18,744,073
-------------	------------

Forventede maksimale byggeomkostninger (+ 1 std.afv.)
Forventede minimale byggeomkostninger (- 1 std.afv.)

211,237,002
173,748,856

Bilag B Indledende anlægsoverslag, Alternativet

Dragør - Projektforslag, etape 1 (delstrækning 4 og 5-6)

Alternativet

ANLÆGSOVERSLAG - marts 2026, successiv kalkulation.

Alle beløb i DKK excl. moms (2026K1)

Hovedpost	Post	Underpost	Beskrivelse	Enhed	Mængde minimum	Mængde middel	Mængde maksimum	Enhedspris minimum, [DKK]	Enhedspris, bedste bud [DKK]	Enhedspris maximum, [DKK]
HP	P	UP								
1			Generelle omkostninger							
	1.1		Arbejdsplads							
		1.1.1	Indretning, drift og rømning af arbejdsplads (5% / 10% / 15%)	sum	1	1	1	6,050,000	12,100,000	18,150,000
2			Delstrækning 4							
	2.1		Forberedende arbejder							
		2.1.1	Anstilling, flydende materiel (sandsuger og pumpeledning)	sum	1	1	1	1,500,000	2,500,000	3,500,000
		2.1.2	Afrømning, harpning og genindbygning af muldjord, t=20cm (eksist, dige ved sydlige Søvang)	m²	10,350	11,500	14,375	20	50	75
		2.1.3	Afrømning, harpning og genindbygning af muldjord, t=20cm (digeforhøjelse langs Søvej)	m²	2,160	2,400	3,000	20	50	75
	2.2		Jordarbejder							
		2.2.1	Levering og indbygning, sand under kote +1,0 (foran lérkerne i kystforland)	m³	117,000	130,000	162,500	180	250	350
		2.2.2	Levering og indbygning, ren overskudsjord (bag lérkerne og over kote +1,0 i kystforland)	m³	69,750	77,500	96,875	10	20	30
		2.2.3	Levering og indbygning, ler (kystforland)	m³	13,500	15,000	18,750	300	480	600
		2.2.4	Udgravning af søer og genindbygning i kystforland	m³	34,200	38,000	47,500	75	100	150
		2.2.5	Levering og indbygning, jord (eksist, dige ved sydlige Søvang)	m³	8,370	9,300	11,625	0	0	0
		2.2.6	Levering og indbygning, ler (eksist, dige ved sydlige Søvang)	m³	1,890	2,100	2,625	250	400	500
		2.2.7	Levering og indbygning, ler (digeforhøjelse langs Søvej)	m³	900	1,000	1,250	250	400	500
	2.3		Stenarbejder							
		2.3.1	Levering og indbygning, sprængstensfyld (filtersten)	m³	3,960	4,400	5,500	450	600	800
		2.3.2	Levering og indbygning, 60-300 kg brudsten (dæksten)	m³	3,510	3,900	4,875	600	700	900
		2.3.3	Levering og indbygning, sø-/marksten (stort stenflak)	stk.	4	4	4	750,000	1,000,000	2,000,000
		2.3.4	Levering og indbygning, sø-/marksten (små stenflak)	sum	9	9	9	200,000	250,000	400,000
	2.4		Øvrige arbejder							
		2.4.1	Beplantring/tilsåning (kystforland)	sum	1	1	1	1,000,000	2,500,000	4,000,000
		2.4.2	Etablering af grussti (kystforland)	m²	2,880	3,200	4,000	235	275	345
		2.4.3	Tilsåning med digegræs (eksist, dige ved sydlige Søvang)	m²	10,350	11,500	14,375	2	5	10
		2.4.4	Lodret beskyttelse ved fortidsminde	m²	27	30	38	20,000	35,000	50,000
		2.4.5	Tilsåning med digegræs (digeforhøjelse langs Søvej)	m²	2,160	2,400	3,000	2	5	10
		2.4.6	Fortængelse af eksist. udløbsledning	sum	1	1	1	1,000,000	2,000,000	4,000,000
		2.4.7	Omlægning/rørtægning af grøft	stk.	2	2	2	100,000	200,000	500,000

Omkostning i DKK			
Vægtet middel	Std.afv.	CoV	Prioritet (%)
12,100,000	2,469,388	0.20	3.2
12,100,000	2,469,388	0.20	3.2
2,500,000	408,163	0.16	0.1
580,508	138,984	0.24	0.0
121,150	29,005	0.24	0.0
34,315,181	5,221,364	0.15	14.4
1,597,449	344,297	0.22	0.1
7,231,112	1,070,978	0.15	0.6
4,116,139	663,859	0.16	0.2
0	0	0.07	0.0
843,630	124,947	0.15	0.0
401,728	59,499	0.15	0.0
2,767,089	376,423	0.14	0.1
2,895,600	317,541	0.11	0.1
4,612,245	1,020,408	0.22	0.6
2,433,673	367,347	0.15	0.1
2,500,000	612,245	0.24	0.2
927,130	98,032	0.11	0.0
64,098	19,854	0.31	0.2
1,082,143	203,612	0.19	0.0
13,377	4,143	0.31	0.0
2,204,082	612,245	0.28	4.9
481,633	163,265	0.34	0.0
71,687,966	11,856,212	0.17	74.4

Dragør - Projektforslag, etape 1 (delstrækning 4 og 5-6)

Alternativet

ANLÆGSOVERSLAG - marts 2026, successiv kalkulation.

Alle beløb i DKK excl. moms (2026K1)

Hovedpost	Post	Underpost	Beskrivelse	Enhed	Mængde minimum	Mængde middel	Mængde maksimum	Enhedspris minimum, [DKK]	Enhedspris, bedste bud [DKK]	Enhedspris maksimum, [DKK]
HP	P	UP								
3	3.1		Delstrækning 5							
			Forberedende arbejder							
			3.1.1 Afrømning, harpning og genindbygning af muldjord, t=20cm (hoveddige)	m²	216,000	240,000	300,000	20	50	75
		3.1.2	Afrømning, harpning og genindbygning af muldjord, t=20cm (ved Kalvebodvej)	m²	1,170	1,300	1,625	20	50	75
			3.1.3 Afrømning, harpning og genindbygning af muldjord, t=20cm (ringdige ved TAMU)	m²	13,500	15,000	18,750	20	50	75
		3.2	Jordarbejder							
			3.2.1 Levering og indbygning, jord (hoveddige)	m³	256,500	285,000	356,250	0	0	0
			3.2.2 Levering og indbygning, ler (hoveddige)	m³	14,850	16,500	20,625	250	400	500
			3.2.3 Levering og indbygning, jord (ved Kalvebodsvej)	m³	630	700	875	0	0	0
			3.2.4 Levering og indbygning, ler (ved Kalvebodsvej)	m³	675	750	938	250	400	500
			3.2.5 Levering og indbygning, jord (ringdige ved TAMU)	m³	8,550	9,500	11,875	0	0	0
			3.2.6 Levering og indbygning, ler (ringdige ved TAMU)	m³	6,390	7,100	8,875	250	400	500
			3.2.5 Udgravning af grøft og indbygning i dige (hoveddige)	m³	495	550	688	75	100	150
			3.2.6 Udgravning af grøft og indbygning i dige (ved Kalvebodsvej)	m³	36	40	50	75	100	150
		3.4	Øvrige arbejder							
			3.4.1 Tilsåning med digegræs (hoveddige)	m²	198,000	220,000	275,000	2	5	10
			3.4.2 Tilsåning med digegræs (ved Kalvebodvej)	m²	1,170	1,300	1,625	2	5	10
			3.4.3 Rørføring af grøft gennem dige (med højvandsklap, uden pumpe)	stk.	5	5	5	175,000	200,000	300,000
			3.4.4 Rørføring af grøft gennem dige (med pumpe)	stk.	3	3	3	400,000	500,000	750,000
			3.4.5 Etablering af højvandsmur (topkote +2.6) ved Kalvebodvej	lbm.	98	115	155	8,000	10,000	15,000
			3.4.6 Beredskabsløsning ved indkørsel fra Kalvebodsvej (højde ca. 1,5 m over terræn)	m²	8	9	12	7,000	10,000	15,000
			3.4.7 Beredskabsløsning, ved garage med indkørsel via Kalvebodvej (højde ca. 2 m over terræn)	m²	14	16	22	7,000	10,000	15,000
			3.4.8 Etablering af dræn, brønd samt ledning til eksisterende grøft	sum	1	1	1	250,000	325,000	400,000
			3.4.9 Vejrydsning over dige	stk.	2	2	2	500,000	750,000	1,250,000
			3.4.9 Genetablering af haver (Kalvebodvej)	sum	1	1	1	0	50,000	0
			3.4.9 Stengærde ved Kalvebodvej	m²	98	115	155	600	700	900
			3.4.10 Geotekstil (Kalvebodvej)	m²	425	500	675	40	50	60

Omkostning i DKK			
Vægtet middel	Std.afv.	CoV	Prioritet (%)
12,114,952	2,900,533	0.24	4.5
65,623	15,711	0.24	0.0
757,185	181,283	0.24	0.0
0	0	0.07	0.0
6,628,519	981,730	0.15	0.5
0	0	0.07	0.0
301,296	44,624	0.15	0.0
0	0	0.07	0.0
2,852,272	422,441	0.15	0.1
59,576	9,608	0.16	0.0
4,333	699	0.16	0.0
1,226,218	379,809	0.31	0.1
7,246	2,244	0.31	0.0
1,076,531	127,551	0.12	0.0
1,591,837	214,286	0.13	0.0
1,270,221	211,533	0.17	0.0
97,497	18,035	0.18	0.0
173,328	32,062	0.18	0.0
325,000	30,612	0.09	0.0
1,602,041	306,122	0.19	0.0
29,592	-	0.00	0.0
86,228	11,188	0.13	0.0
26,020	3,320	0.13	0.0
30,295,514	5,893,392	0.19	18.4

Dragør - Projektforslag, etape 1 (delstrækning 4 og 5-6)

Alternativet

ANLÆGSOVERSLAG - marts 2026, successiv kalkulation.

Alle beløb i DKK excl. moms (2026K1)

Hovedpost	Post	Underpost	Beskrivelse	Enhed	Mængde minimum	Mængde middel	Mængde maksimum	Enhedspris minimum, [DKK]	Enhedspris, bedste bud [DKK]	Enhedspris maksimum, [DKK]
HP	P	UP								
4	4.1	4.1	Delstrækning 6							
			Forberedende arbejder							
			4.1.1 Afrømning, harpning og genindbygning af muldjord, t=20cm (hoveddige)	m²	27,900	31,000	38,750	20	50	75
			4.1.2 Rodfræsning	m²	27,900	31,000	38,750	25	75	100
			Jordarbejder							
			4.2.1 Levering og indbygning, jord	m³	27,000	30,000	37,500	0	0	0
			4.2.2 Levering og indbygning, ler (dige)	m³	8,550	9,500	11,875	250	400	500
			Øvrige arbejder							
			4.4.1 Tilsåning med digegræs (hoveddige)	m²	27,900	31,000	38,750	2	5	10
			4.4.2 Etablering af grussti (hoveddige)	m²	2,025	2,250	2,813	235	275	345
			4.4.3 Rørføring af grøft gennem dige (med højvandsklap, uden pumpe)	stk.	1	1	1	175,000	200,000	300,000
			4.4.4 Vekrydsning over dige	sum	2	2	2	500,000	750,000	1,250,000
			4.4.5 Asfalteret stikrydsning over dige	stk.	1	1	1	100,000	200,000	300,000
			4.4.6 Højvandslukke i Nordre Skovgrøft	stk.	1	1	1	2,500,000	3,000,000	3,500,000
			4.4.7 Højvandslukke i Søndre Skovgrøft	stk.	1	1	1	2,500,000	3,000,000	3,500,000
			4.4.8 Erstatningsskov	sum	1	1	1	1,500,000	2,500,000	3,500,000

Netto byggeomkostning ekskl. generelle omkostninger

Netto byggeomkostning inkl. generelle omkostninger
(uden korrektion)

Omkostning i DKK			
Vægtet middel	Std.afv.	CoV	Prioritet (%)
1,564,848	374,652	0.24	0.1
2,233,168	512,924	0.23	0.1
0	0	0.07	0.0
3,816,420	565,238	0.15	0.2
172,785	53,519	0.31	0.0
651,889	68,929	0.11	0.0
215,306	25,510	0.12	0.0
1,602,041	306,122	0.19	0.0
200,000	40,816	0.20	0.0
3,000,000	204,082	0.07	0.0
3,000,000	204,082	0.07	0.0
2,500,000	408,163	0.16	0.1
18,956,457	2,764,037	0.15	4.0

120,939,93713,525,595

133,039,93713,749,167

5	5.1		Rådgivning, forundersøgelser og uforudseelige omkostninger Korrektionstillæg (25% / 50% / 75%)	sum	1	1	1	33,259,984	66,519,969	99,779,953
---	-----	--	--	-----	---	---	---	------------	------------	------------

Brutto byggeomkostninger

Forventede maksimale byggeomkostninger (+ 1 std.afv.)
Forventede minimale byggeomkostninger (- 1 std.afv.)

Omkostning i DKK			
Middel	Std.afv.	CoV	Prioritet (%)
66,519,969	13,575,504	0.20	97.5
66,519,969	13,575,504	0.20	97.5

199,559,90619,321,850

218,881,757

180,238,056

Bilag C Bølgeforhold på delstrækning 5

Dybvandsbølgeforholdene fra afsnit 5.2.4 transformeres til digefoden for følgende tre delstrækninger:

- › Delstrækning 4: Søvangs sydvestlige ende, hvor kystforlandet er ilandført og kystbeskyttelsen overgår til et landdige
- › Delstrækning 5: Ved Pionergården, hvor kystbeskyttelsen udgøres af et traditionelt, relativt stejlt dige
- › Delstrækning 5: I det åbne land (markarealer mellem TAMU og Pionergården).

I det følgende beskrives bølgetransformationerne for de tre delstrækninger.

C.1 Delstrækning 4: Søvangs sydvestlige del

Dybvandsbølgerne transformeres til eksisterende kystlinje ved en Goda-transformation. Bølgeforholdene ved kystlinjen fremgår af Tabel C-1.

Tabel C-1 Goda-transformation af bølger fra dybt vand til eksisterende kystlinje (kote 0 m DVR90).

Parameter	Ved Søvang (sydvest)
Dybvandsbølgehøjde ved ca. -5,0 m DVR90, H_{m0} [m]	1,5
Peak bølgeperiode, T_p [s]	4,0
Bundhældning, 1:a [-]	400
Designvandstandskote [m DVR90]	+2,3
Bølgehøjde på kysten ved eksist. kystlinje (ca. 0 m DVR90), H_{m0} [m]	1,3

Bølgen ved kystlinjen transformeres videre hen over den eksisterende strandvold, se Tabel C-2. Bølgetransformationen hen over den eksisterende strandvold estimeres med Brigantis metode for smalle impermeable molekonstruktioner (kronebredde mindre end 10 x bølgehøjden), ref. /19/. Det bemærkes, at beregningsmetoden er lavet for stenkonstruktioner med en vis ruhed, som ikke forekommer på eksisterende dige. Det vurderes dog, at idet bølgetransformationen/friktionen hen over strandengene ikke medregnes, fås der alligevel repræsentative bølgeforhold ved det nye dige med den anvendte metodik.

Da strandvolden kan være dynamisk, regnes (konservativt) med lidt stejlere skråningsanlæg, lidt lavere kronekote og smallere kronebredde af strandvolden.

Det bemærkes, at i forbindelse med stormflodsbølger fra ca. 90-110°N vil det nye kystforland ud for Søvang i et vist omfang skabe læ for landdiget i Søvangs sydvestlige ende. Strandvoldens tilstand skal dog løbende monitoreres, og hvis

strandvolden ændrer karakter, skal der laves en vurdering af evt. behov for forstærkning af diget i Søvangs sydvestlige ende.

Tabel C-2 Bølgetransmissionsberegning (impermeabel konstruktion): Beregning af bølgehøjde bag eksisterende strandvold.

Parameter	Ved Søvang (sydvest)
Bølgehøjde for konstruktionens fod, H_{m0} [m]	1,3
Peak bølgeperiode, T_p [s]	4,0
Designvandstandskote [m DVR90]	+2,3
Terrænkote ved konstruktionens fod [m DVR90]	+0,0
Effektiv vanddybde [m]	2,3
Forsideskråning af strandvolden, 1:a [-]	10
Strandvoldens kronebredde [m]	5
Strandvoldens kronekote [m DVR90]	+1,0
Beregnet bølgetransmissionskoefficient, C_t [-]	0,49
Bølgehøjde bag eksisterende dige, H_{m0} [m]	0,6

C.2 Delstrækning 5: Ved Pionergården og åbent land

På delstrækning 5 er det nye landdige beliggende bag eksisterende strandvolde og flade strandengsarealer. Dybvandsbølgerne transformeres først ind til eksisterende kystlinje (kote ca. +0,0), se Tabel C-3.

Tabel C-3 Goda-transformation af bølger fra dybt vand til eksisterende kystlinje (kote 0 m DVR90).

Parameter	Åbent land, DS5	Ved Pionergården
Dybvandsbølgehøjde ved ca. -5,0 m DVR90, H_{m0} [m]	1,5	1,5
Peak bølgeperiode, T_p [s]	4,0	4,0
Bundhældning, 1:a [-]	500	400
Designvandstandskote [m DVR90]	+2,4	+2,3
Bølgehøjde på kysten ved eksist. kystlinje (ca. 0 m DVR90), H_{m0} [m]	1,4	1,4

Ud for det åbne land på delstrækning 5 findes en meget flad (ca. 1:20) eksisterende strandvold. Bølgetransformationen hen over strandvolden regnes med en Goda-beregning og fremgår af Tabel C-4. Ved Pionergården er der som nævnt

ikke en naturlig strandvold, hvorfor der regnes med den dydbegrænsede bølge, se nedenfor.

Tabel C-4 Goda-transformation af bølger fra eksisterende kystlinje (kote 0 m DVR90) hen over eksisterende strandvold.

Parameter	Åbent land, DS5
Bølgehøjde på kysten ved eksist. kystlinje (ca. 0 m DVR90), H_{m0} [m]	1,4
Peak bølgeperiode, T_p [s]	4,0
Bundhældning (strandvoldskråning), 1:a [-]	20
Designvandstandskote [m DVR90]	+2,4
Bølgehøjde på toppen af strandvolden (ca. +1,0 m DVR90), H_{m0} [m]	1,0

Bølgeforholdene ved eksisterende diges fod kan ikke overstige dydbegrænsningen som følge af det flade strandengsareal foran eksisterende dige. Strandengen er beliggende i kote ca. +0,5 eller højere. Brydningsindekset for flade bunde er typisk på 0,5-0,6 gange effektiv vanddybde (vanddybde + vandstand). Dermed fås en maksimal bølgehøjde ved eksisterende dige til:

$$H_{s,dydbegrænsning} = (+2,4\text{m DVR90} - 0,5\text{m DVR90}) * 0,6 = 1,1\text{ m}$$

Dette udgør således en øvre grænse for hvor høje bølger, der kan optræde bag strandengsarealet.

Det nye dige i det åbne land på delstrækning 5 er beliggende bag det eksisterende dige, som ikke har tilstrækkelig højde til at modstå en 100-års hændelse i 2075. Det forudsættes, at det eksisterende dige bevares og vedligeholdes i nødvendigt omfang. Hvis diget senere nedbrydes eller væsentligt omdannes, skal der foretages en vurdering af evt. behov for forstærkning af det nye dige.

Bølgetransformationen hen over det eksisterende dige estimeres med Brigantis metode for smalle impermeable molekonstruktioner (kronebredde mindre end 10 x bølgehøjden), ref. /19/. Bølgeforholdene på bagsiden af det eksisterende dige er vist i Tabel C-5.

Tabel C-5 Bølgetransmissionsberegning: Beregning af bølgehøjde bag eksisterende digekonstruktion.

Parameter	Åbent land, DS5	Ved Pionergården
Bølgehøjde for konstruktionens fod, H_{m0} [m]	1,0	1,1*
Peak bølgeperiode, T_p [s]	4,0	4,0
Designvandstandskote [m DVR90]	+2,4	+2,3
Terrænkote ved konstruktionens fod [m DVR90]	+1,0	+0,8
Effektiv vanddybde [m]	1,4	1,6
Forsideskråning af konstruktionen, 1:a [-]	5	3
Konstruktionens kronebredde [m]	1,5	1,5
Konstruktionens kronekote [m DVR90]	+1,4	+1,7
Beregnet bølgetransmissionskoefficient, C_t [-]	0,62	0,59
Bølgehøjde bag eksisterende dige, H_{m0} [m]	0,6	0,6

*/ Beregnet som den dydbegrænsede bølgehøjde hen over strandensarealeet foran eksisterende dige.

Strandengene ud for det åbne land (markarealerne) er generelt i ca. +0,5 á +0,6 m DVR90 eller højere. Den effektive vanddybde er derfor ca. (+2,4 – 0,5=) 1,9 m, hvorved dydbegrænset signifikant bølgehøjde med brydningsindeks 0,5-0,6 bliver ca. 1,0-1,1 m. Det vurderes derfor, at bølgerne ved digets fod vil være tilnærmelsesvis de samme, uagtet om den kystnære strandvold reduceres i højde som følge af bølge af bølgepåvirkningen under en stormflodshændelse. Det er dog vigtigt, at det eksisterende dige fortsat vedligeholdes og om nødvendigt repareres, da bølgeforholdene ved det nye dige ellers kan forværres under en stormflodshændelse. Hvis det eksisterende dige ønskes fjernet på et senere tidspunkt, vil det nye dige skulle forhøjes.