

Frederikssund møder vandet

Belysning af konsekvenser ved valg af kronekote

Lytt Architecture as

Dato: 11. oktober 2023

Indhold

1	Indledning	1
2	Kystbeskyttelsens længde	3
3	Sikringshøjdens konsekvenser for den mulige principløsning	5
4	Økonomiske konsekvenser	13

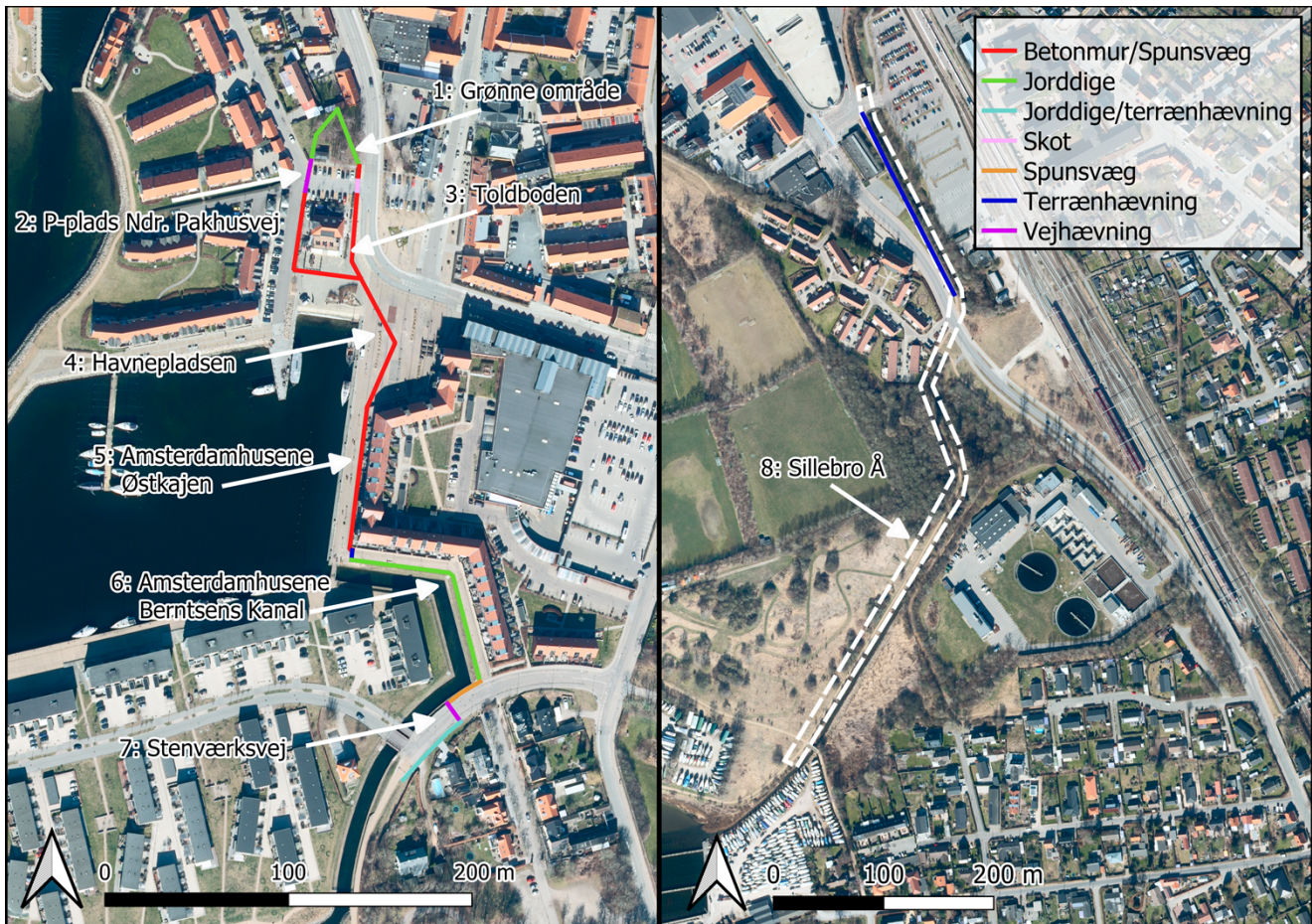
1 Indledning

Nærværende notat har til formål at belyse konsekvensen ved at arbejde med en kronekote på kystbeskyttelse af Frederikssund Midtby på +2,50 m DVR90 i stedet for en kronekote (topkoten for anlæggene) på +2,25 m DVR90 i projektet *Frederikssund møder vandet – livet mellem by og fjord*. Der foreligger endnu ikke et projekt med færdige løsninger. For de fleste dele af strækningen er der dog relativt oplagte løsninger, som må forventes at blive anvendt uanset om kronekoten fastsættes til +2,25 eller +2,5 m DVR90 (i nærværende notat er kote-niveauer altid i m DVR90). Dette gælder dog ikke for Havnepladsen, hvor der kan tænkes flere forskellige løsninger. Her tager vurderingen udgangspunkt i en forhøjning på pladsen, der fx kan fungere som en siddekant. Vurderingen i dette notat tager udgangspunkt i en mulig løsning, hvor en kystbeskyttelse til kote +2,25 udformes efter følgende principper (se også Figur 1.1):

1. Nord for havnepladsen på det grønne område mellem Færgevej og Nordre Pakhusvej etableres et jorddige.
2. På tværs af P-pladsen på Nordre Pakhusvej ved Toldboden etableres et bump/hævet areal
3. Ved Toldboden skal det undersøges, om det er mest hensigtsmæssigt at lade beskyttelsen gå øst eller vest om Toldboden.
4. På havnepladsen udformes beskyttelsen, som en slynget siddekant, der enkelte steder afløses af en rampe, der sikrer passage for cykler, barnevogne, kørestole mv. og enkelte andre steder kan den være en betonmur.
5. Langs Amsterdamhusene på Østkajen udformes beskyttelsen som en væg umiddelbart op mod Amsterdamhusenes terrasser.
6. Langs Berntsens Kanal foran Amsterdamhusene etableres beskyttelsen som et jorddige ud mod kanalen. Der indarbejdes en forhøjning i belægning fra jorddiget over til væggen op mod

Amsterdamhusene, som sørger for at sikringshøjden også etableres på kajen mellem væggen og jorddiget.

7. Ved Stenværksvej etableres beskyttelsen ved en hævnings af spunsvæggen ved kanalen og vejen, og længst mod vest som en jordvold, som knytter an til Kalvøen.
8. Langs Sillebro Å hæves den eksisterende sti i det (begrænsede) omfang, det er nødvendigt.



Figur 1.1: Oversigt over de 8 mindre delområder og hvilke konstruktionstyper der arbejdes med på nuværende tidspunkt. Ortofoto: 2022.

I notatet tages udgangspunkt i den ovennævnte løsning med en kroneskote på +2,25, og det belyses hvilke ændringer en løsning til skote +2,5 vil medføre. Endelig vurderes det, om det kan være hensigtsmæssigt med en adaptiv løsning, dvs. en løsning hvor anlæg til skote +2,25 etableres nu, men forberedes, så den senere kan udbygges til skote +2,5.

Notatet belyser følgende konsekvenser:

- Konsekvenser for kystbeskyttelsesløsningens længde
- Sikringskotes konsekvenser for den mulige løsning og herunder redegørelse for, hvorvidt en adaptiv løsning er en mulighed
- Økonomiske konsekvenser

Først gennemgås konsekvensen for kystbeskyttelsens længde. Derefter de formgivnings-/projektmæssige

konsekvenser, samt hvorvidt en adaptiv løsning er en mulighed. Slutteligt belyses den økonomiske konsekvens baseret på en estimering af anlægsoverslaget for kystbeskyttelsen.

Generelt set vil en højere kronekote beskytte mod en højere vandstand og vil derfor resultere i, at projektet har et højere sikringsniveau. Det anbefales altid at etablere sin højvandsbeskyttelse med minimum 10 cm overhøjde på strækninger, der ikke er bølgeeksponerede. Der kan f.eks. opstå uro i vandoverfladen i f.eks. et havnebassin.

En kronekote på +2,25 vil således beskytte mod et sikringsniveau for en 100-årshændelse i år 2070, hvilket svarer til en vandstandskote på +2,15. En kronekote på +2,50 vil beskytte mod et sikringsniveau for en Bodil-lignende storm i år 2070, hvilket nogenlunde svarer til beskyttelse imod en 1.000-årshændelse i 2070, ifølge Kystdirektoratets højvandsstatistik for Roskilde Havn¹. Dette er svarende til en vandstand på +2,40.

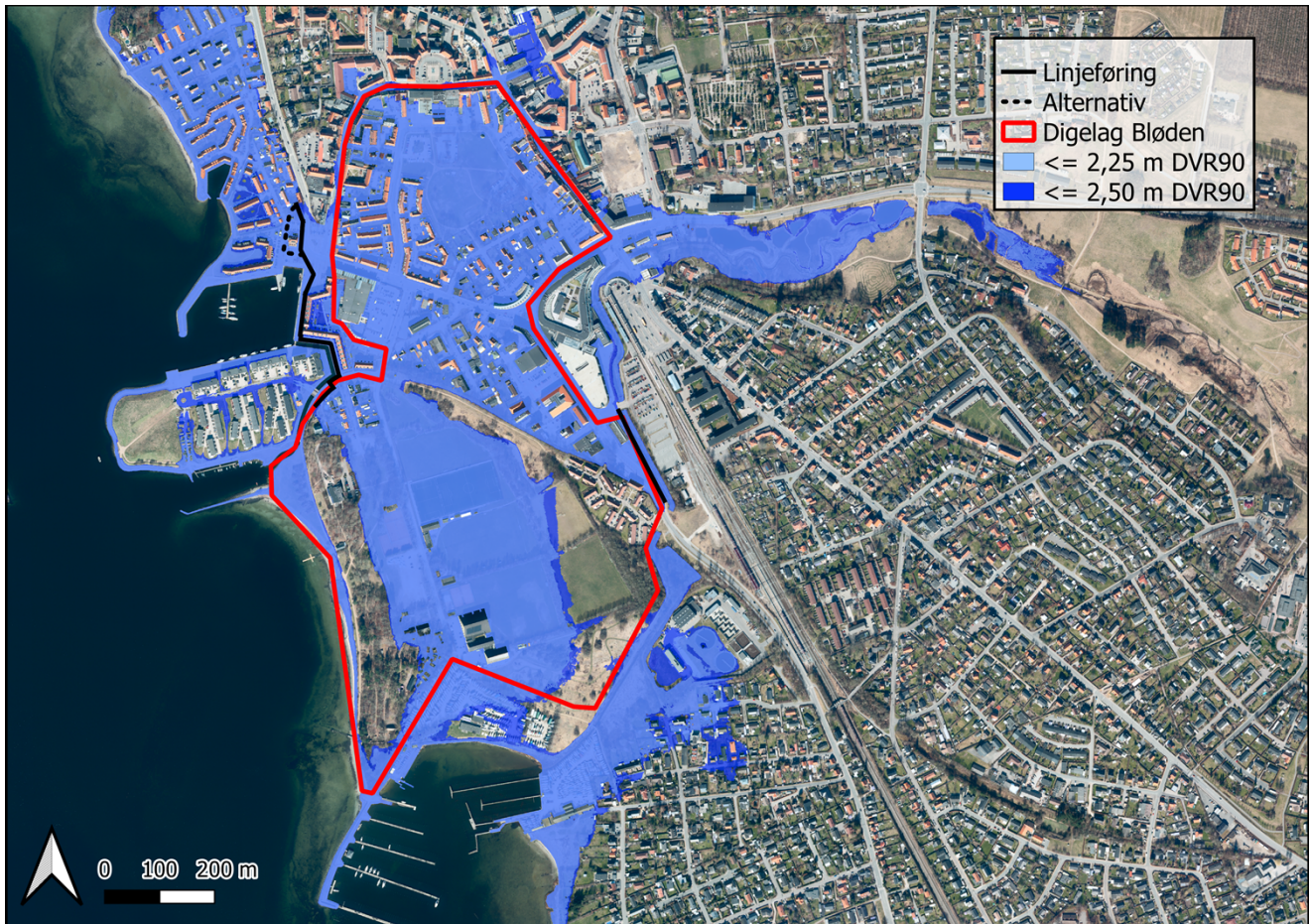
Alle koter og vandstande, der nævnes i nærværende notat, refererer til m DVR90. Alle ortofotos, der er vist, er hentet fra Styrelsen for Dataforsyning og Infrastrukturens dataportal Dataforsyningen².

2 Kystbeskyttelsens længde

Ved fastlæggelse af beskyttelsens længde, skal man undersøge, hvor terrænet er lavere end kronekoten. Dette er gjort ved granskning af Figur 2.1, som viser den maksimale oversvømmelsesudbredelse ved en vandstand på +2,25 og +2,50 samt digelaget Blødens område. Figuren viser således, hvor kystbeskyttelsen skal placeres, for at Digelaget Blødens område bliver beskyttet, dvs. de passager hvor vandet uhindret kan strømme ind. Placeringen af passagerne er de samme ved en vandstand (kronekote) på +2,25 og på +2,50. Dog er størrelsen/længden på passagerne forskellig.

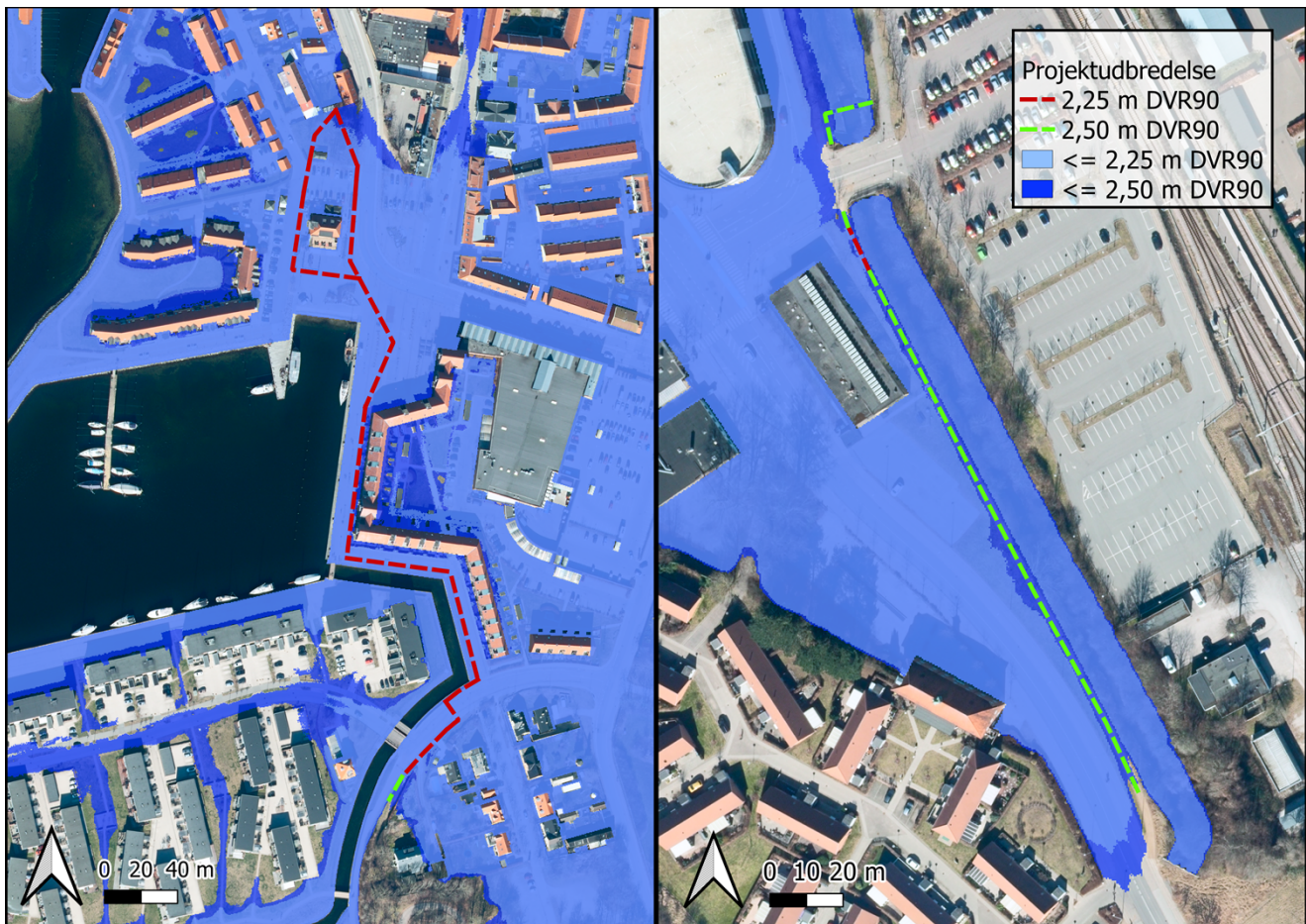
¹ Kystdirektoratet (2019), Højvandsstatistikker 2017.

² Data er hentet fra Dataforsyningen.dk.



Figur 2.1: Oversigt over digelaget Blødens område og maksimal oversvømmelsesudbredelse ved en vandstand på +2,25 m og +2,50 m. De sorte linjer markerer, hvor der skal anlægges kystbeskyttelse for at beskytte digelaget blødens område. Ortofoto: 2022. Oversvømmelsesudbredelse er hentet fra scalgo.com/live.

Længden af den krævede kystbeskyttelse ved de to kronekoter er vist i Figur 2.2. Figuren viser, at der ikke er behov for at forlænge kystbeskyttelsen ved Havnepladsen, men at kystbeskyttelsen skal forlænges ca. 10 m langs Stenværksvej, hvis der beskyttes til +2,5 i stedet for +2,25. Ved Sillebro Å skal den forlænges ca. 180 m.



Figur 2.2: Oversigt over længden af kystbeskyttelsen ved en kronekote på +2,25 m og +2,50 m. Ortofoto: 2022. Oversvømmelsesudbredelse er hentet fra scalgo.com/live.

3 Sikringshøjdens konsekvenser for den mulige principløsning

Udformningen af den principielle løsning kan ændres, hvis en højere kronekote vælges. Eksempelvis kræver et højere dige mere plads, hvilket, hvis der forekommer pladsbegrænsninger, kan medføre, at løsningen skal have en anden form, der kan fordyre eller besværliggøre anlæggelsen af projektet yderligere end blot en lidt øgede mængde materiale.

I **det grønne område nord for Havnepladsen ved Færgevej** er løsningsforslaget et dige. Der er umiddelbart ingen pladsbegrænsninger, men en højere kronekote, og dermed kronekote på diget, vil kræve mere plads. Derudover vil et større dige kræve, at der tilføres mere materiale i form af ler og sand. En adaptiv løsning vil være en mulighed, da et dige kan hæves. En eventuel fremtidig forhøjelse kan forberedes ved at anlægge dige med en bredde, så det kun er digets højde, der skal justeres i fremtiden og ikke fodaftrykket. Det skal dog afklares, om forhøjelsen og eller forberedelsen hertil kan lade sig gøre, eftersom det forventes, at diget skal bugte sig mellem de eksisterende birketræs-stammer, som ikke må dækkes i for meget jord. Alternativt kan det forhøjes med en mindre mur i kronen af diget.

Ved **P-pladsen på Nordre Pakhusvej ved udkørslen til Færgevej** er udgangspunktet en forhøjelse af vejen til kote +2,25. En vejforhøjelse til kote +2,5 vil være så godt som umuligt at gennemføre over P-pladsens korte strækning. Der er også knebent med plads til en forhøjelse til kote +2,25, så det kan ved projekteringen vise sig nødvendigt, at det hævede areal også kommer til at omfatte områder på Nordre Pakhusvej eller Færgevej. Alternativt kan der placeres et højvandsskot. Den eksisterende terrænkote ved udkørslen er +1,80. Et skot skal således være 70 cm højt ved en kronekote på +2,50 m. Selve skottet, samt de pæle som skottet fastsættes i, vil være dyrere, jo højere kronekoten er. Det er muligt at vælge en adaptiv tilgang, hvor vejforhøjelsen i fremtiden suppleres med et skot. En vejforhøjelse vil være mere sikker end en skotløsning, da vejforhøjelsen vil fungere uden beredskabsindsats.

Ved Toldboden forventes umiddelbart placeret en betonmur, men løsningen kan også have andre udformninger. På denne strækning er den eksisterende kote ca. +1,75, dvs. at en betonmur på det højeste sted vil være hhv. 50 cm og 75 cm over eksisterende terræn ved en kronekote på hhv. +2,25 og +2,50. En højere højvandsmur vil kræve, at der bliver anvendt mere beton. Der kan vælges en adaptiv tilgang, hvor der bliver tilføjet et betonmodul ovenpå betonmuren, hvis kronekoten forhøjes i fremtiden.

Det er ikke undersøgt til bunds endnu, om beskyttelsen kan føres vest om Toldboden. Det kan umiddelbart give nogle udfordringer ved Toldbodens indkørselsforhold. Det skal derfor afsøges, om det er mest hensigtsmæssigt at lade beskyttelsen gå øst eller vest om Toldboden. Hvis beskyttelsen føres øst om toldboden, forventes løsningen stadig at være en betonmur.

På **Havnepladsen** udformes kystbeskyttelsen som en siddekant – en betonmur, hvor terrænet på den ene side af muren er hævet op til samme niveau som muren, så muren ikke fremstår som en mur, men som en kant, som man kan sidde på. Terrænet på havnepladsen varierer, men ligger mange steder omkring kote +1,75. For at siddekanten kan få en højde over det eksisterende terræn, som er rar at sidde på, skal siddekanten være tæt på kote +2,25. Hvis kote + 2,25 ikke er tilstrækkeligt til at give en komfortabel siddehøjde kan kanten evt. forhøjes for at øge siddevenligheden eller man kan anbringe træ på toppen som forhøjer den. Ved sikring til kote +2,5 vil siddekanten de fleste steder blive for høj med mindre underlaget hæves, så siddehøjden kommer til at passe, hvilket vil fordyre løsningen. Det vil ikke give mening med en adaptiv løsning, hvor man senere hæver en siddekant i kote +2,25 til kote +2,5, da det vil give store arbejder med at tilpasse terrænet omkring siddekanten.

Langs **Amsterdamhusene** forventes løsningen at blive en væg langs rækværket ind mod Amsterdamhusenes terrasser. Rækværk og indgange ind til terrasserne er vist fra gangarealet langs kajen i Figur 3.11. Terrænet foran væggen bearbejdes, så det hælder fra væggen ud mod kajkanten. Desuden skal der etableres en form for overgang for beboerne fra terrasserne hen over væggen og ud til gangarealet langs kajen. Denne overgang kan være i form af et ekstra trin på terrassesiden af væggen. Hvis kronekoten er +2,25, kræver overgangen fra Amsterdamhusene forventeligt et til to trin op til toppen af væggen. Trinene kan placeres i indgangenes åbning. Løsningen kan alternativt udformes ved at terrassedækket udvides hen til væggen, så det dækker hele indgangen. Hvis kronekoten er +2,50 vil væggens kronekote ligge ca. 10 cm højere end et udvidet terrassedæk og der vil være et trin op og hvis væggens kronekote er +2,25 vil der være et trin ned fra et udvidet terrassedæk til væggen. Desuden kræves naturligvis også, at der etableres trin fra væggen ned til terræn på kajensiden.

Såfremt væggen udformes som en stål-spuns, vil den ikke kunne fungere som en adaptiv løsning, der kan forhøjes senere. Hvis væggen udformes som en betonvæg og den fra starten funderes tilstrækkeligt dybt til evt. senere forhøjelse, vil den kunne fungere som en adaptiv løsning. Hvis væggen forhøjes på et senere tidspunkt, skal trappeløsningerne tilpasses ad to omgange.



Figur 3.1: Rækværk og indgange ind til Amsterdamhusenes terrasser vist fra gangarealet langs kajen. Foto: NIRAS 12-03-2023.

Et enkelt sted ved Amsterdamhusene langs Østkajen er der en rampe ned mod en indgang til en trappeopgang, som er vist i Figur 3.2. Med en sikring til kote +2,25 vil en rampeløsning kræve, at rampen føres ud i kajarealet. Alternativt kan der installeres et skot, enten i den fulde højde, eller der kan etableres en rampe så højt som muligt og suppleres med et skot i den øverste del. Sidstnævnte mulighed er en dyrere løsning end et skot i fuld højde (da det er to typer anlæg), men giver en større sikkerhed, da den faste konstruktion når til en højere kote. Det vil formentlig ikke være muligt at etablere en rampe helt til kote +2,50, hvorfor der i det tilfælde vil være behov for isætning af et skot. Igen kan dette være i den fulde højde eller i den øverste del af beskyttelsen.

Såfremt der arbejdes med en adaptiv tilgang med etablering til kote +2,25 og senere forhøjelse til kote +2,5, kan man måske anlægge en rampe til kote +2,25 og senere hen installere et mindre skot til selve forhøjelsen op til kote +2,5 m. I så fald kan man vente med at installere rammen til skottet indtil det bliver aktuelt. Såfremt der fra starten tænkes i en skotløsning til kote +2,25, så vil det være en fordel at vide, om det forventes senere at skulle forhøjes til kote +2,5. Det vil være billigere at isætte rammen til skottet til kote +2,5 fra begyndelsen. Anvendes et skot, som kun sikrer til kote +2,25, vil det skulle udskiftes helt, inklusive fundament og pæle, hvor skottet fastgøres, hvis kronekoten hæves senere hen. En rampe vil være mere sikker end en skotløsning, da forhøjelsen vil fungere uden beredskabsindsats.



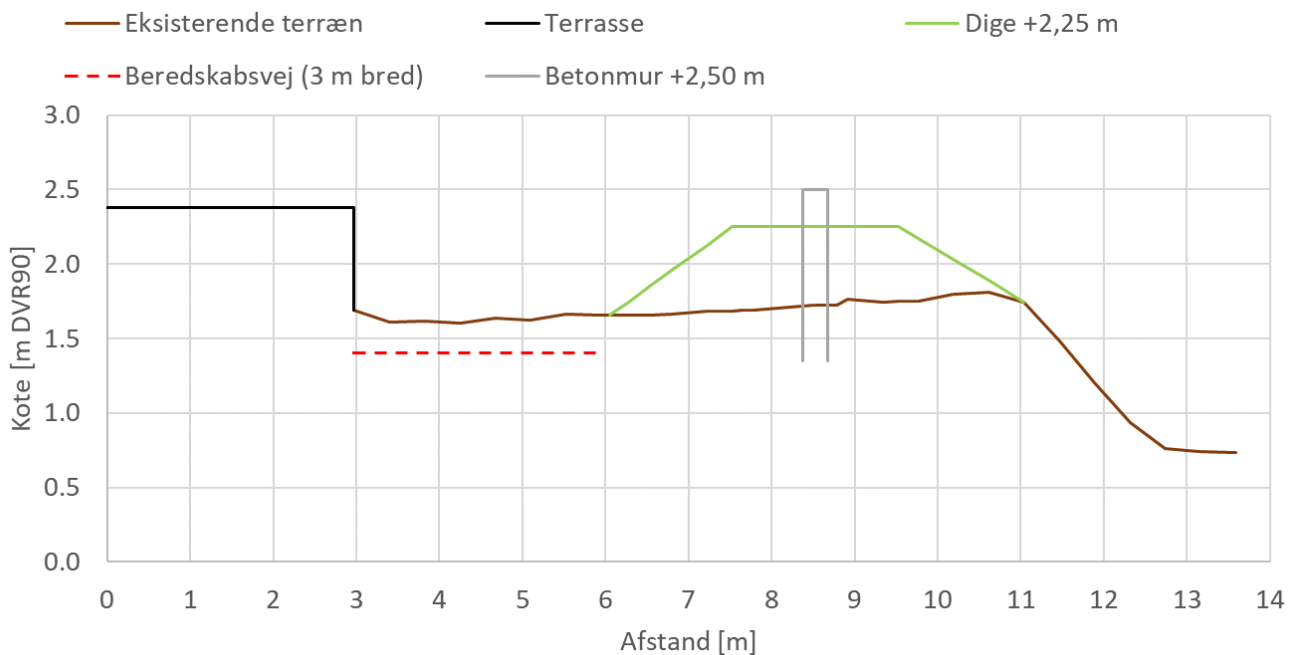
Figur 3.2: Rampe og indgang til trappeopgangen. Foto: NIRAS 12-03-2023.

Den forventede løsning **ved Berntsens Kanal** er, at den grønne skråning langs kanalen hæves til et dige. Anlægget skal dermed krydse gangarealet langs kanalen, for at sikringslinjen ikke brydes. Figur 3.3 viser, at væggen foran husene på Østkajen kan fortsættes rundt om hjørnet og at sikringshøjden fortsættes på tværs af kajen, i form af toppen af et hævet kajareal, som et slags vejbump, hen til diget ved Berntsens Kanal. For at sikre adgang for kørestolsbrugere langs kajen, skal ramperne på hver side af væggen etableres med en hældning, der overholder de gældende regler for adgangsforhold. Hvis kronekoten på muren er +2,50 skal ramperne forlænges, og væggen skal dermed forsætte langs Amsterdamhusene ved Berntsens Kanal i et længere stykke, end hvad der er behov for ved en kronekote på +2,25. En adaptiv løsning kan være en mulighed, da der kan sættes et nyt betonmodul ovenpå væggen foran husene på Østkajen. Muligheden for at hæve væggen skal dog tænkes ind fra start, så det sikres, at der er plads til at ramperne kan forlænges, når væggen hæves.



Figur 3.3: Løsningsprincip ved Amsterdamhusene og Østkajen. Det prikkede område på hver side af muren illustrerer ramper.

Langs **Berntsens Kanal** er der ingen pladsudfordringer ved en kronekote på +2,25 og hældning 1:3 på både land- og havsiden. Derimod vil der komme pladsudfordringer, hvis et dige skal have hældning 1:3 på både land- og havsiden med en kronekote i +2,5 og der samtidig skal tages højde for, at kajen er en beredskabsvej, der kræver, at der er en vejbredde på minimum 3 m. Det kan løses ved at have hældningen 1:2 på landsiden, hvilket kystteknisk er stabilt, da der ikke er betydelige bølger på denne strækning. Figur 3.4 viser udformningen af diget ved en kronekote på +2,25 og +2,50 samt det krævede areal til beredskabsvejen. En adaptiv løsning er en mulighed, da diget let kan forhøjes. Derudover er det også en mulighed at isætte en lille væg i toppen af diget, som den senere forhøjelse. Dette er dyrere, men mindre pladskrævende.



Figur 3.4: Udformning af dige ved de to kronekoter samt bredden af beredskabsvej.

Langs **Stenværksvej** forudsættes spunsvæggen hævet. Figur 3.5 viser den eksisterende spunsvæg. For at hæve spunsvæggen, skal der anlægges en ny spunsvæg. Der er ingen forskel på udformningen af spunsvæggen, hvis den er +2,25 m eller +2,50 m udover, at jo højere den er, desto mere vil den rage op over terrænet. Uanset til hvilken kote spunsvæggen skal etableres, skal den ombygges helt. Hvis det ønskes at hæve spunsvæggen på et senere tidspunkt, skal hele spunsvæggen igen udskiftes, hvilket vil være økonomisk omkostningsfuldt.



Figur 3.5: Spunvæg langs Stenværksvej. Foto: NIRAS d. 11-05-2023.

Stenværksvej forudsættes hævet, så topkoten er +2,25. Fra topkoten på vejen og mod vest skal terrænet langs vejens sydside hæves, så det som minimum har den samme kote som vejens topkote, se Figur 3.. Vejhævnningen kræver, at vejens sideanlæg/fodaftrek udvides, hvilket betyder, at vejanlægget udvides ind mod grundene, der er beliggende syd for vejen. For at skabe plads til at hæve vejen må den sydlige sides fortovej og cykelsti formentlig sløjfes. Det vil desuden være nødvendigt at hæve indkørslerne inde på grundejernes areal, så disse tilpasses vejen og de hævede arealer på Stenværksvejs sydside. Det er undersøgt, at der er plads til at hæve vejen til kote +2,25. Hvis vejens topkote skal være +2,50 m, vil der blive pladsudfordringer. Dette kan løses ved at indsnævre vejen til én bane. Derudover vil vejstykket fra det lille dige ind mod broen til Sydkajen potentielt blive for stejlt. Dette kunne løses ved at hæve broen, hvilket imidlertid ville fordyre projektet betydeligt. Alternativt kan isættes et skot henover toppen af vejforhøjelsen. Dette kan gøres enten i den fulde højde fra begyndelsen, eller som en evt. forhøjelse fra kote +2,25 til +2,5. Anvendelse af et skot vil betyde, at køretøjer ikke har adgang til Sydkajen når skottet er i brug. Dette ville dog under alle omstændigheder kræve særlige køretøjer, da terrænet på vejen mellem skottet og broen er under kote +1,80, og derfor vil være oversvømmet, når skottet er isat. En vejforhøjelse vil være mere sikker end en skotløsning, da vejforhøjelsen vil fungere uden beredskabsindsats.



Figur 3.6: Oversigt over linjeføring og matrikler ved Stenværksvej. Ortofoto: 2022.

Langs **Sillebro Å** forventes en hævnning af den eksisterende sti. En kronekote på +2,50 vil resultere i en væsentligt længere strækning, der skal hæves som vist på Figur 2.2. Stien kan uden teknisk besvær hæves på et senere tidspunkt. Dog kan det være nødvendigt at fælde en række træer, hvis stien skal hæves til +2.50.

Da strækningerne ved Sillebro Å er naturprægede i modsætning til de resterende urbane strækninger, vil der være behov for en Bilag IV-vurdering af arter fundet i området, herunder feltundersøgelser på det rette tidspunkt. Dette er dog kun ved forhøjelse af stien til kote +2,50. Forhøjelse til +2,25 betragtes blot som værende udlægning af et nyt gruslag og ikke egentlig ændring af anlægget. Muligvis vil en landopmåling vise, at der ikke er behov for at gøre noget.. Krav om bilag IV-vurdering vil forsinke projektet, da feltundersøgelserne skal indledes i første kvartal af året.

4 Økonomiske konsekvenser

For at belyse de økonomiske konsekvenser ved at vælge en højere kronekote, er der udarbejdet et anlægsoverslag for begge kronekoter. Overslagene omfatter udelukkende de kystbeskyttende elementer.

Anlægsoverslaget er baseret på seneste kendte enhedspriser fra lignende projekter, som NIRAS har været en del af. I overslaget er der inkluderet anstilling og byggeplads, tillægsarbejder, rådgiver og undersøgelser samt en usikkerhedsfaktor. Disse poster er beregnet som procentdele.

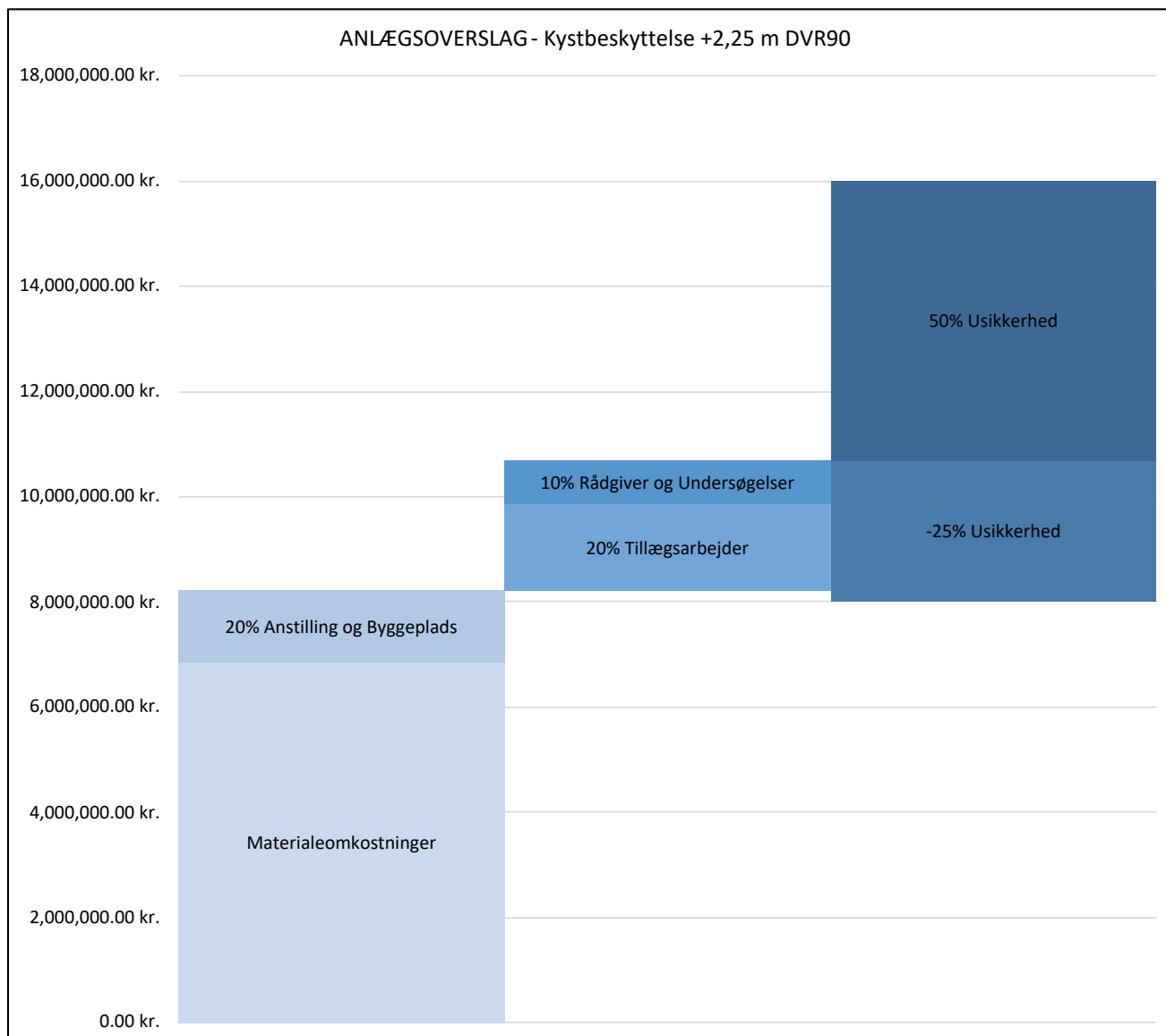
Figur 4.1 viser anlægsoverslaget for kystbeskyttelsen ved en kronekote på +2,25. Figuren viser, at anlægsoverslaget er **10.680.000 DKK** ekskl. moms.

Figur 4.2 viser anlægsoverslaget for kystbeskyttelsen ved en kronekote på +2,50. Figuren viser, at anlægsoverslaget er **12.940.000 DKK** ekskl. moms.

Der er dermed en overslagsmæssig forskel på kystbeskyttelsen og på hele anlægget på **≈2.260.000 DKK** ekskl. moms mellem at have en kronekote på +2,25 m og +2,50 m.

Det skal nævnes, at det;

- Antages at ramper, der forbinder havnepladsområdet foran muren med havnepladsen bagved muren, koster 10.000 kr. ekskl. moms
- Antages at et stort skot koster 200.000 kr. ekskl. moms
- Antages at hvert sted hvor der skal etableres afværgeforanstaltninger for bagvand, så koster det 200.000 kr. ekskl. moms.
- I forudsætningerne inkluderer en buffer til vejforhøjelsen ved Stenværksvej på 500.000 kr. ekskl. moms (til f.eks. trafik håndtering i anlægsfasen). Denne buffer er den samme uanset kronekote.



Figur 4.1: Anlægsoverslag for kystbeskyttelsen ved en kronkote på +2,25 m.



Figur 4.2: Anlægsoverslag for kystbeskyttelsen ved en kronekote på +2,50 m.