

Rapport om beregninger af de økonomiske skader ved oversvømmelser fra stormflod fra fjorden og virkningen af klimatilpasning for alternative scenarier for udvikling i havneområdet i Aabenraa frem til år 2121

DTU 19. august 2021

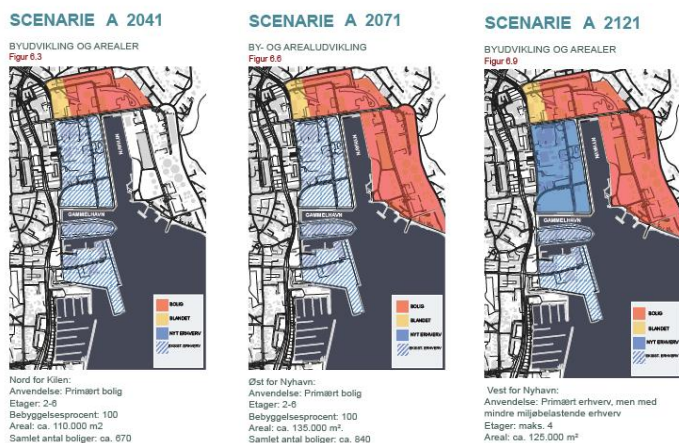
Kirsten Halsnæs, Morten Andreas Dahl Larsen og Per Kaspersen

DTU har som led i Realdaniaprojektet "Aabenraa og Fjorden – scenarier for fremtiden" foretaget beregninger af oversvømmelser og økonomiske skader for fire scenarier for byudvikling og højvandssikring i Aabenraa. Baseret på GIS-materiale om havneområdets udvikling for en periode frem til 2041, 2071 og 2121 har DTU beregnet vandstand og skadesomkostninger på distribueret niveau i GIS format for boliger og erhvervsbygninger og for blandet bolig og erhverv. Oversvømmelsesberegningerne er foretaget med DHI's FloodRisk model (DHI, 2021) og økonomiske skader er beregnet med DTUSkadesØkonomi model (DTU, 2021) - se en kort beskrivelse af DTU modellen i Annex A. Beregningerne afspejler alternative stormflodsniveauer, hvor der fra kommunens side samtidig er forudsat højvandssikring på 2,5 m i tre af scenarierne og højvandssikring på 3,35 m i et af scenarierne, som sikrer hele byen. Stormflodsscenarierne som er omfattet af beregningerne inkluderer højvandssikringsniveauer på henholdsvis 2,5 m og 3,35 m. For begge disse sikringsniveauer er der simuleret stormflodsniveauer på -10 cm, 0 cm og +10 cm af sikringsniveauet, dette for at teste digets effekt omkring sikringsniveauet, samt for stormfloder som overstiger sikringsniveauet. Opsummeret giver det ni kombinationer:

- 2,5 m sikringsniveau (stormfloder på 2,4 m, 2,5 m, 2,6 m, 3,35 m og 4,35 m)
- 3,35 m sikringsniveau (stormfloder på 3,25 m, 3,35 m, 3,45 m og 4,35 m)

De fire alternative byudviklingsscenarier er beskrevet i rapporten "Aabenraa og fjorden. Scenarier for fremtiden".

Der er foretaget oversvømmelsesberegninger for fire scenarier, hvor udelukkende konsekvenserne for boliger og erhvervsbygninger er undersøgt. Udover planer for disse bygninger indeholder scenarierne også planer for rekreative områder og kulturelle institutioner i områderne, se rapporten "Aabenraa og fjorden. Scenarier for fremtiden" for en nærmere beskrivelse af scenarierne. Scenarierne omfatter et nul-scenarie, hvor det forudsættes, at bygningerne i havneområdet forudsætter uændret som i dag indtil år 2121, men med en mindre tilgang af boliger og et museum nord for Kilen, og så scenarierne A, B og C, som er illustreret nedenfor i figur 1.



SCENARIO B 2041

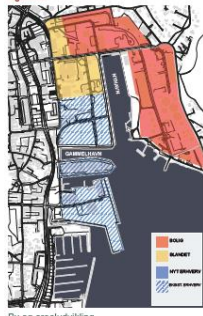
BYUDVIKLING OG AREALER
Figur 6.13



Nord for Kilen:
Anvendelse: Primært bolig
Etager: 2-4
Bebyggelsesprocent: 80
Areal: ca. 110.000 m²
Samlet antal boliger: ca. 500

SCENARIO B 2071

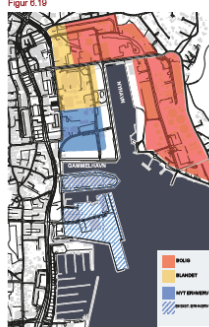
BY- OG AREALUDVIKLING
Figur 6.16



Øst for Nyhavn:
Anvendelse: Primært bolig
Etager: 2-9
Bebyggelsesprocent: 90
Areal: ca. 135.000 m²
Samlet antal boliger: ca. 750

SCENARIO B 2121

BYUDVIKLING OG AREALER
Figur 6.19



Vest for Nyhavn:
Anvendelse: Nordlig del: Bladet bolig og erhverv, sydlig del: Primært erhverv.
Etager: maks. 4
Areal: ca. 125.000 m²

SCENARIO C 2041

BYUDVIKLING OG AREALER
Figur 6.23



Nord for Kilen:
Anvendelse: Primært bolig
Etager: 2-4
Bebyggelsesprocent: 80
Areal: ca. 110.000 m²
Samlet antal boliger: ca. 500

SCENARIO C 2071

BY- OG AREALUDVIKLING
Figur 6.26



Øst for Nyhavn:
Anvendelse: Primært bolig
Etager: 6-10
Bebyggelsesprocent: 80
Areal: ca. 135.000 m²
Samlet antal boliger: ca. 750

SCENARIO C 2121

BYUDVIKLING OG AREALER
Figur 6.29



Øst for Nyhavn:
Anvendelse: Bladet bolig og erhverv, midterlige anvendelser
Etager: maks. 4
Areal: ca. 125.000 m²

Figur 1. Scenarie A, B og C for udviklingen i boliger og erhvervsbygninger i havneområdet i Aabenraa for 2041, 2071 og 2121.

Som det ses af figur 1 lægger scenarie A mere vægt på erhvervsbygninger set i forhold til boliger og blandet erhverv og boliger sammenlignet med scenarie B og endnu mere markant sammenlignet med scenarie C. I scenarie C er boligerne på øst siden af havneområdet trukket væk fra lavtliggende områder nærmest havnebassinet Nyhavn.

Oversvømmelsesberegningerne forudsætter, at alle nye bygninger i havneområdet er sikret til kote 2,5 m, og da kajkanten er antaget at ligge i kote 2, skal der være mere end 0,5 m på terræn for at medføre skader. I scenarie C er sikringsniveauet fastsat til at være 3,35 m for hele byen.

Der er forudsat en gennemsnitlig størrelse på alle nye bygninger i scenarierne som følger:

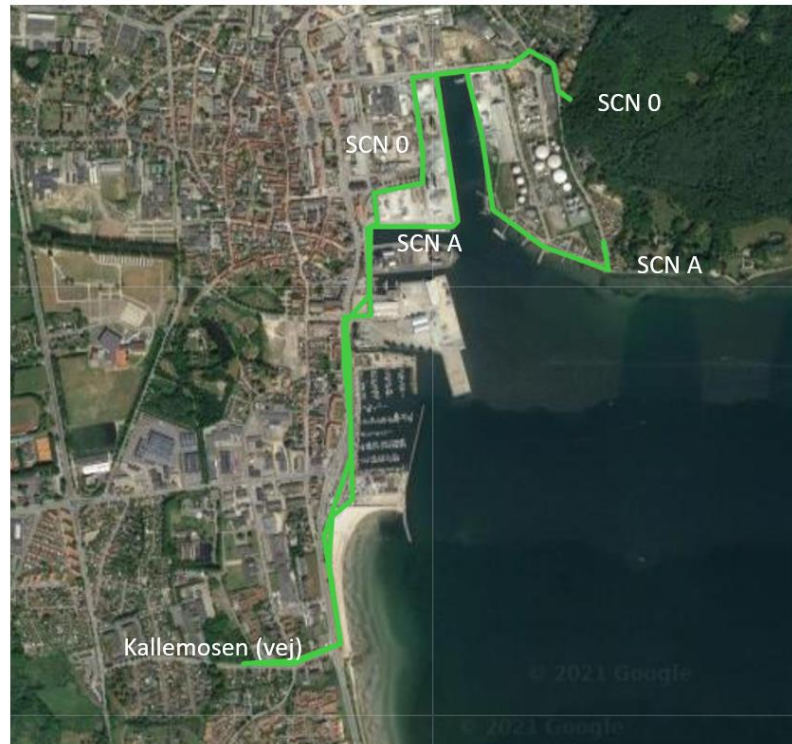
- Nye erhvervsbygninger har en størrelse på 500 m².
- Nye boliger har en størrelse på 100 m².
- Nye erhvervsbygninger i områder med blandet bolig og erhverv har en størrelse på 200 m².

I forbindelse med beregningerne er der lagt en højvandsikring ind til beskyttelse af havneområdet svarende til ovenstående sikringsniveau for nul scenariet, og for scenarierne A, B og C, se figur 2.

Placering af højvandssikring

Længde af højvandssikring:

SCN A, B og C: 3.6 km



Figur 2. Oversigt over placering af højvandssikringen til beskyttelse af havneområdet fra oversvømmelse i Aabenraa. Placering af scenarie A svarer overordnet til scenarierne B og C. Bemærk, at højvandssikringen forløber indtil Kallemosen og ikke blot indtil Mølleåens udløb/Sydhavnen, som udgør den sydlige afgrænsning af projektområdet.

Højvandssikringens placering dækker kun interesseområdet og ikke den sydlige del af Aabenraa, som aftalt i projektet. Højvandssikringens start/slut-punkter er ført ind i terræn som lægger over den simulerede stormflodskote, men samtidig med fokus på en logisk placering langs veje.

Effekten af højvandssikringerne er beregnet på basis af yderligere forudsætninger om:

- Etablering af højvandslukker på brønde for alle kloakeringsforbindelser mellem beskyttet og ikke-beskyttet side (passage er ellers detekteret).
- Etablering af pumpe som er i stand til at fjerne opstuvet vand fra Mølleåen til hav. I indeværende beregninger regnes med en vandføring i Mølleåen på $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ svarende til baseflow (årligt minimum), men markante opstuvninger er detekteret ved større vandføringsniveauer og længere varigheder.
- At stormflodens varighed er 6 timer på maks-niveau, hvilket er vurderet ud fra tidligere storme for Aabenraa. Da der benyttes en dynamisk stormflodsmodel vil varigheden påvirke omfanget af det oversvømmede areal.

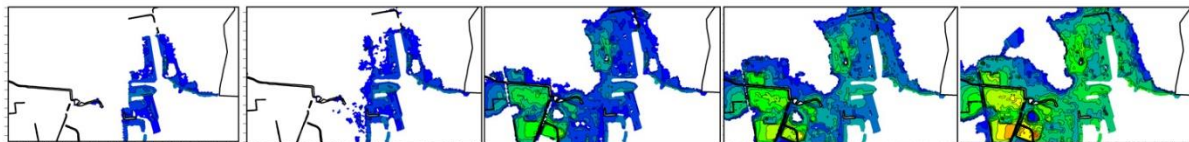
Figur 3 viser oversvømmelserne i scenarierne nul og A, B og C ved alternative stormflodsniveauer og en højvandssikring på henholdsvis 2,5 m og 3,35 m.

Oversvømmelsesberegninger

Stormflodskørsler – effekt af højvandssikring

- Der antages højvandsslukker på brønde på havnesiden (passage er ellers detekteret)
- Der forekommer mindre oversvømmelser fra vandløb ved baseflow (0.15 m³/s) pga opstuvning og højvandssikring = pumpe skal på ved højere vandføringsniveauer.

Scenarie 0 (2.5 m beskyttelse)



Stormflod: 2.4 m

Højvandssikring 10 cm over stormflod = fuld beskyttelse

2.5 m

Højvandssikring = stormflodsniveau

2.6 m

Højvandssikring 10 cm under stormflod

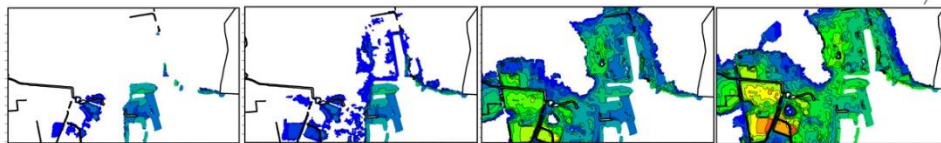
3.35 m

Effekt af højvandssikring

4.32 m

Effekt af højvandssikring væk (ens niveau)

Scenarie A (3.35 m beskyttelse)



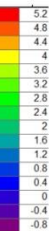
Stormflod: 3.25 m

3.35 m

3.45 m

4.32 m

Ens legende for alle plots (m)



Figur 3. Oversvømmelsesberegninger for havneområdet i Aabenraa med alternative sikringsniveauer og stormfloder.

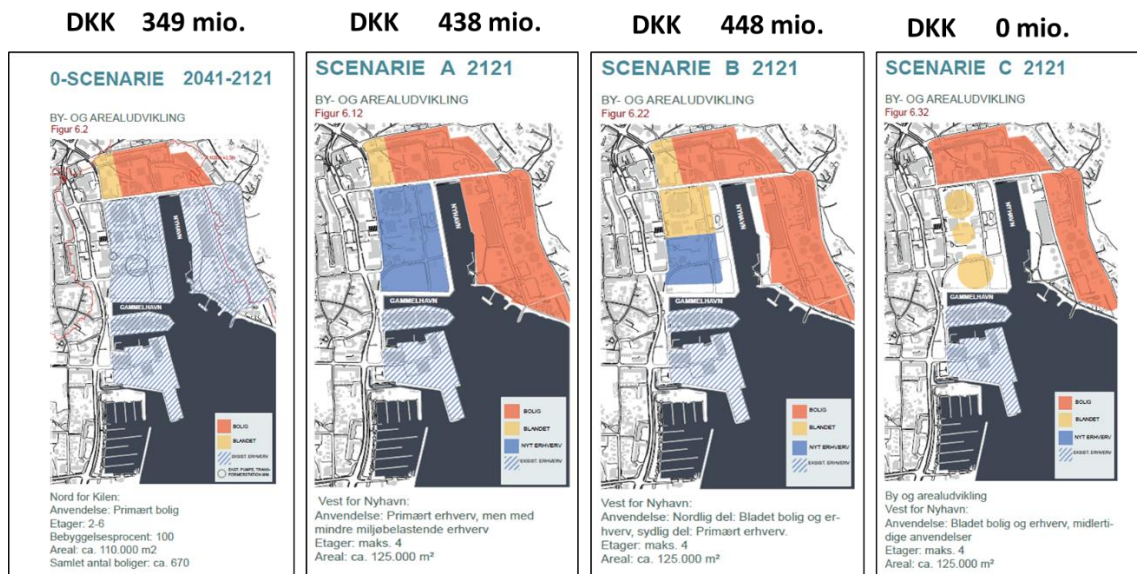
Det ses af figur 3 at højvandssikringen beskytter fuldstændigt for stormfloder som er i niveauet -10 cm af sikringen (henholdsvis 2,4 m og 3,25 m - forudsat at højvandsslukker og pumpe er etableret og aktiveret). For stormfloder som har et niveau svarende eksakt til sikringsniveauet (henholdsvis 2,5 m og 3,35 m) forekommer mindre, men relativt ubetydelige, oversvømmelser – disse beregninger blev udført som et tjek af modellens opførsel. For stormfloder som er bare +10 cm af sikringsniveauet (henholdsvis 2,6 m og 3,45 m) ses markante oversvømmelser og det samme gør sig derfor også gældende for større stormfloder igen. For stormfloder som bare overstiger sikringsniveauet en lille smule er oversvømmelsesomfanget meget sensitivt overfor stormflodens varighed. Der ses desuden ikke en markant forskel i det arealmæssige omfang af oversvømmelser for stormfloder på 3,35 m og 4,35 m, hvilket hænger sammen med topografien i området, men for sidstnævnte ses alligevel markant større vanddybder på terræn, hvilket stadig vil bevirke større skader og dertil hørende omkostninger.

I forbindelse med skadesberegningerne er der gjort en række antagelser om nye bygninger i havneområdet som følger:

Oversvømmelsesberegninger for scenarierne

I det følgende gennemgås resultaterne af oversvømmelsesberegninger for de fire alternative scenarier for havneområdet i Aabenraa for de alternative forudsætninger om stormflodsniveauer og sikringshøjder. I beregningerne vil både indgå oversvømmelser for eksisterende og nye bygninger i havneområdet og i resten af Aabenraa by, og skaderne ved oversvømmelser i disse to områder opgøres separat.

Den følgende Figur 4 viser skaderne ved et stormflodsniveau på 3,35 m og ved et 2,5 m sikringsniveau i scenarierne nul, A og B og et sikringsniveau på 3,35 m i scenarie C i år 2021.



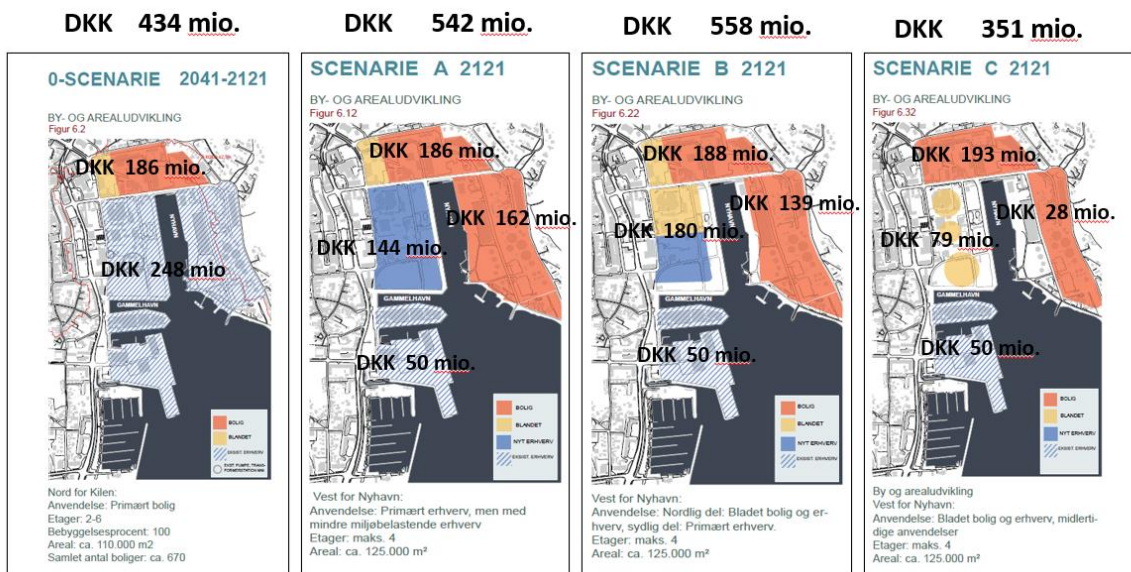
(Nuværende bygninger i havneområde = 283 mio., Nuværende bygninger hele Aabenraa inklusive havnearealerne = 1,3 mia.)

Figur 4. Skadesberegninger for en stormflod på 3,35 m og sikringsniveau på 2,5 m for scenarierne nul, A og B og et sikringsniveau på 3,35 m i scenarie C i år 2021.

Beregningerne for hele Aabenraa, hvor det er forudsat, at hele bygningsmassen fortsætter uændret fra 2041 til 2121 med en mindre tilføjelse af byggeri i den nordlige del af havnen (0-scenariet), og med et sikringsniveau på 2,5 m, indebærer skader på i alt 1,3 mia. kr. for hele Aabenraa og for nuværende bygninger i havneområdet på 283 mio. kr. Som vist tidligere i figur 3, så spiller sikringsniveauet på 2,5 m ingen rolle ved dette stormflodsniveau, da vandet spreder sig ind over hele området i havnen og i byen.

Skaderne ved dette oversvømmelsesscenarie i selve havneområdet ligger på et fælles niveau på omkring 440 mio. kr. i A og B scenarierne, men der vil ingen skader være i scenarie C pga sikringsniveau på 3,35 m.

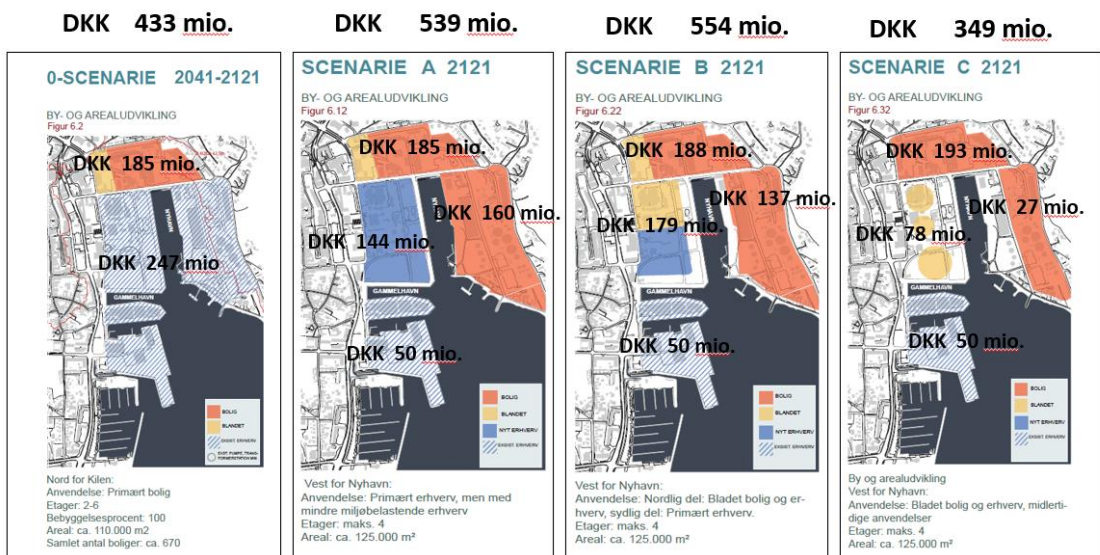
Nedenstående Figur 5 viser skadesberegninger ved en stormflod på 4,35 over havniveau og 2,5 m sikring i år 2121, men med sikring på 3,35 m for C scenariet. Skaderne er nu stigende i alle scenarierne, og der ses specielt en stor stigning fra skader på 1,3 mia. kr. for hele Aabenraa og op til 1,7 mia. kr., når stormflodsniveauet øges fra 3,35 m til 4,35 m.



(Nuværende bygninger i havneområde = 352 mio., Nuværende bygninger hele Aabenraa inklusive havnearealerne = 1,7 mia.)

Figur 5. Skadesberegninger for en stormflod på 4,35 m og sikringsniveau på 2,5 m for nul scenariet og A og B scenarierne, og på 3,35 m for C scenariet for havnen i Aabenraa

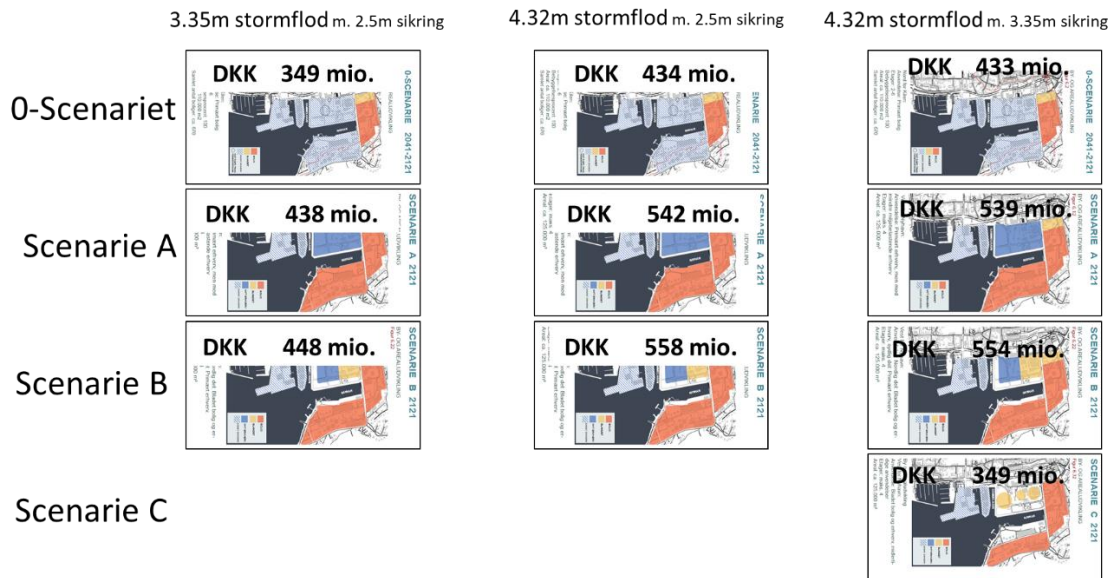
Den følgende figur 6 viser skaderne i havneområdet ved et stormflodsniveau på 4,32 m og et sikringsniveau på 3,35 m. I dette tilfælde er skaderne ikke så afvigende fra det tidligere scenarie med 4.32 m stormflodsniveau og 2,5 m sikring i 0-scenariet og scenarie A og B, og med sikrings på 3,35 m i scenarie C, da vandet ved denne storm vil løbe ind over sikringsniveauerne.



(Nuværende bygninger i havneområde = 351 mio., Nuværende bygninger hele Aabenraa = 1.7 mia.)

Figur 6 Skadesberegninger for en stormflod på 4,35 m og sikringsniveau på 3,35 m for fire alternative udviklingsscenarier for havnen i Aabenraa

En samlet oversigt over alle skadesberegninger ved oversvømmelser er vist i figur 7.



Figur 7. Oversigt over alle skadesberegninger på havnearealerne

En mere general konklusion, som kan drages på baggrund af sammenstillingen af alle kombinationer af stormflodshændelser og sikringsniveauer, som er vist i figur 7 er, at der ikke er stor forskel på skadesomkostningerne i havneområdet i nul scenariet og i scenarierne A og B i tilfældet med 2,5 m sikringsniveau og et stormflodsniveau for henholdsvis 3,35 m og 4,32 m, og disse små forskelle må også ses i lyset af usikkerhederne knyttet til stormflodsberegningerne. I scenarie C er der noget mindre forskel på disse stormflodsscenarier, hvilket afspejler et højt sikringsniveau på 3,35 m for hele byen i alle stormflodsscenarier. Samtidig kan det ses, at i tilfældet med et 4,32 m stormflodsniveau, så er der ret begrænset forskel i skadernes omfang i havneområdet uanset om sikringsniveauet er 2,5 m eller 3,35 m. Til gengæld er der i dette tilfælde stor forskel på skaderne i et tilfælde af 3,35 m stormflod og et sikringsniveau på 2,5 m versus 3,35 m.

Hvis et sikringsniveau på 4,35 m blev etableret ville skadesomkostningerne ved et stormflodsniveau være nær nul, men en vurdering af investeringerne i alternative sikringsniveauer kræver, at der også tages højde for hyppigheden af de alternative stormflodsniveauer, som behandles i næste afsnit.

Skadesomkostninger og risiko i scenarierne

Overstående beregninger over omkostninger ved oversvømmelser i Aabenraa havn og by er kun en del af de nødvendige elementer i en økonomisk vurdering af, hvilke sikringsniveauer, som det kan betale sig at investere i. Det er her relevant at fokusere på den forventede risiko for, at der opstår skadesomkostninger ved oversvømmelser, som de beregnede, og det afhænger af en vurdering af hyppigheden af de enkelte oversvømmelsehændelser dvs. hvor ofte givne hændelser kan forventes at komme i tidshorizonten indtil år 2121, som vi vurderer investeringer i sikring i forhold til.

Rent teknisk kan det formuleres som, at i forbindelse med specifikke stormflodsniveauer ligger bagvedliggende forudsætninger om gentagelsesperioden for stormflods niveauerne, som f.eks. om det forventes, at returperioden er 20 år, 50 år, 100 år, 1000 år eller mere for specifikke stormflodsniveauer. Stormflodsniveauer med kort gentagelsesperiode som f.eks. 20 år forventes at komme flere gange indenfor tidshorizonten på 100 år som i nærværende beregninger. Udover forventede gentagelsesperioder for stormfloder afhænger stormflodsniveauet også af havstandsstigninger som følge af klimaændringer.

Det skal her bemærkes, de officielle returperioder, som eksempelvis benyttes af Kystdirektoratet, baserer sig på konsistente og officielle målinger foretaget i danske havne i løbet af de sidste ca. 150 år, men for nogle havne kun i omtrent 20-30 år. Den resulterende returperiodestatistik for et givet område er enormt afhængig af forekomsten af ekstremhændelser i den periode som benyttes. Derfor har alternative analyser, deriblandt foretaget af COWI, inkluderet hændelser som ligger længere tilbage, inklusiv eksempelvis 1872-stormen som lige præcis ikke er med i de officielle statistikker, men også hændelser helt tilbage til år 1044. Disse analyser indebærer dog en usikkerhed, idet metodikken mestendels inkluderer fortællinger om eller fysiske markeringer af vandstande inklusive udenfor Danmark (bl.a. Tyskland). Hændelserne skal derfor ekstrapoleres i både tid og rum samt korrigeres for bl.a. havspejlsændringer og land-hævning/sænkning. For sidstnævnte metode vil en given returperiode såsom 100 år resultere i et markant højere stormflodsniveau, og enhver reference til returperioder bør derfor beskrive, hvilken metodik man opererer indenfor.

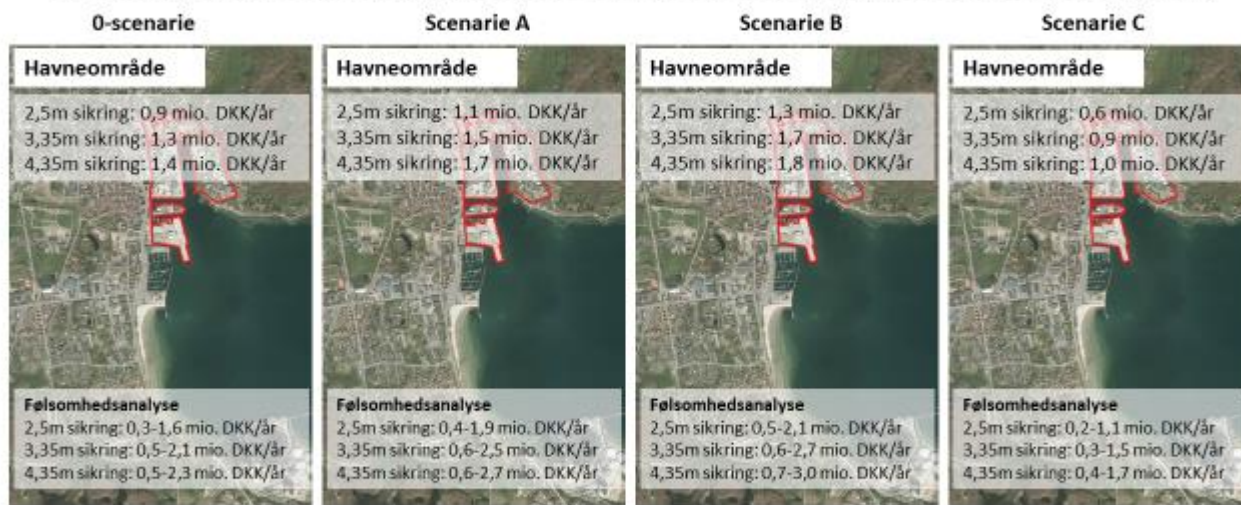
Helt konkret beregnes risikoen for, at stormfloder afstedkommer givne økonomiske skader som produktet af skaderne ved et givet stormflodsniveau for de enkelte udviklingsscenarier for havneområdet og sandsynligheden for stormflodsniveauet. Det betyder, at hvis f.eks. risikoen for skader ved et stormflodsniveau svarende til, hvad der sker en gang hvert hundrede år, så vil risikoen i perioden ind til 2121 være omkostningen ved en sådan oversvømmelse multipliceret med 1. Hvis det til gengæld var en oversvømmelse, som kun kunne ske hver tusinde år, så vil risikoen være 0,1 for en hændelse gennem 100 år, hvilket vil reducere vægten af skadesomkostningerne ved en sådan oversvømmelse.

På basis af to alternative sæt af forudsætninger om hyppigheden af oversvømmelsesbegivenheder er den forventede reduktion i skadesomkostninger målt ud fra risikoprincipper beregnet som vist i Figur 8a og 8b for henholdsvis havneområdet i Aabenraa og hele Aabenraa. Der fokuseres her på reduktionen af risikoen for skader, da dette estimat er direkte relevant at sammenligne med omkostningerne til bygning af højvandssikringer.

Den forventede reduktion af skadesomkostninger i form af risiko er her beregnet som nutidsværdier af skader over tid regnet tilbage til 2021 niveau med en såkaldt diskonteringsfaktor.

Diskonteringsfaktoren er en rente, der afspejler, hvad pengestrømme i fremtiden er værd sammenlignet med nutiden. En diskonteringsrente på 3% er anvendt i forbindelse med beregningerne. I forbindelse med risikoberegningerne er der foretaget en følsomhedsanalyse (se nederst i figurerne), som viser forskellen mellem alternativerne for, hvor hyppigt stormflodsniveauerne forventes (se ovenstående). Risikoniveauerne vist øverst i figurerne viser, medianen fra følsomhedsanalyserne for hyppigheden af stormfloderne.

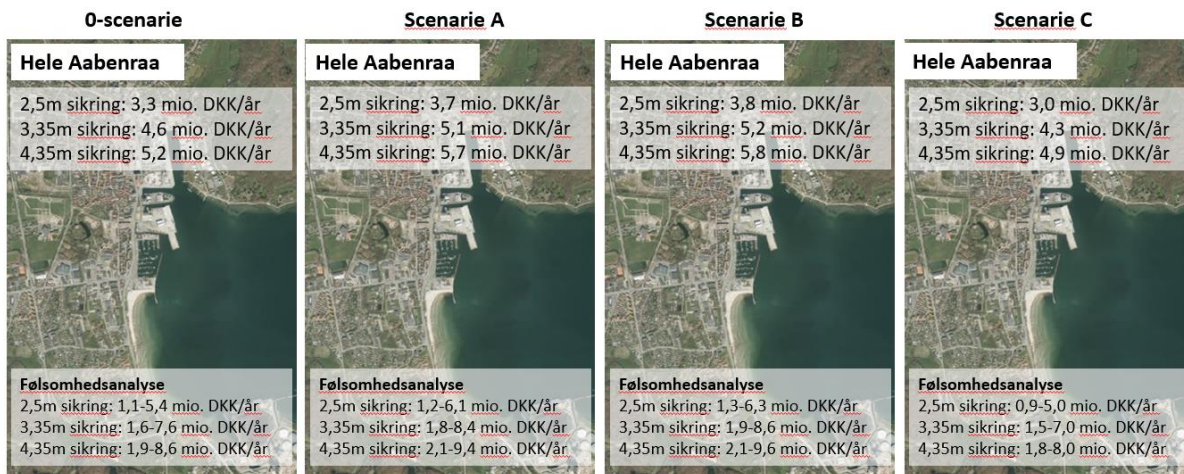
Reduktion af skader (i nutidsværdi) ved etablering af højvandssikring



Forudsætninger:

En 2,5m stormflod har en returperiode på mellem 100-1000år i dag og 25-100år i år 2120 med henholdsvis høj og lav hyppighed. En 3,35m stormflod har en returperiode på mellem 300-2000år i dag og 100-300år i år 2120 med henholdsvis høj og lav hyppighed. En 4,32m stormflod har en returperiode på mellem 1000-5000år i dag og 300-1000år i år 2120 med henholdsvis høj og lav hyppighed. 3% diskontering.

Figur 8a Reduktion i skaderne målt som risiko beregnet som nutidsværdi per år ved etablering af højvandssikring for havneområdet. Øverst vises medianværdien for hyppigheden af stormflodsniveauerne og nederst viser følsomhedsanalysen intervallet for risikoberegningen svarende til høje og lave forudsætninger om hyppigheden af stormflodsniveauerne (kr./år). Skadesreduktionen er for de enkelte sikringsniveauer beregnet som forskellen i skader med og uden et sikringsniveau i de enkelte scenarier på henholdsvis 2,5 m, 3,35 m eller 4,35 m.



Forudsætninger:

En 2,5m stormflod har en returperiode på mellem 100-1000år i dag og 25-100år i år 2120 med henholdsvis høj og lav hyppighed. En 3,35m stormflod har en returperiode på mellem 300-2000år i dag og 100-300år i år 2120 med henholdsvis høj og lav hyppighed. En 4,32m stormflod har en returperiode på mellem 1000-5000år i dag og 300-1000år i år 2120 med henholdsvis høj og lav hyppighed. 3% diskontering.

Figur 8b Reduktion i skaderne beregnet som nutidsværdi per år i form af risiko ved etablering af højvandssikring for hele Aabenraa (kr./år). Skadesreduktionen er for de enkelte sikringsniveauer beregnet som forskellen i skader med og uden et sikringsniveau i de enkelte scenarier på henholdsvis 2,5 m, 3,35 m eller 4,35 m.

Som det ses af figur 8a og 8b er der for alle scenarierne en relativ stor stigning i reduktionen af skadesomkostningerne målt som risiko når sikringsniveauet øges fra 2,5 m til 3,35 m. Forskellen i værdien af de reducerede skader er ret ensartet mellem scenarie A, B og C. Reduktionen i

skadesomkostningerne målt i risiko er til gengæld ikke så store, hvis sikringsniveauet øges fra 3,35 m til 4,35 m, og det skyldes i høj grad, at stormflodshændelser over et niveau på 3,35 m. forventes at være meget sjældne. En meget bemærkelsesmæssig forskel ses af følsomhedsanalysen, som afspejler forskellige forudsætninger om hyppigheden af hændelser, hvor intervallet er meget stort imellem de skønnede omkostningsreduktioner målt som risiko. Figur 8b, som viser reduktionen af skadesomkostninger for hele Aabenraa givet forskellige sikringsniveauer viser tilsvarende resultater, som for havneområdet isoleret.

Set i forhold til omkostningerne ved højvandssikringen i de enkelte scenarier kan det betale sig at afholde omkostninger svarende til reduktionen i skadesomkostningerne målt som risiko svarende til estimaterne i figur 8a og 8 b.

Usikkerheder

Beregningerne af risikoen ved oversvømmelser i de alternative scenarier beror som beskrevet i ovenstående på en lang række forudsætninger om hyppigheden af hændelser med forskellige vandstands niveauer, om udbredelsen af vandet ved oversvømmelseshændelserne, om skaderne ved oversvømmelse af bygningerne samt om skadesreduktionen som følge af højvandssikringer. Følsomhedsanalysen i foregående afsnit har adresseret en del af disse usikkerheder, og det blev her særligt konkluderet, at usikkerhed om hyppigheden af forskellige stormflodsniveauer spiller en stor rolle.

Spørgsmålet om hvordan de forskellige byudviklingsscenarier påvirker skadesomkostningerne ved stormflodsniveauerne viser sig ikke at give anledning til at skelne stærkt mellem nul scenariet og A og B scenariet. C scenariet er dog forbundet med lavere skadesomkostninger som følge af, at det forudsættes at hele byen har et sikringsniveau på 3,35 m. En vigtig baggrund for, at scenarierne ser så ens ud målt på skadesomkostninger for oversvømmelser er, at beregningerne kun har omfattet bygninger til boliger og erhverv og ikke konsekvenser af oversvømmelser på produktionsvirksomhed, transport, økosystemet, rekreative værdier, kultur og andet. Målt i økonomiske enheder udgør skader på bygninger en meget stor og helt dominerende andel af skaderne ved oversvømmelser, men værdien af de andre aktiviteter i byområdet indeholder ikke desto mindre en lang række kvaliteter for byens liv og funktion, som kan være meget vigtige at sikre som del i klimasikring af havnen og byen.

En anden usikkerhed knytter sig til spørgsmålet om, hvilket risikoniveau som er acceptabelt for byens borgere, erhvervsliv og beslutningstagere. Sjældne hændelser kan målt i et risikoperspektiv være forbundet med lave omkostninger, men det kan alligevel være uacceptabelt at tænke på, at kritiske værdier som menneskers liv og helbred kan være på spil og at uerstattelige historiske og kulturelle værdier kan være på spil. Betalingsvilligheden for at undgå sådanne konsekvenser kan være langt højere end, hvad der er opgjort i risikoberegninger, som i nærværende notat. Derudover kan en reetablering af centrale funktioner i byen som f.eks. for erhverv også indebære store omkostninger, som ikke er medtaget i beregningerne.

Konklusioner

Specielt havneområdet i Aabenraa er meget udsat for oversvømmelser og en beskyttelse af havneområdet mod oversvømmelser giver også store fordele for resten af byen. De alternative scenarier for byudvikling i havneområdet giver ikke så stor forskelle i skadesomkostningerne ved oversvømmelser, og andre hensyn kan derfor veje tungt i form af ønsker til byplanlægning og byens funktion omfattende økonomi og kvaliteter for bylivet.

Set ud fra en snæver økonomisk betragtning kan det ikke i så høj grad betale sig at investere i sikringsniveauer ud over 3,35 m selv hvis alternativet med høj hyppighed for store stormflodshændelser lægges til grund. Et sikringsniveau så højt som op til at beskytte til et stormflodsniveau på 4,35 m reducerer ikke skaderne i så stort et omfang, at det vil se attraktivt ud givet at så høje stormflodshændelser vil være ret sjældne.

Udover økonomiske betragtninger vil et andet vigtigt argument i forbindelse med sikringsniveauer kunne være forsigtighedsprincipper, hvor det vælges at investere ekstra i at undgå meget store skader selv om de måske kun er forbundet med meget sjældne hændelser.

Referencer

DHI, 2021 <https://www.dhigroup.com/business-applications/dhi-floodrisk>

DTU, 2021. DTUSkadesØkonomi: Modeldokumentation og vejledning <https://www.coherent-project.dk/nyheder/Nyhed?id={0F65C451-C9C8-4830-96C6-A2FF76F7EC40}>

Annex A

DTUSkadesØkonomi modellen

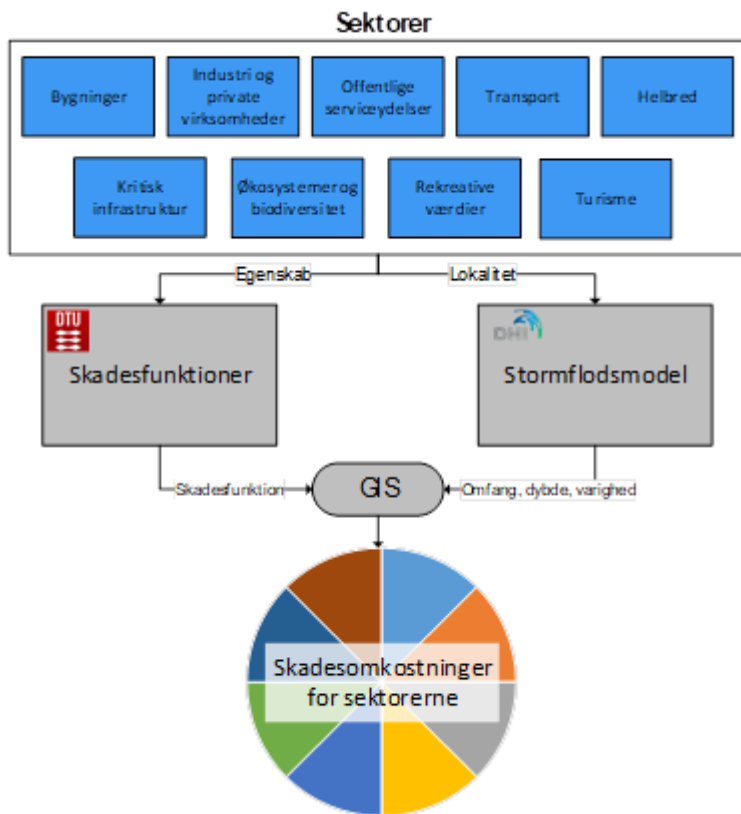
En af de mest omfattende offentlige tilgængelige modeller til opgørelse af skadesomkostninger ved oversvømmelser fra havet i Danmark er DTU's SkadesØkonomi model, som er udviklet som en del af COHERENT projektet om oversvømmelser ved kyster og som er finansieret af

Innovationsfonden. Udover oversvømmelser ved kyster kan modellen også anvendes til beregning af omkostninger ved skybrud, det anbefales dog her, at brugerne lægger skadesfunktioner ind for bygninger baseret på data om vandniveauer og skader for skybrud. En særlig samarbejdspartner i forbindelse med udvikling af modellen er konsulentfirmaet LNH Water Aps.

Modellen er GIS-baseret og kan anvendes til beregninger af skader på detaljeret geografisk niveau for bygninger, erhverv, transport, rekreative værdier, økosystemer, psykiske/sundhedsmæssige konsekvenser mm. Modellen kombinerer data over konsekvenser målt i pengeværdier og fysiske data for påvirkninger af værdier, som ikke så let repræsenteres ved pengeværdier. Modellen er tilgængelig som åben source og er udviklet i ArcGis, hvorfor dens anvendelse kræver softwarelicens.

DTU's SkadesØkonomi model's centrale del er en GIS-database med datalag for aktiviteter og fysiske aktiver, som kan udsættes for oversvømmelser. Hovedparten af de anvendte data i skadesberegningerne er tilgængelige fra offentlige webportaler som f.eks. kortforsyningen.dk og BBR, og kan downloades i formater som er kompatible med ArcGis og QGIS software. Nogle af de anvendte data er kun tilgængelige for lokale myndigheder som kommunerne, hvorved andre brugere skal benytte egne data som kan have et højere detaljeringsniveau. Det GIS-baserede system kan anvendes til at generere en lang række forskellige outputs af relevans for beslutningstagning i kommuner, for grundejere, forsikringsselskaber, virksomheder og andre. Vi vil gerne her rette en speciel tak til samarbejdspartnerne i COHERENT projektet, som har været med til at teste modellen og til at specificere brugerbehov samt til Stormrådet for levering af data om skadesudbetalinger ved oversvømmelser, og Aarhus Universitet for levering af data for rekreative værdier.

Modellen indeholder på nuværende tidspunkt separate modeller for bygninger, virksomheder, offentlige services, transport, helbred, kritisk infrastruktur, økosystemer og biodiversitet, rekreative værdier og turisme. Ud over delmodellerne, som er indeholdt i nærværende version af DTU's skadesomkostningsmodel, vil det også være relevant at supplere med data, som repræsenterer andre værdier, som f.eks. kulturelle og historiske værdier og økosystemer. Se en oversigt over modelstrukturen i Figur 1.



Figur 1. Oversigt over strukturen i modellen til beregning af skadesomkostninger ved stormflod
Brugermanual og tutorial kan downloades her

[Tutorial Instructions \(pdf\)](#)

[Modeldokumentation og vejledning \(pdf\)](#)

Modellen og data kan downloades her

<https://files.dtu.dk/u/t4CY5U4AmOilgJjs/DTU%20SkadesOekonomi%20Model?l>