

AUGUST 2017  
REALDANIA

# BYERNES UDFORDRINGER MED HAVVANDSSTIGNING OG STORMFLOD

RAPPORT



**COWI**



AUGUST 2017  
REALDANIA

# BYERNES UDFORDRINGER MED HAVVANDSSTIGNING OG STORMFLOD

RAPPORT

PROJEKTNR.

A093756

DOKUMENTNR.

001

VERSION

6.0

UDGIVELSESDATO

30-8-2017

BESKRIVELSE

Rapport

UDARBEJDET

ALHK, JIJ, HEEH

KONTROLLERET

SHC

GODKENDT

JIJ



# INDHOLD

1	Introduktion	7
2	Forventede skadesomkostninger for danske kystbyer	8
2.1	Samlet samfundsøkonomisk estimat af skader i de danske byer	9
2.2	Tidsperspektivets betydning	10
2.3	Analyse af resultater ift. størrelse og andre forhold	11
2.4	Sammenligning med skaderne efter Bodil	15
3	Diskussion af konsekvenser af valgt metode og antagelser	20
3.1	Elementer der indgår i skadesopgørelse og værdisætning	20
3.2	Risiko beregnet som gennemsnitlige sandsynligheder	23
3.3	Usikkerhed på vandstandsstigningen	23
3.4	Væsentlige antagelser og deres påvirkning af resultaterne	24
4	Typologier og analyse af resultater	26
4.1	Typologier	26
4.2	Karakteristiske landskabselementer	27
4.3	Oversvømmelsesmønster / tendens	28
4.4	Stormflodstypologier for større danske byer	33
4.5	Variationer over stormflodstypologier	33
4.6	Analyse af resultater ift. typologier	34

5	Byområder bebygget i risiko områder	36
5.1	Byer hvor risikoen er steget betydeligt gennem de seneste år	36
5.2	Vurdering af nuværende risiko	42
6	Områder med øget risiko for fremtidig stormflod	45
6.1	Eksempler på områder, der i dag er beskyttet mod stormflod, som vil opleve en øget sandsynlighed	45
6.2	Flade områder, der i dag er sikre, men fremover vil have en stor sandsynlighed for oversvømmelser	46
6.3	Karakteren af højvandsstatistikken har betydning for hvordan sandsynligheden stiger	47
7	Yderligere undersøgelser af stormflodsrисici for danske byområder	52
7.1	Hvad skal der til for at et område forlades?	52
7.2	Detaljeret vurdering af et evt. fysisk maksimum for højvande	52
7.3	Vurdering af afledte omkostninger	53
7.4	Vurdering af mulige miljøkonsekvenser	53
8	Perspektiver	54

## BILAG

Bilag A	Metodebeskrivelse
A.1	Centrale forudsætninger
A.2	Højvandsstatistik
A.3	Hydraulik
A.4	Samfundsøkonomisk analyse
Bilag B	Metadata for byer
Bilag C	Statistiks data
Bilag D	Anvendte stormflodsdata

# 1 Introduktion

Realdania ønsker et bud på den samlede økonomiske risiko forårsaget af stormflod og havvandsstigningers ødelæggelse af vores værdier i byerne langs de danske kyster. Én tredjedel af den danske befolkning bor i de 10 største byer inkl. Hovedstadsområdet, som alle ligger ud til kysterne og dermed er udsat for truslen ved havvandsstigning og stormflod.

Derfor ses det som et væsentligt element i debatten om truslen fra stormflod og havvandstigning at få vurderet de samlede samfundsøkonomiske konsekvenser ved sådanne hændelser for Danmark over en længere tidshorison.

Denne undersøgelse vil afdække en række af de samfundsøkonomiske konsekvenser fra stormflod og havvandstigning ved at undersøge de forventede skadesomkostninger ved stormflod over de næste hundrede år (perioden 2017-2117) for 48 udvalgte byer. Undersøgelsen omfatter 46 kystbyer, der har over 10.000 indbyggere, samt de udsatte byer Kerteminde og Lemvig. Disse 48 byer dækker 42% af Danmarks befolkning. Samlet set vurderes det, at 45% af Danmarks befolkning bor i kystbyerne. Undersøgelsen omfatter således langt hovedparten af denne befolkningsgruppe.

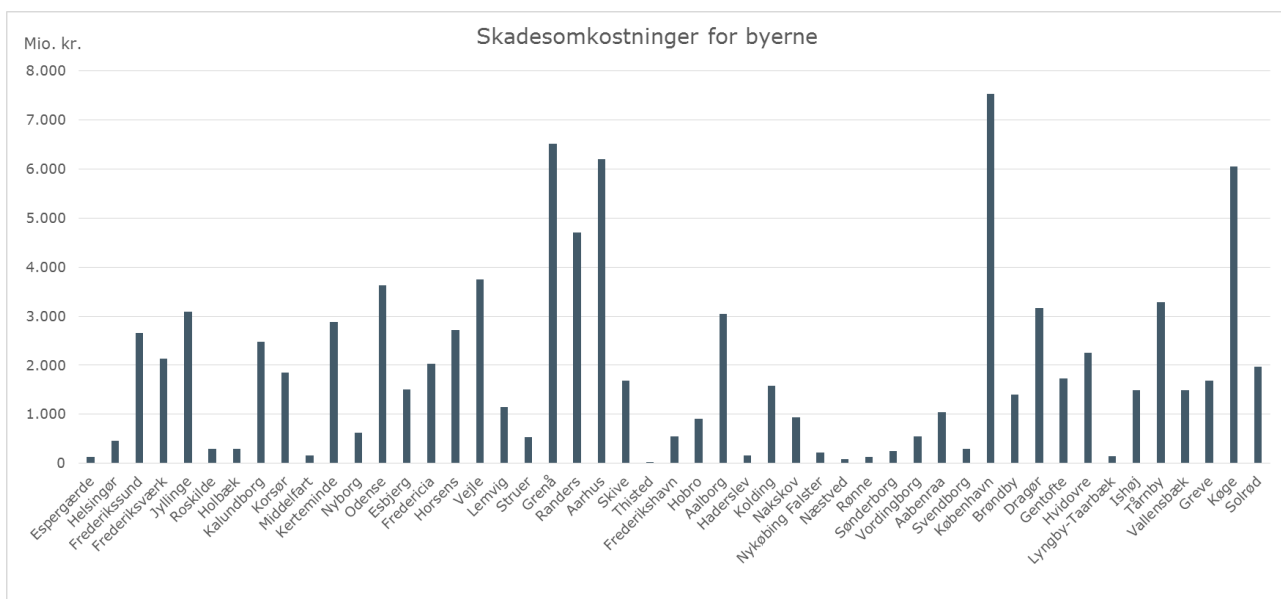
I nærværende undersøgelse er sandsynligheden for, at hver af de 48 kystbyer bliver ramt af stormflod, vurderet for ekstreme stormflodshændelser under det nuværende og fremtidige klima. For hvert år over perioden 2017-2117 er de heraf følgende skadesomkostninger estimeret. Skadesomkostningerne ved oversvømmelse er for hver enkelt by sammenholdt med sandsynligheden for, at byen oversvømmes med forskellige ekstreme hændelser. Dermed kan vi på grundlag af undersøgelsen kvantificere den samlede økonomiske risiko i Danmark. Resultaterne fremstilles i forskellige sammenhænge på baggrund af typologier, geografisk placering og befolkningstal.

Formålet har været at give et samlet billede af truslen for byerne i Danmark, der kan således være specifikke forhold, der ikke er belyst detaljeret for den enkelte by.

## 2 Forventede skadesomkostninger for danske kystbyer

Denne undersøgelse belyser de samlede forventede skadesomkostninger i nutidsværdi som følge af stormflod og havvandsstigning over en hundredårig periode (2017-2117), såfremt vi lader stå til og ikke gør noget for at beskytte de truede værdier og arealer.

De samlede forventede skadesomkostninger for hele tidsperioden for hver af de 48 byer er beregnet. Beregningen er foretaget med udgangspunkt i sandsynligheden for givne hændelser af stormflod og de tilhørende forventede skadesomkostninger for hvert år over den undersøgte tidsperiode. I beregningerne indgår både den forventede vandstandsstigning og sandsynligheden for stormflod. En 100 års stormflod indregnes således med en sandsynlighed på 1% for overskridelse hvert år. Skadesomkostningerne er estimeret ud fra en værdisætning af de opgjorte skader for de forskellige hændelser. Disse skader er estimeret ud fra de oversvømmede arealer ved en given stormflodskote ifølge terrænmodellen.



Figur 2-1 Fordelingen af forventede skader som følge af stormflod over de kommende 100 år, på de 48 største byer i Danmark.



De undersøgte 48 kystbyer er udvalgt efter kriterier om minimum 10.000 indbyggere eller særligt udsatte byer. I analysen er 46 kystbyer, der har over 10.000 indbyggere, samt to udsatte byer (Kerteminde og Lemvig) udvalgt. Da disse byer samlet omfatter omkring 2,4 mio. indbyggere svarende til halvdelen af Danmarks befolkning og godt 93% af den danske befolkning, der bor ved kysterne, vil de samlede skadesomkostninger ved disse byer i det følgende blive anvendt til en beregning af nettonutidsværdien af de samlede forventede skadesomkostninger ved stormflod for hele Danmark i perioden 2017-2117. Listen med byer samt metadata kan ses i Bilag B.

Den samfundsøkonomiske model bygger på en gennemsnitlig risikobetragtning, hvor sandsynligheden for oversvømmelser er opgjort for forskellige koter for hvert år fra 2017-2117. For hver kote er de forventede skader bestemt og den årlige risiko er herefter beregnet som sandsynlighed gange konsekvens (skader). Herefter er nutidsværdien bestemt på grundlag af finansministeriets anbefalinger.



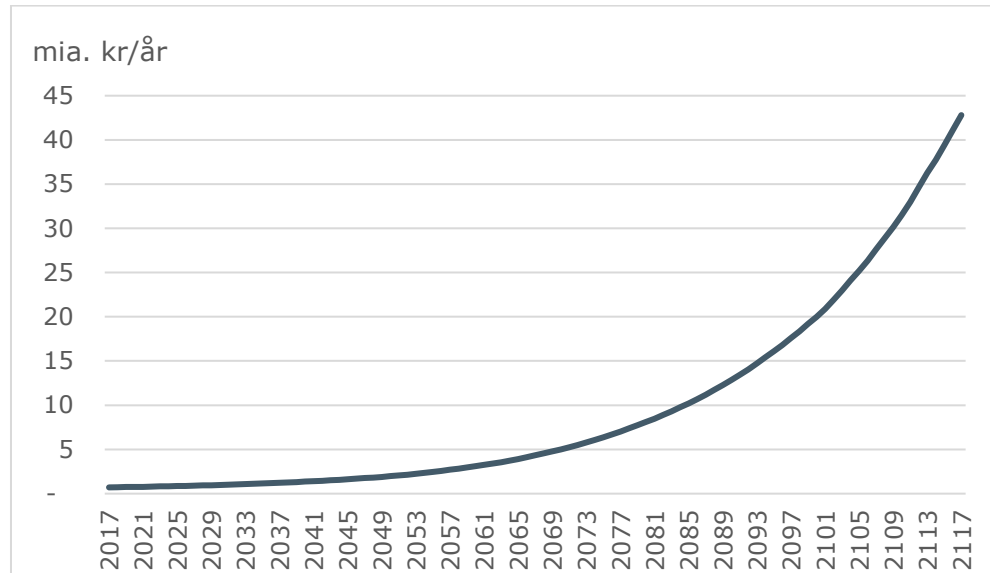
Den samfundsøkonomiske metode til estimering af de samlede forventede skadesomkostninger ved stormflod for de enkelte byer og samlet set, er specificeret i Bilag A. I metodebilaget beskrives de centrale forudsætninger for de samfundsøkonomiske beregninger og metoderne bag de statistiske, hydrauliske samt økonomiske beregninger gennemgås.

## 2.1 Samlet samfundsøkonomisk estimat af skader i de danske byer

Tabel 2-2 gengiver nettonutidsværdien af de forventede samlede skadesomkostninger ved stormflod over de kommende 100 år for hver by og samlet set for alle 48 byer. De samlede skadesomkostninger udgør i nettonutidsværdi 93 mia. dkk for de 48 byer og varierer betydeligt for de undersøgte byer.

Som nævnt omfatter disse 48 byområder 2,4 mio. indbyggere. I de øvrige byområder langs kysterne bor der ca. 0,2 mio. mennesker. Under forudsætning af samme fordeling af skadesomkostninger som den befolkningsmæssige fordeling, kan der således forventes en meromkostning på ca. 7 mia. dkk, herved kan den samlede forventede skadesomkostning ved stormflod over en hundredårig periode for byområder i hele Danmark opgøres til 100 mia. dkk i nettonutidsværdi. Nettonutidsværdien angiver den værdi de samlede forventede skader over de kommende 100 år, svarer til på nuværende tidspunkt.

Risikoen vokser i løbet af perioden i takt med at Klimaforandringerne medfører, at vandstanden stiger og konsekvenserne af stormflod forøges. I 2017 udgør risikoen således under 1 mia. pr. år, mens den i 2117 er vokset til ca. 43 mia. pr. år.



Figur 2-2 Samlet estimeret risiko i kr. pr. år for byerne i Danmark. Nettonutidsværdien er 93 mia. kr.

## 2.2 Tidsperspektivets betydning

Det fremgår af figur 2-2, at de samlede estimerede skader stiger voldsomt gennem perioden, således at den årlige risiko stiger fra 0,7 til 43 mia. Den samlede risiko er ca. 967 mia., hvilket omregnet til nettonutidsværdi er 93 mia. kr.

Diskonteringen på hhv. 4%, 3% og 2% faldende gennem perioden<sup>1</sup>, gør at den årlige risiko for år 2117 kun tæller med 5% af sin værdi, men da risikoen er steget så meget betyder det, at selve nettonutidsværdien beregnet til år 2017 er steget fra 0,7 til 2,1 mia. kr. Det betyder, at det har stor betydning for resultatet, hvor lang en periode der anvendes til vurderingen. Anvendes en længere periode vil nettonutidsværdien af risikoen stige yderligere.

Der er valgt en periode på 100 år, da dette er den tidshorisont, der ofte anvendes ift. de fremtidige klimaændringer. Men det kan være relevant i forhold til vurdering af behovet for sikring, at se på kortere perioder. Hvor stor er risikoen i de kommende 25 år? – kan vi leve med den, eller skal vi allerede nu iværksætte tiltag?

Det er også muligt, at man i de kommende år kan arbejde med et forøget beredskab og på denne måde reducere risikoen.

<sup>1</sup> Se yderligere forklaring i metodeafsnittet.

Nedenstående tabel viser risikoen opdelt i fire perioder over de kommende 100 år.

Tabel 2-1 *Oversigt over den samlede risiko og nettonutidsværdi, opdelt i 4 perioder.*

Periode	Samlet risiko (mia. kr.)	Nettonutidsværdi af risikoen (mia. kr.)	Nettonutidsværdi af risikoen (%)
2017-2042	26,2	15,7	17%
2043-2067	65,5	14,8	16%
2068-2092	213	22,6	24%
2093-2117	663	40,3	43%
<b>2017-2117</b>	<b>967</b>	<b>93,4</b>	<b>100%</b>

Det fremgår, at den samlede risiko udgør ca. 16 mia. de første 25 år, 31 mia. de første halvtreds år, stigende til 53 mia. efter 75 år og 93 mia. efter 100 år. Den største del af risikoen ligger således i de sidste 25 år, svarende til 43%. På trods af diskonteringen vil stiger risikoen således i nutidsværdi gennem perioden.

Risikoen er således på samme niveau i de 2 første perioder, svarende til gennemsnitligt ca. 0,6 mia. pr. år i nettonutidsværdi. Dette skyldes, at diskonteringen modsvarer forøgelsen forårsaget af vandstandsstigningen. I de sidste to perioder, hvor der også anvendes en lavere diskonteringsrente, øges risikoen betydeligt.

## 2.3 Analyse af resultater ift. størrelse og andre forhold

I dette afsnit analyseres de forventede skadesomkostninger i forhold til byernes størrelse og beliggenhed.

Som det ses i Tabel 2-2 er der ikke en sammenhæng mellem antallet af indbyggere i en by og de dertilhørende forventede skadesomkostninger. Således har en by som Kerteminde forventede skadesomkostninger pr. indbygger på 950.000 kr., mens en by som Thisted har forventede skadesomkostninger pr. indbygger på 1000 kr.

Det er således den fysiske placering af sårbare elementer, som afgør de forventede skadesomkostninger.

Tabel 2-2 *Alle byer: Berørte indbyggere, nettonutidsværdien af forventede skadesomkostninger (mio. kr.) samt skadesomkostninger pr. indbygger*

By	Region	Indbyggere	Skader (mio. dkk)	Skader pr. indbygger Kr./indb.

Esbjerg	Syddanmark	72.151	1.512	20.956
Struer	Midtjylland	10.415	540	51.857
Skive	Midtjylland	20.617	1.692	82.063
Thisted	Nordjylland	13.250	18	1.389
Aalborg	Nordjylland	112.194	3.042	27.116
Frederikshavn	Nordjylland	23.402	541	23.113
Hobro	Nordjylland	11.864	900	75.859
Randers	Midtjylland	62.342	4.712	75.581
Grenå	Midtjylland	14.765	6.509	440.873
Aarhus	Midtjylland	269.022	6.196	23.031
Horsens	Midtjylland	57.517	2.709	47.101
Vejle	Syddanmark	54.862	3.750	68.360
Fredericia	Syddanmark	40.248	2.027	50.357
Kolding	Syddanmark	59.712	1.573	26.349
Haderslev	Syddanmark	21.994	152	6.911
Aabenraa	Syddanmark	15.967	1.035	64.825
Sønderborg	Syddanmark	27.595	250	9.059
Svendborg	Syddanmark	27.074	299	11.056
Middelfart	Syddanmark	15.044	164	10.913
Odense	Syddanmark	176.683	3.624	20.509
Nyborg	Syddanmark	17.008	623	36.613
Korsør	Sjælland	14.603	1.853	126.894
Nakskov	Sjælland	12.688	943	74.304
Nykøbing Falster	Sjælland	16.618	213	12.799
Vordingborg	Sjælland	11.908	549	46.068
Næstved*	Sjælland	42.979	85	1.986
Køge Kommune	Sjælland	36.831	6.046	164.162
Solrød Kommune	Hovedstaden	22.147	1.972	89.049
Greve Kommune	Sjælland	49.921	1.688	33.818
Ishøj Kommune	Hovedstaden	22.719	1.494	65.771
Vallensbæk Kommune	Hovedstaden	15.705	1.488	94.740

Brøndby Kommune	Hovedstaden	35.584	1.404	39.456
Hvidovre kommune	Hovedstaden	52.964	2.253	42.532
Dragør Kommune	Hovedstaden	14.288	3.164	221.432
Tårnby Kommune	Hovedstaden	43.010	3.285	76.373
KBH's Kommune	Hovedstaden	602.502	7.536	12.507
Gentofte Kommune	Hovedstaden	75.805	1.737	22.908
Espergærde	Hovedstaden	15.298	136	8.865
Helsingør	Hovedstaden	47.123	463	9.821
Frederiksværk	Hovedstaden	12.282	2.137	174.010
Frederikssund	Hovedstaden	16.016	2.658	165.945
Jyllinge	Sjælland	10.145	3.084	303.988
Roskilde	Sjælland	50.046	291	5.815
Holbæk	Sjælland	27.579	288	10.456
Kalundborg	Sjælland	16.431	2.484	151.172
Rønne	Hovedstaden	13.639	126	9.226
Lemvig	Midtjylland	6.929	1.139	164.422
Kerteminde	Syddanmark	5.963	2.877	482.519
Alle 48 byer	-	2.415.449	93.261	38.610
Skøn over resterende	-	~185.000	~7.000	38.610
<b>Samlet estimat, DK</b>	-	<b>~2.600.000</b>	<b>~100.000</b>	<b>38.610</b>

\*Ekskl. Karrebæksminde og Enøby

### 2.3.1 De største byer

Betragtes de forventede skadesomkostninger i relation til de byer med flest indbyggere ses, at de forventede skadesomkostninger i de 10 største byer udgør 64% af de samlede forventede skadesomkostninger, heraf udgør hovedstadsområdet fra Køge til og med Gentofte alene 34%.

Tabel 2-3. Største byer: Berørte indbyggere, nettonutidsværdien af forventede skadesomkostninger (mio. kr.) samt andelen af totale skadesomkostninger

	Antal byer	Indbyggere	Andel af trueede	Skader (mio.)	Skader %
10 største byer	10	1.886.005	78%	59.476	64%
5 største byer	5	1.601.526	66%	46.440	50%

Hovedstads området	1	971.476	40%	32.066	34%
--------------------	---	---------	-----	--------	-----

De 10 største byer omfatter hovedstadsområdet samt Aarhus, Odense, Aalborg, Esbjerg, Randers, Kolding, Horsens, Vejle og Roskilde. Samlet set for disse byer er de forventede skadesomkostninger pr. indbygger på 31.500 kr., mens de forventede samlede skadesomkostninger for pr. indbygger for de fem største byer er 29.000 kr. Deraf ses ligeledes som i ovenstående, ikke er en sammenhæng mellem antallet af indbyggere i en by og de samlede forventede skader.

### 2.3.2 Regioner

I nedenstående tabel er de forventedes skadesomkostninger opgjort for de enkelte regioner.

*Tabel 2-4 Regioner: Berørte indbyggere, nettonutidsværdien af forventede skadesomkostninger (mio. kr.) andelen af totale skadesomkostninger*

Region	Antal byer	Indbyggere	Andel af truede	Skader (mio)	Skader %
Hovedstaden	14	989082	41%	29851	32%
Sjælland	11	289749	12%	17524	19%
Syd	12	534301	22%	17887	19%
Midt	7	441607	18%	23497	25%
Nord	4	160710	7%	4502	5%

Det fremgår af Tabel 2-4, at Region Hovedstaden er den region, hvor byerne med flest indbygger påvirkes, nemlig 41% af det samlede antal påvirkede indbyggere, mens andelen af de forventede skadesomkostninger er lidt lavere, 32%. Dette skyldes primært, at store dele af befolkningen i disse byer bor et stykke inde i landet og derved ikke er udsat for direkte trussel.

I Region Sjælland påvirkes 11 større byer, svarende til 12% af de potentielt berørte indbyggere, mens skadesomkostningerne udgør ca. 17 mia. dkk, svarende til 19%.

I Region Syddanmark og Region Midtjylland påvirkes hhv. 12 og 7 større byer. Her påvirkes 22% og 18% af de potentielt berørte indbyggere og skadesomkostningerne udgør hhv. ca. 18 og 23 mia. dkk, svarende til 19% og 25%.

Region Nordjylland, er den region, hvor påvirkningen er mindst. Kun 7% af de berørte indbyggere bor i regionens 4 større byer, hvor de forventede skader udgør 4,5 mia. dkk eller 5%.

## 2.4 Opdeling af skader på skadestyper

I nedenstående taber er skaderne opgjort for de væsentligste skadestyper, fordelt på bygninger (private og erhverv), infrastruktur, forsinkelser og elsvigt.

Tabel 2-5 Opdeling af skader på skadestyper

Skadestype	Samlet risiko, netto- tidsværdi, (mia. kr.)	Samlet risiko (%)
Bygninger	63,6	68,4%
Infrastruktur	11,1	12,0%
Forsinkelser	18,0	19,3%
Elsvigt	0,3	0,3%

Det fremgår af beregningerne at skader på bygninger og fast infrastruktur, udgør ca. 80% af de estimerede skader.

## 2.5 Sammenligning med skaderne efter Bodil

Bodil stormen 5-6. december 2013 medførte alvorlige skader på en række danske byer. Stormrådet har opgjort de samlede skader til knap 1 mia. kroner. Værst gik det ud over Frederikssund, Roskilde og Odsherred Kommuner, som stod for over halvdelen af skaderne.

Nedenstående tabel viser stormrådets opgørelse over skader.

Tabel 2-6 Stormrådet opgørelse over erstatninger efter Bodil stormfloden i 2013.

Region/Kommune	Antal sager	Nyværdi af bygningsskade	Nyværdi af løseskade
<b>Region Hovedstaden</b>	<b>941</b>	<b>375.953.843,18</b>	<b>45.391.621,07</b>
<b>Egedal</b>	5	2.263.214,45	52.513,00
<b>Fredensborg</b>	19	4.640.465,57	123.145,02
<b>Frederikssund</b>	661	287.137.503,95	37.904.366,90

Region/Kommune	Antal sager	Nyværdi af bygningsskade	Nyværdi af løseskade
<b>Gentofte</b>	68	23.712.122,99	2.210.394,03
<b>Gribskov</b>	23	2.949.973,92	346.763,55
<b>Halsnæs</b>	32	5.574.967,33	218.992,48
<b>Helsingør</b>	64	26.605.882,99	3.703.220,96
<b>Hørsholm</b>	14	1.575.870,81	105.452,38
<b>København</b>	25	11.791.163,73	211.565,00
<b>Lyngby-Taarbæk</b>	16	7.219.588,38	73.103,75
<b>Rudersdal</b>	14	2.483.089,06	442.104,00
<b>Region Sjælland</b>	<b>915</b>	<b>376.484.844,12</b>	<b>40.638.842,27</b>
<b>Kommuner med under fem sager</b>	8	1.542.317,50	38.930,35
<b>Guldborgsund</b>	24	3.382.846,60	900.002,53
<b>Holbæk</b>	138	45.223.055,11	3.227.662,19
<b>Kalundborg</b>	101	21.508.165,74	1.702.460,91
<b>Lejre</b>	16	8.532.570,91	347.785,91
<b>Odsherred</b>	257	93.435.675,17	7.065.661,58
<b>Roskilde</b>	266	181.770.645,43	25.315.691,81
<b>Slagelse</b>	105	21.089.567,66	2.040.646,99
<b>Region Midtjylland</b>	<b>170</b>	<b>21.137.312,69</b>	<b>5.367.160,61</b>
<b>Kommuner med under fem sager</b>	10	859.817,53	121.817,60
<b>Holstebro</b>	18	3.312.310,53	717.553,26



Region/Kommune	Antal sager	Nyværdi af bygningsskade	Nyværdi af løse-øreskade
<b>Horsens</b>	8	366.525,64	1.654.545,71
<b>Lemvig</b>	13	1.930.660,04	18.275,00
<b>Norrdjurs</b>	44	4.862.480,60	1.191.581,44
<b>Randers</b>	32	4.801.709,89	177.842,33
<b>Ringkøbing-Skjern</b>	10	952.278,77	841.149,96
<b>Struer</b>	16	1.897.132,97	45.023,20
<b>Syddjurs</b>	19	2.154.396,72	599.372,11
<b>Region Syddanmark</b>	<b>118</b>	<b>22.792.758,83</b>	<b>2.441.072,14</b>
<b>Kommuner med under fem sager</b>	9	1.012.626,16	277.398,90
<b>Kerteminde</b>	69	17.120.567,71	1.963.939,24
<b>Middelfart</b>	9	948.984,14	45.229,00
<b>Nordfyns</b>	11	987.685,17	44.718,00
<b>Odense</b>	5	164.066,40	35.938,00
<b>Vejle</b>	15	2.558.829,25	73.849,00
<b>Region Nordjylland</b>	<b>51</b>	<b>6.687.417,97</b>	<b>1.085.195,30</b>
<b>Kommuner med under fem sager</b>	3	151.800,82	0
<b>Frederikshavn</b>	5	165.303,12	34.846,90
<b>Mariagerfjord</b>	12	1.713.835,66	93.720,50
<b>Aalborg</b>	31	4.656.478,37	956.627,90
<b>Hovedtotal</b>	<b>2195</b>	<b>803.056.176,79</b>	<b>94.923.891,39</b>

I de følgende afsnit er udvalgt de hårdest ramte byer med skader for over 10 mio. og skaderne ved Bodil stormfloden er sammenholdt med de tilsvarende skader i den samfundsøkonomiske model.

Tabel 2-7 Sammenligning mellem stormrådets opgørelse og den samfundsøkonomiske models resultater.

By	Vandstand ved Bodil stormen (m, DVR90)	Estimeret gentagelsesperiode (år)	Skader ved Bodil (mio. kr.)	Skader i den samfundsøkonomiske model (mio. kr.)
Frederikssund	2,00	250	325	240
Gentofte	1,67	250	26	60
Helsingør	1,96	200	30	23
København	1,63	400	12	32
Holbæk	1,94	500	48	25
Kalundborg	1,63	150	23	60
Roskilde inkl. Jyllinge	2,08	500	207	240
Slagelse	1,36	20	23	0
Kerteminde	1,46	20	19	20
Samlet			713	700

De samlede skader i byer med skader for over 10 mio. kr. kan opgøres til 713 mio. kr. hvor den samfundsøkonomiske model giver 700 mio. kr. Det vurderes således, at der er fin overensstemmelse, men dog en række lokale usikkerheder, hvoraf de væsentligste er nævnt nedenfor.

- > Det bemærkes at stormflodsrådets skadesopgørelser er for hele kommuner, mens denne undersøgelse fokuserer på byerne. I byerne langs Isefjorden og Roskilde Fjord, skete der store skader på sommerhusområderne. Derfor er det forventeligt at den samfundsøkonomiske model underestimerer skaderne for Frederikssund og Holbæk.

- > For København og Gentofte var vandstandskoten ved Bodil lige omkring kajkanterne, hvor skaderne begynder at opstå, det er derfor få centimeter, der afgør om, der opstår skader eller ej.
- > Den samfundsøkonomiske model, tager heller ikke hensyn til eventuelle reduktioner i skaderne som konsekvens af en beredskabsmæssig indsats. Det er derfor forventeligt, at den i nogle tilfælde, særligt ved de mindre hændelser, hvor det er muligt at gøre en indsats, overestimerer skadesomfanget.
- > Den samfundsøkonomiske model er endvidere baseret på gennemsnitlige vurderinger af skadesomfang. Den tager således ikke hensyn til geografiske forskelle i erstatninger.

## 3 Diskussion af konsekvenser af valgt metode og antagelser

### 3.1 Elementer der indgår i skadesopgørelse og værdisætning

Udgangspunktet for de samfundsøkonomiske beregninger er de forventede skadesomkostninger baseret på de eksisterende værdier. Opgørelsen af de eksisterende værdier baseres på en opgørelse af ejendomme, veje, infrastruktur, særlige bygninger mm.

De indarbejdede elementer er nærmere beskrevet i bilag A.

Der vil herudover være en række andre materielle og immaterielle værdier, som er svære at prissætte. For disse vil vi komme med en kvantitativ vurdering, samt beskrive de mulige konsekvenser på kort og langt sigt.

#### 3.1.1 Materielle værdier

##### Manglende genopbygning

Max en skade hvert andet år

Det bemærkes, at der i beregningen af de forventede skadesomkostninger er indlagt en begrænsning, som tillader, at de givne oversvømmelser maksimalt kan ske hvert andet år. De meget lavtliggende arealer, som allerede i dag oversvømmes måske hvert 10. eller 20 år, vil med den forventede vandspejlsstigning opleve oversvømmelser meget ofte. Nogle måske nærmest dagligt. Det giver ikke mening at indregne skader på ejendomme flere gange om året, da værdien ikke vil blive genskabt tiden mellem skaderne. Der er derfor indlagt denne begrænsning.

I virkeligheden vil der i områder, hvor skader begynder at forekomme ofte, ske en af to ting. Enten bliver områderne beskyttede eller også vil man lade værdierne forgå og dermed reducere skaderne. I førstnævnte tilfælde bør alle de undgåede skader indregnes i beskyttelsen. Det vil sige, at beregningen til brug for en samfundsøkonomisk analyse, bør ske uden begrænsning (dog forudsat at der udføres en foranstaltning). I det andet tilfælde bør der ikke beregnes skadesom-

kostninger i form af værdien af genopbyggelse, men i stedet bør hele værdien af ejendommen eller infrastrukturelementet værdisættes og indregnes en gang. Hertil skal adderes omkostningen for genopbyggelsen.

Påvirkning af resultaterne

Såfremt værdierne ikke genetableres vil den samfundsøkonomiske beregning overestimere det fremtidige tab. Dette er søgt imødegået ved at indbygge en begrænsning på antallet af skader. Ses der bort fra denne begrænsning, vil der i de områder, som oftest oversvømmes, kunne ske skader for op til 5 gange det beregnede beløb.

#### Faldende huspriser

I områder, der er truet af oversvømmelse, kan der med tiden på grund af den høje og stigende trussel forventes faldende huspriser, da husene ikke bevarer deres værdi.

Dette vil ikke påvirke resultatet af de samfundsøkonomiske beregninger direkte, da der er anvendt skadesomkostninger. Det vil sige, det det koster at udbedre skaderne.

Det vil dog have en påvirkning af de samlede værdier i samfundet.

#### Skader på løssøre i havne mm

Ved stormen Bodil, skete der betydelige skader på lystbåde og havnearealer. Disse indgår ikke direkte i opgørelsen og vil kunne øge det samlede skadesbillede.



Figur 3-1 Skader ved Bodil stormen i Gilleleje Havn

### 3.1.2 Immaterielle værdier

#### Forsinkelser

Værdien af forsinkelser er indregnet i den samfundsøkonomiske analyse. Tidsbesparelser indgår som en vigtig forudsætning i samfundsøkonomiske vurderinger af ny infrastruktur, på samme måde vil forsinkelser ifm. oversvømmelser være en negativ følge af oversvømmelsen.

Værdien af forsinkelser på infrastrukturen er opgjort ud fra tidsværdier for person trafik hentet fra transportøkonomiske nøgletal 2017. Disse tidsværdier er koblet med antagelser om antallet af timer og dage, hvor rejsende kan forvente forsinkelser efter en stormflod, der har forårsaget oversvømmelser.

Tidsværdierne for persontrafik kan opgøres både for kollektivrejsende samt for køretøjstimer. Førstnævnte er anvendt ved værdisætningen af forsinkelser på jernbanenettet, Kastrup lufthavn, Københavns metro og Øresundsbroen, mens sidstnævnte er anvendt til værdisætning af forsinkelser på vejnettet-

Den samlede værdi af forsinkelser i den samfundsøkonomiske analyse udgør 15,6 mia. kr. De største omkostninger er relateret til forsinkelser på Øresundsbro (tunnel) metroen, jernbane, og Kastrup lufthavn. Da disse vil være helt eller delvist ude af drift i længere tid efter en oversvømmelse.

#### Kulturhistorie

Kulturhistoriske elementer og værdier i de enkelte bysamfund, kan gå tabt ved gentagne oversvømmelser.

Dette er et tab, der ikke indgår direkte i analysen. De kulturhistoriske bygninger er dog prissat særlig højt økonomisk og på den måde vægtes de højere end f.eks. infrastruktur.

#### Rekreativ anvendelse af arealer

Den rekreative anvendelse af arealer kan blive ændret eller helt forsvinde ved en fremtidig havvandstigning og deraf stigende stormflodsniveauer. Dette mulige værditab eller gevinst er ikke medtaget i analysen.

#### Udsigt

Udsigten ændres og værdien forsvinder muligvis som konsekvens af sikringen. Dette indgår ikke i analysen. Ved etablering af evt. sikringstiltag vil værdien af udsigten falde, mens husværdien vil bestå i højere grad end uden sikring.

#### Tryghed

Beboeres tryghedsfølelse, om hvorvidt deres kælder/hus har en risiko for at tage skade under stormflod, kan have større eller mindre værdi for den enkelte borger.

Dette indgår ikke direkte i den økonomiske analyse, da borgeres affektionsværdi og tryghed vurderes vidt forskelligt. Trygheden vil dog øges ved tilfælde af sikring.

## 3.2 Risiko beregnet som gennemsnitlige sandsynligheder

Den samfundsøkonomiske analyse er baseret på beregning af den årlige risiko, baseret på gennemsnitlige sandsynligheder. Det betyder, at skader der optræder ved en 100 års hændelse eller værre tilsammen indgår med 1% sandsynlighed og skader værre end en 1000 års hændelse indgår med 0,1% sandsynlighed. Dette svarer til den faktiske sandsynlighed, men særligt for de meget ekstreme hændelser har det stor betydning om og hvornår indenfor perioden de indtræffer. Der er jo således knap 10% sandsynlighed for at en 1000 års hændelse eller værre optræder indenfor de kommende 100 år.

Men såfremt den skulle optræde ville skaderne være enorme. F.eks. vil en 1000 års hændelse i 2017 i Randers med en vandstand i kote 2,07 m medføre skader for estimeret 450 mio. kr., hvilket er mere end 10% af de samlede estimerede skader i nettonutidsværdi over de kommende 100 år. Den samme hændelse vil med den forventede vandstandsstigning have en gentagelsesperiode på 50 år i 2067 og optræde ca. hvert andet år i 2117.

## 3.3 Usikkerhed på vandstandsstigningen

Vandstandsstigning på 70 cm fra 2000-2100 og knap 90 cm frem til 2117

Der må forventes en relativ stor usikkerhed på den forventede vandstandsstigning. Alle scenarier peger på en moderat stigning på ca. 20 cm fra 2017 niveau frem til år 2050, herefter er det mere usikkert hvordan vandstanden udvikler sig. I denne undersøgelse er regnet med en vandstandsstigning på samlet 70 cm fra år 2000-2100 som anbefalet af CRES. Fra 2100 til 2117 forventes en yderligere stigning på knap 20 cm. I det det er forudsat at den parabelformede stigningskurve fortsætter i en periode efter 2100.

Hvad hvis vandstanden stiger 1,05 m i år 2100 og 1,4 m frem til år 2117?

Der er udført en simpel beregning af konsekvenserne ved en forøget vandstandsstigning på 50 cm i år 2117, svarende til en samlet vandstandsstigning fra år 2000 på ca. 130 cm. Denne viser, at de estimerede skader vil blive mere end dobbelt så høje og nå et niveau mellem 200 og 250 mia. kr. Usikkerheden på denne beregning er dog større, da der vil være en del områder, der bliver permanent oversvømmede. For disse områder giver det ikke mening at tale om skader såfremt, der ikke udføres sikringsanlæg. Skadesomkostningerne bliver således en mere hypotetisk størrelse.

Hvad hvis vandstanden "kun" stiger 50 cm frem til år 2100 (72 cm til år 2117)

Hvis vandstandsstigningen bliver mindre, svarende til en samlet stigning på 50 cm fra år 2000-2100 kan de samfundsøkonomiske konsekvenser opgøres til ca. 40 mia. kr.

## 3.4 Væsentlige antagelser og deres påvirkning af resultaterne

### 3.4.1 Værdier fastholdes over perioden

Alle de fremtidige skader er baseret på den nuværende udformning af byerne. I beregningerne er det således forudsat, at det eneste der ændrer sig er klimaet, mens infrastruktur, bygningsværdier, beskyttelse fastholdes på det nuværende niveau. Dette er en væsentlig antagelse, da værdierne i byerne hele tiden udvikler sig.

Betragtes det, hvordan byerne har udviklet sig over de seneste 50-100 år, er det svært at forestille sig, hvordan de fremstår om f.eks. 50 år og hvilken infrastruktur det er, som skal beskyttes.

Det må forventes at de fremtidige værdier, der kan gå tabt ved ekstreme hændelser vil øges i fremtiden. Samtidigt må det forventes, at der etableres sikring, hvorfor en beregning af forventede skader over en periode med stigende værdier uden yderligere beskyttelse ikke giver mening. Nærværende beregning med fastholdte værdier udtrykker således netop den forventede risiko i nutidsværdi ved at lade værdierne genopbygge til samme niveau efter en hændelse, men ikke etablere yderligere sikring eller øge værdierne.

### 3.4.2 Beredskabsmæssig indsats

Der er i beregningerne ikke taget hensyn til en mulig beredskabsmæssig indsats. Erfaringen fra højvandshændelsen, der ramte det sydlige København og Køge Bugt 4. januar 2017 er, at alt væsentligt beskyttelsesmateriel var i brug. Dette har reduceret skaderne, men ved en større hændelse ville den beredskabsmæssige indsats ikke have haft samme betydning.

Beregningerne er valideret op mod de konstaterede skader ved Bodil stormen i december 2013. Her var der ligeledes en beredskabsmæssig indsats, der har reduceret de konkrete skader. Sammenligningen viser dog overordnet, at der er god overensstemmelse mellem de konstaterede og estimerede skader.

Ved en fremtidig udbygning af beredskabet, vil omfanget af skader kunne reduceres.

Løbende tilpasning på ejendomsniveau

Det må ligeledes forventes, at der i områder, der ofte rammes af oversvømmelser nu eller i fremtiden, vil ske en løbende mikrobekyttelse omkring de enkelte ejendomme og værdier, såfremt der ikke etableres større beskyttelse.

Der er områder, som Lemvig og store dele af Thisted, der er beskyttet af f.eks. diger, men hvor der kræves lukning af porte eller sandsække over kortere strækninger. For disse områder er det ved beregningerne forudsat, at der sker en indsats, så de først oversvømmes når vandstanden overskrider digekoten.



### 3.4.3 Gennemsnitlige betragtninger

Alle beregningerne er udført efter et af to anvendte principper. En detaljeret beregning af oversvømmelser i Hovedstadsområdet og en mere simpel beregning i øvrige byer.

Samme enhedspriser Der er anvendt samme enhedspriser for skader over hele landet og dermed ikke taget hensyn til eventuelle lokale forskelle.

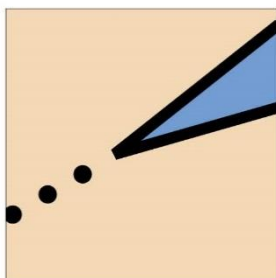
Mulig overestimering af oversvømmelser For de byer, hvor der er udført simple beregninger af oversvømmelsesudbredelser, kan der være specifikke forhold, der ikke er tilstrækkeligt belyst i terrænmodellen og dermed ændre på oversvømmelsernes udbredelse. Her kan der være tale om en overestimering af oversvømmelserne og dermed de afledte omkostninger.

## 4 Typologier og analyse af resultater

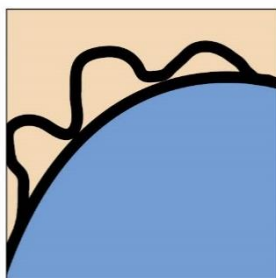
### 4.1 Typologier

Der er udarbejdet typologier, der kobler tendenser for, hvordan byerne bliver påvirket af stormflod og havvandsstigninger. Dette hjælper til at finde fællestræk for måden, vi kan prioritere og designe fremtidige stormflodsløsninger.

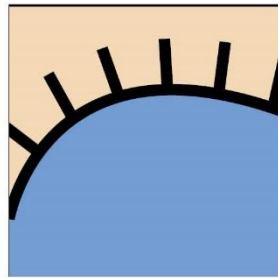
Særligt fire typologier er kendetegnende, når man ser på, hvordan de danske byer påvirkes af stormflod og havstigninger. Disse fire typologier kan karakteriseres som hovedtypologier for stormflod og beskrives nedenfor.



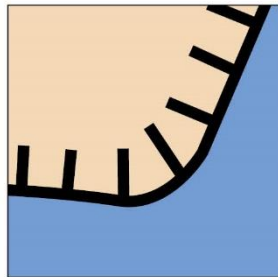
TRAKTEN  
Fjordmunding med bagvedliggende åløb



DEN DIFFUSE SKÅL  
Bredning med fladt bagland



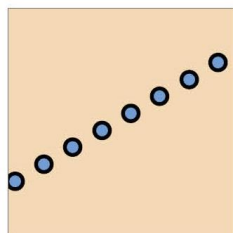
SKÅLEN  
Bredning med hævet bagland



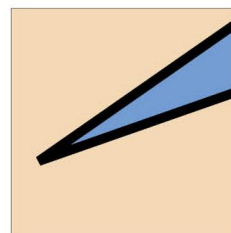
FORHØJNINGEN  
Skrænt

## 4.2 Karakteristiske landskabselementer

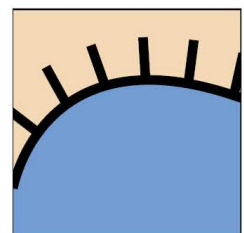
Stormflodstypologierne består af forskellige karakteristiske landskabselementer, der indgår som væsentlige elementer ved stormflod og havvandsstigninger. Enkeltelementerne er karakteriseret ved nedenstående.



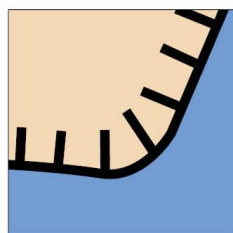
Åløb  
/smal fjordmunding



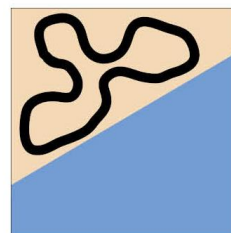
Fjordmunding



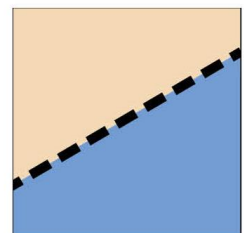
Bredning



Skrænt



Fladt eller svagt  
bølgende landskab



Kunstig kant

## 4.3 Oversvømmelsesmønstre / tendens

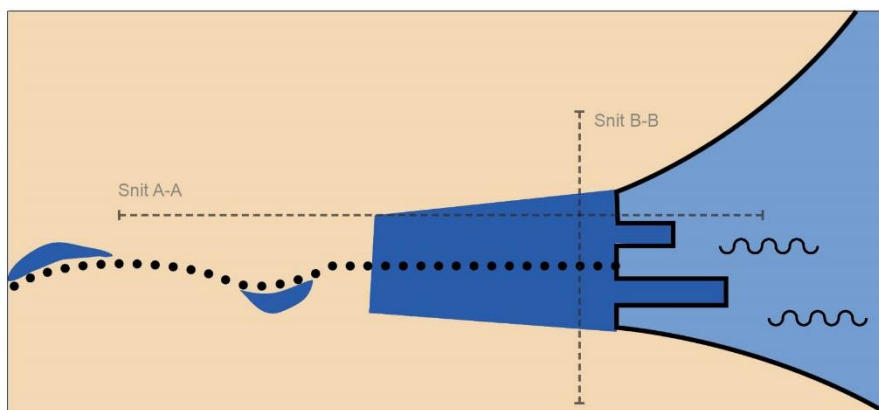
I dette afsnit redegøres for hvordan de forskellige landskabselementer påvirkes ved oversvømmelser forårsaget af stormflod.

### 4.3.1 Tragten

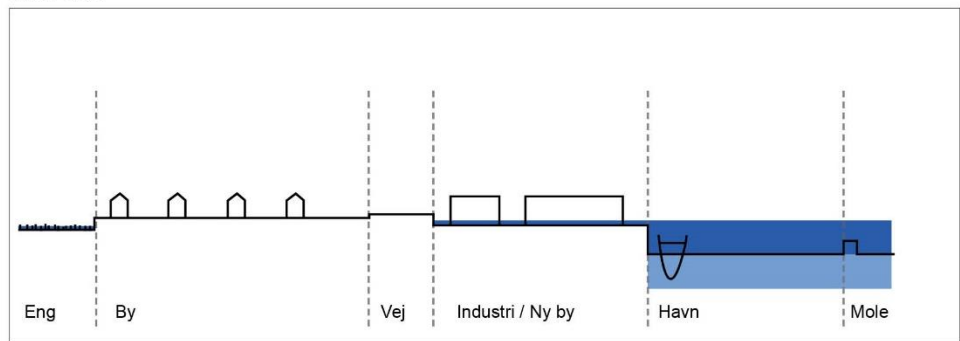


Fjordmunding med bagvedliggende åløb

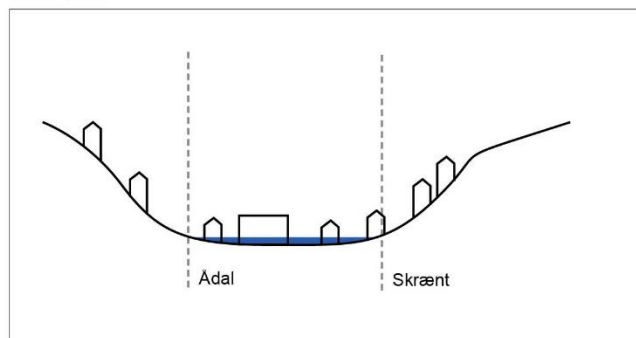
Oversvømmelsesmønstret for byer ved fjordmundinger er, at havnen og det bagvedliggende industriområde eller nybyggede boligområde (ofte transformeret industri og nybyg) oversvømmes ved stormflod og hævet havvandstand. Samtidig opstår der udfordringer med oversvømmelser fra et evt. bagvedliggende åløb. Ligger åløbet i rør, oversvømmes evt. bagvedliggende enge og landbrugsarealer.



SNIT A-A



SNIT B-B



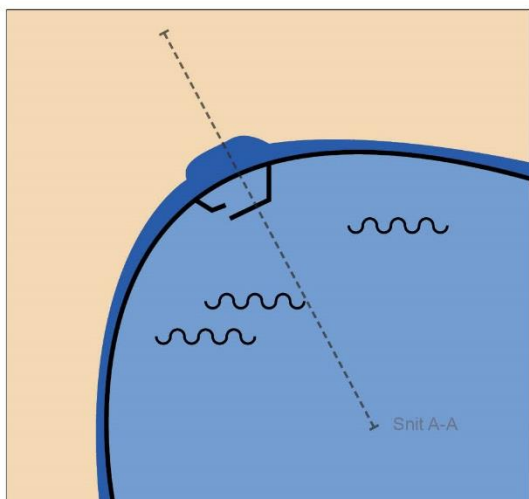
- Oversvømmelse
- Eksisterende vandstand

### 4.3.2 Skålen

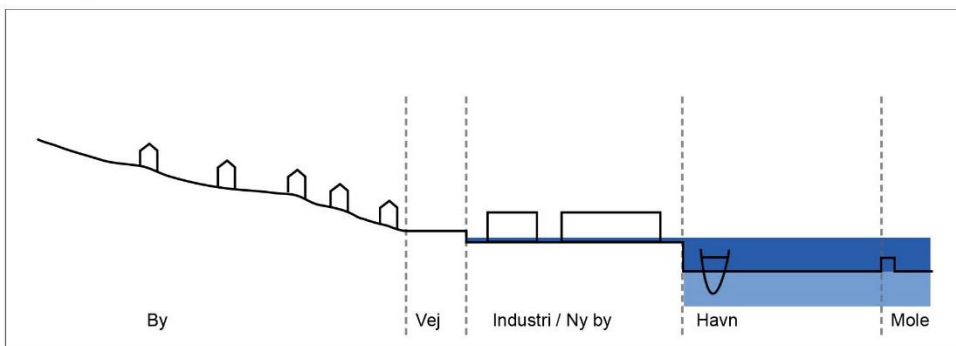


#### Bredning med hævet bagland

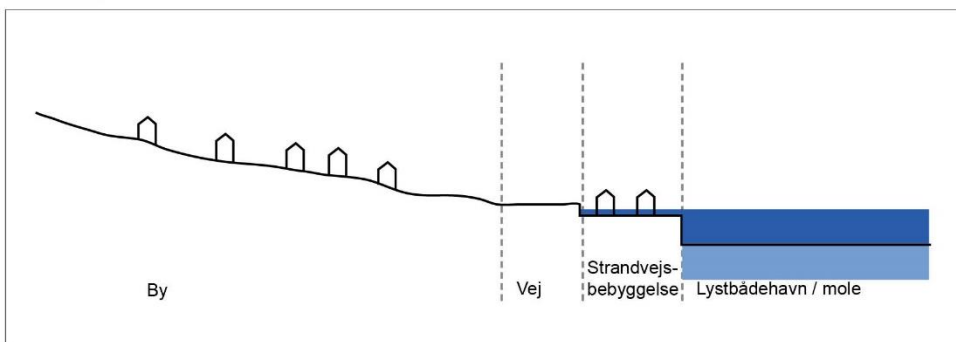
Oversvømmelsesmønstret for byer med en bredningstypologi og højtliggende bagland er, at oversvømmelser fra stormflod og havstigninger primært sker lokalt op til en eventuel strandvej og de forrest liggende husrækker. Derudover ses der ofte oversvømmelser lige bag havnearealer. Både når det gælder lystbådehavne og industrihavne. De bagvedliggende områder med hhv. industri eller industri omdannet til boliger berøres derfor også ofte lokalt.



SNIT A-A



SNIT A-A



- Oversvømmelse
- Eksisterende vandstand

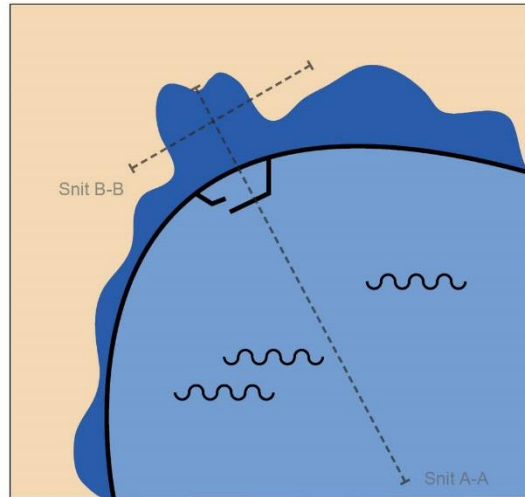
### 4.3.3 Den diffuse skål



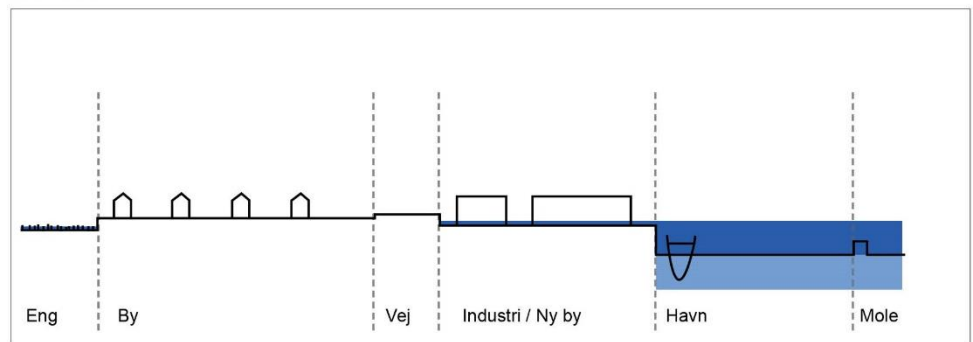
Bredning med fladt bagland

Oversvømmelsesmønsteret for byer med en bredningstypologi og fladt bagland er, at oversvømmelser fra stormflod og havstigninger breder sig ind over baglandet og de bagvedliggende bebyggelser. Der ses ofte oversvømmelser lige bag havne-

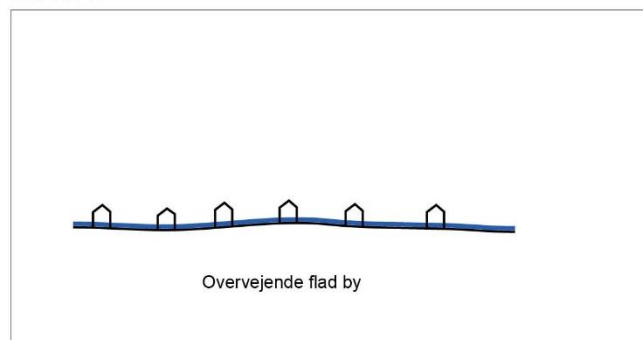
arealer særligt, når der også er en bagvedliggende å. Tendensen for oversvømmelser ved havnearealer gælder både ved lystbådehavne, industrihavne og industrihavne omdannet til boliger.



SNIT A-A



SNIT B-B



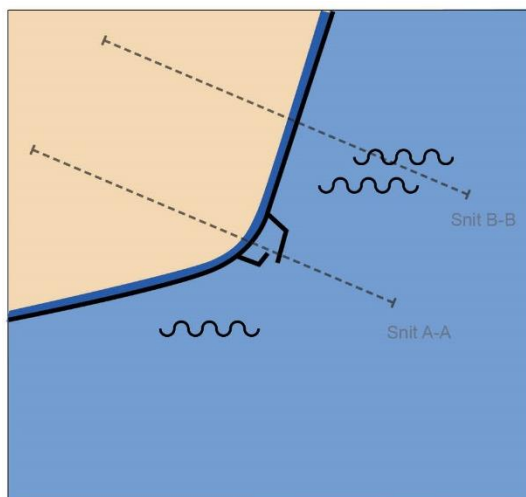
- Oversvømmelse
- Eksisterende vandstand

#### 4.3.4 Forhøjningen



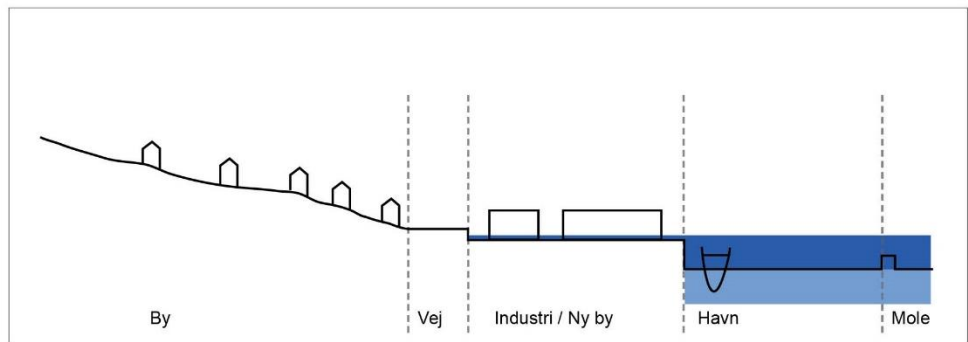
##### Skrænt eller bakke

Oversvømmelsesmønsteret for byer med en skrænttypologi er, at oversvømmelser fra stormflod og havstigninger primært sker lokalt op til en eventuel strandvej, hvor de forrest-liggende husrækker eller anden bebyggelse tæt på havet er i risiko ved oversvømmelse ved stormflod og havstigninger. Dette gælder også for eventuelle havne og lystbådehavne. Den bagvedliggende by er sjældent berørt ved stormflod og havstigninger.

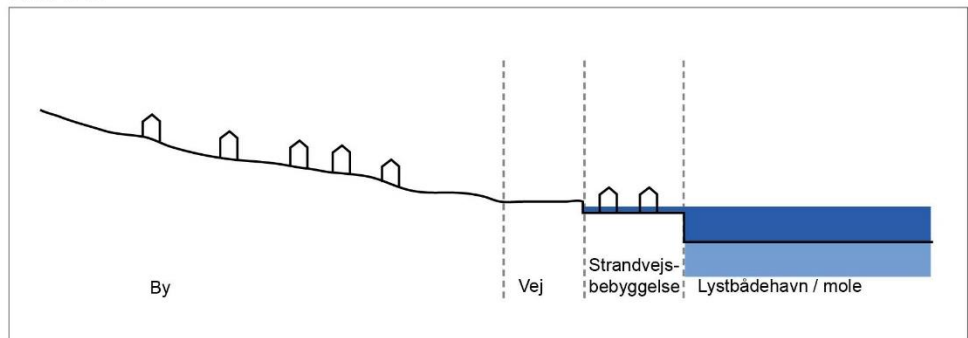




SNIT A-A



SNIT B-B



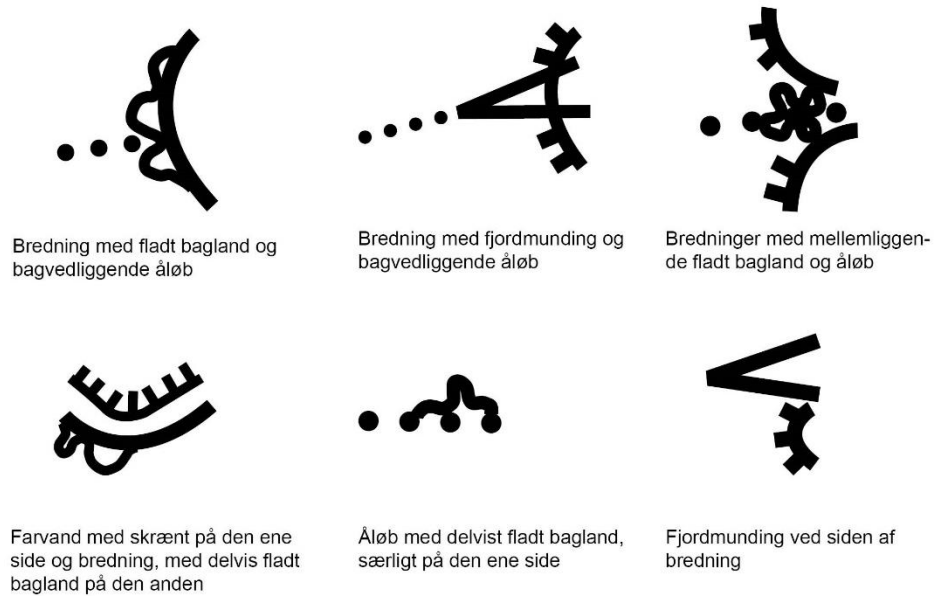
- Oversvømmelse
- Eksisterende vandstand

#### 4.4 Stormflodstypologier for større danske byer

Kortbilag 1 giver et samlet overblik over stormflodstypologier for de større danske byer og den geografiske placering.

#### 4.5 Variationer over stormflodstypologier

Landskabselementerne sammensættes til typologier, som dækker karakteristika for den enkelte by. Variationer over stormflodstypologier kan således se ud som nedenstående.



## 4.6 Analyse af resultater ift. typologier

Byernes fordeling på typologier

Tabel 4-1. *Oversigt over antal typologier, Indbyggere, Andel af indbyggere samt totale skader for Danmark fordelt på typologier. (\*Kun kortlagt i hovedstadsområdet.)*

	Antal byer	Indbyggere	Andel af truede	Skader (mio.)	Skader %
Bredning	21	893770	37%	44.112	47%
Skrænt	7	363805	15%	7.265	8%
Fjordmunding	24	1703621	71%	63.415	68%
Åløb	17	879816	36%	43.513	47%
Rimelig flad by	21	1319433	55%	48.887	52%
Kunstig kant*	5	749765	31%	15.965	17%

På kortbilag 1 er vist, hvordan typologierne er fordelt på de enkelte byer. En by kan godt have flere typologi-egenskaber som f.eks. fjordmunding og åløb, dette gælder f.eks. Vejle m.fl.

21 byer ligger ud til en bredning, dette gælder også de 10 byer medtaget under Hovedstaden. I disse byer bor der i alt knap 900.000 indbyggere og der er beregnet skader for 44 mia. dkk.

7 byer ligger ud til en skrænt og har en relativ lille andel af skader ift. andelen af indbyggere. Dette skyldes byernes udformning, hvor skrænten hurtigt beskytter de øvrige indbyggere.

24 byområder kan karakteriseres ved en fjordmunding. Af disse har 15 et karakteristisk å-udløb. De øvrige 2 byer med å-udløb er Frederikssund og Jyllinge, som ikke ligger i en fjordmunding, men som bredninger ud mod Roskilde Fjord. Byer, der ligger ud til en fjordmunding, omfatter 71% af de truede indbyggere og står for 2/3 dele af de forventede skader.

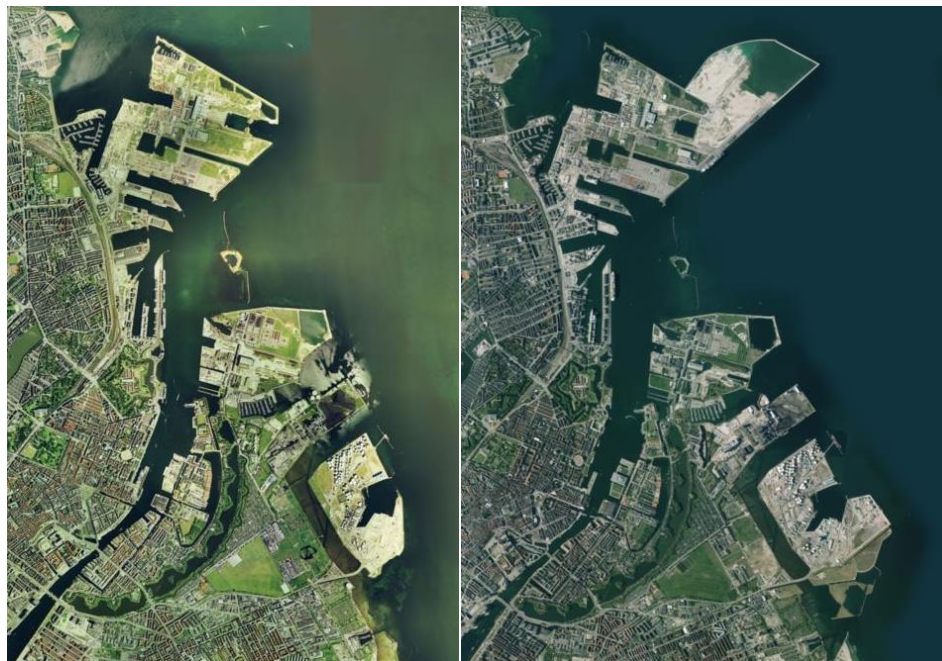
21 byer er kendetegnet ved et fladt bagland, hvor vandet kan brede sig ind over store arealer. 5 byer i hovedstadsområdet har en kunstig kant. Det drejer sig om Vallensbæk, Brøndby, Hvidovre, Tårnby og København. Landets øvrige kyst- og fjordbyer har i høj udstrækning ligeledes kunstige kanter særligt i havneområderne. Dette er ikke medregnet i denne undersøgelse, men der kan med fordel fremadrettet udføres yderligere typologistudier og analyser af de enkelte byer, med en højere detaljeringsgrad.

## 5 Byområder bebygget i risiko områder

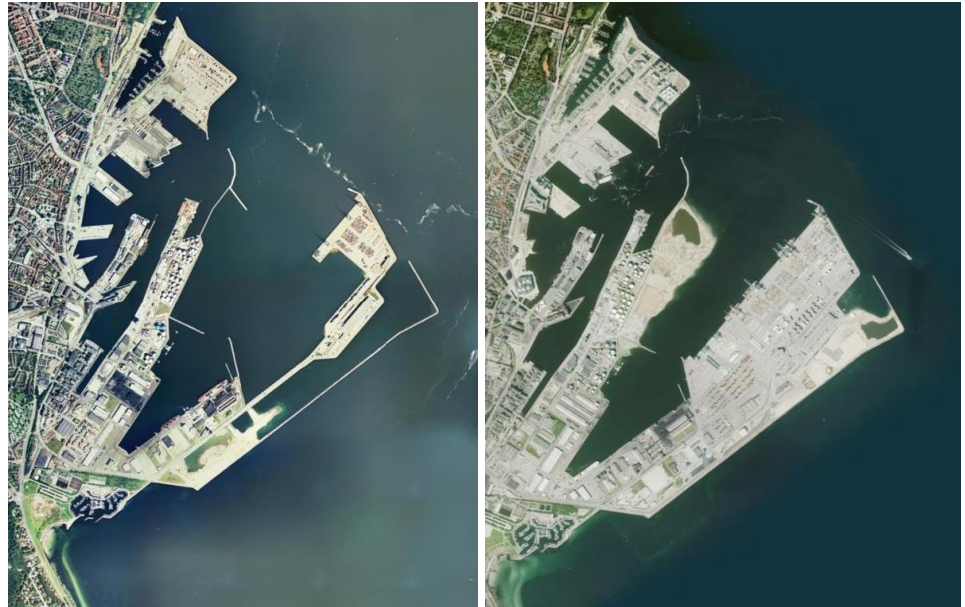
Mange byer i Danmark er grundet den lette adgang til handelsveje, placeret ved kyster, fjorde eller større vandløb. Byudviklingen er gennem tiden sket helt ned til vandkanten og dermed er der en stor del af byområderne der ligger udsat ifm. stormflod.

### 5.1 Byer, hvor risikoen er steget betydeligt gennem de seneste år

Mange byer har udviklet havnearealer og har etableret boliger og nyt erhverv tæt på vandet. I takt med omdannelsen af havnearealerne er der ofte etableret mere sårbare elementer ift. de naturligt robuste havneelementer. I det følgende gennemgås nogle af de byområder, hvor ændringerne har været størst.



Figur 5-1 Københavns Havn 2002 t.v. og 2016 t.h. Her ses en betydelig udbygning i Nordhavnen.



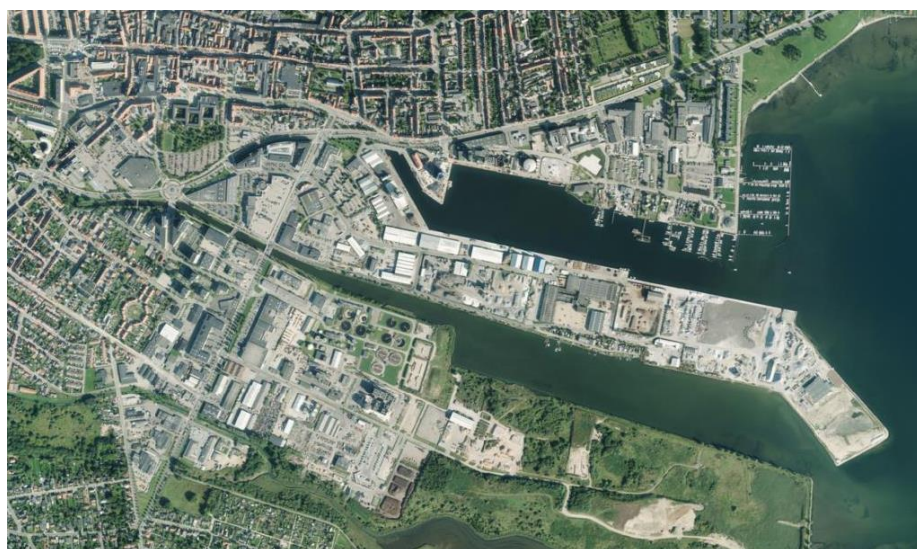
Figur 5-2 Udvidelse af landarealer i Århus Havn 2002 t.v. 2016 t.h.



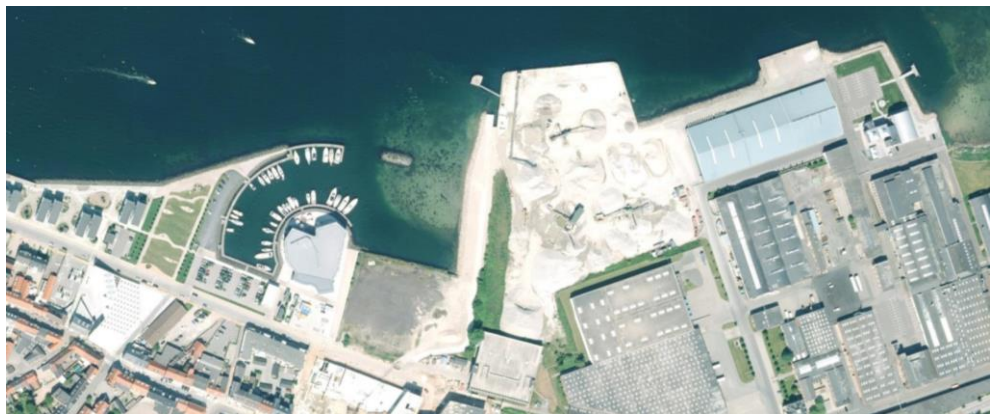
Figur 5-3 Ålborg, 2002 øverst, 2016 nederst. Her er der sket en betydelig udvikling af arealerne på sydsiden af fjorden.



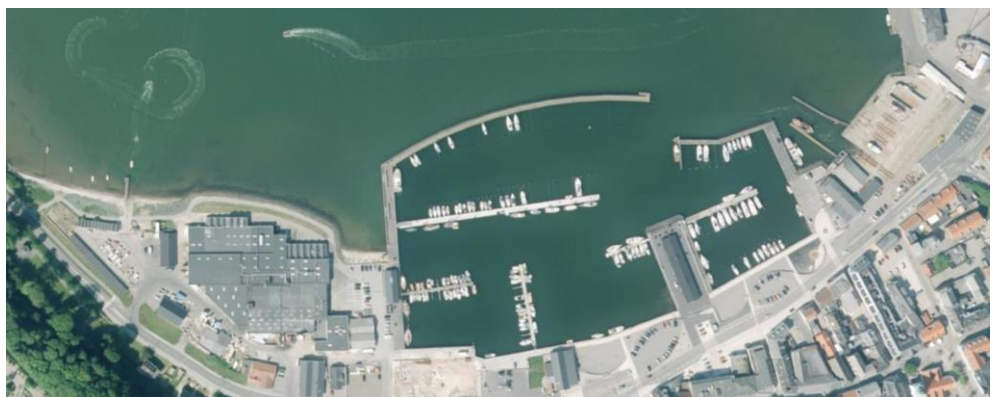
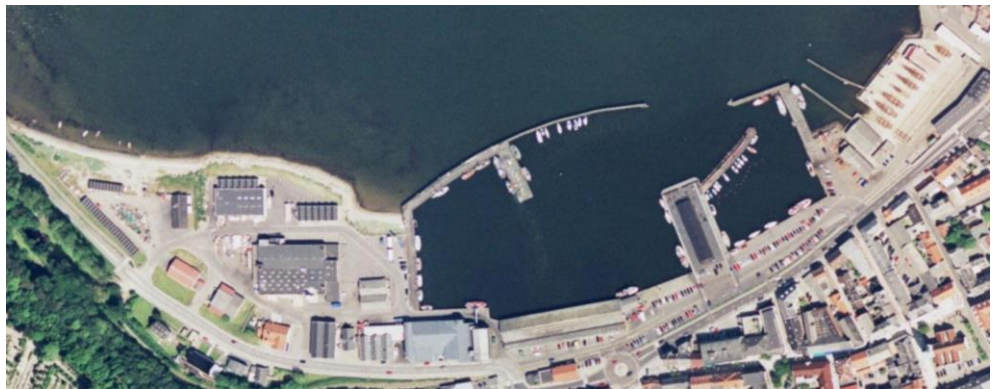
Figur 5-4 Vejle, 2002 t.v. 2016 t.h. Langs vandet er der sket betydelige investeringer i boliger, bl.a. "Bølgen" og "Havneøen".



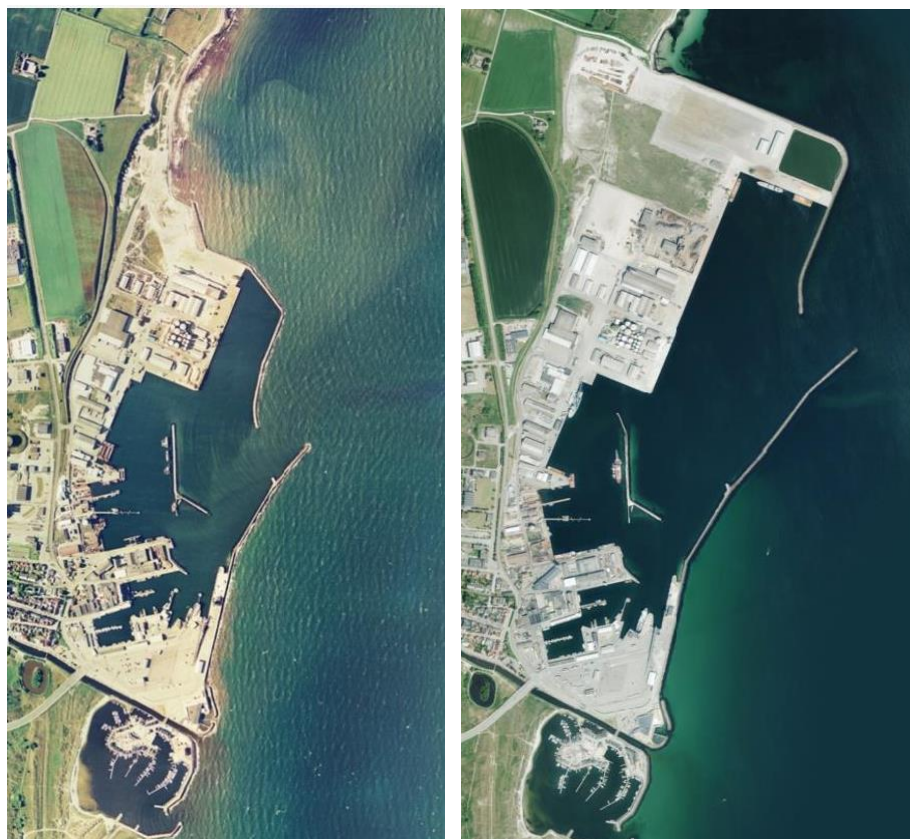
Figur 5-5 Horsens, 2002 øverst, 2016 nederst, store ændringer i yderhavnen.



Figur 5-6 I Middelfart er der ligeledes sket store ændringer. 2002 øverst, 2016 nederst.



Figur 5-7 Lemvig er blevet berømt for sin fornyelse i havnen med etablering af en højvandsikring. Samtidig kan man se store ændringer i bebyggelsen i den vestlige del af havnen.



Figur 5-8 I Grenå er der ligeledes sket en havneudvidelse. 2002 t.v. 2016 t.h.





Figur 5-9 I Holbæk er der etableret boliger på de tidligere havnearealer.



Figur 5-10 I Frederikssund er der etableret boliger på de tidligere havnearealer.

For ovenstående byer gælder det samlet, at der er sket betydelige udbygninger på arealer, der kan være truet af stormflod. På nogle af disse arealer er der samtidigt sket en yderligere sikring, mens der ikke er gjort noget på andre. Der, hvor der ikke er gjort noget, har man øget sin risiko for skader ved stormflod,

da sandsynligheden, selvom den er lille, er stigende som følge af den stigende havvandstand.

## 5.2 Vurdering af nuværende risiko

Risikoområder iht. oversvømmelsesdirektivet

I forbindelse med implementeringen af oversvømmelsesdirektivet i Danmark. Blev der i første plantrin udpeget 10 risikoområder. Dette er områder hvor de samlede skader ved oversvømmelse blev estimeret til over 2 mia. og omfattede mere en 500 ejendomme. I forhold til stormflod er følgende områder udpeget:

- > Randers Fjord (Randers)
- > Juelsminde
- > Vejle
- > Aabenraa
- > Fredericia
- > Odense Fjord (Odense)
- > Køge Bugt (Dragør, Tårnby, København, Hvidovre, Brøndby, Vallensbæk, Ishøj, Greve, Solrød og Køge Kommuner)
- > Korsør
- > Nakskov

Udover ovenstående større byområder, er der en række mindre byer, der allerede i dag ligger udsat. Konkrete eksempler er bl.a. Lemvig og Kerteminde, der under de nuværende forhold jævnlige er udsat for oversvømmelser. Derfor har man også her udført eller igangsat sikring af disse byer.

Frederiksværk er også en af de byer, hvor den nuværende sikring ikke yder fuld beskyttelse. Her er man også i gang med at etablere yderligere beskyttelse, så vandet ikke kan strømme over Havnevej, som ligger i ca. kote 1,65, hvorefter de lave områder bagved er truet.

Den samfundsøkonomiske analyse har kortlagt de samlede økonomiske udfordringer for de største byer over de kommende 100 år. Der er dog stor forskel på, hvordan risikoen udvikler sig over årene.

I nedenstående tabel er anført den nuværende årlige risiko, samt den samlede samfundsøkonomiske risiko over de kommende 100 år. Endvidere er anført, hvor stor en andel af den samlede risiko den nuværende risiko i 2017 udgør. Såfremt andelen er høj er byen relativt mere udsat i dag, og klimaudviklingen har mindre betydning for risikoen end for gennemsnittet af de øvrige byer.

By	Forventede skader i mio. kr. 2017-2117	Forventede skader i år 2017, mio. kr.	Andel af skader i 2017.
Espergærde	136	0,38	0,28%
Helsingør	463	1,46	0,31%
Frederikssund	2.658	16,98	0,64%
Frederiksværk	2.137	8,99	0,42%
Jyllinge	3.084	29,80	0,97%
Roskilde	291	1,44	0,49%
Holbæk	288	0,40	0,14%
Kalundborg	2.484	4,24	0,17%
Korsør	1.853	2,83	0,15%
Middelfart	164	1,08	0,66%
Kerteminde	2.877	12,18	0,42%
Nyborg	623	0,80	0,13%
Odense	3.624	5,87	0,16%
Esbjerg	1.512	22,51	<b>1,49%</b>
Fredericia	2.027	11,80	0,58%
Horsens	2.709	6,72	0,25%
Vejle	3.750	4,04	0,11%
Lemvig	1.139	3,70	0,32%
Struer	540	0,86	0,16%
Grenå	6.509	24,56	0,38%
Randers	4.712	31,80	0,67%
Aarhus	6.196	10,19	0,16%
Skive	1.692	9,15	0,54%
Thisted	18	-	0,00%
Frederikshavn	541	1,86	0,34%
Hobro	900	2,01	0,22%
Aalborg	3.042	17,58	0,58%
Haderslev	152	1,78	<b>1,17%</b>
Kolding	1.573	13,12	0,83%

By	Forventede skader i mio. kr. 2017-2117	Forventede skader i år 2017, mio. kr.	Andel af skader i 2017.
Nakskov	943	18,59	<b>1,97%</b>
Nykøbing Falster	213	2,86	<b>1,35%</b>
Næstved	85	1,09	<b>1,28%</b>
Rønne	126	2,47	<b>1,96%</b>
Sønderborg	250	2,87	<b>1,15%</b>
Vordingborg	549	9,24	<b>1,68%</b>
Aabenraa	1.035	11,27	<b>1,09%</b>
Svendborg	299	3,64	<b>1,22%</b>
København	7.536	85,06	<b>1,13%</b>
Brøndby	1.404	20,59	<b>1,47%</b>
Dragør	3.164	57,48	<b>1,82%</b>
Gentofte	1.737	4,53	0,26%
Hvidovre	2.253	29,54	<b>1,31%</b>
Lyngby-Taarbæk	137	0,30	0,22%
Ishøj	1.494	22,96	<b>1,54%</b>
Tårnby	3.285	43,97	<b>1,34%</b>
Vallensbæk	1.488	22,51	<b>1,51%</b>
Greve	1.688	27,45	<b>1,63%</b>
Køge	6.046	62,63	<b>1,04%</b>

Tabellen viser, at der er stor forskel på hvordan skadesbillede udvikler sig for de forskellige byområder. For de byer, der primært er truet af stormflod fra syd, samt Esbjerg, udgør den nuværende risiko en relativ stor del af den samlede risiko >1 %. Det betyder, at disse byer i høj grad står overfor en eksisterende udfordring. Tilsvarende kan konkluderes, at de byer, der primært er truet af stormflod fra nord må forberede sig på en kraftigere accelererende risiko. Da klimudviklingen har relativt større betydning, da ekstremstatistikken er fladere.

Den nuværende risiko er størst i København og mindst i Thisted, der allerede ligger beskyttet bag et dige.

## 6 Områder med øget risiko for fremtidig stormflod

I takt med den generelle vandstandsstigning kan der være områder, som i dag synes sikre ift. oversvømmelser, som fremover vil opleve en betydelig større risiko. Disse særligt udsatte områder kan generelt kategoriseres under følgende emner, eller en kombination af disse.

- > Områder som i dag er sikret mod stormflod, men hvor vandstandsstigningen øger sandsynligheden for oversvømmelse betydeligt.
- > Flade byområder, hvor sandsynligheden i dag er lille, men hvor den øgede vandstandsstigning øger sandsynligheden og det pludselig er store arealer der er truet af oversvømmelse.
- > Byer, hvor højvandsstatistikken er svagt stigende som funktion af gentagelsesperioden og vandstandsstigningen medfører en betydelig ændring af sandsynligheden for oversvømmelse.

### 6.1 Eksempler på områder, der i dag er beskyttet mod stormflod, som vil opleve en øget sandsynlighed

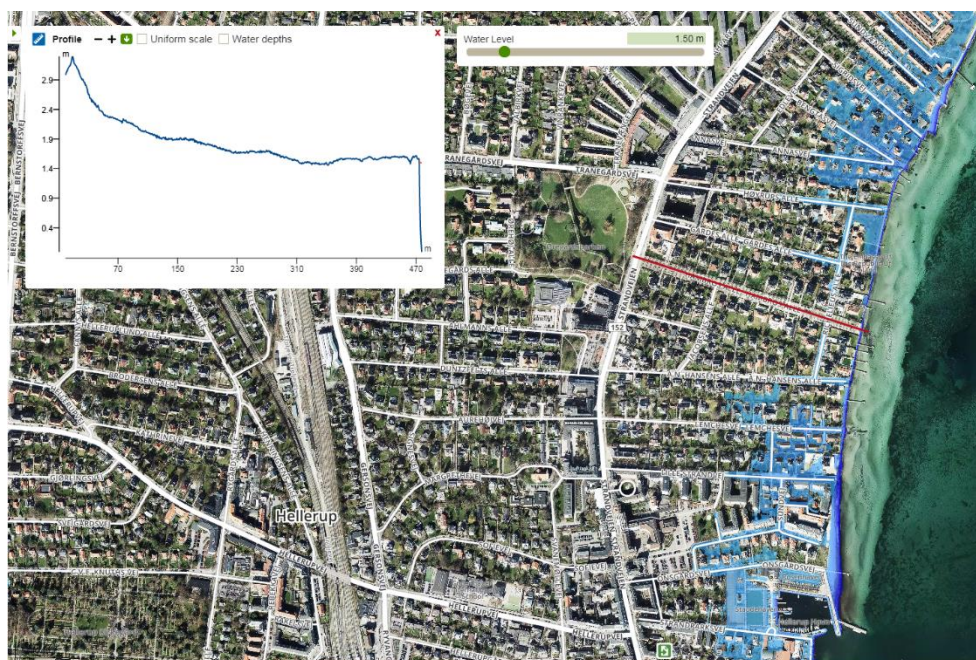
Køge Bugt strandpark beskytter i dag de bagvedliggende byområder fra Hundige over Vallensbæk til Brøndby. Strandparken yder i dag beskyttelse til ca. kote 2,5 m, hvilket svarer til ca. en 200 års hændelse. Ved en vandstandsstigning på 23 cm frem til år 2150 vil det ske ca. hvert 150 år, mens det i år 2100 forventes at ske med en gentagelsesperiode på ca. 70 år.

Der sker således ca. en tredobling af sandsynligheden for at digerne langs strandparken oversvømmes. Såfremt det sker, vil det have store konsekvenser for de bagvedliggende arealer.

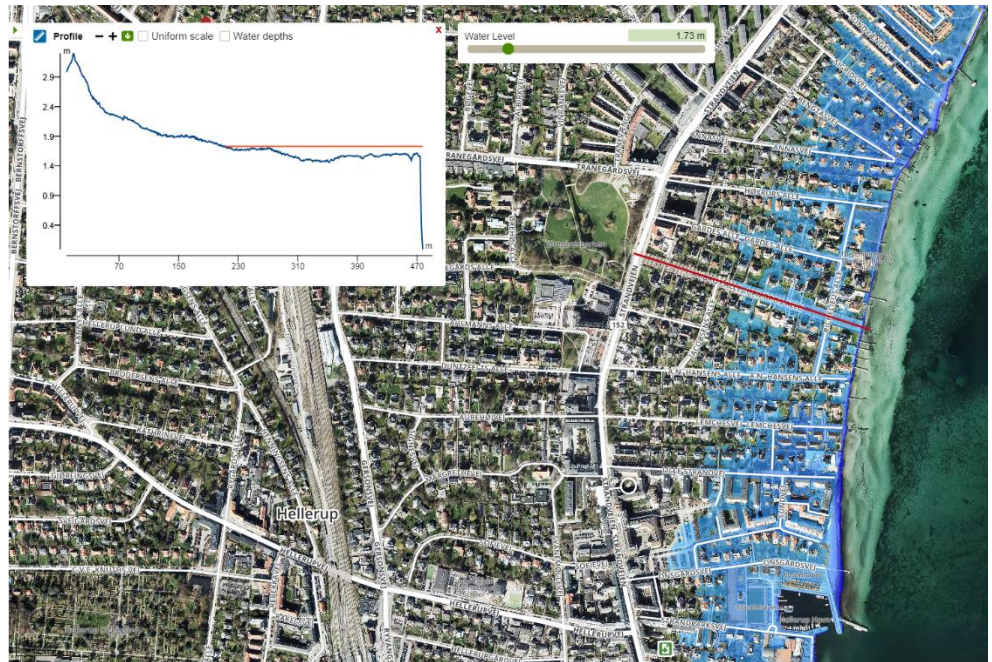
## 6.2 Flade områder, der i dag er sikre, men fremover vil have en stor sandsynlighed for oversvømmelser

De flade områder vil ligesom de beskyttede opleve at sandsynligheden for oversvømmelse gradvist øges.

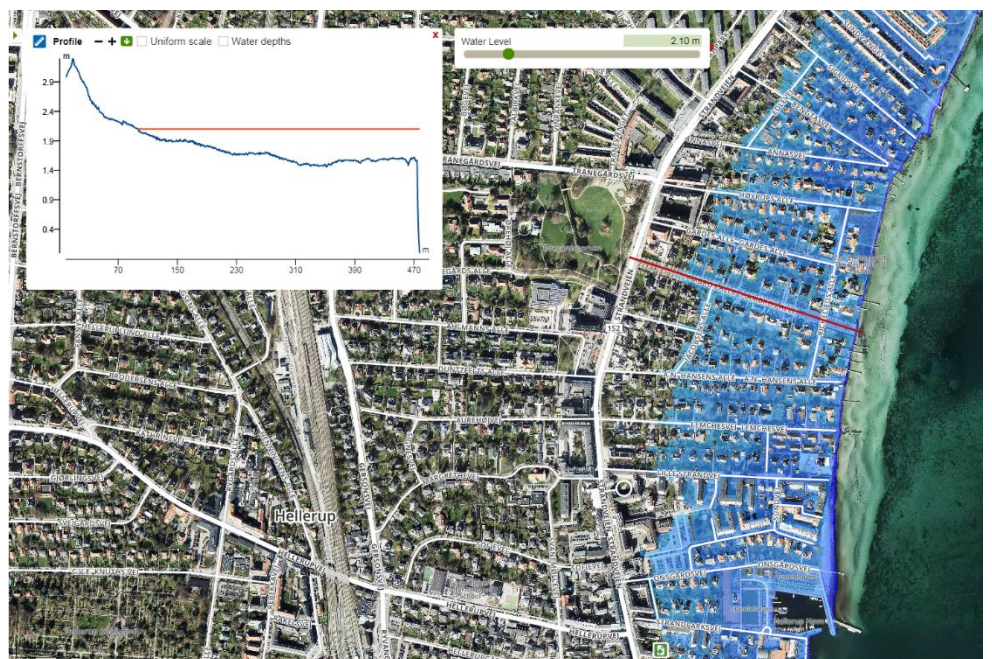
Et eksempel er området mellem strandvejen og kysten i Gentofte Kommune. I dag ligger det over det normale niveau for højvande og stormflod og oplever først skader ved ekstreme hændelser som Bodil og lignende.



Figur 6-1 Områder ved Gentofte med vandstand i kote 1,5 m, som er det niveau, hvor der er begyndende oversvømmelser. Længdesnittet af Hambros alle viser et typisk profil fra strandvejen ud mod kysten. Kote 150 svarer til en 50 års hændelse i dag.



Figur 6-2 En vandstand i kote 1,73 som er en 50 års hændelse i 2050, vil give omfattende oversvømmelser.

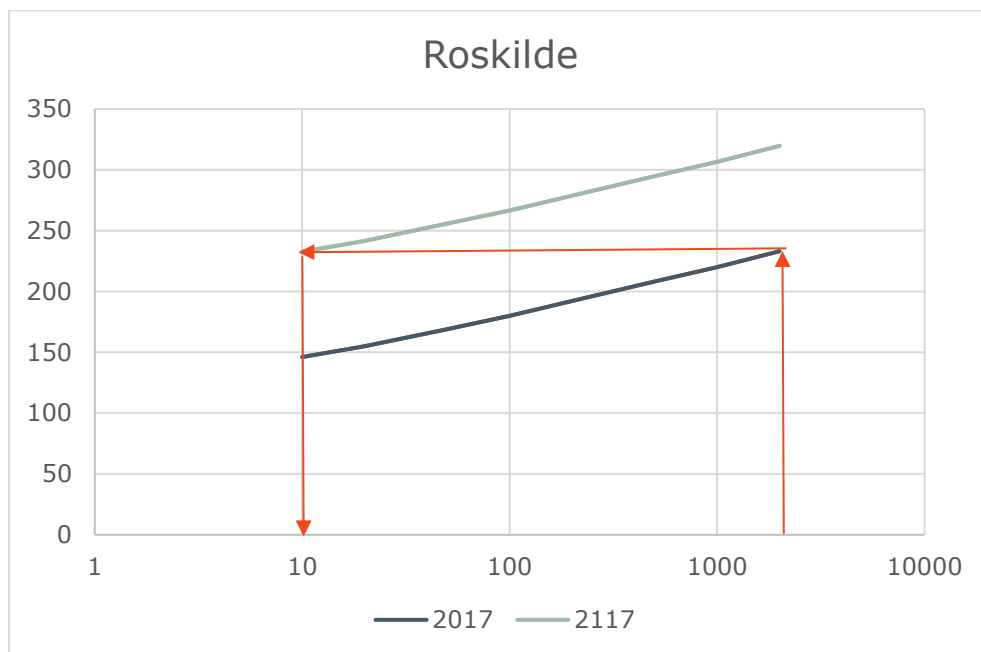


Figur 6-3 En vandstand i kote 210 cm, som er en 50 årshændelse i år 2100 vil medføre en halv meter oversvømmelser i store dele af området. Den nuværende 50 års hændelse i kote 150 cm vil optræde årligt og vil således ca være en 1 års hændelse.

### 6.3 Karakteren af højvandsstatistikken har betydning for hvordan sandsynligheden stiger

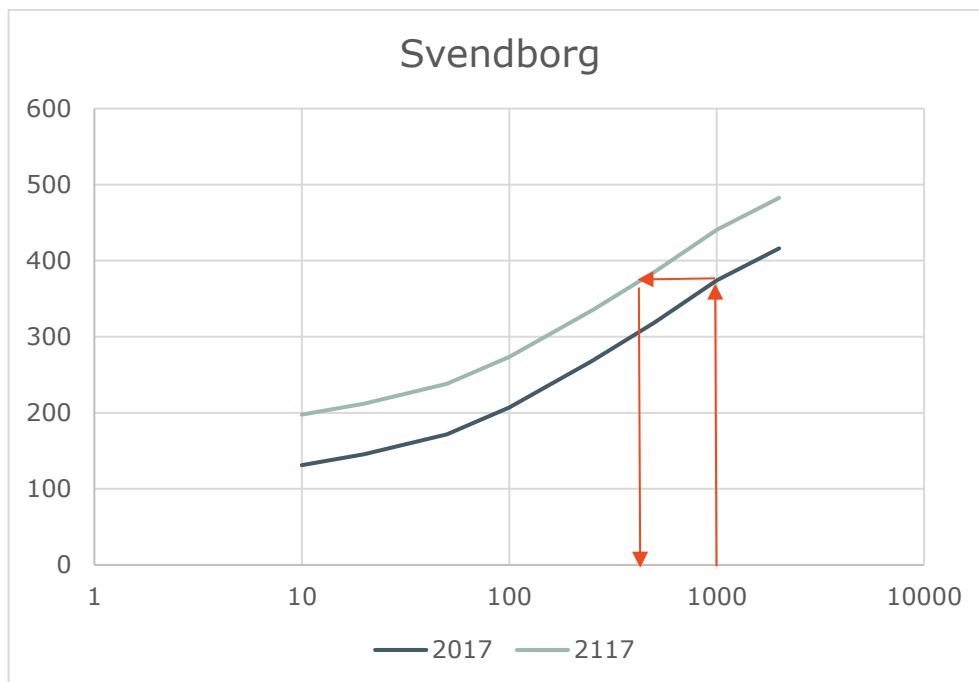
Karakteren af højvandsstatistikken har stor betydning for, hvordan et område vil opleve at sandsynligheden for oversvømmelse ændres.

Områder, som i dag har en statistik, hvor vandstanden stiger markant som funktion af gentagelsesperioden, vil typisk have en høj risiko i dag, da de ekstreme hændelser er meget høje. Her vil det have mindre betydning af vandstanden stiger. Derimod vil områder med en svagt stigende kurve, opleve at sandsynligheden for en given vandstand vil øges markant i takt med stigningen i vandspejlet.



Figur 6-4 Højvandsstatistikken for Roskilde, er et eksempel på en svagt stigende statistik, hvor ændring i middelvandstanden har stor betydning. En nuværende 2000 års hændelse vil således i år 2117 forekomme hvert 10. år, eller 200 gange så ofte. Dette svarer til at en vandstand i kote 2,3 m vil forekomme 200 gange så hyppigt som i dag.





Figur 6-5 Højvandsstatistikken for Svendborg er et eksempel på en hurtigt stigende kurve, hvor ændringen i middelvandstanden har mindre betydning. En nuværende 1000 års hændelse vil således i år 2117 svare til ca. en 600 års hændelse. Det betyder at en vandstand i kote 4,0 meter vil forekomme dobbelt så hyppigt som i dag.

De byer, der generelt bliver påvirket meget af vandstandsændringerne og har en flad statistik, er de byer i de indre danske farvande, der er truet af højvande fra nord.

### 6.3.1 Byer hvor sandsynligheden vil øges markant som følge af en svagt stigende højvandsstatistik

Af de undersøgte byer er det følgende byer, hvor risikoen ændres markant i løbet af de kommende 100 år.

By	Risiko i år 2017, mio. kr.	Risiko i år 2117, mio. kr.	Faktor 2117/2017
Espergærde	0,38	67,28	<b>175</b>
Helsingør	1,46	254,09	<b>174</b>
Frederikssund	16,98	885,54	52
Frederiksværk	8,99	1.259,43	<b>140</b>
Jyllinge	29,80	747,50	25
Roskilde	1,44	121,72	85
Holbæk	0,40	213,91	<b>539</b>
Kalundborg	4,24	1.617,04	<b>381</b>

By	Risiko i år 2017, mio. kr.	Risiko i år 2117, mio. kr.	Faktor 2117/2017
Korsør	2,83	1.405,46	<b>496</b>
Middelfart	1,08	79,86	74
Kerteminde	12,18	1.379,67	<b>113</b>
Nyborg	0,80	476,74	<b>597</b>
Odense	5,87	1.522,54	<b>259</b>
Esbjerg	22,51	417,89	19
Fredericia	11,80	671,72	57
Horsens	6,72	1.187,30	<b>177</b>
Vejle	4,04	2.272,71	<b>562</b>
Lemvig	3,70	439,86	<b>119</b>
Struer	0,86	265,85	<b>311</b>
Grenå	24,56	2.113,92	86
Randers	31,80	1.494,58	47
Aarhus	10,19	3.289,34	<b>323</b>
Skive	9,15	560,49	61
Thisted	-	24,08	<b>&gt;1000</b>
Frederikshavn	1,86	303,23	<b>163</b>
Hobro	2,01	494,93	<b>246</b>
Aalborg	17,58	1.192,59	68
Haderslev	1,78	58,32	33
Kolding	13,12	617,54	47
Nakskov	18,59	270,73	15
Nykøbing Falster	2,86	64,78	23
Næstved	1,09	35,11	32
Rønne	2,47	43,21	18
Sønderborg	2,87	97,81	34
Vordingborg	9,24	195,21	21
Aabenraa	11,27	477,43	42
Svendborg	3,64	126,72	35
København	85,06	3.404,73	40

By	Risiko i år 2017, mio. kr.	Risiko i år 2117, mio. kr.	Faktor 2117/2017
Brøndby	20,59	879,94	43
Dragør	57,48	1.299,26	23
Gentofte	4,53	795,88	<b>176</b>
Hvidovre	29,54	1.256,50	43
Lyngby-Taarbæk	0,30	67,98	<b>225</b>
Ishøj	22,96	891,84	39
Tårnby	43,97	1.447,09	33
Vallensbæk	22,51	897,25	40
Greve	27,45	931,04	34
Køge	62,63	3.091,62	49

Af de byer, der har høj risiko, og hvor der kan forventes en stor udvikling i løbet af de kommende 100 år, er det særligt byer der har en svagt stigende højvandsstatistik der er udsat. Dette gælder f.eks. de byer der er udsat for stormflod fra nord: Helsingør, Frederiksværk, Holbæk, Kalundborg, Korsør, Kerteminde, Nyborg, Odense, Horsens Vejle, Lemvig, Struer, Århus, Frederikshavn, Hobro og Gentofte.

Selvom risikoen udvikler sig betydeligt i nogle af de andre byer, vurderes den samlede risiko stadig at være lav. Dette gælder: Espergærde, Thisted og Lyngby Taarbæk.

## 7 Yderligere undersøgelser af stormflodsrisici for danske byområder

Denne undersøgelse har søgt at kortlægge, det samlede samfundsøkonomiske risiko, såfremt der ikke gøres noget for at beskytte de eksisterende værdier. Den har dog samtidigt synliggjort en række forhold, der er svære at belyse og som kan have indflydelse på, hvordan udfordringerne kan håndteres.

### 7.1 Hvad skal der til for at et område forlades?

I modellen er der indlagt en begrænsning på, hvor ofte et område medregnes som oversvømmet. Dette er en forenkling af virkeligheden, hvor det må forventes at området enten forlades eller beskyttes.

Der vil være nogle områder som efterhånden oplever oversvømmelser så ofte at de i realiteten ikke længere vil være beboelige. Samtidigt kan de være svære at sikre, fordi de fysiske forhold ikke gør det muligt, eller der er særlige hensyn til f.eks. Sejlads, Natura2000 områder, der gør det vanskeligt at etablere en sikring.

Der mangler analyser af hvilke mekanismer, der kan medføre at man enten vælger at beskytte eller forlade et område.

Findes der byområder, som må forlades fordi omkostningerne ved beskyttelse ikke stå mål med gevinsten?

På landet vil der være enkeltliggende ejendomme, som det i praksis ikke kan betale sig at beskytte, da det kan være væsentligt billigere at etablere en evt. beskyttelse længere inde i landet eller helt lade være.

### 7.2 Detaljeret vurdering af et evt. fysisk maksimum for højvande

Højvandsstatistikken er som nævnt baseret på et omfattende statistisk analyse af historiske stormfloder. Der har ikke i disse undersøgelser indgået en afklaring

af, om der kan fastlægges et fysisk maksimum for et højvande forårsaget af en orkan fra øst.

I forhold til resultaterne af nærværende undersøgelse har et fysisk maksimum ikke væsentlig betydning, da de indregnede samfundsøkonomiske konsekvenser primært skyldes, hyppigere, mindre, hændelser. Et fysisk maksimum har imidlertid stor betydning i forhold til de ikke medtagne afledte konsekvenser, som f.eks. sammenbrud i infrastruktur og tab af menneskeliv.

### 7.3 Vurdering af afledte omkostninger

De afledte omkostninger som f.eks. fald i huspriser, forårsaget af øget risiko for oversvømmelser eller fremtidigt tab af udsigt ved sikring, er ikke medtaget i undersøgelsen.

Ligeledes kan der ifm. oversvømmelser være sundhedsmæssige risici og i værste tilfælde tab af menneskeliv. Sådanne omkostninger indgår heller ikke i undersøgelsen.

Hvad er konsekvenserne ved en stor oversvømmelse af f.eks. København, hvor metroen og andet infrastruktur går ud af drift i længere tid. Indbyggerne bliver påvirkede af oversvømmelserne ift. stress, sygemeldinger mm ved tilbagevendende højvandsvarsler?

### 7.4 Vurdering af mulige miljøkonsekvenser

Miljømæssige konsekvenser ved oversvømmelser er heller ikke medtaget i analysen. Hvad sker der, hvis der sker oversvømmelse af forurenede områder, kemikaliedepoter eller andet, der kan medføre forurening?

## 8 Perspektiver

Nærværende undersøgelse har estimeret den samlede samfundsøkonomiske risiko relateret til oversvømmelser fra stormflod og stigende havvandstand. Risikoen er estimeret til ca. 100 mia. dkk i nettonutidsværdi over de kommende 100 år.

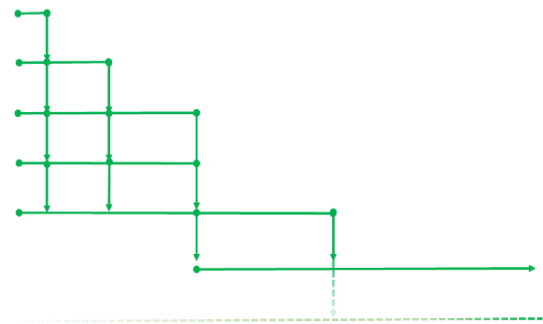
Den største del af risikoen ligger til sidst i perioden, men det er et væsentligt spørgsmål om risikoen som i dag udgør ca. 0,7 mia. kr. årligt er en acceptabel risiko eller der skal igangsættes flere konkrete tiltag for at beskytte byerne mod stormflod.

Risikoen skal vurderes op mod alternativerne, som enten er beskyttelse, beredskab, nedlæggelse af byområder eller bare at acceptere situationen, som den er.

Skal der etableres beskyttelse er et godt beslutningsgrundlag en cost-benefit analyse, hvor fordelene ved beskyttelse i form af reduceret risiko vejes op mod omkostningerne til anlæg af beskyttelsen, samt den fremtidige drift. Etableres der beskyttelse kan værdierne indenfor det beskyttede område stige yderligere, i forhold til i dag, da det så bliver mere attraktivt at investere indenfor de beskyttede arealer.

Nedenstående figur er et eksempel på hvordan et byområdes situation kan betragtes. Over de kommende år, vil der være flere mulige løsninger for at beskytte byen. Nogle af dem er ikke relevante i dag, da omkostninger og gener er for høje, men på sigt kan de blive relevante, da alternativet til beskyttelse, er at byen med tiden må forlades.

- Gøre ingenting
- Digeløsning til kote 2,1
- Digeløsning til kote 2,5
- Sluseløsning til kote 2,5
- Sluseløsning til kote 3,5
- Større sluseløsning
- Flytte byen



Tidsforløb 2015 2050 2100 2200 2300

Figur 8-1 Eksempel på løsningsmuligheder for en konkret by.

Den simpleste løsning i det konkrete tilfælde, er at gøre ingenting. Med den konkrete risiko vurderes dette ikke at være acceptabelt. Derfor skal der findes en løsning. Her er der flere muligheder, som bliver dyrere og dyrere og også har en længere holdbarhed.

Ved vurderingen af hvilken løsning, der er den rette, skal man indregne mulighederne for at ændre løsningen om et antal år, samt de usikkerheder hvorunder beslutningen skal tages. Her er det specielt udviklingen i vandstandsstigningen, der er relevant.

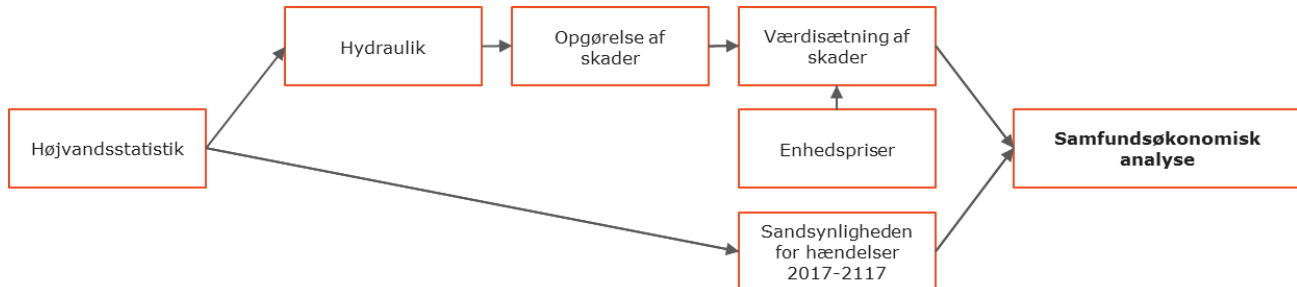
## Bilag A Metodebeskrivelse

I dette bilag gennemgås metoden for den samfundsøkonomiske analyse af skadesomkostningerne ved stormflod over en hundredårig periode.

For at kunne vurdere de samlede skadesomkostninger ved stormflod over en hundredårig periode samlet set og for de enkelte byer udarbejdes en samfundsøkonomisk analyse for hver by.

Overordnet opstilles en samfundsøkonomisk model, som analyserer de samlede skadesomkostninger over hele den aftalte tidsperiode (100 år). I denne model beregnes sandsynligheden for en given stormflodshændelse indtræder for hvert år i den hundredårige periode. Endvidere udregnes de forventede skadesomkostning ved denne hændelse. Ved at koble de estimerede sandsynligheder og skadesomkostninger for givne hændelser fremkommer et estimat for den økonomiske risiko for stormflod ved de forskellige hændelser. De samlede forventede skadesomkostninger fremkommer således ved summere den økonomiske risiko for alle hændelser over hele den valgte tidsperiode.

Den forventede skadesomkostning er estimeret på baggrund af antallet af opgjorte skader ved en given stormflodshændelse koblet med værdien af disse skader.



Figur 8-2. De overordnede trin i den samfundsøkonomiske analyse

I det følgende gennemgås elementerne, der indgår i den samfundsøkonomiske model og en række centrale forudsætninger for disse beregninger klarlægges.

De centrale forudsætninger er afgørende for at kunne estimere nettonutidsværdien af de samledes forventede skadesomkostninger over en hundredårig periode for hver by samt samlet.

Den overordnede beregningsgang er:

- > Centrale forudsætninger
- > Højvandsstatistik
  - > Stormfloder styret af vinde fra øst



- > Stormfloder styret af vinde fra Vest
- > Klimafremskrivning
- > Hydraulik
  - > Opgørelse af forventede skader
- > Samfundsøkonomisk analyse
  - > Værdisætning af skader
  - > Skadesomkostninger for danske byer

## A.1 Centrale forudsætninger

I det følgende redegøres for de centrale forudsætninger i forbindelse med beregningen af de samfundsøkonomiske konsekvenser af skader ved stormflod.

Tabel 8-1 opsummerer de generelle forudsætninger og antagelser, som er anvendt i beregningen af de samfundsøkonomiske omkostninger af skader.

Forudsætningerne er fastsat ud fra Finansministeriets vejledning vedrørende samfundsøkonomiske analyser.

*Tabel 8-1. Centrale forudsætninger*

Parameter	Værdisætning
Tidshorisont	2017-2117
Diskonteringsrenten	0-35 år: 4% 36-70 år: 3% 71-100 år: 2%
Nettoafgiftsfaktor	32,5%
Prisniveau	2017-priser

### Tidshorisont

Skadesomkostningerne ved oversvømmelse af de forskellige byer beregnes for en 100 årig periode. Det vil sige fra 2017 til 2117.

### Diskontering

Eftersom at skaderne ved stormflod udredes for en periode på 100 år, er det nødvendigt at undersøge, hvad skadesomkostningerne over hele perioden svarer til på nuværende tidspunkt (nettonutidsværdi). For at kunne gøre dette, anvendes Finansministeriets anbefalede samfundsøkonomiske diskonteringsrente. Denne diskonteringsrente aftrappes over tid, hvilket betyder, at skaderne i fremtiden tildeles en højere værdi i nutidskroner i forhold til en fast rente gennem perioden. I modsat fald kan man risikere, at forventede skader ude i fremtiden næsten ikke indregnes i de samlede skadesomkostninger. Diskonteringsrenten er 4 pct. de første 35 år, derpå 3 pct. frem til år 70 og derefter 2 pct. resten af perioden.

### **Nettoafgiftsfaktoren**

Finansministeriet anbefaler, at samfundsøkonomiske analyser udarbejdes på baggrund af markedspriser. I overensstemmelse hermed indregnes en nettoafgiftsfaktor på 32,5 pct. i beregningen af skadesomkostningerne over hele perioden. Skadesomkostningerne er i udgangspunktet opgjort i faktorpriser/producentpriser ved at pålægge nettoafgiftsfaktoren indregnes det generelle afgiftstryk i Danmark, hvorved skadesomkostningerne efterfølgende fremstår i markedspriser/køberpriser.

### **Prisniveau**

Priserne for skaderne angives i faste 2017-priser, det vil sige, at der ikke tages højde for inflation, som generelt medfører, at priserne stiger over tid.

## **A.2 Højvandsstatistik**

COWI har i en række projekter blandt andet for Metroselskabet, Københavns kommune, HOFOR samt Sund og Bælt, beskæftiget sig indgående med statistik af højvande særligt for den sydlige Østersø, men også for andre regioner. Konklusionerne fra vores tidligere undersøgelser er dermed brugt i det indledende arbejde for Realdania.

På baggrund af tidligere undersøgelse for København er konkluderet at stormfloder i Danmark primært af styret af to metrologiske fænomener, og at disse er uafhængige af hinanden. Derfor er højvandstatistikken for de enkelte byer delt op i to områder; stormfloder styret af vinde fra øst og stormfloder styret af vinde fra vest, opdelingen kan ses i Bilag B.

### **A.2.1 Stormfloder styret af vinde fra øst**

COWI har i forbindelse med Metroselskabet undersøgt historiske storme i den sydlige Østersø og konkluderet, at målte data udelukkende fra danske stationer er utilstrækkelige til at beskrive højvandsstatistikken for hændelser sjældnere end hvert 50. – 100. år.

Derfor har vi benyttet den samme metode, som er udviklet for Metroselskabet i forbindelse med Sydhavnstrækningen, hvor historiske orkaner fra øst er styrende for statistikken. Denne undersøgelsesmetode omfatter de byer, der ligger syd for bælteerne i den danske del af Østersøen og det Fynske Øhav. Metoden er beskrevet i dette afsnit.

Generelt for de danske målestationer i den sydlige Østersø gælder, at de har en relativ kort tidlig udbredelse, hvilket øger usikkerheden for sjældne hændelser markant. Derfor er stormflodsstatistikken for Gedser og Køge benyttet til at beskrive resten af byerne på baggrund af de korrelationer, som er fundet på tværs af stationerne. Grundet de relative korte tidserier for hver enkel by, giver det ikke nogen signifikant ændring i ekstrem værdi analysen at kombinere de få års data for hver enkelt by med de historiske tidsserier, Gedser og Travmünde. Der-

for er statistikken for Køge korrigeret direkte til hver enkelt by på baggrund af den fundne korrelation i den sydlige Østersø.

Der er fundet en god korrelation mellem de enkelte stationer baseret på annual maxium serie (AMS), korrelationen er bedre, desto mindre afstanden er mellem de enkelte stationer. Desuden er relationen for to stormfloder; 1872 og 04. jan 2017 undersøgt svarende til en henholdsvis ~300 årshændelse og ~25 årshændelse. Der er en god relation på tværs af den danske Østersø for disse hændelser, som viser, at maksimum vandstanden stiger, når man bevæger sig i vestlig retning.

Det ses desuden, at der er et yderligere tab i nordlig retning udover den øst/vestlige korrelation, som er fundet. Disse tab er der taget højde for i vores beregninger. Op gennem Lillebælt fra Sønderborg til og med Kolding og Nord for Femernbælt falder vandstanden mod nord, tabet er fundet for en række storme, hvor der er data for alle stationer og dette tab er lagt til for byerne Aabenraa, Haderslev og Kolding.

Det samme ses for Næstved, Vordingborg og Svendborg, her er det dog sværere at se en lineær sammenhæng mellem stationer i Nordlig retning. Derfor er der på baggrund af det tilgængelige data fundet det bedste estimat for tabet, så stormfloden i disse byer ikke bliver overvurderet. Estimatet er baseret på baggrund af optegnelser for stormen 1872 samt stormen den 04. januar 2017, hvor der er data for et stort antal stationer i området. Tabet er også forventelig, da den hydrauliske modstand i Langelandsbælt og Smålandsfarvandet ikke forventes at kunne negligeres. For Nykøbing Falster, hvor der ikke findes noget data, er det antaget, at højvandet må ligge et sted mellem Bandholm og Kalvehale, hvorfor statistikken er bestemt som et simpelt gennemsnit mellem disse to stationer.

For alle byerne er den målte kote sammenholdt med de to nævnte hændelser for at validere statistikken for en henholdsvis ~300 årshændelse og ~25 årshændelse.

Alle stormflodstatikkerne for de enkelte byer er listet i Bilag D.

### **Statistisk metode**

Metoden er udviklet, så det er muligt at kombinere historiske hændelser med faktiske målinger. Metoden er lavet i samarbejde med DTU for Metroselskabet. De historiske hændelser er indsamlet via diverse nationale arkiver og overleveringer, listet i Tabel 8-5. Dataene er processerede geografisk med henhold til den korrelation, der er fundet for den sydlige Østersø under stormen 1872. Denne korrelation er skitseret i Figur 8-3.

Metoden er tilpasset af det forhold, at statistikken for Køge reelt er delt i tre segmenter:

- > Et nedre segment for mindre stormfloder med lave gentagelsesperioder mellem 2 til 20 år. Disse stormfloder dannes under mere almindelige mete-

orologiske forhold. Statistikken for det nedre segment kan bestemmes ud fra de observerede data fra Køge i perioden fra 1954 til 2014, i alt 61 års data. I dette segment antages ekstrem vandstandsfordelingen at følge en Weibull fordeling med samme afskæringsniveau som KD i 2012.

- > Et øvre segment af yderst sjældne stormfloder med høje gentagelsesperioder over 150-200 år. Stormfloderne i dette segment dannes af sjældne meteorologiske forhold, hvor en storm med vinde af orkanstyrke blæser fra øst. For dette segment regnes der på gentagelsesperioder på 500 år og derover. Statistikken for dette segment er primært baseret på øjenvidneberetninger. I dette segment antages en ekstrem vandstandsfordeling at følge en eksponential fordeling.
- > Et sidste, tredje segment, er overgangen mellem det øvre og det nedre segment, hvor sammenhængen mellem vandstand og hyppighed skal bestemmes som en sum af sandsynligheden for de to statistisk uafhængige fænomener og hvor kraftige storme begynder at præge statistikken for stigende vandstande. Dette segment fases ind omkring 20 år og udfases igen omkring 500 års gentagelsesperiode. Denne statistik baseres på en kombination af øjenvidneberetninger og målinger. For dette segment er der benyttet en wakeby fordeling, som er velegnet til at forbinde overlappet mellem to segmenter.

## A.2.2 Stormfloder styret af vinde fra Vest

For de resterende byer er det antaget at samme metode, som Kystdirektoratet anvender. Hvor én statistiskfordeling er tilstrækkelig til at beskrive den statistiske sammenhæng for de enkelte byer. Der er lavet en AMS analyse og det forventes, at data følger en weibull fordeling. Der er desuden undersøgt to historiske stormfloder 1362 og 1634, som er plottet sammen med QQ-plot for Ribe og Esbjerg og konklusionen er, at det er rimeligt at beskrive disse ekstreme hændelser med samme statistiske fordeling som hyppigere stormfloder. Dette validerer antagelsen af at Kystdirektoratets metode; at beskrive alle hændelser med én fordeling er rimelig for stormfloder styret af vinde fra Vest. Dog vides det, at for få stationer, som har korte tidsserier <100 år, er der store usikkerheder forbundet med at estimere en 1.000 årshændelse. Derfor er disse byer blevet suppleret med data fra nærliggende byer.

Generelt er tidserierne for denne del af landet længere end for det sydlige Danmark, større end 100 år. Enkelte byer har dog meget korte tidsserier eller ingen data er offentlige tilgængelige. For disse byer er korrelationen for nærliggende byer undersøgt. Disse korrelationer er gode, og de korte tidsserier er derfor blevet suppleret med korrigeret data fra nærmest liggende station. Desuden er data fra kystdirektoratets højvandsstatistik fra 2012, suppleret med vandstandsdata for årene 2012 – 2017.

For Roskilde fjord har alle byerne en kort tidsserie eller ingen data, og derfor er tidserien for Hornbæk brugt til at bestemme højvandsstatikken. Dette er gjort på baggrund af en god korrelation fra Hornbæk til Roskilde og Holbæk.

For Limfjorden er der set på dynamikken i helhed. Eftersom at der for Struer og Thisted ikke findes noget data og for nogle er meget korte tidsserier. For det tilgængelige data i Limfjorden er der fundet en god korrelation på tværs af stationerne, hvorfor tidsserier er lavet på baggrund af disse korrelationer for de byer med korte tidsserier. Der er desuden suppleret med data fra byer, som ikke er med i analysen men som har længere tidsserier. For Thisted er der desuden regnet på vind set-uppet fra Løgstør, da det er svært at estimere noget om det hydrauliske tab på baggrund af det tilgængelige data.

### A.2.3 Klimafremskrivning

Tilsvarende COWIs arbejde for Metroselskabet er der valgt at bruge CRES klimafremskrivning af havvandsstanden fra 2017 frem mod 2120. I CRES's rapport er der en meget lille variation af de fremtidige havvandsstigninger på tværs af landet, hvorfor vi har valgt at benytte én værdi svarende for København, de lokale isostatisk bevægelser er modregnet på tværs af landet.

For de isostatisk ændringer har vi benyttet samme model, som kystdirektoratet bruger. Det er set, at der for andre undersøgelser har været væsentlige afvigelser for visse dele af landet. Derfor anbefales det ved en mere dybdegående undersøgelse for enkelte byer også at studere lokale isostatisk forhold.

For Limfjorden vides det, at størrelsen af Thyborøn Kanal er styrende for fremtidens højvandsstatistik i og med, at udvekslingen med Nordsøen har stor betydning. Et eventuelt bidrag i fremtiden er ikke medregnet, da det er uvist, hvordan fremtidige projekter påvirker udvekslingen i kanalen.

## A.3 Hydraulik

For byerne i hovedstadsområdet har COWI bygget en hydraulisk model i Mike Zero, fra Køge i Syd til og med Københavns kommune i Nord. Denne hydrauliske model er benyttet til at bestemme stormflodernes udbredelse på land. På baggrund af tidligere undersøgelser har alle stormflodshændelser haft et maksimum over 12 timer. Modellen har en rand i henholdsvis Nord (Hornbæk/Mölle) og Syd (ved Trelleborg og i sydlig retning). Modellen omfatter således også kysten ved Gentofte, Espergærde og Helsingør, hvilket er benyttet til at bestemme højvandsstatistikken ved disse byer på baggrund af statistikken for Nordre Toldbog og Køge. Desuden er visse diger og andre strukturer, som har stor betydning for udbredelsen medregnet i modellen.

For alle byerne udenfor hovedstadsområdet er der benyttet en analyse på baggrund af SCALGO Live, hvor oversvømmelserne ved de forskellige hændelser er estimeret ud fra en terrænmodel, som er offentlig tilgængelig, denne er tilrettet med hydrauliske barrierer, hvor disse er kendte. Terrænmodellen har en opløsning på 40x40 cm, hvilket gør, at allerede etablerede stormflodsløsninger, som er smallere end 40 cm, kun er inkluderet, hvor de manuelt er tilrettet i modellen. Der kan således være enkelte mure, som ikke er indarbejdet. Desuden er den tidlige udbredelse ikke beskrevet for disse byer, hvilket giver en øget usikkerhed ved de byer, som har oversvømmelser langt inde i land. Ved yderligere

undersøgelser kan det for enkelte byer give en bedre forståelse af hydraulikken at bygge en hydraulisk model særligt i byer med fladt bagland, hvor stormfloderne har stor geografisk udbredelse.

### A.3.1 Opgørelse af forventede skader

De opgjorte skader er beregnet på baggrund af det oversvømmede areal fra enten den hydrauliske model eller Scalgo live.

#### **Den hydrauliske model, hovedstadsområdet**

I de områder, som er dækket over land af den hydrauliske model, er vanddybderne for de enkelte hændelser trukket ud for hvert værdisat punkt; henholdsvis til jernbane, vej, husstande og stationer, hvor der er lavet et punkt for hver 20 m vej. Skaderne medregnes ved forskellige vanddybder se Tabel 8-2. For Kastrup Lufthavn og Øresundstunnelen er det vurderet direkte for resultaterne og en skade bliver medregnet, hvis enten lufthavnen eller tunnelen bliver oversvømmet ved en given hændelse.

For jernbane- og metronettet er der regnet forsinkelser for hele strækningen, hvis en enkelt strækning eller station er oversvømmet, da det antages, at resten af nettet også vil være ude af drift. Materielle skader på såvel jernbane som stationer er medregnet separat i forhold til den samlede længde oversvømmet jernbane og antal stationer.

For vejnettet er skaderne opgjort som forsinkelser på baggrund af COWIs trafik model, som estimerer antallet af biler på hver vejstrækning. Det er anslået, at en gennemsnitlig pendler i Københavnsområdet pendler 12 km hver dag, hvilket svarer til, at hver bil i gennemsnit kører på 18 vejstrækninger i trafikmodellen. Hvilket er medregnet, så den samme bilist ikke kan blive forsinket flere gange.

Tabel 8-2. Vanddybder for at en skade bliver medregnet for et givent skades objekt.

Skades objekt	Vanddybde for skade [cm]	Enhed
Kælder [BBR data]	10	m <sup>2</sup>
Stue etage (privat) [BBR data]	20	m <sup>2</sup>
Erhvervs bygning [BBR data]	20	Antal
Elsvigt (Både privat og erhverv) [BBR data]	30	Antal
Jernbane og metro <sup>2</sup> [FOT-data]	10	m
Jernbane stationer [FOT-data]	10	Antal
Vejbane [COWI – trafik model]	10	Per./vej

### Scalgo live

For resten af landet, som ligger uden for den hydrauliske model, bruges det on-line værktøj scalgo-live til at beregne de oversvømmede arealer. Outputtet fra scalgo-live giver det oversvømmede areal, men det er ikke muligt at udtrække de reelle vanddybder på samme måde, som for den hydrauliske model. Derfor antages det, at alle skader uafhængig af type sker ved 20 cm vand. Skaderne er alle opgjort på baggrund af FOT-data. El-svigt er beregnet på antal el-skabe på baggrund af DONG's gennemsnitlige antal el-skabe i Region Hovedstaden per m<sup>2</sup>. Antallet af trafikanter på vejene for resten af landet estimeret i forhold til beskrivelsen i FOT-data og sammenholdt med COWIs trafik model.

## A.4 Samfundsøkonomisk analyse

Den samfundsøkonomiske analyse baserer sig som tidligere nævnt på ovenstående omtalte højvandsstatistik samt opgjorte skader ved givne højvande. Højvandsstatistikken anvendes til at udregne sandsynligheden for en given hændelse over hele den undersøgte tidsperiode. Denne sandsynlighed kobles dernæst med skadesomkostningerne ved hændelserne.

De samlede skadesomkostninger består udover værdierne af materielle skader også af værdien af forsinkelser på infrastrukturen, herunder forsinkelser for rejsende i Kastrup lufthavn, Københavns metro, Øresundsbroen samt på vej- og jernbanenettet.

<sup>2</sup> Kun metrostrækninger som ligger i terrænet

I nedenstående redegøres for hvorledes de opgjorte skader værdisættes.

De centrale forudsætninger, som skal være gældende for at kunne udregne valide samfundsøkonomiske estimater se mere i afsnit xx.

#### A.4.1 Værdisætning af skader

For at estimere de samlede skadesomkostninger over hele perioden værdisættes de opgjorte skader ved at koble en enhedspris på antallet af oversvømmede typer af skader. En oversigt over de anvendte enhedspriser ses i Tabel 8-3.

##### Materielle skader

Omkostningerne ved de materielle skader er fundet ved at koble de opgjorte skader med tilhørende enhedspriser.

Enhedspriserne er primært baseret på informationer fra skadesdata fra forsikringsselskaberne, skadesomkostninger i forbindelse med stormen Bodil samt øvrige prisinformationer hentet fra trafik- og jernbanedata.

##### Forsinkelser på infrastruktur

Værdien af forsinkelser på infrastrukturen er opgjort ud fra tidsværdier for person trafik hentet fra transportøkonomiske nøgletal 2017. Disse tidsværdier er koblet med antagelser om antallet af timer og dage, hvor rejsende kan forvente forsinkelser efter en stormflod, der har forårsaget oversvømmelser.

Tidsværdierne for persontrafik kan opgøres både for kollektivrejsende samt for køretøjstimer. Førstnævnte er anvendt ved værdisætningen af forsinkelser på jernbanenettet, Kastrup lufthavn, Københavns metro og Øresundsbroen, mens sidstnævnte er anvendt til værdisætning af forsinkelser på vejnettet-

##### Anlæg- og driftstab på infrastruktur

Udover de materielle skader og forsinkelser er der endvidere indregnet anlægs- og driftstab for Kastrup lufthavn, Københavns metro og Øresundsbroen samt driftstab for jernbanenettet.

Driftstab for jernbanenettet er udregnet ud fra tabt omsætning på billet salg på i de enkelte byer. Der er her taget højde for, om det gennemgående er S-tog eller fjerntog, der er dominerende for den givne by.

Anlægs- og driftstab for Kastrup lufthavn, Københavns metro og Øresundsbroen er estimeret på baggrund af informationer fra Kastrup lufthavn, Sund og Bælt samt Metroselskabet.

Tabel 8-3. Enhedspriser for skader i den økonomiske opgørelse.

Skader	Enhed	2017-pris (kr./enhed)	Årets pris (kr./enhed)	Prisår	Kilder
Stueetage - privat	Oversvømmet	3.599	3.500	2014	Skader fra Bodil



	m <sup>2</sup>				hændelse, Stormflodsrådet
Kælder – privat	Oversvømmet m2	537	528	2016	Plask
Elsvigt private	Antal boliger med mere end 0,3 m vand	2.098	2.063	2016	Plask
Erhverv - skader, produktionstab og løsøre	Enhedspris	455.616	448.000	2016	KBH klimamodel
Elsvigt erhverv	Antal virksomheder med mere end 0,3 m vand	6.295	6.189	2016	Plask
Trafikforstyrrelser alle hovedveje	kr./køretøjstime	239	239	2017	Transport økonomiske enhedspriser
Vej-brud/genopførelse	Enhedspris (et brud á 1 meter)	3.001	2.951	2016	Plask
Jernbane skinnerep	Enhedspris (et brud á 1 meter)	4.324	4.252	2016	COWI - Railways - MAJN
Station	Enhedspris (Genetablering af sårbare installationer)	497.919	489.596	2016	COWI - Railways
Skader på kloakker	Enhedspris	1.201.168	1.100.000	2010	KBH klimamodel
Anlæg+driftstab, Kastrup Lufthavn	Enhedspris	5.085.000.000	5.000.000.000	2016	Estimeret ud fra omsætning i CPH lufthavns årsrapport
Anlæg+driftstab, Øresundsbro (tunnel)	Enhedspris	4.068.000.000	4.000.000.000	2016	Sund&Bælt
Driftstab, jernbane	Enhedspris (tabt indtjening af billetpriser)	220.500.000	220.500.000	2017	COWI/DSB
Anlæg+driftstab, Metro	Enhedspris	2.034.000.000	2.000.000.000	2016	Metroselskabet
Forsinkelser, Kastrup Lufthavn	Værdien af antal personforsinkel-	5.876.490.727	5.876.490.727	2017	Trafiktal fra 2015 enhedspris 2017

	ser				
Forsinkelser, Øresundsbro	Værdien af antal personforsinkelser	3.750.530.566	3.750.530.566	2017	Trafiktal fra 2014/2016 enhedspris 2017
Forsinkelser, jernbane	Værdien af antal personforsinkelser	7.225.405.265	7.225.405.265	2017	Trafiktal fra 2017- enhedspris 2017
Forsinkelser, Metro	Værdien af antal personforsinkelser	7.504.532.061	7.504.532.061	2017	Trafiktal fra 2015 enhedspris 2017

#### A.4.2 Skadesomkostninger for danske byer

På baggrund af værdisætningen af alle skader og forsinkelser opgøres de samlede skadeomkostninger for de givne hændelser og kobles med sandsynligheden for, at en given hændelse indtræder over perioden 2017 til 2117.

De samlede skadesomkostninger for hvert år og by er nu opgjort i faktorpriser og transformeres dernæst til markedspriser ved at koble nettoafgiftsfaktoren på de opgjorte skadesomkostninger.

For at udregne nettonutidsværdien i 2017-niveau af de forventede samlede skadesomkostninger ved stormflod over hele tidsperioden samlet set samt for alle byer er det nødvendigt at tilbagediskontere alle de forventede fremtidige skadesomkostninger til 2017-niveau.

Nettonutidsværdien af de forventede skadesomkostninger ved stormflod for de enkelte byer fremgår af Tabel 2-2.

## Bilag B Metadata for byer

By	Rapport Nr.:	Kommune nr.:	Indbyggere (i 1.000)	Stormflod	Tidsserie for vandstand
Esbjerg	1	561	72	Nord	1874 – 2017
Struer	2	671	10	Nord	Ingen data <sup>3</sup>
Skive	3	779	21	Nord	1995 – 2012
Thisted	4	787	13	Nord	Ingen data <sup>3,4</sup>
Aalborg	6	851	112	Nord	1965 – 2016
Frederikshavn	7	813	23	Nord	1893 – 2016
Hobro	8	846	12	Nord	Ingen data <sup>5</sup>
Randers	9	730	62	Nord	1909 – 2015
Grenå	10	707	15	Nord	1976 – 2016
Aarhus	11	751	269	Nord	1890 – 2017
Horsens	12	615	58	Nord	Ingen data <sup>5</sup>
Vejle	13	630	55	Nord	Ingen data <sup>5</sup>
Fredericia	14	607	40	Nord/Syd	1890 – 2017
Kolding	15	621	60	Syd	1989 – 2017
Haderslev	16	510	22	Syd	2001 – 2017
Aabenraa	17	580	16	Syd	1981 – 2015
Sønderborg	18	540	28	Syd	2001 – 2017
Svendborg	19	479	27	Syd	1977 - 2017 <sup>6</sup>
Middelfart	20	410	15	Nord/Syd	Ingen data <sup>7</sup>
Odense	21	461	177	Nord	1973 – 2012
Nyborg	22	450	17	Nord	1890 – 1917
Korsør	23	330	15	Nord	1890 – 1917
Nakskov	24	360	13	Syd	Ingen data <sup>5</sup>
Nykøbing F.	25	376	17	Syd	Ingen data <sup>5</sup>
Vordingborg	26	390	12	Syd	2001 - 2017 <sup>8</sup>
Næstved	27	370	43	Syd	2001 - 2017 <sup>9</sup>
Køge Kom.	28	259	37	Syd	1044 - 2014 <sup>10</sup>
Solrød Kom.	29	269	22	Syd	Fra Køge
Greve Kom.	30	253	50	Syd	Fra Køge
Ishøj Kom.	31	183	23	Syd	Fra Køge
Vallensbæk Kom.	32	187	16	Syd	Fra Køge
KBHs Kom.	37	101	603	Nord/Syd	Fra NT <sup>11</sup> /Køge
Brøndby Kom.	33	153	36	Syd	Fra Køge
Hvidovre Kom.	34	167	53	Syd	Fra Køge
Dragør Kom.	35	155	14	Nord/Syd	NT/Køge
Tårnby Kom.	36	185	43	Nord/Syd	NT/Køge
Gentofte Kom.	38	157	76	Nord/Syd	NT/Køge

<sup>3</sup> Estimeret udefra nærliggende stationer på baggrund af korrelationen i Limfjorden.

<sup>4</sup> Bestemmelse af vind set-up fra Løgstør

<sup>5</sup> Estimeret udefra nærliggende stationer på baggrund af korrelationen mellem disse.

<sup>6</sup> Fra 1977 – 2005: Rantzausminde, 2006 – 2017: Fåborg

<sup>7</sup> Estimeret at have samme statistik om Fredericia.

<sup>8</sup> Data Fra Kalvehale Havn

<sup>9</sup> Data Fra Karrebæksminde

<sup>10</sup> Data fra tidligere studier fra flere stationer (1955-2014: Kystdirektoratet, Køge Havn og DMI (30478); 1891-2013: Gedser DMI (31616); 1826-2013: Travemünde BSH; 1044 – 1825: Historiske beretninger)

<sup>11</sup> Nordre toldbod (NT) som reference punkt, 1749 – 1888: optegnelser fra National arkivet; 1889 – 2014: DMI 30336

<i>Espergærde</i>	39	217	15	Nord	NT <sup>12</sup>
<i>Helsingør</i>	40	217	47	Nord	NT <sup>12</sup>
<i>Frederiksværk</i>	41	260	12	Nord	Ingen data <sup>13</sup>
<i>Frederikssund</i>	42	250	16	Nord	Ingen data <sup>13</sup>
<i>Jyllinge</i>	43	265	10	Nord	Ingen data <sup>13</sup>
<i>Roskilde</i>	44	265	50	Nord	1992 - 2017 <sup>13</sup>
<i>Holbæk</i>	45	316	28	Nord	1972 - 2017 <sup>13</sup>
<i>Kalundborg</i>	46	326	16	Nord	1971 - 2012
<i>Rønne</i>	47	400	14	Syd	1991 - 2017
<i>Lemvig</i>	48	665	7	Nord	1959 - 2012
<i>Kerteminde</i>	49	440	6	Nord	1980 - 2012

<sup>12</sup> Forskellen fra Nordre tolbod er fundet ud fra den hydrauliske model.

<sup>13</sup> Statistikken er fundet via korrelationen mellem Roskilde og Hornbæk(1891 - 2017)

## Bilag C Statistikks data

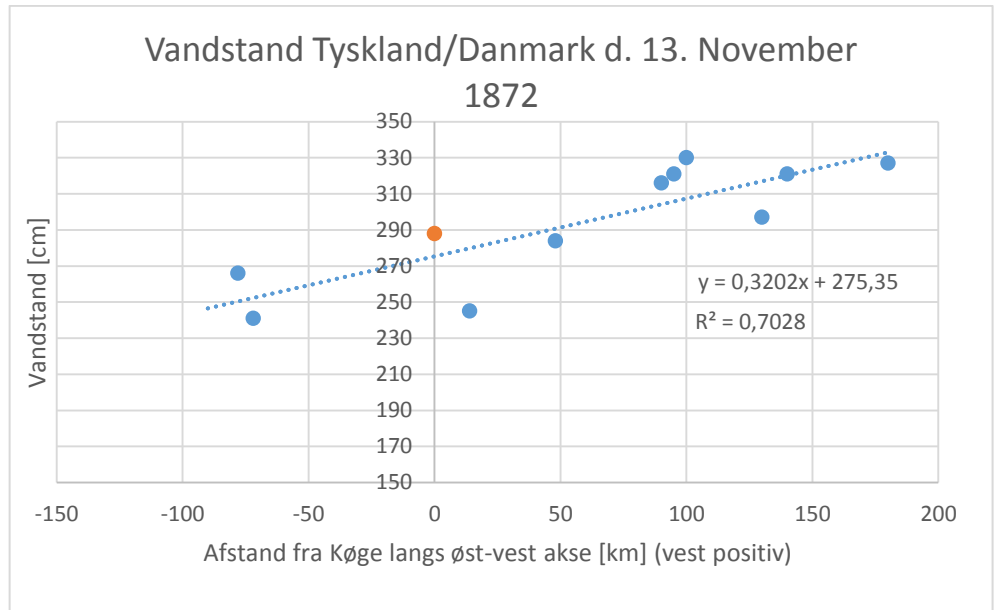
Tabel 8-4. Korrelation mellem stationer i den sydlige Østersø

	Kolding	1,00	0,97	0,39	0,95	0,56	0,95	0,95	0,97	0,38	0,79	0,84	0,76	0,56	0,47	0,22	0,38	-0,09	0,18	1,00
	Haderslev	0,97	1,00	0,88	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,87	0,92	0,82	0,79	0,88	0,75	0,48	0,64	-0,01	0,39	0,97
	Åbenrå	0,39	0,88	1,00	0,86	0,64	0,83	0,83	0,83	0,47	0,46	0,71	0,55	0,60	0,49	0,22	0,22	0,30	0,45	0,62
	Sønderborg	0,95	0,95	0,86	1,00	0,94	1,00	0,97	0,97	0,98	0,97	0,87	0,73	0,96	0,86	0,76	0,66	0,40	0,67	0,88
	Fynshav Havn	0,56	0,94	0,64	0,94	1,00	0,95	0,95	1,00	0,60	0,59	0,90	0,79	0,81	0,68	0,61	0,57	0,57	0,74	0,96
	Fåborg	0,95	0,94	0,83	0,97	0,95	1,00	0,99	1,00	0,99	0,95	0,93	0,81	0,94	0,83	0,73	0,57	0,49	0,72	0,88
	Rantzausminde	0,38	0,87	0,47	0,98	0,60	0,99	1,00	1,00	0,43	1,00	0,75	0,59	0,52	0,61	0,67	0,70	0,70	0,85	NaN
	Bagenkop Havn	0,79	0,92	0,46	0,97	0,59	0,95	0,95	0,95	0,43	1,00	0,92	0,81	0,53	0,66	0,62	0,54	0,73	0,73	0,95
	Karrebæksminde	0,84	0,82	0,71	0,87	0,90	0,93	0,93	0,93	0,75	0,92	1,00	0,87	0,92	0,80	0,63	0,50	0,44	0,73	0,70
	Kalvehave	0,76	0,79	0,55	0,73	0,79	0,81	0,59	0,81	0,81	0,87	1,00	1,00	0,69	0,56	0,42	0,54	0,34	0,50	0,87
	Rødbyhavns Havn	0,56	0,88	0,60	0,96	0,75	0,94	0,52	0,81	0,81	0,87	0,87	1,00	1,00	0,56	0,42	0,34	0,56	0,56	0,81
	Gedser	0,47	0,75	0,49	0,86	0,82	0,83	0,61	0,66	0,66	0,80	0,76	1,00	0,76	1,00	0,76	0,70	0,77	0,77	0,91
	Hesnæs Havn	0,22	0,48	0,49	0,76	0,68	0,73	0,67	0,62	0,62	0,80	0,63	0,56	0,76	1,00	0,76	0,70	0,49	0,75	0,73
	Køge Havn	0,38	0,64	0,22	0,66	0,61	0,57	0,53	0,44	0,44	0,54	0,50	0,42	0,76	0,76	1,00	1,00	0,49	0,77	0,93
	Rønne	-0,09	-0,01	0,30	0,40	0,57	0,49	0,70	0,53	0,17	0,50	0,34	0,54	0,33	0,48	0,52	1,00	1,00	0,79	0,93
	Tejn	0,18	0,39	0,45	0,67	0,74	0,72	0,85	0,73	0,73	0,79	0,59	0,34	0,69	0,51	0,70	0,31	0,79	1,00	0,79
	Travemünde	1,00	0,97	0,62	0,88	0,96	0,88	0,88	0,88	NaN	0,95	0,87	0,81	0,91	0,96	0,96	0,79	0,49	1,00	0,54
	Gennemsnit	0,61	0,78	0,59	0,85	0,77	0,85	0,70	0,70	0,68	0,85	0,80	0,69	0,73	0,71	0,65	0,53	0,46	0,68	0,87

Tabel 8-5. *Processerede data for de historiske hændelser baseret på øjenvidne beretninger og op målinger.*

Dato for hændelse DD.MM.ÅÅÅÅ	Vandstand Mini Metro rapport [KNN]*)	Opdateret vandstande [DVR90]	Kommentar
??.1044	270	343	Baseret på tyske øjenvidne beretninger.
30.11.1320	270	286	Baseret på tyske øjenvidne beretninger.
??.1449	270	276	Baseret på tyske øjenvidne beretninger.
10.2.1625	290	290	Baseret på tyske øjenvidne beretninger, men rapporter fra Køge
??.1691	300	301	Baseret på tyske øjenvidne beretninger.
11.1.1694	220	258	Baseret på tyske øjenvidne beretninger.
13.10.1760	370	366	Øjenvidne rapport fra Køge
3.1.1825	230	230	Målinger i Tyskland, øjenvidne rapporter fra Køge. Rapporter fra Amager
18.10.1828	220	235	Øjenvidne rapport fra Rødby
19.12.1835	230	216	Vandstand målt i Flensborg.
12.11.1872	280	286	Målt i Køge
31.12.1904	200	220	Målt i Køge
30.12.1913	170	193	Målt i Køge

\* (COWI, 1997)



Figur 8-3. Korrelation på tværs af den sydlige Østersø under stormen den 13. November 1872.

## Bilag D Anvendte stormflodsdata

Tabel 8-68-7. Højvandsstatistik for byer styret af storme fra Nord for årene 1990 – 2117 i cm

By	Hændelser	2015	2065	2090	2020
København (Nordre Toldbod)	10	139	171	193	226
	20	148	180	202	235
	50	158	190	212	245
	100	165	197	219	252
	250	173	205	227	260
	500	179	211	233	266
	1000	185	217	239	272
	2000	191	223	245	278
	Espergærde	10	160	194	214
20		170	204	224	256
50		181	214	235	267
100		189	222	243	275
250		197	231	251	284
500		204	237	258	290
1000		211	244	264	297
2000		217	250	271	303
Helsingør		10	163	196	217
	20	173	206	227	259
	50	184	217	238	270
	100	192	225	246	278
	250	200	234	254	286
	500	207	240	261	293
	1000	214	247	268	300
	2000	220	253	274	306
	Frederikssund	10	149	183	204
20		158	192	213	246
50		172	206	227	260
100		183	217	238	271
250		199	233	254	287
500		211	245	266	299
1000		223	257	278	311
2000		236	270	291	324
Frederiksværk		10	150	184	206
	20	159	193	215	247
	50	173	207	229	261
	100	184	218	240	272
	250	200	234	256	288
	500	212	246	268	300
	1000	224	258	280	312
	2000	237	271	293	325
	Jyllinge	10	147	182	203
20		156	191	212	245
50		170	205	226	259
100		181	216	237	270
250		197	232	253	286
	500	209	244	265	298
	1000	221	256	277	310
	2000	234	269	290	323
Roskilde	10	146	181	202	235
	20	155	190	211	244
	50	169	204	225	258



	100	180	215	236	269
	250	196	231	252	285
	500	208	243	264	297
	1000	220	255	276	309
	2000	233	268	289	322
Holbæk	10	151	186	207	240
	20	158	193	214	247
	50	169	204	225	258
	100	176	211	232	265
	250	185	220	241	274
	500	192	227	248	281
	1000	199	234	255	288
	2000	206	241	262	295
Kalundborg	10	134	169	191	224
	20	142	177	199	232
	50	153	188	210	243
	100	160	195	217	250
	250	169	204	226	259
	500	176	211	233	266
	1000	183	218	240	273
	2000	190	225	247	280
Korsør	10	127	163	185	218
	20	136	172	194	227
	50	147	183	205	238
	100	154	190	212	245
	250	165	201	223	256
	500	172	208	230	263
	1000	179	215	237	270
	2000	187	223	245	278
Middelfart	10	137	174	197	231
	20	146	183	206	240
	50	158	195	218	252
	100	166	203	226	260
	250	272	309	332	366
	500	323	360	382	417
	1000	378	415	438	472
	2000	420	457	480	514
Kerteminde	10	137	173	195	229
	20	146	182	204	238
	50	158	194	216	250
	100	167	203	225	259
	250	179	215	237	271
	500	188	224	246	280
	1000	196	232	254	288
	2000	205	241	263	297
Nyborg	10	129	165	187	221
	20	138	174	196	230
	50	148	184	206	240
	100	156	192	214	248
	250	165	201	223	257
	500	171	207	229	263
	1000	178	214	236	270
	2000	184	220	242	276
Odense	10	155	191	213	247
	20	162	198	220	254
	50	168	204	226	260
	100	172	208	230	264
	250	177	213	235	269
	500	181	217	239	273

	1000	184	220	242	276
	2000	187	223	245	279
Esbjerg	10	337	376	399	435
	20	362	401	424	460
	50	390	429	452	488
	100	410	449	472	508
	250	436	475	498	534
	500	454	493	516	552
	1000	471	510	533	569
	2000	489	528	551	587
Fredericia	10	137	174	197	231
	20	146	183	206	240
	50	158	195	218	252
	100	166	203	226	260
	250	225	262	285	319
	500	276	313	335	370
	1000	331	368	391	425
	2000	373	410	433	467
Horsens	10	134	170	192	226
	20	144	180	202	236
	50	153	189	211	245
	100	159	195	217	251
	250	165	201	223	257
	500	170	206	228	262
	1000	174	210	232	266
	2000	178	214	236	270
Vejle	10	127	164	187	221
	20	137	174	197	231
	50	146	183	206	240
	100	152	189	212	246
	250	158	195	218	252
	500	163	200	223	257
	1000	167	204	227	261
	2000	171	208	231	265
Lemvig	10	166	203	226	260
	20	173	210	233	267
	50	181	218	241	275
	100	185	222	245	279
	250	191	228	251	285
	500	195	232	255	289
	1000	199	236	259	293
	2000	202	239	262	296
Struer	10	170	206	228	262
	20	178	215	237	271
	50	188	225	247	281
	100	194	231	253	287
	250	202	239	261	295
	500	208	244	266	300
	1000	214	250	272	306
	2000	219	255	277	311
Grenå	10	155	189	210	242
	20	164	198	219	251
	50	172	206	227	259
	100	177	211	232	264
	250	182	216	237	269
	500	186	220	241	273
	1000	190	224	245	277
	2000	193	227	248	280
Randers	10	152	186	207	240

	20	163	197	218	251
	50	176	210	231	264
	100	186	220	241	274
	250	198	232	253	286
	500	207	241	262	295
	1000	216	250	271	304
	2000	224	258	279	312
Aarhus	10	145	180	201	234
	20	155	190	211	244
	50	164	199	220	253
	100	170	205	226	259
	250	176	211	232	265
	500	181	216	237	270
	1000	185	220	241	274
	2000	189	224	245	278
Skive	10	173	208	230	263
	20	183	218	240	273
	50	195	230	252	285
	100	203	238	260	293
	250	213	248	270	303
	500	220	255	277	310
	1000	228	263	285	318
	2000	235	270	292	325
Thisted	10	130	165	186	219
	20	142	177	198	231
	50	154	189	211	244
	100	160	195	216	249
	250	153	188	210	243
	500	155	190	212	245
	1000	160	195	217	250
	2000	167	202	223	256
Frederikshavn	10	137	169	189	220
	20	146	178	198	229
	50	158	190	210	241
	100	166	198	218	249
	250	176	208	228	259
	500	184	216	236	267
	1000	192	224	244	275
	2000	199	231	251	282
Hobro	10	121	155	176	209
	20	130	164	185	218
	50	141	175	196	229
	100	149	183	204	237
	250	160	194	215	248
	500	167	201	222	255
	1000	175	209	230	263
	2000	182	216	237	270
Aalborg	10	150	184	205	237
	20	161	195	216	248
	50	174	208	229	261
	100	184	218	239	271
	250	196	230	251	283
	500	206	240	261	293
	1000	215	249	270	302
	2000	223	257	278	310

Tabel 8-88-9. Statistiks data for byer styret af storme fra Syd.

Byer	Hændelser	2014	2050	2100	2120
Køge	10	133	153	197	220
	20	147	167	211	234
	50	174	194	238	260
	100	209	229	273	295
	250	270	290	334	357
	500	321	341	385	407
	1000	376	396	440	463
	2000	418	438	482	505
Haderslev	10	153	178	225	249
	20	167	193	239	263
	50	193	219	265	290
	100	231	257	303	327
	250	295	320	367	391
	500	345	371	417	442
	1000	401	426	473	497
	2000	443	468	515	539
Kolding	10	145	171	217	241
	20	159	185	231	255
	50	186	211	257	282
	100	211	237	283	307
	250	263	289	335	359
	500	314	339	385	410
	1000	369	395	441	465
	2000	411	437	483	507
Nakskov	10	117	141	186	210
	20	131	156	200	224
	50	158	182	227	250
	100	193	217	262	286
	250	254	278	323	347
	500	305	329	374	397
	1000	360	384	429	453
	2000	402	426	471	495
Nykøbing Falster	10	122	145	189	213
	20	134	158	202	225
	50	155	179	223	246
	100	181	205	249	272
	250	215	239	283	306
	500	257	280	324	348
	1000	312	336	380	403
	2000	354	378	422	445
Næstved	10	106	130	174	197
	20	120	144	188	211
	50	147	170	214	238
	100	161	185	229	252
	250	201	225	269	292
	500	252	275	319	343
	1000	307	331	375	398
	2000	349	373	417	440
Rønne	10	108	136	185	211
	20	122	150	199	225
	50	148	176	226	251
	100	247	275	324	350
	250	219	246	296	321
	500	269	297	346	372

	1000	325	352	402	427
	2000	367	394	444	469
Sønderborg	10	157	182	229	253
	20	171	197	243	267
	50	197	223	269	294
	100	245	271	317	341
	250	319	344	391	415
	500	369	395	441	466
	1000	425	450	497	521
	2000	467	492	539	563
Vordingborg	10	101	125	169	192
	20	115	139	183	206
	50	142	165	209	233
	100	174	198	242	265
	250	233	257	301	324
	500	284	307	351	375
	1000	339	363	407	430
	2000	381	405	449	472
Aabenraa	10	160	187	234	259
	20	175	201	248	273
	50	201	227	275	299
	100	250	277	324	349
	250	326	352	400	425
	500	377	403	450	475
	1000	432	458	506	531
	2000	474	500	548	573
Svendborg	10	111	136	181	204
	20	125	150	195	219
	50	152	176	221	245
	100	187	211	256	280
	250	248	273	318	341
	500	299	323	368	392
	1000	354	379	424	447
	2000	396	421	466	489

## Bilag E Udvikling i skader for de enkelte byer

