

JANUAR 2025
VORDINGBORG KOMMUNE

PRAESTØ BY KYSTBESKYTTELSE

IDEOPLÆG

JANUAR 2025
VORDINGBORG KOMMUNE

PRÆSTØ BY KYSTBESKYTTELSE

IDEOPLÆG

PROJEKTNR.

A289363

DOKUMENTNR.

2

VERSION

2

UDGIVELSES DATO

20-01-2025

BESKRIVELSE

Ideoplæg med to løsninger, til
kystbeskyttelse af Præstø by

UDARBEJDET

TOJB, KARH. PFKL, MNRD, LNKJ

KONTROLLERET

PFKL, MJLO

GODKENDT

TOJB

INDHOLD

1	Indledning	7
2	Områdebeskrivelse	8
2.1	Kystinspektion	8
2.2	Højde- og jordbundsforhold	14
2.3	Kysten	17
2.4	Projektafgrænsning	18
2.5	Natur	19
2.6	Andre forhold	26
3	Designgrundlag og kystbeskyttelsesmetoder	32
3.1	Stormflodshændelser og højvandsstatistikker	32
3.2	Sikringsniveau og sikringskote	37
3.3	Bølgebidrag	38
3.4	Nedbør og samtidighed	39
3.5	Kystbeskyttelsestyper	39
4	Bagvand	43
4.1	Tubæk Å	43
5	Løsningsforslag	48
5.1	Løsningsforslag 1	49
5.2	Løsningsforslag 2	60
6	Anlægsoverslag	70
6.1	Løsningsforslag 1	70
6.2	Løsningsforslag 2	71

7	Foreløbig skadesomkostninger	73
8	Anlægs og vedligeholdelsesbeskrivelse	74
8.1	Anlægsbeskrivelse	74
8.2	Vedligeholdelsesbeskrivelse	74
9	Potentielle påvirkninger	75
9.1	Adgang til og langs med vandet	75
9.2	Naturbeskyttelse	75
9.3	Landskab og visuelle forhold	75
9.4	Nedgravet infrastruktur	75
9.5	Planmæssige forhold	75
10	De næste skridt	76
11	References	77

1 Indledning

Vordingborg Kommune har opstartet et kap.1a projekt, jf. kystbeskyttelsesloven, med henblik på at oversvømmelsessikre Præstø By. Beslutningen om at igangsætte kap 1a. projekt blev tiltrådt af kommunalbestyrelsen d. 27. november 2024.

I Oktoberstormen den 20. oktober 2023 blev store dele af de lavereliggende områder i Præstø By oversvømmet som følge af stormfloden fra øst, der hævede vandstanden i Præstø Fjord til ca. +2 m DVR90. Igen i januar 2024 oplevede man udbredte oversvømmelser i Præstø som følge af samtidig høj vandstand i fjorden og høj vandføring i Tubæk Å. For at undgå fremtidige gentagelser heraf har Vordingborg Kommune besluttet at opstarte processen med at højvandsbeskytte Præstø bys borgere, virksomheder og infrastruktur mod oversvømmelse fra havet.

Dette idéoplæg præsenterer to mulige, robuste og gennemførlige løsningsmuligheder for kystbeskyttelse af de to delstrækninger Præstø By og Hestehavevej. De to løsningsmuligheder præsenteres med anlægsoverslag (inkl. usikkerhed og vedligeholdelsesomkostninger).

Idéoplægget indledes med en områdebeskrivelse, dimensioneringsgrundlag (ekskl. bølgebidrag som skal undersøges i projektets næste fase) opdeling af projektområdet i to delstrækninger samt beskrivelse af kystbeskyttelsestyper. Herefter præsenteres de to løsningsforslag adskilt med tilhørende anlægsoverslag. Dernæst præsenteres kort et afsnit om bagvandsproblematikker primært centreret omkring udfordringerne med Tubæk Å.

I Kapitel 1a i kystbeskyttelsesloven er det Kommunen som varetager processen med at beskytte borgernes boliger, og udover afvejning af de normale 5 hensyn i Kystbeskyttelsesloven, så skal Kap1a-projekter også optimeres ved at afveje de økonomiske hensyn. De løsninger som vælges, skal derved være de billigste i forhold til at de stadig er robuste, bygbare og langtidssikrede.

2 Områdebeskrivelse

Præstø by ligger i bunden af Præstø Fjord, i vestligste del af Faxe Bugt, se Figur 2-1. Præstø Fjord er adskilt fra Faxe Bugt af halvøen Feddet, med indsejling til fjorden syd om Feddet, der afskærmer havnen og byen mod bugten.

Præstø blev i sin tid anlagt på en ø, med bro over til Sjælland og blev i det 19. århundrede landfast. Præstø Havn har historisk været en travl handelshavn, hvilket de fredede pakhuse bl.a. vidner om. I dag er havnen primært en lystbådehavn med et rigt havneliv.



Figur 2-1 Oversigtskort, der viser lokaliteten af Præstø i Præstø Fjord (rød markering), skala 1:150.000. Kortet indeholder data fra (Klimadatastyrelsen, u.d.).

2.1 Kystinspektion

For at danne sig et overblik over mulighederne for kystbeskyttelse, er der dels foretaget kystinspektion og dels benyttet COWI Multiviewer. Figur 2-2 til og med Figur 2-12 viser i billeder dele af projektstrækningen fra en besigtigelse d. 15. november 2024 og fra billeder taget med COWIs fotovogn i 2024.



Figur 2-2 Billedet er taget fra Nysøvej og kigger i nordøstlig retning langs Antonitterstien. 15. november 2024, Peter F. Klagenberg, COWI.



Figur 2-3 Billedet kigger i sydvestlig retning langs Antonitterstien. Billedet er taget hvor Antonitterstien møder Præstø Havn. 15. november 2024, Peter F. Klagenberg, COWI.



Figur 2-4 Havnepladsen, Præstø Havn. Billedet kigger i nordøstlig retning. 15. november 2024, Peter F. Klagenberg, COWI.



Figur 2-5 Billede fra den østlige ende af Havnepladsen, den røde bygning er Dansk Brandværnshistorisk Museum. Kilde: COWI Multiviewer 2024.



Figur 2-6 Billede langs med Dansk Brandværnshistorisk Museum. 15. november 2024, Peter F. Klagenberg, COWI.



Figur 2-7 Billede fra Foreningshavnen. 15. november 2024, Peter F. Klagenberg, COWI.



Figur 2-8 Billedet er taget ud for parkeringspladsen på Dalstien og kigger i retning mod Tubæk Å's udløb. Kilde: COWI Multiviewer 2024.



Figur 2-9 Billedet er taget på vejen Østerbro og kigger i retning af Hestehavevej. Tubæk Å løber ud under broen. Kilde: COWI Multiviewer 2024.



Figur 2-10 Slusen ved Tubæk Å's udløb under Østerbro. 15. november 2024, Peter F. Klagenberg, COWI.



Figur 2-11 Billedet er taget ud for Hestehavevej 20 og kigger i østlig retning langs Hestehavevej. Kilde: COWI Multiviewer 2024.



Figur 2-12 Billedet er taget langs kysten ved Hestehavevej og kigger i retning af Præstø By. Matriklerne er adskilt fra fjorden af københavnervægge. 15. november 2024, Peter F. Klagenberg, COWI.

2.2 Højde- og jordbundsforhold

Præstø er kendetegnet ved, at den gamle bydel ligger højt i terræn og er omgivet af lavereliggende områder, se højdekort Figur 2-13.

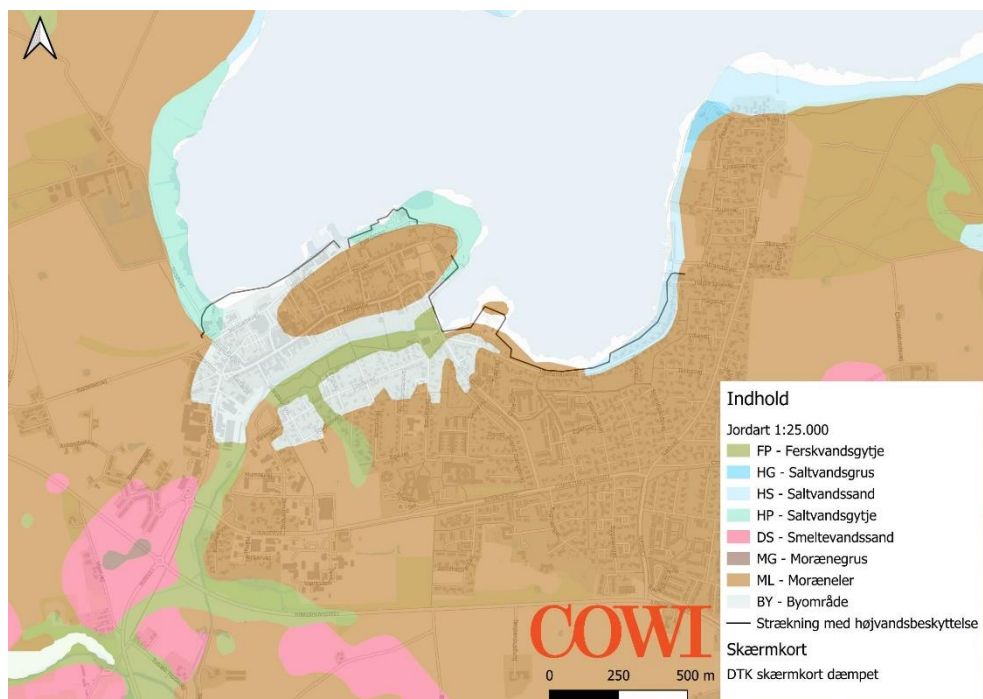
Vand vil altid finde vej via de laveste dele af landskabet og derfor er der særlig fokus på områderne Tubæk Å, Hestehavevej, Østerbro og den øst-vestgående vejstrækning ved Havnevej - Jernbanevej, da det er her havvandet nu har adgang i større stormfloder.

Det betyder, at store dele af byen er oversvømmelsestruet fra både fjorden og fra åen, særligt i tilfælde med samtidighed mellem høj vandstand i fjorden, hvor sluseporten lukkes og hvor kraftig og/eller vedvarende nedbør samtidig medfører høj vandføring i Tubæk Å som derved ikke kan komme ud i bugten.



Figur 2-13 Danmarks højdemodel, Højdekort, DTM2019. Kortet indeholder data fra (Klimadatastyrelsen, u.d.).

Området ved Præstø er et gammelt dødislandskab med smeltevandsdale. Fra jordartskortet, se Figur 2-14, kan man se, at store dele af området er kendetegnet med moræner i de højereliggende områder, og ude langs kysten er der blandt andet saltvandsgytje og saltvandssand. Langs Tubæk Å er der ferskvandsgytje.

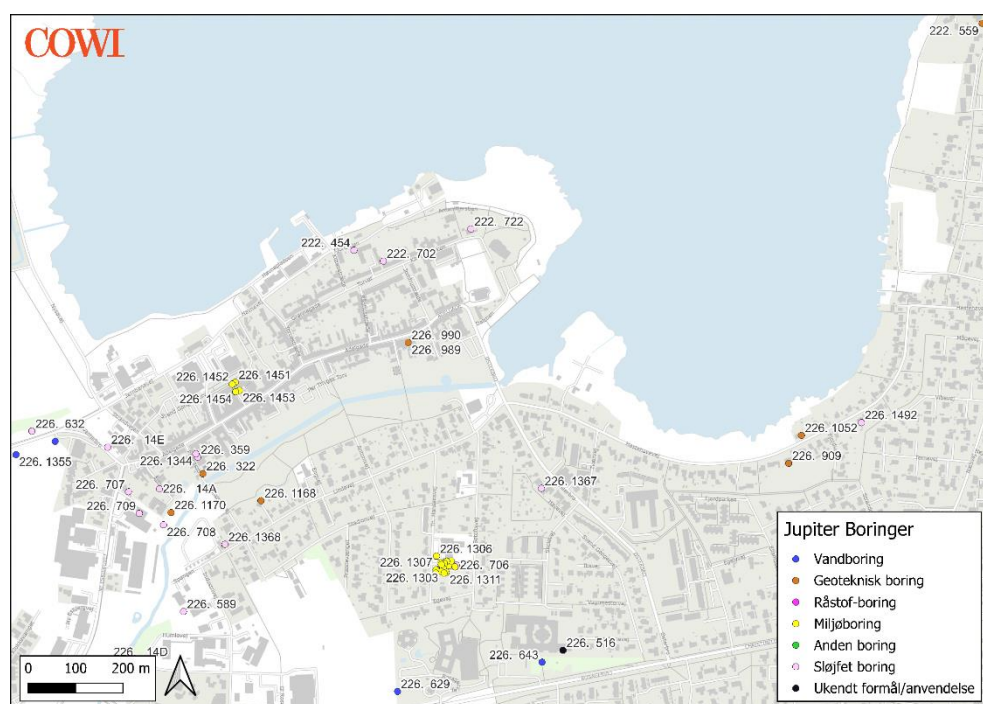


Figur 2-14 GEUS jordartskort 1:25.000. Kortet indeholder data fra (GEUS, u.d.).

Saltvandssand- og grus har en høj vandføringsevne, hvilket betyder, at der kan forekomme indsvivning af vand gennem jordlagene under en fremtidig

højvandssikring i forbindelse med højvands- og stormflodshændelser. Det er derfor også vigtigt, at der anlægges langsgående dræn bagved højvandssikringen, i form af grøfter/lavninger, som kan sikre, at vand, der samles bagved højvandsbeskyttelsen, kan afvandes.

Områdets underliggende jordlag er undersøgt ud fra data fra Jupiter borer. Lokationen af disse er illustreret på Figur 2-15.



Figur 2-15 Jupiter (national boringsdatabase) - borer foretaget i Præstø nær projektområdet.
Kilde: (GEUS, u.d.) og (Klimadatastyrelsen, u.d.).

En foreløbig overordnet screening af borerprofiler i projektområdet viser at i områdets vestlige del består de øverste kystnære jordlag af sand og grus, mens de underliggende lag (efter ca. 1 Meter Under Terræn - herefter m.u.t) primært består af organiske materialer, som tørv og gytje.

Nær Tubæks udløb findes muld i de øverste jordlag, mens der fra 1 m.u.t. findes ler. I området langs kysten ved Hestehavevej består den øverste meter jord primært af muld bestående af ler/sand med stedvise større sten, mens der herunder findes moræneler.

Flere af borerne ligger langt fra projektområdet, mens det kun er enkelte borer der indeholder boreprofiler, og der er derfor behov for yderligere viden om de geotekniske forhold.

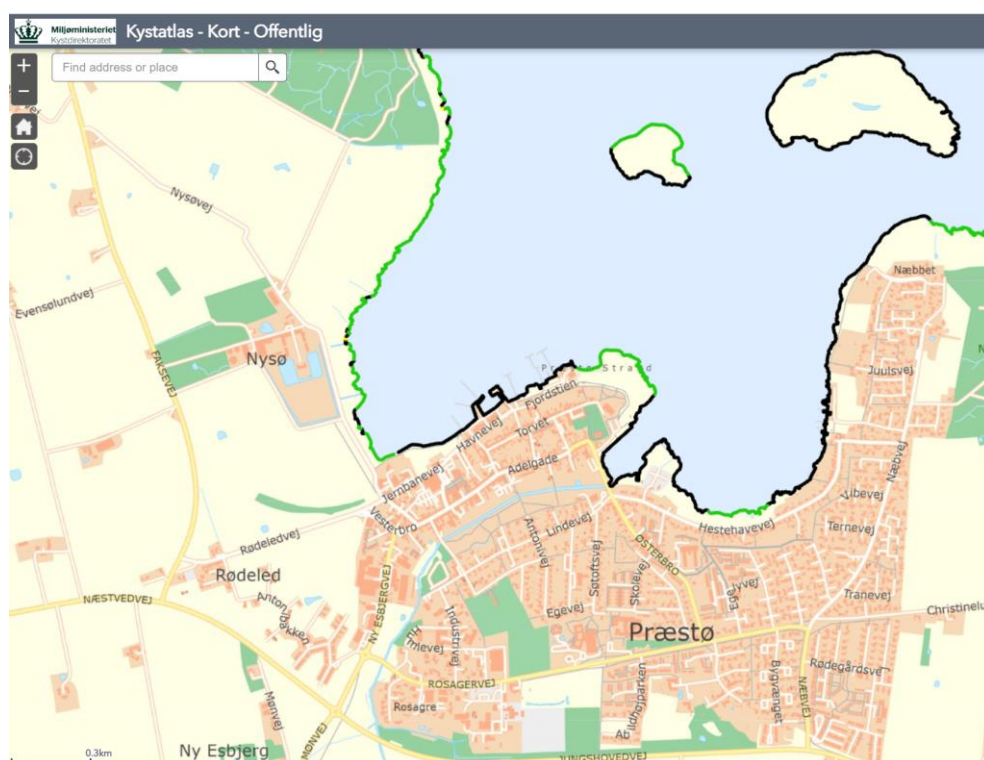
Det anbefales at der i projektets næste fase udføres geotekniske undersøgelser til kortlægning af jordlagene og vandgennemtrængningsevnen, samt til fastsættelse af funderingsforholdene.

2.3 Kysten

Kysten ved Præstø er karakteriseret som en tilgroningskyst i Kystdirektoratets Kystatlas (Kystdirektoratet, 2024). Tilgroningskyster er kendetegnet ved lav bølgepåvirkning – som jo netop giver Præstø den unikke naturhavns status.

I kystatlas er den kroniske erosion desuden angivet. For kyststrækningen ved Præstø er det markeret med lille erosion (i kystatlas defineret som en kyst, der er enten stabil eller med lille erosionspres) på dele af strækningen, og fremrykning på andre dele.

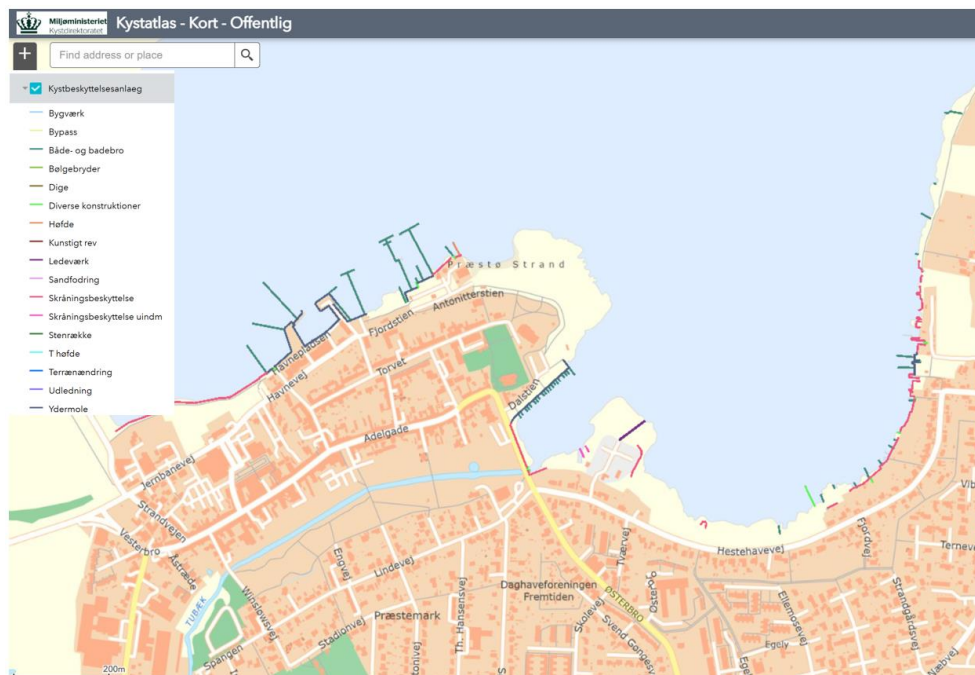
Den akutte erosion i området er angivet til lille. Det er kendetegnende for kysttypen, der er karakteriseret ved begrænset bølgebølgepåvirkning, sjældent samtidighed mellem høj vandstand og bølger, dvs. ofte områder med fralandsvind.



Figur 2-16 Kronisk erosion ved Præstø. Grøn angiver kystfremrykning, sort angiver lille kronisk erosion. Kortet er et udklip fra Kystdirektoratets Kystatlas (Kystdirektoratet, 2024).

Der er eksisterende anlæg og kystbeskyttelses anlæg på kyststrækningen, bl.a. i form af bade- bådebroer, skråningsbeskyttelse, københavnervægge, ydermoler og ledeværk, se Figur 2-17.

Langs Hestehavevej er der etableret københavnervægge (fremgår som skråningsbeskyttelse fra kortet) som flere steder fremstår i mere eller mindre ringe stand og derved alligevel bør udskiftes indenfor en årrække, se også Figur 2-12.



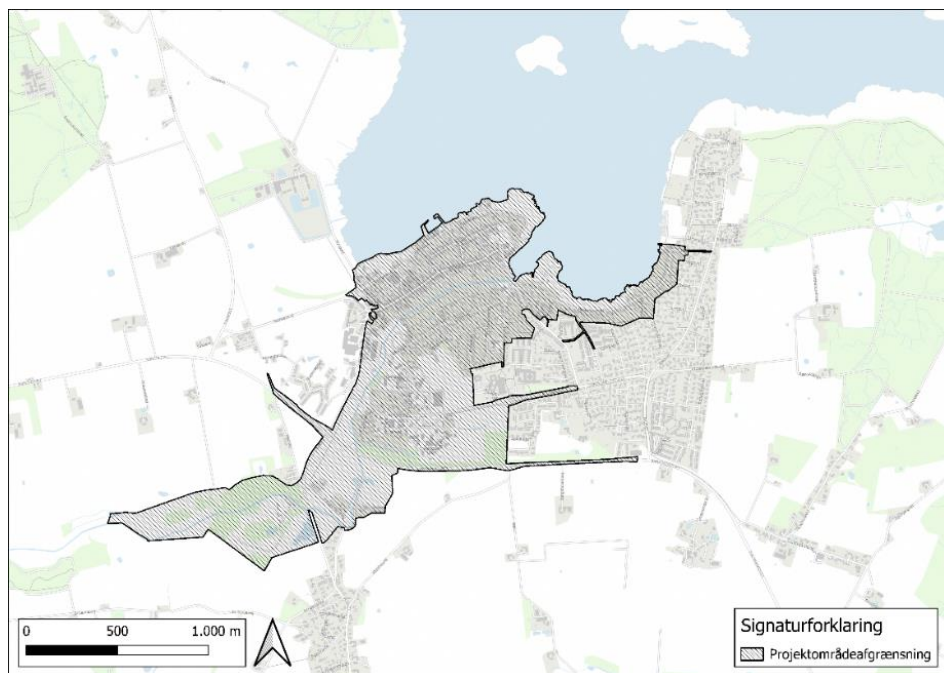
Figur 2-17 Kystbeskyttelsesplanlæg. Udklip fra Kystdirektoratets Kystatlas (Kystdirektoratet, 2024).

2.4 Projektafgrænsning

Til optegning af projektafgrænsningen anvendes de matrikler, der bliver påvirket ved en ydre vandstand på 2,5 m DVR90.

Der findes matrikler indenfor projektafgrænsningen, der ikke bliver direkte påvirket fordi de ligger højt nok, men for at have et samlet projektområde, medtages disse i området.

Området optegnes, så det grænser helt ud til kysten. Afgrænsningen kan ses optegnet i Figur 2-18. Projektafgrænsningen kan tilpasses efterhånden som ny viden tilgår.



Figur 2-18 Afgrænsning af projektområde baseret på oversvømmelsestruede matrikler. Kortet indeholder data fra (Klimadatastyrelsen, u.d.).

2.5 Natur

I dette afsnit præsenteres overordnet den beskyttede natur, fredninger mv., der er at finde inden for og nær projektområdet. Screeningen er foretaget på baggrund af eksisterende kortmateriale og begrænset datagrundlag, hvorfor det forventes at være nødvendigt med fysisk besigtigelse i projektets næste faser.

2.5.1 Natura 2000-område

Natura 2000-område N168, Havet og kysten mellem Præstø Fjord og Grønsund, ligger tæt på projektområdet, se Figur 2-19. Natura 2000-området dækker et samlet areal på cirka 33.000 ha, hvoraf 28.623 ha udgøres af havareal. Området er klassificeret som habitatområde H147, der omfatter havet og kysten mellem Præstø Fjord og Grønsund, samt fuglebeskyttelsesområderne F84 (Ulvhund, Grønsund og Fanefjord) og F89 (Præstø Fjord, Ulvshale, Nyord og Jungshoved Nor). Det ligger primært i Vordingborg, Faxe og Næstved Kommuner, med en mindre del i Guldborgsund Kommune. Hele området ligger inden for vandområdedistrikt Sjælland og indgår i den marin-baltiske region under Havstrategidirektivet.

Natura 2000-området er specielt udpeget til beskyttelse af en bred vifte af marine og kystnære habitatnaturtyper, herunder de marine naturtyper såsom sandbanker, mudder- og sandflader, samt bugter og vige. Desuden omfatter det terrestriske naturtyper som strandenge og strandvolde med enårige planter.

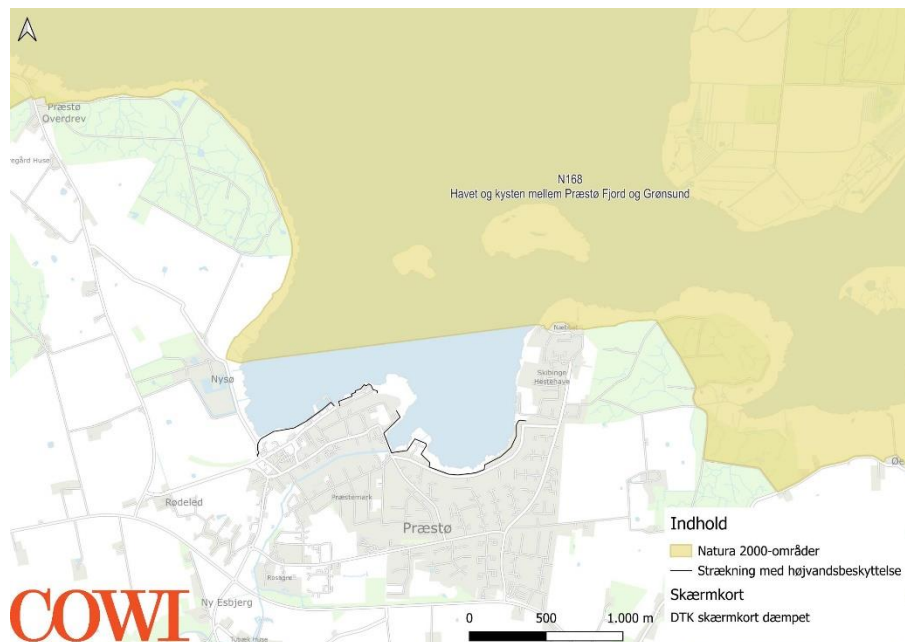
Natura 2000-området tjener også til beskyttelse af yngle- og trækfugle. Blandt dem er kolonirugende kystfugle som klyder og split-terner samt engfuglen brushane.

Derudover passerer trækkende vandfugle området og bruger det som spisekammer på deres rejse nord- eller sydpå, bl.a. spidsand og pibeand.

De varierende marine strømforhold bidrager til et forskelligartet kystlandskab. På flere steder, især ved Ulvshale-Nyord og Præstø Fed, er der dannet krumodder med rullestensstrandvolde og klitter samt finkornede vader, hvor strømmene skaber læ.

Det vil være nødvendigt at udarbejde en vurdering af om arter og naturtyper på udpegningsgrundlaget kan blive påvirket af projektet, i form af en væsentlighedsvurdering.

For mere information om Natura 2000-området og dets udpegningsgrundlag henvises til (Miljøministeriet, 2023).



Figur 2-19 Natura 2000 område N168 samt skitsering af projektstrækning for den ydre kystbeskyttelse. Kilde: (Miljøstyrelsen, u.d.) og (Klimadatastyrelsen, u.d.).

2.5.2 Bilag IV-arter og fredede arter

Bilag IV-arter fremgår af habitatdirektivets bilag IV. Bilag IV-arter er særligt beskyttede arter, og der er bl.a. forbud mod at beskadige deres yngle- og rastområder og forsætligt at slå dem ihjel.

Alle arter af flagermus er på habitatdirektivets bilag IV. Der er inden for de seneste 10 år registreret otte arter af flagermus nær projektområdet (arter.dk) (brun langøre, syd-, vand-, dam-, dværg-, trolde-, skimmel- og brunflagermus).

Der er en enkelt registrering af bilag IV-arten løvfrø (arter.dk).

Der er også registreret flere arter af fugle, som er på udpegningsgrundlaget for det nærliggende fuglebeskyttelsesområde F89 og på fuglebeskyttelsesdirektivets bilag I.

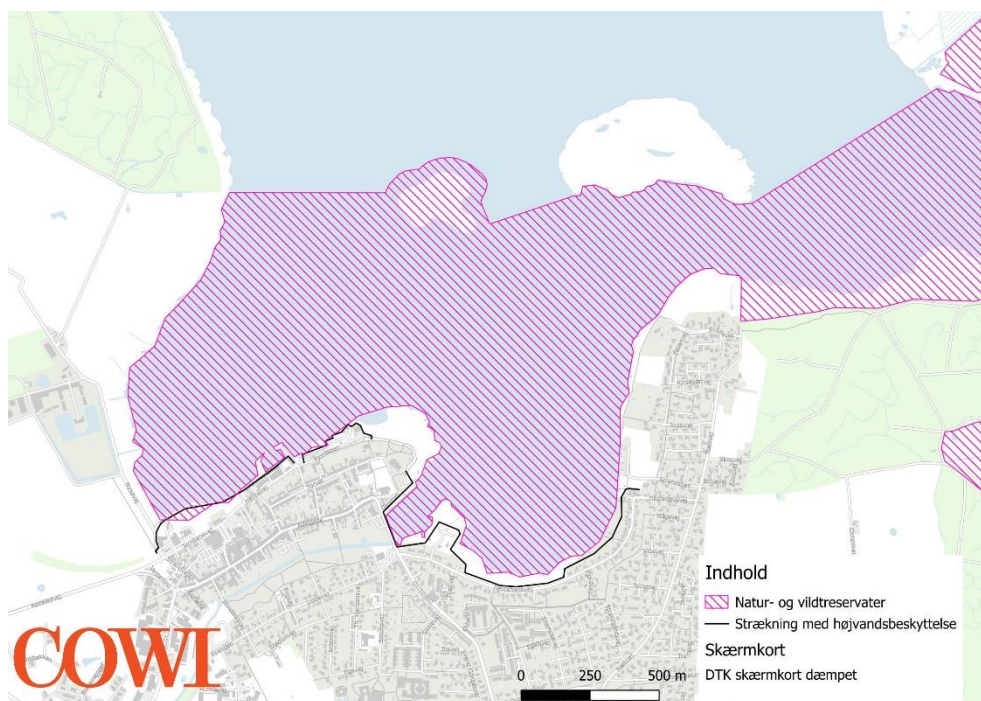
Artsfredningsbekendtgørelsen omfatter regler for beskyttelse af fredede dyr og planter. De fredede dyr må ikke samles ind eller slås ihjel, og de fredede planter må ikke fjernes fra det sted, hvor de vokser. Alle vilde pattedyr og fugle er fredede. Desuden er alle krybdyr og padder samt 42 arter af insekter og to arter af muslinger beskyttet af artsfredningen.

De fredede arter natlyssværmer, snog, lille vandsalamander, butsnudet- og grøn frø, skrubtudse og vinbjergsnegl er registreret i eller i nærheden af projektområdet inden for de seneste 10 år (arter.dk; naturbasen.dk).

Projektområdet skal undersøges for forekomst af særligt beskyttede arter og bilag IV-arters leve- og rastesteder før projektstart, for at kunne vurdere, om der vil ske en påvirkning af arterne eller deres levesteder.

2.5.3 Natur- og vildtreservater

Vildtreservater er områder, som er udpeget i medfør af jagt- og vildtforvaltningsloven, med det formål at beskytte og styrke vildtlevende bestande af fugle og pattedyr. Vildtreservatet Præstø Fjord, udpeget til sikring af trækfuglene i området, grænser op til kyststrækningen se Figur 2-20.



Figur 2-20 Natur- og vildtreservater. Kilde: (Miljøstyrelsen, u.d.) og (Klimadatastyrelsen, u.d.).

2.5.4 Beskyttede naturtyper

Inden for projektområdet er der registreret §3 beskyttede naturtyper i form af eng og strandeng, se Figur 2-21. Det vil sige, at områderne er beskyttet efter naturbeskyttelseslovens §3. Beskyttelsen af naturtyper i henhold til naturbeskyttelseslovens §3 gælder så snart et givent naturområde opfylder definitionerne i naturbeskyttelsesloven. Det er altså ikke en forudsætning at områderne er registreret på Danmarks Arealinformation, for at de er beskyttet.

Dele af områderne registreret som strandeng fremstår plejede og med græsbevoksning. Inddragelse af arealer inden for naturbeskyttede områder kræver dispensation fra Naturbeskyttelseslovens §3. Dispensationspraksis er restriktiv og for nødvendige indgreb stilles oftest vilkår om etablering af erstatningsnatur med et areal der er ca. 2 gange så stort som det inddragede og i samme kvalitet eller bedre.

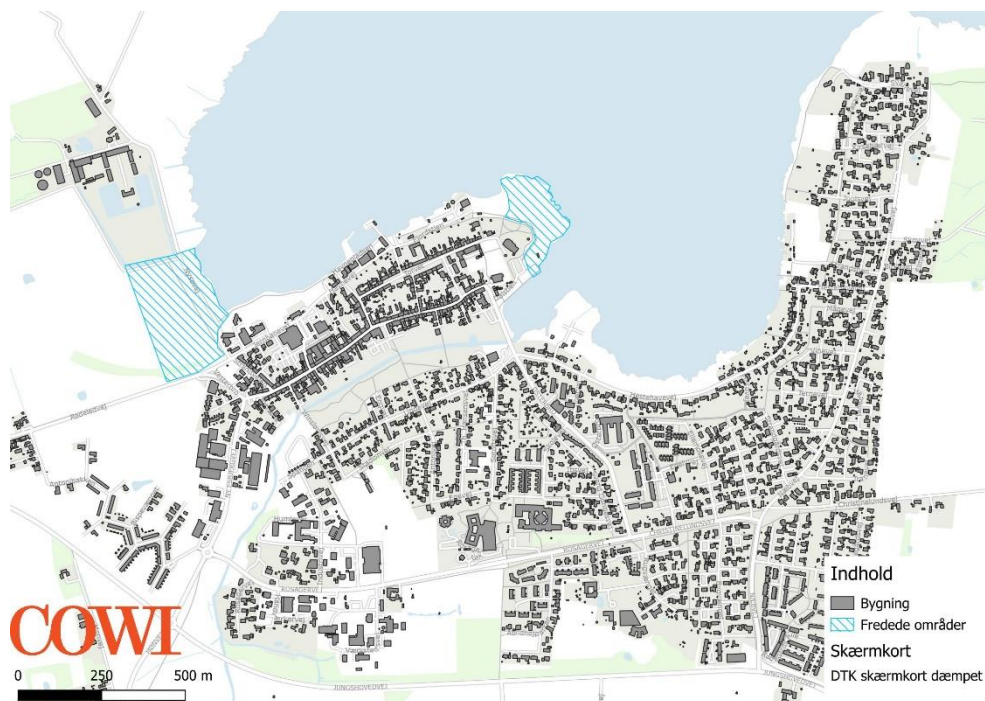
Den seneste besigtigelse af strandengen er fra 2009 og en ny besigtigelse kan være nødvendig for at kortlægge kvaliteten af naturarealet inden for projektområdet.



Figur 2-21 §3 beskyttede naturtyper samt skitsering af kyststrækning (sort streg), hvor der planlægges etablering af ydre højvandsbeskyttelse. Kilde: (Danmarks Miljøportal, u.d.) og (Klimadatastyrelsen, u.d.).

2.5.5 Åbeskyttelse

Naturbeskyttelseslovens § 16 indeholder en generel beskyttelse af landskabet inden for 150 m fra søer og åer.

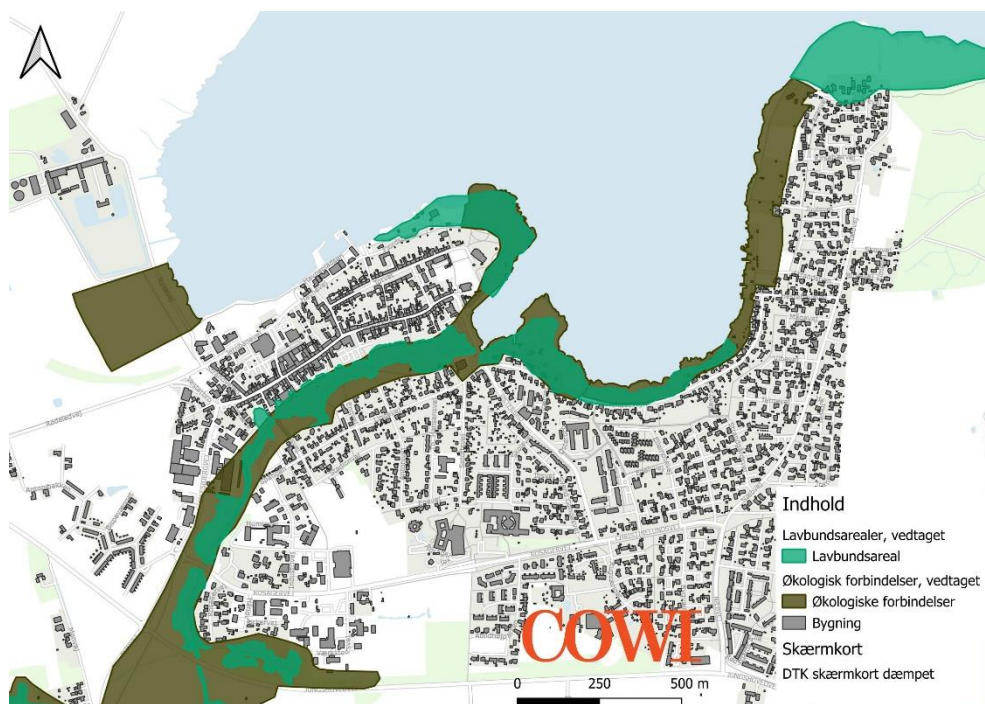


Figur 2-23 Fredede områder. Kilde: (Danmarks Miljøportal, u.d.) og (Klimadatastyrelsen, u.d.).
(Plan- og Landdistriktsstyrelsen, u.d.)

2.5.7 Lavbundsarealer og økologiske forbindelser

Lavbundsarealer er lavtliggende områder præget af naturlig høj grundvandsstand. Det er fugtige områder, hvor jorden ofte har et højt organisk indhold. Store dele af projektstrækningen er udpeget lavbundsareal se Figur 2-24.

Store dele af projektstrækningen er også udpeget økologisk forbindelse. Økologiske forbindelser beskriver ledelinjer og korridorer, der sammenbinder et netværk af naturområder.



Figur 2-24 Lavbundsarealer og økologiske forbindelser. Kilde: (Plan- og Landdistriktsstyrelsen, u.d.) og (Klimadatastyrelsen, u.d.).

2.5.8 Strandbeskyttelseslinje

Strandbeskyttelseslinjen omfatter strandbredden og arealet op til 300 meter bag strandbredden se Figur 2-25. Formålet med naturbeskyttelseslovens § 15 er at bevare de åbne kyster og de landskabelige, naturmæssige og rekreative værdier, der er knyttet til kysterne. Det er tilladt at udføre kystbeskyttelse inden for strandbeskyttelseslinjen, når der er indhentet tilladelse hertil efter kystbeskyttelsesloven.



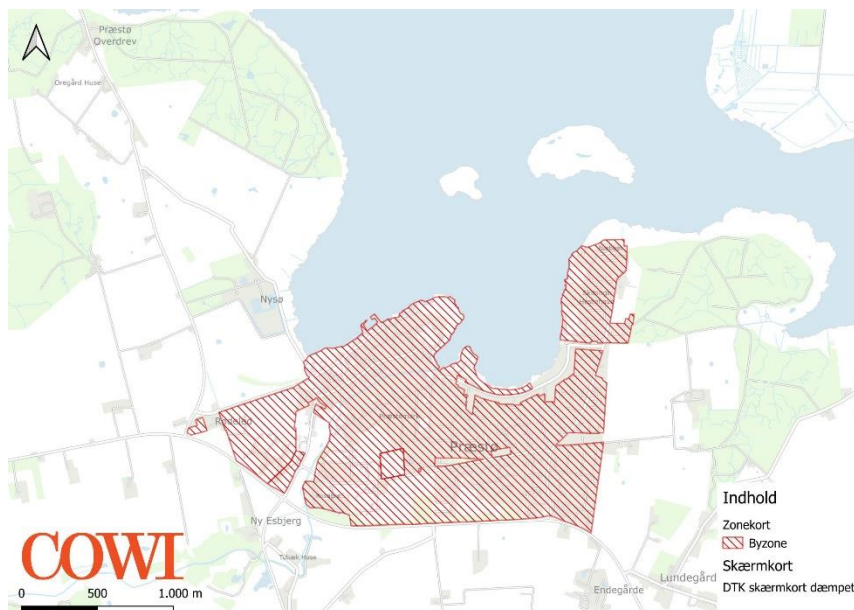
Figur 2-25 Strandbeskyttelse. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.).

2.6 Andre forhold

I de følgende afsnit beskrives andre forhold inden for projektområdet overordnet. Der er ikke hentet LedningsRegistrerings-oplysninger / LER-oplysninger som del af denne gennemgang, men det vil være nødvendigt at indhente i forbindelse med udarbejdelsen af dispositionsforslaget for at afsøge, om der kan være konflikter med nedgravet infrastruktur. Ligeledes er der ikke udført en gennemgang af lokalplaner mv, men dette bør også foretages senere i processen.

2.6.1 Zonekort

Størstedelen af projektområdet er udpeget byzone, se Figur 2-26. Områder, der ikke er markeret med rød skravering på kortet, hører under landzone.



Figur 2-26 Zonekort, der viser udbredelsen af byzone med rød skravering. Kilde: (Plan- og Landdistriktsstyrelsen, u.d.) og (Klimadatastyrelsen, u.d.).

2.6.2 Kirkebyggelinje

Formålet med kirkebyggelinjen er at beskytte kirker mod, at der opføres bebyggelse, der kan virke skæmmende på kirkerne eller hindre, at kirkerne er synlige i landskabet. Efter bestemmelsen er det forbudt at opføre bebyggelse, som er over 8,5 m højt inden for 300 meter fra en kirke, se Figur 2-27. I tilfælde, hvor kirken er omgivet af bymæssig bebyggelse i hele beskyttelseszonen, gælder forbuddet ikke. Kommunalbestyrelsen kan dispensere fra kirkebyggelinjen.



Figur 2-27 Kirkebyggelinje. Kilde: (Danmarks Miljøportal, u.d.) og (Klimadatastyrelsen, u.d.).

2.6.3 Fredede bygninger

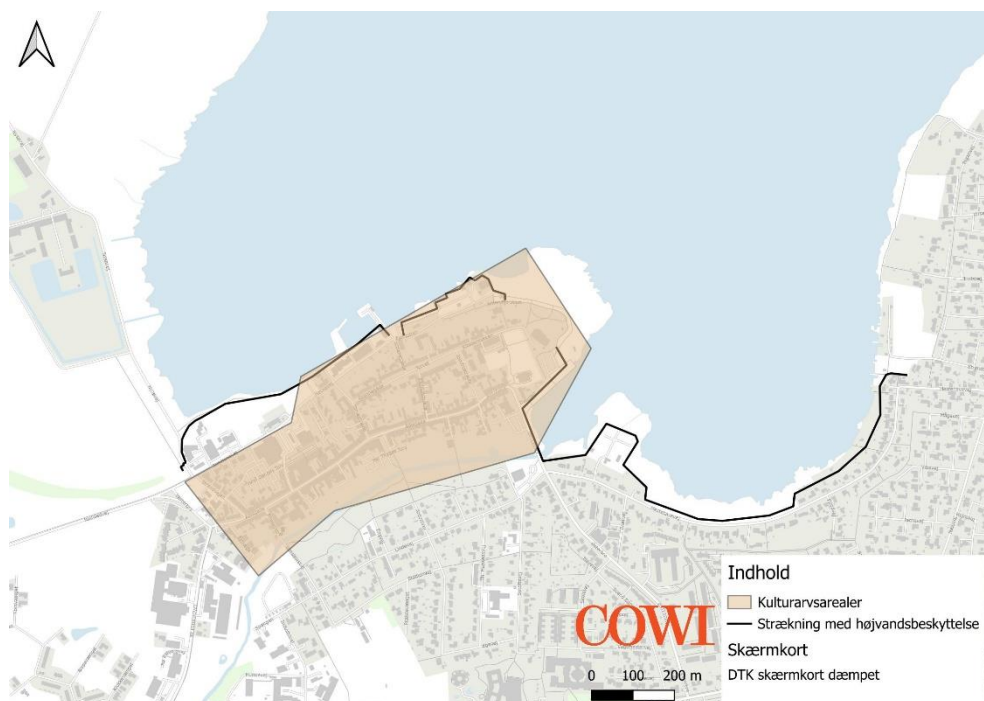
Et antal bygninger langs med Præstø Havn er fredede, se Figur 2-23. Bygninger fredes hvis de har arkitektoniske, kulturhistoriske, miljømæssige og/eller historiske kvaliteter af national betydning. For fredede bygninger gælder det, at man skal søge om tilladelse, hvis man vil foretage ændringer på bygningen. Det skal undersøges i projektets næste fase om løsningerne kan være i strid med fredningerne.



Figur 2-28 Fredede bygninger. Kilde: (Slots- og Kulturarvsstyrelsen, u.d.) og (Klimadatastyrelsen, u.d.).

2.6.4 Kulturarvsarealer

Et kulturarvsareal er et kulturhistorisk interesseområde med skjulte fortidsminder. Kulturarvsarealer er ikke sig selv fredede. En del af Præstø By er udpeget som kulturarvsareal, se Figur 2-29.



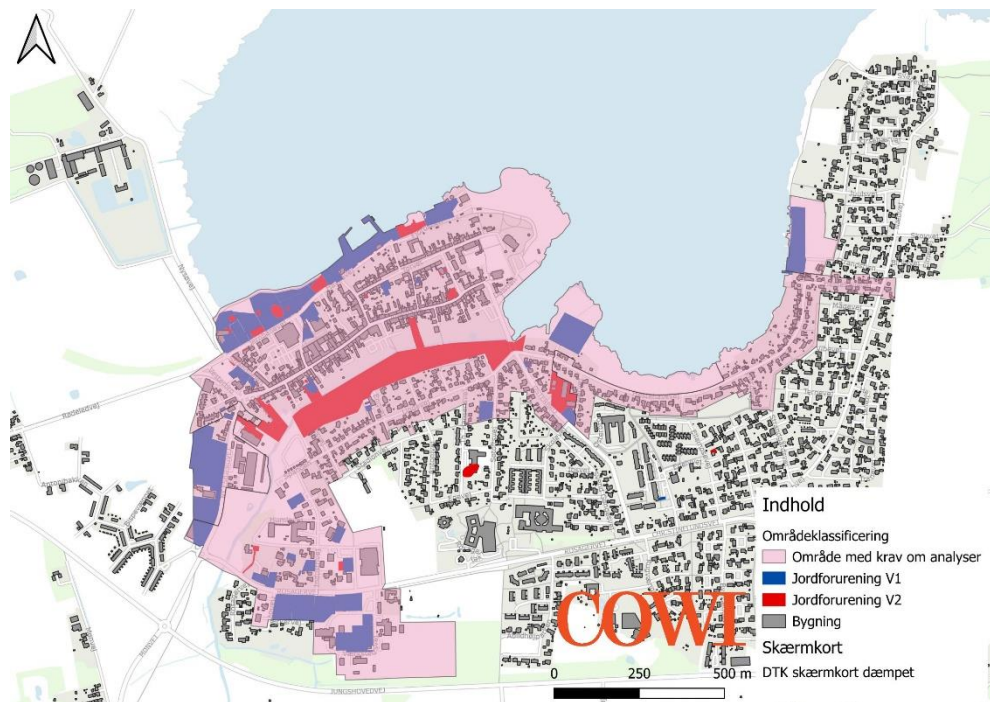
Figur 2-29 Kulturarvsareal. Kilde: (Slots- og Kulturarvsstyrelsen, u.d.).

2.6.5 Jordforurening

Når der er kendskab til aktiviteter, som kan have været kilde til jordforurening på et areal, betegnes arealet som kortlagt på vidensniveau V1. Når et område er udpeget som V1, kan man med undersøgelser af- eller bekræfte mistanken. Hvis analyser viser, at der er forurening på det pågældende areal, kortlægges den som V2. Områdeklassificerede areal er områder, hvor jorden antages at være lettere forurenet.

På Figur 2-30 er vist overblikskort over jordforurenede arealer. Ved anlæg af højvandsbeskyttelse inden for V1 (blå) og V2 (rød) kortlagte arealer, og/eller områdeklassificering (lyserødt på kort), skal der tages højde for, hvordan jorden i området håndteres ifm. anlæg for at undgå spredning af forurenede jord.

Jordhåndteringen og aktiviteter med flytning af jord skal ske efter gældende lovgivning, se jordforureningsloven og miljøbeskyttelsesloven.

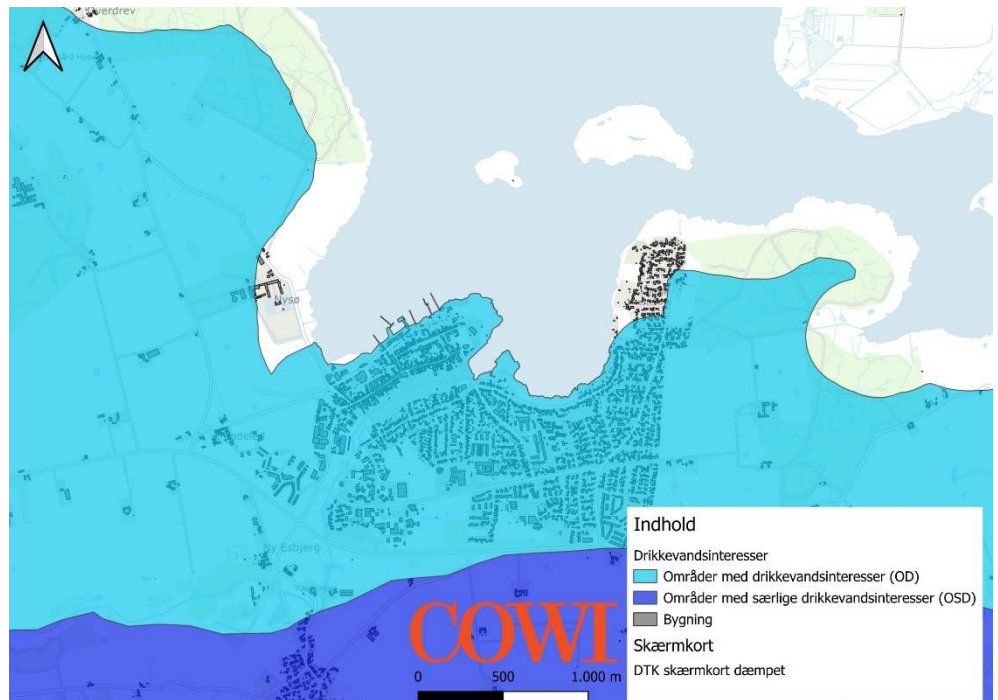


Figur 2-30 Overblik over jordforurening V1 og V2 samt områdeklassificering. Kilde: (Danmarks Miljøportal, u.d.) og (Klimadatastyrelsen, u.d.).

2.6.6 Drikkevandsinteresser

Projektområdet ligger inden for et område udpeget som drikkevandsinteresse, se Figur 2-31. Drikkevandsinteresser er områder, der har, eller kan have, betydning for vandindvinding til vandværker og erhverv.

Ved etablering af højvandsbeskyttelse skal det undgås, at der kan forekomme forurening af magasinerne med drikkevand under projektområdet.



Figur 2-31 Drikkevandsinteresser. Kilde: (Miljøstyrelsen, u.d.).

3 Designgrundlag og kystbeskyttelsesmetoder

3.1 Stormflodshændelser og højvandsstatistikker

Stormfloden d. 13. november 1872 medførte historisk høje vandstande langs de danske og tyske østersøkyster. I flere dage op til stormfloden, havde der været hårdt vejr med kraftige vestenvinde. Den 11. november vender vinden og fastfryses mellem et kraftigt højtryk over Nordskandinavien og et dybt lavtryk i det nordlige Tyskland. Vinden tiltager i styrke og kulminerer i en orkan den 13. november 1872. Vandet fra den østlige del af Østersøen presses mod de danske og nordtyske østersøkyster og medfører ekstreme stormflodsvandstande, nogle steder på mere end 3 meter (Kystdirektoratet, april 2011).

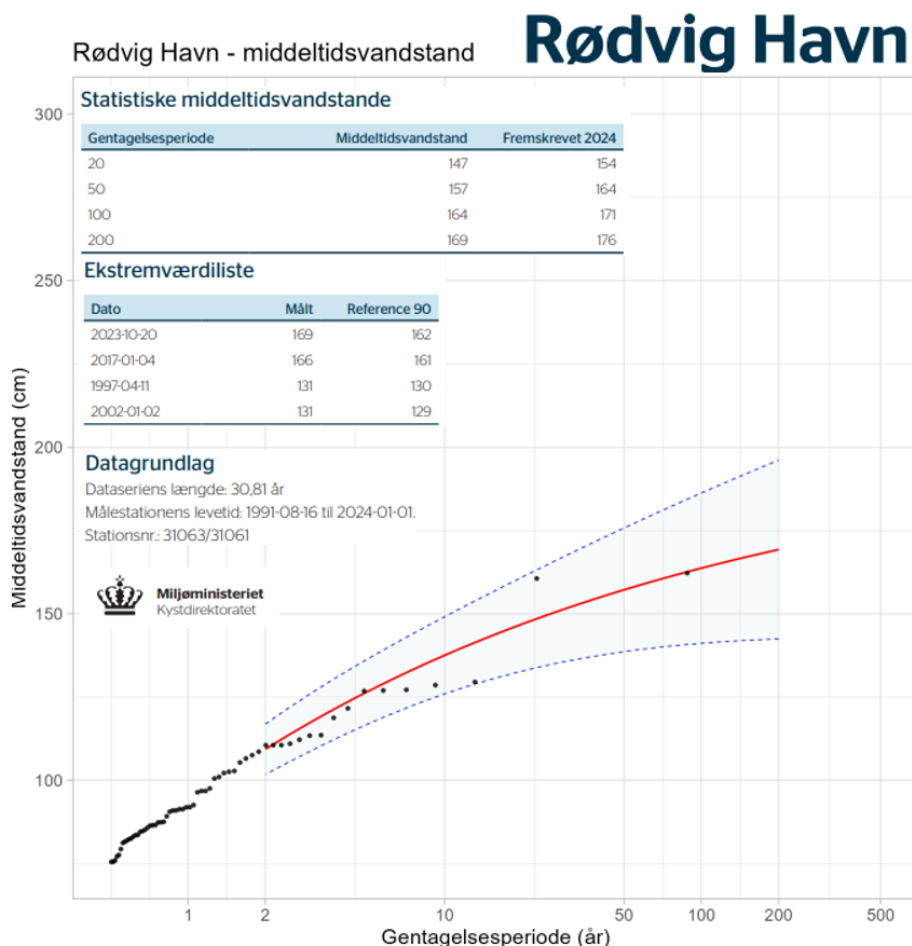
Stormfloden i 1872 er af Kystdirektoratet angivet til at have medført maksimalvandstand på omkring 270 cm DVR90 (trendfri) ved Feddet i Præstø (Kystdirektoratet, april 2011).

Den stille stormflod i 2017 blev i Rødvig målt til 166 cm DVR90 og i Præstø Havn nåede vandstanden op i tilsvarende maksimalhøjde. Stormfloder, som den stille stormflod, indtræffer som følge af en længevarende periode med kraftig vestenvind, der presser vand gennem bælteerne som ophobes i den Botniske Bugt i den østlige ende af Østersøen. Der opstår herved en gradient i vandspejlet op gennem Østersøen. Når vinden aftager eller skifter til nordøstlig retning kommer der et tilbagekvulp (kaldet seich). Herved stiger vandstanden langs dele af de danske Østersøkyster og i bælteerne, heriblandt i Faxe Bugt selvom det blæser fra stik nord.

Stormfloden d. 20. – 21. oktober 2023 (i Tyskland navngivet Babet og derefter adapteret til Danmark) opstod som følge af, først en vedholdende vestenvind, der pressede ekstra vand ind i Østersøen og efterfølgende en kraftig langvarig tiltagende østenvind mellem to trykssystemer, som kulminerede sent aften d. 20. oktober 2023. Den stormende kuling fra øst pressede det opstuvende havvand i Østersøen mod vestlige kyster og op gennem Lillebælt, og medførte kraftigt forhøjede vandstande langs de sydlige danske kyster under stormfloden. Langs de fleste af de berørte kyster blev der målt de højeste vandstande registreret i nyere tid (DMI, 2023). Den langvarige kraftige vindpåvirkning medførte samtidig stor bølgepåvirkning langs de eksponerede kyststrækninger og i flere havne brød vandstandsmålere sammen under stormen.

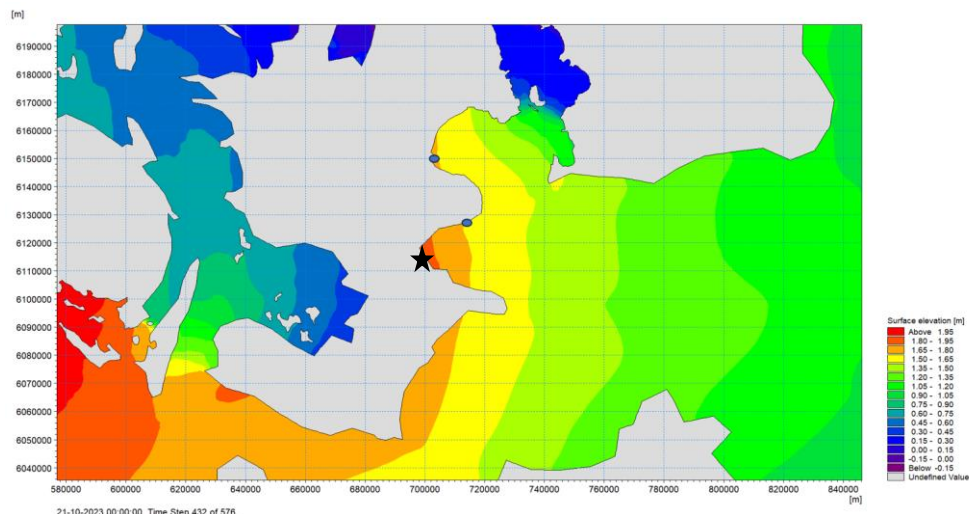
Den nærmeste permanente vandstandsmåler nær ved Præstø ligger i Rødvig Havn. Her blev maksimalvandstanden under oktober stormen målt til 169 cm DVR90. Rødvig Havn ligger i den ydre del af Faxe Bugt, mens Præstø ligger i den indre vestligste del af bugten bag ved halvøen Feddet. I stormsituationer, som under oktoberstormen, vil der derved forekomme en vandstandsgradient på tværs af Faxe-bugten med de højeste vandstande i den vestligste del af bugten. I Præstø målte en af de kommunale ansatte løbende vandstanden med håndholdt GPS. Den højeste vandstand registreret i Præstø var 2,08 m DVR90 kl. 21.50 d. 20. oktober. Vandstanden blev målt ved Tubæk å-slusen.

Måleren i Rødvig Havn målte en maksimal vandstand under stormen Babet på 169 cm DVR90, som er den hidtil højeste registrerede i målerens levetid på ca. 31 år. I Rødvig Havn er den statistiske 100-års middeltidsvandstand beregnet af Kystdirektoratet til 171 cm for år 2024, se Figur 3-1. Bemærk, at de to seneste hændelser er ca. 30 - 40 cm højere end tidligere målte maksimalvandstande. Seneste stormflod registreret til omkring denne vandstandshøjde indtræf i 1904 (DMI, 2023).



Figur 3-1 Kystdirektoratets højvandsstatistik for Rødvig Havn 2024 (Kystdirektoratet, 2024).

En dynamisk model af oktoberstormen foretaget af COWI med MIKE21, se Figur 3-2, viser også tydeligt, at der er en vandstandsgradient ind gennem Faxe Bugt som har forårsaget lokalt højere vandstande end målt i Rødvig Havn. Modelresultaterne stemmer godt over med de håndholdte målinger fra Præstø Havn og derved, at vandstanden lokalt har været ca. 30 – 40 cm højere end i Rødvig.



Figur 3-2 Dynamisk model med MIKE21 af Oktoberstormen 2023. Figuren viser den modellede maksimale vandstand under stormen. De to punkter viser den omtrentlige placering af Køge Havn og Rødvig Havn mens Præstø er angivet med sort stjerne. Kilde: COWI A/S

Ud fra ovenstående faktorer er det vurderet, at vandstanden ved Præstø under stormfloden Babet har været i omegnen af +2,0 til 2,1 m DVR90. Det stemmer også godt overens med bl.a. den observerede vandstand målt med håndholdt GPS under stormfloden, på +208 cm DVR90.

Ovenstående viser, at Kystdirektoratets højvandsstatistik for Rødvig Havn ikke er tilstrækkelig nøjagtig til fastsættelse af passende sikringsniveau for området pga. stuvningseffekten, selvom både Kystdirektoratet og DMI har modelleret vandstande under stormen Babet med tilsvarende maksimalvandstande for området. Dette er fordi, der ikke indgår modellerede eller historiske data i højvandsstatistikken indtil videre og fordi stuvningseffekten i bunden af Faxe bugt ikke vil fremgå af statistikken for Rødvig Havn.

Tillægges den observerede stuvning på 40 cm til Kystdirektoratets statistik for Rødvig på 171 cm (100-års middeltidshændelse i 2024), opnås en vandstand på 211 cm DVR90.

Med baggrund i Kystdirektoratets højvandsstatistik for Rødvig og ovenfor beskrevne stuvningseffekt, vurderes stormflodshøjden ved Babet stormen i 2023, at svare til en hændelse med en returperiode på omkring 100 år ved Præstø.

Sammenholdes den vurderede vandstand på +2,0 til +2,1 m DVR90 med COWIs statistik for Køge Bugt, hvor også historiske data indgår, er en statistisk 100-års middeltidshændelse for denne lokalitet angivet til +209 cm DVR90. Der er indtruffet et antal stormflodshændelser siden statistikken blev udviklet, som ikke er inkluderet i datagrundlaget.

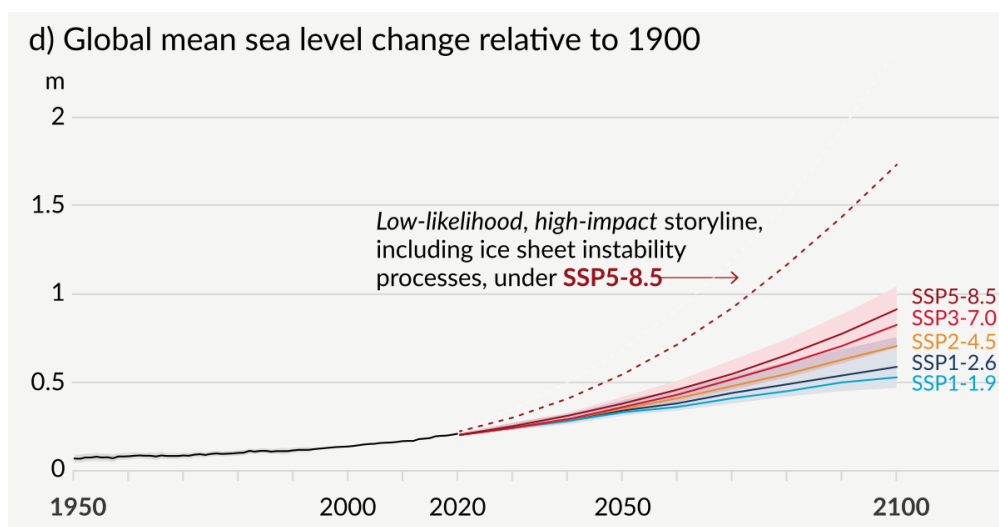
Tabel 3-1 Højvandsstatistik for Køge Bugt (COWI, 2017).

Højvandsstatistik for Køge, 2014	
Returperiode (år)	Vandstand (cm DVR90) i 2014
10	133
20	147
50	174
100	209
250	270
500	321
1000	376

Fordi de to kystlinjer minder om hinanden ift. orientering og kystlinjens udformning (bugt) og mulighed for vandstuvning, vurderes statistikken at være repræsentativ for projektområdet.

3.1.1 Klimatisk havspejlsstigning

Klimaforandringerne mærkes bl.a. ved at vandstanden i verdenshavene stiger, se Figur 3-3. Det skyldes, at der tilføres enorme mængder smeltevand fra indlandsisen på Grønland, Antarktis og fra gletsjere verden over samt, at havene opvarmes, og at vandet derfor udvider sig (thermal ekspansion). Stigningen i middelvandstand er samtidig accelererende, hvilket vil sige, at vandstanden stiger hurtigere og hurtigere, se Figur 3-3.



Figur 3-3 IPCCs seneste fremskrivning for global havspejlsstigning (AR6) for forskellige emissionscenarier for drivhusgasudledning. Nulpunktet er den globale havvandsstand i år 1900. Grafernes buffer illustrerer usikkerheden for hvert scenarie (IPCC, Summary for policy makers, 2021) .

Den forventede relative havspejlsstigning, se Tabel 3-2, er hentet fra DMI's klimaatlas 2024, som DMI har udarbejdet på baggrund af egne data, internationale samarbejder og rapporter fra IPCC.

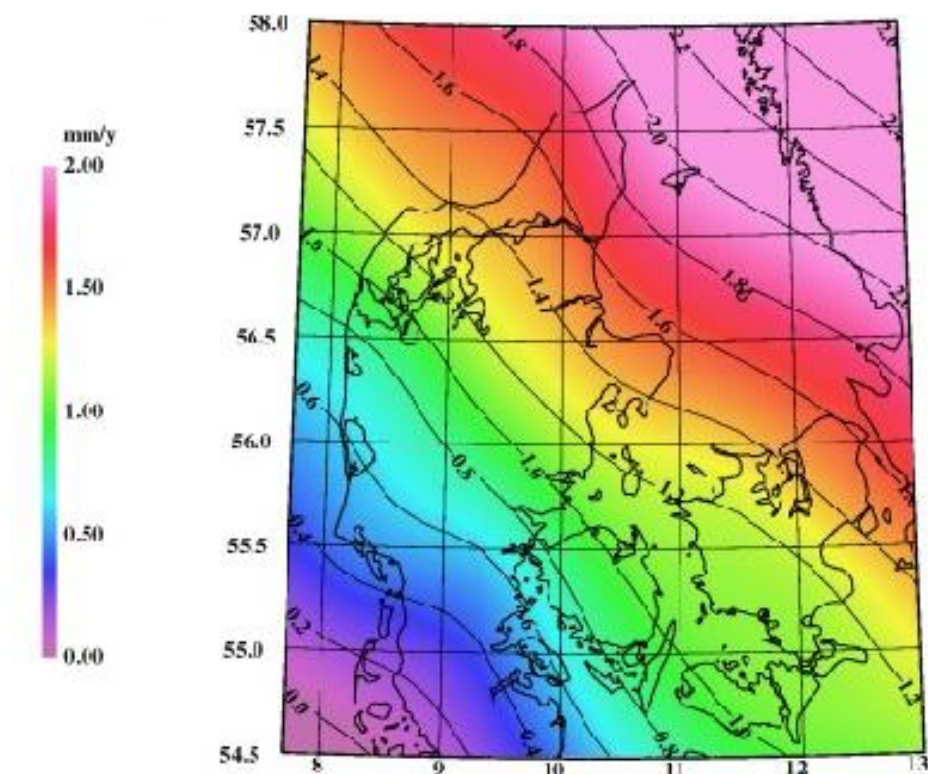
Tabel 3-2 Forventet relativ havspejlsstigning fra DMI klimaatlas, kyststrækning SD7, relativt til referenceperioden 1980-2010. Kilde: (DMI, 2024) Excel-ark: "havniveaustigning (opdelt på kyststrækninger)", set 25.09.2024.

Årstal	DMI havspejlsstigning (cm) SSP5-8.5 50-percentil for år 1990 til 2075	Vandstandstillæg i cm relativt til basisår 2024
2075	+ 46,6	46,6 - 7,3 = + 39,3

3.1.2 Landhævning

Under den seneste istid blev landmasserne i Danmark presset ned på grund af tyngden fra ismasserne. Efter isens afsmeltning begyndte en proces med landhævning, som fortsat foregår. Landhævningen foregår med størst hastighed i de nordøstlige dele af Danmark og med lavest hastighed i Sønderjylland. Landhævningen er med til delvist at modvirke de negative effekter af stigningen i havniveau.

I projektområdet sker der en landhævning på ca. 1,1 mm/år, som vist i Figur 3-4.

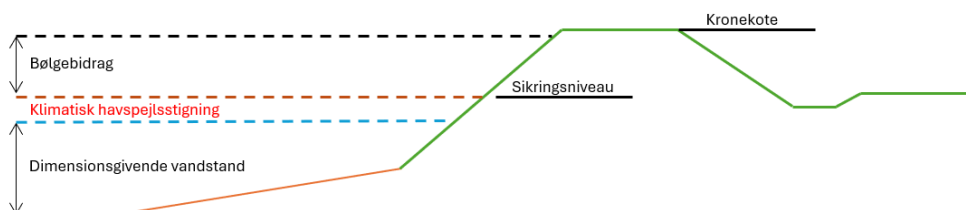


Figur 3-4 Landhævning i Danmark målt i mm per år. Præstø oplever landhævning på ca. 1,1 mm per år. (Miljøministeriet - Kort & Matrikelstyrelsen, 2023)

Landhævning er inkluderet i DMI's beregning af havspejlsstigning, hvorfor værdierne i Tabel 3-2 ikke korrigeres yderligere.

3.2 Sikringsniveau og sikringskote

Sikringskoten og derved kystbeskyttelsens højde beregnes fra sikringsniveauet, der er vandstands niveauet for den valgte statistiske middeltidshændelse (oftest 100 års middeltidshændelse) kombineret med den forventede relative havspejlsstigning inden for kystbeskyttelsens levetid, tillagt bølgebidrag fra pålandsbølger ved maksimalvandstanden for sikringsniveauet, se principskitse Figur 3-5.



Figur 3-5 Principskitse for definering af sikringsniveau og sikringskote (kronekote).

Tabel 3-3 Sikringsniveau og kronekote

Kystbeskyttelse med sikringsniveau svarende til en 100-års hændelse i 2075	
Sikringsniveau	Bidrag
Rødvig 100-års middeltidshændelse + observeret stuvning Hændelse: 100-års hændelse i Køge (COWI 2017)	+ 171 cm DVR90 + 40 cm = 211 cm DVR90 + 209 cm DVR90
Relativ havspejlsstigning (år 2024 - 2075) fra DMI	+ 39 cm
Sikringsniveau	250 cm DVR90
Kronekote ekskl. bølgetillæg	+ 250 cm DVR90

På grund af projektområdets placering i Præstø Bugt, som ligger i læ bag Feddet, samt kystens orientering ift. den dominerende vindretning i højvandssituationer, vurderes den lokale bølgepåvirkning at være relativt lille. Højvandsbeskyttelsen er således indledende udelukkende designet til at modstå et næsten fladt vandspejl til kote 2,50 m DVR90. Senere analyser som numerisk modellering vil afdække om det er nødvendigt med overhøjde på højvandsbeskyttelsen, til håndtering af bølger.

Den potentielle oversvømmelsesudbredelse ved en havvandstand på 2,5 m DVR90 er vist på kortet nedenfor, og er baseret på Havvand på Land, se Figur 3-6



Figur 3-6 Potentiel oversvømmelsesudbredelse ved en havvandstand på 2,5 m DVR90. Havvand på Land. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.).

3.3 Bølgebidrag

For at minimere mængden af vand, der passerer højvandsbeskyttelsen, i tilfælde med samtidighed mellem høj vandstand og pålandsbølger, tillægges højvandsbeskyttelsen ofte en overhøjde i forhold til sikringsniveauet til håndtering af bølger, herved fås kystbeskyttelsens anlægshøjde / kronekote.

Den nødvendige overhøjde på beskyttelsen, under antagelse af ens bølgeeksponering og bølgehøjde, er afhængig af terrænhøjden foran beskyttelsen, hældningen på beskyttelsens forside og dermed også beskyttelsestypen.

Bølger er dybdebegrænsede, og derfor er den maksimale bølgehøjde ved beskyttelsen afhængig af terrænhøjden foran beskyttelsen. Derfor kan man ofte nedjustere den nødvendige overhøjde på højvandsbeskyttelse ved at anlægge dem tilbagetrukket fra kystlinjen højere i terræn og dermed mindre eksponeret mod bølgepåvirkning.

Højvandsbeskyttelsens havværts sideanlæg har også betydning for den nødvendige overhøjde, og kan i mindre grad justeres ved at optimere på denne, hvis der er plads til det og det kan indpasses. Diger der anlægges med en fladt skrånende forside, f.eks. hældning 1:10 tager mere energi ud af bølgerne end et digeanlæg på f.eks. 1:2. Højvandsmure har lodrette facader og derfor vil den nødvendige overhøjde på en højvandsmur typisk være højere end for et dige på samme lokalitet.

Der er ikke beregnet på bølgehøjder som del af dette ideoplæg, men det skal inkluderes i projektets næste faser.

3.4 Nedbør og samtidighed

Den varmere atmosfære i et fremtidigt klima kan indeholde mere vanddamp og derved forventeligt mere nedbør.

Om sommeren i fremtiden forventes andelen af nedbøren som falder som kraftig regn eller skybrud at stige, med efterfølgende forøgelse af tørke-perioder. Allerede nu oplever vi en tendens til, at der kommer samme totale mængde nedbør om sommeren men i højere grad koncentreret som enkelte store regnskyl, afløst af længerevarende tørkeperioder. Denne tendens forventes at fortsætte og eskalere i fremtiden.

Der er mange slags samtidigheder – den mest kritiske samtidighed er normalt ved samtidighed af stormflod/høj ydre vandstand og voldsomt længerevarende nedbør. Her skal bagvandet parkeres eller pumpes ud i havet, så længe slusen er lukket. De forskellige samtidigheder gennemgås her.

Nedbør om sommeren i form af skybrud har normalt ikke sammenfald med stormflod. Derfor fokuseres kun på vinterne nedbør som har stort forventet sammenfald med stormflod eller høj ydre vandstand.

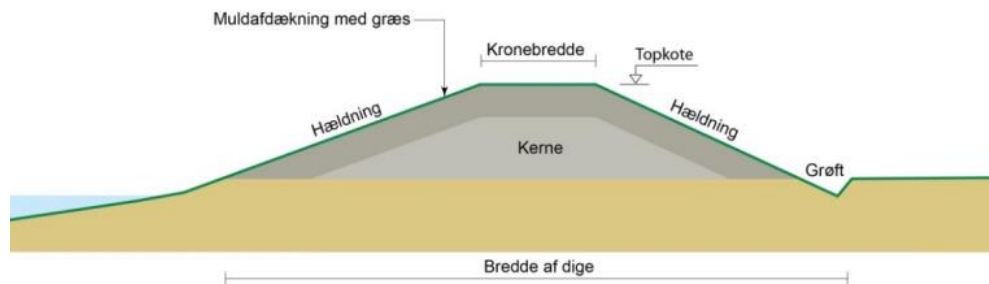
De senere år har flere områder af Danmark oplevet episoder med ualmindelig høj vinterne nedbør – f.eks. 176 mm i februar 2021 i Haderslev samtidig med, at der var længerevarende østenvind og derved lokal høj vandstuvning i området. I fremtiden forventes det, at vinterne nedbøren tiltager, og når havniveauet samtidig stiger og stormfloderne forventes at blive hyppigere og kraftigere – så forventes sandsynligheden for samtidighed af vinterne nedbør og høj vandstand eller stormflod at stige.

Med den forventede stigning i havvandspejlet vil der ske en tilsvarende stigning i det terrænnære grundvand tæt på kysten. Grundvandsstigningen vil give en øget opdrift på kystnære bygninger og andre konstruktioner. Drænedes områder vil dog ikke umiddelbart opleve en 1:1 stigning i grundvandsspejlet ift. havvandstanden, men disse områder vil til gengæld opleve en øget mængde drænvand, der skal bortledes. Tilsvarende vil kloaksystemet opleve en øget indtrængning af grundvand i ledningsnettet, hvis ledningerne ikke er tætte. Der vil i begge tilfælde være behov for en øget bortpumpning af grundvand, hvis det ikke kan accepteres, at grundvandsspejlet i området stiger.

3.5 Kystbeskyttelsestyper

Der arbejdes i idéoplægget med to primære kystbeskyttelsestyper; traditionelle jorddiger og højvandsmure. De to kystbeskyttelsestyper præsenteres i de efterfølgende afsnit.

3.5.1 Jorddige



Figur 3-7 Principtegning af et kystdige (Kystdirektoratet, 2018).

Diger opbygges jf. Kystdirektoratets digebeskrivelse, med for- og bagskråning samt en krone. Diget opbygges med en kerne af sand overlagt af en lerkappe/-membran af 30-50 cm tykkelse. Kappens overside svarer til sikringskoten.

Lerkappen føres ca. 30 - 50 cm ned under terræn på digets for- og bagside for at gøre det mere modstandsdygtigt over for erosion. Endeligt afsluttes diget ved at tilføre et ca. 5 cm tykt muldlag på toppen, hvor der sås græs. Den optimale græsfrøblanding kan oplyses af Kystdirektoratet.

Lerkappe og sandkerne skal opfylde de geotekniske kriterier for digebyggeri.

3.5.2 Højvandsmur

Højvandsmure er en ofte benyttet løsning i by- og havneområder, hvor der er begrænset med plads. Højvandsmure kan integreres godt i bymiljøet og de kan indgå som et rekreativt element på havnefronten, ved bl.a. at tilføre åbninger, der fortsat tillader gående og kørende færdsel, og som kan lukkes beredskabsmæssigt ved varsel om høj vandstand. Muren kan f.eks. udstyres med siddepladser, se Figur 3-8.



Figur 3-8 Højvandsmur i bymæssig bebyggelse giver både højvandsbeskyttelse og mulighed for passage igennem muren via højvandsskot som lukkes ved varsel om stormflod. Foto: Peter F. Klagenberg, COWI.

Højvandsmure er enten konstrueret af præfabrikerede betonelementer og designet med porte eller skotter, der tillader passage i hverdagen, eller in situ-støbes på lokaliteten.

Højvandsmure forankres i frosthøje dybde (ca. 0,9 - 1 m under terræn), men afhængigt af højvandsmurens højde over terræn kan det være nødvendigt med dybere forankring for at kunne håndtere bølger og vands sideværts belastning.

Murens bredde kan teknisk holdes nede på ca. 25 – 30 cm, hvis der kun er stillestående sideværts vandbelastning, men hvis den skal kunne håndtere bølger og risiko for påkørsel med en bil uden at gå i stykker, vil det være nødvendigt at anlægge den bredere, ca. 40 til 50 cm.

Hvor højvandsmure anlægges helt ud til kajkanten, kan det være nødvendigt at anlægge det som københavnergæde, der kan beklædes med f.eks. træ. Det vil være nødvendigt i næste proces-fase at udføre besigtigelse (og evt. styrkevurdering) af havnekanten inden det kan fastslås om det er muligt at opføre en standard højvandsmur, eller om det vil være nødvendigt at anlægge beskyttelsen som københavnergæde.

Den foreløbige vurdering er, at det vil være nødvendigt at anlægge den fremrykkede højvandsmur langs kajkanten som københavnergæde, men det vil kræve yderligere analyser at fastslå og anlægsbudgettet er derfor beregnet for en standard højvandsmur med dybere fundering under terræn. Hvis det viser sig at den fremrykkede højvandsmur skal anlægges som københavnergæde vil det være fordyrende ift. det præsenterede anlægsbudget.

3.5.3 Adgang til og langs med vandet

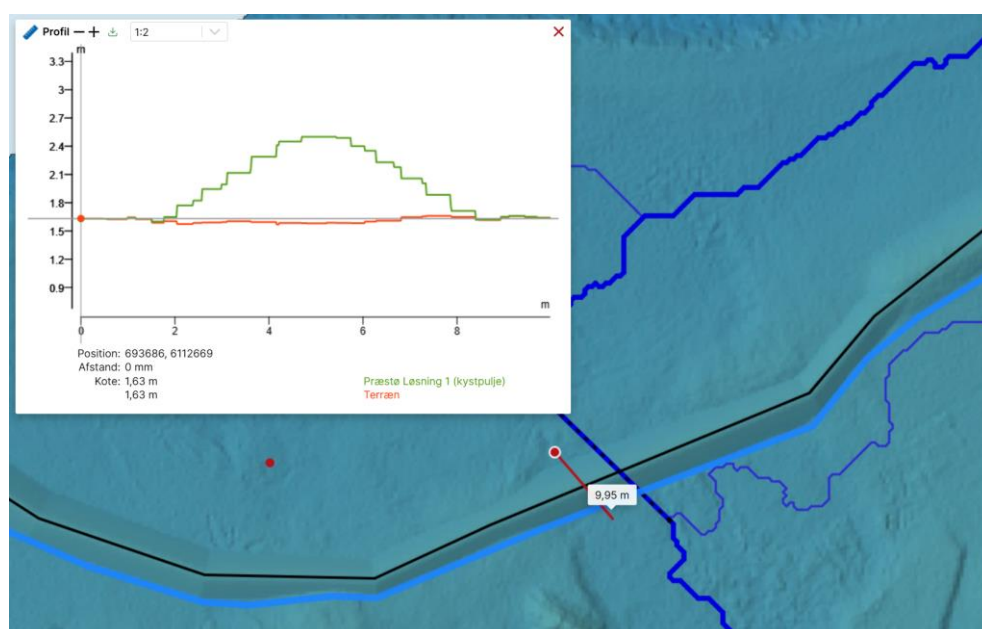
Ved anlæg af højvandsbeskyttelse skal det sikres, at der fortsat er adgang til og langs med vandet i hverdagen.

Ved at anlægge overgange på digerne, hvor der i dag er stisystemer, begrænses dagligdagsfunktionen mindst muligt for brugere af området. Det samme gør sig gældende for højvandsmure, hvor der bl.a. kan etableres højvandsskot, der står åbne i hverdagen og sikrer fortsat passage for gående og kørende trafik. Netop adgangen til og langs vandet er også med til at sikre den fortsatte rekreative udnyttelse af kysten og havnen.

4 Bagvand

Ved anlæggelse af højvandsbeskyttelse skal både vandet, der kan passere beskyttelsen fra fjordsiden (f.eks. i form af bølgeoverskyl) og bagvand fra landsiden håndteres, så det ikke forhindres i at strømme af til fjorden i perioder med almindelige vandstandsforhold.

En del af vandet kan håndteres ved at grave grøfter/lavninger langs med højvandsbeskyttelsens landværtsside og etablere rørgennemføringer med kontraktklapper så bagvandet fortsat kan bortledes ved hverdagsregn, se eksempel i Figur 4-1. På lokaliteterne for disse rørgennemføringer kan det være nødvendigt at grave ud til en pumpeump på digets bagside. Dette vil typisk være nødvendigt på lokaliteter hvor der er et stort topografisk opland til underføringen. Det vil sige et sted hvor beredskabet har mulighed for at opstille mobile pumper til at pumpe bagvand hen over diget ved høj ydre vandstand.



Figur 4-1 Eksempel på område langs diget ved Antonitterstien, hvor der kan oprettes rørgennemføring med kontraktlap. Den lyseblå linje langs digets bagside illustrerer en langs gående grøft til håndtering af bagvand. Den mørkeblå linje viser placeringen af den naturlige strømningsvej, som her føres igennem diget. Et tværsnitsprofil af diget er vist på figuren for den røde linje på kortet. Kort og model er udarbejdet i SCALGO.

Desuden er det vigtigt, at Vordingborg Kommune får afklaret med forsyningen, om der er kontraktklapper i eksisterende udløbsledninger, der sikrer at der ikke kan forekomme tilbageløb under højvandsbeskyttelsen ved høj ydre vandstand. Desuden skal det afklares om der findes nogle udløb som eventuelt skal sikres med pumpe i fremtiden, når det permanente havniveau forventes at stige.

4.1 Tubæk Å

Tubæk Å løber gennem Præstø og afvander til Præstø Fjord. Ved høj vandstand i fjorden lukkes slusen for at undgå oversvømmelser af lavtliggende områder opstrøms langs åen.

Når slusen lukkes begynder åens vand at opstemme på indersiden af slusen. Ved samtidighed mellem høj vandstand i fjorden og høj vandføring i Tubæk å kan der forekomme oversvømmelser af de lavtliggende områder i ådalen, da åen ikke kan komme af med vandet til fjorden, når slusen er lukket. Denne problematik skal håndteres så Præstø kan blive klimasikret.

Der er flere potentielle løsninger for klimasikring af Præstø mod oversvømmelser fra Tubæk Å. I dette afsnit opridses løsningsmulighederne, men der er ikke udført detaljerede undersøgelser/beregninger (heriblandt, statistisk analyse for sammenfald, vandføring inkl. klimatillæg, anlægsomkostninger mv.) for løsningerne. Det anbefales, at der udføres mere detaljerede beregninger i projektets næste fase, ifm. udarbejdelse af dispositionsforslag.

Hertil er det vigtigt i projektets næste faser at få vurderet om broen på tværs af Tubæk Å's udløb er tæt, og om den vurderes at være tæt i hele højvandsbeskyttelsens levetid. Er den ikke det, kan det være nødvendigt at undersøge alternative løsninger for denne strækning, f.eks. nedvibrering af spuns foran broen.

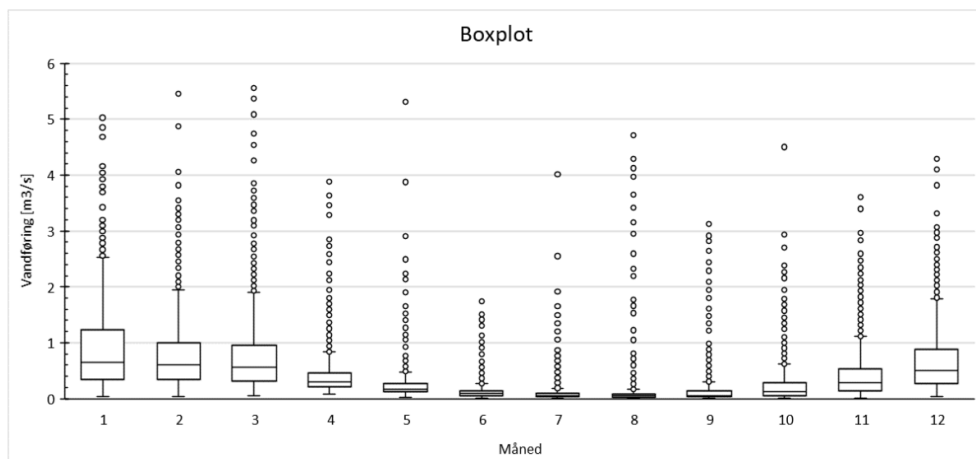
4.1.1 Løsning 1 – Pumpestation ved biblioteket i forbindelse med slusen i Tubæk Å

I højvandssituationer hvor slusen lukkes ved udløbet af Tubæk Å til Præstø Fjord, vil vandstanden i åen gradvist forhøjes. Afhængigt af størrelsen på den aktuelle vandføring, og varigheden hvorover slusen er lukket, kan det give udfordringer med oversvømmelser fra åen. De nederste dele af ådalen vil oversvømmes først og gradvist vil oversvømmelsesrisikoen forskubbes opstrøms i takt med at vandstanden på indersiden af slusen stiger.

Ved at etablere en permanent pumpestation ved biblioteket kan man aktivt styre vandstanden i Tubæk Å, ved at pumpe åvandet til fjorden i stormflodssituationer, hvor slusen er lukket. Ligeledes vil man i situationer med længerevarende højvande i fjorden samtidigt med megen nedbør, kunne vælge at lukke slusen og pumpe åen til fjorden, for derved at sænke vandstanden i åen. Det kan f.eks. være relevant i vintersituationer med længerevarende nedbør.

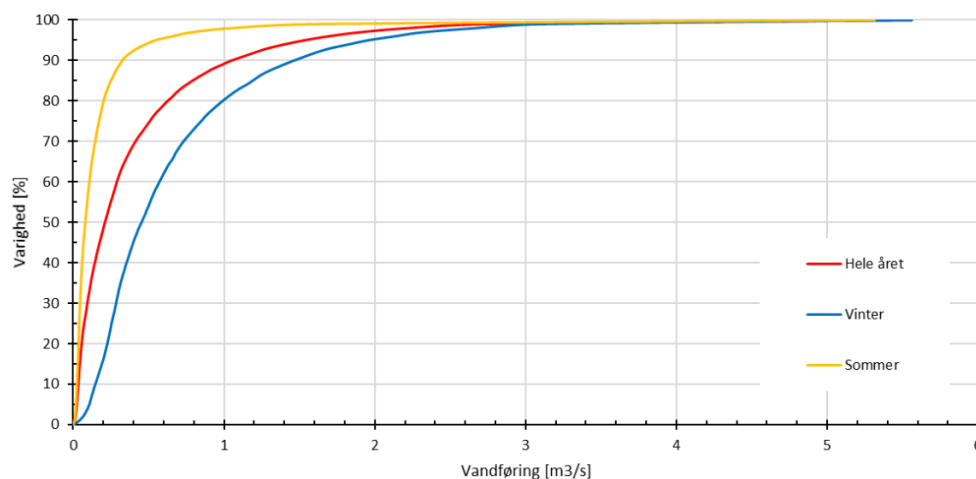
For at kunne vurdere om dette løsningsforslag er muligt og bygbart skal den nødvendige pumpekapacitet bestemmes. Vordingborg Kommune har i forbindelse med genslyngning af Tubæk Å fået udarbejdet en forundersøgelse (Niras, 2021), hvori vandføringen i Tubæk Å systemet er analyseret.

Median maks. afstrømningen er ved Tubæk Mølle målestation, som findes lidt opstrøms Præstø By, opgjort til 3200 l/s. En videre analyse har ligeledes kortlagt afstrømningens forløb over året og resultatet ses af nedenstående Figur 4-2 og Figur 4-3. Som det ses af Boxplottet, forekommer de største afstrømninger i vintermånederne og det tidlige forår med enkelte observationer helt op til 5,5 m³/s. Median afstrømningen er om vinteren 470 l/s mod sommerens median afstrømning på kun 80 l/s. Der er altså stor variation i afstrømningen over året. Af Figur 4-2 fremgår det, at 90% af tiden er afstrømningen om vinteren mindre end 1500 l/s.



Figur 3-8: Boxplot over afstrømninger i Tubæk Å systemet v. målestation Tubæk Mølle (st. nr. 60000036, Tubæk Mølle, Tubæk). Top og bund af box udgør hhv 25 og 75% fraktilen. Prikker udgør enkelthændelser højere end 95% fraktilen. Boxplot beregnet på baggrund af døgnmiddelvandføringsdata fra perioden 1990-2019

Figur 4-2 Boxplot af afstrømningen i Tubæk Å. Kilde: (Niras, 2021).



Figur 3-7: Varighedskurver for afstrømninger i Tubæk Å systemet v. målestation Tubæk Mølle (st. nr. 60000036, Tubæk Mølle, Tubæk). Varighedskurve beregnet på baggrund af døgnmiddelvandføringsdata fra perioden 1990-2019

Figur 4-3 Varighedskurver af afstrømningen i Tubæk Å. Kilde: (Niras, 2021).

Der er ikke udarbejdet en detaljeret statistisk analyse af sandsynligheden for sammenfald mellem stormflod og ekstremafstrømning i åen i dette idéoplæg. Ud fra ovenstående analyser af vandføringen i Tubæk Å, kan der dog gives et realistisk bud på en pumpeydelse. Ligesom for kystsikringen antages det, at dette anlæg også skal dimensioneres for sikring mod en kombinationshændelse (stormflod + høj vandføring) med en gentagelsesperiode på 100 år. Da slusen allerede vil skulle lukke omkring kote $\sim +1\text{m}$, DVR90, vurderes det, at pumperne skal dimensioneres for en median maks. afstrømning, altså ca. 3200 l/s, da sammenfald mellem lukning af sluse og median maks. afstrømning vurderes at have en gentagelsesperiode på ca. 100 år.

Da levetiden på bagvandsløsningen som minimum skal være tilsvarende med levetiden på den ydre højvandssikring, skal pumpen dimensioneres til at kunne håndtere

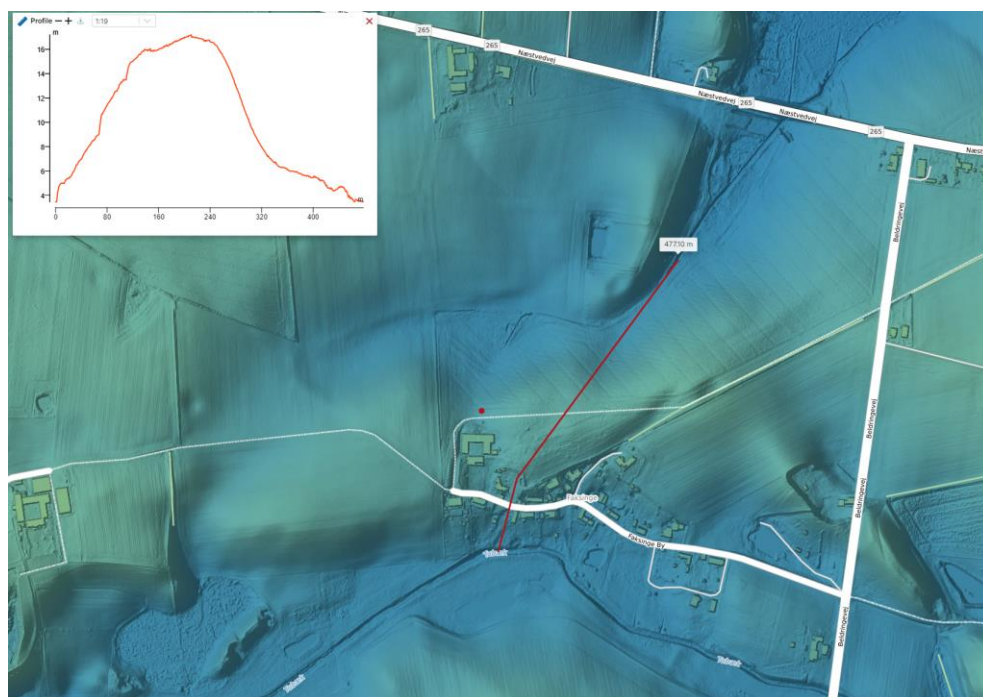
vandføringen i Tubæk Å inkl. et klimatillæg, da der forventes øget vandføring i fremtiden som følge af bl.a. ændrede nedbørsforhold. Den maksimale vinterdøgn-nedbør i Vordingborg Kommune forventes at stige med 23% frem mod år 2100 i RCP8.5 (jf. Klimaatlas, <https://www.dmi.dk/klima-atlas/>). Pumpeydelsen forventes altså at skulle være omkring 3900 l/s hvis også den forventede forøgelse i afstrømning skal medregnes.

Med den vurderede pumpeydelse for løsning 1 på omkring 3900 l/s, vurderes løsningsforslaget bygbar, og der kan findes mange lignende løsninger rundt omkring i landet, som der kan trækkes erfaringer fra. Der er ikke lavet et prisoverslag på løsningen, men det vurderes at koste fra 10-30 millioner kroner.

4.1.2 Løsning 2 – Opstrøms afgrening af Tubæk Å til Even Å

Løsning 2 omhandler etablering af "omløbskanal" opstrøms i Tubæk Å, der kan aktiveres beredskabsmæssigt ved varsel om stormflod, hvor slusen ved Præstø lukkes midlertidigt. COWI vurderer løsningen kompliceret og dyr sammenlignet med Løsning 1, men vi har alligevel medtaget den i idéoplægget, da idéen blev vendt i de indledende faser. Der er ikke foretaget en detaljeret beregning af anlægspris.

Afgreningen kan etableres ved at tunnelere en rørgennemføring fra Tubæk Å ved Faksinge, til Even Å opstrøms Næstvedvej, for at lede vandet denne vej udenom Præstø By i beredskabssituationer. Rørgennemføringen skal etableres så der er et naturligt fald fra Tubæk Å til Even Å, for at vandet kan strømme frit fra A til B. Se højdeforhold langs tunnelleren i Figur 4-4.



Figur 4-4 Højdeforhold på tracé mellem Tubæk Å og Even Å. Kilde: Scalgo

Løsningen kræver, at Even Å kan håndtere den øgede vandføring, og at det ikke kan medføre oversvømmelse af bebyggelse nær åen og/eller længerevarende oversvømmelse af markjorder. Der skal ligeledes etableres et bygværk i Ådalen

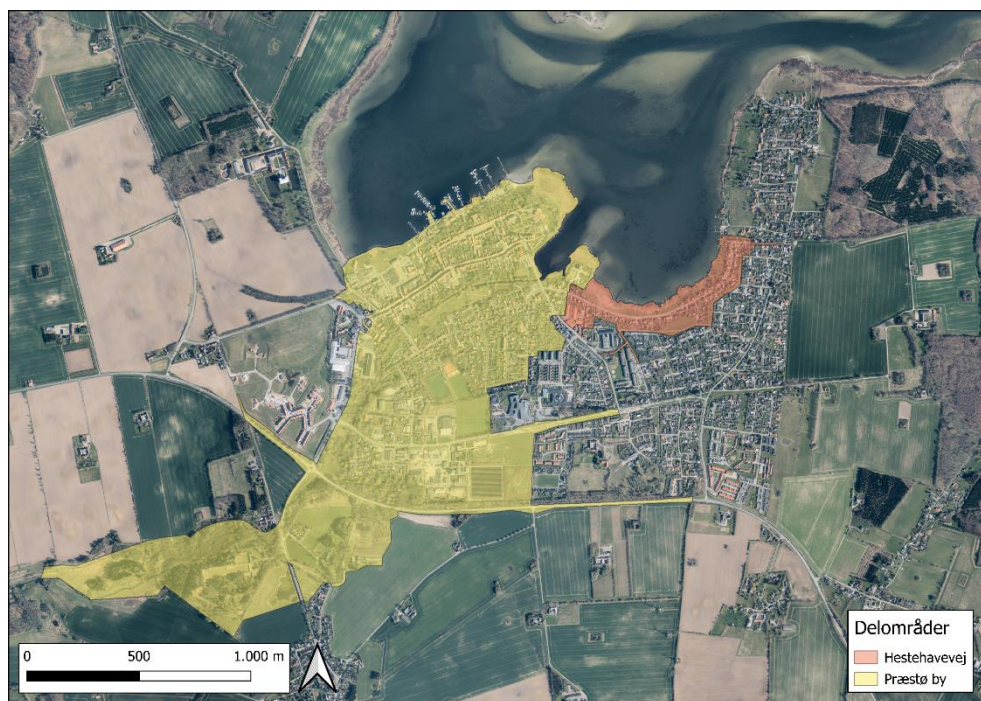
ved Faksinge, som kan regulere og omdirigere afstrømningen til den nye omløbskanal.

Yderligere vil Løsning 2 formentlig også kræve, at der etableres en mindre pumpestation ved udløbet af Tubæk Å i Præstø Fjord til at håndtere afstrømningen fra oplandet mellem Faksinge og Præstø. Denne vurderes at være i størrelsesordenen 5-600 l/s.

Løsning 2 vil altså kræve flere anlægselementer end Løsning 1 og forventes derfor at blive væsentligt dyrere og vil også kræve flere bygværker i fredede naturområder.

5 Løsningsforslag

Projektområdet inddeles i de to delområder Præstø by og Hestehavevej, se Figur 5-1. De to områder planlægges adskilt med et tværdige, udformet som en vejhævning af adgangsvejen til rensningsanlægget, kombineret med et vejbump/vejhævning på Hestehavevej. Adskillelsen mellem de to områder udgør en ekstra indbygget sikkerhed, så der ikke kan risikere at komme oversvømmelse på tværs af de to områder.



Figur 5-1 Områdeinddeling for de to delområder. Skellet imellem de to områder er ved tværdiget i form af hævnning af vejen til renseanlægget. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.). Ortofoto forår 2024.

I de følgende afsnit præsenteres de to overordnede løsningsforslag. Den endelige løsning, der føres over i dispositionsforslaget, er ikke fastlåst til ét af de to løsningsforslag, men kan sagtens være en kombination. Der er ikke lagt overhøjde på til håndtering af bølgebidrag i det præsenterede, men det skal inkluderes i den næste fase af projektet.

Løsningerne beskrives fra vest mod øst, begyndende ved Nysøvej inden for delområdet Præstø by, og afsluttes med en beskrivelse af beskyttelsen i delområdet Hestehavevej.

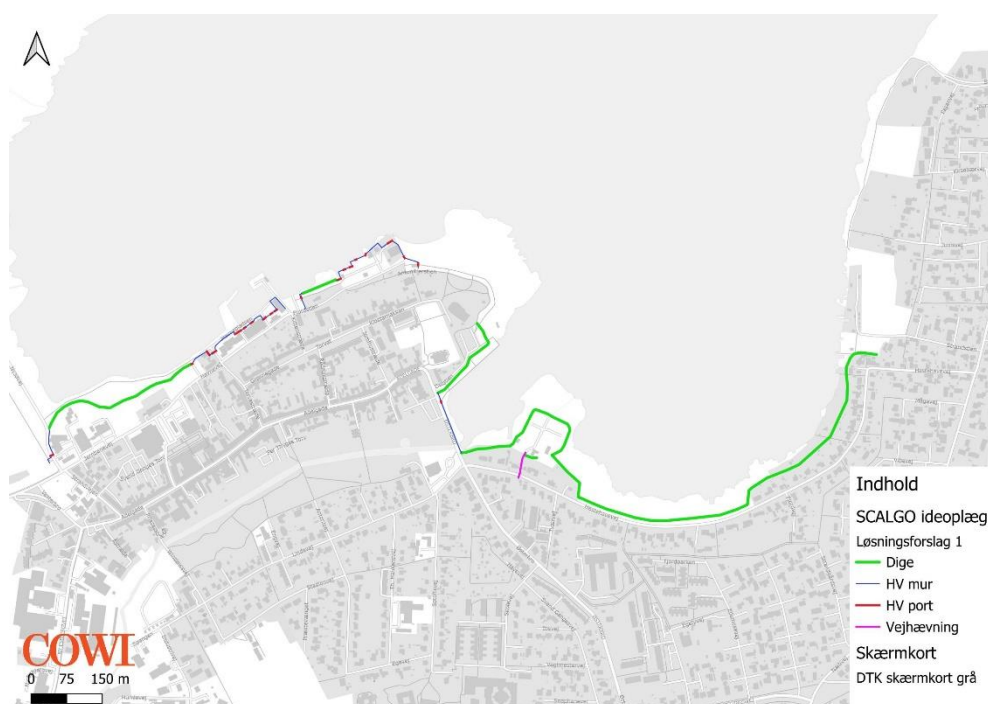
Der skal oprettes grøfter langs landværts-siden af digerne til håndtering af bagvand samt vand, der måtte passere hen over højvandsbeskyttelsen. Grøfter og tilhørende rørgennemføringer er ikke vist som del af kortmaterialet præsenteret i de følgende afsnit, men skal inkluderes i projektets næste fase, se grøft på figur for dige på Figur 3-7.

Ligeledes er placeringen af overgange på digerne, ikke vist i det præsenterede kortmateriale.

5.1 Løsningsforslag 1

Løsningsforslag 1 består af en kombination af jorddiger med bagvedliggende grøfter og enkelte rørgennemføringer til afvanding samt højvandsmure og københavnervægge samt vejhævning.

Det samlede projekterede kystbeskyttelses anlæg for løsningen er præsenteret i Figur 5-2 og viser kystbeskyttelsestypen. Hvor der er tilstrækkeligt med plads, anlægges højvandsbeskyttelsen som et traditionelt jorddige og havdige. 3D tegninger er foretaget i Scalgo og er baseret på DTM2018. Forholdet på de præsenterede Scalgo-tværsnitsprofiler er 1:2



Figur 5-2 Oversigtskort, der præsenterer løsningsforslag 1, kortet er baseret på løsning tegnet i SCALGO. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.).

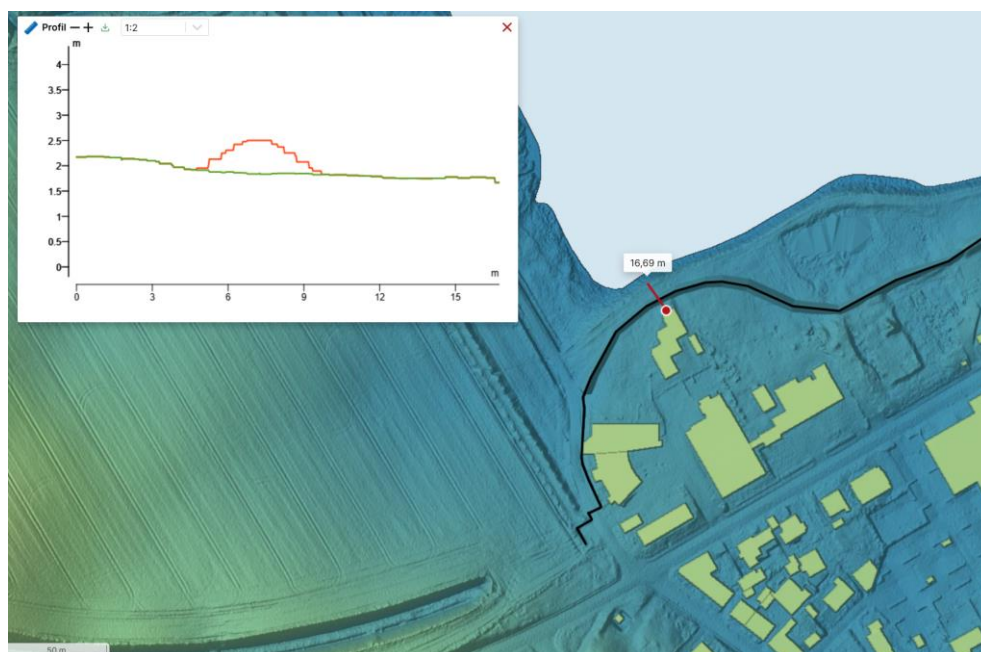
Nedenfor er højvandsbeskyttelsen beskrevet fra vest mod øst startende med højvandsmuren ved Nysøvej. Generelt for højvandsmurene gælder, at de etableres med en bredde på ca. 0,4 – 0,5 m og til en dybde på ca. 0,9 m.u.t., afhængigt af murens højde over terræn.

Højvandsmuren anlægges fra den lille grus-parkeringsplads på den vestlige side af Nysøvej og krydser Nysøvej ved Lægehuset, se Figur 5-3. Hvor højvandsmuren krydser Nysøvej oprettes en vej-port så Nysøvej er farbar i hverdagen. Ved varsel om højvande kan porten lukkes med en sidehængslet højvandsport. Højvandsmuren føres videre langs Nysøvej, hvor det bygges sammen med et traditionelt jorddige.



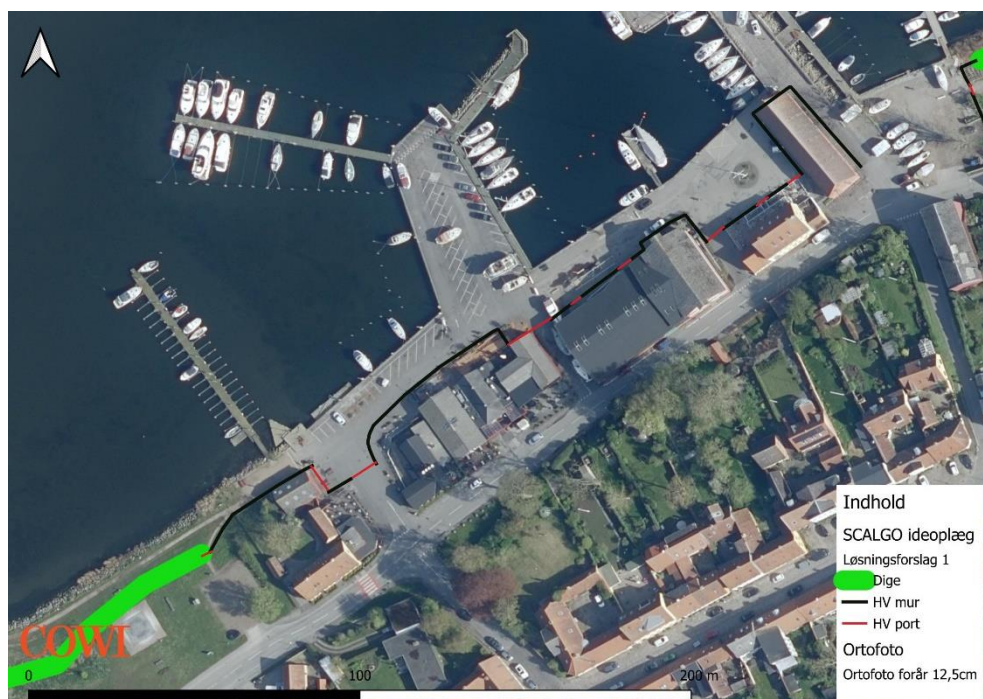
Figur 5-3 Figuren viser højvandssikringen ved Nysøvej og langs Antonitterstien. Ortofoto: forår 2024. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.).

Jorddiget anlægges på det åbne græsområde med et blødt bugtende forløb, så det føres syd om det mindre §3 udpeget strandengsområde, se Figur 2-21. Diget anlægges med en kronebredde på 1 meter og for- og bagsidehældning 1:3. Digets placering tillader fortsat færdsel på den kystnære Antonitterstien. Diget bygges sammen med højvandsmuren, der beskytter havneområdet. På Figur 5-4 er vist et tværsnitsprofil af diget.



Figur 5-4 Simple tværnitstegning af jorddige bagved Antonitterstien. Tegnet i Scalgo.

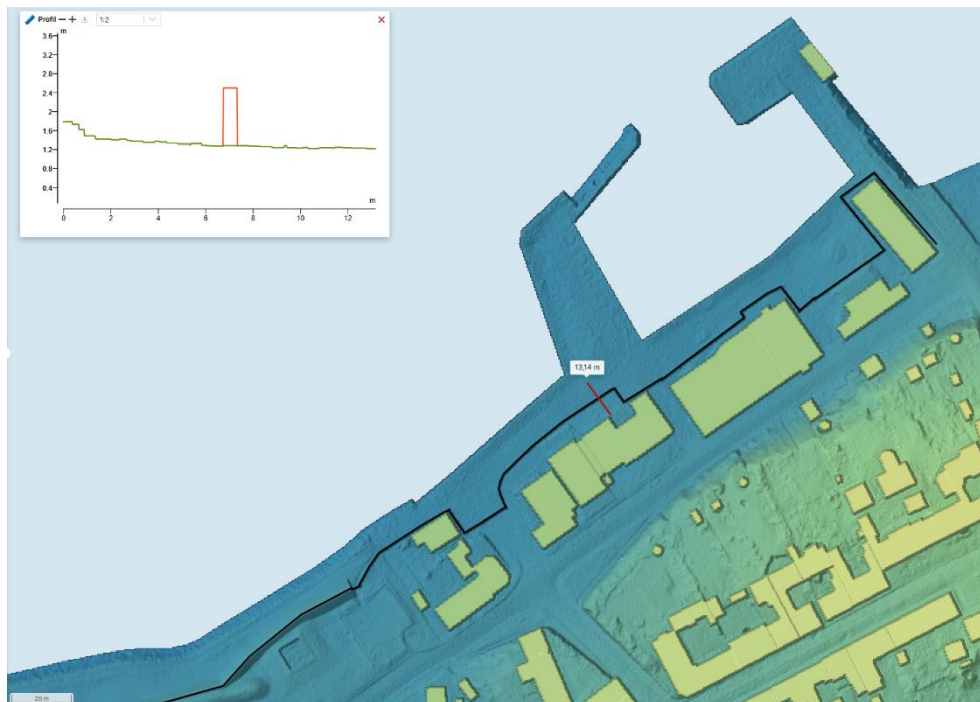
Højvandsmuren på havnepladsen, se Figur 5-5, anlægges tilbagetrukket fra kaj-kanten og følger den havværts afgrænsning af havnepladsens restauranter.



Figur 5-5 Figuren viser højvandssikringen på Havnefronten, der består af en kombination af højvandsmure og højvandsskot. Der er samlet 9 højvandsskot/porte som skal lukkes beredskabsmæssigt ved varsel om forhøjet vandstand. Ortofoto forår 2024. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.)

Hvor der i dag er passage for gående og kørende trafik, oprettes der åbninger i højvandsmuren, for at tillade fortsat passage for kørende og gående, ligesom der oprettes åbninger, hvor der er indgange til havnebygningerne. Samlet forventes der anlagt 9 åbninger ved den præsenterede løsning.

Åbningerne skal lukkes beredskabsmæssigt ved varsel om høj vandstand. Åbningerne lukkes med en kombination af svinerygsplanker og højvandsskot afhængigt af lokaliteten. Højvandsmuren føres fra Havnepladsen nord om Brandmuseet og dernæst sydpå langs med Brandmuseet, hvor højvandsmuren afsluttes højt i terræn for enden af bygningen. På Figur 5-6 er vist en simpel tværsnitstegning af højvandsmuren.



Figur 5-6 Simpel tværsnittegning af højvandsmuren langs Havnefronten. Murens højde over terræn er ca. 1 – 1,5 m. Tegnet i Scalgo.

Ved Foreningshavnen, se Figur 5-7, anlægges højvandsbeskyttelsen som en kombination af dige og højvandsmur. Da standen, restlevetid, geoteknik, bølgebidrag og selve den tekniske opbygning af eksisterende kajkant ikke kendes på nuværende projektstadiet, er det uvist om løsningen med anlæg af højvandsmur teknisk kan lade sig gøre.

Højvandsmurens placering langs kajkanten gør fundering svær ligesom at højvandssikringen skal kunne modstå det sideværts vandpres i højvandsituationer, uden at forårsage deformation af den eksisterende kajkant.

Derfor kan det vise sig nødvendigt at opbygge højvandssikringen som københavner vægge, hvor denne placeres tæt langs kajkanten. Dette forventes at være fordyrende ift. præsenterede anlægsoverslag, hvor det antages at det er teknisk muligt at anlægge en højvandsmur, dog beregnes der her med dybere fundering sammenlignet med de tilbagerykkede højvandsmure. Beskyttelsen anlægges med samlet 9 åbninger for ikke at hindre nødvendig passage og brug af Foreningshavnen i hverdagen.



Figur 5-7 Foreningshavnen. Oversigtskort med anlægstyper. Anlæggenes fodaftryk er ikke på mål. Ortofoto forår 2024. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.).

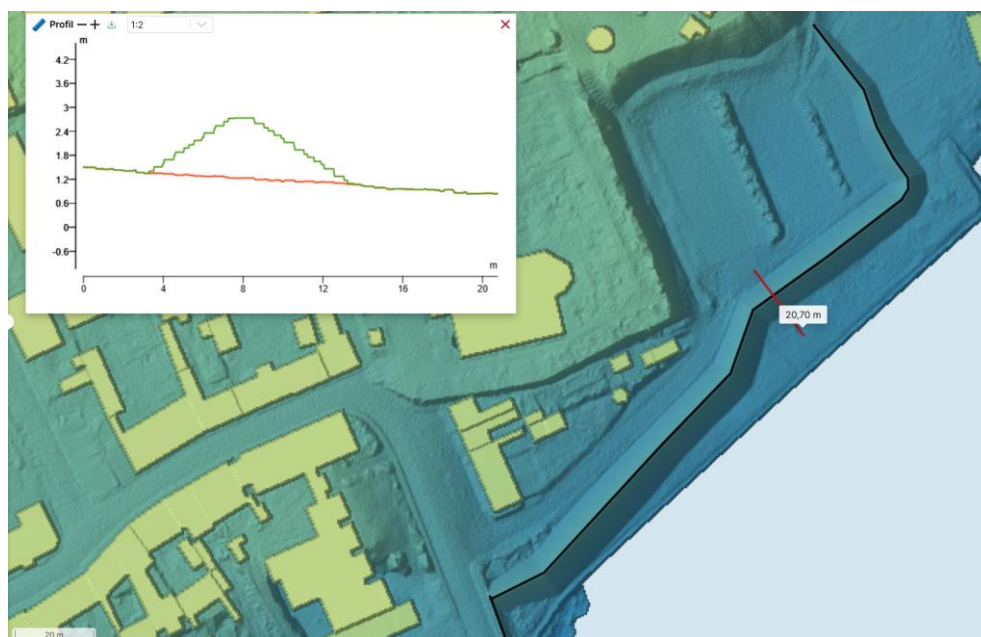
Syd for Frederiksminde Hotel anlægges højvandsbeskyttelsen som et traditionelt jorddige. Diget anlægges fra højt i terræn øst for parkeringspladsen ved Dalstien, hvorfra det føres sydpå til Østerbro, se Figur 5-8.

Hvor diget krydser Dalstien etableres en overgang til gående og cyklende. Herfra etableres diget i det åbne område langs med Dalstien og føres sydpå, hvor det kobles sammen med højvandsmuren, der etableres langs med vejen Østerbro. Diget anlægges med en kronebredde på 1 meter samt for- og bagsidehældning 1:3. Diget anlægges til kote 2,5 m DVR90. Digets placering langs Dalstien er bl.a. lagt med tanke på at undgå fældning af de store træer på strækningen, men det skal afdækkes i projektets senere faser, om rydning af træer helt kan undgås.



Figur 5-8 Oversigtskort over diget langs Dalstien. Anlæggenes fodaftryk er ikke på mål. Ortofoto forår 2024. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.).

På Figur 5-9 er vist en simpel tværnitstegning af diget.



Figur 5-9 Simpel plan- og tværnitstegning af diget langs Dalstien samt digets fodaftryk. Tegnet i SCALGO.

Langs med vejen Østerbro etableres en højvandsmur langs vejens nordøstvendte side, se Figur 5-10. I dette idéoplæg designses højvandsmuren med kronenote 2,5 m DVR90, men der forventes en lokal stuvningseffekt som følge af den lodrette afgrænsning til fjorden, og fordi højvandsmurens gradient betyder at selv små bølger kan give overskyl. Derfor forventes det at være nødvendigt med ekstraoverhøjde på beskyttelsen på denne strækning. Det skal undersøges nærmere i næste fase.

Muren kan være med til at udgøre en ny afskærmning til vandet. Grundet murens placering regnes der med dybere fundering til at modstå sideværts vandpres og risiko for deformation af broanlæg. Senere analyser skal vise om det er teknisk muligt at anlægge højvandsmuren på broen.



Figur 5-10 Oversigtskort over kystbeskyttelsen langs Østerbro. Anlæggenes fodaftryk er ikke på mål. Ortofoto forår 2024. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.).

Syd for slusen kobles højvandsmuren sammen med et dige, se Figur 5-11, der føres nord om husene på Hestehavevej og videre nord om Præstø Renseanlæg, hvor det følger renseanlæggets afgrænsning rundt, inden det afbøjes og føres østpå ud til Hestehavevej.

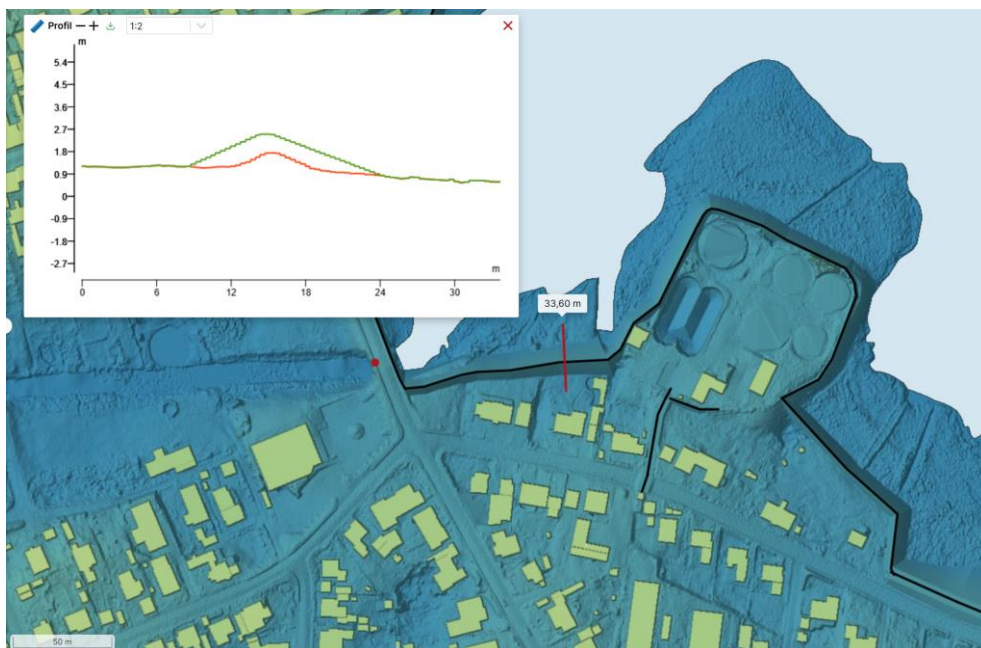


Figur 5-11 Oversigtskortet viser kystbeskyttelsestyperne i området omkring rensningsanlægget. Vejhævningen definerer områdefægrænsningen mellem områderne Præstø by og Hestehavevej, se Figur 5-1. Ortofoto forår 2024. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.).

På fællesarealet anlægges diget med for- og bagsidehældning 1:4. Diget anlægges i haverne med en havværts hældning gående fra 25 % til 15 % og landværts hældning gående fra 25 % til 20 % og en kronebredde på 1 meter.

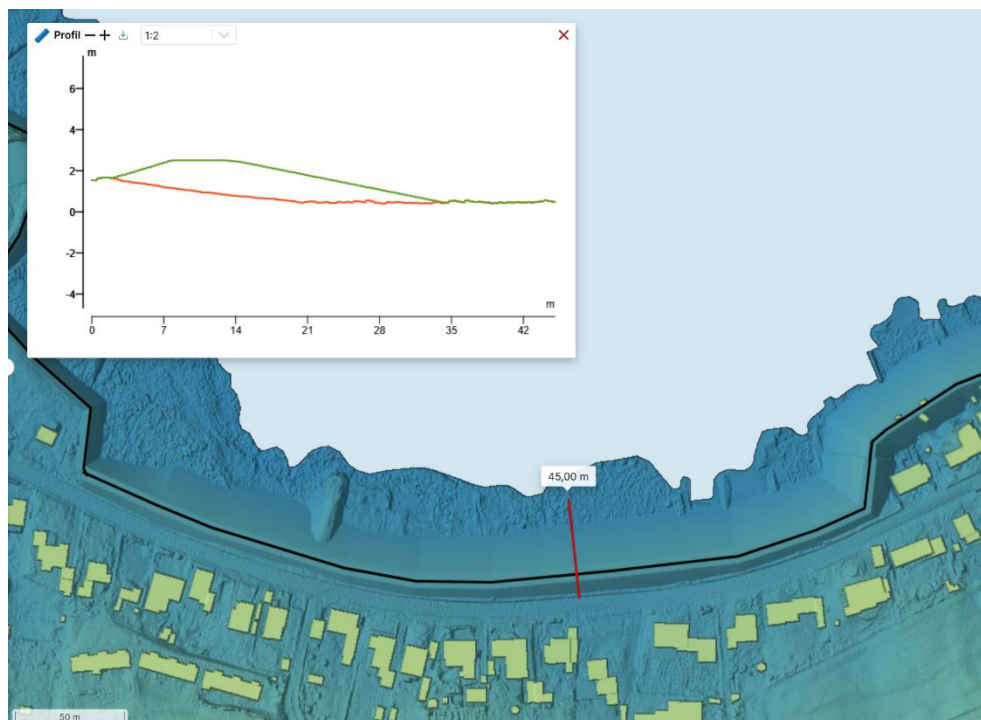
Langs den første del af strækningen rundt om rensningsanlægget anlægges diget med hav- og landværts hældning 1:3, hvorefter diget anlægges med havværts hældning 1:4 rundt om rensningsanlægget og ned til Hestehavevej. På Figur 5-12 er vist en simpel tværsnitstegning af diget.

Adgangsvejen til rensningsanlægget hæves til sikringsniveauet på 2,5 m DVR90, og får herved funktion af et tværdige.



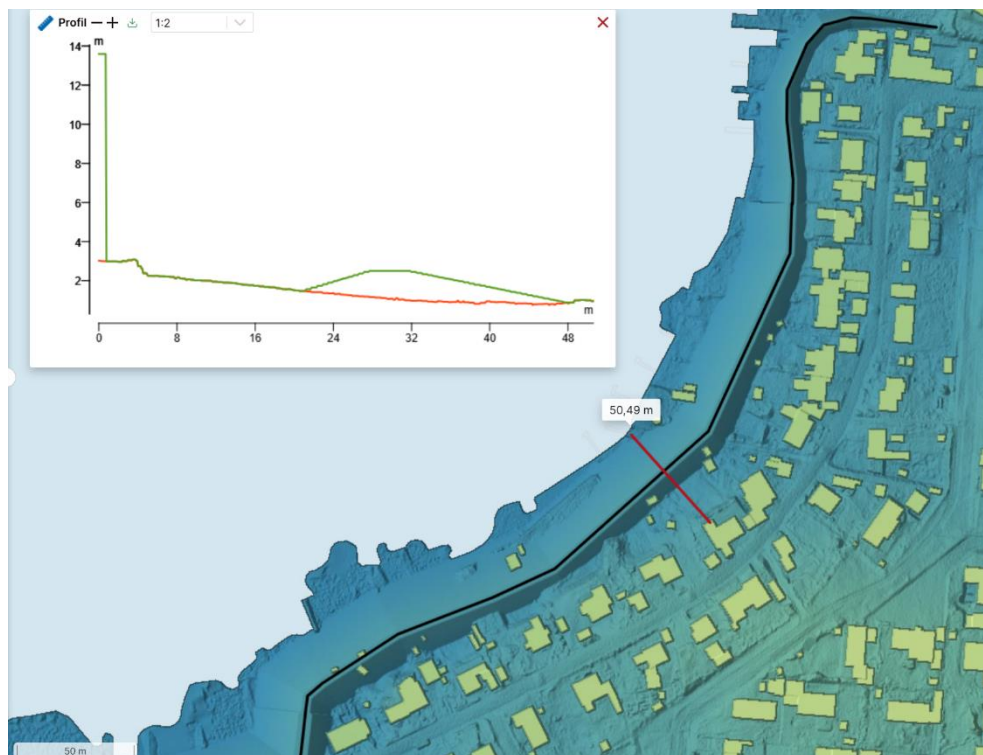
Figur 5-12 Plan og tværsnitstegning for højvandsbeskyttelsen i området ved rensningsanlægget. Tegnet i Scalgo.

På strækningen langs Hestehavevej, hvor der alene er haver og strandengsnatur mellem vejen og kystlinjen, anlægges diget som en terrænhævning, se Figur 5-13 og Figur 5-15. Digets krone etableres tæt på vejens afgrænsning, hvor terrænet er højest. Diget etableres med en kronebredde på 6 meter, bagsidehældning på 15 % og forsidehældning på 10 %. Herved sikres det, at haverne forventeligt fortsat kan bruges, ligesom det forventes, at strandengsnaturen kan vokse med op i takt med at havspejlet stiger.



Figur 5-13 Plan og tværsnitstegning på den første del af Hestehavevej, hvor diget anlægges i strandengsnaturen. Tegnet i Scalgo.

Fra Hestehavevej nr. 51 til og med nr. 79 føres diget nord om husene og anlægges i grundejernes haver som en terrænhævning. Diget anlægges med en kronebredde på 4 meter, forsidehældning på 10 % og bagsidehældning på 15 %, se Figur 5-14 og Figur 5-15.



Figur 5-14 Plan og tværnitstegning for Hestehavevej, hvor diget anlægges i haverne som en terrænforhøjning. Tegnet i Scalgo.

Fra Hestehavevej nr. 81 fortsættes diget med en kronebredde på 4 meter, en forsidehældning på 20 % og bagsidehældning på 25 %. Ved Hestehavevej nr. 89 drejes diget ind i land og afsluttes som et tværdige højt i terræn, med en kronebredde på 1 meter og for- og bagsidehældning 1:3, se Figur 5-14



Figur 5-15 Oversigtskort over kystbeskyttelsestyperne langs Hestehavevej. Ortofoto forår 2024. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.).

5.2 Løsningsforslag 2

Løsningsforslag 2 består af en kombination af jorddiger med bagvedliggende grøfter og enkelte rørgennemføringer til afvanding, højvandsmure og vejhævning.

Det samlede projekterede kystbeskyttelses anlæg for løsningen er præsenteret i Figur 5-16 og viser kystbeskyttelsestypen. Hvor der er tilstrækkeligt med plads, anlægges højvandsbeskyttelsen som et traditionelt jorddige og havdige. 3D tegninger er foretaget i Scalgo og er baseret på DTM2018. Forholdet på de præsenterede Scalgo-tværsnitsprofiler er 1:2.



Figur 5-16 Oversigtskort, der præsenterer løsningsforslag 2, kortet er baseret på løsning tegnet i SCALGO. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.).

Løsningsforslag 2 adskiller sig primært fra løsningsforslag 1 ved:

- Linjeføringen af højvandsmuren ved Præstø Havn er fremrykket til kajkanten. Denne løsning forventes at være meget fordyrende, da højvandsmuren skal kunne funderes nær ved kajkanten og modstå sideværts vandpres. Det opnås bedst ved at oprette højvandssikringen som en københavnervej, men det er i løsningen og anlægsbudget antaget at det er teknisk muligt at anlægge højvandsmuren, dog med dybere forankring.
- Beskyttelsen af Foreningshavnen er ikke inkluderet i løsningsforslag 2, og kan ekskluderes fordi det ikke vil skabe oversvømmelse af Præstø Havn og bagland. Altså kan de to områder beskyttes uafhængigt af hinanden.
- Diget langs den østlige ende af Hestehavevej anlægges i fjorden, helt eller delvist uden for matriklerne, hvor der i dag er helårshuse. Herved kan der f.eks. oprettes en fjordsti, som kan være med til at øge den rekreative værdi i området.

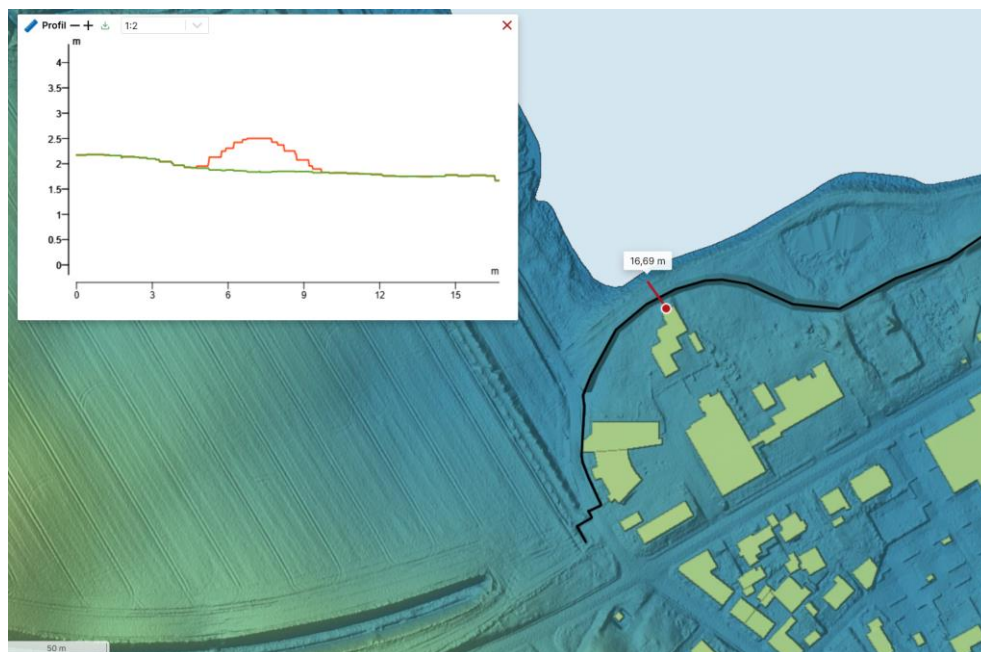
Nedenfor er højvandsbeskyttelsen beskrevet fra vest mod øst startende med højvandsmuren ved Nysøvej. Generelt for højvandsmurene gælder, at de etableres med en bredde på ca. 0,4 – 0,5 m og til en dybde på ca. 0,9 m.u.t, afhængigt af murens højde over terræn.

Højvandsmuren anlægges fra den lille grus-parkeringsplads på den vestlige side af Nysøvej og krydser Nysøvej ved Lægehuset, se Figur 5-17. Hvor højvandsmuren krydser Nysøvej oprettes en åbning så Nysøvej er farbar i hverdagen. Ved varsel om højvande kan åbningen lukkes med en sidehængslet højvandsport. Højvandsmuren føres videre langs Nysøvej, hvor det bygges sammen med et traditionelt jorddige.



Figur 5-17 Oversigtskort over kystbeskyttelsesløsning ved Nysøvej og langs Antonitterstien. Ortofoto forår 2024. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.).

Jorddiget anlægges på det åbne græsområde med et blødt bugtende forløb, så det føres syd om det mindre §3 udpeget strandengsområde, se Figur 2-21. Diget anlægges med en kronebredde på 1 meter og for- og bagsidehældning 1:3. Digets placering tillader fortsat færdsel på den kystnære Antonitterstien. Diget bygges sammen med højvandsmuren, der beskytter havneområdet. På Figur 5-18 er vist et tværsnitsprofil af diget.



Figur 5-18 Plan- og tværsnittegning af kystbeskyttelsesløsning ved Nysøvej og langs Antonitertstien. Tegnet i Scalgo.

Højvandsmuren på havnepladsen, se Figur 5-19, anlægges langs kajkanten og følger kajkanten langs hele Havnefronten. Da standen, restlevetid, geoteknik, bølgebidrag og selve den tekniske opbygning af eksisterende kajkant ikke kendes på nuværende projektstadiet, er det uvist om løsningen med anlæg af højvandsmur langs kajkanten teknisk kan lade sig gøre.

Højvandsmurens placering langs kajkanten gør fundering svær ligesom at højvandssikringen skal kunne modstå det sideværts vandpres i højvandssituationer, uden at forårsage deformation af den eksisterende kajkant.

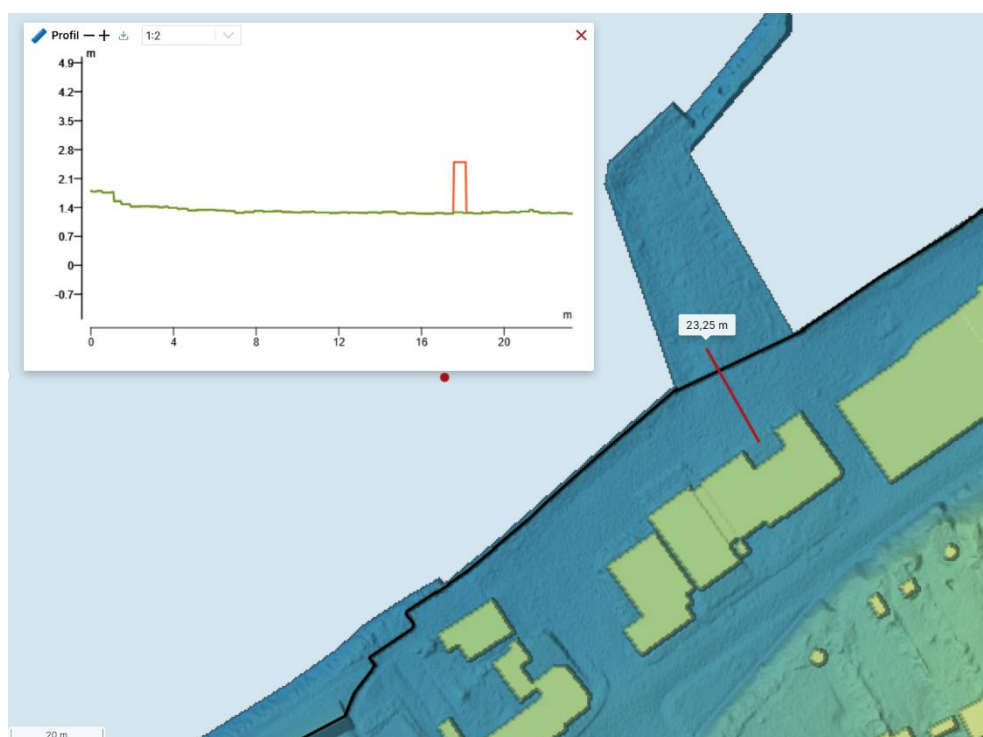
Derfor kan det vise sig nødvendigt at opbygge højvandssikringen som københavnergærd, hvor denne placeres tæt langs kajkanten. Dette vil være fordyrende ift. præsenterede anlægsoverslag, hvor det antages at det er teknisk muligt at anlægge en højvandsmur.

Hvor der i dag er passage for gående og kørende trafik, oprettes der åbninger i højvandsmuren for at tillade fortsat passage. Åbningerne skal lukkes beredskabsmæssigt ved varsel om høj vandstand. Åbningerne lukkes med en kombination af svinerysplanker og højvandsskot afhængigt af lokaliteten. Højvandsmuren føres fra Havnepladsen nord om Brandmuseet og dernæst sydpå langs med Brandmuseet, hvor højvandsmuren afsluttes højt i terræn for enden af bygningen.



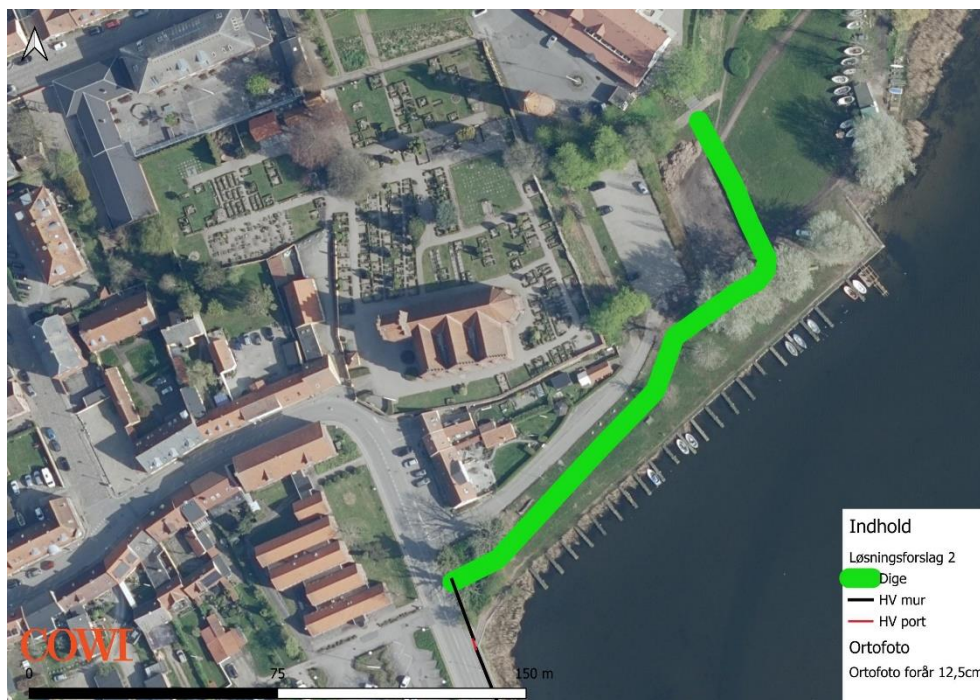
Figur 5-19 Oversigtskort over kystbeskyttelsesløsning langs Havnefronten. Ortofoto forår 2024. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.).

På Figur 5-20 er vist en simpel tværsnitstegning af højvandsmuren. Højvandsmurens højde over eksisterende terræn er ca. 1,3 m (ekskl. overhøjde til bølgehåndtering).



Figur 5-20 Plan og tværsnitstegning af højvandsmur/højvandsport langs Havnefronten. Tegnet i Scalgo.

Syd for Frederiksminde Hotel anlægges højvandsbeskyttelsen som et traditionelt jorddige. Diget anlægges fra højt i terræn øst for parkeringspladsen, langs placeringen af den nuværende hæk. Herfra føres diget sydpå til Østerbro, se Figur 5-21.

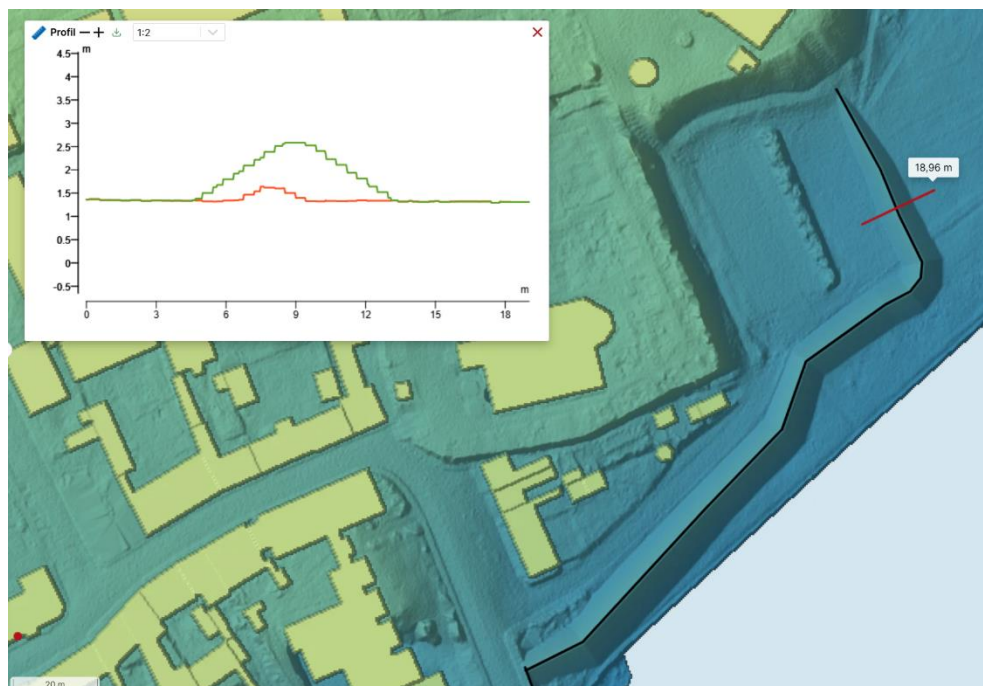


Figur 5-21 Oversigtskort over kystbeskyttelsens placering og type langs Dalstien. Ortofoto forår 2024. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.).

Hvor diget krydser Dalstien etableres en overgang/gennemkørsel til gående og kørende trafik. Herfra etableres diget i det åbne område langs med Dalstien og føres sydpå, hvor det kobles sammen med højvandsmuren, der etableres langs med vejen Østerbro.

Diget anlægges med en kronebredde på 1 meter og for- og bagsidehældning 1:3, og kronekote 2,5 m DVR90. Digets placering langs Dalstien er bl.a. lagt med tanke på at undgå fældning af de store træer på strækningen, men det skal afdækkes i projektets næste fase om det helt kan undgås.

På Figur 5-22 er vist en simpel tværsnitstegning af diget.

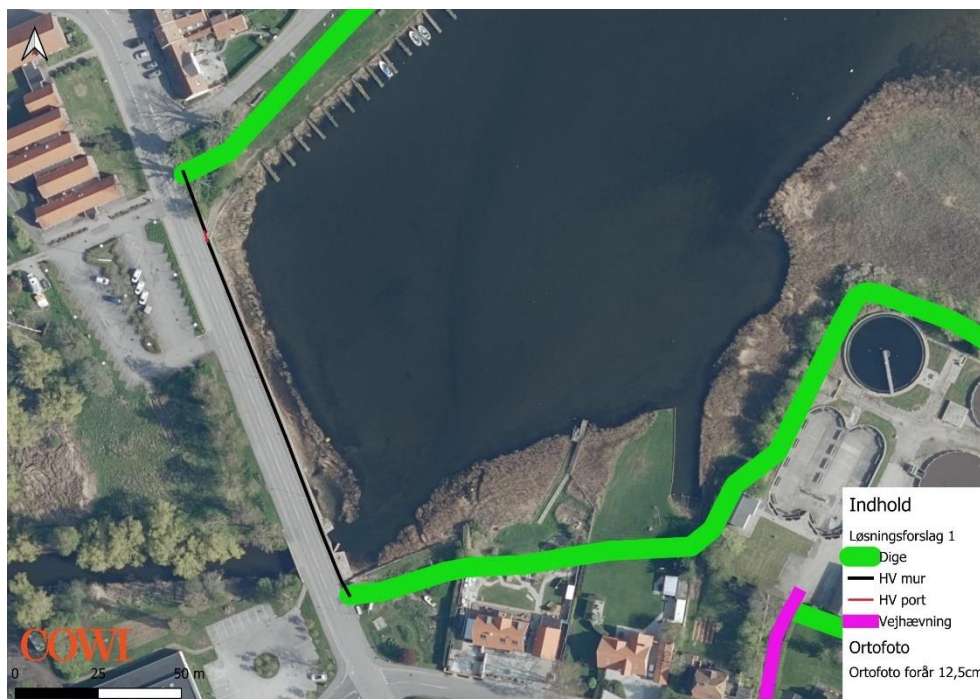


Figur 5-22 *Simpel plan- og tværsnittegning af diget langs Dalstien. Tegnet i Scalgo.*

Langs med vejen Østerbro etableres en højvandsmur langs vejens nordøstvendte side, se Figur 5-23.

Højvandsmuren er designet med kronekote 2,5 m DVR90, men da der her forventes en lokal stuvningseffekt, som følge af den lodrette kant til fjorden, kan det være nødvendigt at etablere højvandsmuren med overhøjde, det skal afklares i projektets næste fase. Muren kan være med til at udgøre en ny afskærmning til vandet.

Det skal i projektets næste faser undersøges om det er teknisk muligt at anlægge højvandsmuren på broen. Grundet murens placering regnes der med dybere fundering til at modstå sideværts vandpres og risiko for deformation af broanlæg.



Figur 5-23 Oversigtskort over kystbeskyttelsesløsning ved Østerbro og rensningsanlægget. Ortofoto forår 2024. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.).

Syd for slusen kobles højvandsmuren sammen med et dige, se Figur 5-24, der føres nord om husene på Hestehavevej og videre nord om Præstø Renseanlæg, hvor det følger rensaneanlæggets afgrænsning rundt, inden det afbøjes og føres østpå ud til Hestehavevej.

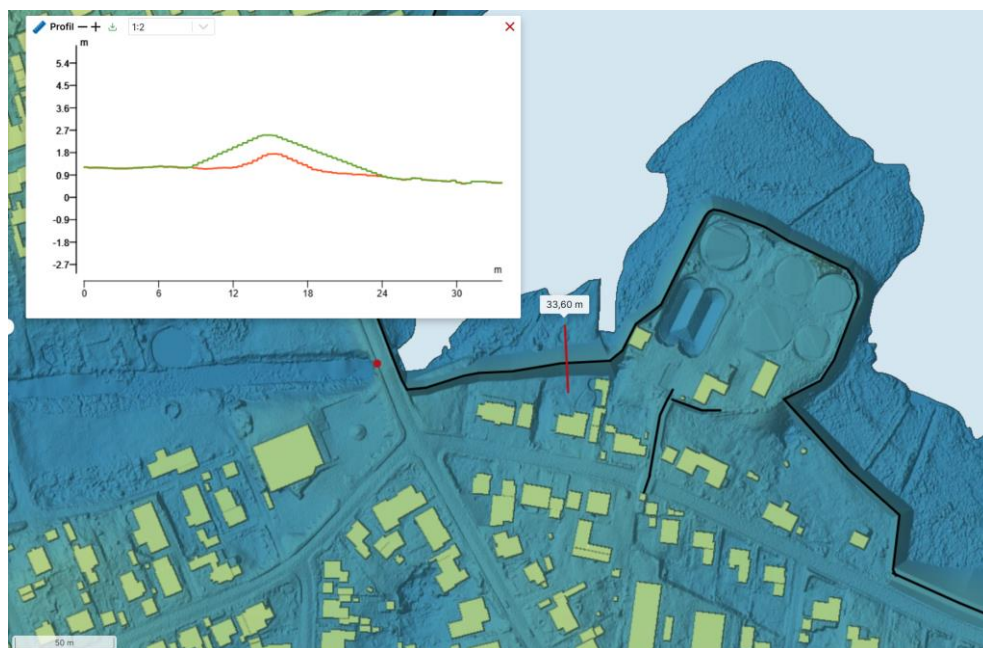
På fællesarealet anlægges diget med for- og bagsidehældning 1:4. Diget anlægges i haverne med en havværts hældning gående fra 25 % til 15 % og landværts hældning gående fra 25 % til 20 % og en kronebredde på 1 meter.



Figur 5-24 Oversigtskort over højvandssikringen i området omkring renseanlægget. Ortofoto forår 2024. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.).

Langs den første del af strækningen rundt om rensningsanlægget anlægges diget med hav- og landværtshældning 1:3, hvorefter diget anlægges med havværts hældning 1:4 rundt om renseanlægget og ned til Hestehavevej. På Figur 5-25 er vist en simpel tværsnitstegning af diget.

Adgangsvejen til rensningsanlægget hæves til sikringsniveauet på 2,5 m DVR90, og får herved funktion af et tværdige.



Figur 5-25 Simpel plan- og tværsnitstegning af diget ved renseanlægget. Tegnet i Scalgo.

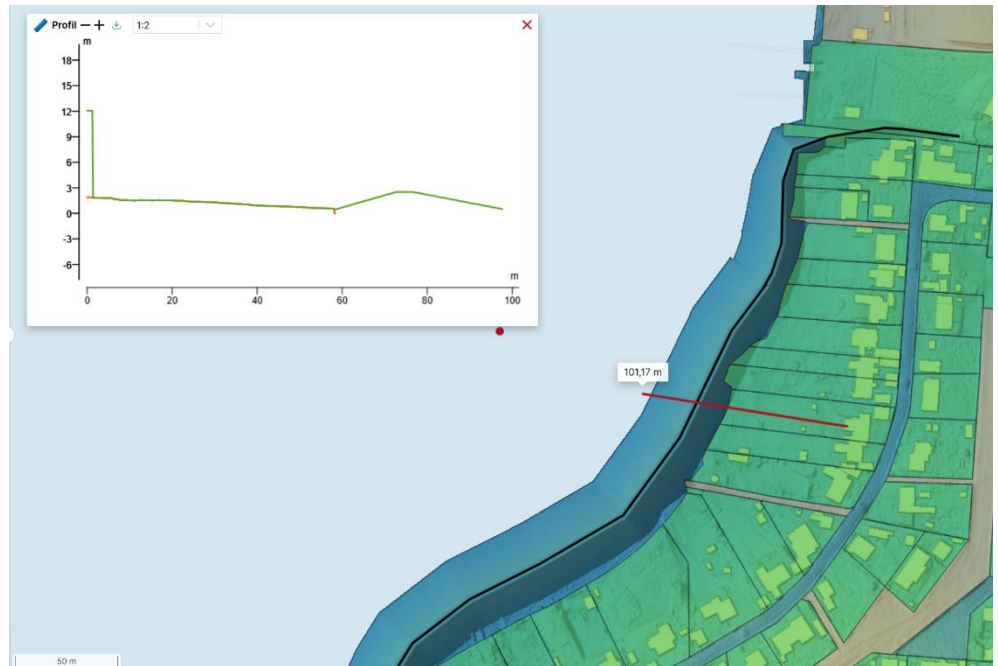
På strækningen langs Hestehavevej, hvor der alene er haver og strandengsnatur mellem vejen og kystlinjen, anlægges diget som en terrænhævning, se Figur 5-13 og Figur 5-26. Digets krone etableres tæt på vejens afgrænsning, hvor terrænet er højest. Diget etables med en kronebredde på 6 meter, bagsidehældning på 15 % og forsidehældning på 10 %. Herved sikres det, at haverne forventeligt fortsat kan bruges, ligesom det forventes, at strandengsnaturen kan vokse med op i takt med at havspejlet stiger.



Figur 5-26 Oversigtskort over kystbeskyttelsestypen langs med Hestehavevej. Ved denne løsning er dele af diget rykket frem, så det ligger uden for de private bebyggede matrikler. Kilde: (Klimadatastyrelsen, u.d.).

Fra Hestehavevej nr. 51 frem til nr. 89 føres diget ud i fjorden og anlægges langs matriklernes afgrænsning i havet. Diget anlægges med en kronebredde på 4 meter, forsidehældning på 10 % og bagsidehældning på 15 %, se Figur 5-26 og Figur 5-27. De eksisterende københavnervægge forventes at skulle fjernes ifm. anlægget.

Ved Hestehavevej nr. 89 drejes diget ind i land og afsluttes som et tværdige højt i terræn med en kronebredde på 1 meter og for- og bagsidehældning 1:3.



Figur 5-27

Simpelt plan- og tværsnitskort over løsningen langs den østlige ende af Hestehavevej, hvor diget er rykket frem på forsiden af matriklerne ude i fjorden. Tegnet i Scalgo (obs. havbunden er ikke vist på kortet men det forventes at være meget lavvandet grundet kysttypen).

6 Anlægsoverslag

Anlægsoverslaget er udarbejdet med den viden der er på projektet p.t. og alle anlægsudgifter er derfor tillagt forbehold i form af en procentsats indeholdende 10% anstilling og arbejdspladsdrift, 15% uforudsete udgifter, 10% rådgivere og 25% usikkerhed.

Den gennemsnitlige samlede tillagte usikkerhed svarer derved i størrelsesorden til omkring 55-60% af forventede nettoydelse.

Alle terrænfølsomme udgifter er med de forbehold som LiDAR-opmålingsfejl og senere terræændringer normalt foreskriver, men SDFI DTM2019 benyttes af hele Danmark og vedligeholdes af den danske stat, så der forventes ikke fejl som udgangspunkt.

Anlægsoverslagene inkluderer ikke udgifter til pumpe, rørgennemføringer, grøfte-udgravninger og digeovergange. For anlægsoverslagene, hvor højvandsmuren placeres nær kajkanten (Foreningshavnen i løsningsforslag 1 og Præstø Havn i løsningsforslag 2), er det antaget at højvandsmuren teknisk kan anlægges bag eksisterende spuns/københavnervæg, men funderes ca. til dobbelt dybde sammenlignet med de tilbagetrukne højvandsmure. I projektets næste faser bør det undersøges om det er teknisk muligt at anlægge højvandsmurene langs kajkanten, og ellers vil en mulig løsning bestå i nyanlæg af Københavnervæg til sikringsniveauet, som forventes at være fordyrende.

6.1 Løsningsforslag 1

6.1.1 Samlet anlægsoverslag

Område	Lokalitet	Projektbudget inkl. usikker- hed i Dkr ekskl. moms	Vedligehold/år (DKr)	I alt (DKr inkl. moms)
Vestby	HV mur inkl. højvandsport langs Nysøvej og dige langs Antonitterstien	1.500.000	30.000	
Præstø Havn	Samlet beskyttelse af Præstø Havn inkl. højvandsskot og porte.	5.780.000	116.000	
Foreningshavnen	Samlet beskyttelse af Foreningshavnen, inkl. højvandsskot og porte.	10.350.000	207.000	
Østerbro	Dige langs dalstien, HV mur over Østerbro inkl. højvandsskot, dige rundt om rensningsanlæg og tværdige i form af vejhævning	3.420.000	69.000	

Hestehavevej	Dige på land langs Hestehavevej	9.750.000	195.000	
Løsningsforslag 1 samlet:		30.800.000	617.000	38.500.000

6.1.2 Delområde: Præstø by

Anlægsøkonomisk overslag, sikringsniveau 2,5 m DVR90	Projektbudget (kr. ekskl. moms)
Projektforslag inkl. usikkerhed i DKr. Ekskl. moms	21.050.000

6.1.3 Delområde: Hestehavevej

Anlægsøkonomisk overslag, sikringsniveau 2,5 m DVR90	Projektbudget (kr. ekskl. moms)
Projektforslag inkl. usikkerhed i DKr. Ekskl. moms	9.750.000

6.2 Løsningsforslag 2

6.2.1 Samlet anlægsoverslag

Område	Lokalitet	Projektbudget inkl. usikkerhed i DKr ekskl. moms	Vedligehold/år (DKr)	I alt (DKr inkl. moms)
Vestby	HV mur inkl. højvandsport langs Nysøvej og dige langs Antonitterstien	1.500.000	30.000	
Præstø Havn	Samlet beskyttelse af Præstø Havn inkl. højvandsskot og porte.	7.710.000	155.000	
Foreningshavnen	Ikke inkluderet i løsningsforslag 2	0	0	
Østerbro	Dige langs dalstien, HV mur over Østerbro inkl. højvandskot, dige rundt om rensningsanlæg og tværdige i form af vejhævning	4.050.000	81.000	
Hestehavevej	Dige i fjorden langs Hestehavevej	15.450.000	309.000	

Løsningsforslag 1 samlet:		28.710.000	575.000	35.900.000
------------------------------	--	------------	---------	------------

6.2.2 Delområde: Præstø by

Anlægsøkonomisk overslag, sikringsniveau 2,5 m DVR90	Projektbudget (kr. ekskl. moms)
Projektforslag inkl. usikkerhed i DKr. Ekskl. moms	13.260.000

6.2.3 Delområde: Hestehavevej

Anlægsøkonomisk overslag, sikringsniveau 2,5 m DVR90	Projektbudget (kr. ekskl. moms)
Projektforslag inkl. usikkerhed i DKr. Ekskl. moms	15.450.000

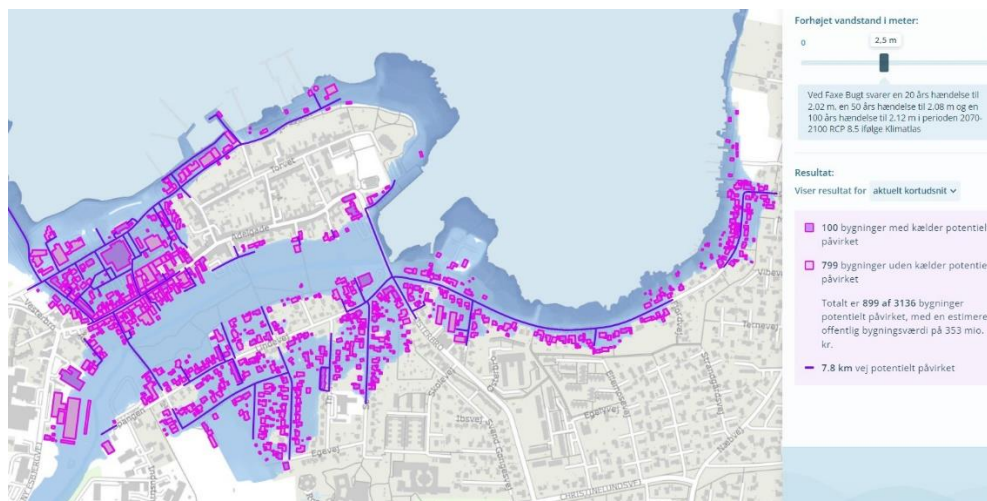
7 Foreløbig skadesomkostninger

Ved en vandstand på 2,5 m DVR90 svarende til sikringsniveauet, er antallet af potentielt berørte bygninger i værktøjet KAMP angivet til 899, med en estimeret offentlig bygningsværdi på 351 mio. kr., se Tabel 7-1 og Figur 7-1.

Højvandsbeskyttelsen vil beskytte mod forhøjede vandstande i Præstø Fjord op til dette niveau.

Tabel 7-1 Potentielle skadesomkostninger ifølge BBR (KAMP-værktøjet)

Vandstand, cm	Hændelse ca. svarende til	Antal potentielt berørte bygninger	Estimeret offentlig bygningsværdi, DKK kr.
250	MT100 (COWI, 2017) i år 2075	899	353.000.000



Figur 7-1 Udklip fra værktøjet KAMP, der viser antallet potentielt berørte bygning ved en havvandstand på 2,5 m DVR90.

8 Anlægs og vedligeholdelsesbeskrivelse

8.1 Anlægsbeskrivelse

Inden anlægsopstart oprettes der mandskabs- og materialeplads(er).

Inden højvandsmuren kan etableres, skal der graves ud til den. Højvandsmuren kan enten in-situ støbes eller den kan opbygges af præstøbte sektioner.

Inden diget anlægges skal der graves ud i eksisterende terræn til digefoden, ligesom evt. vegetation ryddes. Det kan her undersøges om det udgravede materiale kan benyttes til opbygning af digerne, og ellers skal materialet bortkøres efter gældende lovkrav. Diget opbygges med lynlåsmetoden, hvor man aktivt kører frem og tilbage på sandkernen imens man opbygger den, for at komprimere den. Herefter anlægges lermembranen på diget. Endeligt overlægges digerne med et tyndt muldlag og der plantes med digegræs. Den optimale græsfrøblanding kan oplyses af Kystdirektoratet.

Der graves ud til grøfterne bag ved digerne. Der tilføres ikke nyt materiale, men det kan være nødvendigt at omrokere materiale så der kan opnås det korrekte fald. Det bortskaffede materiale bortskaffes, men det kan undersøges i detailfasen om overskudsmateriale kan indgå i opbygningen af diget. Det kræver at materialet opfylder de geotekniske krav til digebyggeri og at det er rent.

8.2 Vedligeholdelsesbeskrivelse

Græsset skal slås ca. 4-7 gange hvert år i vækstsæsonen på hele diget for at holde gnavere væk, samt for at sikre at græssets rodnet udvikles ensartet og binder digejorden sammen.

Digerne skal besigtiges minimum en gang årligt, for at sikre at der ikke er skadedyr, der har beskadiget lermembranen ved at grave gange eller lign. Ligeledes skal digerne besigtiges efter stormfloder, og eventuelle skader udbedres.

Alle anlæg skal gennemgås årligt og eventuelle skader skal udbedres. Efter kraftige storme og stormfloder, skal den samlede beskyttelse ligeledes besigtiges og eventuelle skader udbedres.

Færdsel på diger frarådes, medmindre de er anlagt til det ved overgange etc., da det vil slide på diget og græsdækket, hvorved diget bliver mere sårbart over for erosion bl.a. i forbindelse med bølgeoverskyl. Derfor er det vigtigt at græsdækket er velplejet og intakt.

9 Potentielle påvirkninger

9.1 Adgang til og langs med vandet

Der etableres adgang på tværs af beskyttelsen, i de områder hvor der i dag er adgang til kysten og havnen. Herved opretholdes adgangen til og langs med kysten.

9.2 Naturbeskyttelse

Anlægsarbejder i forbindelse med etablering af højvandsbeskyttelsen foretages uden for Natura 2000-området og der sker således ikke fysiske indgreb i habitatnaturen. I projektets næste fase skal der udarbejdes en væsentlighedsvurdering, som kan kaste mere lys herover.

Langs dele af strækningen placeres kystbeskyttelsen inden for §3 beskyttede naturtyper i form af strandeng. Ved inddragelse af beskyttet natur kan der være krav om etablering af erstatningsnatur.

9.3 Landskab og visuelle forhold

Beskyttelsen vil overordnet fremstå som et teknisk anlæg i landskabet. Digerne vil fremstå i naturfarver hvilket minimerer beskyttelsens visuelle påvirkning. Det kan være nødvendigt at rydde træer og vegetation på nogle strækninger hvilket vil ændre udtrykket i de områder.

9.4 Nedgravet infrastruktur

Der er på nuværende tidspunkt ikke undersøgt om anlægget vil være i konflikt med nedgravet infrastruktur. Det skal afklares i projektets næste faser

9.5 Planmæssige forhold

Der er på nuværende tidspunkt ikke undersøgt om anlægget er i konflikt med kommune og -lokalplaner, mv. Det skal afklares i projektets næste faser.

10 De næste skridt

Vordingborg Kommune har planlagt at sende dette idéoplæg til §2-udtalelse hos Kystdirektoratet.

Efterfølgende skal der udarbejdes et dispositionsforslag med én løsning, hvor der går et spadestik dybere. Her kan Kystdirektoratets udtalelser og borgerforslag fra idéoplægs-fasen inkorporeres. I forbindelse med dispositionsforslaget skal der bl.a. beregnes på bølgehøjder til endelig fastsættelse af kronekoter på højvandssikringen, ligesom der bl.a. bør udføres geotekniske borer og beregnes løsninger for håndtering af bagvand inkl. beregninger på vandføring (inkl. klimatillæg) i Tubæk Å til dimensionering af en velegnet klimasikring af området.

Når den mest fordelagtige løsning er valgt i Byrådet, hvor den "fremmes", skal der ansøges efter kystbeskyttelsesloven, udarbejdes lokalplan og andre anlægsforberedende arbejder inden entreprenøren skal vælges og anlægsarbejdet kan påbegyndes.

Myndighedsansøgningen, der beskriver den mest fordelagtige løsning, bliver sendt til kommunens kystmyndighed, sammen med ansøgningsskema og relevante bilag, der bl.a. inkluderer VVM-skema og væsentligheds/eller fuld VVM-redegørelse. I forbindelse med myndighedsansøgningen skal der findes en økonomisk fordelingsnøgle for tilbagebetaling af anlæg og drift, ligesom der skal udarbejdes vedtægter. Ifølge Kystbeskyttelsesloven kan alle boligejere, der får nytte af anlægget blive omfattet af nøglen.

11 References

- COWI. (2017). *Byernes udfordringer med havvandsstigning og stormflod*. Lyngby: Realdania.
- Danmarks Miljøportal. (u.d.).
- Danmarks Miljøportal. (u.d.).
- DMI. (23. oktober 2023). *DMI.dk*. Hentet fra DMI.dk:
<https://www.dmi.dk/nyheder/2023/varste-stormflod-lange/>
- DMI. (2024). Hentet fra Klimaatlas Data og Produkter:
<https://www.dmi.dk/index.php?id=3350>
- GEUS. (u.d.). *www.geus.dk*.
- IPCC. (2021). *Summary for policy makers*. United Kingdom;
doi:10.1017/9781009157896.001: Cambridge University Press.
- IPCC. (2023). *AR6 Synthesis Report - Climate Change*. FN: IPCC.
- Klimadatastyrelsen. (u.d.).
- Kystdirektoratet. (2018). *Vejledning om kystbeskyttelsesmetoder*. Lemvig: Miljø og Fødevareministeriet.
- Kystdirektoratet. (2024). *Højvandsstatistikker 2024*. Lemvig: Kystdirektoratet, Miljøministeriet.
- Kystdirektoratet. (16. December 2024). *Kystatlas*. Hentet fra Kyst.dk:
<https://kyst.dk/klimatilpasning/vaerktoejer/kystatlas>
- Kystdirektoratet. (april 2011). *Forslag til udpegnings af risikoområder på baggrund af en foreløbig vurdering af oversvømmelsesrisikoen fra havet, fjorde eller andre dele af søterritoriet. Teknisk baggrundrapport*. Lemvig: Transportministeriet.
- Miljøministeriet - Kort & Matrikelstyrelsen. (2023). *Klimatilpasning og detaljerede højdedata*. Hentet fra
https://www.klimatilpasning.dk/media/356781/klimaogh_jdedataendelig__1_.pdf
- Miljøministeriet. (2023). *Natura 2000-plan 2022-2027 Havet og kysten mellem Præstø Fjord og Grønsund*. Odense: Miljøstyrelsen.
- Miljøstyrelsen. (u.d.).
- Niras. (2021). *Risby Å, Tubæk Å og Rosagerbæk. Genslyngning og udlægning af groft materiale*. Vordingborg Kommune.
- Plan- og Landdistriktsstyrelsen. (u.d.).
- Slots- og Kulturarvsstyrelsen. (u.d.).