Til
Svendborg Kommune

Dokumenttype
Baggrundsrapport

Dato
Marts, 2023

DEN BLÅ KANT - STORMFLODSBESKYTTELSE
BAGGRUNDSRAPPORT TIL HANDLEPLAN

ARK LAND

RAMBØLL Bright ideas. Sustainable change.

Projekt nr.	1100052642
Dato	24. marts 2023
Udarbejdet af	Marianne Skov, Thomas Madsen, Peter Bønløkke Adamsen, Rambøll Mathilde Bjerregaard, ARKLAND
Kontrolleret af	PEBA, MBMJ
Godkendt af	ANMH

INDHOLD

1.	**Ordforklaring**	**4**
2.	**Introduktion**	**12**
3.	**Forudsætninger for stormflodsbeskyttelse**	**16**
3.1	Svendborg by og havn	16
3.1.1	Kulturmiljøer og bevaringsværdige bygninger	18
3.1.2	Udviklingspotentiale og fremtidige arealanvendelse	19
3.2	Højvande og klimaforandringer	22
3.3	Risikoanalyse	26
3.4	Sikringskoter	28
3.4.1	Designvandstande	29
3.4.2	Bølgeforhold	31
3.4.3	Landbevægelser	34
3.4.4	Lokale sætninger	34
3.5	Havnens aktiviteter – besejlingsanalyse	34
3.6	Havnens eksisterende kajanlæg	38
3.6.1	Kajkonstruktioner	38
3.6.2	Kajhøjde – funktion og stormflodsbeskyttelse	41
3.6.3	Kajtæthed	42
3.7	Afløbssystemer - nedbør og det stigende havvand	42
3.7.1	Det stigende havvandsspejls påvirkninger	44
3.7.2	Klimaændringer i nedbør	44
3.7.3	Evaluering af tidligere stormflodsstrategier	46
3.7.4	Klimatilpasning af afløbssystemet	47
4.	**Løsningskatalog for stormflodsbeskyttelse**	**50**
4.1	Kajanlæg	50
4.2	Stormflodsbeskyttelse integreret i byrum	51
4.3	Stormflodsporte og klapper	51
4.4	Beredskabsløsninger	54
5.	**Bidragsfordeling – finansiering og organisering**	**56**
5.1	Hvem kan bidrage?	56
5.2	Principper for bidragsfordeling	56
5.3	Organisering	58
5.4	Etapevis realisering	59
5.5	Kommunale lånemuligheder - KommuneKredit	61
6.	**Den Blå Kant - strategier for stormflodsbeskyttelse**	**63**
6.1	En unik havn med mange muligheder	63
6.2	Etapevis realisering	64
6.3	Nyttedragere	66
6.4	Strategi A: En 'ydre' stormflodsbeskyttelse	67
6.4.1	Strategi A: Forslag til linjeføring og typer af stormflodsbeskyttelse	67
6.4.2	Strategi A: Sikringskoter	74
6.4.3	Strategi A: Anlægsøkonomi	76
6.4.4	Strategi A: Risikoreduktion - Hvem beskyttes?	79
6.4.5	Strategi A: Bidragsfordeling	82
6.5	Strategi B: En 'indre' stormflodsbeskyttelse	83
6.5.1	Strategi B: Forslag til linjeføring og typer af stormflodsbeskyttelse	83
6.5.2	Strategi B: Sikringskoter	88
6.5.3	Strategi B: Anlægsøkonomi	90

6.5.4	Strategi B: Risikoreduktion - Hvem beskyttes	93
6.5.5	Strategi B: Bidragsfordeling	96
7.	**Fordele og ulemper strategierne imellem**	**98**
8.	**De videre skridt - proces for realisering**	**107**
9.	**Referencer**	**113**

1. ORDFORKLARING

Afløbssystem	Afløbssystem refererer til ledningssystemet under jorden, hvori regnvand og spildevand løber. Et afløbssystem kan opbygges som et fællesystem (spildevand og regnvand sammen) eller et separatsystem (spildevand og regnvand hver for sig).
Beredskab	Beredskab er den akutte indsats, der foregår ved fare, som ikke allerede er forebygget eller beskyttet. Redningsberedskab varetager oftest af offentlige myndigheder eller lignende, der er klar til at udføre en afværgeindsats i forbindelse med eksempelvis stormflod eller skybrud.
Beredskab i relation til kystbeskyttelse	Hvis aktivering af tiltag og beredskabsløsninger kræves ved højvands - eller stormflodsvarsling er det vigtigt at udarbejde beredskabsprotokoller, actions cards, udføre øvelser og evalueringer etc. således der er en plan for hvad der skal ske før, under og efter en højvandshændelse.
Beredskabsløsninger	Midlertidige mobile løsninger til at afværge eksempelvis oversvømmelser. Det kan være watertubes, sandsække, alu-planker eller lignende løsninger. Redskabsindsatser som en del af de samlede beredskabsløsninger kan for specifikke opgavetyper og lokaliteter, varetages af både offentlige myndigheder og private aktører i tilfælde af opstilling afværgeforanstaltninger i relation til oversvømmelser, forurening m.v. Ved større hændelser, kan førstehjælp og krisehåndtering, ligeledes blive nødvendigt.
Bidragsfordeling	Bidragsfordeling referer til den økonomiske fordeling af omkostninger for kystbeskyttelse. Jf. Kystbeskyttelsesloven kan alle ejere af fast ejendom som opnår nytte af at realisere et kystbeskyttelsesanlæg, herunder stormflodsbeskyttelse, sættes i bidrag og indgår dermed i en større fælles bidragsfordeling.
Bygning som en del af beskyttelsen	Hvis selve bygningerne er indrettet til at modstå vand i form ændrede materialer modstandsdygtige over for havvand eller ved aktivering af mobile beredskabstiltag til valgte sikringskote, kan man forbinde bygningerne med øvrig fritstående højvandsbeskyttelse i form af højvandsmure mv., således en sammenhængende sikringslinjen dannes.
Bølgetillæg	Bølgetillæg er et tillæg som lægges til designvandstanden for at få den samlede sikringskote for et kystbeskyttelsesanlæg, herunder stormflodsbeskyttelse.
Centrale estimater	Centrale estimater benyttes til at beskrive bedste bud på statiske parametre som middelværdien samt 10-90% percentilen. Kystdirektoratet og Danmarks Meteorologiske instituttet benytter statistiske metoder til at analysere målte data som vandstand, temperatur, nedbør tc.
DAPP-analyse	DAPP er en analytisk metode til at identificere og opdele et sæt af mulige strategier og tiltag indenfor en ukendt/usikker udviklingsramme over tid, som f.eks. forvaltning og styring af over-

	svømmelsesrisici under skiftende klimaforhold. DAPP indeholder muligheden for at identificerer hvornår hvorefter en handling eller et tiltag ikke længere opfylder det klart angivne mål, og der således er behov for andre eller yderligere tiltag.
Designvandstand	Designvandstande er den dimensionerede vandstand som indgår i bidraget til bestemmelse af sikringskote. Designvandstanden er middel højvandet som forekommer under storm.
DVR90	Dansk kotesystem til indmåling af højder i forhold til reference og hinanden. DRV90 refererer til Dansk Vertikal Reference 1990.
Feedback mekanismer	Feedback mekanismer, oftest også kaldet tilbagekoblingsmekanismer, relaterer i forskningen omkring klimaforandringer til de forskellige reaktioner og kædereaktioner som sker i et system. Ændringerne som kan forstærke eller dæmpe effekter positivt eller negativt. Som eksempel fører en øget drivhuseffekt til opvarmning af atmosfæren. En opvarmet atmosfære kan indeholde mere vanddamp, end en koldere. Vanddamp er en drivhusgas, så vanddampindholdet øger opvarmningen yderligere – dette er en positiv feedback/tilbagekobling. Der er også negativ feedback/tilbagekobling som begrænser temperaturændringerne. Som eksempelvis kan nævnes varmestrålingen fra jordoverfladen. Hvis temperaturen øges, øges varmestrålingen til rummet også, hvilket begrænser den oprindelige temperaturstigning. Ikke alle feedback mekanismer er lineære, eller udelukket positive eller negative. Det gælder eksempelvis skyer. Skyer har eksempelvis to modsatrettede effekter og dermed indvirkninger på klimaændringerne. Skyer kaster både en del af det lys som ellers ville nå jordoverfladen tilbage til rummet, men øger også drivhuseffekten.
Friholdelse af arealer	Arealer i risikozonen holdes fri for nye funktioner som f.eks. nye bygninger, kritiske installationer og byudvikling.
Fællessystem	Afløbssystemer som fører både regnvand og spildevand, typisk nedgravede gravitationsrørledninger.
Gentagelsesperiode	Gentagelsesperioden beskriver den statistiske sandsynlighed for at en højvandshændelse indtræffer.
Global opvarmning	Termen 'global opvarmning' benyttes omkring stigningerne i den globale gennemsnitstemperatur. Udtrykket benyttes både om den stigning observeret indtil nu, men også om den fremtidige forventede fortsatte opvarmning.
Havspejlstigning	Havspejlet stiger grundet afsmeltningen af iskapperne (Arktis og Antarktis), samt varmeudvidelsen af havet, forårsaget af den globale opvarmning. Havspejlstigninger er ikke ens over jordens overflade grundet massetiltrækningskræften polerne imellem. Danmark påvirkes således mest af afsmeltningen af isen på Antarktis.
Højvande /højvandshændelse	Højvande eller højvandshændelser, er en midlertidig forhøjelse af middel havvandspejlet. Variationer i havvandspejlet sker dagligt som følge af tidevandsvariationen, men også som følge

	af de forskellige vejrsystemers bevægelse. Højvande kan forekomme under forskellige vindforhold. Der er således ikke altid stormflod, fordi der er højvande. Højvande kan føre til oversvømmelse.
Højvandsbeskyttelse	Højvandsbeskyttelse er en eller flere tiltag som tilsammen beskytter mod højvande som ellers ville have forårsaget oversvømmelse eller opstuvning med skader til følge.
Interimsløsning	Interimsløsninger er midlertidige løsninger som opstår grundet en etapeopdelt realisering af det samlende kystbeskyttelsesanlæg.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) er et FN-organ, der med udgangspunkt i videnskaben studerer klimaforandringer og de afledte effekter deraf.
ISPS	ISPS (International Ship and Port Facility Security) er et regelsæt som Danske Havne er omfattet. Regelsættet identificerer de enkeltes havnes risikoprofil og tilhørende reglement om terrorsikring og afspærring.
Klimaatlas	Klimaatlas, er Danmarks Meteorologiske Instituts (DMI) bedste bud på fremskrivninger af parametre som havvandstandsstigninger, temperaturstigninger, nedbørvariationer etc.
Kote	Niveauangivelse for et bestemt terrænpunkt i relation til et referencesystem. En koteangivelse er derfor ikke nødvendigvis lig højden på en konstruktion. Alle koter angivet er med udgangspunkt i Dansk Vertikal Reference 1990 (DVR90). Kote 0 m er ikke nødvendigvis svarende til at den gennemsnitlige daglige middel havspejlet. For Svendborg Havns vandstandsmåler gælder det dog at det daglige middel havspejllet i dag ligger i kote 0 m.
Kraftig regn	Kraftig regn er af DMI defineret til at være en hændelse med en regnintensitet på mindst 24 mm på 6 timer eller derunder. Det er således den definition DMI benytter til varsling.
Kuling	Kuling er af DMI defineret som vindstyrker af 7-9 Beaufort, hvilket svarende til 14-24 m/s.
Kystbeskyttelse/ Kystbeskyttelsesanlæg	Kystbeskyttelse eller kystbeskyttelsesanlæg refererer til afværgetiltag mod oversvømmelse og/eller erosion. Kystbeskyttelse er derfor en fællesbetegnelse for en række tiltag. Eksempler på kystbeskyttelse er højvandemure, stenkastning, stormflodsporte, diger og klitlandskaber. Stormflodsbeskyttelse dækker et udvalg af kystbeskyttelsesløsninger som beskytter mod højvande og stormflod.
Kystbeskyttelseslag	Sammenslutning af ejendomsejere der i fællesskab har ansvar for etablering, drift og vedligeholdelse af et kystbeskyttelsesanlæg, herunder stormflodsbeskyttelse. Laget har vedtægter og beskrivelse af bidragsfordeling.
Landbevægelser	Landbevægelser referer til de landhævninger og landsænkninger som sker på baggrund af bevægelser af kontinenterne og oceanerne, samt den lokale geologi.
Landhævning	Landhævning sker bl.a. i Danmark som resultatet afsmeltningen fra den sidste istid. Landet stiger ikke ens på tværs af hele Danmark, grundet den forskellig artet isudbredelse og istykkelse.

Ledning	Ledninger referer bredt set til rørlagte spildevand- og regnvandsvandsledninger. Men kan også være internetkabler m.v.
Ledningsejer	Infrastrukturejere af ledningsnet så som vand og spildevand, internet, gas, fjernvarme og telefoni m.v.
Lokale sætninger	Sætninger af konstruktioner, grundet underlæggende geologi.
Lukkeniveauer	Lukkeniveau refererer til den eller de havvandstande som åbner og lukker en stormflodsport.
Middelhavspejl	Middelhavspejlet referer til, hvad oftest omtales som daglig vande. Niveauet for middelhavspejlet bestemmes som gennemsnittet af vandstande over en lang periode. DMI benytter mindst 19 års data. Middelhavspejlet er således stigende med stigende havvandstande som følge af den globale opvarmning.
Nutidsværdi	Sammenligning af omkostninger over tid, muliggøres ved beregningen af nutidsværdien. Nutidsværdien beregnes ved at summerer diskonterede omkostninger over en tidsperiode. Enkelt udtrykt, betyder det at omkostninger i fremtiden er mindre værd end i nutiden. Diskonteringsfaktoren angives af Finansministeriet.
Nybyggeri	Man kan vælge at stille skærpede krav til nyt byggeri gennem lokalplaner og byggetilladelser. Man kan kræve at bygningerne skal kunne modstå stormflod til en vis højde, anvende bestemte byggematerialer, have installationer og funktioner, som kan tåle vand og påvirkning fra saltvand, sikring af afløbssystemerne og sikring af, at bygningen ikke vil påvirke naboer negativt. Kravene kan også omfatte, at bygningerne skal kunne fungere eller indgå som del af en fælles højvandsbeskyttelse.
Oversvømmelse	Vand på terræn fra enten havet eller i forbindelse med nedbør. Sandsynligheden for højvande eller nedbør samt vandets vej igennem landskabet, giver sandsynligheden for oversvømmelse.
Port	Porte, refererer til en kystbeskyttelsestype, som kan benyttes i åbninger i højvandsmure eller i vandet. Porte, står typisk åbne i dagligdagen under 'godt vejrs' situationer, og lukkes under varsel af højvande, for at undgå oversvømmelse af bagvedliggende arealer.
Portanlæg	Et portanlæg, er en type af højvandsbeskyttelse. Portanlæg tillader regulering af vandstande på hver side af en eller flere porte. Portene monteres i åbninger til havne, vandløb m.v. og består oftest i samspil med andre tiltag, som eksempelvis pumpestationer, højvandsmure m.v.
Punktsikring	Punktsikring, oftest også refereret til som objektbeskyttelse, er hvor beskyttelse af udsatte værdier sker lokalt. Det er således tiltag som kan beskytte bygninger og andre elementer enkeltvis. I stedet for en større samlet linjeføring kan man beskytte de enkelte bygninger eller andre elementer som kritiske installationer m.v. f.eks. med vandtætte skot og døre, vandtætte membraner og byggematerialer.
RCP *RCP 4.5 og RCP 8.5*	Representative Concentration Pathways (RCP) definerer et sæt scenarier beskrivende mængden af drivhusgasser og dermed

	de forventede klimaforandringer. Formålet med RCP-scenarierne er at beslutningstagere bedre kan vurdere konsekvenserne af de forventede klimaforandringer under forskellige grader af global opvarmning. RCP-scenarierne 4.5 og 8.5, er to ud af flere scenarier, som repræsenterer forskellige fremtider. RCP 4.5 er et udledningsscenarie, hvor de globale drivhusgasudledninger reduceres, og klimapåvirkningen stabiliseres i slutningen af århundredet. RCP 8.5 er derimod et højt udledningsscenarie med stigende drivhusgasudledninger efter 2100. Udviklingen indenfor et scenarie influeres af mængden af drivhusgasser, reduktionsindsatser, teknologisk udvikling, socio-økonomisk udvikling m.v.
Regnhændelse	En regnhændelse referer til alle typer af regn, herunder skybrud, kraftig regn etc.
Regnvandssystem	Et regnvandssystem, beskriver det samlede system af ledninger, pumper m.v. som håndterer regnvandsopsamling og afvandingen.
Risiko *Forventede Årlige Omkostninger (EAD)*	I forbindelse med kortlægningen af sandsynligheden for oversvømmelse og de mulige konsekvenser som følge heraf, estimeres risikoen. Risikoen beskriver således de forventede årlige omkostninger (Expected Annual Damage, EAD). For at kunne estimere risikoen, analyses et antal udvalgte oversvømmelseshændelser. Hændelserne skal både repræsenterer små såvel som store hændelser for at identificere spredningen. Det er især vigtigt at inkludere mindre hændelser med lav gentagelsesperiode og dermed høj sandsynlighed for at forekomme, da skaderne ved hyppige hændelser kan akkumulere til betydelige summer over en årrække. Interpoleres arealet under risikotæthedskurven giver summen risikoen (EAD).
Risikoanalyse	Risikoanalyser er et brugbart redskab til at identificere, hvor de største skader forventes, samt bestemme de reducerede skader efter implementering af tiltag. En risikoanalyse kan udføres for eksisterende situation, men også med fordel udføres for en eller flere tilpasningsstrategier. For at estimere effekten af de forskellige tilpasningsstrategiers reduktionen af oversvømmelsesskader, kortlægges et områdes værdier og sårbarheder for at kunne estimere mulige skader og tab, der forventes at opstå i forbindelse med oversvømmelser. Ved at undersøge skader og tab ved flere sandsynligheder for oversvømmelse kan de gennemsnitlige, årlige skader og tab (på engelsk kaldet ”Expected, Annual Damages”, EAD) både før og efter implementering af strategier estimeres som en del af en risikoanalyse. Risikoen bestemmes i risikoanalyser, hvilket både kan gøres kvalitativt og kvantitativt (EAD).
Risikotæthed	Risikotæthed, udtrykt som en risikotæthedskurve, giver en indikation af, hvilke gentagelsesperioder, der bidrager mest til den samlede risiko (EAD) og bidrager dermed til diskussionen omkring valg af sikringskote. Interpoleres arealet under risikotæthedskurven giver summen risikoen (EAD).
Sammenfald af hændelser	Det er ske sammenfald af hændelser, hvad end de er koblende eller afledte af hinanden. Om de er forårsaget af systemer,

	teknik, mennesker eller vejret. Ved design af klimatilpasning samt udarbejdelse af beredskabsprotokoller, undersøges sammenfald imellem højvande og bølger, kraftigt regnvandsafledning og højvande, strømnedbrud eller konstruktionssvigt samtidig med højvande etc. Sandsynligheden varierer for sammenfald afhængig af de variable parametre.
Sikringskote	Sikringskoten henviser til det niveau som der stormflodsbeskyttelses/højvandsbeskyttelses til. Sikringskoten er således vurderet på baggrund af beskyttelse mod en stormflodshændelse/højvandshændelse, middelhavspejlsstigninger, et bølgetillæg og eventuel korrigering for lokale sætninger og/eller landhævning.
Skades- og tabsomkostninger	Skades- og tabsomkostninger refererer til de potentielle omkostninger forbundet med oversvømmelse. For at identificeres hvilke mulige konsekvenser der opstår benyttes forsikringsdata, erfaringer fra tidligere hændelser og studier.
Skybrud	Skybrud er af DMI defineret til at være en hændelse med en regnintensitet på mindst 15 mm på 30 minutter eller derunder. Det er således den definition DMI benytter til varsling. Skybrud er et udpræget sommerfænomen. Fokus på højintensitet hændelser sker, fordi de ofte skaber problemer for afløbssystemer og dermed øger sandsynligheden for oversvømmelse.
Sluse	En sluse eller slusesystem muliggør regulering af vandstande på hver side af slusen. En sluse er derfor et teknisk anlæg som kan anlægges hvor regulering af vandstande er nødvendigt, som for eksempelvis i floder, fjorde og havne.
Stenkastning	Konstruktion af sten beliggende i vandkanten til sikring mod erosion fra bølger. En stenkastning kan både etableres direkte op af eksisterende terræn, men kan også etableres som en del af et større anlæg, men en spunsvæg eller lignende bagved.
Storm	Storm er af DMI defineret som vindstyrker af 10-11 Beaufort, hvilket svarende til 25-33 m/s.
Stormflod	Stormflod beskriver fænomenet som opstår når meteorologiske forhold, generer højvande som følge af storm. Der kan således være højvande uden at der er stormflod. Stormflods kan føre til oversvømmelse. Foruden at beskrive et naturfænomen, benyttes definitionen af stormflod svarende til en 20-års hændelse til at afgøre om det statslige Naturskaderåd (tidligere Stormråd) skal yde erstatning i forbindelse med skadevoldende ødelæggelser jf. oversvømmelsesordningen.
Stormflodsbeskyttelse	Stormflodsbeskyttelse er en eller flere tiltag som tilsammen beskytter mod stormflod som ellers ville have forårsaget oversvømmelse med skader til følge, hvis ikke beskyttelsen var etableret. Stormflodsbeskyttelse er således et udvalg af kystbeskyttelsesløsninger som beskytter mod højvande og stormflod.
Stormflodsport	Stormflodsport har til formål at beskyttelse mod stormflod herunder også større og mindre højvandshændelser. Stormflodsporte er således et teknisk anlæg med bevægelige porte, som muliggør færdsel mellem havne og farvande. Stormflodsporte

	placeres i vandet og hængsles enten i siderne, bunden eller toppen.
Sårbarhed ift. oversvøm-melse	Sårbarhed er et udtryk for værdiers udsathed. En del af vores sårbarhed bestemmes ud fra hvor sensitive vi er og vores evne til at tilpasse os og agerer. Som eksempel kan det nævnes at et oversvømmelsestruet træhus er mere sårbart end et mur-stenshus. Børn og ældre er ligeledes mere sårbare end voksne i 30-50-årsalderen.
Terrænændring	Terrænændringer, særligt terrænhævninger, er oftest benyttet i forbindelse med anlæg af kystbeskyttelse/stormflodsbeskyt-telse. I forbindelse med anlæg af højvandsbeskyttelse eller stormflodsbeskyttelse laves der ofte omfattende terrænregule-ringer, således en bedre integration i byrummet sker, samt imødegåelse af et permanent stigende middel havvandsspejl forekommer.
Tidevand	Astronomisk tidevand sker som følge af massetiltrækningskraf-ten imellem jorden, månen og solen. Tidevandets styrke og udbredelse afhænger af hvor vi er geografisk samt afstanden til sol og måne. Tidevande forekommer ca. 2 gange dagligt (12 timer 25 imellem to på følgende højvande eller lavvande). Det betyder at middelspringtid forskydes 50 min hver dag. Høj-vande og lavvande forårsaget af tidevand, refereres til som middelspringtid.
Tipping points	Flere elementer indenfor vores vejr- og klimasystem kan po-tentielt opleve markante ændringer, hvis det den opvarmnin-gen når et vist niveau. Tipping points er teoretiske tærskel-værdier, hvor et element eller proces forandres fra et kendt stabilt niveau til et nyt. Tipping points kan optræde både som gradvise og bratte ændringer og kan være permanente og midlertidige.
Ændret arealanvendelse	Arealer kan ændres til anvendelser, der eksempelvis kan tåle oversvømmelse ved højvandshændelser. Det kunne f.eks. være en tidligere erhvervskaj, der ændres til et rekreativ by-rum.

2. INTRODUKTION

Svendborg Havn er kommunens mest truede område, hvad angår oversvømmelser fra stormflod, højvande og skybrud, se evt. Svendborg Klimahandleplan for mere information. Der har været flere ødelæggende hændelser med oversvømmelser af området i nyere tid. I takt med at klimaet forandrer sig, det generelle havniveau stiger, og der bliver kraftigere og hyppigere storme, bliver udfordringerne med oversvømmelser desværre kun større og hyppigere.

Udfordringen med oversvømmelser er meget alvorlig, og siden vedtagelse af "Fremtidens Havn – Udviklingsplan for Svendborg Havn" i 2014 har der været arbejdet indgående og omhyggeligt med en klimatilpasningsplan og projektkonkurrence for Den Blå Kant.

Stærke visioner for Den Blå Kant har præget processen fra start. De er klare, tydelige og ufravigelige: Den Blå Kant skal beskytte og bevare det unikke Svendborgenske havne- og byliv. Den Blå Kant skal samtidigt indgå naturligt i fremtidig udvikling og understøtte det gode havneliv med merværdi for by- og fritidsliv, erhvervshavn og iværksætteri, uddannelser og handel.

Det næste skridt i projektet er nu at arbejde med at realisere disse klare visioner og udarbejde en handleplan, der på et overordnet niveau kortlægger vejen frem mod realisering af Den Blå Kant. Grundlaget for handleplanen er en nærmere analyse og beskrivelse af en række forudsætninger og lokale forhold, der har betydning for, hvilke løsninger og hvilken strategi, stormflodsbeskyttelsen af Svendborg Havn skal gennemføres i henhold til. Analyserne og baggrunden for handleplanen er samlet i denne tekniske baggrundsrapport, mens den egentlige handleplan er beskrevet i en selvstændig ikke teknisk rapport.

Handleplanen indeholder to strategier i forhold til de næste konkrete tiltag for stormflodsbeskyttelse med en etapevis realisering. De første tre etaper for beskyttelse af delområder er ens i begge strategier. Derefter står kommunen over for et afgørende valg om, beskyttelseslinjen skal fortsættes langs havnens indre kant eller gå over Frederiksø via sluseporte på vandet. For hver overordnet strategi og for hver etape præsenteres et vejledende anlægsoverslag, og der gives et overblik over finansieringsmuligheder.

Handleplanen beskriver afslutningsvis med en række anbefalinger for valg af strategi og for den videre proces frem mod realisering herunder hvilke forhold, der bør undersøges nærmere.

Den Blå Kant – Visionær klimasikring af Svendborg Havn

Arbejdet med en plan for klimatilpasning på Den Blå Kant strækker sig år tilbage med flere milepæle.

2014: Kommunalbestyrelsen vedtager 'Fremtidens Havn – udviklingsplan for Svendborg Havn'. Den indeholder en strategi for beskyttelse mod højvande ved at bygge højvandsmure langs kajen og ved at opføre nyt byggeri på plinte.

2016-19: Svendborg Kommune sælger den første byggegrund i udviklingsplanen. Der udarbejdes lokalplan og byggetilladelse. Den nyopførte bygning står færdig i 2019 med 32 ejerlejligheder og er selvstændigt sikret mod højvande til kote 3 m.

2017-18: Der afholdes en international projektkonkurrence om Den Blå Kant. Konkurrencen afholdes i to faser. Vinderforslaget '100% Svendborg' imødekommer ønskerne om en samlet og

integreret løsning, der skaber rammer for byliv i høj kvalitet, forbinder havnen på langs og skaber løsninger mod fremtidens klimamæssige udfordringer. Dette forslag danner basis for det videre arbejde med Den Blå Kant.

Byrådet har i budget 2020 afsat ca. 37 mio. kr. til at realisere højvandssikringen for Søndre Havn, der bl.a. omfatter den første af i alt tre sluseportanlæg (højvandsporte). Projektet vil sikre en stor del af den sydlige del af havnen fra Havnepladsen til Gasværkskajen. Der er endnu ikke truffet politisk beslutning om bidragsfordeling for Træskibshavnen og heller ikke for den øvrige stormflodsbeskyttelse. I 2022 bliver de afsatte midler reduceret til 25 mio. kr. som en del af en større besparelsesrunde. I januar 2023 får Svendborg Kommune tilsagn fra den nationale kystpulje om ca. 7,5 mio. kr. til Træskibshavn projektet.

Sommer 2021: Første etape af Den Blå Kant med byrumsprojektet på Frederiksø og Frederiksbro indvies. Projektet indeholder ikke direkte klimasikring, men understøtter havnelivet i et af Den Blå Kants vigtigste forbindelser, aktivitetsområder og skaber styrket forbindelse mellem havn og by.

Efterår 2021: Svendborg Kommune udvælges som pilotkommune i kampagnen "Byerne og det stigende havvand". Kampagnen er et partnerskab mellem Miljøministeriet og Realdania. Projektet giver anledning til at overveje Den Blå Kants samlede realiserbarhed, projektets effekt over tid og de samfundsøkonomiske konsekvenser, så der opnås mest værdi for pengene – både på kort og lang sigt.

Det sker ved at undersøge alternative løsninger til vinderforslaget, som er mere realiserbare både teknisk og økonomisk. Der gennemføres en DAPP-analyse, og der udarbejdes en handleplan for realisering af en klimatilpasning af havneområdet.

Forår 2022: Der udarbejdes en DAPP-analyse for Den Blå Kant. Analysen er en Hollandsk metode, der benyttes til at skabe et dynamisk planlægningsværktøj, der kan kortlægge og identificere alternative løsningsveje og strategier for komplekse projekter med en meget usikker fremtid. Resultatet er et udspil til en sammenhængende planlægning, som både er fleksibel og dynamisk. I den aktuelle DAPP-analyse bliver alternative overordnede strategier til vinderforslaget overvejet. Gennem analysen er udfordringerne blevet kortlagt og mulige stormflodsbeskyttelsesløsninger er blevet sammenholdt med visionerne for udviklingen af havnen. Der er udarbejdet fire overordnede og forskellige strategier, som er blevet tildelt point ud fra vægtede kriterier. Politikerne fra Plan og Lokalsamfundsudvalget og Teknik og Miljøudvalget deltog i udvælgelsen og vægtningen, som relaterer til at sikre kulturarv, havnemiljø, rekreativitet, modulerbar, æstetisk, en løsning der virker, fortsat mulighed for havneerhverv og færgedrift. Konklusionen er, at en ydre stormflodsbeskyttelse med en kombination af stormflodsporte og højvandsmure er den bedste beskyttelsesstrategi. Men udfordringer med den meget store anlægsøkonomi og en svær etapevis realisering er der stadig ikke gode svar på.

Efterår 2022: Svendborg Kommune og rådgivere arbejdede videre med en række analyser først med fokus på en konkretisering af en ydre stormflodsbeskyttelse. I dette arbejde opstod ny viden om flere udfordringer ved strategien. Her er nogen af de mest markante at strategien fortsat er svær at opdele i overskuelige etaper, har en høj anlægsøkonomi og at portanlæggene er sværere at ombygge og tilpasse i fremtiden. Det gav anledning til at det videre arbejde med handleplanen skulle omfatte alternative strategier, der kunne vise sig at være bedre og mere realisérbare.

Igennem rapporten henvises der til en lang række steder og i nedenstående Figur 1 er disse lokaliteter vist.

Figur 1: Oversigt over stednavne og lokaliteter i Svendborg Havn og by.

Færgegaarden

3. FORUDSÆTNINGER FOR STORMFLODSBESKYTTELSE

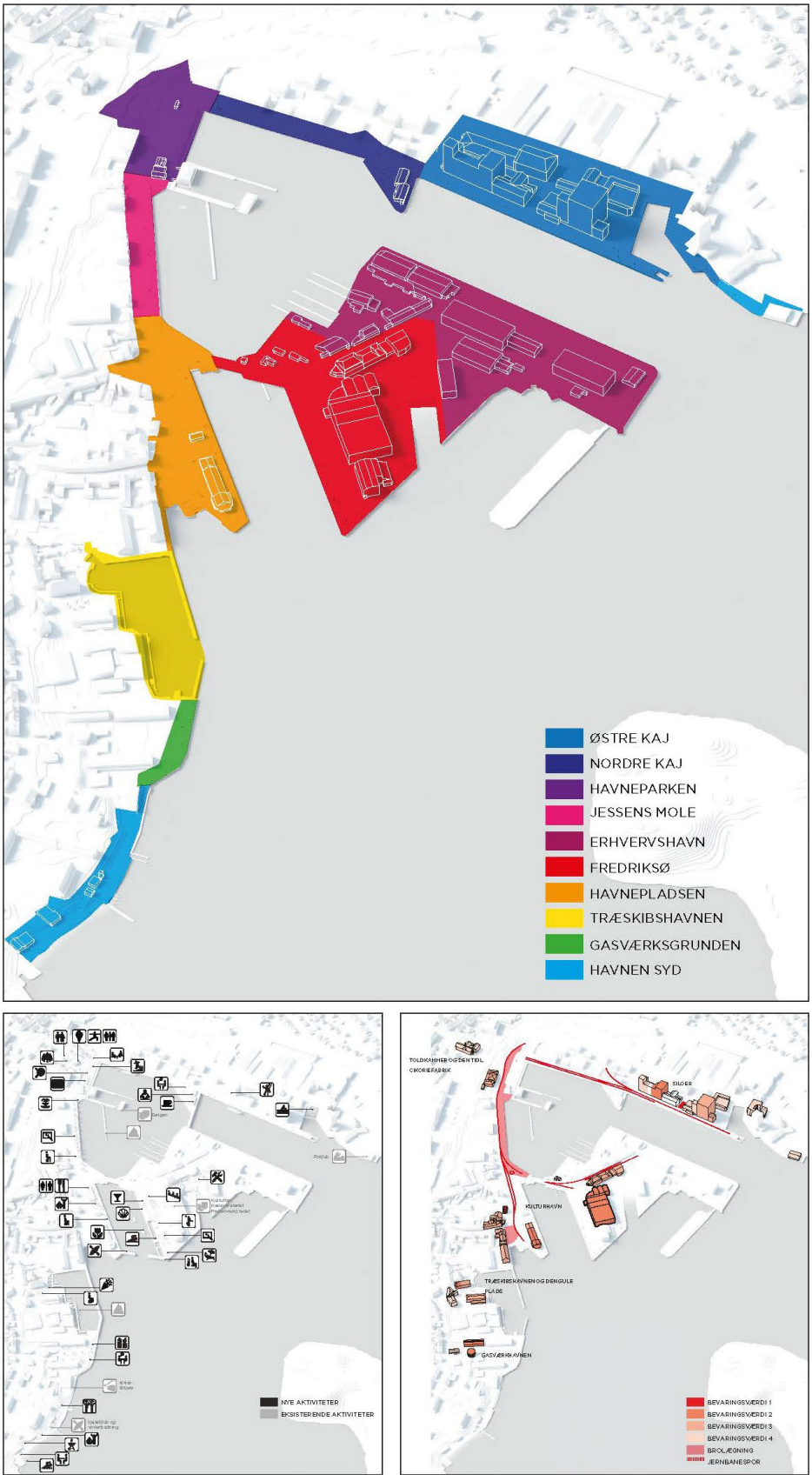
Som udgangspunkt for handleplanen er der udarbejdet et samlet overblik over de kendte forhold, der er væsentlige for en fremtidig stormflodsbeskyttelse af Svendborg Havn. Dette overblik er dannet af en række analyser af flere parametre, der både gælder forhold relateret til klima- og klimaforandringer og praktiske forhold herunder besejling og arealanvendelser på havneområdet.

3.1 Svendborg by og havn

Den Blå Kant skal beskytte og bevare eksisterende bygninger, anvendelser og miljøer i Svendborg Havn. Beskyttelsen skal ligeledes tilpasses fremtidige og igangværende udviklingsprojekter med nye byggerier og aktivitetsområder.

I konkurrenceforløbet blev det samlede havneområde omhyggeligt analyseret og kortlagt, se nedenstående oversigtskort. Denne kortlægning er baggrund for handleplanen og det videre arbejde med præcisering af linjeføring for stormflodsbeskyttelse.

Svendborg havn og bymidtes eksisterende arealanvendelser mm. kortlagt i Vinderslag fra arkitektkonkurrencen, se Figur 2.



Figur 2: Svendborg havn og bymidtes eksisterende arealanvendelser mm. kortlagt i Vinderslag fra arkitektkonkurrencen.

3.1.1 Kulturmiljøer og bevaringsværdige bygninger

Svendborg Havn har i århundreder været fundamentet for vækst og udvikling for Sydfyn, og havnens centrale rolle kan stadig aflæses i en række velbevarede kulturmiljøer og enkeltbygninger.

De fysiske miljøer er en væsentlig del af Svendborgs maritime kulturarv, som dog også har mange andre ansigter som f.eks. gamle træ- og stålskibe, maritime arbejdspladser eller de mange hjemmehørende søfolk, som med deres brug af havnen og interesse for dens udvikling er med til at skabe liv.

Svendborg Havn blev i Kulturarvsstyrelsens registrant "Industrisamfundets havne 1840-1970" i 2009 betegnet som Danmarks bedst bevarede industrihavn. I registranten hedder det:

"Svendborg Havns styrke er den store bredde i de bevarede miljøer, der hver for sig rummer fortællinger om typiske aktiviteter på erhvervshavnen og viser vigtige historiske perioder. Industrisamfundets udvikling afspejles tydeligt i havnens velbevarede bygninger, der fortæller om forsyningsvirksomhed, kornhandel, trælast, dampmøller, tidlige fabrikker, korn- og foderstofvirksomhed og ikke mindst skibsbyggeri. Fortællingen om den transportmæssige omvæltning i anden halvdel af 1800-tallet er desuden stærkt repræsenteret i form af dampskibsmole, kvægtorv og den nærliggende godsbanegård. Samtidig er havnens særtræk af stor kulturhistorisk værdi, bl.a. de mange små mæglerkontorer og boder, den private havn fra kornsalgsperioden – Baagøes Plads – det sjældne gasværksmiljø og ikke mindst værfterne, som var så karakteristisk for egnen."

Kulturarvsmiljøer

Svendborg er efterfølgende af Kulturarvsstyrelsen udpeget som kulturarvskommune med særlig fokus på den byggede maritime kulturarv, og der er i forlængelse af registranten udpeget 8 kulturarvsmiljøer på Svendborg Havn. Disse miljøer indgår alle som vigtige forudsætninger for og rammer om byrums- og klimaprojektet Den Blå Kant:

- Den Runde Lystbådehavn
- Tåsingeoverfarten
- Gasværkshavnen
- Købmandsgården Baagøe og Riber i Kullinggade
- Færgehavnen på Havnepladsen
- Værftshavnen på Frederiksø
- Trafikhavnen på Jessens Mole og Nordre Kaj
- Korn og foderstofferne på Østre Havn.

Levende kulturarv

I Svendborg er byens maritime historie til stede overalt. Lige fra synet af kornsiloerne ude fra Svendborgsund til de mange bevaringsværdige bygninger, færgelejer, skibe, pullerter og meget andet, som kan opleves langs kajerne.

Det er en stor udfordring at synliggøre kulturarven og samtidig sikre udviklingsmuligheder. Havnens kulturarv skal netop ikke forstås som en rigid spændetrøje, men som et potentiale for at skabe en endnu mere attraktiv havn. Udpegningen af kulturmiljøer og bevaringsværdige bygninger er derfor ikke en hindring for at omdanne og ændre anvendelsen, men et redskab til dels at synliggøre de historiske fortællinger, dels at udnytte fortællingerne i havnens fremtidige udvikling.

Den maritime kulturarv i Svendborg Havn kan tiltrække nye, maritime som ikke-maritime erhverv og institutioner til havneområdet. Det mest omfangsrige eksempel på det er det maritime uddannelses- og udviklingscenter SIMAC, der sommeren 2023 flytter ind i en ny uddannelsesinstitution direkte på havnens Nordre Kaj.

Den maritime kulturarv er samtidig med til at styrke muligheden for andre anvendelser – som kulturliv, idrætsliv, fritidsliv og rekreationsliv, som det f.eks. er sket de senere år på Frederiksø – så havnen fortsat kan være den levende havn, der gør Svendborg til noget helt særligt.

Inden realiseringen af stormflodsbeskyttelsen på Den Blå Kant er det vigtigt at forholde sig til, hvorledes man etablerer en samlet byrumsløsning og klimatilpasning i både levende, men også sårbare kulturmiljøer. Det er vigtigt at vurdere, hvordan de bærende værdier i rækken af kulturmiljøer og de bevaringsværdige bygninger bedst muligt bringes i anvendelse og tilfører Den Blå Kant merværdi.

3.1.2 Udviklingspotentiale og fremtidige arealanvendelse

Disponeringen og udformningen af Den Blå Kant skal samtænkes med en række andre aktuelle fornyelsesprojekter på havnen. Der er en del udviklingsprojekter på tegnebrættet i Svendborg Kommune, hvoraf flere er under afklaring i havneområderne. Til realisering af udviklingsplanen er udpeget en række indsatsområder, der er under realisering eller planlægning, se Figur 3. Dette vedrører nedenstående områder.

Figur 3 Svendborg Kommunes fremtidige projekter i havneområdet

Maritimt kraftcenter på Nordre Kaj

På Nordre Kaj sker der store forandringer de næste par år. Her udvikles et maritimt kraftcenter med maritime uddannelser på det nye SIMAC og et nyt maritimt erhvervshus – begge står klar til indflytning sommeren 2023. Der arbejdes på at udvikle et nyt campusområde i samarbejde med University College Lillebælt der har forventninger om at etablerer bl.a. lærer- og pædagoguddannelser. De tre nye byggerier har integreret højvandsbeskyttelse med stueplanskoter fra 1,85 til 2,6 m, og dele af stueetagerne kan tåle at blive oversvømmet. Men på længere sigt vil de nye byggerier kunne have brug for yderligere tiltag for at kunne imødegå oversvømmelsesrisikoen.

Klimatilpasning ved genåbning af Kobberbækken

I forbindelse med skybrudshændelser i Svendborg er der gentagne gange sket oversvømmelser af veje, ledningsanlæg og ejendomme i området ved Nyborgvej og Ørkildsgade/Grusvig, blandt andet som konsekvens af, at Kobberbækken er gået over sine bredder. Afledningen af vand via Kobberbækken ved havnearealet sker gennem en underjordisk 400 m lang beton rørlagt strækning, der har for lille en kapacitet i forbindelse med skybrud. Der er derfor behov for at anvise løsninger til at klimatilpasse Svendborg omkring Kobberbækken og havnearealet ved det tidligere Godsba-

neareal. Ved at genåbne Kobberbækken kan der skabes den nødvendige plads til at rumme vandet, og der gives samtidig en unik mulighed for at udnytte klimatilpasningen til at udvikle arealerne og skabe forøget biodiversitet.

Byudvikling på Godsbanearealet
På det gamle godsbaneareal kan der skabes en helt ny bydel med en variation af boligtyper omkring en grøn og blå kile. På langs i området kan en åbning og omlægning af den rørlagte Kobberbæk sikre området mod fremtidens skybrud, skabe attraktivitet og forbedre biodiversiteten. Målet for udviklingen af godsbanearealet er at skabe en ny attraktiv bydel med en blanding af boliger, erhverv og rekreative arealer. Bebyggelsen forventes at bestå af en parkeringsplint med punkthuse, der giver mulighed for gennemkig mellem havn og by. Den nye bebyggelse kan integreres med en højvandsbeskyttelse som en indbygget del af terrænet og parkeringsplinten. Tidsplanen for realisering af byudviklingen og åbning af Kobberbækken er usikker og er ikke endeligt politisk afklaret.

Havnepark og ny hovedpumpestation
Den fremtidige havnepark skaber sammenhæng mellem den sydlige og nordlige del af havnen og kan supplere for det begrænsede omfang af grønne områder i Svendborg bymidte. Her vil Svendborg få et helt nyt rekreativt område med mulighed for ophold, leg og aktivitet.

Den nye hovedpumpestation vil håndtere al spildevand fra Svendborg by og placeres som en aktiv og integreret del af parken. Der etableres offentlig adgang til ophold og aktiviteter på taget af den nye pumpestation. Den nye hovedpumpestation står først klar ultimo 2024, hvorfor Havneparken først kan anlægges fra primo 2025. Det er muligt at integrere højvandsbeskyttelse som en integreret del af terrænet i havneparken. Pumpestationen bliver sikret til kote 3 m.

Østre Havn
På Østre Kaj og områderne omkring Østre Havnevej er der fortsat erhverv, men området vil formentlig også komme i spil til nye funktioner, når de næste skridt tages i udviklingen. Derfor er en revision af havneudviklingsplanen påbegyndt, hvor Østre Havn omfattes af den nye plan. I dag anvendes Østre Kaj som erhvervskaj med ISPS-sikring (regler for terrorsikring og afspærring). Denne funktion ønskes bibeholdt i fremtiden.

Frederiksø
På Frederiksø vil der fortsat være erhverv, som vil fungere sammen med kultur. På øens nordøstlige, nordlige og vestlige del vil der fortsat blive drevet traditionelt og tungt havneerhverv med de eksisterende træ- og stålskibsværfter og bugsér-virksomheder. Øens sydvestvendte del forbeholdes kultur samt erhverv, som ikke er miljøbelastende. Derudover er en eksisterende stålhal udpeget som mulig placering for et nyt teaterhus på havnen. Realisering af projektet afhænger af fondsmidler og er derfor usikker.

Havnepladsen
Svendborg og Ærø Kommuner forventer at udskifte Højestenefærgen (Svendborg-Skarø-Drejø) og Ærøfærgerne (Svendborg – Ærøskøbing) med nye eldrevne færger i den nærmeste fremtid. De nye færger giver anledning til at se på den samlede disponering af Havnepladsen, ligesom de nye færgelejer og kajer skal samtænkes med fremtidens klimatilpasning og trafikafvikling.

Søndre Havn
Området ved Havnepladsen, Træskibshavnen og Baagø og Riber er det lavest liggende og derfor mest udsatte område på havnen, når det gælder risiko for oversvømmelse fra højvande. Derfor har Kommunalbestyrelsen besluttet at realisere den første del af den samlede højvandssikring i

dette område. Projektet omfatter en spunset mole tværs over Træskibshavnen fra Havnepladsen til Gasværkskajen med en indbygget stormflodsport samt hejsebro, der muliggør, at Træskibshavnens bådpladser kan opretholdes.

Projektet vil give området en højvandsbeskyttelse og samtidig en offentlig gangforbindelse fra Havnepladsen til Gasværkskajen. Projektet forventes realiseret indenfor 4 år.

3.2 Højvande og klimaforandringer

Højvande i det Sydfynske Øhav og Svendborgsund er oftest resultatet af nordvestenvind storme i Nordsøen, hvor store mængder vand presses igennem Kattegat og de indre danske farvande, eller storme fra øst-nordøst, hvor vandet fra Den Botniske Bugt og Østersøen presses ind i særligt Femern Bælt og det Sydfynske Øhav. Svendborg oplever derfor højvande som følge af to vejrfænomener. De smalle bælter og sundet øger lokalt strømningsforholdene, alt imens vandudvekslingen begrænses, og oversvømmelsesfaren øges.

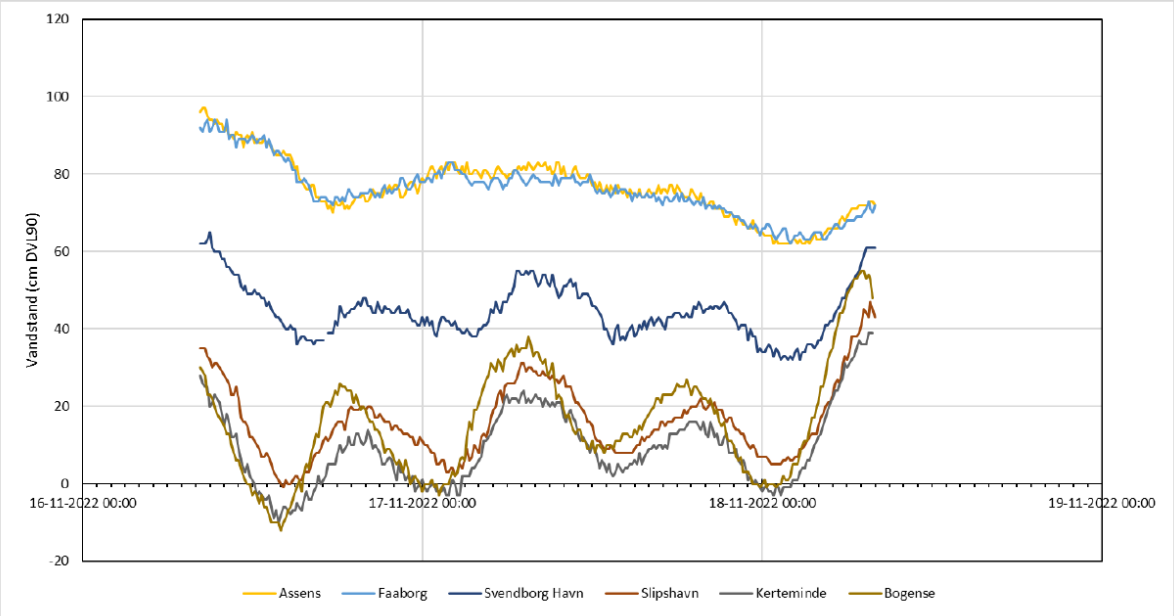
Svendborg har igennem årene oplevet højvande og voldsomme oversvømmelser til følge. Højvandsstatistikken estimeret for det Sydfynske Øhav er pga. manglende data ikke lavet med udgangspunkt i data fra Svendborg, men i højere grad på baggrund af målinger knyttet til målestationerne i Fåborg og Bagenkop. De faktiske gentagelsesperioder for de oplevede højvande for Svendborg Havn kendes derfor ikke. Men størrelsesorden på højvandshændelserne kendes, og de truer allerede i dag de lavere liggende arealer. Med de igangværende klimaforandringer vil dette kun forværres (DMI, 2022a).

COWI har tidligere studeret vandstandsdynamikkerne i og omkring Svendborg, særligt i relation til forskellene imellem "Kattegat-højvande" og "Østersø-højvande" (COWI, 2022). Svendborgs unikke placering i Svendborg Sund gør, at forholdende ikke er som åben kyst, men påvirkes kraftigt af vandstrømningerne igennem sunde og bælter. Assens og Fåborg påvirkes særligt af "Østersø-højvande", modsat Kerteminde, Slipshavn og Bogense, som påvirkes af "Kattegat-højvande". Svendborg falder imellem de to grupper og vil afhængig af vejrfænomenet opleve varierende højvandshændelser.

Østersø stormene er fortsat mere uvante end de kendte Nordsø-Kattegatstorme, men usikkerhederne omkring fremtidens vejrsystemer gør det sandsynligt, at vi vil opleve flere storme fra øst. Et eksempel på vandstandsvariationerne forårsaget af vandstandsdynamikkerne igennem de danske farvande er højvandshændelsen fra øst, som indtræf 16. november 2022. Selvom højvandshændelsen kun estimeres til at være en statistisk 1 års hændelse, ses de dynamiske variationer stationerne imellem tydeligt, se Figur 4 (COWI, 2022).

Derfor har det også været vigtigt for Svendborg Kommune at få opsat en vandstandsmåler i Svendborg Havn. At kende prognoserne for vandstandene er afgørende ved varsling af højvande og i relation til aktivering af mobile stormflodsbeskyttelsestiltag samt beredskab. Med tiden, når en længere måleserie er registreret, vil statistiske højvandsanalyser kunne udføres ud fra data fra måleren.

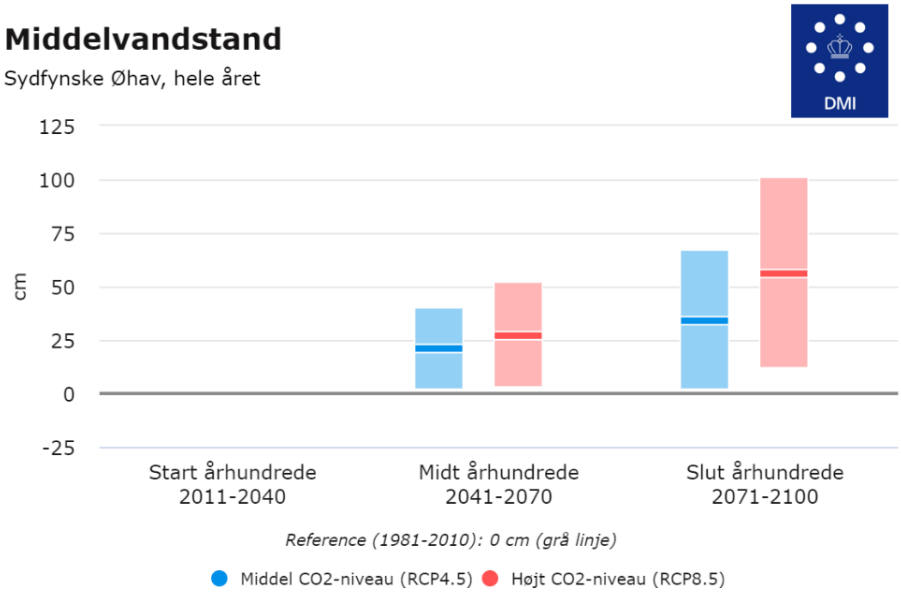
Til trods for tidevandsforskellene er små i Svendborg Havn, kan sammenfald imellem højvande og middelspringtids højvande og middelspringtids lavvande, refereret til som 'flod' og 'ebbe', forekomme. Med en tidevandsamplitude på ca. 15 cm, giver det en vandstandsstigning eller -sænkning på ca. 7,5 cm i forhold til middel havvandstanden. Meteorologisk betinget højvande (højvande som følge af storm) fortrækkes således ved sammenfald med astronomisk springtids højvande (tidevand).



Figur 4: Vandstandsobservationer fra seks stationer Fyn rundt under højvandshændelse i Østersøen, 16. november 2022. Datakilde: DMI målte vandstandsdata. Grafreference: (COWI, 2022)

DMI forsøger i samarbejde med andre europæiske meteorologiske institutter at nedskalere de globale klimamodeller benyttet af IPCC til regionale og sidst nationale modeller. Grundet en række usikkerheder forbundet med verdens udvikling, herunder drivhusgasudledningen og socioøkonomisk udvikling, graden af imødegåelse, samt manglende indsigt i naturens feedback mekanismer og tipping points, er det ikke muligt præcist at forudsige, hvor store ændringer i middelhavspejlet og dermed frekvensen eller intensiteten i stormfloder, vil blive. Det er dog sikkert, at stigninger i middelhavspejlet vil fortsætte langt ind i det 22. og 23. århundrede.

DMI's 'bedste bud' for de forventede middelhavvandstandsstigninger er baseret på to udvalgte udledningsscenarier, nemlig RCP 4.5 og 8.5. RCP 4.5 er et udledningsscenarie, hvor de globale drivhusgasudledninger reduceres, og klimapåvirkningen stabiliseres i slutningen af århundredet. RCP 8.5 er derimod et højt udledningsscenarie med stigende drivhusgasudledninger efter 2100. Dette scenarier refereres ofte som 'Business as usual'.



Figur 5: Forventede absolutte middelhavspejlsstigninger for udledningsscenarie RCP 4.5 og 8.5 i det Sydfynske Øhav, jf. DMI Klimaatlas (DMI, 2022a)

Tabel 1 og Tabel 2 angiver estimerede højvande for udvalgte gentagelsesperioder for hver af de to udledningsscenarier, nemlig RCP 4.5 og 8.5. Rambøll har estimeret middel havvandstandene baseret på en interpolation af de centrale værdier angivet i Klimaatlas. Estimaterne for højvande er således skaleret i relation til de forventede vandstandsstigninger. Grundet usikkerheder i estimaterne for middelhavspejlsstigninger angives middelværdien frem til midt i århundredet, hvorefter et interval gående fra middelværdien til den øvre 90% percentil er angivet frem mod slutningen af århundredet og starten af næste århundrede.

De udvalgte gentagelsesperioder er en statistisk 20-års hændelse og 100-års hændelse. En 20-års hændelse forekommer statistisk set hvert 20. år, men har en årlig sandsynlighed for at indtræffe på 5%. Over en 10-årig periode er det for eksempel 40% sandsynligt, at hændelsen indtræffer. En 100-års hændelse forekommer statistisk set hvert 100. år, men har en årlig sandsynlighed for at indtræffe på 1%. Over en 10-årig periode er det for eksempel 10% sandsynligt, at hændelsen indtræffer, og over en 50 års periode er det 39% sandsynligt.

Tabel 1: Sandsynligheden for højvande. Datakilde: DMI Klimaatlas: Det Sydfynske Øhav, RCP 4.5, interpoleret værdier på baggrund af de centrale middelværdiestimater.

RCP 4.5 Ref. 1981-2010	Nu	2030	2040	2050	2075	2100	2150
	Median				Median – 90-percentil		
Middelhavspejlsstigninger [cm]	0	5	11	16	30-58	43-85	70-138
20-års hændelse [cm]	166	171	177	182	196-224	209-250	236-304
100-års hændelse [cm]	181	187	192	197	211-239	224-266	251-319

Tabel 2: Sandsynligheden for højvande. Datakilde: DMI Klimaatlas: Det Sydfynske Øhav, RCP 8.5, interpoleret værdier på baggrund af de centrale middelværdiestimater.

RCP 8.5 Ref. 1981-2010	Nu	2030	2040	2050	2075	2100	2150
	Median				Median – 90-percentil		
Middelhavspejlsstigninger [cm]	0	6	15	24	46-84	68-124	112-204
20-års hændelse [cm]	166	172	181	190	212-250	235-290	279-370
100-års hændelse [cm]	181	188	196	205	227-265	250-305	294-386

Det bemærkes, at særligt de mere sjældne hændelser samt storme fra øst er underrepræsenteret i de nationale statistikker, hvorfor korrektioner af de centrale estimater for havspejlstigninger må forventes over de kommende årtier. COWI har igennem tidligere studier eksempelvis med inddragelse af udenlandske data omfattende målte som ikke målte historiske data kommet med deres bedste bud på en korrigeret højvandsstatistik. Denne statistik afspejler større højvande ved ekstremhændelser. Statistikken er bl.a. publiceret i Realdania's udgivelse: Byernes udvikling ift. Udfordringer med havvand og stormflod (COWI, 2017).

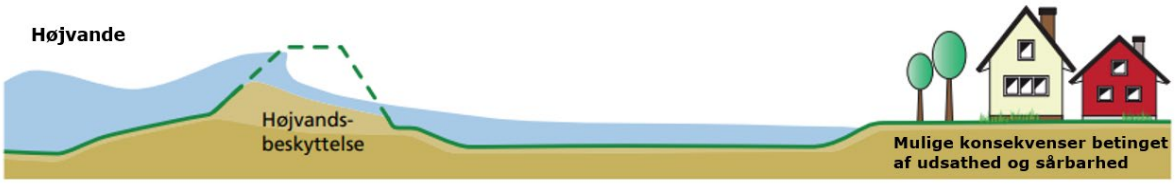
Oversvømmelsesfaren for udvalgte højvandstande er vist for Svendborg by og havn, se Figur 6. Stigende højvande medfører oversvømmelser af arealer allerede ved kote 1,0-1,20 m. Ved yderligere vandsstandsstigning til kote +1,66 m er store dele af havnearealerne oversvømmet. I området, hvor terrænet ikke stiger, kan vandet strække sig langt ind i baglandet, hvilket er tilfældet omkring Østre Havnevej, Nyborgvej og Lerchesvej. Det meste af Frederiksø er beliggende i lidt højere terrænkoter og oversvømmes ved ca. kote 1,6-1,85 m. Ved oversvømmelse forventes store erhvervs- og industrimæssige aktiviteter at blive påvirket, hvilket kan have store potentielle skader og tab til følge. Derfor har området en betydelig fare.

Figur 6: Oversvømmelsesfare ved forskellige udvalgte vandstande

3.3 Risikoanalyse

En risikoanalyse udarbejdet af LNH Waters for Svendborg Kommune er udført på baggrund af udvalgte oversvømmelseshændelsers påvirkning på tværs af en bred vifte af forskellige sektorer, herunder bygninger, vej og trafik, erhverv, turisme, rekreative områder, mennesker og helbred, kritisk infrastruktur, økosystemer, offentlig service, kulturmiljøer og bevaringsværdige bygninger.

Med udgangspunkt i sandsynligheden for oversvømmelse og de potentielle konsekvenser er risikoen ved oversvømmelse estimeret. Konceptuel illustration vises i Figur 7.



Figur 7: Risikoanalyse – Sandsynligheden for oversvømmelse og mulige konsekvenser betinget af et områdes udsatte og sårbare værdier.

Oversvømmelsesrisikoen for Svendborg er høj allerede i dag grundet de hyppige skadevoldende ødelæggelser. Særligt områderne omkring Havnepladsen, 'Træskibshavnen' og Frihavnen oversvømmes hyppigt, efterfulgt af Jessens Mole og Nordre Kajgade. Beboelses- og erhvervsbygninger i området omkring Brogade, Havnepladsen og Kullinggade står til at blive hårdest ramt.

Området huser store værdier og har høj sårbarhed. Foruden bolig- og erhvervsbygninger er større infrastrukturanlæg, bevaringsværdige bygninger, kulturmiljøet m.v. i fare for at blive oversvømmet. Bygninger og menneskers sårbarhed afhænger bl.a. af bygningsdesign, byggematerialer samt evnen til tilpasse og agerer før, under og efter oversvømmelse. Konsekvenserne ved oversvømmelse, relaterer sig foruden skader på bygninger og tab af indbo, til forsinkelse i trafikken, tabt arbejdsfortjeneste, strømsvigt, lukning af skoler, dagtilbud etc. Det må ligeledes forventes, at oversvømmelse vil være en stor psykologisk belastning for udsatte borgere, hvilket kan føre til sygdomsforløb og afstedkomme flere afledte effekter som stres og angst. Derudover kan udbrud af sygdomme forekomme ved kontakt med forurenet vand i forbindelse med oversvømmelse af kloaksystemer, da sammenblanding med spildevand kan ske.

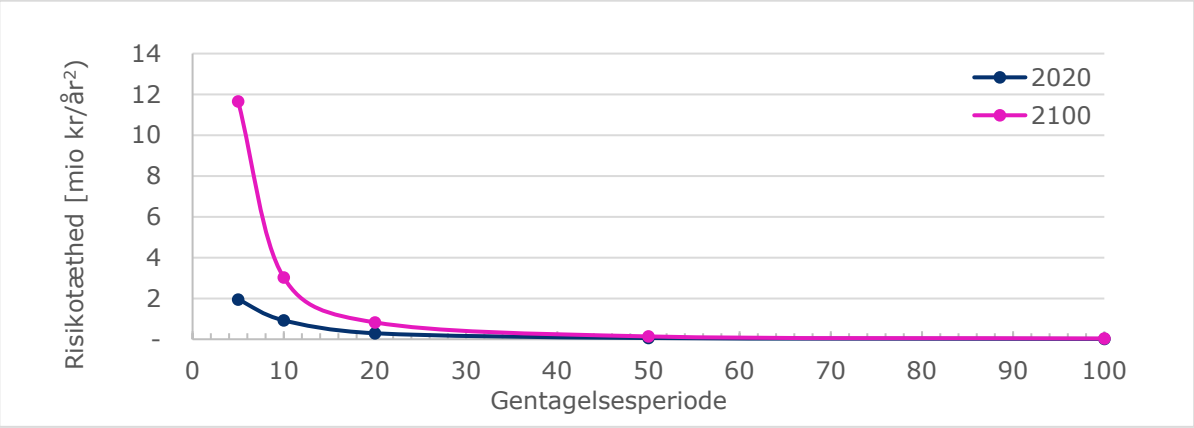
Indledende estimater af skades- og tabsopgørelser for udvalgte oversvømmelseshændelser er angivet for Svendborg by og havn i Tabel 3. Der er allerede i dag en betydelig risiko, som kun er stigende over tid. Skades- og tabsomkostninger beløber sig til i størrelsesorden fra 48-364 mio. kr. for en enkelt hændelse. Tages sandsynligheden for oversvømmelse med i betragtning giver det en årlig risiko over de næste 100 år på op mod 17 mio. kr./år (LNH Water, 2022). En beregning af risikotætheden indikerer, at den største skadesreduktion opnås ved at sikre imod de hyppige hændelser, Figur 8. Risikotætheden beskriver således, hvilke hændelser der bidrager mest til beregningen af den årlige risiko (EAD), og bidrager dermed til diskussionen omkring valg af sikringskote.

Det bemærkes, at en stor del af de udsatte værdier er bygget for 50-100 år siden, om end der også er byggeri opført indenfor de sidste 25-50 år, som er i fare. Dette understøttes også at tidligere analyser fortaget af COWI for Realdania (COWI, 2017).

Tabel 3: Estimat af de totale skadesomkostninger for udvalgte oversvømmelseshændelser og den samlede risiko. Analyse udarbejdet af LNH Water.

	Skades- og tabsomkostninger [mio. kr.]		'Risiko'
	2020	2100	Nutidsværdien
5-års hændelse	48,7	291,4	
10-års hændelse	92,5	302,8	

20-års hændelse	117,6	330,2	17 mio. kr./år
50-års hændelse	149,4	347,7	
100-års hændelse	169,8	364,0	



Figur 8: Risikotætheden for Svendborg by og havn.

Risikoen er høj i dag, og klimaforandringerne og den øgede værditilvækst i form af omdannelse og nybyggeri i området vil kun føre til, at risikoen stiger. De største økonomiske gevinster i form af undgåede skader og tab fås ved at eliminere de hyppige, mindre skadevoldende hændelser. De større hændelser kan have alvorligere konsekvenser, men de forekommer med en lavere sandsynlighed, der set over 100 år samlet giver lavere skadesomkostninger.

3.4 Sikringskoter

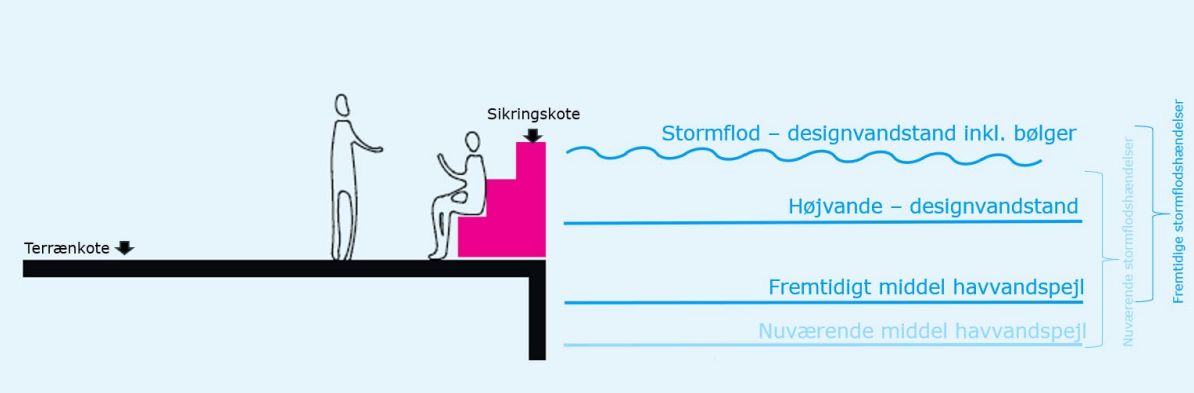
Beskyttelse mod oversvømmelse af Svendborg by og havn relaterer sig både til det stigende middelhavsspejl, højvandshændelser og større stormfloder. Sikringskoten til beskyttelse mod oversvømmelse består af bidrag fra højvandstande i form af en middel designvandstand, bølgepåvirkninger, landhævning og evt. lokale sætninger, men også lokale forhold og risikovilligheden spiller ind på valget af sikringskote. Figur 9 illustrerer bidragene til bestemmelse af sikringskoter.

Niveauet for beskyttelse mod oversvømmelse forårsaget af højvande og stormflod er en politisk beslutning, som tages på baggrund af en vurdering af flere parametre. På baggrund af sandsynligheden for oversvømmelse, individuelle risikovurderinger som menneske, virksomhed- og infrastrukturejer, valg af beskyttelsesløsninger, samt muligheden for indpasningen af tiltag i hverdagens byrum og funktioner, kan vi sammen evaluere, hvad vi kan acceptere. Sikringskoten besluttes således oftest med udgangspunkt i en multi-kriterie-analyse, hvor der tages afsæt i vores fælles risikovillighed for fastsættelse af sikringsniveauet.

Med udgangspunkt i en analyse af sandsynlighederne for både hyppige og mere sjældne oversvømmelseshændelser samt en vurdering af de mulige konsekvenser, i relation til de økonomiske omkostninger forbundet med at etablerer reducerende beskyttelsestiltag, kan det blive nødvendigt at differentiere sikringsniveauet. Hermed kan risikoen modsvare opnåede gevinster og investeringer.

Det anbefales således, at der tages udgangspunkt i samme højvandshændelses, men at der arbejdes med differentierede sikringskoter, afhængig af geografisk placering, konstruktionstype og -levetid, udsathed, sårbarhed samt risiko. De specifikke anbefalinger til sikringskoter langs Svendborg Havn er listet under de enkelte strategier senere i rapporten. Nærmere design og analyser

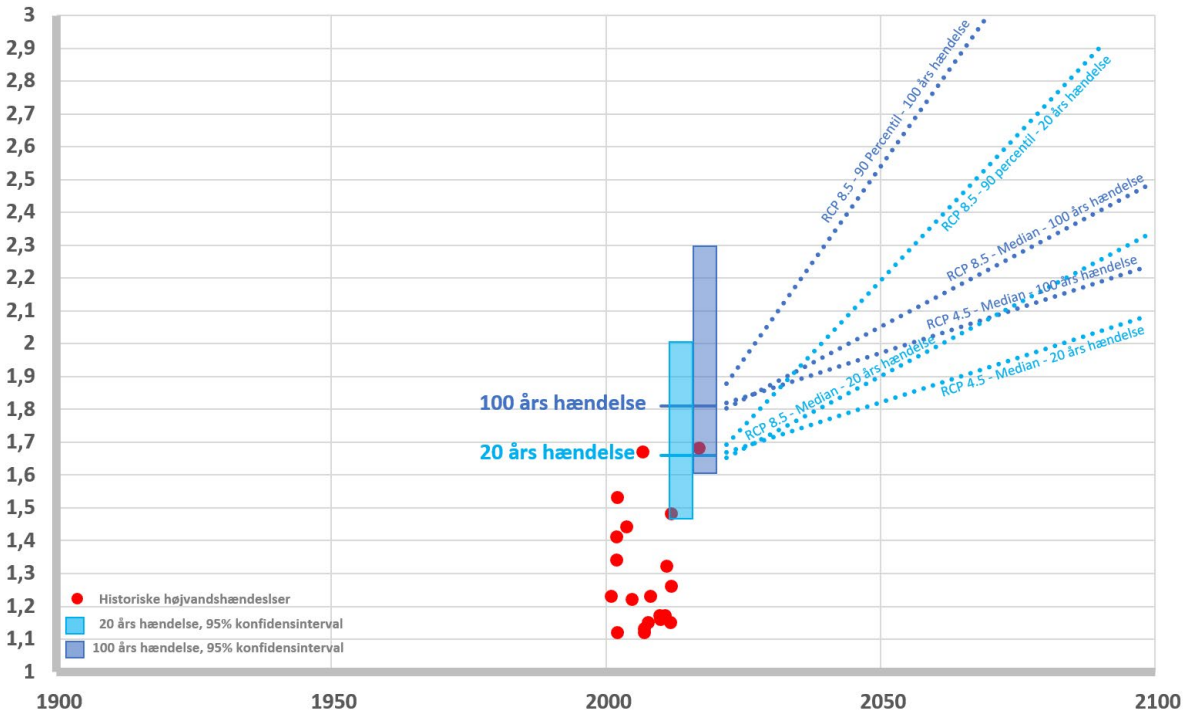
anbefales fortaget under de næste projektfaser, hvor fokus på de stedsspecifikke muligheder og design undersøges nærmere.



Figur 9: Illustration af begreber i forbindelse med bestemmelse af sikringskoter

3.4.1 Designvandstande

Designvandstanden for den samlende stormflodsbeskyttelse af Svendborg by og havn anbefales at tage udgangspunkt i en vandstand på +2,35 m DVR90. Dette svarer eksempelvis til en statistisk 20-års hændelse i slutningen af dette århundrede under forudsætning af fremskrivningerne for middel havspejlstigningerne jf. RCP 8.5, eller det svarer til en statistisk 100-års hændelse frem mod slutningen af dette århundrede indenfor den statistiske usikkerhed af RCP 4.5, se Figur 10. Anbefalingen tager udgangspunkt i DMI's og Kystdirektoratets anbefalinger for planlægning på en længere tidshorisont, hvor der stilles krav til stor robusthed, samt i risikobilledet for Svendborg by og havn.



Figur 10: Historiske højvande fra Fåborg st. og prognoserne for fremtidigt højvande i det Sydfynske Øhav jf. KDI Højvandsstatik og DMI Klimaatlas

Ved acceleration af havspejlstigningerne forventes en hyppigere gentagelsesperiode og dermed hyppigere højvande og fare for oversvømmelse. Såfremt der sker en opbremsning i afsmeltningen af iskapper og gletsjere, vil designvandstanden først indtræffe i næste århundrede, og den vil derfor repræsentere en lavere og mere sjælden gentagelsesperiode frem mod slutningen af dette århundrede.

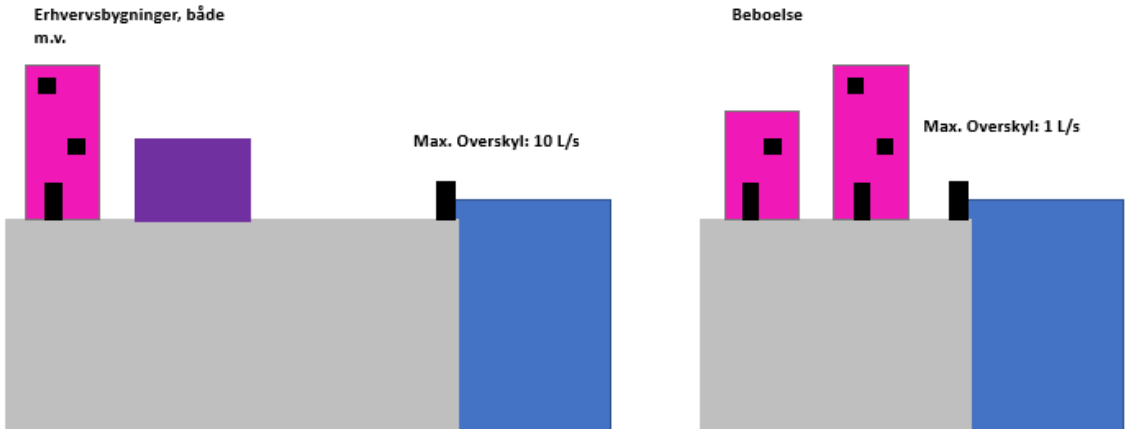
Permanente konstruktioner, som indgår i det samlede anlæg til stormflodsbeskyttelse, anbefales således anlagt ud fra en designvandstand på 2,35 m DVR90. Hvor det er muligt, klargøres fundamenter, så anlægget kan udbygges og forhøjes, efterhånden som oversvømmelsesrisikoen stiger. Midlertidige beskyttelsestiltag, som anlægges eller installeres som en del af etapedelingen af den samlede større stormflodsbeskyttelse, anlægges med formål at virke over en 10-20-årig periode, hvorfor en lavere vandstand på +1,8 m DVR90 anbefales. Dette beskytter imod hændelser, som i størrelsesorden svarer til en nutidig 100-års hændelse eller fremtidige 20-års hændelse (i 2040-2050).

Det nuværende datagrundlag og viden ligger til grund for denne anbefaling, hvor der er taget udgangspunkt i sandsynligheden for oversvømmelse, den aktuelle risiko samt opfattede risikovillighed i Svendborg.

3.4.2 Bølgeforhold

Svendborg Havn kan blive udsat for bølger, når kraftige vinde blæser over længere tid, da bølgerne dannes, når vinden blæser hen over vandfladen. Som udgangspunkt ligger Svendborg Havn relativt beskyttet, og det er derfor primært de ydre kajkanter, som oplever større bølgepåvirkning, mens vandet er mere roligt i de indre dele af havnen. Udformningen af havnebassinerne og de kraftige strømningsforhold kan dog give bølgeuro ved stigende vandstande. Den dominerede vindretning er fra sydvest, men det største frie stræk, hvor bølgerne kan bygges op i Svendborg Sund, opnås med vinde fra øst.

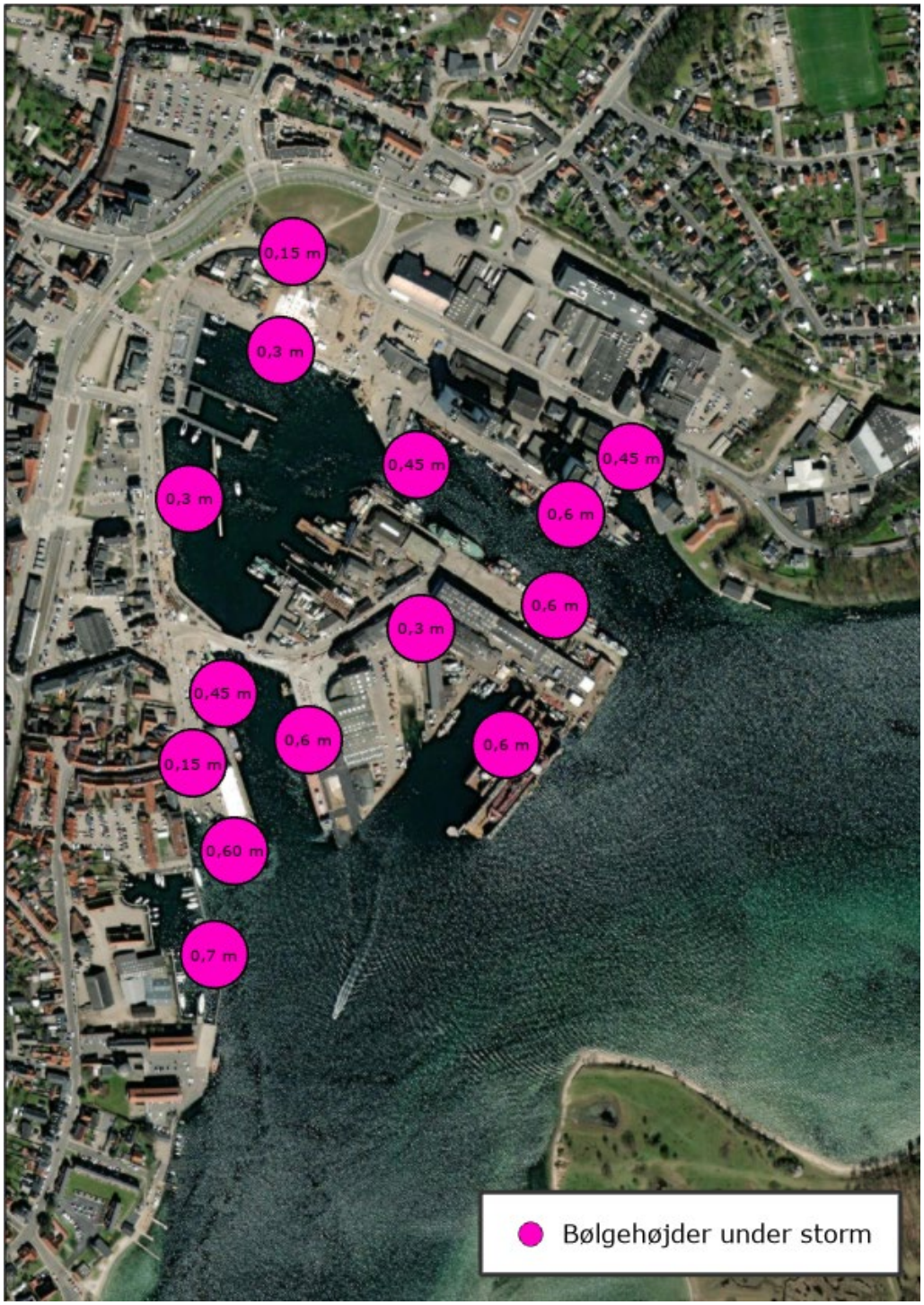
Et tillæg til designvandstanden, sker grundet bølgepåvirkninger, da bølgeoverskyl og -overløb ønskes mindsket eller helt undgået. Tillægget fastsættes bl.a. på baggrund den geografiske lokalitet og konstruktionens udformning. I tilfælde, hvor menneskeliv er i fare, er brancheanbefalingerne et højere bølgetillæg, så vandmængder på maksimalt 1 l/s/m i gennemsnit kan overskylle kystbeskyttelseskonstruktionen, modsat bagvedliggende arealer med mindre udsatte værdier, hvor vandmængder på maksimalt 10 l/s/m tillades.



Figur 11: Betydning af bagvedliggende værdier i forhold til anbefalede bølgetillæg

Bølgeanalyser kan udføres for forskellige vindhastigheder, så der kan tages højde for de forekommende højvandshændelser og mulige bølgepåvirkninger. Svendborg oplever ofte højvande uden sammenfald med stor bølgepåvirkning. Til trods for at højvande oftest forekommer som resultat af, at nord-vestlige storme presser vand ind igennem de danske farvande og helt ind i Østersøen, hvorefter det returnerer og giver højvande i Svendborg, er anbefalingen også at sikre mod stormflod fra øst og mod scenarier, hvor kraftig vind opstår samtidig med højvande.

Figur 12 viser for udvalgte lokaliteter de skønnede bølgehøjder ud fra en analyse med alle relevante vindretninger. Selvom bølgeforholdene omkring Svendborg begrænses af det relative korte frie stræk til de modstående kyster, er bølgehøjderne i størrelsesorden 0,3-0,75 m under vindstyrker fra stormende kuling til storm.

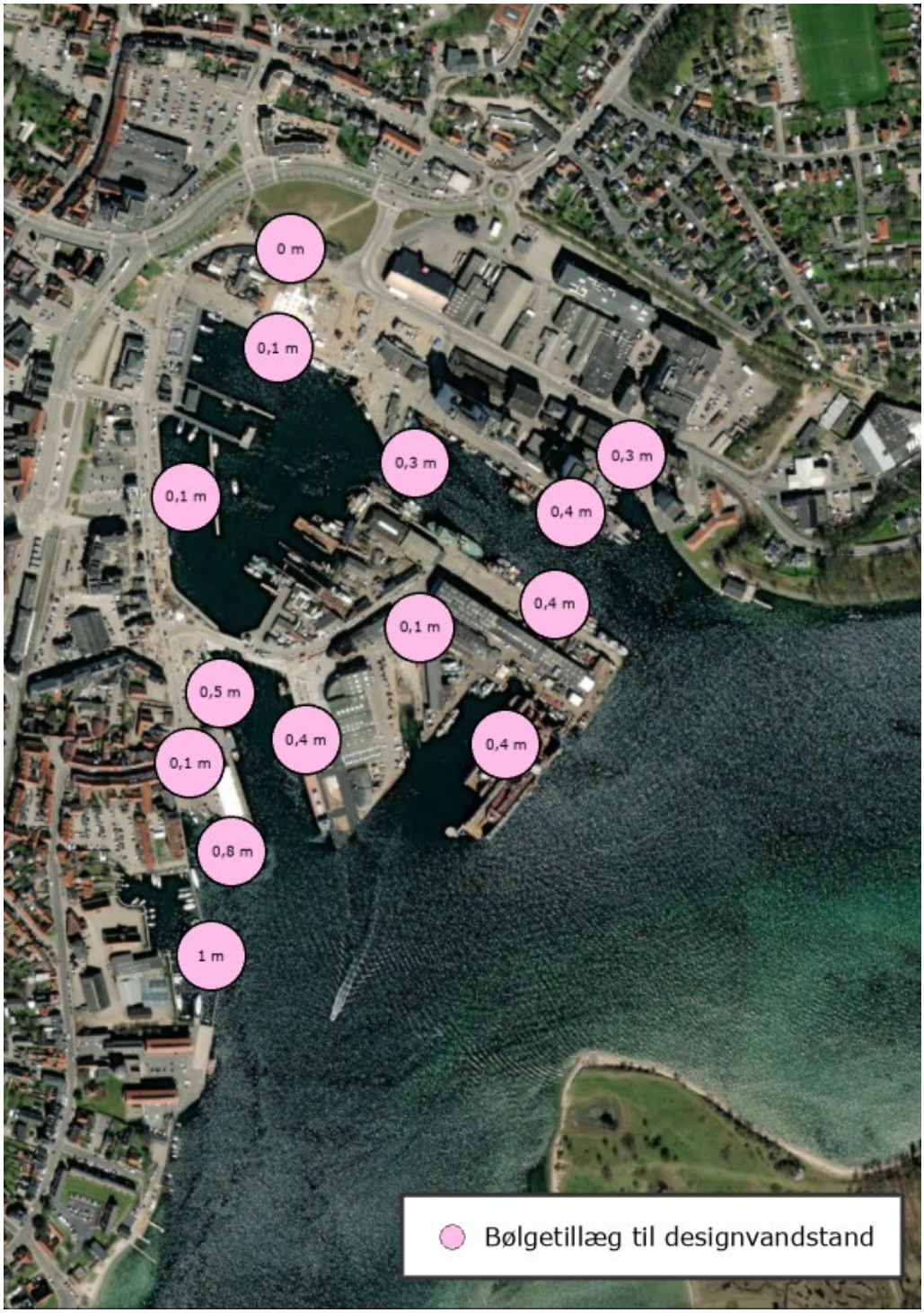


Figur 12: Forventede bølgehøjder under vindstyrker fra stormende kuling til storm (Beaufort 9-10)

Det anbefalede sikkerhedstillæg for bølger vurderes i forhold til bølgeforekomster, hvilken sårbarhed som ligger bag konstruktionen, konstruktionstype samt geografisk beliggenhed.

Bølgetillæg til designvandstanden varierer afhængig af det ønskede beskyttelsesniveau og dermed risikovillighed, i størrelsesorden fra 0,1-1,0 m jf. Figur 13. Med udgangspunkt i den anbefalende designvandstand på +2,35 m giver det sikringskoter fra +2,45 til +3,35 m afhængig af konstruktionstype og bølgepåvirkning. Ved tilbagetrækning af stormflodsbeskyttelsen fra kajkanten kan

bølgetillægget mindskes. Desuden kan det vælges ikke at beskytte mod hændelser med sammenfald imellem vind, bølger og højvande, hvorved tillægget minimeres yderligere. Der skal en relativ kort periode med kraftig vind til at udvikle bølgerne på grund af de korte afstande til modstående kyster (det frie stræk). Det begrænser bølgerne i sin størrelse, men medfører samtidig, at designbølger opstår relativt hurtigt.



Figur 13 Bølgetillæg ved kantbeskyttelseskonstruktioner under vindstyrker fra stormende kuling til storm fra øst (Beaufort 9-10)

3.4.3 Landbevægelser

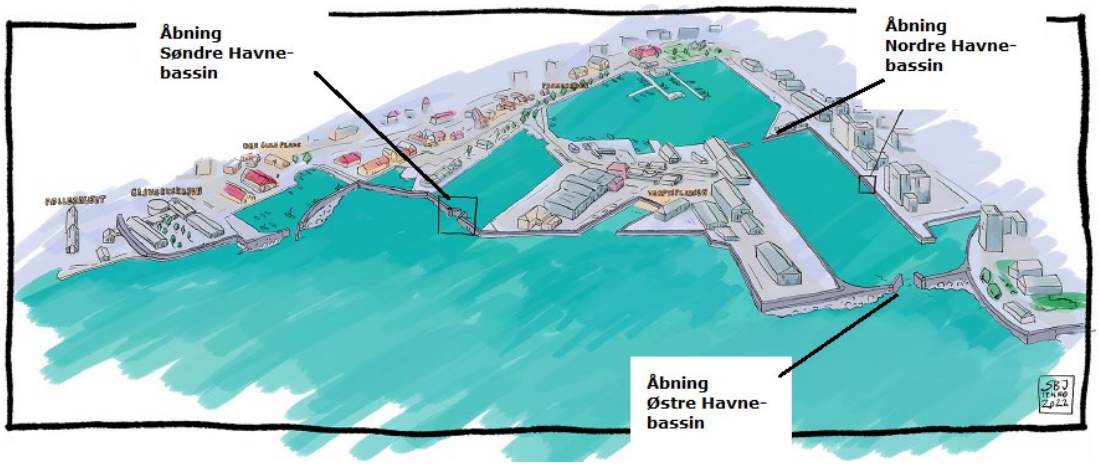
Landbevægelser sker som følge af kontinenternes aktivitet og den seneste istids påvirkning i Danmark på landskabsdannelsen og underliggende aflejringer. De estimerede landhævninger for Svendborg er i størrelsesorden 0,7-1 mm per år, (DTU Space). De absolutte ændringer i middelhavspejlsstigninger omfatter således de relative havspejlstigninger og landbevægelser. DMI's prognoser for middelhavspejlsstigninger er korrigeret for effekten af landbevægelser.

3.4.4 Lokale sætninger

Mindre lokale sætninger af terræn sker som følge af de geologiske forekomster og den periodiske landvinding af havarealer, som i dag udgør de eksisterende kajarealer. Svendborg Kommune har i 2022 fået udarbejdet og indmålt et nyt fikspunkt som en del af et målenetværk, for at skabe bedre grundlag og større indsigt i højdegrundlaget. Det vurderes ikke at være nødvendig med en general korrigering for sætninger. Lokalt kan fundamenter forstærkes, hvis der senere vurderes behov for at afværge skadevoldende sætninger. Oplysningerne tilvejebringes i forbindelse med geotekniske undersøgelser i senere projektfaser.

3.5 Havnens aktiviteter – besejlingsanalyse

Ved valg af en stormflodsbeskyttelsesstrategi, hvor løsninger går på tværs af havnebassiner, vil design af en evt. portløsning og særligt åbningsbredde være afgørende for, at Svendborg Havn kan besejles og forblive en aktiv havn fremover. Rambøll har udført besejlingsanalyse til vurdering af åbningsbredde på en sejlads-åbninger ved indgangen til Søndre Havnebassin, Østre Havnebassin og Nordre Havnebassin, jf. Figur 14.



Figur 14: Placering af åbninger til havnebassiner i evt. stormflodsbeskyttelsesstrategier gående over vand.

For at definere krav til nødvendige sejladsåbning i porte er der foretaget en 2-trins besejlingsanalyse:

1. Skibstrafikken er analyseret ved AIS-data (Automatic Identification System) fra Søfartsstyrelsen for at kortlægge, hvilke skibe (med AIS) der har besejlet tre udvalgte havnebassiner over en periode på 1 år (2021).

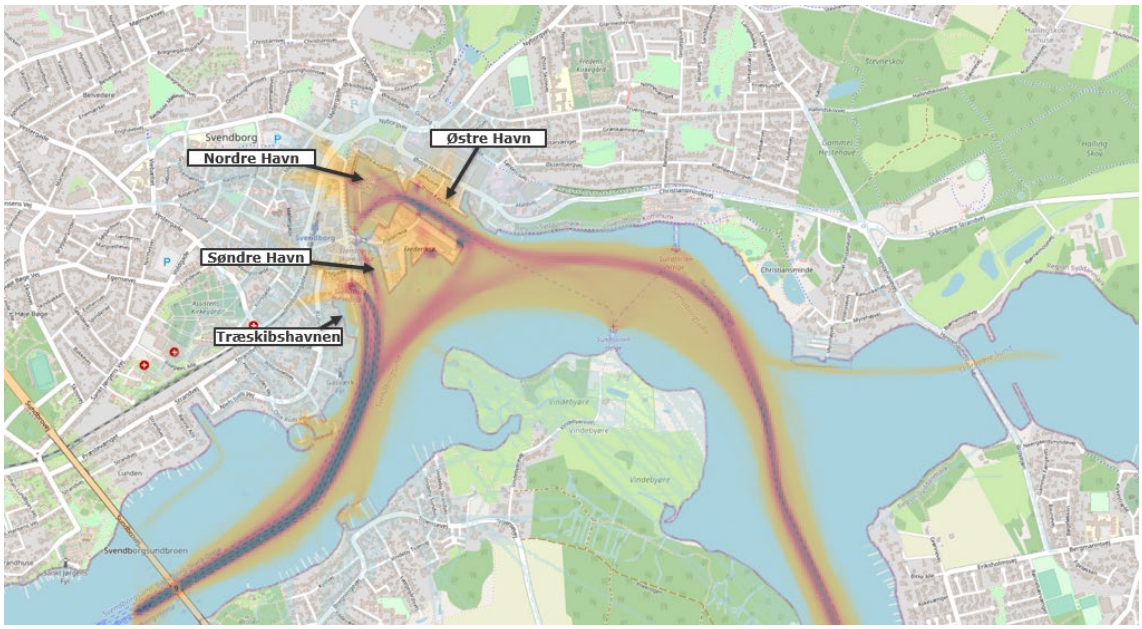
2. Skibe er udvalgt og analyseret ift. nødvendige sejladsåbninger under relevante sejladsmæssige forudsætninger efter Internationale retningslinjer i PIANC-guideline Harbour Approach Channels Design.

Alle fartøjer over 300 bruttoton er forpligtet til at have AIS installeret (klasse A-transpondere), samt passagerskibe og alle fiskefartøjer over 15 meter i længden (EU-regler). Mindre fartøjer, hvor der ikke er udstyrskrav med AIS, er for eksempel lystbåde og andre mindre både. Nogle af disse har dog valgt at have installeret AIS for at være mere synlige til søs og vil derfor også kunne findes i de anvendte data. AIS-data er historiske data for 2021, og evt. årlige variationer i sejladsen til Svendborg samt fremtidige ændringer er således ikke inkluderet. Generelt er den udførte analyse og sejladsvurdering udført med konservative estimater, som på et senere projektstade skal verificeres eller optimeres, f.eks. ved realtids sejladssimulering.

Det bemærkes, at "Den Danske Havnelods" oplyser, at "Største skib, der har anløbet havnen, var 165 m langt og 20 m bredt." Dette scenarie er ikke medtaget i den gennemførte analyse, da skibet ikke anløb i 2021, og der er ikke kendskab til behov for denne skibsstørrelse i fremtiden. Svendborg Havn oplyser, at det typisk er dybgangen, som sætter begrænsningen for skibsstørrelsen under de nuværende forhold.

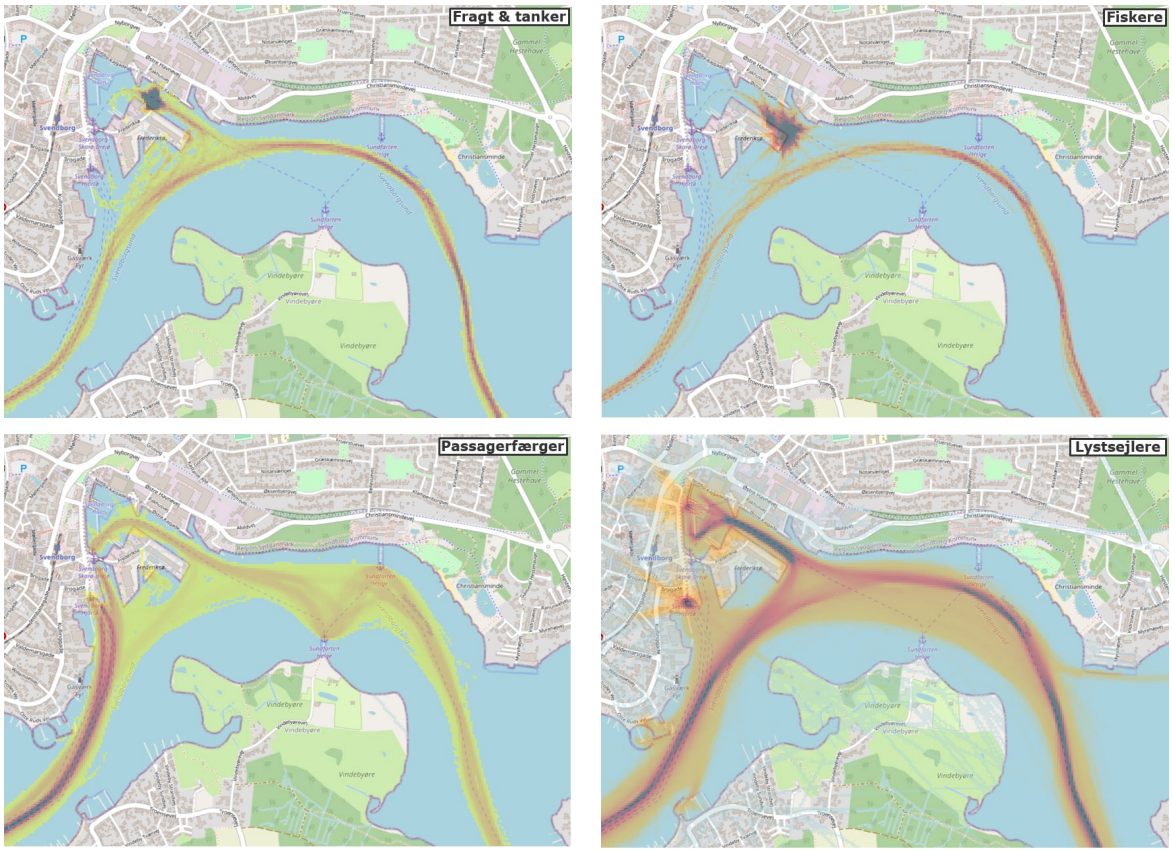
Den beskrevne metode har været anvendt til at analysere sejlads til Svendborg Havns tre største havnebassiner: Søndre Havn, Nordre Havn og Østre Havn. Besejlingen af disse bassiner har store forskelle, og analysen af åbningsbredde er derfor underopdelt tilsvarende. Metoden er således ikke anvendt på 'Træskibshavnen', fordi AIS-data ikke er repræsentative (mindre lystbåde uden AIS). Geometri og sejladsåbning i stormflodsbeskyttelsen for 'Træskibshavnens' er foreløbigt defineret til 11 m jf. (WSP, 2022).

Af Figur 15 fremgår intensitetsplot for al registreret skibstrafik for 2021. Sort angiver høj intensitet, rød/orange angiver middel intensitet, og gul er lav intensitet. Af figuren fremgår tillige placering og navngivning af havnebassinerne.



Figur 15: Skibstrafikintensiteten for 2021 for Svendborg Sund med markeringer af havnebassinerne. Sort angiver en høj intensitet, rød/orange angiver middel intensitet og gul er lav intensitet.

Intensiteten af de forskellige typer af skibstrafik er yderligere undersøgt for visuelt at identificere deres sejlmønstre i farvandet og mere specifikt, om de besejler Svendborg Havns bassiner. I Figur 16 ses trafikintensitetskort for hhv. fragt- og tankskibe, fiskere, passagerfærger og lystsejlere. Der er ikke fiskerierhverv i Svendborg Havn, så den kortlagte aktivitet har omhandlet fiskerbåde til reparation på værftet.



Figur 16: Trafikintensitetskort for hele år 2021 AIS data for udvalgte skibstyper (fragt & tankskibe, fiskere, passagerfærger og lystsejlere) og kortlægning af sejlmønstre i Svendborg Sund og i Svendborg Havn.

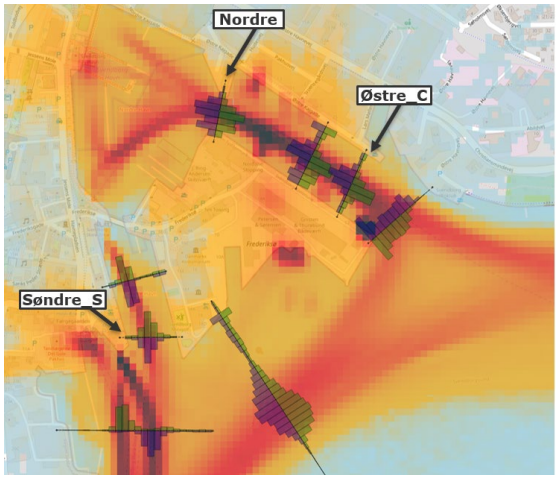
Af Figur 16 ses, at fragt- og tankskibe hovedsageligt har intensitet i sejlrenden, men også langt inde i Østre Havn, hvorimod fiskere har en høj intensitet i det yderste af Østre Havn ved skibsværftet pga. oplægger (skibe taget ud af sejlads) og ellers primært i sejlrenden som gennemsejlende.

Det ses, at intensiteten for passagerfærger, der sejler i Svendborg Sund, har to forskellige trafikmønstre hhv. øst og vest for Svendborg Havn og Tåsinge. Vest for Tåsinge er intensiteten af færgetrafikken høj og meget koncentreret til og fra det sydligste af Søndre Havn, hvilket relaterer sig til Ærøfærgernes sejlplaner i det Sydfynske Øhav. Det ses også, at der er noget skibstrafik fra vest, der sejler helt ind i den indre del af Søndre Havn (MF Højestene). Betragter man passagerfærger fra østsiden af Tåsinge, ses en mindre intens skibstrafikrute (M/S Helge), der sejler tur/retur til det inderste af Svendborg Havn (Nordre Havn) og snor sig forbi Vindebyøre og Christiansminde på hver deres side af sundet. Lystsejlere med AIS følger også sejlrenden og har desuden høj intensitet i Østre Havn (for gennemsejling) og Nordre Havn.

Sejladsen til de tre havnebassiner er analyseret for skibstyper, dimensioner og frekvens, der gennemsejler forskellige passagelinjer. Herved er der skabt indsigt i sejladsen til de tre havnebassiner. Fordelingen af trafikken ses af Tabel 4, mens placering af passagelinjerne inkluderet i analysen fremgår af Figur 17.

Tabel 4: Antal sejlende målt i begge retninger over udvalgte passagelinjer i Svendborg Havn fordelt på skibstyper i 2021

	Passagelinjer		
Skibstype	**Søndre_S**	**Østre_C**	**Nordre**
Hurtig færge	0	3	1
Fiskefartøj	4	407	9
Fragtskib	7	60	24
Tankskib	0	0	0
Andre skibe	285	754	332
Passagerskib	3.017	1.063	1.064
Lystbåde	723	4.739	7.084
Serviceskib	13	589	450
Total	**3.881**	**7.615**	**8.964**



Figur 17: Passagelinjerne og fordeling af trafikken i hver krydsningsretning på tværs af linjen, hvor en grøn og blå farve angiver trafik i hver retning med en indikation af, hvor der er mest trafik

Med baggrund i data for den enkelte passagelinje er der udvalgt dimensionsgivende designskibe for at fastlægge sejladsåbningen. Kravet til minimum åbningsbredde på tre udvalgte placeringer er analyseret, jf. Figur 17. For hvert designskib er der defineret en række vejrmæssige forhold (bølge, vind og strøm), som påvirker skibets manøvrering. Vejrforholdene er kategoriseret i følgende: gunstige vejrforhold (sommersejlads), normale vejrforhold (helårssejlads indstillet under hårdt vejr) og ekstreme vejrforhold (helårssejlads). De estimerede nødvendige sejladsåbninger fremgår af Tabel 5, som tillige indeholder eksisterende åbningsbredde.

Tabel 5: Fastlæggelse af nødvendige minimum sejladsåbning for udvalgte designskibe sammenlignet med eksisterende åbning. Dimensionsgivende åbningsbredde for hvert havnebassin er markeret med fed.

Havne-bassin	Designskib (længde, bredde, dybgang)	Vejrforhold	Min. åbning	Eksist. åbning
Søndre	Store skonnerter (George Stage) 54 x 8 x 4,2 m	Normale	30 m	75 m
Søndre	Dannebrog (sejler baglæns) 80 x 10 x 3,9 m	Gunstige	23 m	75 m
Søndre	Færge Højestene 31 x 10 x 3,2 m	Ekstreme	**34 m**	75 m
Østre	Stort fragtskib, 7000 DWT, ikke fuld last 100 x 17 x 7,2 m	Gunstige	**48 m**	100 m
Østre	Fragtskib, 2500 DWT 85 x 13 x 5,0 m	Normale	44 m	100 m
Østre	Sejlbåde i 2 sejlløb, ind og udgående 15 x 3 x 2,5 m	Gunstige	12 m	100 m

Havne-bassin	Designskib (længde, bredde, dybgang)	Vejrforhold	Min. åbning	Eksist. åbning
Nordre	Stor motorbåd 30 x 8 x 3,4 m	Gunstige	**17 m**	45 m
Nordre	Serviceskib 25 x 6 x 3,0 m	Normale	13 m	45 m
Nordre	Skonnert Zar 43 x 7 x 3,0 m	Gunstige	16 m	45 m
Nordre	Sejlbåde i 2 sejlløb (15x3x2,5)	Moderat	10 m	45 m

Færgen Højestene planlægges udskiftet, og skibets længde forventes øget til 36 m. Det vurderes, at dette forhold ikke påvirker ovenstående vurdering af den nødvendige portåbning.

Det bemærkes ud fra ovenstående tabel, at portåbninger til Østre Havnebassin og Søndre Havnebassin skal være betydelige for at kunne opretholde henholdsvis erhvervs- og færgesejladsen. Eventuelle fremtidige ændringer i erhvervs- og færgesejlads vil være begrænset af de fremtidige etablerede portsystemer. Analysen viser, at portåbninger i indsejlingen under de opstillede forudsætninger skal forventes at overholde følgende krav til minimum sejladsåbning:

- Åbning til Søndre Havnebassin: 34 m
- Åbning til Østre Havnebassin: 48 m
- Åbning til Nordre Havnebassin: 17 m

Der anbefales at undlade etablering af porte ved åbninger til Søndre Havn og Østre Havn pga. forventninger til høje omkostninger til portanlæggene samt de begrænsninger, portene vil medføre ift. sejladsmønstre, havnens fremtidige udvikling og sikkerhed ved indsejling til havnen. Adgangen til Nordre Havnebassin er betydelig mindre udsat ift. vejrforhold, og manøvreringen er mere enkel med ligeud-sejlads. Portanlægget bør af hensyn til brugen af Østre Kaj og Frederikskaj placeres ved pieren ved Hudes Plads.

3.6 Havnens eksisterende kajanlæg

Svendborgs kant mod vandet udgøres hovedsageligt af kajanlæg, dvs. typisk spunskonstruktioner med en lodret kant etableret for skibsanløb. Disse konstruktioner er et vigtigt element i sikring mod stormflod grundet deres tæthed (mod vandgennemtrækning) og højde over middelhavvandsspejlet. Byens brugere oplever, hvorledes vandet trænger over kajkanten og i nogen tilfælde igennem, når højvande bliver faretruende. Udformningen af kajanlæggene er i dag måske det mest afgørende element i den nuværende stormflodsbeskyttelse. I fremtiden vil disse anlæg formentlig fortsat indgå i beskyttelsen, men omfanget afgøres af, hvordan disse anlæg ombygges.

3.6.1 Kajkonstruktioner

Kajanlæggene er opbygget af beton, stål og træ, hvilket betyder disse materialer nedbrydes af en række forskellige nedbrydningsmekanismer over tid. I de første mange år efter etablering er reparationsbehovet meget lille, hvorefter omkostningerne til reparationer stiger markant, og på sigt vil det ikke være muligt at reparere længere og en egentlig udskiftning er nødvendig. En gennemgang af Svendborg Havns tilstand viser, at alle kajanlæg i projektområdet med overvejende sandsynlighed skal enten udskiftes, ombygges eller nedlægges inden år 2100.

Kajanlæggene er i det følgende belyst ift. ovenstående afgørende forhold: tilstand og renoveringsbehov samt kajhøjde og tæthed for derved at kunne afgøre, hvorledes disse anlæg eller deres erstatning i fremtiden kan indtænkes i en stormflodsbeskyttelse af Svendborg. Deres tilstand er særligt afgørende ift. at kunne samtænke stormflodsbeskyttelsen med renovering.

Nogle få kanter mod vandet er udformet som stenkastninger, f.eks. ved Tuxenvej og 'Træskibshavnen'. Stenkastninger består oftest af større natursten, f.eks. granit, og har som regel en væsentlig længere levetid end kajanlæg, men det stigende havvand kan medføre erosion, som kræver ombygning. Dette forhold er ikke nærmere belyst.

Tilstande og renoveringsbehov
Der er skabt indblik og overblik i kajanlæggenes tilstand ved gennemgang af generaleftersyn fra 2017 samt tilgængeligt tegningsmateriale. Generelt er Svendborg Havns kajanlæg en sammenblanding af mange forskellige konstruktioner af forskellig alder og tilstand, og selvom der er gennemført generaleftersyn, er der fortsat mange vitale konstruktionselementer, som er svært tilgængelige for eftersyn, da de er nedgravet eller under vand, hvorved indsigten i anlæggenes tilstand ikke er komplet.

Der er på det foreliggende grundlag gennemført et skøn af tidspunkt og omkostningsniveau for udskiftningen. Det bemærkes, at denne vurdering er overslagsmæssigt og omkostningen er i nutidskroner. Omkostningen er alene et estimat på ca. værdi af anlægget (entreprenøromkostninger ved etablering). Erfaringsmæssigt kan en ombygning enten være billigere eller dyrere, og der skal tillægges udgifter til arbejdsplads, rådgivning og uforudsete forhold.

Resultatet af vurderingen fremgår af Figur 18. Den samlede udskiftningssum skønnes at udgøre ca. 250 mio. kr., over en strækning på 3,5 km. Omkostningerne fordeles ca. som følger:

- 2025-2050: 125 mio.
- 2050-2075: 100 mio.
- 2075-2100: 25 mio.

Det bemærkes, at omkostninger i 2075-2100 formentlig er højere, da anlæg etableret i 2025-2050 kan kræve fornyet udskiftning.

Figur 18: Forventet tidspunkt for behov for udskiftning af kajanlæg.

For sammentænkning af stormflodsbeskyttelsen med renoveringsbehovet kan det være afgørende, at der er et sammenfald tidsmæssigt mellem følgende forhold:

- Behov for stormflodsbeskyttelse.
- Behov for udvikling af kajanlægget ift. byudvikling eller erhverv.
- Behov for renovering.

3.6.2 Kajhøjde – funktion og stormflodsbeskyttelse

Kajhøjden i Svendborg Havn er meget varierende. Figur 19 viser de forskellige terrænkoter med markering af udsatte strækninger, som allerede oversvømmes ved en nutidig 20-års hændelse. Hvis kajanlæggene skal indgå i fremtidig stormflodsbeskyttelse, er det afgørende, at de renoveres eller fornyes, så de er tætte og så deres højde både sikres mod oversvømmelse og samtidige er funktionelle ift. adgang fra både landsiden og vandsiden.

Figur 19: Kajkanters koteforhold og strækninger som oversvømmelses ved vandstande op til ca. 166 cm, svarende til en nutidig 20-års hændelse.

Fra vandsiden kan erhvervsskibe i næsten alle tilfælde håndtere en meget stor variation i kajhøjde, da skibene er forberedt til at håndtere både tidevand på forskellige lokaliteter samt ændring i dybgang afhængig af lastforhold. Færgelejer kan dog være en væsentlig undtagelse, da den geometriske udformning af klapanlæg har meget mindre tolerancer. Det vurderes dog, at alle erhvervsskibe også kommende, nye bilfærger samt evt. nye færgelejer i Svendborg Havn uden større vanskeligheder vil kun håndtere en kajhøjde på f.eks. 2,0 m over det daglige middel havvandspejl. Stormflod skaber yderst sjældent et scenarie med vandstande højere end 2,0 m over middelvandsspejlet. For områder med lystbåde, særligt de mindre, kan en kajhøjde højere end 1,0-1,5 m dog medføre vanskelige adgangsforhold til bådene og derfor laves der typisk enten lavere kajhøjde eller der etableres en lavere beliggende platform foran, f.eks. som en flydeponton eller en lav pælebro. Kajens højde er således ikke en udfordring ift. besejling, men derimod et tilpasningshensyn ift. udformning og særligt højde på eksisterende landarealer.

Det bemærkes, at kajanlæg er dyre anlæg med lang levetid, og da middelvandstanden er fortsat stigende, vil det være nødvendigt at bygge med en overhøjde eller at øge højden igen på sigt. Det anbefales at lave en mere konkret vurdering på de enkelte delstrækninger for at kortlægge, hvilken tilpasning der er bedst egnet.

3.6.3 Kajtæthed

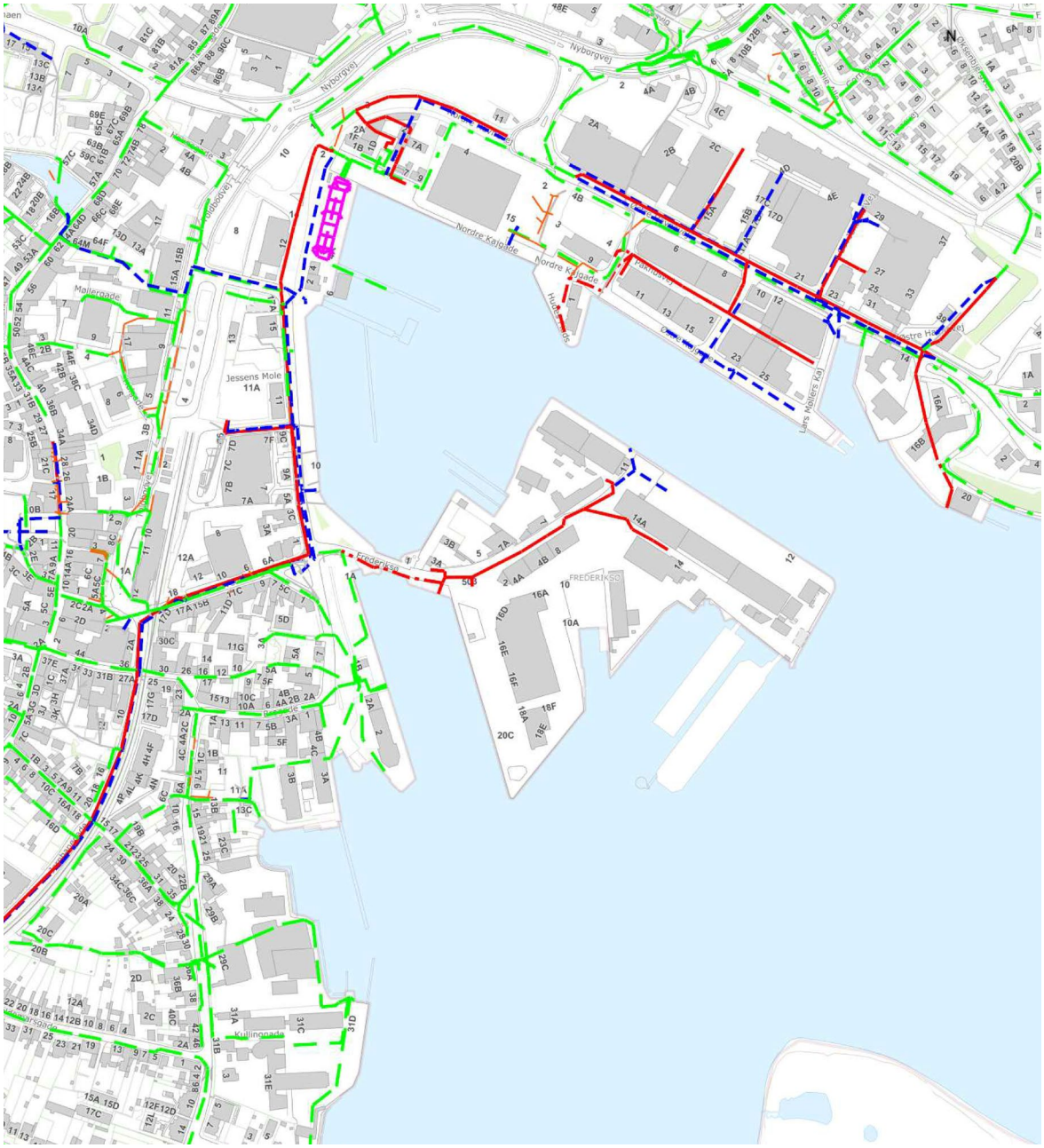
Som udgangspunkt er det fuldt ud muligt at skabe et tilstrækkelig tæt kajanlæg, som holder vandet væk fra det bagvedliggende terræn. Oplevelsen af at dette ikke altid er tilfældet, vurderes at skyldes flere forhold:

- Overfladeafvandingen sker igennem mange små udløb uden kontraklapper, hvis placering og tilstand er ukendt. Ved renovering af kajanlæg etableres i dag oftest meget få udløb typisk pga. miljøkrav, som øger omkostningen på selve udløbet.
- Kajanlæggene er nedbrudte omkring og over vandlinjen, hvor korrosion oftest er særlig fremtrædende. Dette problem ses dog sjældent på nye anlæg eller anlæg udført med en tæt betonhammer over havvandspejlet.
- Kajanlæggene kan være udført med en meget ringe tæthed, som uanset alder giver høj risiko.

Tæthed af kajanlæg kan således tilvejebringes, hvis den ikke allerede er til stede.

3.7 Afløbssystemer - nedbør og det stigende havvand

Afløbssystemet er et komplekst system med nedgravede ledninger, pumper, bassiner mv. til håndtering af regnvand og spildevand. I området omkring Svendborg Havn anvendes både regnvandssystemer (blå), spildevandssystemer (rød) og i særdeleshed fællessystemer (grøn), som fører både regnvand og spildevand, jf. Figur 20.



Figur 20: Oversigt over afløbssystemer ved Svendborg Havn. Rød = spildevand, blå = regnvand og grøn = fællessystem. Webkort: Svendborg Vand og Affald (Svendborg Vand og Affald, 2022)

Regnvandssystemer anvender havnebassinerne som recipient, dvs. som modtager af det afstrømmende regnvand fra terræn. Fællessystemer fører både regn- og spildevand mod rensningsanlæg via opsamlingsbassin under Havneparken, men ved kraftige regnhændelser sker overløb fra pumpestationer på fællessystemer til havnebassiner pga. begrænsning i kapacitet.

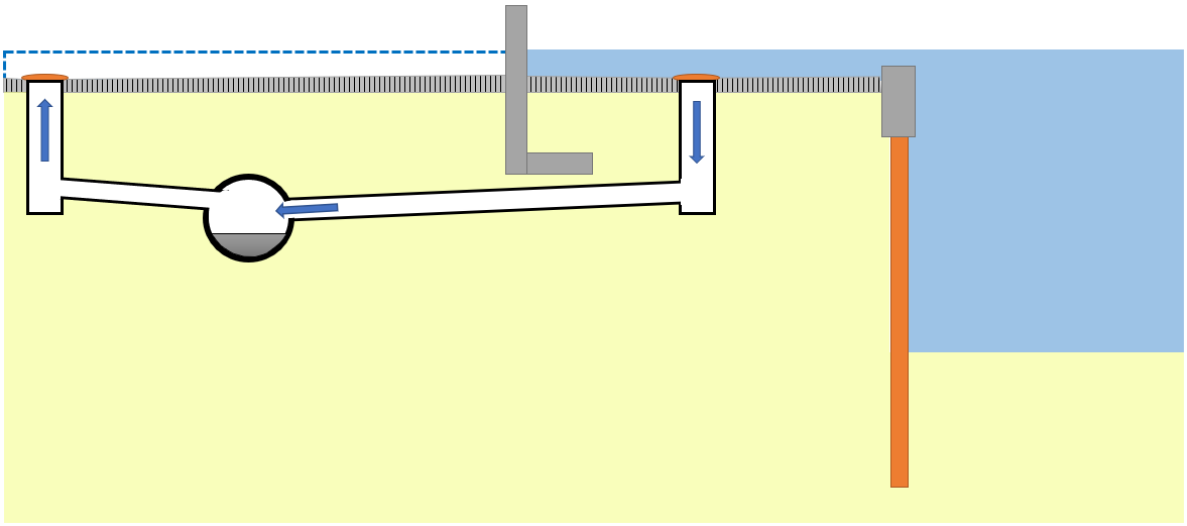
Der foregår i øjeblikket planlægning og udførelse af følgende større strukturelle ændringer af afløbssystemer omkring Svendborg Havn.

- Ny hovedpumpestation ved Havneparken
- Åbning og omlægning af Kobberbækken

3.7.1 Det stigende havvandsspejls påvirkninger

Kapaciteten i regnvands- og spildevandssystemerne (i det følgende benævnt afløbssystemer) påvirkes af det stigende havvandspejl. Et højt havvandspejl ved udløbene og eventuel indtrængning af havvand via oversvømmede brønde på terræn vil reducere kapaciteten af afløbssystemet og begrænse afledning med risiko for oversvømmelse og spildevandsoverløb. Ved kraftige regnskyl og skybrud forudsætter afløbssystemet på nuværende tidspunkt et havvandspejl i kote +0,5 m i havnebassinerne, og det kan ikke sikres i fremtiden.

Indstrømmende havvand i afløbssystemet kan forbigå stormflodsbeskyttelsen via nedgravede ledningssystemer og medføre, at havvand stiger op af afløbssystemet på den beskyttede side af stormflodsbeskyttelse, jf. Figur 21. Det vil samtidig medføre, at evt. spildevand i fællessystemet fortrænges og stiger op af afløbssystemet.



Figur 21: Princip for havvandsindtrængning igennem afløbssystem.

Ovenstående to forhold med henholdsvis reduceret kapacitet under samtidige hændelser af stormflod og kraftig regn og risiko for kortslutninger er belyst under de foreslåede stormflodsstrategier i et senere afsnit.

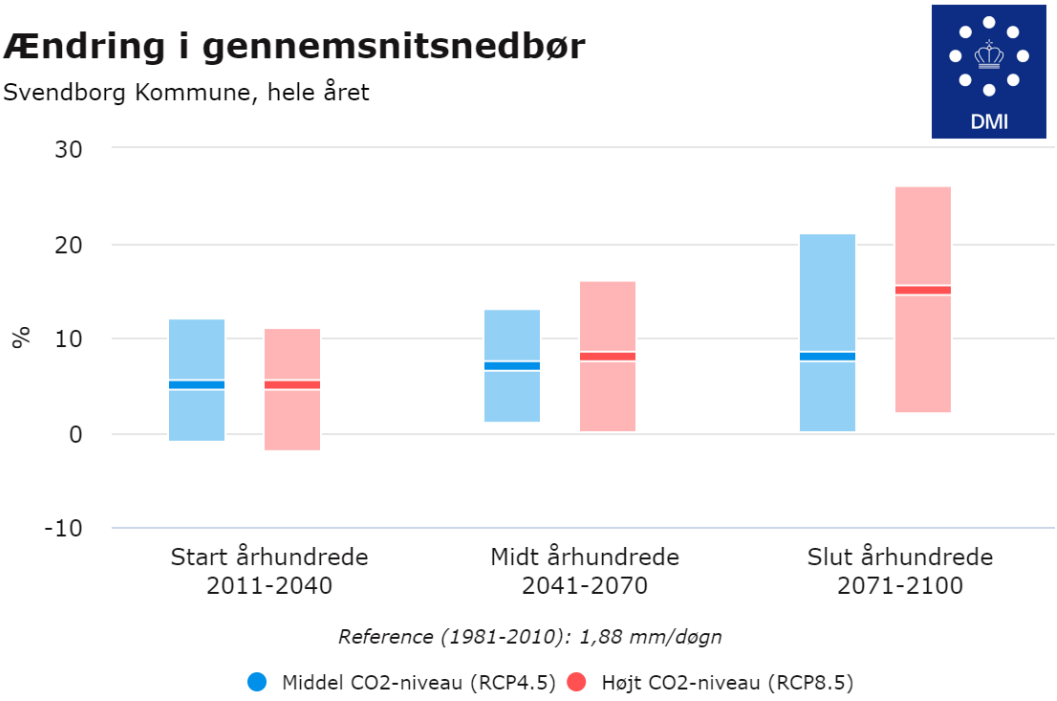
Udover ovenstående er der også risiko for, at stormflod kan beskadige installationer i afløbssystemet. Det drejer sig særligt om elektriske installationer i pumpesystemer, som kan blive beskadiget ved indtrængning af saltvand og øgede vandtrykspåvirkninger på opsamlingsbassinet. Problemstillinger kan f.eks. løses ved lokal beskyttelse/hævning af elektriske installationer og forstærkning af konstruktioner i opsamlingsbassinet.

3.7.2 Klimaændringer i nedbør

Klimaændringer påvirker ikke kun havspejlet, men også nedbørsmønstret, og vil påvirke funktionskrav til afløbssystemer. Det bemærkes, at ændringer ikke er et nyt fænomen. Den gennemsnitlige årlige nedbør er for eksempelvis i Danmark steget med ca. 100 mm siden 1870'erne, og i perioden 1981-2010 var årsnedbøren for landet som helhed 741 mm, dvs. en stigning på ca. 15 % over 100 år, jf. (DMI, Data vedr. nedbør, 2022b).

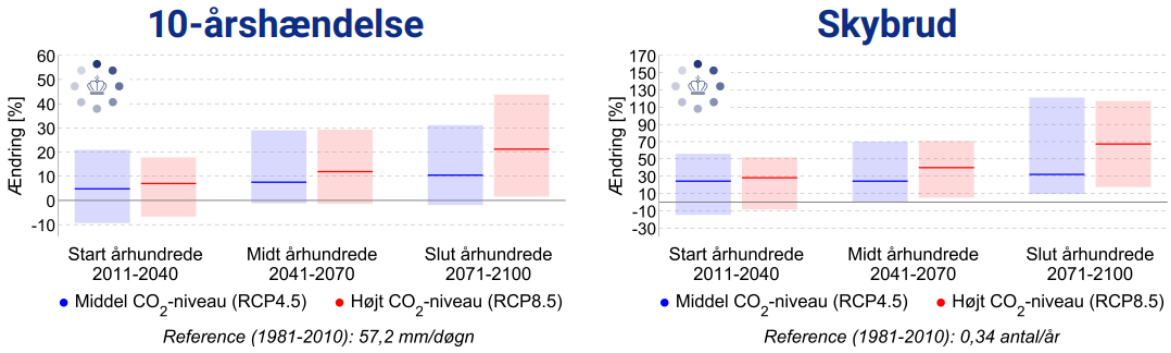
Der er stor usikkerhed i ændringerne og følgende korte opsummering tager udgangspunkt i DMIs klimaatlas 2021a for Svendborg Kommune. DMIs klimatlas beskriver for Svendborg Kommune, at den gennemsnitlige nedbør for RCP 4.5 og RCP 8.5 forventes at stige med 5 % i 2011-2040 og

med 8% for RCP 4.5 og 15 % for RCP 8.5 i 2071-2100, jf. Figur 22. Usikkerheden er vist som såkaldte 10- og 90-percentiler omkring medianværdien (50 %). Sammenlignes med den historiske udvikling i de seneste 100 år forventes således samme tendens med øget gennemsnitsnedbør, men med stor usikkerhed i omfanget.



Figur 22: Ændringer i gennemsnitsnedbør, jf. DMIs klimaatlas (DMI, 2022b)

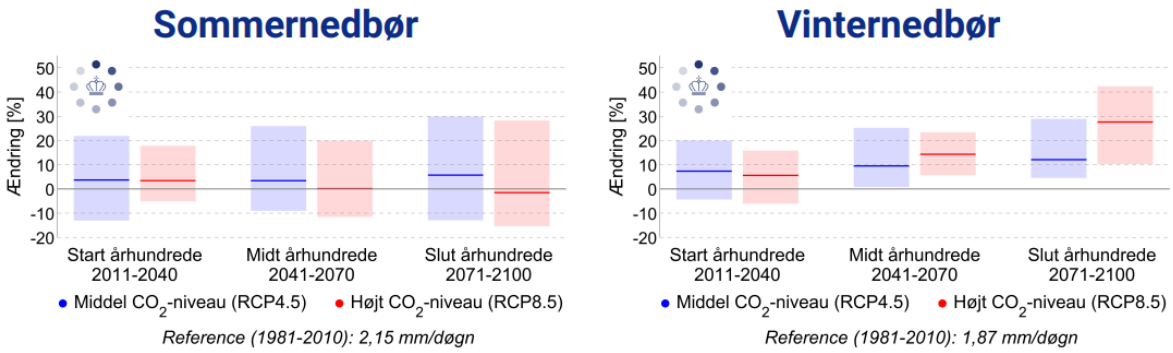
Klimaændringer forventes med sikkerhed at øge intensiteten (mm/døgn) og frekvensen (antal skybrud) for kraftige regnhændelser, jf. Figur 23. Det vil stille skærpet krav til afløbssystemerne under spidsbelastning.



Figur 23: Ændring i 10-årshændelser og skybrud (15 mm på 30 min.), jf. DMIs klimaatlas. (DMI, 2022b)

Historisk regner det hyppigere om vinteren og kraftigere om sommeren. Dvs. de kraftige skybrud og derved spidsbelastninger falder normalt i sommerperioden. Fordelingen af nedbørsmængden over året forventes dog at blive påvirket, jf. Figur 24. Da sommernedbør historisk er større end vinternedbør forventes en grad af udjævning af mængden.

Højvandshændelser forårsaget af storme falder normalt ikke om sommeren. I tilfælde hvor kraftige regnhændelser falder uden for sommeren øges risikoen for samtidige hændelser med højvande i fremtiden.



Figur 24: Ændring i fordeling af nedbør over året, jf. DMIs klimaatlas.

Det bemærkes, at krav til afløbssystemerne ikke kun påvirkes af ændringer i klima, men også i ændret arealanvendelse, implementering af forsinkelsesbassin, LAR, spildevandseparering mv.

3.7.3 Evaluering af tidligere stormflodsstrategier

I forbindelse med evaluering af projektkonkurrencen i 2017 og 2018 opstillede forsyningsselskabet Svendborg Vand & Affald forventninger til nødvendige ombygninger til håndtering af regn- og spildevand og omkostningsniveau afhængig af, hvorvidt stormflodsbeskyttelseslinjen følger eksisterende indre kajkanter eller gennemføres som en sikring uden om, og dermed beskytter havnebassinerne (Nordre Havn, Søndre Havn og 'Træskibshavnen').

Overordnet blev en sikring langs de indre kajkanter vurderet ca. +100 mio. kr. dyrere end sikring uden om havnebassinerne og følgende større ændringer (dyrere end +1,0 mio.) er identificeret, jf. Svendborg Vand og Affald (Svendborg Spildevand, 2018)

Tabel 6. Identificerede nødvendige ombygninger (+1,0 mio.), jf. Svendborg Vand og Affald (Svendborg Spildevand, 2018).

Beskyttelse langs 'indre' kajkanter	Beskyttelse af 'indre' havnebassiner (Nordre Havn, Søndre Havn og Træskibshavnen)
Pumpestation til Kobberbækken*	
	Pumpestation for udledning fra Nordre Havn, Søndre Havn og Træskibshavnen til Svendborg Sund.
Regnvandspumpestation ved Hovedpumpestation (Havneparken)	
Forstærkning af eksisterende opsamlingsbassin (Havneparken)	
Øgede omkostninger til regnvandsafledning af Frederiksgade og Jessens Mole	Øgede omkostninger til regnvandsafledning af Frederiksgade og Jessens Mole
Ny regnvandspumpestation for regnvand ved Havnepladsen (Honnørkajen).	
Regnvandspumpestation ved Træskibshavnen	
Regnvandspumpestation ved Gasværket	

* Det bemærkes, at der ikke længere vil være det behov, hvis der udføres en genåbning af Kobberbækken og den nødvendige sikring i terræn og bebyggelser jf. Svendborg Kommunes udviklingsplan for Godsbanearealet fra 2021. Der henvises i øvrigt også til dispositionsplan for klimatilpasning ved genåbning af Kobberbækken (udarbejdet af Rambøll for Svendborg Kommune, marts 2023).

Baggrunden for ovenstående "besparelse" ved en sikring uden om Inderhavnen skal findes i, at havvandspejlet i Nordre Havn, Søndre Havn og Træskibshavnen holdes nede ved kraftige regnhændelser ved hjælp af lukkede porte i indsejling og pumpning for udledning af vand fra havnebassiner til Svendborg Sund.

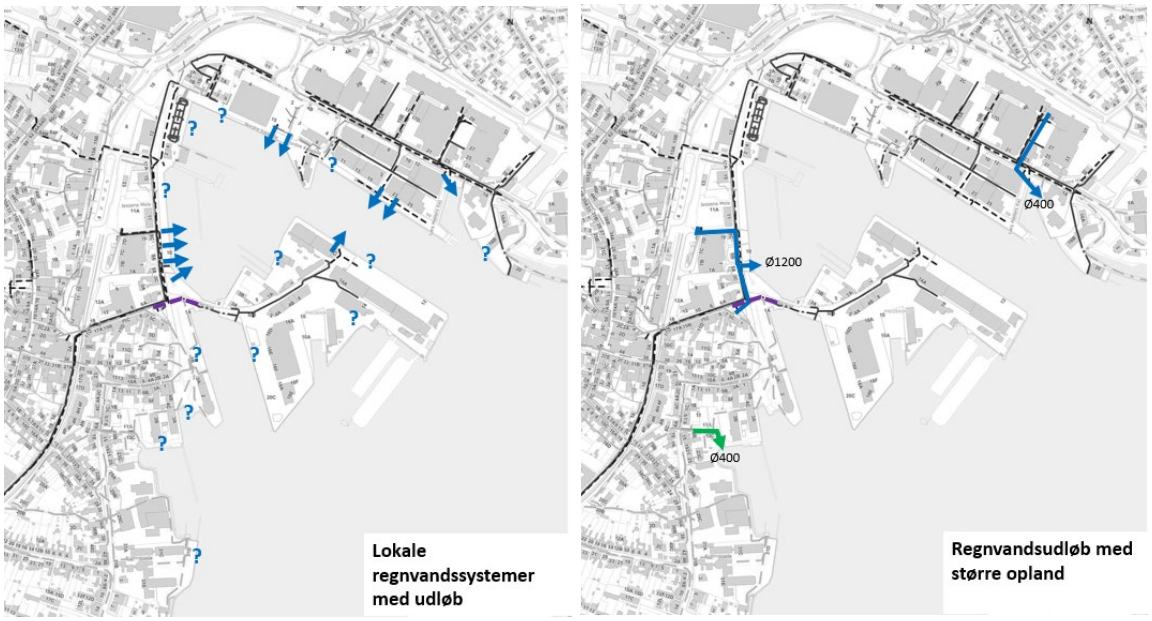
Det bemærkes, at listen formentlig ikke er udtømmende, og risiko for kortslutning formentlig ikke er ikke inkluderet i aktiviteterne, da dette forhold primært opstår ved etapedeling af stormflodsbeskyttelsen.

3.7.4 Klimatilpasning af afløbssystemet

Afløbssystemets opbygning er screenet for at skabe overblik over forhold, som skal tilpasses, jf. de tidligere nævnte problemstillinger vedr. kortslutning, kapacitetsbegrænsning og risiko for skader på anlægget. Flere af disse forhold skal håndteres uanset om beskyttelsen følger indre eller ydre kanter og i det følgende er de vigtigste forhold beskrevet.

Generelt bør mange ældre ukendte mindre udløb langs kajkanter identificeres og ombygges, så der ikke kan ske unødig indstrømning af havvand, jf. Figur 25. Udløbene er en del af lokale regnvandssystemer, som udleder regnvand fra de kajnære arealer langs havnefronten. Ændringen vil med fordel kunne gennemføres i forbindelse med renovering af kajanlæggene. Medmindre terrænniveauet på disse arealer ligger tilstrækkeligt over havvandspejlet, så vil det være nødvendigt at tilføje kontraklap på udløbet, så tilbagestrømning undgås, og evt. pumpesystem, så udledning kan ske under højvande.

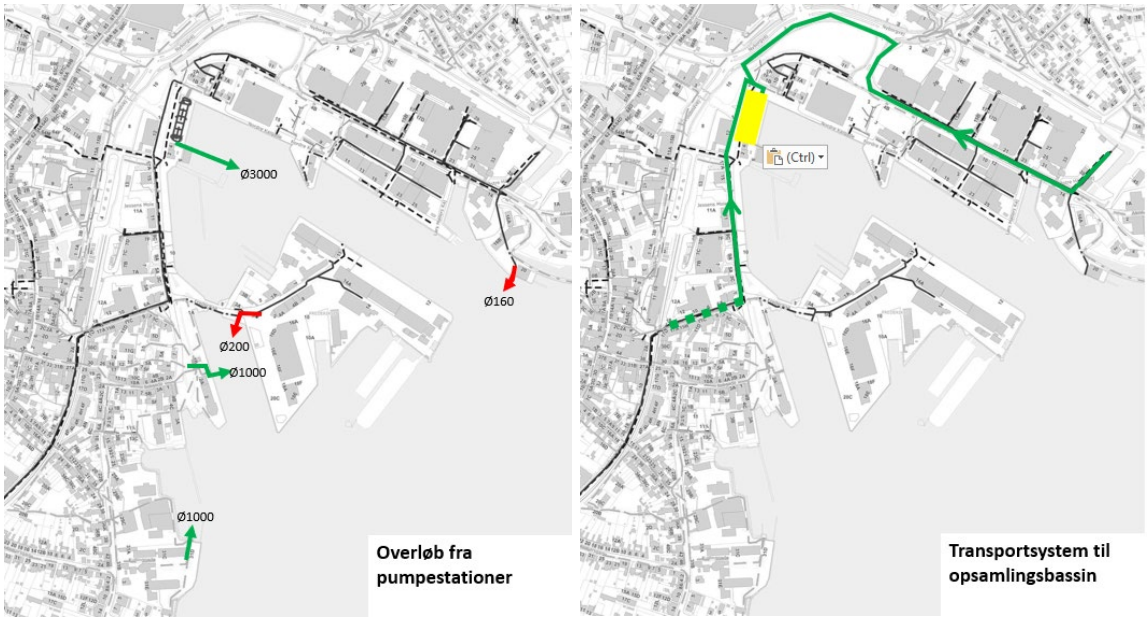
Flere større arealer i baglandet afstrømmer direkte til havnebassinerne igennem større udløbsledninger (Ø400-1200mm), jf. Figur 25. For at sikre afstrømning ved samtidig højvande kan der tilføjes en pumpestation. En pumpestation er dyr i installation pga. krav om høj ydelse og vil kun køre i begrænsede perioder. Et bedre alternativ kan være ændringer i oplandet, f.eks. forsinkelsesbassiner, mere nedsivning, hvorved afstrømningen forsinkes og reduceres i ydelse. Det bemærkes at et udløb ved 'Træskibshavnen' stammer fra fællessystemet.



Figur 25: Regnvandsudløb med direkte afstrømning til havnebassiner. Signatur: Blå = regnvandsudløb; grøn = fællssystemsudløb

Fællessystemet er tilkoblet en række pumpestationer, som pumper regn- og spildevand til opsamlingsbassinet ved Havnepladsen og derfra videre til rensningsanlæg Øst for Svendborg By. Disse pumpestationer modtager ved kraftig nedbør mere regn- og spildevand, end de kan håndtere, og udleder ved overløb til havnebassiner, jf. Figur 26. Ved samtidig hændelser mellem nedbør og højvande vil overløbet ikke fungere, hvorved regn- og spildevand vil opstuves bagud i systemet. Der er mulighed for at tilføje pumpekapacitet på overløbet og derved sikre udstrømning fra overløb og undgå opstuvning. Overløb fra fællessystemet er dog uønsket pga. forurening af recipienten, og der bør i stedet tilstræbes en løsning, hvor overløb undgås, f.eks. ved separatkloakering og forsinkelse af regnvand.

I vejene bag Nordre Havnebassin og Østre Havnebassin ligger store nedgravede ledningssystemer, som forbinder baglandets fællessystem med opsamlingsbassinet ved Havnepladsen, jf. Figur 26. Ved højvande kan anlægget ligesom i dag blive oversvømmet og derved kortslutte en evt. etapeopdeling af stormflodsbeskyttelsen. For at imødegå denne risiko kan der være behov for spærring af denne transportvej, f.eks. ved at tilføje en kontraklap på systemet, hvor stormflodsbeskyttelsen skærer denne linje. Det vil dog begrænse anlæggets mulighed for at føre regn- og spildevand til opsamlingsbassinet (ligesom tilfældet er i dag). Alternativt skal brønde på systemet i det oversvømmede område (uden for stormflodsbeskyttelsen) afskærmes fra indstrømning af havvand.



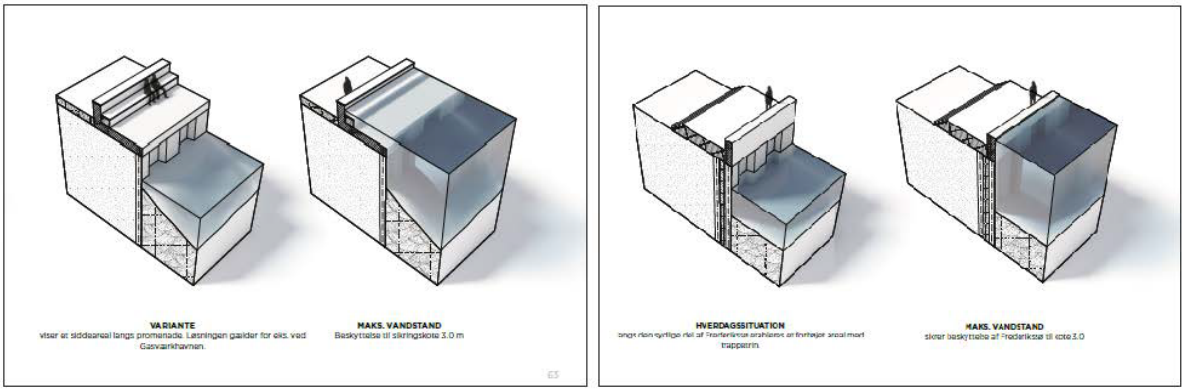
Figur 26: Overløb fra pumpestationer og transportledninger (gravitation) omkring havnen. Signatur: grøn = overløb fra fællessystem; rød: separeret spildevandssystem; gul = opsamlingsbassin.

KAMMERATERIET

4. LØSNINGSKATALOG FOR STORMFLODSBESKYTTELSE

Internationalt såvel som i Danmark har mange byer sikret sig mod stormflod. Fælles for disse løsninger er, at der ikke er én rigtig løsning eller vej derhen. Løsningskataloget er stort og mulighederne mange. Ønsket er som regel altid at bevare en umiddelbar tilgang og nærhed til vandet. Havet er attraktivt, og i naboskabet med havet ligger ofte byens grundlag for identitet. Derfor er kravene til æstetik og minimal visuel barriere altid en udfordring, som skal opvejes mod anlægsøkonomi, drift og funktionalitet.

I konkurrencen blev der indgående arbejdet med typologier for sikringer. Disse indgår alle i løsningskataloget for valg af beskyttelse, der skal sammensættes af en række forskellige løsninger langs havnefronten. Løsninger i relation til kajanlæg, integreret i byrum, over vand samt som midlertidige beredskabsløsninger er gennemgået i indeværende kapitel.



4.1 Kajanlæg

Stormflodsbeskyttelse kan etableres som en del af kajkanten. Der findes en række forskellige muligheder afhængig af anlæggets formål f.eks. erhvervsmæssig sejlads, lystbådssejlads eller andre rekreative formål.

Hvis kajanlægget skal anvendes til erhvervssejlads, vil der normalt foretrækkes en hævning af både kajkanten og det bagvedliggende kajareal, så der sikres tilfredsstillende adgangsforhold fra landsiden. Afhængig af kajanlæggets tilstand og designforudsætninger gennemføres dette typisk ved en ny højere betonhammer på eksisterende spunsvæg eller ved en fornyelse af kajanlægget.

Hvis kajanlægget skal anvendes til lystbådssejlads, er der begrænsninger i kajhøjden pga. adgangsforhold til de mindre lystbåde. Ved etablering af en lavere flyde- eller pælebro foran kajanlægget sikres adgang uanset kajanlæggets højde. Stormflodsbeskyttelse kan etableres ved en kantløsning i det bagvedliggende areal (f.eks. nedgravet betonelement, terrænhævning) eller en hævning af kajanlægget, som beskrevet for erhvervssejlads.

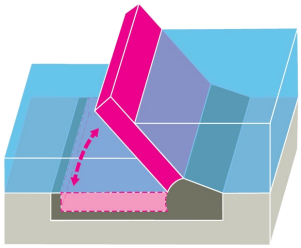
Hvis kajanlægget ikke har noget sejladsmæssigt formål, er der stor frihed i udformning af løsninger. Det bør overvejes, hvorvidt der fremadrettet er behov for et kajanlæg, da der findes billigere og mere holdbare vandkantsløsninger, som f.eks. stenbeskyttede skråninger og hævet terræn som stormflodsbeskyttelse.

4.2 Stormflodsbeskyttelse integreret i byrum

Stormflodsbeskyttelse indtænkes i mange byer, som en del af byrum og pladsdannelser. Dette skaber mulighed for at samskabe nye funktioner, aktivitets- og opholdssteder i by og på havnefront. Multifunktionelle kystbeskyttelsesløsninger er nye elementer i byrummet og et specialdesign er ofte en forudsætning for at sikringen ikke opleves som en uhensigtsmæssig barriere. Man kan arbejde med den 'usynlige' sikring eller bevidst med en sikring, der skaber nye rum og identitet i byen.

4.3 Stormflodsporte og klapper

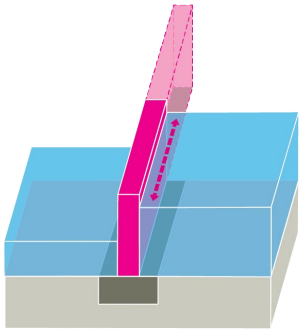
Ved kystbeskyttelse på og i vand er større portanlæg og klapper en mulighed for beskyttelse af bagvedliggende arealer. Egnede løsninger til større portbredder for Svendborg Havn er følgende:



Vippeport er en horisontalt hængslet port, som monteres i havbunden. Ved aktivering blæses luft ind i port hulrummet og fortrænger vand, så porten hæver sig fra havbunden.
I funktion, når højvande er varslet, vil porten stå op og blokerer vandgennemstrømning og dermed også gennemsejling. I hverdagssituationer, når porten ligger på bunden i portkammeret, vil der være fri vandudskiftning, gennemsejling og udsyn. Porten er således kun synlig, når den er i funktion, stående oprejst på havbunden. Støttekonstruktionerne på hver side af porten vil dog altid være synlige.

Vippeporten er et mindre kendt design og teknologi benyttet til kystbeskyttelse, hvorfor der kun er få erfaringer med drift og vedligehold. Vippeporten vil kunne anvendes i mellemstore til store åbninger. Vippeporten vil kræve, at tilsyn og reparationsarbejde primært udføres under vand, hvilket forårsager blokering for gennemsejling i vedligeholdelsesfasen. Løsningen fungerer kun til mindre vandspejlsforskelle, i størrelsesorden 2-3 m. I områder med store sedimentmængder og dermed mulighed for aflejring på portklappen, skal løsningstypen genovervejeres, og der skal foreligge eventuel procedure for fjernelse af aflejringer inden aktivering af portklap. Løsningen kræver special trænet personale, vagtordning og beredskabsprotokol.

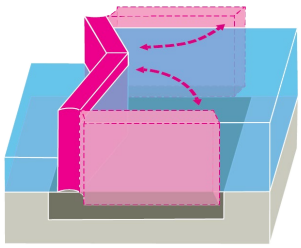
Løsningen er anvendt i Venedig, Stamford og Billwerder Bucht.



Skydeport er en port, som monteres på en skinne på tværs af åbningen. Porten skydes ved varsling af højvande ud i åbningen, som ellers er åben for vandgennemstrømning og gennemsejling. I hverdagssituationer opbevares porten i et selvstændigt portkammer, som kan både driftes vådt og tørt. Portkammeret og eventuelt også porten vil altid være synlige.

Skydeporten er en kendt designløsning og kan fungere i store åbninger. Løsningen kan fungere i situationer med store vandforskelle, og dermed højt differenstryk. Skydeporten har den fordel at kunne vedligeholdes uden at påvirke havneaktiviteten, men portkammer og tilhørende sidekonstruktioner optager et stort areal. Etablering af en skydeport kan på sigt kombineres med muligheden for at etablere en kammersluse, som igennem et dobbelt port- og kammersystem regulerer vandstandene. Herved kan skibsadgang til det bagvedliggende havnebassin sikres uden at ændre på vandstanden i havnebassinet. Løsningen kræver special trænet personale, vagtordning og beredskabsprotokol.

Løsningen er anvendt i Krammer, Jmuiden og Panama.

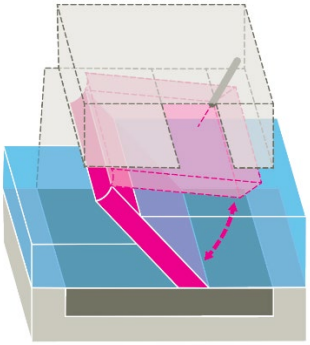


Vertikalt sidehængslet porte monteres på sidestøttekonstruktioner. Der hængsles således to porte, en i hver side. Portene aktiveres ved højvande og lukkes helt i ved hjælp af det ydre vandtryk. I hverdagssituationer er portene synlige og placeret i åben position ud mod det åbne farvand.

Løsningen er et kendt design, og der er gode erfaringer med drift og vedligehold. Der skal etableres ledeværker for at undgå påsejling af porte. Sidehængslede porte er velegnede både til mindre og middelstore portåbninger.

Løsningen vil kræve special trænet personale og beredskabsprotokol, og afhængig af muligheden for automatisk eller manual lukning kræves vagtordning af større eller mindre karakter.

Løsningen er anvendt mange steder i verden, for eksempel i IJmuiden, Wilhelmina Canal, Oranje locks, Upper Mississippi locks, Ballard locks i Seattle, Agua Clara locks, Gatun locks i Panama.



Portklapper eller skot til blokering af gennemløb under brokonstruktioner kan tage mange former. Afhængig af design kan de enten udføres som sidehængslede eller tophængslede skot/klapper, som lukkes i ved varsling af højvande. I hverdagssituationer vil vandgennemstrømning være mulig og afhængig af tempoet for det stigende middel havvandspejl, så vil en mindre passagemulighed være til stede under brofagene. Denne passagemulighed forsvinder dog på sigt. Det bør undersøges, om en eller flere åbninger permanent kan blokeres for vandgennemstrømning, således kun en mindre del er oplukkelig. Dette påvirker potentielt vandkvaliteten i negativ retning i havnebassinet.

Løsning kan inspireres af installationer som kendt i flere bro- og dæmningskonstruktioner, som eksempelvis Virksunddæmningen.

I beskrivelsen af strategierne for stormflodsbeskyttelse under kapitel 6 er der beskrevet hvilke løsninger til stormflodsporte, der anbefales de specifikke steder.

4.4 Beredskabsløsninger

Mobile beredskabsløsninger kan anvendes som en del af den endelige stormflodsbeskyttelse samt under etapevis implementering som interimstiltag. Typen af tiltag vil variere bl.a. med udgangspunkt i lokalitet, sikringshøjde, levetiden af tiltaget samt ressourcer allokeret til vedligehold, opsætning og nedtagen.

Åbninger i beskyttelseslinjen sikres med mobile beredskabsløsninger, uanset om de er fast monteret på konstruktionen eller er af midlertidig karakter og derfor ligger på depot, hvor de skal hentes og installeres ved varsling af højvande. Eksempler på fastmonterede løsninger omfatter typiske porte og oplukkelige klapper, hvorimod midlertidige løsninger er alu-planker, water tubes etc.

Det er således vigtigt, at der udarbejdes en beredskabsplan for den samlede stormflodsbeskyttelse inkl. varslingsprotokol. Det er ligeledes vigtigt at afklare, hvem der udgør beredskabet og dermed tager sig af driften af anlægget i aktion samt hvis der sker nedbrud af dele eller hele anlægget.

Det anbefales, at kommunen varetager den beredskabsmæssige opgave med at sikre en funktionsdygtig stormflodsbeskyttelse. Det kommunale redningsberedskab (Beredskab Fyn) drifter typisk ikke stormflodsbeskyttelsesanlæg, men træder kun i funktion ved svigt, hvor der fare for menneskeliv. Det skal derfor være mandskab fra kommunens øvrige drifts- og vedligeholdelsesafdelinger, et stormflodsbeskyttelseslag eller private aktører, som skal varetage opgaven.

5. BIDRAGSFORDELING – FINANSIERING OG ORGANISERING

Bekendtgørelse af lov om kystbeskyttelse m.v. fastsætter rammer og forpligtigelser i forbindelse med kystbeskyttelse, herunder stormflodsbeskyttelse. Nærværende afsnit belyser muligheder for bidragsfordeling og organisering, samt identificere juridiske opmærksomhedspunkter.

5.1 Hvem kan bidrage?

Som udgangspunkt er det ejere af fast ejendom, som har ansvaret for at sikre sin ejendom mod havoversvømmelse, og det er derfor også ejere af fast ejendom, der kan pålægges bidragspligt. Kredsen af ejere, der kan pålægges bidragspligt, er bred og omfatter både privatpersoner, virksomheder, foreninger og forsyningsselskaber samt offentlige myndigheder.

En kommune kan beslutte at gennemføre et fællesprojekt, der sikrer flere ejendomme. Udgangspunktet for kommunale fællesprojekter om kystbeskyttelse er lovfæstet i kystbeskyttelseslovens § 1a, stk. 1, der har følgende ordlyd:

"Kommunalbestyrelsen kan bestemme, at der ved en kyst skal udføres anlæg eller træffes andre foranstaltninger til beskyttelse af flere ejendomme mod oversvømmelse eller den nedbrydende virkning fra havet, fjorde eller andre dele af søterritoriet."

Kommunalbestyrelsen træffer i den forbindelse afgørelse om tilladelse til kystbeskyttelse, jf. Kystbeskyttelsesloven § 3, stk. 2, samt fastsætter bidragsfordeling og -pligt blandt de berørte ejere i kommunale fællesprojekter, jf. lovens § 9a. Bidragspligt efter kystbeskyttelsesloven kan pålægges ejere af grunde og bygninger, uanset om og hvordan de er registreret i matriklen og/eller tingbogen, men også andre former for fast ejendom herunder infrastruktur, eksempelvis veje, jernbaner, forsyningsledninger og anlæg til el, varme og vand, udstyr til telekommunikation m.v. Det er herudover en mulighed, at kommunen beslutter at yde et ekstra bidrag eller afholde alle udgifterne selv, jf. kystbeskyttelseslovens § 9:

"Kommunalbestyrelsen bestemmer, hvorledes midlerne til kystbeskyttelsesforanstaltningerne skal tilvejebringes, herunder, om der skal optages lån, om lån skal garanteres af kommunen, og om kommunen midlertidigt eller endeligt skal afholde udgiften."

5.2 Principper for bidragsfordeling

Ved udarbejdelse af principper for bidragsfordeling skal det sandsynliggøres, at der er behov for kystbeskyttelse og at ejendomsejere kan opnå en økonomisk fordel ud fra saglige og faglige kriterier, herunder ligebehandling. Omkostningerne indeholdt i fordelingen skal alene relatere sig til kystbeskyttelsesanlægget og kan ikke indeholde merværdiskabende elementer som byrumsskabende oplevelser, beplantning, legepladser eller lignende. Omkostningerne kan omfatte anlæg, drift og vedligehold, både for løsninger af permanent og midlertidig karakter.

Principper for udarbejdelse af bidragsfordeling for oversvømmede ejendomme kan tage udgangspunkt i en differentiering imellem bygninger, matrikler, ledningsejere mv. Bidragssatstype og status herfor kan løbende ændres, som arealer omdannes eller udbygges.

- Bygningsbidrag kan beregnes efter BBR bygningsareal i stueetage og kælder. Bygninger som udhuse, carporte, drivhuse og lignende sekundære bygninger kan udelades af bidragsfordelingen.
- Bidrag for offentlige vejarealer kan opkræves efter oversvømmet arealer.

- Bidrag for forsyningssektoren kan opgøres i relation til tekniske anlæg, men også under hensyn til den konkrete skadesrisiko der afværges. Bidrag kan opgøres på baggrund af løbende meter forsyningsledning.
- Ubebyggede grunde kan medtages i bidragsfordelingen, selv om en kortvarig højvandshændelse ikke vil forårsage skader på grunden. Grundens funktion og værdi kan dog påvirkes. Såfremt grunde bebygges, kan der pålægges et ekstra bidrag, der afspejler værdien af bebyggelsen.
- Der kan ydes et frivilligt kommunalt 'særbidrag', med begrundelse i den større almene fordel, som et kystbeskyttelsesanlæg kan have.

Det bemærkes, at man ikke kan bidrage til anlæg, som man ikke opnår beskyttelse eller anden fordel af, selv om det er en del af en større strategi for kystbeskyttelse af et område. Ejere langs Jessens Mole kan eksempelvis ikke bidrage til kystbeskyttelse af enkelte ejendomme på Frederiksø, men kan bidrage til en større sammenhængende beskyttelse, hvor kystbeskyttelse på tværs af havneåbningerne til Nordre Havn og over Frederiksø beskytter bagvedliggende arealer som Jessens Mole.

Vær opmærksom på at bidragspligt kan pålægges ejere, som ikke opnår direkte beskyttelse, men anden fordel. Dette kan eksempelvis være, at et infrastrukturselskab kan tilgå sine anlæg og installationer under oversvømmelse, selvom anlægget eller installationen i sig selv ikke blive beskadiget eller lider tab. Man kan således opnå anden fordel i form af både materiel og immateriel nytte. Det er for eksempel oftest ud fra betragtninger om opnået immateriel nytteværdi, at kommuner yder et yderligere bidrag, udover kommunes bidrag for at være ejere af fast ejendom.

Bemærk, at der i følgende afgørelse fra Miljø- og Fødevareklagenævnet, optrykt i MAD 2017.209, tidligere er hjemvist en bidragsfordeling med følgende (del-)begrundelse:

"Da 'anden fordel' af kystbeskyttelsesforanstaltning ofte vil ramme en meget vid og ubestemt bidragsandel af ejendomme, må kommunen, såfremt den vil pålægge andre ejendomme end de direkte risikoramte ejendomme bidragspligt, kunne sandsynliggøre, at netop disse ejendomme - frem for alle andre - opnår en fordel ved et projekt."

Det må således antages, at pålæg af bidragspligt til en større kreds af ejendomsejere forudsætter, at det kan sandsynliggøres, at denne kreds, frem for alle andre, nyder godt af de pågældende nytteværdier.

Samlet set skal en bidragsfordeling således kunne begrundes og underbygges i forhold til:

- at de enkelte bidragspligtige opnår en beskyttelse eller en anden tilsvarende fordel,
- at der ikke er udeladt andre ejendomsejere, der opnår en tilsvarende beskyttelse eller fordel, samt
- at der ikke er medtaget væsentlige projektdele, som en gruppe af bidragspligtige ikke får nytte af.

Den endelige bidragsfordeling skal derfor fastsættes inden realisering af anlæg, uanset om anlægget realiseres samlet eller etapevis. Inden for den fastlagte bidragsfordelingsmodel træffer kommunen herefter årligt afgørelse om den konkrete opkrævning hos de bidragspligtige, jf. lovens § 13.

5.3 Organisering

Kommunalbestyrelsen bestemmer ligeledes om der skal oprettes et kystbeskyttelseslag til at varetage anlæg, vedligehold og drift. Oprettelsen af et lag er den sædvanlige organisering for kystbeskyttelse. Et lag har en række fordele med hensyn til at sikre medlemmerne klare rammer for finansiering, udgiftsfordeling og indflydelse. Det vil efter lagets oprettelse være dets opgave at varetage drift og vedligeholdelse af kystbeskyttelsen. Det er Kommunalbestyrelsens afgørelse, om et lag oprettes.

Oprettes laget, er det som en forening og vil udgøre en selvstændig juridisk enhed. Det påhviler kommunalbestyrelsen at udfærdige en vedtægt med regler for lagets styrelse og udførelsen af lagets opgaver, herunder vedligeholdelse af udførte anlæg og udførelse af løbende foranstaltninger, jf. kystbeskyttelseslovens § 7, stk. 2 og 3. Kommunalbestyrelsen skal tinglyse medlemspligt af laget på de ejendomme, der hører til laget, jf. kystbeskyttelseslovens § 8. Tidspunktet for eventuel oprettelse af et lag kan være før eller efter anlægsperioden, men skal ske, inden drift og vedligehold i lagets regi igangsættes.

Hvis ikke et lag oprettes, er det kommunen, der står for at varetage projektet i sin helhed, herunder varetagelse af drift og vedligeholdelse. Udgifterne til anlæg, drift og vedligeholdelse kan fortsat fordeles blandt de bidragspligtige ejere af fast ejendom, der opnår nytte af kystbeskyttelsesprojektet, jf. forudsætningsvist kystbeskyttelseslovens § 13, stk. 1, 1.

Som en del af den samlede kystbeskyttelse vil der være anlæg af både fast og beredskabsmæssig karakter. Af bemærkningerne til lovens § 1 (lovforslag nr. 37 af 28. oktober 1987) fremgår, at begrebet *'andre foranstaltninger'* efter loven dækker *'en række varierende tiltag',* herunder eksempelvis også, at beredskabsopgaver kan henlægges til et kystbeskyttelseslag på lige fod med løbende vedligehold af faste kystbeskyttelsesanlæg, og at der derfor også kan pålægges bidragspligt for de løbende omkostninger til at opretholde et sådant beredskab.

Kystbeskyttelsesanlæggets beredskab kan således varetages af et lag eller kommunen uanset finansieringskilde. Det kommunale redningsberedskab varetager opgaver i tilfælde af, at menneskeliv er i fare, og er dermed som udgangspunkt ikke ansvarlig for, at den samlende kystbeskyttelse er funktionsdygtig. Den ansvarlige er den juridiske enhed i form af enten det oprettede lag eller kommunen. Ved overladelse af beredskabsopgaver til et kystbeskyttelseslag skal det naturligvis overvejes, om beredskabet kan varetages forsvarligt af laget, i forhold til kommunens eget drift- og vedligeholdsmandskab under eksempelvis Teknik og Miljø forvaltningen. Uanset organisering skal der udarbejdes beredskabsprotokol, og vagtplan, træning, opbevaring af beredskabstiltag og reservedele m.v. skal fastlægges.

Hertil kommer, at der er en vis usikkerhed forbundet med den momsmæssige behandling af projektet. Kommunen vil som bygherre forventeligt kunne opnå momsrefusion, men det er os bekendt ikke endeligt afklaret, om anlægget kan overdrages til et lag, uden at overdragelsen anses for momspligtig.

Med et bynært projekt med så store almene og kulturelle beskyttelsesværdier som Den Blå Kant anbefales det at gå videre med en organisering, hvor kommunen er bygherre og står for etablering og drift enten i en periode, indtil de første etaper er på plads, eller permanent, så både drift, vedligeholdelse og bidragsopkrævning i hele anlæggets levetid sker i kommunens regi.

Hvis anlægsomkostningen finansieres af kommunen, skal det sikres, dels at kommunen har mulighed herfor efter budget- og lånereglerne, dels at kommunen lovligt må konvertere en sådan anlægsudgift til løbende bidragsbetalinger, som – udover drifts- og vedligeholdelse – således også kan anses for at dække renter og afdrag på kommunens finansiering.

Det anbefales således umiddelbart, at der arbejdes videre efter en plan, hvorefter det kommunale fællesprojekt De Blå Kant gennemføres uden oprettelse af et lag, således at Svendborg Kommune forestår såvel etablering som drift og vedligehold samt opkrævning af bidrag fra de bidragspligtige.

5.4 Etapevis realisering

Ved en etapevis realisering af den samlede stormflodsbeskyttelse for Svendborg by og havn, og hvis en funktionsdygtig sikring skal opretholdes, er det nødvendigt, at der etablerer interim beredskabsløsninger indtil områderne beskyttes permanent ved etablering af de endelige anlæg i de efterfølgende etaper.

Det synes forudsat, at den endelige bidragsfordeling fastsættes inden realisering af anlæg, uanset om anlægget etableres samlet eller etapevis, da bidragspligtige ejendomsejere skal have mulighed for at vurdere projektets fysiske udformning i lyset af det tilhørende forslag til bidragsfordeling. Dette stemmer også godt overens med det almindelige forvaltningsretlige principper for partshøring m.v., samt er en forudsætning for tilladelse til kystbeskyttelse.

Hvis alle etaper af et større kystbeskyttelsesprojekt således foreligger så konkret, at alle etaper kan opnå tilladelse efter lovens § 3, kan der samtidig træffes afgørelse om bidragspligt for det samlede projektet. For etaper, der ligger ud i fremtiden – og de ejendomsejere, der først opnår beskyttelse/fordel, når sådanne senere etaper udføres - kan der i bidragsfordelingsmodellen fastlægges bestemmelser om etapevis ikrafttræden af bidragspligten.

Hvis en sådan konkretisering af kystbeskyttelsesprojektet ikke foreligger ved igangsættelsen af første etape, må første etape behandles separat i forhold til godkendelse efter lovens § 3, og der bør fastsættes en bidragsfordelingsmodel alene for de ejendomme, der opnår beskyttelse og anden fordel i den forbindelse. Det hindrer ikke, at principperne for bidragsmodellen også anvendes for efterfølgende etaper.

Ved etapevis realisering kan store dele af den samlede økonomi være ukendt og/eller behæftet med en del usikkerhed. Det kan derfor være nødvendigt at forøge det frivillige kommunale 'særbidrag' og eventuelt andre bidrag fra fonde og investeringer i forbindelse med projektsynergier m.v., som skal dække 'mer'-omkostningerne, og dermed afværge, at bidragsopkrævningen fremstår ulige og/eller uproportionalt imellem bidragsydere og i forhold til den opnåede beskyttelse.

Inden for den fastlagte bidragsfordelingsmodel træffer kommunen herefter årligt afgørelse om den konkrete opkrævning hos de bidragspligtige, jf. lovens § 13. Kommunen kan i henhold til lovens § 11 efterfølgende beslutte at ændre såvel kystbeskyttelsesforanstaltningen som bidragsfordelingsmodellen, men det forudsætter, at der gennemføres en ny beslutningsproces efter lovens § 1a.

Der er således hjemmel i kystbeskyttelseslovens § 11 til at ændre en bidragsfordelingsmodel, hvilket kan blive relevant ved senere etaper, således det er muligt at pålægge ejendommene "i etape 1" et supplerende bidrag til dækning af udgifter ved de efterfølgende etaper i det omfang,

anlæggene i disse etaper også indebærer en bedre – herunder permanent sikring af ejendommene omfattet etape 1.

Bemærk dog, at uanset, om projektet gennemføres i etaper eller på en gang, vil det skulle vurderes, om der skulle være markante særligt omkostningstunge dele af projektet, som kun kommer dele af de beskyttede ejendomme til gode.

Skulle kystbeskyttelsen på et senere tidspunkt besluttes forhøjet, så vil et projekt skulle gennemføres efter kystbeskyttelseslovens § 1a og 3 og 9a, således at de ejendomme som opnår beskyttelse eller anden fordel af forhøjelsen pålægges (en forøget) bidragspligt.

Efter lovens § 11 kan den eksisterende udgiftsfordeling ændres, og der kan træffes beslutning om et samlet nyt projekt med en samlet ny vedtægt, jf. lovens § 7, der omfatter alle de ejendomme, der herefter opnår beskyttelse/fordel.

Hvis både den indledende kystbeskyttelse, til f.eks. designvandstand +2,35 m, og en forhøjelse, til f.eks. 3,0 m, skulle være konkretiseret, kan der allerede fra begyndelsen træffes beslutning om det samlede projekt, dog sådan at de ejendomme, som først opnår beskyttelse/fordel efter forhøjelsen, også først bliver bidragspligtige, når forhøjelsen udføres.

Som **eksempel** på en etapevis realisering og mulige dilemmaer som kan opstå, er følgende Kommunalt Fællesprojekt skitseret i 3 etaper. Oplistningen af problemstillinger er ikke udtømmende.

Et kommunalt fællesprojekt gennemføres i tre etaper: A, B og C.

Etape A: Ved gennemførelse af anlæg i etape A opnår alle etape A-ejendomme en beskyttelse, der overstiger det bidrag på kr. 10 p.a. pr. m^2 bygning, som er nødvendigt for at finansiere hele etape A. Disse ejendomme pålægges derfor bidrag med kr. 10 p.a. pr. m^2 bygning.

Etape B:Ved gennemførelse af anlæg i etape B opnår kun få ejendomme beskyttelse, og værdien heraf udgør ca. kr. 10 p.a. pr. m^2 bygning. Etape A-ejendommen opnår ingen supplerende beskyttelse. De beskyttede etape B-ejendomme pålægges et bidrag på kr. 10 p.a. pr. m^2 bygning, men det er ikke tilstrækkeligt til at finansiere etape B-anlægget. Forudsætningen for at gennemføre etape B er således, at Kommunalbestyrelsen vælger at give et ekstra bidrag.

Etape C: Ved gennemførelse af etape C opnår ejendomme i etape A og B en forøget beskyttelse i form af en mere robust sikring til en højere kote, så alle ejendommene i etape A, B og C herefter samlet har opnået en beskyttelse med en værdi svarende til kr. 15 p.a. pr. m^2 bygning. Alle ejendommene pålægges herefter et bidrag på i alt kr. 15 p.a. pr. m^2 bygning, hvilket er tilstrækkeligt til at finansiere etape C.

Alternativt eksempel - variation af etape C og muligheden for opkrævning af bidrag:
Hvis etape A- og B-ejendommene ikke opnår nogen forøget beskyttelse ved etape C-anlægget, kan der rejses tvivl om, hvorvidt etape A- og B-ejendommene kan pålægges at bidrage til etape C-anlægget, hvis det hverken giver beskyttelse eller en anden fordel, udover hvad der blev sikret ved etape A og B. I denne situation kunne det altså tænkes, at en samtidig udførelse af de tre etaper kunne give grundlag for et bidrag på kr. 15 p.a. pr. m^2 bygning for alle ejendomme, mens et anlæg opdelt i etaper og særskilte beslutninger om bidragsfordeling ikke med sikkerhed kan give grundlag for dette bidrag for etape A- og B-ejendommene.

Det bemærkes dog, at midlertidige beredskabsløsninger i etape A, som afløses af permanente, mere robuste sikringer i de efterfølgende etaper må anses for at forøge beskyttelsen betydeligt for etape A- ejendommene. Det bemærkes herved, at beslutning om at opretholde beredskab og om at give plads til midlertidige sikringsforanstaltninger i byrummet er op til Kommunalbestyrelsen, hvilket formentlig kan begrunde et tillægsbidrag ved færdiggørelse af etape C, når blot det sikres, at det endelige bidrag for etape A- og —ejendommene ikke kommer til at overstige værdien af den samlede beskyttelse af de tre etaper.

Vær opmærksom på følgende:

- En ejer fastsættes bidrag efter nytten, hvorfor bidraget ikke uproportionalt kan overstige de reelle omkostninger forbundet med skadevoldende oversvømmelse af ejendommen og eventuel anden opnået fordel.
- Finansiering fra andre bidragsydere kommer drypvis
- Synergiprojekter komplicerer identificering af omkostninger, som kan sættes i bidrag omfattet kystbeskyttelsesloven
- Tilladelse til kystbeskyttelse vurderes kun imødekommet ved endelig fastsat bidragsfordeling.
- Nybyggeri kan ændre antallet af bidragsydere.

5.5 Kommunale lånemuligheder - KommuneKredit

Den kommunale finansiering vil med stor sandsynlighed foregå ved at optage lån gennem KommuneKredit. KommuneKredit er et finansieringsselskab der er til for kommuner, regioner, kommunale interessentselskaber samt andre organisationer der løser offentlige problemer (fx institutioner og foreninger), og som kan få fuld garanti fra kommunen eller regionen. Lånets formål skal derfor være inde for gældende kommunalretlige og statsstøtteretlige rammer (KommuneKredit, 2021). KommuneKredit har tidligere ydet lån til kommuner ifm. kystbeskyttelse (fx til et digelag, hvor kommunen stillede garanti) og til forsyningers anlægsudgifter til klimatilpasning (fx separatkloakering) (KommuneKredit, 2020).

Låneforholdene kan typisk tilpasses låntagerens ønsker til løbetid, renteterminer og afdragsprofil inden for rammerne af lånebekendtgørelsen for henholdsvis kommuner[1] og regioner. KommuneKredit kan give omkostningseffektive lån (fx med en årlig rente omring 0,5-1%), da de ikke skal tjene penge på långivningen (KommuneKredit, 2021).

Som led i ansøgningen om lån, samt løbende igennem afdragsperioden, skal KommuneKredit afklare de reelle ejere af lånet, samt ejerskabsforhold. Definition af reel ejer, er afhængig af organisationstype. For Svendborg Kommune, gælder det at det er borgmesteren og kommunaldirektøren som er de reelle ejere.

[1] BEK nr. 1580 af 17/12/2013 om kommuners låntagning af meddelelse af garantier m.v.

SEJLSKIBSBROEN

6. DEN BLÅ KANT - STRATEGIER FOR STORMFLODSBESKYTTELSE

6.1 En unik havn med mange muligheder

Projektkonkurrencen i 2017 og 2018 var et omfattende arbejde, hvor en bred gruppe af fagfolk bidrog til, at Svendborg Kommune fik belyst potentialerne for klimatilpasning af Svendborg Havn. I konkurrenceforløbet blev mange forskellige muligheder og visioner fremstillet og vurderet. Det blev valgt at arbejde videre i en fase 2 med to udvalgte forslag: en ydre kant og en indre kant. Begge forslag rummede en grundlæggende stor forståelse for Svendborgs særlige byrum, havneliv og klimamæssige udfordringer.

Vinderforslaget '100% Svendborg' havde et grundlæggende ydre hovedgreb med porte som klimatilpasning af byen. Dommerkomiteen vurderede, at netop portene ville kunne skabe en *"fastholdelse af den direkte relation mellem by og havn"* og *"at denne løsning er den mest robuste og på sigt mest givende for byens udvikling og den igangværende og dynamiske brug af havnen".*

Da der knytter sig en omfattende økonomi til en stormflodsbeskyttelse baseret på porte, samt muligheder for synergier med kajrenovering, besejlingsforhold og risikoreduktion, er det valgt, at der i handleplanen også ses på en strategi, hvor der udelukkende sikres langs kanten af havnearealerne. Det er på skuldrene af det omfattende og visionære arbejde i dels projektkonkurrencen, DAPP-processen og efterfølgende forudsætningsanalyser, at handleplanen anbefaler to mulige strategier for videre realisering af en stormflodsbeskyttelse. Begge strategier er udarbejdet med det fortsatte fokus, at Den Blå Kant skal understøtte og sikre det gode liv på havnen.

Strategierne for stormflodsbeskyttelse rummer nye etapedelinger og muligheder for kombination. Dette muliggør, at endelige valg for en specifik stormflodsbeskyttelse og linjeføring kan tages i flere tempi. Hermed sikres rammen for at imødekomme behov for borgerinddragelse, politisk enighed, etapevis realisering og økonomisk overblik.

Fælles vej men flere forløb

Strategierne for stormflodsbeskyttelse tager afsæt i en fælles vej, hvor Træskibshavnen, Havnepladsen og Østre Kaj områderne stormflodsbeskyttes efter samme tilgang. Når 'enderne' møder Frederiksbro og Hudes Plads, deler strategierne sig: Strategi A linjeføringen går over vandet og Frederiksø, og Strategi B linjeføringen går langs Jessens Mole og Nordre Kaj. Hvad der senere benævnes etape 1-3, er således ens for de to strategier, imens etaperne 4 og 5 er forskellige. Afhængig af tempoet for udviklingen af Østre Kaj området vil en etape 6 komme på tale, som igen vil være ens for de to strategier. Der er således ikke krav om en her og nu beslutning om, hvilken overordnet vej der skal vælges, da der på et senere tidspunkt kan træffes afgørelse om, stormflodsbeskyttelsen skal integreres på indre eller ydre kanter af Nordre Havnebassin, se Figur 27 og Figur 28.

Figur 27: Stormflodsbeskyttelsesstrategi A - linjeføring

Figur 28: Stormflodsbeskyttelsesstrategi B - linjeføring

6.2 Etapevis realisering

Den overordnede strategi for implementering af stormflodsbeskyttelse, tager udgangspunkt i en etapevis realisering. Selvom den endelige beslutning om Svendborg by og havn's stormflodsbeskyttelsesstrategi ikke er truffet, kan dele af beskyttelsen anlægges uanset den manglede afklaring af, herunder realiseringen af en ydre (strategi A) eller indre (strategi B) stormflodsbeskyttelsesstrategi.

Med afsæt i resultaterne fra risikoanalysen anbefales en hurtig etablering af stormflodsbeskyttelsen for at reducere de skadevoldende omkostninger i forbindelse med højvande. Den etapevis realisering er illustreret på Figur 29 og Figur 30 og nærmere beskrevet under de enkelte stormflodsbeskyttelsesstrategier.

De indledende etaper tager samme afsæt (etape 1-3), men varierer efterfølgende afhængig af stormflodsbeskyttelsesstrategien (+4 etaper). Etaperne 1-3 er derfor ens for de to strategier, hvorefter valg om strategi skal tages. Ved etapedeling kræves interimsløsninger for at opnå beskyttelse af et samlet delområde. Interim beredskabsløsninger forventes ikke at blive en fast del af stormflodsbeskyttelsesstrategien, men skal kun oprettes indtil én eller flere etaper bygges, for at opnå en virksom beskyttelse.

Etape 1, benævnt 'Træskibshavnen' i de to strategier, er den anbefalede første etape. Det er grundet den store risiko og fare for menneskeliv, samt muligheden for at igangsætte indsatsen og etablere en velfungerende kystbeskyttelse for området. Projektet vil derudover give erfaringer med anlæg, drift og vedligehold af en stormflodsport inden endelig beslutning om yderligere

porte. Derudover vil projektet også tjene som inspiration og læring til andre byer, der overvejer portløsninger.

Etape 2, benævnt Frihavnen og Østre Kaj i de to strategier, anbefales som anden etape. Grundet områdets manglede afklaring af udvikling etableres kystbeskyttelsen som permanente anlæg omkring Frihavnen og af mere midlertidig karakter langs åbninger imellem bygningerne på Østre Kaj, med mindre sammentænkning af kajomdannelse kan fortages indenfor en kort tidshorisont. Hvis ikke, kommer den permanente stormflodsbeskyttelse af området først som en senere etape, nemlig etape 6, som da vil blive ens for de to strategier.

Etape 3, benævnt Honnørkajen og færgelejerne i de to strategier, er den anbefalede tredje etape. Her skal stormflodsbeskyttelsesindsatsen samtænkes med udviklingen af færgedriften og øvrige udviklingsprojekter.

Etape 2 og 3 kan realiseres samtidig eller i omvendt rækkefølge ud fra, hvad der giver bedst synergi med den øvrige udvikling i havneområdet.

Udførelsen af **etape 4+** afhænger af, hvilken strategi der vælges.

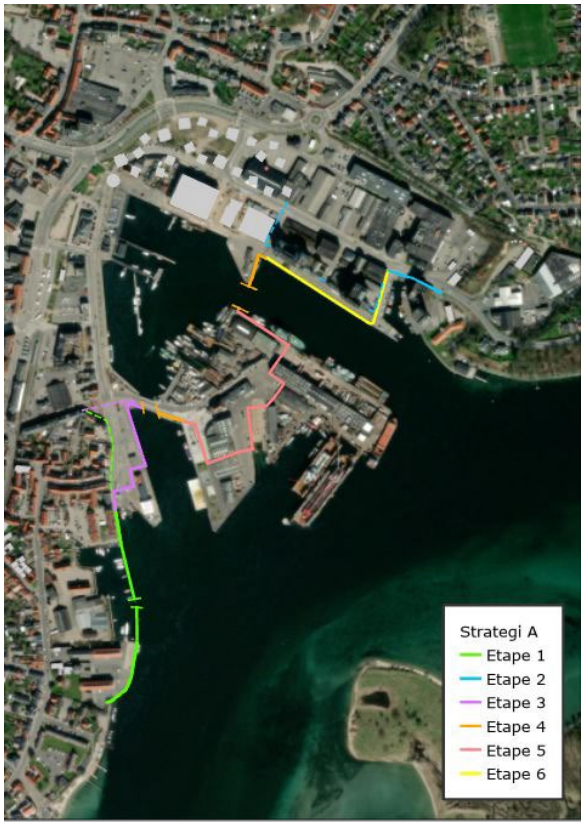
Ved **strategi A** er **etape 4a** anlæg af porte i åbningerne i Nordre Havn, benævnt Frederiksbro og Hudes Plads, og **etape 5a** er anlæg af den landfaste stormflodsbeskyttelse imellem de to porte og færdiggør dermed hele stormflodsbeskyttelsen til den valgte sikringskote.

Ved **strategi B** er **etape 4b** anlæg af stormflodsbeskyttelse langs Jessens Mole, og **etape 5b** omfatter at få lukket 'hullet' og dermed få byomdannelsen langs hele Nordre Kaj til at slutte til Jessens Mole og Østre Kaj, for at få en samlet virksom stormflodsbeskyttelse.

Det må forventes, at området omkring Østre Kaj skal genbesøges, når en større strategi for området er udviklet, og det dermed er afklaret, om beskyttelsen skal integreres i byomdannelse, eller om den skal være en del af en nyere kajrenovering. I så fald vil en **etape 6** opstå, hvilket for de to strategier er ens.

En omlægning af afløbssystemet vil godt kunne foretages med samme etapeinddeling som stormflodsbeskyttelsen. Svendborg Vand & Affald vil dog kunne vælge en anden etapevis udførelse af afløbssystemet, såfremt det giver bedre mening for deres samlede planlægning i hele oplandet.

Til trods for en etapevis realisering af stormflodsbeskyttelse, er det ikke muligt at alle nødvendige tiltag og modificeringer i relation til realisering også kan ske i samme tempi. Der kræves en større koordinering på tværs af infrastrukturejere og interessenter, samt en prioritering af budgetter.



Figur 29: Stormflodsbeskyttelsesstrategi A – mulig etapevis realisering

Figur 30: Stormflodsbeskyttelsesstrategi B– mulig etapevis realisering

6.3 Nyttedragere

Ved at realiserer en fælles stormflodsbeskyttelse opnår bygningsejere såvel som ledningsejere direkte beskyttelse og dermed fordel af indsatsen. Foruden en stor del private og kommunale ejendomsejere er der identificeret følgende ledningsejere:

- Afløbssystem (Svendborg Vand og Affald, Svendborg Kommune)
- Drikkevandsledninger (Svendborg Vand og Affald)
- Fjernvarme (Svendborg Fjernvarme)
- Gas (Evida)
- Internet – fiberkabler (Energi Fyn, GlobalConnect, SEF/Norlys, TDC, YouSee, Telia)
- El (Flow, Vores Elnet)
- Vejbelysning (Svendborg Vand og Affald)

Derudover forventes der ligeledes at være andre som opnår indirekte nytte også kaldet anden fordel af en fælles stormflodsbeskyttelse af Svendborg by og havn. Særligt ved skabelse af integrerede multifunktionelle byrum og bevarelse af kulturarvsmiljøer får kommunens borgere bredere set samt besøgende glæde.

6.4 Strategi A: En 'ydre' stormflodsbeskyttelse

Strategi A's hovedgreb baserer sig på stormflodsbeskyttelse med porte, og at beskyttelsen så vidt muligt placeres i yderkant af havnearealerne. Dette er en konkret viderebearbejdning af projektkonkurrencens vinderforslag med placering af to porte beskyttende Nordre Havn og Søndre Havn og en port ved 'Træskibshavnen'. Mellem portene beskyttes med en linjeføring på land langs kajkant og mellem byrum.

Der er i strategien arbejdet videre med tre stormflodsporte, dog med en tilpasning af placering:

- Ved indsejling til 'Træskibshavnen' nær Søndre Havn
- Under broen ved Frederiksø - Frederiksbroen
- Mellem Hudes Plads og Frederiksø – Indsejlingen til Nordre Havn

Med placering af portklap eller skot under broen til Frederiksø adskiller strategien sig fra 'vinderforslaget', der havde porten placeret ved indsejling til Søndre Havn. Forudsætningsanalyserne tydeliggjorde imidlertid, at en portplacering ved indsejling til bassinet ville forudsætte uforholdsmæssig stor åbningsbredde, hvis eksisterende havneaktiviteter skulle bibeholdes. Samtidig er påsejlingsfaren af en port i indsejlingen stor og muligheden for samtænkning med nye færgelejer begrænset. Ved at rykke porten ind under broen er der bevaret mange af de oprindelige kvaliteter, en reduceret økonomi og yderligere opnået andre væsentlige fordele.

Samlet set gælder for løsningen at:

- Bymidten og det indre havneareal kan bevares og udvikles uafhængigt af klimatilpasning i forhold til stormflod. En klimatilpasning er dog forsat nødvendig i forhold til den generelle havspejlstigning.
- Alle havneaktiviteter kan fortsætte uændret.
- Løsningen sikrer, at havnebassin kan om dannes til opstuvningsbassin for vand fra bagland.
- Anlægsudgifter til stormflodsbeskyttelsen er reduceret ift. vinderforslaget, bl.a. grundet ændrede portplaceringer.
- En ændret etapedeling muliggøres, så der bliver færre end ift. vinderforslaget.

6.4.1 Strategi A: Forslag til linjeføring og typer af stormflodsbeskyttelse

På oversigtskortet (Figur 31) fremgår placering af stormflodsbeskyttelsesstrategiens linjeføring. Stormflodsbeskyttelsen opbygges af porte, og åbningsbredder er fastlåst på basis af forudsætningsanalyserne i kapitel 3. Der er i strategien flere områder, hvor det vil være muligt at variere og tilpasse linjeføringen i forhold til det foreslåede.

Strategien arbejder med en linjeføring, der med afsæt i vinderforslag har flg. stormflodsbeskyttelsesløsninger hen over vandet:

- *Port – vertikalt sidehængslet ved 'Træskibshavnen'*
- *Portklapper – under Frederiksbro*
- *Port som enten vippeport, skydeport eller sidehængslet port imellem Hudes Plads og Frederiksø i Østre Havn*

På land skal beskyttelsen i høj grad skræddersys af mange delstrækninger med flere forskellige typer løsninger. Disse løsninger spænder over:

- *Terrænhævninger*
- *Hævet broanlæg, promenadedæk og infrastruktur*
- *Lukninger i form af skot, klap eller skydeporte*
- *Kantløsninger langs havnebassiner - hævet kajkant inkl. bolværk og til dels terræn*
- *Højvandsmur, der kan understøtte bylivsaktivtitet eller disponering for nyt byggeri og/eller pladsdannelser*
- *Byrumsinventar, eksempelvis siddetrapper, plantebede, plintbænke*
- *Kortere stræk med højvandsmur.*
- *Beredskabsløsninger til at lukke åbninger til passage af gående, biler etc. igennem den sammenhængende stormflodsbeskyttelse.*

Linjeføringen er vist med den forventede varierende typologi langs stormflodsbeskyttelsen på Figur 31-Figur 32. Grundet de mangeartede områder og funktioner igennem havnen, vil hyppige skift i typologi forekomme.

Figur 31: Strategi A – typologier langs linjeføring

Linjeføringens forløb, mulige eksempler på løsninger samt etapedelingen er visualiseret i Figur 32.

Figur 32: Eksemplificeringer af mulige løsninger langs strategi A

Stormflodsbeskyttelse
Strategiens hovedgreb er en ydre beskyttelsesløsning mod stormflod. Med portene placeret ved indsejling eller åbning til havnebassinerne friholdes store dele af det indre havneareal for etablering af en stormflodsbeskyttelse. Portene vil kunne udformes med vartegnskvalitet og blive et nyt særkende for Svendborg Havn. Portene giver ydermere mulighed for, at store dele af Svendborg Havn kan bevare sit nuværende udtryk og samtidigt være beskyttet. Det gælder dog, at portene ikke løser klimaudfordringen i forhold til den generelle havspejlsstigning. Derfor vil kajarealer og broanlæg på havnen på sigt alligevel skulle forhøjes for fortsat at kunne anvendes til skibe, hvis ikke at portene på sigt skal lukkes meget ofte.

Forudsætningsanalyserne med bl.a. vurdering af nuværende besejling og porttypologier har været bestemmende for placering, åbningsbredde og valg af porttype. Der kan beskyttes med vippeport, skydeport eller sidehængslede porte i åbningen mellem Nordre Havn og Østre Havn, mens der ved 'Træskibshavnen' foreslås mere traditionelle vertikale og sidehængslede porte. En yderligere kortlægning af porttyper, for at finde den bedst egnede porttype ved Hudes Plads i overgangen mellem Nordre Havn og Østre Havn, kan først gennemføres, når mere dybdegående forundersøgelser af bl.a. geotekniske forhold, sedimentspredningsanalyser, vandkvalitetsanalyser, miljøvurderinger, design m.v. er udført.

Lukkeniveauer for porte og klapper er afhængige af kajkanthøjden i det bagved beskyttede område. På nuværende tidspunkt vil lukkeniveauerne ikke være det samme for de tre porte. Vandspejlet i Nordre Havn kan stå højre end i 'Træskibshavnen', da bygningerne ved 'Træskibshavnen' ligger i et lavere niveau.

Det er et særligt opmærksomhedspunkt, at porte som stormflodsbeskyttelse i denne størrelse er nye i danske farvande. Der er ligeledes på globalt plan begrænsede erfaringer med anlæggene som stormflodsbeskyttelsesanlæg. Dette betyder, at det ved valg af portanlæg er afgørende, at der tilknyttes specialiseret personale og udarbejdes protokoller for drift, vedligehold, lukkeprocedure ved varsling samt løbende udføres test af anlæggene.

Det gør sig også gældende, at såfremt portmekanismen skulle svigte, er Svendborg ikke stormflodsbeskyttet, og det vil være vanskeligt at mobilisere tilstrækkelig beredskabsmæssige løsninger. En anden mulig ulempe ved portene som stormflodsbeskyttelse er, at det ikke er muligt at forhøje selve portanlæggene på sigt. I forhold til arbejdet med klimaforandringer har der til stadighed vist sig en dynamisk udvikling i udfordringen – i størrelse og hastighed. Med portene skal der vælges en sikringshøjde, der imødeser den værst tænkelige udvikling forud for dimensionering.

Portanlæggene vil på visse punkter have betydning for havnerelateret aktivitet. Portene konstrueres med landfæster, der holder anlæggene. Disse landfæster vil optage kajareal og vil derfor i et mindre omfang begrænse erhvervshavnen, da det ikke anbefales at have skibe, som lægger til op ad konstruktionerne. På sigt er det forventeligt, at portene vil skulle lukkes med en relativ stor hyppighed. Havnebassinet vil dermed opleves anderledes med en gæstehavn beskyttet bag de ydre portanlæg. Hvis man vælger skydeporte ved Hudes Plads, kan dette måske anlægges med en bredde, der muliggør færdsel på 'portkronen', sådan at anlægget kan understøtte en ny promenadeforbindelse på tværs af havnen. Dette er set i flere nordfranske havne, hvor portanlæg løser udfordring med store tidevandsforskelle og indgår som attraktive promenade og opholdssteder. Dette vil dog skulle vurderes i sammenhæng med besejling af det indre havnebassin: Nordre Havn, da en ny forbindelse vil lukke den 'ubegrænsede' adgang til Nordre Havn og der skulle åbnes op for skibenes besejling. Kombinationen mellem højvandsbeskyttelse og offentlig promena-

deforbindelse er dog helt oplagt ved 'Træskibshavnen', da det her er private bådpladser i et mindre havnebassin. Derfor må det formodes, at bådejere kan undervises i selv at betjene åbning og lukning af gangbroen.

Stormflodsporte stiller krav om skærpet tilsyn og et højt vedligeholdelsesniveau grundet anlæggets afgørende funktion og risiko ved svigt. Anlægget er samtidig et bevægeligt mekanisk anlæg placeret i et udsat miljø med begrænset tilgængelighed. Tilgængeligheden kan tilvejebringes ved f.eks. aflukket kammer til skydeporten eller underjordisk ingeniørgang ved en vippeport. Disse løsninger kan medføre øgede omkostninger til anlæg, men kan have stor betydning for driftsomkostningen og anlæggets pålidelighed.

Der er i forbindelse med projektet gennemført en vurdering af omkostningsniveauet til vedligeholdelse af disse større portsystemer. Der er taget udgangspunkt i omkostninger ved etablerede portsystemer i Schleswig-Holstein, herunder større anlæg ved Geifswald, Ems og Eider. Det er fundet, at vedligeholdelsesarbejder udgør gennemsnitlig 2 % af anlægssummen pr. år. Denne omkostning er ekskl. den almindelig drift (personel, el oa). Vedligeholdelsesarbejder vil påvirke muligheden for sejlads i perioder.

Forhold til erhverv- og gæstehavnen
På Frederiksø foreslås linjeføringen anbragt langs eksisterende bygninger integreret i byggeri og med permanent højvandsmur på delstrækninger. En total ombygning af kajen må forventes at vil ske omkring portlokaliteten ved både Hudes Plads og Frederikskaj.

Dele af Frederiksø foreslås hermed lagt udenfor den fælles beskyttelse. Dette sker med henblik på, at erhvervshavnens aktører skal have mulighed for at vælge egen sikring tilpasset deres aktiviteter og i videst muligt omfang ikke begrænses i kajareal og tilgængelighed. Hermed stilles erhvervshavnen på linje med den øvrige by med muligheden for at kunne udvikle sig friholdt af en stormflodsbeskyttelse. Konsekvensen er dog, at dele af Frederiksø i perioder med stormflod kan være oversvømmet.

Gæstehavnene vil have minimal påvirkning af stormflodsløsningen. Sejlads vil selvfølgelig være påvirket, når portene er lukkede, men det forudsættes, at der ikke er ønske om at sejle ved stormflod. Størst påvirkning bliver det for 'Træskibshavnens' fastliggere og gæster.

Forhold til byliv og byudvikling
Stormflodsbeskyttelsen kan flere steder kobles direkte til igangværende eller planlagte byudviklingsinitiativer, hvor det kan understøtte udvikling. Langs 'Træskibshavnen', Honnørkajen og Udrustningskajen skabes plads til nye opholdssteder langs havnefronten. Strategien baserer sig i høj grad på Vinderforslagets udpegning af sammenhængende promenadeforløb, der skal koble eksisterende og nye sociale tyngdepunkter og skabe rum for mulighed for aktivitetsområder langs havnefronten.

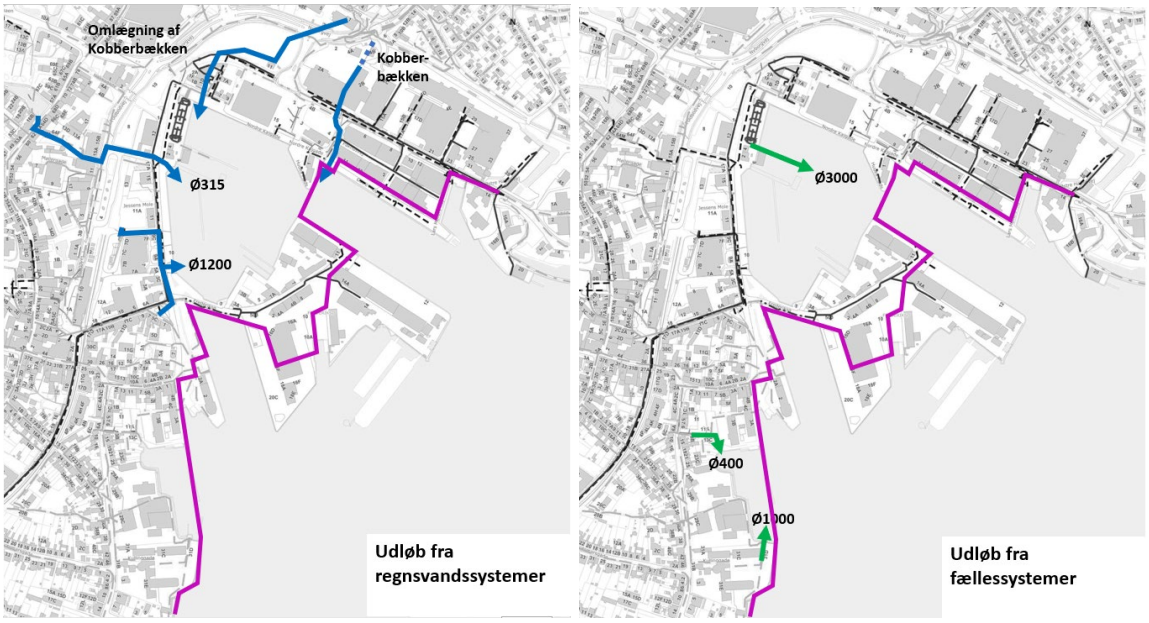
Uagtet om stormflodsbeskyttelsen på land føres som terrænhævning, fast mur eller byrums inventar vil den skulle have åbninger, der imødekommer infrastruktur såvel som visuelle sigtelinjer mm. fra bagvedliggende kulturmiljøer og byrum.

Der skal igennem beskyttelseslinjen være flere åbninger. Åbninger sikres med mobile beredskabsløsninger, uanset om de er fast monteret på konstruktionen eller er af midlertidig karakter. Særligt på den permanente del af stormflodsbeskyttelsen forventes mindre åbninger, som lukkes med døre, porte og planker, hvorimod interimsløsninger kan være med watertubes.

Forhold til regnvandshåndtering og projekt for åbning af Kobberbækken

Linjeføringen for stormflodsbeskyttelsen giver mulighed for, at vandstanden i Nordre Havnebassin og 'Træskibshavnen' kan reguleres ved lukning af portene. Ved etablering af et pumpesystem, der flytter vand fra havnebassinerne og ud til Sundet, kan der skabes en aktiv styring af vandstanden i disse bassiner. Denne regulering kan sikre at eksisterende udløb, jf. Figur 33, fungerer effektivt ved samtidigt kraftigt regnvejr og stormflod. Det nuværende afløbssystem er indrettet med en dimensionsgivende vandstand med udløb i kote +0,5 m. For at opretholde naturligt gravitationsgivende afstrømning eller undgåelse af havvand trænger ind i afløbssystemet vil lukning af portene være nødvendig på et tidligere tidspunkt end nødvendigt ift. oversvømmelse af arealer og bygninger. Højvandslukker og evt. pumpesystem skal derfor etableres for fortsat udledning af regnvand under højvande og stigende havspejl.

Der foregår planlægning af omlægning af Kobberbækken, hvor den som led i klimatilpasningen åbnes op og indbygges i byudvikling af Godsbanearealet. Denne forandring sikrer, at afløb fra Kobberbækken er tilstrækkelig under fremtidige højvandshændelser, men der vil dog samtidig være behov for en større pumpe til at løfte vandet over stormflodsbeskyttelsen. Alternativt skal Kobberbækken fortsat have sit udløb i den nuværende placering, hvilket dog så tilsvarende vil kræve etablering af højvandslukke og pumpestation på det nuværende udløb.



Figur 33: Forhold ved Strategi A i Nordre Havnebassin og 'Træskibshavnen'. Signatur: blå = regnvandsløb, grøn=fællessystem

Ved 'Træskibshavnen' kan eksisterende regnvandsudløb (som muligvis er tilkoblet fællessystemet) samt overløb fra fællessystemer tilsvarende bibeholdes ved aktiv styring af vandstanden i havnebassinet. Vandkvaliteten kan dog blive påvirket negativt af den begrænsede vandudskiftning i havnebassinet efter etablering af dæmning og port. Forholdene kan måske medføre, at udløbene skal flyttes til Sundet. Tilsvarende bør der være opmærksomhed på vandudskiftning i Nordre Havnebassin pga. overløbet fra opsamlingsbassinet ved Havneparken.

Forhold til færgedrift og infrastruktur på havneområdet
Stormflodsbeskyttelsen skal indtænkes i omdannelse af færgedriften, herunder placering af ladestationer for færger, opmarcharealer og bedre trafikafvikling langs havnefronten og evt. omplacering af færgelejer.

Strategien foreslår, at man med tilbagetrækning af porten til Frederiksbro overvejer behovet og mulighederne for udvidelser af landarealet langs honnørkajen og omdanner denne del til et opmarchareal og evt. nyt færgeleje for Ærøfærgen og/eller Højestenefærgen.

Strategien vil altså lukke for besejling af Nordre Havn og 'Træskibshavnen' når portene og portklapper/skot er lukket ved varsling, højvande eller udvalgte vedligeholdsopgaver. Besejling af færgelejerne forbliver muligt i det omfang færgerne sejler eller har behov for at ligge til kaj, dog forventes færgedriften at påvirkes grundet den manglende passagemulighed igennem stormflodsbeskyttelsen samt når sikkerheden ikke tillader sejlads.

6.4.2 Strategi A: Sikringskoter
Sikringskoten varierer som tidligere nævnt afhængig af konstruktionstype og bølgepåvirkning. Det anbefales, at de 'ydre' stormflodsbeskyttelseskonstruktioner, hvor bølgepåvirkning forekommer, korrigeres for et bølgetillæg under storm. De mere tilbagetrukne anlæg anbefales ligeledes korrigeret i relation til vind af stormstyrke. Der differentieres desuden i relation til befolkningstæthed. De 'ydre' konstruktioner, hvor bølgepåvirkningen er stor, og hvor større beboelsesmasse forekommer, omfatter området bag 'Træskibshavnen' og op imod Havnepladsen. Her korrigeres med et højt bølgetillæg. Østre Kaj har ligeledes en udsat placering, men her vurderes ikke at være større fare for menneskeliv, og dermed anbefales en mindre korrigering for bølgetillæg. Skulle det i fremtiden vise sig at arealet bliver udlagt til et større beboelsesområde, skal disse forhold revurderes. Den tilbagetrukket placering af stormflodsbeskyttelsen hen over Frederiksø samt bag Maritimt Center, gør områderne mindre udsat, og giver derfor et mindre bølgetillæg. Grundet omkostningerne forbundet med portene, korrigeres sikringskoten for disse med et højt bølgetillæg (markeret med *). Se Figur 34 for de anslået sikringskoter langs linjeføringen.

Figur 34: Anslået sikringskoter langs strategi A's linjeføring (* portene vil anlægges til en højere kote)

6.4.3 Strategi A: Anlægsøkonomi

Projektets udformning er på nuværende projektstade på et strategisk niveau. Der er ikke besluttet konkrete løsninger til de enkelte delstrækninger for strategi A. Det vurderes, at omkostninger til de forskellige delstrækninger er meget afhængige af fremtidige valg. I stedet er der foretaget et estimat af anlægsprisen på en basis stormflodsbeskyttelse til kote 2,35 m DVR90. Herved menes den lavest mulig omkostning til etablering af en permanent stormflodsbeskyttelse i det foreslåede tracé, som afskærmer bagland mod stormflod. Basisestimatet er underopdelt på forskellige deletaper, jf. etapeopdelingen i afsnit 6.2. Estimatet er udført med henblik på at sammenligne de to strategier: A og B. Priser er i kr. ekskl. moms svarende til prisniveau er for 2022.

Omkostningsniveauet for forhold udover basisprisen er ikke beregnet eller kendt, og der er i stedet anvendt en kategorisering, som indikerer, hvor betydningsfuldt forskellige forhold vil være for den samlede økonomi. Ud fra denne metode er der fastlagt en projektbasispris, som beskriver den samlede anlægsøkonomi samt en vurdering af omkostningerne til beredskab samt drift & vedligeholdelse. Stormflodsbeskyttelse påvirker også omkringstående bygninger og anlæg og omkostninger hertil er beskrevet ved en økonomisk perspektivering. Perspektiveringen er suppleret med eksempler på relevante forhold.

Strategi A: Basispris for stormflodsbeskyttelse

I basis estimatet indgår følgende tekniske elementer:

- Højvandsmur af beton i terræn
- Fornyelse af kajanlæg (Kaj foran det gule pakhus, dele af Frederikskaj, Østre Kaj)
- Mobile sikringsløsninger på land
- Spærredæmning på/i vand (molekonstruktion ved 'Træskibshavnen' og ved adgang til Nordre Havn)
- Portsystem på vand for skibsadgang ('Træskibshavnen', Nordre Havn)
- Portsystem på vand uden skibsadgang (Frederiksbro)

Priserne på ovenstående elementer er baseret på erfaringspriser og skønnede dimensioner af de fysiske elementer til kote +2,35 m. For portsystemer på vand er der anvendt erfaringer fra stormflodsbeskyttelse, jf. ((Kluijver, Dols, Jonkman, & Mooyaart, 2019). Det bemærkes, at omkostninger til sikring omkring 'Træskibshavnen' er baseret på projektforslaget, jf. (WSP, 2022)

Der er ikke medtaget økonomi til bearbejdning af stormflodsbeskyttelsen i form af byrumsinventar, tilpasning af løsning i havnerummet, beplantning, belysning og lign, i basisprisen. Erfaringsmæssig kan disse forhold være både væsentligt fordyrende og meget varierende. Basispriserne for stormflodsbeskyttelse er listet i Tabel 7. Beløbet er ekskl. omkostninger til arbejdsplads, rådgivning, forundersøgelse og uforudsete omkostninger.

Tabel 7: Basispris ex. moms [mio. kr.] for stormflodsbeskyttelse, strategi A

	BASISPRIS
Etape 1 – Træskibshavnen	33 mio. kr.
Etape 2 – Fiskerihavnen	2 mio. kr.
Etape 3 – Havnepladsen og Honnørkajen	4 mio. kr.
Etape 4a – Beskyttelse med portsystemer over vandet	60 mio. kr.
Etape 5a - Frederiksø	13 mio. kr.
Etape 6 - Østre Kaj	19 mio. kr.
SUM	**131 mio. kr.**

Til at beskrive forventningerne til omkostningerne forbundet med implementering af stormflodbeskyttelse i bymiljøet (benævnt projektbasispris) samt de løbende omkostninger (beredskab, drift og vedligeholdelse) er der gennemført en skønsmæssig vurdering af omkostningsniveauet. Metoden er valgt pga. det begrænsede detaljeringsniveau for de enkelte løsninger. Der er anvendt følgende kategorisering: 0-25 mio. kr.; 25-75 mio. kr.; 75-125 mio. kr.; 125-200 mio. kr. 200-400 mio. kr. Resultat fremgår af Tabel 8 og Tabel 9.

Projektbasisprisen inkluderer omkostninger til arbejdsplads, rådgivning, forundersøgelse og uforudsete omkostninger og således et udtryk for de forventede anlægsomkostninger.

Tabel 8: Projektbasispris ex. moms [mio. kr.] for stormflodsbeskyttelse, strategi A

	PROJEKTBASISPRIS
Basispris for stormflodsbeskyttelse	131 mio. kr.
Æstetik og funktionel indpasning	75-125 mio. kr.
Arealtilpasning til hævdede kajkanter	0-25 mio. kr.
Forberedelse til fremtidig ombygning/tilpasning	125-200 mio. kr.
Ombygning af forsyningsanlæg i direkte tilknytning	0-25 mio. kr.
Interimsløsninger pga. etapeopdeling	0-25 mio. kr.
Tilpasning af afløbssystem	25-75 mio. kr.
DELSUM *	**356-606 mio. kr.**
Arbejdsplads (7% af *)	25-42 mio. kr.
Forundersøgelser og rådgivning (10% af *)	36-61 mio. kr.
Diverse uforudsete udgifter (30% af *)	107-182 mio. kr.
TOTALSUM	**524-891 mio. kr.**
AFRUNDET TOTALSUM	**500-900 mio. kr.**

Tabel 9: Forventede omkostninger i relation til omkostninger over anlægget levetid (ca. 50-75 år), strategi A.

Beredskab	25-75 mio. kr.
Drift og vedligeholdelse	125-200 mio. kr.

Ovenstående afviger fra estimatet i Vinderforslaget fra 2018. Forskellen skal findes i flere forskellige forhold, herunder:

- Portene er reduceret i dimensioner og funktion inkl. ny portplacering (Frederiksbro i stedet for Søndre Havn)
- Omkostninger indeholder ikke anlæg til regnvandshåndtering.

Strategi A: Perspektivering af anlægsøkonomi

I det følgende er en række øvrige forhold omkring stormflodsbeskyttelse evalueret med samme skønsmæssige kategorisering. De udvalgte forhold omhandler forhold som ikke vedrører selve stormflodsbeskyttelsen med i stedet omkostninger som pålægges andre forhold, f.eks. regnvandssystem, bygninger mv. Der indgår ikke tab/gevinster ved den ændrede funktionsmæssig anvendelse af området, f.eks. påvirkning af erhvervslivet. Det vurderes, at disse forhold er ukendte, og det er umuligt at afgøre, hvorvidt de ændringer, som en stormflodsbeskyttelse medfører, påvirker områdets anvendelse ift. økonomisk størrelsesorden.

Tabel 10: Forhold som påvirker totaløkonomien med økonomisk vægtning af strategi A.

Forhold	Betydning	Aktiviteter
Forhold omkring stormflodssystem		
Bygninger	0-25 mio.	Adgangsforhold til nærtstående eksisterende bygninger i områder med terrænhævning skal forbedres, herunder det gule Pakhus og Østrekaj.
Kajanlæg	125-200 mio.	Renovering af kajanlæg på strækninger vil være nødvendig inden 2100. Følgende er renoveret som en del af stormflodssystem, øvrige udestår: • Kaj foran det Gule pakhus • Ca. 100 m af Frederikskaj • Østrekaj.
Ubeskyttede områder		
Skader på ubeskyttede områder	25-75 mio.	Del af Frederiksø er ubeskyttet og kræver selvstændigt system, hvis det skal opretholdes, f.eks. ved ændring af kajer og terræn eller punktsikring. Eksisterende byggeri ved Havnepladsen og Nordrekaj skal punktsikres. Omkostninger er ukendte, og konsekvens er skønnet på residual risiko på 0,7 mio./år over 100 år, jf. 6.4.4. Beløbet kan reduceres, hvis det er billigere at udføre en sikring.

6.4.4 Strategi A: Risikoreduktion - Hvem beskyttes?

Med en stormflodsbeskyttelse af ejendomme op til en højvandshændelse på +2,35 m DVR90, beskyttes følgende ejendomme ved realisering af strategi A, se Figur 35.

Figur 35: Identificerede ejendomme som opnår direkte nytte af strategi A's stormflodsbeskyttelse

Strategi A beskytter således mindst følgende antal værdier, se Tabel 11. Foruden de opgjorte direkte nyttedragere, vil der være en del afledte.

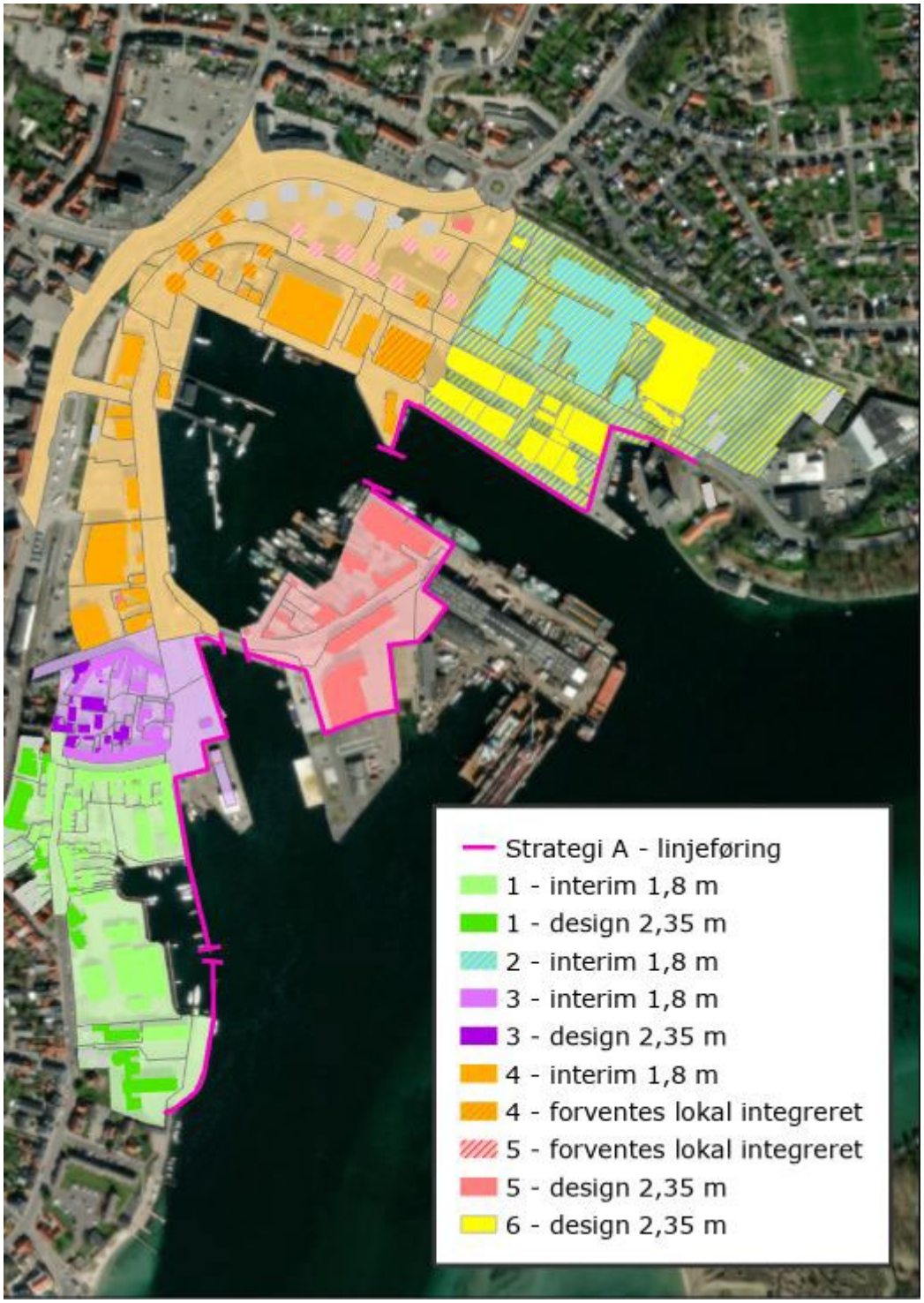
Tabel 11: Opgørelse over identificerede nyttedragere ved realisering af strategi A på baggrund af BBR-oplysninger.

Antal bygninger	212
Antal bygningsenheder	316
Bebygget areal, kvm i grundplan	57.830 m^2
Bygningstørrelse, kvm bebyggelse	103.901 m^2
Antal matrikler	152
Antal kvm matrikler	396.672 m^2
Vej og parkeringsareal, kvm	144.491 m^2
Forsyningsledning, længde * Inkl. Antal kabelskabe	88.174 m + 468

**Angiver kun ledninger med samme udbredelse som oversvømmelsesudbredelsen. En højvandshændelse, kan således godt generer genér og ødelæggelser, på grund af opstuvningsproblemer m.v. udenfor de direkte oversvømmet områder.*

Ud fra den tidligere udarbejdede risikoanalyse (LNH Water, 2022), forventes en risikoreduktion beregnet i nutidsværdi over 100 år fra 17 mio./kr. årligt til 0,7 mio./kr., ved en snarlig realisering.

Grundet en etapevis realisering vil risikoreduktionen ske trinvist, hvilket også betyder at nyttedragerne sættes i bidrag etapevis. Differentieringen imellem løsninger til de besluttede sikringskoter og de nødvendige interimsløsninger for at opnå en funktionel beskyttelse etapevis, bidrager til kompleksiteten i forbindelse med identificering af bidragsydere og dermed udarbejdelse af bidragsfordelingen. Alle ejendomme indenfor en etape realisering, vil således ikke opnå sikring til design vandstandshændelsen, se Figur 36.



Figur 36: Ejendomme som opnår stormflodsbeskyttelse under etapevis realisering af strategi A

6.4.5 Strategi A: Bidragsfordeling

Stormflodsbeskyttelsen beskytter ejendomme op til en højvandshændelse på +2,35 m DVR90. En nærmere detaljering og grundig opgørelse skal udarbejdes, når man har fastlagt den endelige linjeføring samt sikringskote.

En foreløbig opgørelse viser fordelingen imellem antal private og offentlig bidragsydere, se Tabel 12.

Tabel 12: Forventede fordeling for strategi A imellem ejere af bygninger, jf. BBR-oplysninger.

Bygninger ejet af private *BBR-ejerforhold: 10: privatpersoner eller interessentskab, 20: Almennyttig boligselskab, 30: Aktieselskaber, anpartsselskaber eller andet selskab, 40: Forening eller selvejende institution)*	73%
Bygninger ejet af offentlige institutioner *BBR-ejerforhold: 50: kommune, 80: Staten*	27%

Med udgangspunkt i en tænkt principfordeling, er et regneeksempel på bidragsfordeling til stormflodsbeskyttelse eksemplificeret. Ejere af fast ejendom, er i første omgang identificeret som værende ejere af private boliger og erhverv samt kommunale ejendomme. Derudover er ledningsejere samt kommunale vejarealer identificeret. De fordelte omkostninger tager udgangspunkt i basisprisen for stormflodsbeskyttelse ved strategi A. Det bemærkes at der forventes at komme yderligere udgifter i forbindelse med implementeringen, og de totale omkostninger er på nuværende stadie i størrelsesorden 500-900 mio. kr. jf. Strategi A: Perspektivering af anlægsøkonomi.

- Hvis investeringen for stormflodsbeskyttelse er +131 mio. kr.
- Hvis ejere af fast ejendom, herunder private boligejere, erhvervsdrivende og kommunale ejendomme, tillægges et samlet bidrag for 31,7 mio. kr.
- Hvis ledningsejere tillægges et samlet bidrag for 22,0 mio. kr.
- Hvis kommunale vejarealer tillægges bidrag for 31,7 mio. kr.
- Herudover er der +45,4 mio. kr. som skal fordeles afhængig af anlægssum. Et beløb som skal findes andet stedets eller fordeles yderligere iblandt dem der opnår nytte. Det er således forventeligt at Svendborg Kommune og /eller fonde er nødsaget til at dække store dele af differencen og dermed give et ekstra frivilligt bidrag.

Med udgangspunkt i ovenstående og afsæt i estimerede enhedspriser for kvm bebyggelse, løbende meter ledning etc. er følgende bidragssatser, et resultat af tænkte principfordeling, se Tabel 13:

Tabel 13: Strategi A – regneeksempel udefra tænkt principfordeling

	Totalt	Månedligt*
100 m² bygning i grundplan på 100 m² grund	83.000 kr.	277 kr.
100 m² bygning i grundplan på 300 m² grund	83.000 kr.	277 kr.
200 m² bygning, fordelt på 2 etager, med et grundplan 100 m², på 300 m² grund	83.000 kr.	277 kr.
200 m² bygning i grundplan på 300 m² grund	114.000 kr.	380 kr.
100 m vej	50.000 kr.	167 kr.
100 m forsyningsledning	25.000 kr.	83 kr.

* Ikke korrigeret for finansielle udgifter eller rentepåligning. Bidragssats forventes derfor større.

Svendborg Kommune forventes, på baggrund af denne principfordeling, som ejere at stå for minimum 34,1 mio. kr. af de samlede omkostninger for stormflodsbeskyttelse.

6.5 Strategi B: En 'indre' stormflodsbeskyttelse

Strategi B's hovedgreb baserer sig på en stormflodsbeskyttelse langs kajkanten. Dette er et alternativ til strategi A, som er en viderebearbejdning af projektkonkurrencens vinderforslag. Hermed åbnes for en alternativ løsning, der i højere grad kan integreres med byudvikling langs kajen ved Nordre Kaj og Havnepladsen. Der er dog i strategien fortsat arbejdet med en stormflodsport ved indsejling til Træskibshavnen nær Søndre Havn.

Den alternative strategi udspringer af forudsætningsanalyserne, der tydeliggjorde problemstillinger ved større portanlæg. Dette vedrører i særlig grad anlægsøkonomi, drift og vedligehold, besejlingsforhold og mulighederne for at realisere stormflodsbeskyttelse i takt med havnens udvikling. Derfor er det besluttet sideløbende at arbejde med et alternativ.

Ved linjeføringen for strategi B er der lagt vægt på i videst muligt omfang forsat at bevare og beskytte eksisterende kvaliteter og aktiviteter langs havnefronten. Der opnås desuden følgende væsentlige fordele:

- Anlægsudgifter til stormflodsbeskyttelse er reduceret
- En ændret etapedeling muliggøres, hvor beskyttelses realiseres i mindre dele og med mulighed for at blive forhøjet i fremtiden.
- Større samtænkning og koordinering med udviklingsprojekter.

6.5.1 Strategi B: Forslag til linjeføring og typer af stormflodsbeskyttelse

På oversigtskortet (Figur 37) fremgår linjeføringen i strategi B. Linjeføringen er forslået på baggrund af forudsætningsanalysen, men der er i strategien flere områder, hvor det vil være muligt at variere og tilpasse linjeføringen i forhold til den foreslåede linje, således den indpasses bedst muligt. Det er f.eks. muligt at etablere beskyttelsen i selv kajkanten, som højvandsmur længere inde på kajarealet eller tilbagetrukket som en integreret del af bygningsfacaden. Det er et valg som skal træffes ved realisering af de enkelte delstrækninger.

Hovedgrebet i strategi B, tager afsæt i en landløsning, dog er der én port ved 'Træskibshavnen'. Porten er således en del af den større linjeføring på land, og fungerer ikke uden hinanden. Denne del er ens i de to strategier og følger det projekt, der er planlagt at blive realiseret som første etape af den samlede stormflodsbeskyttelse.

Porttypen til beskyttelse af 'Træskibshavnen' er traditionelle, vertikale og sidehængslede porte. Lukkeniveauer for porten er afhængige af kajkanthøjden og terrænet i baglandet. På nuværende tidspunkt er denne meget lav, da bygninger oversvømmes allerede ved ca. kote +1 m. Det er vigtigt, at der udarbejdes protokoller for aktioner i forbindelse med drift og vedligehold samt ved varsling og afblæsning af højvande. Løsningerne vil kræve specialiseret personale.

På land foreslås en linjeføring integreret i byrum enten som fritstående byrumsinventar eller i tilknytning til eksisterende byggeri og kajkant. Væsentligt for beskyttelsesløsningen er, at den ikke fremstår som en massiv barriere. Afhængig af design og lokalitet varierer bredden og højden på konstruktionen.

Frederiksø ligger pt. udenfor den fælles stormflodsbeskyttelse, men tænkes beskyttet lokalt ad hoc, efterhånden som de forskellige ejere af fast ejendom måtte ønske det. Svendborg Kommune er i dialog med de pågældende erhverv på Frederiksø om deres fremtidige ønsker og behov. Denne dialog vil være med til at kvalificere valg af løsninger for Frederiksø.

Linjeføringen er vist med den forventede varierende typologi langs stormflodsbeskyttelsen på Figur 37.

Figur 37: Strategi B - typologier langs linjeføring

Linjeføringens forløb, mulige eksempler på løsninger samt etapedelingen er visualiseret i Figur 38.

Figur 38: Eksemplificeringer af mulige løsninger langs strategi B

Stormflodsbeskyttelse
Stormflodsbeskyttelsen udformet som landløsning placeres på terræn eller integreres i og ved eksisterende eller nyt byggeri. Denne tilgang til klimabeskyttelse er den mest udbredte løsning og er set i mange byrum og havnemiljøer som et element, der tilvejebringer nye muligheder for ophold og aktivitet sideløbende med, at der opnås den nødvendige beskyttelse.

Stormflodsbeskyttelse på land skal nøje skræddersys til omgivelserne eller indtænkes i byudvikling fra opstart f.eks. formuleret i udviklings- og lokalplaner. Der kan arbejdes med mere eller mindre synlige løsninger og kombineres med mobile løsninger, der håndterer et behov for større åbninger i sikringens linjeføring. Åbningerne skal tilgodese infrastruktur og vigtige visuelle sigtelinje. Åbninger sikres med mobile beredskabsløsninger, uanset om de er fast monteret som skot, klap eller skydeporte på konstruktionen eller er af midlertidig karakter, som eksempelvis metalskillevægge eller watertubes. Det anbefales, at der arbejdes med enkle, fastmonterede eller lokalplacerede lukkemekanismer for at minimere arbejdet med aktivering af sikringen ved varsling af højvande og stormflod.

Mindre synlige løsninger udformes som mindre terrænhævninger som en del af en kajrenovering eller i tilknytning til byggeri. I byggeri kan dette udformes ved højereliggende stueplan, stueplan der tåler oversvømmelse eller ved eksisterende byggeri i form af fæster til skot og porte.

Synlige løsninger bør udformes som byrumsinventar, der bibringer merværdi i form af ophold eller aktivitetsområder. Dette kan være siddeplinte, trapper med udsigtspladser, beplantningsområder eller nye broanlæg. Mure og opholdsmøbler kan også bruges til stormflodsbeskyttelse. Denne løsning kan skabe merværdi hvis den anvendes til opdeling af infrastruktur. Dette kan være adskillelse mellem gående trafikanter og trafik- og opmarchareal til færge.

Landløsningen er ofte enkel at etapedele og kan udformes med mulighed for forhøjelse på sigt, hvis fundamenterne er forberedt til det. Hermed er løsningen typisk lettere at finansiere og enkel at tilpasse den usikre udvikling af klimaforandringer. Drift og vedligeholdelse af landløsninger er tilsvarende andre kommunale anlæg og forudsætter ikke at der er specialister tilknyttet. Dog vil diverse portåbninger i linjeføringen skulle lukkes ved højvandshændelser, hvilket vil kræve en beredskabsplan med klar rolle- og ansvarsfordeling.

Forhold til erhvervs- og gæstehavnen
Frederiksø er udenfor den foreslåede 'fælles stormflodsbeskyttelseslinje'. Dette betyder, at man i fremtiden vil skulle tåle oversvømmelse med en vis hyppighed, og at adgang til Frederiksø ikke vil være mulig under stormflod. Det er derfor en beslutning, hvor det kommunale redningsberedskab og de erhvervsdrivende på Frederiksø skal konsulteres. Erhvervshavnens aktører skal således selv tilvejebringe en egen beskyttelse, der kan tilpasses deres aktiviteter. Fordelen er, at kajarealer ikke ændres i væsentlig grad, men har mulighed for tilpasning til udviklingen over tid.

Gæstehavnen og rekreative havnearealer vil kunne blive understøttende i udviklingen af klimatilpasningen. Havnens flydebroanlæg kan uden større udfordring kobles til et højere bagvedliggende kajareal, og byrumsmøbler eller fast mur kan skabe en ny promenade skærmet mod trafik. Det er også muligt at arbejde med, at beskyttelsen udbygges i vandarealet, som et nyt integreret bro- og stormflodsbeskyttelsesanlæg med mulighed for at etablere nye faciliteter til gæstesejlere eller søsporten generelt.

Forhold til byliv og byudvikling
I nordre del af havneområdet vil løsningen være integreret i den fremtidige byudvikling langs Nordre Kaj, Godsbanearealet og Havneparken. Dette vil være i form af ændret højere terræn og indbygget i nye bygninger.

I Nordre Havn vil løsningen primært få visuelle konsekvenser for bymiljøet, men kan udformes, så der skabes nye opholdsområder, udsigtspladser og et promenadeforløb adskilt fra den kørende trafik. Sidstnævnte er i særlig grad aktuel langs Jessens Mole. Derudover skærmer porten og de tilhørende sidestøtte konstruktioner i 'Træskibshavnen', ligesom i strategi A. Her kommer stormlodsbeskyttelsen til at synes som en barriere da terrænet er lavet og konstruktionerne vil synes højere. Stormflodsbeskyttelsen vil udfordres med således at der skabes nye opholdssteder, udsigtspunkter, og promenadeforløb.

Strategi B beskytter overordnet set bygningsmassen på 'bysiden' af Svendborg, mens bygninger på Frederiksø forventes selv at beslutte om de enkelte ejendomme skal omdannes, punktsikres eller skal gå sammen om en fælles egen sikring. En punktsikring vil potentielt medføre et delvist andet udtryk af de nederste dele på bygningerne og i dør- og portåbninger.

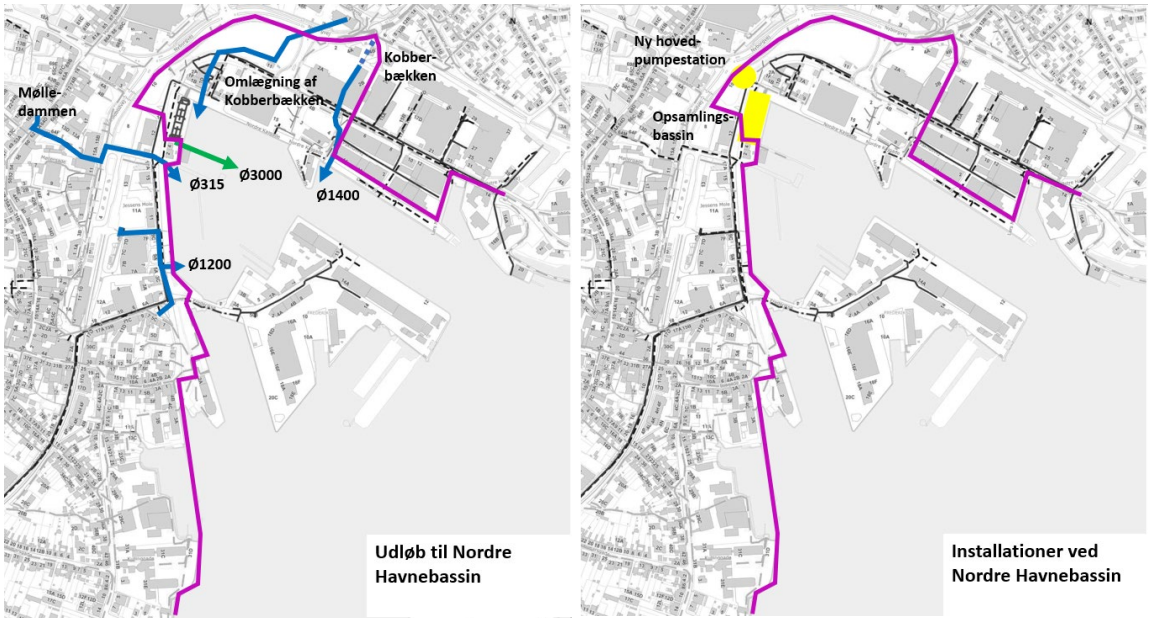
Afhængig af den ønskede udvikling på Frederiksø, kan punktsikring integreres i udviklingen af nybyggeri, alternativt kan der diskuteres om en delvis tilbagetrækning eller ændret arealanvendelse er at fortrække, for således at mindske sårbarheden.

Forhold til regnvandshåndtering og projekt for åbning af Kobberbækken
I modsætning til strategi A medfører linjeføringen for stormbeskyttelsen i strategi B, at vandstanden i Nordre Havnebassin ikke kan reguleres og følger vandstanden i Svendborg Sund. Det vil have en væsentlig påvirkning af flere regnvandsudløb samt overløb fra fællessystemer i Nordre Havnebassin og forventes at vil kræve lokale ændringer i afløbssystemet.

Udløbet af Kobberbækken vil kunne håndteres ved den planlagte omlægning af Kobberbækken, hvor den som led i klimatilpasningen åbnes op og indbygges i byudvikling af godsbanearealet. Denne forandring sikrer, at afløb fra Kobberbækken er tilstrækkelig under fremtidige højvandshændelser. Kobberbækken vil ikke skulle forsynes med pumpestation.

De øvrige større regnvandsudløb, jf. Figur 39, vil kræve tilpasninger for at sikre tilstrækkelig kapacitet i udledning. En mulig løsning er integrering af pumpesystemer, så udledning kan sikres under samtidigt højvande og nedbørshændelser. Pumpesystemet vil skulle håndtere meget store vandmængder under spidsbelastning, som dog vil være sjældne. En anden og formentlig bedre løsning er at indbygge forsinkelse i afløbssystemet, f.eks. ved integrering af forsinkelsesbassiner. Herved nedbringes ydelsen under spidsbelastning, og en evt. samtidighed med højvande kan forskydes.

Opsamlingsbassinet ved Havneparken modtager ved nedbør store mængder regnvand iblandet spildevand, hvilket kan resultere i overløb til Nordre Havnebassin. Denne situation er uønsket pga. forurening af havnebassinet. Overløbet vil under samtidigt højvande ikke kunne fungere effektivt, og opsamlingsbassinet risikerer oversvømmelse og derved opstuvning af regn- og spildevand bagud i afløbssystemet. Ved at adskille spildevand og regnvand (separat kloakering) kan opsamlingsbassinet undgå overløb og derved fungere tilfredsstillende også under højvande. Separat kloakering indebærer etablering af et separat regnvandssystem, som de øvrige udløb i Nordre Havnebassin.



Figur 39: Forhold ved Strategi B i Nordre Havnebassin. Signaturforklaring: Lilla = stormflodsbeskyttelse; blå = regnvandsudløb, grøn = fællessystemudløb; gul = installationer.

Opsamlingsbassinet og tilhørende hovedpumpestation er uden for stormflodsbeskyttelsen med risiko for oversvømmelse. Hovedpumpestation er under udførelse, og anlægget er designet, så installationer er sikret mod højvande op til kote +3,0 m. Opsamlingsbassinet derimod vil kræve en strukturel ombygning, f.eks. en hævning af overbygningen for at sikre mod vand på oversiden.

Udover ovennævnte forhold ved Nordre Havnebassin bemærkes, at forholdene ved 'Træskibshavnen' er tilsvarende Strategi A. Der skal således være opmærksomhed på påvirkning af vandkvalitet ved overløb og udløb fra fællessystemer i det afspærrede havnebassin.

Forhold til færgedrift og infrastruktur på havneområdet
Stormflodsbeskyttelsen skal indtænkes i kommende omdannelse af færgedriften og vil formentlig få konsekvenser for samtlige færgerelaterede anlæg. Dette gælder placering af ladestationer, opmarch og placering af færgelejer. Løsningen vil uden tvivl skabe gener for færgernes drift i anlægsperioden.

På linje med strategi A er her også en mulighed for at udvide landarealet langs Honnørkajen eller syd for Havnepladsen med henblik på at skabe større opmarchareal og dermed mulighed for bedre trafikafvikling ved færgerne.

6.5.2 Strategi B: Sikringskoter
Sikringskoten varierer afhængig af konstruktionstype og bølgepåvirkning.
Det anbefales, at de 'ydre' stormflodsbeskyttelseskonstruktioner, hvor bølgepåvirkning forekommer, korrigeres for et bølgetillæg under storm. De mere tilbagetrukket anlæg anbefales ligeledes korrigeret i relation til vind af stormstyrke. Der differentieres desuden i relation til befolkningstæthed.

De 'ydre' konstruktioner, hvor bølgepåvirkningen er stor, og hvor større beboelsesmasse forekommer, er 'Træskibshavnen' og området omkring Havnepladsen. Disse områder sikres med bølgetillæg under storm. Østre Kaj har ligeledes en udsat placering, men her vurderes ikke at være

større fare for menneskeliv, og dermed anbefales en mindre korrigering af bølgetillæg. Den tilbagetrukne placering af stormflodsbeskyttelsen hen langs Jessens Mole og Nordre Kaj mindsker udsatheden, og et mindre bølgetillæg inkluderes i den samlede sikringshøjde. Se Figur 40 for de anslået sikringskoter langs linjeføringen.

Figur 40: Anslået sikringskoter langs strategi B's linjeføring

6.5.3 Strategi B: Anlægsøkonomi

Projektets udformning er på nuværende projektstade på et strategisk niveau. Der er ikke besluttet konkrete løsninger til de enkelte delstrækninger for strategi B. Det vurderes, at omkostninger til de forskellige delstrækninger er meget afhængige af fremtidige valg. I stedet er der foretaget et estimat af anlægsprisen på en basis stormflodsbeskyttelse til kote 2,35 m DVR90. Herved menes den lavest mulig omkostning til etablering af en permanent stormflodsbeskyttelse i det foreslåede tracé, som afskærmer bagland mod stormflod. Basisestimatet er underopdelt på forskellige deletaper, jf. etapeopdelingen i afsnit 6.2. Estimatet er udført med henblik på at sammenligne de to strategier: A og B. Priser er i kr. ekskl. moms svarende til prisniveau er for 2022.

Omkostningsniveauet til forhold udover basisprisen er ikke beregnet eller kendt, og der er i stedet anvendt en kategorisering, som indikerer, hvor betydningsfuldt forskellige forhold vil være for den samlede økonomi. Ud fra denne metode er der fastlagt en projektbasispris, som beskriver forventninger til den samlede anlægsøkonomi samt en vurdering af omkostningerne til beredskab samt drift & vedligeholdelse. Stormflodsbeskyttelse påvirker også omkringstående bygninger og anlæg og omkostninger hertil er beskrevet ved en økonomisk perspektivering. Perspektiveringen er suppleret med eksempler på relevante forhold.

Strategi B: Basispris for stormflodsbeskyttelse

I basisestimatet indgår følgende tekniske elementer:

- Højvandsmur af beton i terræn
- Fornyelse af kajanlæg (Kaj foran det gule pakhus, Jessens Mole, Østre Kaj)
- Mobile sikringsanlæg på land
- Spærredæmning på/i vand (molekonstruktion ved 'Træskibshavnen')
- Portsystem på/i vand for skibsadgang ('Træskibshavnen')
- Terrænregulering på land (Dele af byudvikling på Godsbanearealet, Nordre Kaj).

Priserne på ovenstående elementer er baseret på erfaringspriser og skønnede dimensioner af de fysiske elementer til kote +2,35 m. Det bemærkes, at omkostninger til sikring omkring 'Træskibshavnen' er baseret på projektforslaget, jf. (WSP, 2022).

Der er ikke medtaget økonomi til bearbejdning af stormflodsbeskyttelsen i form af byrumsinventar, tilpasning af løsning i havnerummet, beplantning, belysning og lign. i basisprisen. Erfaringsmæssig kan disse forhold være både væsentligt fordyrende og meget varierende. Basispriserne for stormflodsbeskyttelse er listet i Tabel 14. Beløbet er ekskl. omkostninger til arbejdsplads, rådgivning, forundersøgelse og uforudsete omkostninger.

Tabel 14: Basispris ex. moms [mio. kr.] for stormflodsbeskyttelse, strategi B

	BASISPRIS
Etape 1 - Træskibshavnen	33 mio. kr.
Etape 2 – Fiskerihavnen og Østre Kaj	2 mio. kr.
Etape 3 – Havnepladsen og Honnørkajen	4 mio. kr.
Etape 4b – Jessens Mole	14 mio. kr.
Etape 5b – Nordre Kaj	8 mio. kr.
Etape 6 – Østre Kaj	19 mio. kr.
DELSUM	**80 mio. kr.**

Til at beskrive forventningerne til omkostningerne forbundet med implementering af stormflodbeskyttelse i bymiljøet (benævnt projektbasispris) samt de løbende omkostninger (beredskab, drift og vedligeholdelse) er der gennemført en skønsmæssig vurdering af omkostningsniveauet. Metoden er valgt pga. det begrænsede detaljeringsniveau for de enkelte løsninger. Der er anvendt følgende kategorisering: 0-25 mio. kr.; 25-75 mio. kr.; 75-125 mio. kr.; 125-200 mio. kr. 200-400 mio. kr. Resultat fremgår af Tabel 15 og Tabel 16.

Projektbasisprisen inkluderer omkostninger til arbejdsplads, rådgivning, forundersøgelse og uforudsete omkostninger og således et udtryk for de forventede anlægsomkostninger.

Tabel 15: Projektbasispris ex. moms [mio. kr.] for stormflodsbeskyttelse, strategi B

	PROJEKTBASISPRIS
Basispris for stormflodsbeskyttelse	80 mio. kr.
Æstetik og funktionel indpasning	25-75 mio. kr.
Arealtilpasning til hævdede kajkanter	0-25 mio. kr.
Forberedelse til fremtidig ombygning/tilpasning	25-75 mio. kr.
Ombygning af forsyningsanlæg i direkte tilknytning	0-25 mio. kr.
Interimsløsninger pga. etapeopdeling	0-25 mio. kr.
Tilpasning af afløbssystem	125-200 mio. kr.
DELSUM	**255-505 mio. kr.**
Arbejdsplads (7% af *)	18-35 mio. kr.
Forundersøgelser og rådgivning (10% af *)	26-51 mio. kr.
Diverse uforudsete udgifter (30% af *)	77-152 mio. kr.
TOTALSUM	**376-743 mio. kr.**
AFRUNDET TOTALSUM	**350-750 mio. kr.**

Tabel 16: Forventede omkostninger i relation til omkostninger over anlægget levetid (ca. 50-75 år), strategi B

Beredskab	25-75 mio. kr.
Drift og vedligeholdelse	0-25 mio. kr.

Strategi B: Perspektivering af anlægsøkonomi

I det følgende er en række forhold omkring stormflodsbeskyttelse evalueret med samme skønsmæssige kategorisering. De udvalgte forhold omhandler forhold som ikke vedrører selve stormflodsbeskyttelsen med i stedet omkostninger som pålægges andre forhold, f.eks. regnvandssystem, bygninger mv. Der indgår ikke tab/gevinster ved den ændrede funktionsmæssig anvendelse af området, f.eks. påvirkning af erhvervslivet. Det vurderes, at disse forhold er ukendte, og det er umuligt at afgøre, hvorvidt de ændringer, som en stormflodsbeskyttelse medfører, påvirker områdets anvendelse ift. økonomisk størrelsesorden.

Tabel 17: Forhold som påvirker totaløkonomien med økonomisk vægtning af strategi B.

Forhold	Betydning	Aktiviteter
Forhold omkring stormflodssystem		
Bygninger	0-25 mio.	Adgangsforhold til nærtstående eksisterende bygninger i områder med terrænhævning skal forbedres, herunder det gule Pakhus og Østrekaj.
Kajanlæg	125-200 mio.	Renovering af kajanlæg på strækninger vil være nødvendig inden 2100. Følgende er renoveret som en del af stormflodssystem, øvrige udestår: • Kaj foran det Gule pakhus • Jessens Mole • Østrekaj.
Ubeskyttede områder		
Skader på ubeskyttede områder	200-400 mio.	Hele Frederiksø er ubeskyttet og kræver selvstændigt system (eller hævning), hvis det skal opretholdes, f.eks. ved ændring af kajer og terræn eller punktsikring. Eksisterende byggeri ved Havnepladsen og Nordrekaj skal punktsikres. Omkostninger er ukendte, og konsekvens er skønnet ved residual risiko på 3,9 mio./år over 100 år, jf 6.5.4. Beløbet kan reduceres, hvis det er billigere at udføre en sikring.

6.5.4 Strategi B: Risikoreduktion - Hvem beskyttes

Med en stormflodsbeskyttelse af ejendomme op til en højvandshændelse på +2,35 m DVR90, beskyttes følgende ejendomme ved realisering af strategi B, se Figur 41 - Figur 42.

Figur 41: Identificerede ejendomme som opnår direkte nytte af strategi B's stormflodsbeskyttelse

Strategi B beskytter således mindst følgende antal værdier, se Tabel 18. Foruden de opgjorte direkte nyttedragere, vil der være en del afledte.

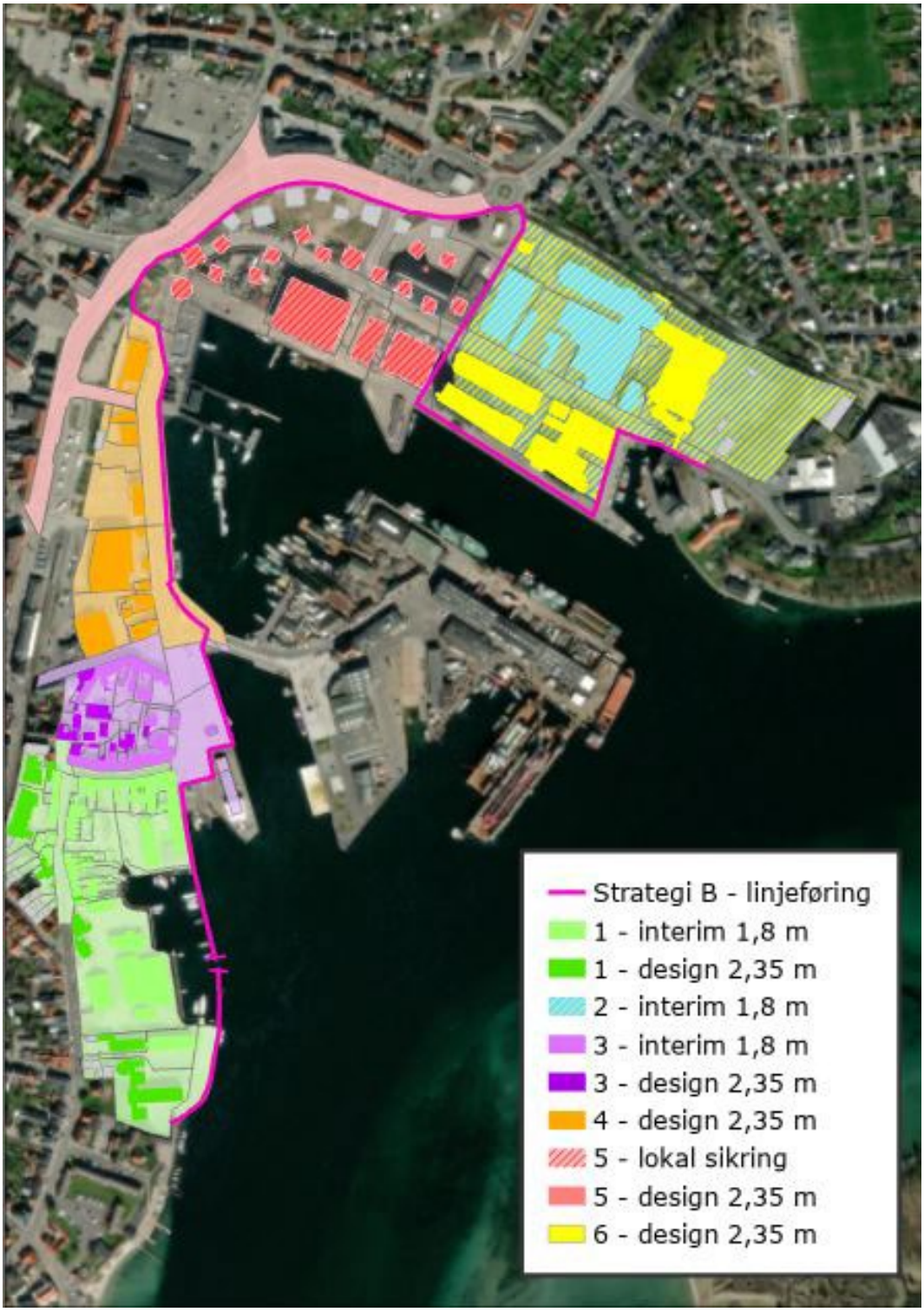
Tabel 18: Opgørelse over identificerede nyttedragere ved realisering af strategi B på baggrund af BBR-oplysninger.

Antal bygninger	178
Antal bygningsenheder	274
Bebygget areal, kvm i grundplan	49.030 m^2
Bygningstørrelse, kvm bebyggelse	92.169 m^2
Antal matrikler	111
Matrikler, kvm	220.684 m^2
Vej og parkeringsareal, kvm	62.482 m^2
Forsyningsledning, længde * Inkl. Antal kabelskabe	58.159 m + 365

**Angiver kun ledninger med samme udbredelse som oversvømmelsesudbredelsen. En højvandshændelse, kan således godt generer genér og ødelæggelser, på grund af opstuvningsproblemer m.v. udenfor de direkte oversvømmet områder.*

Ud fra den tidligere udarbejdede risikoanalyse (LNH Water, 2022), forventes en risikoreduktion beregnet i nutidsværdi over 100 år fra 17 mio./kr. årligt til 3,9 mio./kr., ved en snarlig realisering.

Grundet en etapevis realisering vil risikoreduktionen ske trinvist, hvilket også betyder at nyttedragerne sættes i bidrag etapevis. Differentieringen imellem løsninger til de besluttede sikringskoter og de nødvendige interimsløsninger for at opnå en funktionel beskyttelse etapevis, bidrager til kompleksiteten i forbindelse med identificering af bidragsydere og dermed udarbejdelse af bidragsfordelingen. Alle ejendomme indenfor en etape realisering, vil således ikke opnå sikring til design vandstandshændelsen, se Figur 42.



Figur 42: Ejendomme som opnår stormflodsbeskyttelse under etapevis realisering af strategi B

6.5.5 Strategi B: Bidragsfordeling

Stormflodsbeskyttelsen beskytter ejendomme op til en højvandshændelse på +2,35 m DVR90. En nærmere detaljering og grundigere opgørelse skal udarbejdes når man den endelige linjeføring samt sikringskote er fastlagt.

En foreløbig opgørelse viser den forventede fordelingen imellem private og offentlig bygningsbidrag, se Tabel 19.

Tabel 19: Forventede fordeling for strategi B imellem ejere af bygninger, jf. BBR-oplysninger.

Bygninger ejet af private *BBR-ejerforhold: 10: privatpersoner eller interessentskab, 20: Almennyttig boligselskab, 30: Aktieselskaber, anpartsselskaber eller andet selskab, 40: Forening eller selvejende institution)*	87 %
Bygninger ejet af offentlige institutioner *BBR-ejerforhold: 50: kommune, 80: Staten*	13 %

Med udgangspunkt i en tænkt principfordeling, er et regneeksempel på bidragsfordeling til stormflodsbeskyttelse eksemplificeret. Ejere af fast ejendom, er i første omgang identificeret som værende ejere af private boliger og erhverv samt kommunale ejendomme. Derudover er ledningsejere samt kommunale vejarealer identificeret. De fordelte omkostninger tager udgangspunkt i basisprisen for stormflodsbeskyttelse for strategi B. Det bemærkes at der forventes at komme yderligere udgifter i forbindelse med implementeringen, og de totale omkostninger er i størrelsesorden 350-750 mio. kr. jf. Strategi B: Perspektivering af anlægsøkonomi.

- Hvis investeringen for stormflodsbeskyttelse er +80 mio. kr.
- Hvis ejere af fast ejendom, herunder private boligejere, erhvervsdrivende og kommunale ejendomme, tillægges et samlet bidrag for 20,4 mio. kr.
- Hvis ledningsejere tillægges et samlet bidrag for 7,3 mio. kr.
- Hvis kommunale vejarealer tillægges bidrag for 27,2 mio. kr.
- Herudover er der +25,9 mio. kr. som skal fordeles afhængig af anlægssum. Et beløb som skal findes andet stedets eller fordeles yderligere iblandt dem der opnår nytte. Det er således forventeligt at Svendborg Kommune og /eller fonde er nødsaget til at dække store dele af differencen og dermed give et ekstra frivilligt bidrag.

Med udgangspunkt i ovenstående og afsæt i estimerede enhedspriser for kvm bebyggelse, løbende meter ledning etc. er følgende bidragssatser, et resultat af tænkte principfordeling, se Tabel 20.

Tabel 20: Strategi B – regneeksempel udefra tænkt principfordeling

	Totalt	Månedligt*
100 m² bygning i grundplan på 100 m² grund	83.000 kr.	277 kr.
100 m² bygning i grundplan på 300 m² grund	83.000 kr.	277 kr.
200 m² bygning, fordelt på to etager med et grundplan 100 m², på 300 m² grund	83.000 kr.	277 kr.
200 m² bygning i grundplan på 300 m² grund	114.000 kr.	380 kr.
100 m vej	50.000 kr.	167 kr.
100 m forsyningsledning	25.000 kr.	83 kr.

* Ikke korrigeret for finansielle udgifter eller rentepåligning. Bidragssats forventes derfor større.

Svendborg Kommune forventes, på baggrund af denne principfordeling, som ejere at stå for minimum 27,8 mio. kr. af de samlede omkostninger for stormflodsbeskyttelse.

7. FORDELE OG ULEMPER STRATEGIERNE IMELLEM

I det følgende opsamles på handleplanens to foreslåede strategier for stormflodsbeskyttelse af Svendborg by og havn. Fordele og ulemper er trukket frem og anbefalinger listet.

Oversvømmelsesrisiko	Strategi A beskytter et større antal ejendomme og arealer end strategi B. Størst risikoreduktion opnås i etaperne 1-3, hvilket er ens for de to strategier. Samlet set ved implementering af den fulde stormflodsbeskyttelse går den årlige estimerede risiko, udtrykt som nutidsværdien set over en 100-årig periode fra 17 mio. kr. /år til 0,7 mio. kr./år og 3,9 mio. kr./år for henholdsvis strategi A og B.
Stormflodsbeskyttelse - sikringskoter	De anbefalede sikringskoter, er ens for begge strategier. Her tages udgangspunkt i en design middelvandstand på +2,35 m og et bølgetillæg afhængig af anlægget placering ift. bølger. Beskyttelseshøjder varierer derfor langs sikringslinjen, matchende en højvandshændelse samt en bølgeudbredelse ind i havnen. Interimsløsninger, benyttet til etapeopdeling, tager udgangspunkt i en fælles sikringskote til +1,8 m, grundet den korte levetid på anlægget. Etape 1: Træskibshavnen: 3,35 m DVR90. Etape 2: Fiskerihavnen: 2,65 m DVR90. Etape 3: Havnepladsen: 2,45 m DVR90. Honnørkajen: 2,85 m DVR90. Etape 4a: Porte i indgangene til Nordre Havnebassin: + 2,65 m DVR90 – ved design fastsættes den endelige sikringskote. Etape 4b: Jessens Mole: 2,45 m DVR90. Etape 5a: Frederiksø – Søndre Havn: 2,75 m DVR90. Frederiksø – over land: 2,45 m DVR90. Frederiksø – Østre Havn: 2,65 m DVR90. Etape 5b: Nordre Kaj: 2,35 m DVR90. Etape 6: Østre Kaj: 2,75 m DVR90.
Stormflodsbeskyttelse – drift og vedligehold	Strategi A er dyrere at drifte og vedligeholde end strategi B, hvilket i hovedtræk skyldes stormflodsporten fra Hudes Plads og Frederiksbro. Derudover vil vedligeholdelsesarbejder, som maling, eftersyn m.v. relateret til porten ved Hudes Plads i et vist omfang kræve lukningen for adgang og dermed gennemsejling til Nordre havnebassin.
Stormflodsbeskyttelse - svigt	Strategi A er mere sårbar overfor svigt af lukkemekanismer end strategi B. Konsekvenser for manglende lukning af porte på vand eller land kan i højere grad

	afbødes for strategi B end strategi A da åbningerne er mindre og mere tilgængelige. Konsekvensen ved svigt er således langt mere alvorlige ved strategi A end strategi B.
Beredskab	Strategi A gør mindre dele af Frederiksø utilgængelig, og strategi B gør hele Frederiksø utilgængelig under en stormflod. Der kan således ikke opretholdes et kommunalt redningsberedskab. Et specialiseret stormflodsberedskab skal i begge strategier aktiveres i forbindelse med højvande, så mindre åbninger kan lukkes samt porten til Træskibshavnen tilses. Ved valg af strategi A skal et mere specialiseret mandskab varetage funktionerne for lukning af portene til Nordre Havnebassin. Selvom systemet automatiseres, vil der være behov for vagtordning. Der formodes at blive flere åbninger i Strategi B, end strategi A, men større krav til løsningerne i 'åbningerne' i strategi A, grundet portene og krydsningen igennem Frederiksø. Portene i strategi B vil kunne være af en type, der kan driftes og aktiveres manuelt og uden særlige forudsætninger.
Fremtidssikring	Behovet for yderligere højvandsbeskyttelse er svært at implementere gradvist for strategi A, særligt ved porten ved Hudes Plads, og anlæggene skal i større grad designes til udbygning fra start eller forhøjes fra start, hvorimod det for Strategi B kan ske gradvist. Tilpasninger undervejs eller senere i strategi A er således kompleks og fordyrende. For områder hvor det besluttes ikke at øge sikringsniveauet, kan omdannelse af arealer i form af tilbagetrækning og ændret arealanvendelse ske.
Bevaring af havnens kulturmiljøer	Strategi A beskytter i højere grad bevaringsværdige og fredede bygninger og kulturmiljøer samt yndede karaktertræk og udkigspunkter. Dog vil de større porte i åbningerne til Nordre havnebassin, ændre udkig og lokalt også området lokalt. I strategi B skal stormflodsbeskyttelsen i højere grad integreres i, rundt om, langs med eller på tværs af kulturarvsmiljøer. Omdannelsen kan modsat også være med til at skabe nye kulturmiljøer.
Rekreativ merværdi i teknisk anlæg	Sikringsanlæggene har grundlæggende forskellige tilgange til at skabe rekreativ merværdi. I Strategi A bevares havnefronten åben for at udforme tiltag af rekreativ karakter fri af stormflodsbeskyttelsen, mens i strategi B skal sikringen udformes med rekreative tiltag integreret. Sidstnævnte skaber bedre rammer

	for at tilvejebringe en merværdi og flersidig funktionalitet i investeringen af stormflodsbeskyttelse. Graden af positiv merværdi afhænger dog i høj grad af hvorledes funktioner indtænkes i kommende anlæg.
Æstetik	Strategi B forventes bedre æstetisk at kunne integreres i byrummet, om end nogle af kulturarvsmiljøerne ændres. F.eks. formodes Jessens Mole at indeholde større rum til forandring og mulighed for en æstetisk løsning end på Frederiksø. Postsystemerne i strategi A forventes at fremgå voldsomme, om end imponerende. Løsningerne indeholdt i begge strategier forventer at kræve stor indpasning i nuværende landskab.
Gæstehavne	Gæstehavnene vil ikke påvirkes væsentligt negativt i de to strategier, men begge indebærer ændringer for gæstehavnene. Portene i strategi A vil begrænse besejlingsforholdene, da porten skal lukkes ved varsling. Samtidig skal det nævnes, at sejlads under disse forhold ikke vil være almindelige. Arealerne og dermed funktionerne i relation til gæstehavnene vil ændres, særligt i relation til Strategi B, da nye kajanlæg, byrumsdesign vil skulle integreret i stormflodsbeskyttelsen. Det stigende middel havspejl vil forårsage ændringer i support funktioner og faciliteter. Stormflodsbeskyttelsen vil kunne kombineres med renovering og forhøjelse af kajkanter, hvilket i et vist omfang vil være en nødvendighed for gæstehavnene på sigt med havspejlstigninger.
Erhvervshavn	Erhvervs- og industriaktive arealer omkring Østre Havn og den ydere del af Frederiksø vil periodisk være oversvømmet i de to strategier. Træskibsværftet på Frederiksø er beskyttet i strategi A modsat strategi B. Arealet vurderes dog overvejende at består af ældre anlæg som muligvis skal udbedres inden for en årrække.
Understøtning af byudvikling	Begge strategier kobles flere steder direkte til igangværende eller planlagte byudviklingsinitiativer, hvor den integreres og skal understøtte udviklingen. Langs 'Træskibshavnen' og Honnørkajen skabes endvidere plads til nye opholdssteder langs havnefronten samt giver plads til færgedrift og trafikafvikling. Begge strategier friholder ligeledes kajarealerne fra Hudes Plads til Frihavnen langs Østre Kajgade. Lige meget om linjeføringen går over vandet som strategi A eller rundt langs havnen som strategi B vil det have på-

	virkning på udviklingsprojekter i dette område. Særligt i relation til fastsættelse af sokkelsikringskoter på nybyggeri, kajrenovering og byrumsdesign. Strategi A muliggør umiddelbart en mulighed for hurtigere realisering end Strategi B, da mindre dele at strækningen sker i direkte samspil med udviklingsprojekter. Dog skal det bemærkes, at der flere steder er bindinger, hvoraf den største for dem begge bliver placeringen af færger og trafikafviklingen i relation til stormflodsbeskyttelse.
Regnvandshåndtering	Regnvandshåndteringen er ens for begge strategier for så vidt angår de første 3 etaper. Strategi A muliggør, at Nordre Havn kan benyttes til reservoir og giver dermed bedre mulighed for udledning under højvande ved overpumpning, end strategi B, hvor større omkostninger og begrænsninger må forventes under højvande. Det er væsentligt at have for øje, at Nordre Havnebassin uden en overpumpningsløsning vil have en begrænset reservoirkapacitet i forbindelse med kraftige nedbørhændelser eller skybrud lokalt eller i oplandet. Dette skyldes blandt andet den lave kote på kajkonstruktionerne ved Jessens Mole. Samtidig skal det bemærkes, at en overpumpning af vand over sluseportene vil kræve en stor pumpestation eller flere mindre pumpestationer. Ved strategi B vil det være nødvendigt at etablere en stor strategisk placeret pumpestation eller flere mindre pumpestationer på regnvandssystemet i området ved Jessens Mole. For begge strategier anbefales det, at der ses på forsinkelse i hele regnvandsoplandet til Svendborg Havn, separering og andre udløbspunkter. Dette kan reducere størrelser og nødvendig kapacitet for pumpestationer placeret ved udløb til Svendborg Sund. Forsyningsselskabet Vand og Affald opnår større fordele og fleksibilitet i relation til deres investeringer relateret til drift, opgradering af anlæg, eksisterende anlægslevetid m.v. i strategi A end strategi B.
Etapedeling	Strategierne tager udgangspunkt i, at de første tre etaper er ens, hvorefter forskelle opstår afhængig af, om der krydses over vandet som i strategi A eller langs havnen i Strategi B. Herefter er der minimale muligheder for yderligere opdeling af Strategi A, hvorimod Strategi B kan yderligere opdeles efter behov, samtænkning og synergiskabelse.

	En omlægning af afløbssystemet vil godt kunne foretages med samme etapeinddeling som stormflodsbeskyttelsen enten som interimsløsninger ligesom ved stormflodsbeskyttelsen over jorden eller ved permanente løsninger. Svendborg Vand & Affald vil dog kunne vælge en anden etapevis udførelse af afløbssystemet, såfremt det giver bedre mening for deres samlede planlægning i hele oplandet.
Økonomi - perspektivering	Begge strategier indeholder betydelige investeringer, og særligt de større portanlæg i Strategi A er svære at finansiere. Det tidlige projektstadie gør at der er store usikkerheder relateret til estimeringen af de økonomiske poster som indgår i en samlet funktionel stormflodsbeskyttelse. I strategi B opnås en større synergi og mulighed samtænkning og omkostningsfordeling, grundet udviklingsområder som Godbanearealet samt forstående kajrenovering.
Økonomi - finansiering	Forudsætningsanalyserne tydeliggør imidlertid problemstillinger omkring finansieringsmulighederne i relation til de store økonomiske anlægsinvesteringer. Begrundet det relative beskedne antal direkte nyttedrager set i relation til de samlede økonomiske omkostninger, vurderes det, at der er behov for større kommunalt bidrag og ekstern finansiering for at kunne realisere stormflodsbeskyttelse af Svendborg by og havn. Muligheden for at opnå økonomisk støtte udefra i form fondsstøtte vurderes større i strategi B, fremfor strategi A, grundet perspektiverne i byudvikling og byrumsdesign langs Nordre Havnebassin.
Nyttedragere – samfundsøkonomisk merværdi	Strategi A har en større forskelligartet kreds at bidragsydere og nyttedragere end strategi B. Strategi A sikre, foruden en stor gruppe direkte fordele også en større gruppe som opnår anden fordel. Flere bygninger, enheder, bebygget og ubebygget matrikler beskyttes i strategi A end strategi B. Dobbelt så mange offentlige bygninger beskyttes ved strategi A end strategi B.
Bidragsfordeling	Under hensyn til den betydelige usikkerhed om tidsplan, udformning og omkostninger af anlæggene i etaperne 4-6 og til dels om etaperne 2 og 3 for Den Blå Kant, vurderes det ikke muligt at fastlægge den endelige bidragsfordeling for alle etaper forud for igangsættelse af etape 1.

	På denne baggrund, anbefales det, at etape 1 – samt eventuelt etape 2 og 3, hvis der skulle være klarhed over disse projekter – iværksættes som et separat Kommunalt Fællesprojekt med selvstændig bidragsfordeling, idet der så vidt muligt tages højde for, at denne bidragsfordeling kan justeres ved efterfølgende Kommunale Fællesprojekter og andre etaper, og i øvrigt er egnet til at blive anvendt på efterfølgende etaper, så bidragsfordelingerne for det samlede projekt kan fremstå saglig, faglig og lige. Strategi B forventes lettere at bidragsfordele end Strategi A, ud fra muligheden for at identificere hvem opnår nytte, men svære ud fra hvilke omkostninger relaterer sig til stormflodsbeskyttelse alene og hvad er 'meromkostninger' i relation til indpasning og integrationen i byrummet.
Organisering	Strategi A kræver en større organisering end strategi B, grundet kompleksiteten herunder krav til økonomi, specialtrænet personale, opkrævning af bidrag m.v.
Residual risiko	De to strategier beskytter ikke det samme areal, antal ejendomme eller borgere, hvorfor der er en residual risiko. Risikoen er størst i strategi B, da Frederiksø udelades. Over tid vil risikoen stige til trods for stormflodsbeskyttelse, grundet klimaforandringerne, byudvikling og valgte sikringsniveau.

Anbefalinger

De udførte analyser og sammenligningen af fordele og ulemper i strategierne ovenfor har belyst en række forhold, som skal vurderes og vægtes i den videre proces for beslutning af stormflodssikring af Svendborg by og havn. Undersøgelserne og analyserne har peget på nye fordele ved at etablere strategi B med stormflodssikring over land og nye ulemper ved at etablere strategi A med stormflodssikring over vand. På baggrund af analyserne, sammenligningen af strategi A og strategi B og det nuværende vidensgrundlag er der herunder givet rådgiverteamets anbefalinger til det videre arbejde med stormflodsbeskyttelsen.

Det anbefales at stormflodsbeskytte Svendborg by og havn til en designvandstand på +2,35 m DVR90. Dette svarer til en 20-års hændelse i år 2100 med udledningsscenarie RCP 8.5 og følger DMI og Kystdirektoratets anbefalinger ved planlægning over lange tidshorisonter. Interimsbeskyttelsestiltag, som etableres som en del af etapeopdelingen, anbefales etableret til en designvandstand på maksimalt +1,8 m DVR90, da løsningerne kun skal virke over en forventede anlægsperiode for den fulde stormflodsbeskyttelse af Svendborg by og havn på 10-20 år. Designvandstanden er valgt på baggrund af risikovurderingen herunder også risikovilligheden, da skader og tab af de fleste værdier sker ved lave og hyppige hændelser, og en højere designvandstand derfor vil udgøre en stor omkostning i forhold til de værdier, der beskyttes.

Det anbefales at arbejde videre med strategi B, hvor der stormflodsbeskyttes over land. Argumenterne for at anbefale denne strategi er hovedsageligt, at den er billigere, mere fleksibel og tilpasningsegnet både teknisk og økonomisk i forhold til ændringer i klimaet og arealanvendelsen. Desuden er strategi A alene en forsinkelse af senere implementering af strategi B, hvis havnen forsat ønskes åben for besejling. Løsningener kommer til udtryk i en bredere zone, hvor både kajkanter, arealer op til og bygninger indgå i den fælles stormflodsbeskyttelse.

Fordelene ved strategi B kan sammenfattes til:

- Det er nemmere at opdele strategi B i flere etaper efter behov samt i forhold til samtænkning og synergiskabelse med andre projekter og udvikling af havneområderne. Anlæggene til stormflodsbeskyttelse kan integreres med rekreative tiltag, som skaber merværdi og flersidig multifunktionalitet, så investeringen i stormflodsbeskyttelse også giver andre muligheder for brug i byrummet. Det betyder også, at anlæggene er nemmere at indpasse æstetisk i byrummet og ikke vil være så synlige som eksempelvis portkonstruktioner. At påbegynde en implementering af Strategi B, er aldrig spildt uanset tidshorisont, da etaperne bedre kan afsnøres og være funktionsdygtige end i strategi A. Der er således en større robusthed og mindre risici forbundet med en realisering af Strategi B, da midlertidige stop grundet økonomi, andre politiske prioriteter, afventning af udviklingsperspektiver m.v. ikke forhindre at anlægget skaber værdi.

- Anlæggene i strategi B kan bedre og billigere tilpasses og forhøjes i fremtiden, hvis prognoserne for havspejlsstigninger og stormfloder ændres. Der kan derfor investeres i stormflodssikringen i takt med ændringerne i klimaet. Desuden kan stormflodssikringen på udvalgte etaper udføres til lavere højde eller tilbagetrukket fra kajkanten, hvis det i fremtiden vælges at ændre arealanvendelse eller trække bygninger tilbage fra havnefronten. En sikring langs med havnefronten vil desuden beskytte mod den generelle stigende havvandstand.

- Det er billigere at etablere, drifte og vedligeholde anlæggene på land. Svigt i stormflodssikringens funktion på land er mindre kritisk og kan i højere grad afbødes. Den samlede økonomi inkl. individuel tilpasning af Frederiksø og udbygning af kloaksystemet vurderes ligeledes at være billigere for strategi B.

- Etablering af stormflodssikring over land kan i høj grad udføres samtidig med renovering af kajkanten og kan derfor udformes, så den også beskytter mod den generelle havspejlsstigning.

- Bidragsfordeling, nyttedragere og evt. organisering forventes at have den fleksibilitet at bidrag pålægges som etaperne færdiggøres og både at kan være samlet i et større lag eller flere små lag.

Ulemperne ved strategi B kan sammenfattes til:

- Hele Frederiksø skal stormflodsbeskyttes individuelt, og indtil det er gjort, vil hele eller store dele af øen være oversvømmet og utilgængelig for kommunalt redningsberedskab i tilfælde af højvandshændelser på + 1,75 m DVR90. Det betyder også, at større arealer af erhvervshavnene vil blive udsat for oversvømmelser, så funktionen påvirkes. Det vurderes dog sandsynligt at erhvervslivet på Frederiksø vil kræve en fornyelse og forhøjelse af kajkanter, så der fortsat kan ske erhvervsaktivitet. En investering i kajanlæg til erhvervsvirksomheder skal ses som en

økonomisk investering med forventet tilbagebetaling igennem arealleje og skibs- og vareafgifter.

- Stormflodssikringen skal integreres rundt om, langs med eller på tværs af kulturarvsmiljøer og vil derfor kunne påvirke udtrykket af dem.

- Der forventes at blive større omkostninger til udbygning og ombygning af afløbssystemet, så det er funktionsdygtigt og kan aflede regnvand under højvande og stormflod. Denne fordel skyldes manglende fordel i at anvendes Nordre Havnebassin som reservoir for overløb fra opsamlingsbassinet. Spildevandsoverløb er uønsket pga. forurening af vandmiljøet og ændringer i afløbssystemet opstrøms kan forbedre dette forhold og samtidig sikre afledning af regn og spildevand.

GUARD

8. DE VIDERE SKRIDT - PROCES FOR REALISERING

For nærmere planlægning og beslutning er der i det følgende opstillet en række anbefalinger til forhold, som med fordel bør undersøges nærmere. Listen er ikke komplet, da der formodentlig vil opstå flere behov i fremtiden pga. uforudsete forhold. Derudover er flere åbenlyse forhold som skal udføres, men udeladt, som f.eks. opmåling, design af den endelige stormflodsbeskyttelse, opfølgning på DMI's klimaprognoser. Det er ligeledes fravalgt at beskrive forhold, som forventes gennemført efter modtagelse af de nødvendige myndighedstilladelser, da omfanget ikke kendes. Der er endvidere kun fokuseret på forhold, som vurderes specielle for den aktuelle problemstilling med stormflodsbeskyttelse.

Oversigten inkluderer en anbefaling til prioritering, og der anvendes i den sammenhæng følgende kategorier:

- **Nødvendig:** et højt prioriteret forhold som er nødvendigt for projektets realisering.
- **Værdifuld:** et forhold, som forventes at skabe et betydeligt bidrag og være afgørende for at kunne gennemføre et vellykket projekt.
- **Mulighed:** et forhold som muligvis kan give værdi for projektet, men kan undlades, hvis det skønnes unødvendigt.

For hvert forslag er der tillige tilføjet forslag til fase-inddeling. Der anvendes følgende inddeling:

- **Forstudie:** Fase hvor forskellige løsninger er i spil.
- **Projektforslag:** Fase hvor den valgte løsning detaljeres for vedtagelse om igangsætning
- **Myndighedsprojekt:** Fase hvor den valgte løsning behandles ift. miljø og myndigheds-forhold.

Ovenstående betyder, at nødvendige forhold i fasen "Forstudie" skal forstås som "næste step" ift. det nuværende udgangspunkt. Der er markeret tre prioriterede forhold med symbolet: *. Disse analyser anbefales fremmet, da de afgørende som basis for det videre arbejde.

Beskrivelse	Fase	Prioritering
Hydraulisk grundlag * Hydrauliske studier for kortlægning af lokale bølge-, strøm- og vandstandsforhold omkring Svendborg Havn. Dataniveauet for Svendborg er meget tyndt, og alle forhold skal vurderes ud fra kendte forhold ved Fåborg og andre fjerne lokaliteter. Måledata på strøm, bølger og vandstand kan være nødvendigt at tilvejebringe for kalibrering af modeller. Kendskabet til risikoniveauet for østlige storme skal evalueres, da dette forhold mangler i statistikken anvendt til opstilling af højvandsstatistik. Samtidighed mellem højvande og bølge for forskellige lokaliteter skal vurderes for at redegøre for nødvendigt tillæg på kote af stormflodsbeskyttelse ift. bølger.	Forstudie	Nødvendig

Kortslutninger i afløbssystemer under stormflod * Detaljeret redegørelse for kortslutninger i afløbssystemer mellem forside og bagside af stormflodsbeskyttelsen med forslag til løsninger. Det vil indebære en detaljeret inspektion af ledningssystemer og kortlægning af ukendte systemer og sammenhænge, således de rette tiltag kan identificeres og prioriteres. Desuden skal der fastlægges acceptable teknisk løsninger på at sikre mod kortslutning via hovedledninger til opsamlingsbassinet i Jessens Mole, Nordre Havnevej og Østre Havnevej.	Forstudie	Nødvendig
Regnvandshåndtering under højvande * Afløbssystemet skal analyseres ift. kapacitet og udledning under relevante højvandssituationer. Arbejdet skal redegøre for håndtering af de forskellige udledningspunkters udfordringer ift. ændret vandstand i havnebassinerne under kraftige regnskyl eller længevarende regn. Samtidighed mellem skybrud og højvande er en kritisk parameter, og det anbefales at inkludere statistiske modeller til at redegøre for risikoen, da der er stor usikkerhed i forventninger til ændringer i fremtidens klima. Betydningen af overløb fra fællessystemer og forurening af vandmiljøet bør undersøges for situationer, hvor Træskibshavnen og evt. Nordrehavnebassin aflukkes under højvande og vandudskiftning generelt reduceres pga. tætte dæmningskonstruktioner.	Forstudie	Nødvendig
Påvirkninger på Havneparkens opsamlingsbassin Opsamlingsbassinet ved havneparken risikerer oversvømmelse og dermed risiko for indstrømmende havvand og vandtrykpåvirkning. Risikoen og konsekvensen skal undersøges nærmere og løsningsforslag skal opstilles så bassinet beskyttes.	Forstudie	Nødvendig ved strategi B, hvis bassinet har relevans i fremtidens afløbssystem
Forudsætning for lukning af stormflodsporte og lukkehyppighed Ved anvendelse af stormflodsporte skal forudsætninger for lukning fastlægges. Lukning afhænger både af hensynet til oversvømmelse af arealer, vandudskiftning, påvirkning af afløbssystem, skibsadgang, miljømæssige forhold osv. Ud fra forudsætninger omkring lukning opsættes forventninger til fremtidige middelhavsstigninger og i kombination med en forbedret indsigt i lokale	Forstudie og opdateres fortløbende	Nødvendig

vandstandsvariationer estimeres forventninger til lukke-hyppighed. Analyse af lukkeniveauer og udarbejdelse af beredskabsprotokol skal tage udgangspunkt i Svendborg Havns vandstandsmålinger, med undersøgt korrelation til andre målestationer i området for at sikre bedre prognose, aktion og beredskab, trods vandtandsmåler udfald.		
Overblik over levetid på eksisterende anlæg Vandkanten langs Svendborg Havn består i hovedtræk af kajanlæg i blandet udformning og alder. Der er gennemført en foreløbig screening af kajanlæg for at vurdere deres forventede udskiftningstidspunkt pga. nedbrydning samt værdi (skøn på udskiftningsomkostning). Det vil være en fordel at have et mere detaljeret overblik over forventet levetid på flere vigtige anlæg, som kan komme i spil ift. fremtidige anlæg af beskyttelse. Opgaven kan gennemføres i forbindelse med gennemførelse af generaleftersyn.	Forstudie	Mulighed
Udviklingsplaner Kortlægning af interessenters udviklingsplaner for at fremme sammentænkning af forandringer i by- og erhvervsudvikling. Både den bymæssige og erhvervsmæssige udvikling skal inkluderes, dvs. værfter, færgeterminaler, byomdannelse mv.	Forstudie og opdateres fortløbende	Mulighed
Nybyggeri – stormflodsbeskyttelse Der skal tages en politisk beslutning om, hvilke koter nybyggeri skal have, da en sokkelkote lig den fælles design vandstandskote gør, at ejendomme ikke kan bidrage i lige så høj grad, da nytteværdien falder.	Forstudie	Værdifuld
Screening af miljøpåvirkninger En indledende screening af miljøpåvirkninger, evt. gennemført ved VVM-screening kan redegøre for krav om Miljøkonsekvensvurdering. Det kan samtidig identificere evt. kritiske miljømæssige forhold, der kan søges forebygget så krav om vanskelige afværgetiltag kan imødegås.	Forstudie	Værdifuld
Livscyklusvurdering (LCA) LCA på alle konstruktive forandringer for at kortlægge påvirkninger og vurdering af anlæggenes miljømæssige	Projektforslag	Mulighed, måske nødvendig

aftryk. Nuværende lovgivning stiller ikke krav til anlægsprojekter, men det er netop indført i bygningsreglement, og flere offentlige virksomheder implementerer løbende krav særligt for nedbringelse af $C0^2$.		
Geotekniske undersøgelser Indsamling af data, herunder udførelse af boringer på land og vand for at indsamle den nødvendige viden for design af stormflodsbeskyttelse. Det geotekniske grundlag er afgørende for fastlæggelse af tekniske løsninger og deres prissætning.	Projektforslag	Nødvendig
Skitsedesign og anlægsbudgettering Design af løsninger langs beskyttelsesstrategien som grundlag for anlægsbudgetter og opstilling af beslutningsgrundlag.	Projektforslag	Nødvendig
Ejerforhold klarlægges og bidragsfordeling fastlægges Endelig afklaring af ejerforhold og dermed bidragsydere til henholdsvis anlæg, drift og vedligeholdsfasen.	Projektforslag/ Myndighedsprojekt	Nødvendig
Miljøkonsekvensvurdering Etablering og udvidelse af kystbeskyttelse på og langs de danske kyster forudsætter en tilladelse efter kystbeskyttelsesloven. Der skal forventes krav om Miljøkonsekvensvurdering, jf. lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM).	Myndighedsprojekt	Nødvendig
Verifikation af sejladsforhold Afhængig af portåbning og den endelige placerings design og udformning, forventes en verifikation af sejladsforhold.	Myndighedsprojekt	Nødvendigt ved strategi A
Beredskabsplan inkl. varslingsprotokol Der skal udarbejdes en beredskabsplan for det samlede anlæg inkl. varslingsprotokol.	Projektforslag/ Myndighedsprojekt	Nødvendig

Det er vigtigt at beslutte og prioriterer følgende:

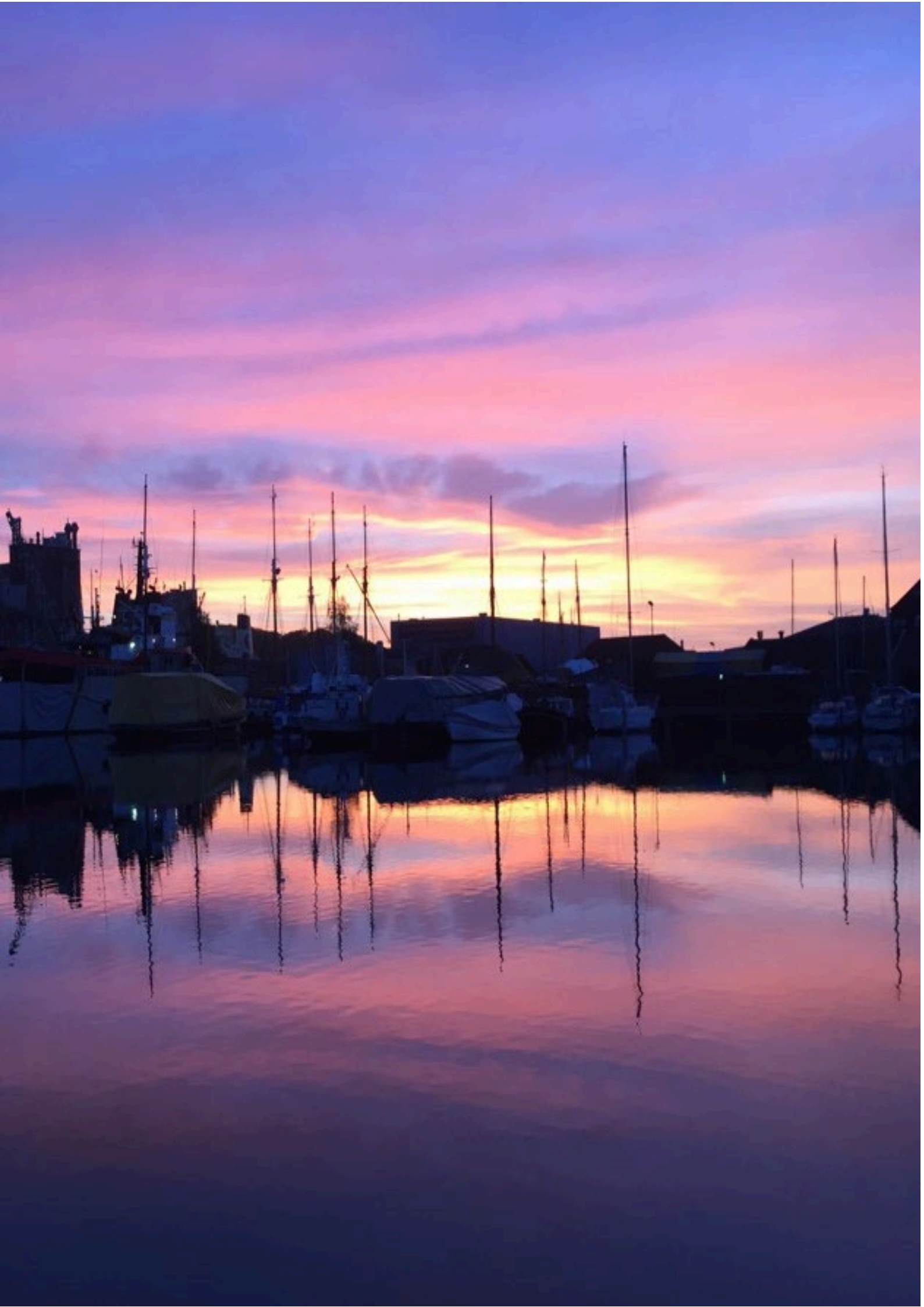
- ***Tidsplan for Den Blå Kant?*** Hvor lang tid vurderes det rimeligt at disponere over i forhold etablering af stormflodsbeskyttelse – for det samlede område og for delområder? Enighed om en tidsplan vil kunne rammesætte, hvornår der skal igangsættes relevante analyser, planlægning af inddragelsesproces og afsætning af midler til finansiering af anlæg.

- ***Ønskes en løbende beslutningsproces vedrørende valg af stormflodsbeskyttelse?*** Handleplanen åbner op for at man kan afvente med at træffe endelig beslutning om, hvorvidt man vil beskytte med en strategi A eller strategi B. Der knytter sig fordele og ulemper til at vælge at vente og evaluere etapevis eller vedtage en samlet løsning fra start. Vælges en samlet realisering er formidling, finansiering og tidsplan sat i faste rammer og et arbejde med færre uforudsete kan igangsættes. Vælges det derimod at arbejde med et etapedelt forløb, hvor valg af beskyttelsesløsning tages løbende, sætter det andre og mere komplekse krav til dialog, finansiering og analyser. Omvendt bevares muligheden for en mere dynamisk proces med større fleksibilitet og løbende tilpasning.

- ***Bidragsfordeling?*** Skal en stormflodsbeskyttelse af Svendborg by og havn finansieres med midler fra bl.a. en bidragsfordeling af nyttedragere? Dette emne bør besluttes politisk på et principielt plan, da det er af afgørende betydning i borgerdialogen, finansiering og til dels også i fremtidig byudvikling.

- ***Realisering af etape 1?:*** Der skal arbejdes videre med design af etape 1, herunder skal der udføres analyser i forbindelse med miljøkonsekvensvurdering, finansiering og organisering. Politisk er der opbakning til projektforslaget. Derfor er det vigtigt fortsat at bakke op og træffe beslutningen om at gennemføre det gode demonstrationsprojekt.

- ***Samarbejdsaftale - dialog og partnerskaber?*** Indgående dialog og forhandlinger med forsyning Vand & Affald skal ske om en fælles plan mod realisering af et klimasikret by- og havneområde. Derudover skal en større borger- og interessentinddragelsesproces igangsættes/fortsættes således opbakning bl.a. nyttedragerene kendes.



9. REFERENCER

COWI. (2017). *Byernes udvikling ift. udfordringerne med havvand og stormflod.* Realdania.

COWI. (2022). *Egnede positioner for etablering af ny vandstandsmåler.*

DMI. (2022a). *Data vedr. vandstand og stormflod*. Hentet fra DMI Klimaatlas: https://www.dmi.dk/klima-atlas/data-i-klimaatlas/?paramtype=sea&maptype=kyst

DMI. (2022b). *Data vedr. nedbør*. Hentet fra https://www.dmi.dk/klima-atlas/data-i-klimaatlas/?paramtype=prec&maptype=kom

DTU Space, u. v.-o. (u.d.). *Klimatilpasning og detaljerede højdedata.* https://www.klimatilpasning.dk/media/356781/klimaogh_jdedataendelig__1_.pdf.

Kluijver, M., Dols, C., Jonkman, S., & Mooyaart, L. (2019). *Advances in the Planning and Conceptual Design of Storm Surge Barriers.*

KommuneKredit. (2020). *Årsrapport 2020.* https://www.kommunekredit.dk/investor/rapporter/. Hentet fra Årsrapport 2020.

KommuneKredit. (2021). *Lån i KommuneKredit*. Hentet fra https://www.kommunekredit.dk/laan/laan-i-kommunekredit/.

LNH Water. (2022). *Kortlægning af oversvømmelsesrisiko - Svendborg Havn.*

SCALGO. (2022). *Scalgo Live - Oversvømmelsesanalyseværktøj*. Hentet fra https://scalgo.com/live/

Svendborg Spildevand. (2018). *Notat vedr. omkostninger i forbindelse med sikring mod stormflod ved Svendborg Havn.*

Svendborg Vand og Affald. (2022). *Kortviser - ledningsnet*. Hentet fra http://kortviser.dk/UsersNormal/Default.aspx

WSP. (2022). *Højvandssikring, Søndre Havn.*