

FEBRUAR 2018
REGNVANDSFORUM

STORMFLOD OG HAVVANDSSTIGNINGER

RAPPORT



COWI

FEBRUAR 2018
REGNVANDSFORUM

STORMFLOD OG HAVVANDSSTIGNINGER

RAPPORT

PROJEKTNR.

A095193

DOKUMENTNR.

001

VERSION

7.0

UDGIVELSESDATO

8. februar 2018

BESKRIVELSE

Rapport

UDARBEJDET

JIJ, ALHK, HEEH

KONTROLLERET

BOC

GODKENDT

JIJ

INDHOLD

1	Resume	7
2	Indledning og baggrund	11
3	Metode for kortlægning af behovet for klimatilpasning af kysterne	14
3.1	Model	14
3.2	Højvandsstatistik	15
3.3	Klimaændringer	18
3.4	Modelberegninger	19
3.5	Referencepunkter for højvande	21
4	Resultater	22
4.1	Stormflod fra nord eller syd	22
5	Overblik over omkostningerne ved stormflod over de næste 100 år	25
5.1	Metode for opgørelse af skader	25
5.2	Skadesomkostninger ved stormflod	26
5.3	Resultat af de samfundsøkonomiske beregninger	27
6	De enkelte kommuner	31
6.1	Lyngby-Taarbæk Kommune	31
6.2	Gentofte Kommune	34
6.3	Københavns Kommune	38
6.4	Tårnby Kommune	43
6.5	Dragør Kommune	47
6.6	Hvidovre Kommune	50
6.7	Brøndby Kommune	53
6.8	Vallensbæk Kommune	55

6.9	Ishøj Kommune	59
6.10	Tværgående infrastruktur	62
6.11	Hvilke hændelser betyder mest?	62
7	Vurdering af kystens modstandsdygtighed mod havet i dag og i fremtiden	65
8	Samarbejde om beredskabsplanlægning	68
8.1	Det statslige beredskab	68
8.2	Det kommunale beredskab	69
8.3	Kommunernes og forsyningernes eget beredskab	70
9	Hvad er ikke omfattet af undersøgelserne	73
10	Usikkerhed på analysen	74
11	Referenceliste	76

BILAG

Bilag A	Metode beskrivelse
A.1	Centrale forudsætninger

1 Resume

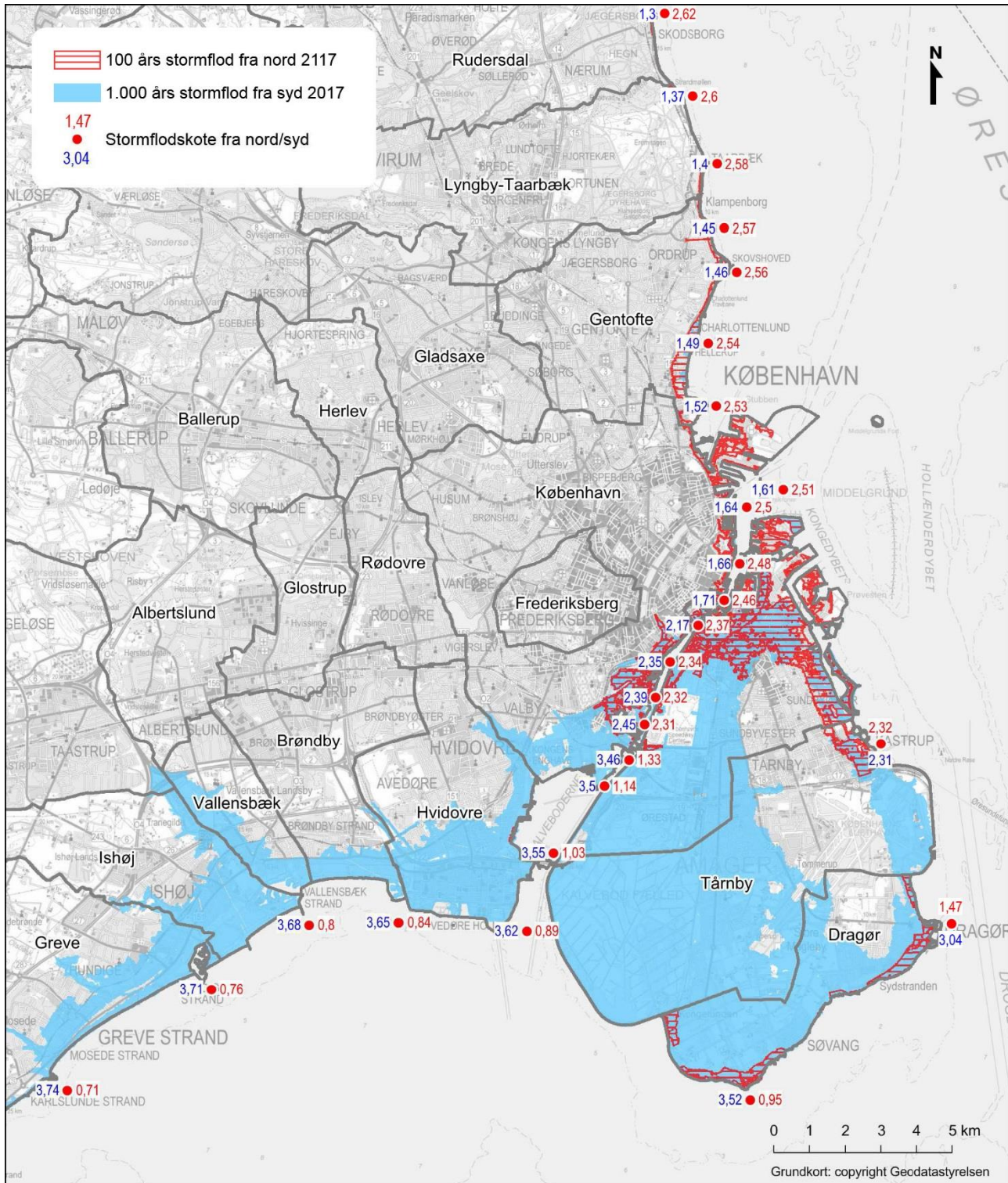
De seneste års hændelser med stormfloder og højvande har igen sat fokus på konsekvenserne af den stigende havvandsstand og truslen ifm. stormflod.

I Hovedstadsområdet strækker udfordringen fra stormflod sig på tværs af kommunegrænserne. Problemerne og løsningerne skal derfor ses samlet. Herved opnås en fælles forståelse og en fælles indsats minimerer konsekvenserne og de samlede omkostninger.

Denne rapport belyser det samlede problem for Hovedstadsområdet. Der fokuseres på de samfundsøkonomiske konsekvenser ved ikke at gøre noget samt på kystens modstandsdygtighed og det eksisterende beredskab.

Grundlaget er avancerede hydrauliske beregninger af oversvømmelser fra stormflod baseret på den nyeste viden omkring de statistiske forhold og de forventede klimaændringer. Der er inddraget viden om historiske stormfloder fra de seneste 1000 år.

De samlede samfundsøkonomiske konsekvenser er opgjort som nutidsværdi til 22,5 mia. kr. over de kommende 100 år. Dette er de samlede skader, der forventes, såfremt der ikke gøres yderligere for at beskytte hovedstadsområdet ud over den nuværende beskyttelse.



Figur 1-1 *Oversigt over oversvømmelsestruede arealer i Hovedstadsområdet, ved stormflod fra hhv. Nord og syd. Det fremgår af kortet at vandet breder sig ind over kommunegrænserne, det er derfor vigtigt at problemstillingen løses i samarbejde mellem kommunerne.*

På figur 1-1 er vist en fremtidig 100 års stormflod fra nord i kote 2,48 m, denne hændelse er valgt da den beskriver en realistisk fremtidig hændelse. En nuværende 100 års hændelse i kote 1,62 m, vil kun medføre begrænsede oversvømmelser. Fra syd er valgt en 1000 års hændelse under de nuværende forhold.

Denne hændelse gengiver en meget ekstrem situation. Den svarer til ca. en 350 års hændelse i år 2117.

Tabel 1-1 Oversigt over resultaterne af de samfundsøkonomiske beregninger. Baseret på de hydrauliske analyser og en relativ vandstandsstigning på 70 cm fra 2000-2100.

Kommune	mio. kr.	Mio. kr. Inkl. tværgående infrastruktur*
Lyngby-Tårnbæk	137	137
Gentofte	1.737	1.737
København	5.142	7.536
Tårnby	2.567	4.242
Dragør	1.488	2.206
Hvidovre	905	2.252
Brøndby	56	2.415
Vallensbæk	140	1.487
Ishøj	146	1.494
Tværgående infrastruktur*	10.180	-
Samlet	22.496	22.496

* Den tværgående infrastruktur omfatter anlægs- og driftstab på Kastrup Lufthavn, Metro og Øresundsbroen, driftstab på jernbane og forsinkelser i Lufthavn, Metro, Øresundsbro og Jernbaner. Øvrig infrastruktur er indregnet for de enkelte kommuner.

Skader på den tværgående infrastruktur ved stormflod fra nord og de skader der sker på jernbane, lufthavn, metro og motorvej i København er skønsmæssigt fordelt på de enkelte kommuner med 50% til Københavns Kommune (2,4 mia.), 35% til Tårnby Kommune (1,7 mia.) og 15% til Dragør Kommune (0,7 mia.). Dette er baseret på en vurdering af oversvømmelsernes omfang og fordeling. Skaderne på den tværgående infrastruktur ved stormflod fra syd på motorvej og jernbane er fordelt ligeligt mellem Brøndby, Hvidovre, Ishøj og Vallensbæk Kommuner (1,35 mia. pr. kommune).

Tabel 1-2 Oversigt over de estimerede skader ved en 1000 års hændelse i år 2017.

Kommune	Stormflod fra nord (mio. kr.)	Stormflod fra syd (mio. kr.)
Lyngby-Tårnbæk	17	0
Gentofte	200	0
København	450	5.250
Tårnby	14	2.700
Dragør	1	1.600
Hvidovre	0	1.300
Brøndby	0	260
Vallensbæk	0	500
Ishøj	0	550
Tværgående infrastruktur*	2	32.000
Samlet	684	44.160

* Den tværgående infrastruktur omfatter anlægs- og driftstab på Kastrup Lufthavn, Metro og Øresundsbroen, driftstab på jernbane og forsinkelser i Lufthavn, Metro, Øresundsbro og Jernbaner. Øvrig infrastruktur er indregnet for de enkelte kommuner.

Tabel 1-2 viser hvordan fordelingen af skader ved en enkeltstående hændelse kan være meget anderledes end den gennemsnitlige fordeling, samt hvordan der er stor forskel i de forventede skader på de enkelte byer ved en stormflod fra hhv. nord og syd.

Rapporten belyser de udfordringer, der er fælles for hovedstadsområder og for de enkelte kommuner.

Rapporten omfatter endvidere en kort beskrivelse af kystens modstandsdygtighed overfor erosion og klimaændringer samt en oversigt over beredskabet og deres mulighed for indsats ved stormflod.

De udførte undersøgelser baserer sig på den nyeste viden, men der er forhold, der ikke kan belyses til bunds. F.eks. er der konsekvenser ved oversvømmelser, der ikke direkte kan prissættes som f.eks. prisfald på ejendomme, tabt skattegrundlag grundet fraflytning, butiksdød mm., hvis et område udsættes for gentagne oversvømmelser.

De udførte undersøgelser er baseret på den nyeste og bedst tilgængelige viden. Der er dog forhold der ikke er belyst til bunds på nuværende tidspunkt, ligesom der er usikkerhed på de bagvedliggende beregninger og antagelser. Derudover er den samfundsøkonomiske vurdering baseret på gennemsnitsbetragtninger, hvilket betyder at de ekstreme hændelser vægter meget lidt, da sandsynligheden for at de opstår er meget lille. Men hvis hovedstadsområdet bliver ramt af en 1000 års hændelse fra syd, vil omkostningerne være enorme.

Rapporten skal danne grundlag for en vurdering af behovet for fremtidigt samarbejde kommunerne imellem omkring udfordringerne. Der er i denne fase ikke udført vurderinger af omkostningerne for den nødvendige beskyttelse, eller om det er samfundsøkonomisk rentabelt at udføre en beskyttelse.

2 Indledning og baggrund

De seneste års hændelser med stormfloder og højvands-hændelser har igen sat fokus på konsekvenserne af den stigende havvandsstand og truslen ifm. stormflod.

I Hovedstadsområdet er udfordringen fra stormflod ikke relateret til en kommune, men går på tværs af kommunegrænserne. Problemerne og løsninger skal derfor ses samlet. Herved opnås en fælles forståelse og en mulighed for at lave en fælles indsats og minimere konsekvenserne og de samlede omkostninger.

Denne rapport belyser det samlede problem for hovedstadsområdet. Der fokuseres på de samfundsøkonomiske konsekvenser ved ikke at gøre noget samt på kystens modstandsdygtighed og det eksisterende beredskab.

Der er gennem de seneste år kommet ny viden og ny fokus på stormflod fra øst. Studier, som COWI har udført for bl.a. metroselskabet og Københavns Kommune, viser, at inddragelse af viden om historiske stormfloder fra øst i kombination med de målinger, der foreligger fra de seneste 100 år, har stor betydning for vurderingen af konsekvenserne ved stormflod i området.

Flere af kommunerne har gennem de seneste år arbejdet med problemstillingen med udgangspunkt i deres egen situation. Der ligger også forslag til beskyttelse af f.eks. Københavns Kommune, men en sådan løsning bør ses i sammenhæng med f.eks. beskyttelsen af Hvidovre Kommune.

Tilsammen har det medført et øget behov for at få belyst de samlede konsekvenser i Hovedstadsområdet samt at få set på de muligheder, der er for samarbejde på tværs af kommunegrænserne. Denne problemstilling er særligt relevant i Hovedstadsområdet, hvor byerne ikke er adskilt topografisk af kommunegrænsen. Ofte kan man kun beskytte en kommune i et samarbejde med nabokommunen.

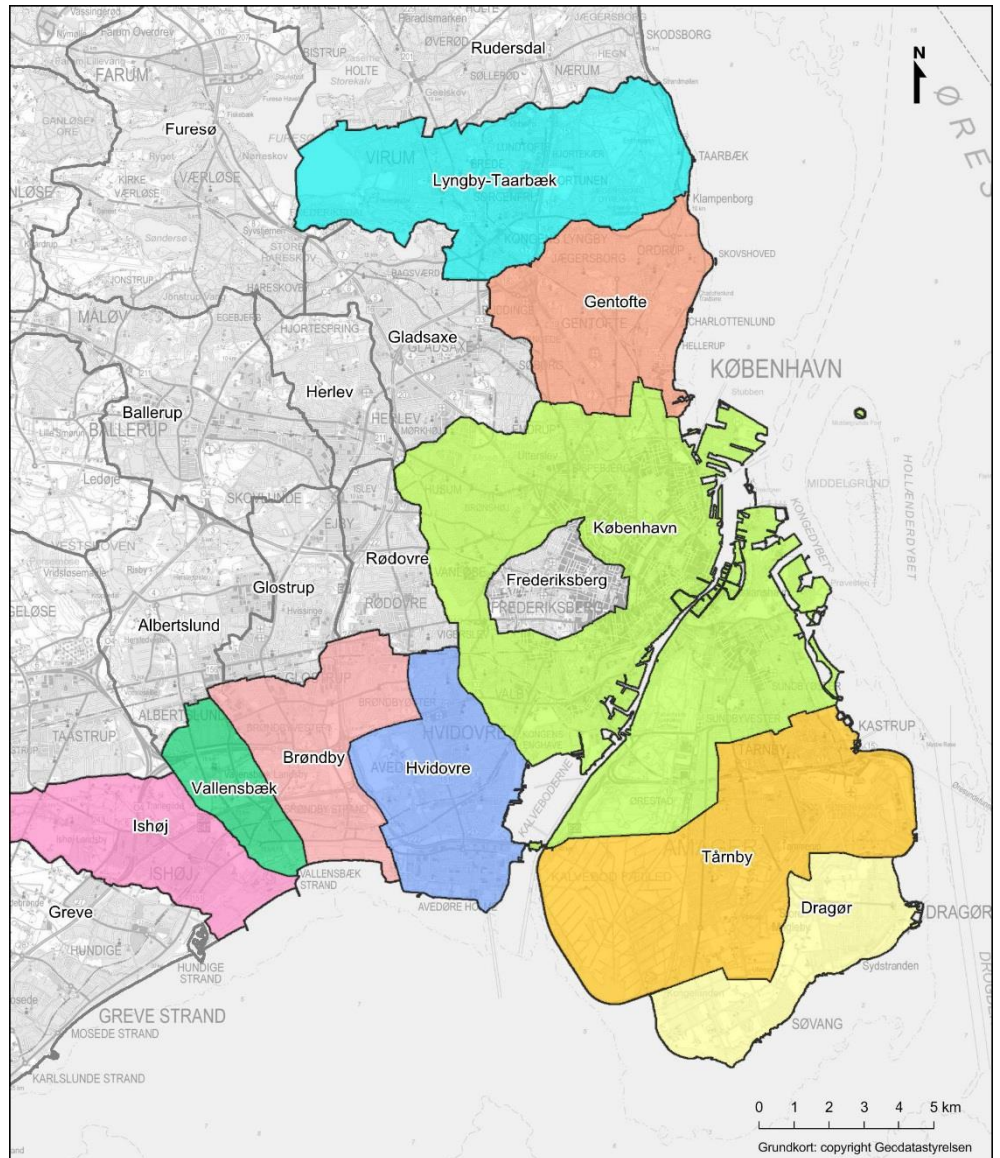
Regnvandsforum har igangsat denne opgave med det formål at få belyst de samlede konsekvenser af stormflod i hovedstadsområdet. Denne rapport omfatter disse arbejder og belyser opgavens tre delelementer:

- > Kortlægning af behovet for klimatilpasning af kysterne ved simuleringer og beregninger af oversvømmelser langs kysten.
- > Beregning af de samlede samfundsøkonomiske omkostninger over de kommende 100 år, hvis der ikke gøres noget for at beskytte de eksisterende værdier.
- > Kortlægning af mulighederne for at reducere konsekvenserne ved en beredskabsmæssig indsats.

Undersøgelsen omfatter kystkommunerne i regnvandsforum:

- > Lyngby-Taarbæk Kommune
- > Gentofte Kommune
- > Københavns Kommune
- > Tårnby Kommune
- > Dragør Kommune
- > Hvidovre Kommune
- > Brøndby Kommune
- > Vallensbæk Kommune
- > Ishøj Kommune

Frederiksberg og de øvrige kommuner uden kyststrækning påvirkes ikke direkte af skader ifm. stormflodshændelser. Disse kommuner vil dog kunne påvirkes indirekte, såfremt hændelserne medfører skader på f.eks. metro med deraf følgende forsinkelser. Disse skadesomkostninger indgår i de samlede omkostninger for tværgående infrastruktur.



Figur 2-1 Oversigtskort over kommuner i regnvandsforum, som er omfattet af denne undersøgelse.

3 Metode for kortlægning af behovet for klimatilpasning af kysterne

3.1 Model

Dette delprojekt indeholder aktiviteter og udredninger svarende til de analyser, COWI har gennemført meget detaljeret for bl.a. Københavns Kommune og forskellige selskaber og institutioner med interesse i sikring af deres værdier, infrastrukturer, produktion mv. mod skader fra stormflod nu og i fremtiden.

Den samme metodik og dynamisk beregningskoncept er anvendt for dette projekt. For kommunerne Gentofte og Lyngby-Taarbæk er dog benyttet en statisk model, fordi en stormfloden har en mindre udstrækning, da kysten er stejl. En statisk model giver derfor et bedre resultat grundet en højere detaljegrad end den dynamiske.

Dynamisk model

Der er opsat en meget detaljeret hydraulisk model for kommunerne Ishøj, Vallensbæk, Brøndby, Hvidovre, København, Dragør og Tårnby. Modellen er baseret på den nye terrænmodel og indpasset i en MIKE FLOOD FM model, hvor beskrivelse af terrænet er detaljeret tættest på kysten, så der opnås en god detaljering omkring diger og andre barrierer, der har indflydelse på vandets vej ind over land.

Den dynamiske model er opsat på grundlag af den nye digitale terrænmodel for Danmark (2015). Modellen er hydraulisk tilpasset og beskriver terrænet i uensformige trekanten (flexible mesh grid). Af hensyn til beregningstiden er modellen (griddet) simplificeret i de uinteressante og flade områder, mens områder med diger mm er detaljeret beskrevet, således at digekanter og koter er beskrevet ud fra terrænmodellens fulde detaljer suppleret med oplysninger om kendte beskyttelsesmure mm. Modellen regner på vandets strømning i to dimensioner i tidsskridt, der varieres ned til få sekunder afhængig af ændringer i strømningsforhold mm. Beregningerne udføres dynamisk under hensyntagen til de fysiske love og bevarelse af masse og impuls. Ved den dynamiske model kan oversvømmelser, der breder sig langt ind over terræn, simuleres, og det kan synliggøres, hvordan vandet strømmer.

Statisk model med
SCALGO Live

For Gentofte og Lyngby-Taarbæk er der benyttet en statisk model. Denne model er baseret på den fuldt detaljerede terrænmodel fra 2015 (gridstørrelse på 0,4*0,4 m). Modellen viser, hvilke områder der oversvømmes ved en given vandstandskote ved kysten. Vandet bredes vandret ind over terræn, men oversvømmer ikke arealer, der ligger bag diger eller bakker, før digekoten overskrides. Modellen er meget detaljeret og velegnet til at vise oversvømmelser langs kystnære arealer, hvor vandet ikke skal brede sig langt ind over land. Dette er tilfældet for Gentofte og Lyngby-Taarbæk.

Grundlaget for oversvømmelseskortlægningen er de beregninger, COWI har udført for Københavns Kommune, som dækker 5 hændelser fra hhv. nord og syd.

3.2 Højvandsstatistik

Højvandsstatistikken fortæller, hvor ofte et højvande af en bestemt størrelse vil optræde. Højvande karakteriseres ved en gentagelsesperiode, som er den tid, der gennemsnitligt går mellem to hændelser, der overskrider en given kote. Gentagelsesperioden skal forstås som en sandsynlighed. Der er således 1% sandsynlighed for, at et 100 års højvande overskrides et givent år. I takt med klimaændringerne stiger den kote, der svarer til et 100 års højvande. Højvandsstatistikken laves derfor både for de nuværende og fremtidige forhold.

Det har gennem de seneste års undersøgelser vist sig, at der er to styrende fysiske fænomener, der kan medføre høj vandstand omkring Hovedstaden. Det drejer sig om stormflod styret af hhv. vinde fra øst eller vest. Disse behandles derfor hver for sig.

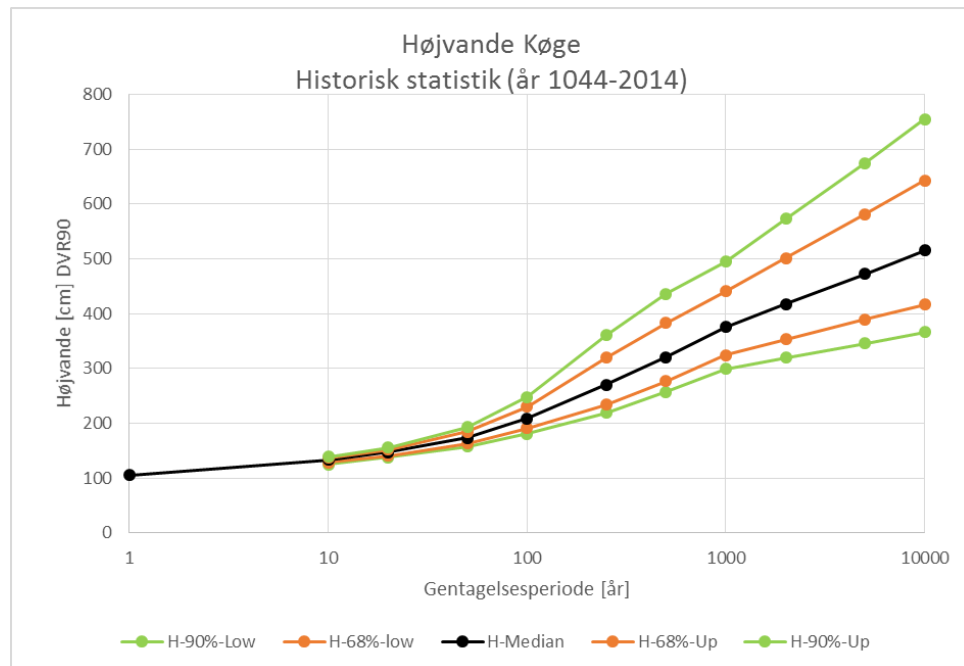
Den statistiske metode anvendt i denne undersøgelse er identisk til det designgrundlag, som er udarbejdet for Københavns Kommune "Designgrundlag for beskyttelse mod stormflod af København, teknisk udredning, juni 2016".

3.2.1 Stormfloder styret af vinde fra øst

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

COWI har derfor udvidet højvandsstatistikken med observationer fra den sydlige Østersø, og omregnet disse til målingerne til Køge Havn. Desuden er statistikken blevet suppleret med historiske beretninger og optegnelser. Disse forskellige kilder er blevet behandlet samlet i en analyse som bygger på observationer fra år 1044 – 2014. Den udvidede statistik for højvande, som er styret af storme fra øst, der driver en stormflod fra syd op mod Hovedstadsområdet er brugt som input til en hydrauliske model i en rand syd for København. Metoden er udarbejdet i samarbejde med DTU og beskrevet detaljeret i designgrundlaget. Den anvendte statistik er gengivet på figur 3-1

Generelt refererer statistikken til Køge Havn. Vandstanden ved en ekstremhændelse vil variere op langs kysten fra Køge op mod København, omkring Amager og videre nordpå. Denne variation er fundet ved modellering for forskellige hændelser, idet der ikke er en lineær sammenhæng mellem de modellerede vandstande. Dette skyldes, at de fysiske forhold betyder, at et højvande på 1 m udbreder sig anderledes end et højvande på 3 eller 4 meter. På figur 4.1 er vist hvordan vandstanden varierer for en 1000 års hændelse.



Figur 3-1 Ekstremværdistatistik for Køge Havn uden klimaforandringer, baseret på historiske hændelser (Median=sort, 68% konfidensinterval=orange, 90% konfidensinterval=grøn).

De udførte undersøgelser har i forbindelse med udredningen for Københavns Kommune og Metroselskabet været diskuteret med DTU, DMI og Kystdirektoratet. I den forbindelse har det været diskuteret, om der er en øvre fysisk grænse for højvande styret af vinde fra øst. COWIs metode er som nævnt baseret på en statistisk bearbejdning af historiske observationer over de seneste 1000 år. På grundlag af dette er der udarbejdet statistik op til en 10.000-årshændelse. Det er ikke i disse studier undersøgt, om der findes en fysisk øvre grænse for, hvor højt et højvande fra øst kan blive, men vi vurderer det ikke usandsynligt, at højvande op til den estimerede 10.000-årshændelse kan fremkaldes af ekstreme vejrforhold ved en orkan fra øst. De forskellige usikkerheder i undersøgelsen er nærmere beskrevet i afsnit 10.

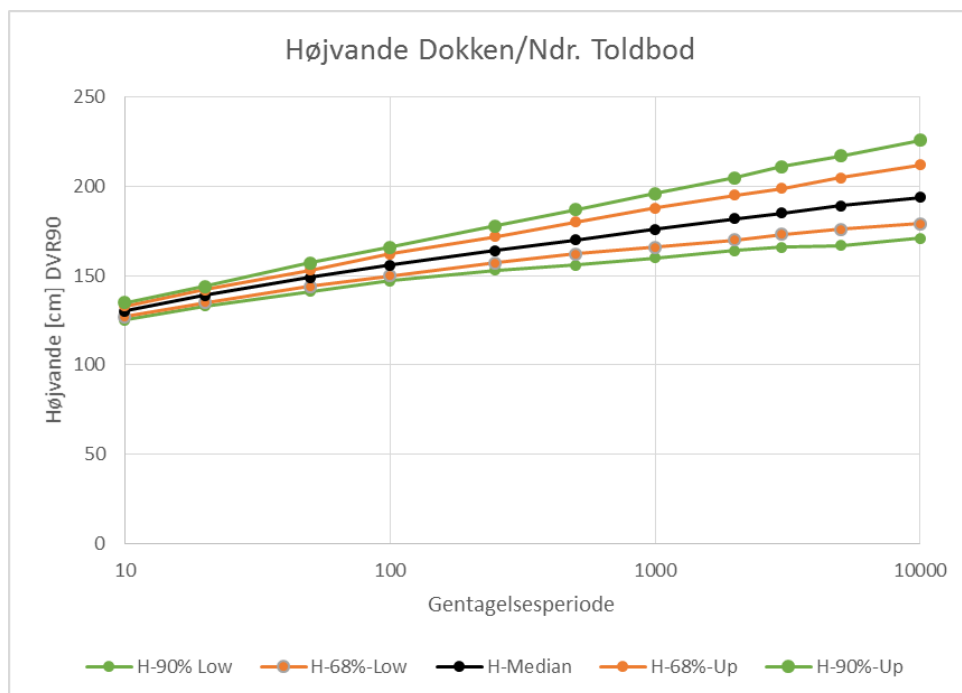
I forhold til denne undersøgelse skal det dog bemærkes, at hændelser der optræder sjældnere end en 1000-årshændelse har meget lille indflydelse på resultatet. Dette skyldes at sandsynligheden for at de forekommer er meget lille og selvom skaderne er store, bliver risikoen som beregnes som sandsynlighed gange konsekvens stadig lille. Det har således ikke stor betydning for resultaterne hvis der skulle være et fysisk maksimum, der reducerer vandstanden ved en 10.000 års hændelse. Såfremt der skulle forekomme en 1000 års hændelse eller værre, vil skaderne dog være enorme.

Tabel 3-1 Stormflodskoter ved Køge Havn for højvande fra syd for år 2014.

Gentagelsesperiode (år)	10	20	50	100	250	500	1000	2000	5000	10000
Vandstand (cm)	133	147	174	209	270	321	376	418	473	515

3.2.2 Stormfloder styret af vinde fra vest

Det er i tidligere studier konkluderet, at stormfloder kan ramme København både fra nord og syd. Metoden for højvandsstatistikken for storme styret af vinde fra vest er identisk med designgrundlaget og brugt som input til den hydrauliske model i en rand nord for København. Datagrundlaget for den nordlige statistik vist på figur 3-2, bygger på både målinger fra DMI's station i Nordre Toldbod samt optegnelser beskrevet af forskellige militære instanser og bevaret i Rigsarkivet. Statistikken bygger på samlet tidserier fra 1749 – 2014.



Figur 3-2 Ekstremværdistatistik for Ndr Toldbod uden klima forandringer baseret på historiske hændelser 1749-2014 (Median=sort, 68% konfidens interval=orange, 90% konfidens interval=grøn).

Tabel 3-2 Stormflodskoter ved Nordre Toldbod for højvande fra nord for år 2015.

Gentagelsesperiode (år)	10	20	50	100	250	500	1000	2000	5000	10000
Vandstand (cm)	136	144	155	162	170	176	182	188	195	200

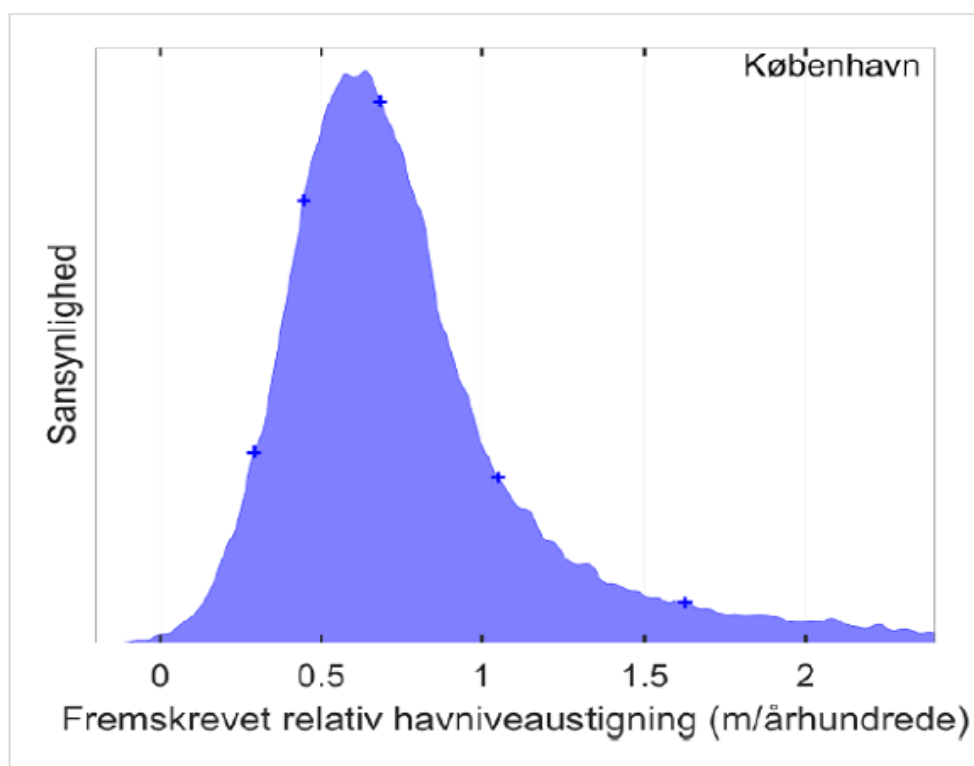
3.3 Klimaændringer

Klimaændringerne medfører en stigning i det generelle vandspejlsniveau. Dette tillæg skal adderes til stormflodsstatistikken i takt med den forventede vandspejlsstigning.

Tilsvarende COWIs arbejde for Metroselskabet er der valgt at bruge CRES klimafremskrivning af havvandsstanden fra 2017 frem mod 2120. Denne er baseret på seneste rapport fra IPCC (Assessment Report 5, AR5) og er beregnet for regionale (danske) forhold. CRES fremskrivning er relativ i forhold til de isostatiske bevægelser og medregnet i fremtidige stormflodskoter. Dette er den samme fordeling af den forventede vandstandsstigning, som er anvendt i rapporten "Opdateret overslag for sikring af København mod stormflod, maj 2017"

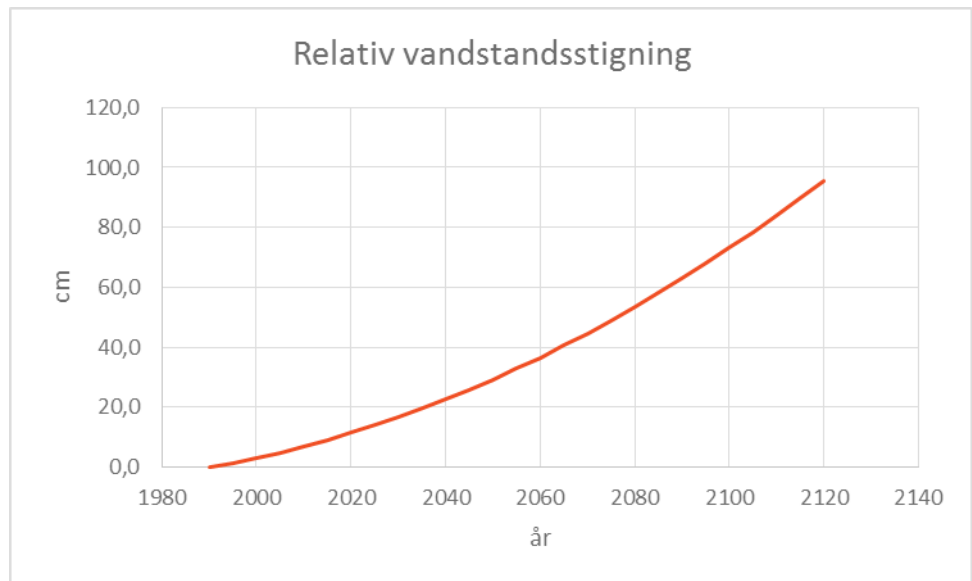
CRES har udgivet en fordelingskurve for den relative fremskrevne havniveauaustigning for København. Som det ses, er det ikke udelukket, at havet kan stige over 2 m, f.eks. hvis iskapperne smelter hurtigere end forventet.

Middelværdien af den anvendte vandspejls stigning er 0,70 m for perioden 2000 til 2100. Værdien er angivet relativt og angiver stigningen i forhold til land.



Figur 3-3 Fordelingen af den relative havniveauaustigning for København over de næste hundrede år.

Det bør nævnes, at havniveauaustigningen ikke vil ske lineært, men snarere følge en parabolisk fremskrivning de kommende 100 år. COWI har derfor "curve fitted" de klimafremskrivninger, som AR5 foreskriver, ved en parabolisk fremskrivning i tid.



Figur 3-4 Den anvendte fremskrivning for stigningen i middelhavniveau ved Hovedstaden

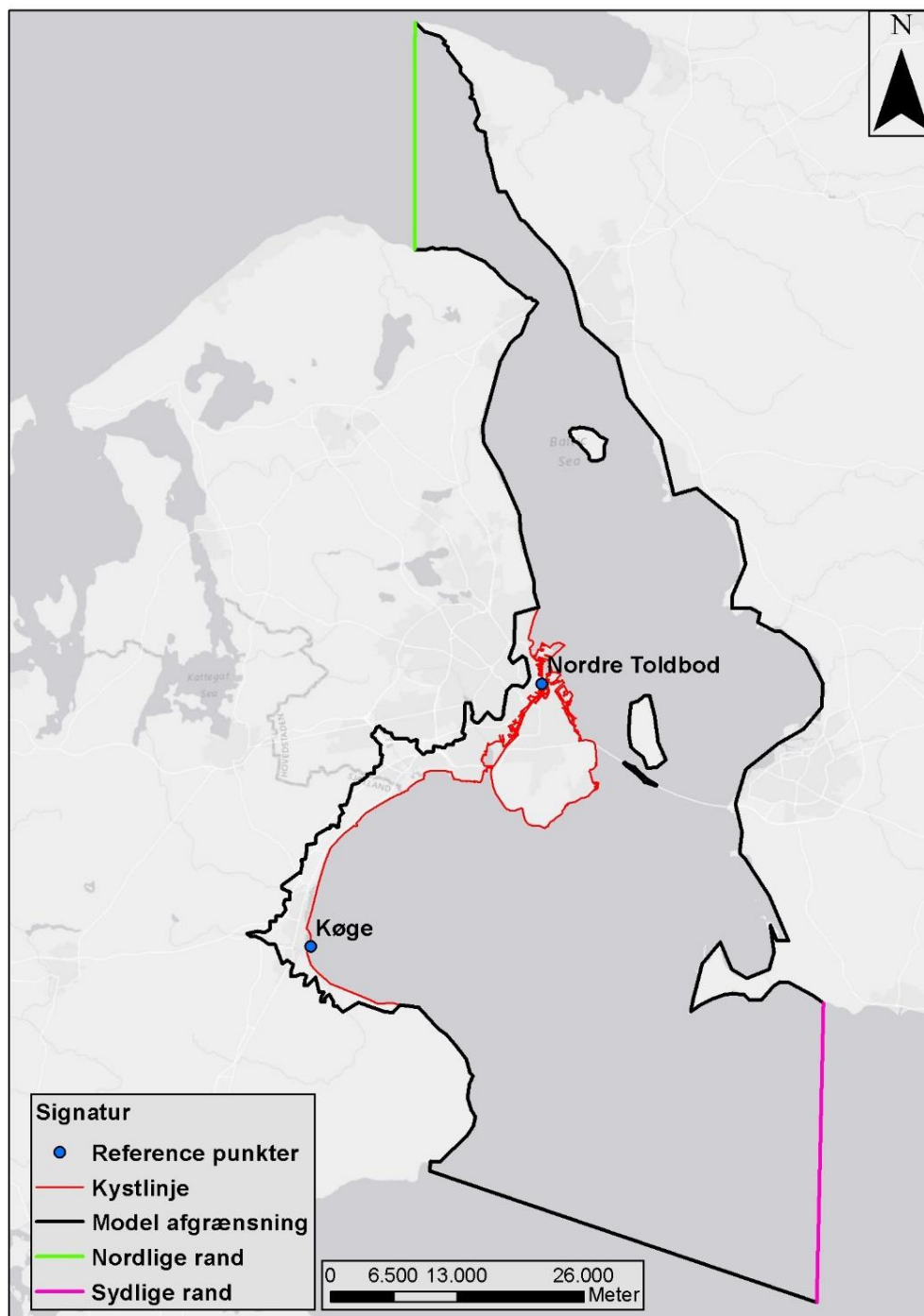
COWI har i samarbejde med DTU i studiet for Metroselskabet I/S udarbejdet en metode til at beregne stormflodskoterne for en given tidsserie i fremtiden på baggrund IPCCs klimascenarier og CRESs nedskalerede beregninger for Danmark. Disse beregningsmetoder er brugt til at bestemme koter for forskellige hændelser i fremtiden. Metoden forudsætter en fordeling af den fremtidige vandstandsstigning i Danmark som vist på Figur 3-3. Ved at benytte en sandsynlighedsfordeling kan de fremtidige koter beregnes med konfidensintervaller, hvilket giver værdier svarende til brug af forskellige RCP-scenarier. Det skal bemærkes, at stigningen skal korrigeres med den relative landhævning på tværs af landet. Desuden anvendes som nævnt en parabelfunktion til beskrive, hvor hurtigt vandstanden vil stige i fremtiden. Den største stigning vil ske fra år 2050 og frem.

3.4 Modelberegninger

For byerne i hovedstadsområdet har COWI opsat 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. Modellen omfatter det areal, der er vist på Figur 3-5. Modellen har en rand i nord ved Hornbæk-Mølle og i syd fra Trelleborg mod sydlig retning. Modellen omfatter således også kysten ved Gentofte og Lyngby-Taarbæk, hvilket er benyttet til at bestemme højvandsstatistikken for disse kommuner på baggrund af statistikken for Nordre Toldbog og Køge.

På baggrund af tidligere undersøgelser fra blandt andet stormen i 1872 er det konkluderet, at stormfloder typisk har en varighed på 12 timer med meget høj vandstand. I modellen er stormflodskoten sat ind i randen med en tidlig opløsning på 12x12x12 timer. Hvor stormfloden stiger i randen fra 0 til maksimum over 12 timer og maksimum bliver ligeledes holdt over 12 timer. Desuden er der

indsat vind i østlig retning som ligeledes bygges op over 12 timer og har et maksimum i 12 timer.



Figur 3-5. Omfang af den hydrauliske model. Den grønne linje viser den nordlige rand og den lilla linje viser den sydlige rand på modellen. Der er i randen at tidsserien for vandstanden påføres.

For kommunerne Gentofte og Lyngby-Taarbæk er der benyttet en analyse på med SCALGO Live, hvor oversvømmelserne ved de forskellige hændelser er estimeret ud fra terrænmodellen tilrettet med kendte hydrauliske barrierer. Den tidlige udbredelse er ikke med beskrevet, da kysten er stejl og vandet breder

sig næsten lige så hurtigt ind over land som vandstanden stiger. Den har derfor kun meget lille betydning her.

3.5 Referencepunkter for højvande

Hele denne undersøgelse er baseret på en dynamisk modellering af stormfloder-nes udbredelse. En 1000 års stormflod fra syd har således forskellig kote indenfor modelområdet. Den varierer langs kysten fra 3,77 m i Køge til meget lave niveauer nord for København. Tilsvarende har en stormflod fra nord meget høje vandstande nord for København, mens den næsten ikke kan registreres syd for København.

Køge og Nordre Toldbod er brugt som referencepunkter. Højvandsstatistikken er udtrukket for disse punkter.

4 Resultater

På baggrund af de hydrauliske beregninger for en række konkrete hændelser for hhv. stormflod fra nord og syd er udarbejdet kort, der viser udbredelsen af oversvømmelserne og videoer, der viser, hvordan vandet tidsmæssigt breder sig ind over land. Kortene gengives herunder og er vedlagt rapporten som bilag B.

På basis af de gennemregnede oversvømmelsessituationer og antagelserne om højvandsstatistik angives den forventede trussel mod de særligt sårbare elementer kommunerne og forsyningsselskaber mv. har udpeget.

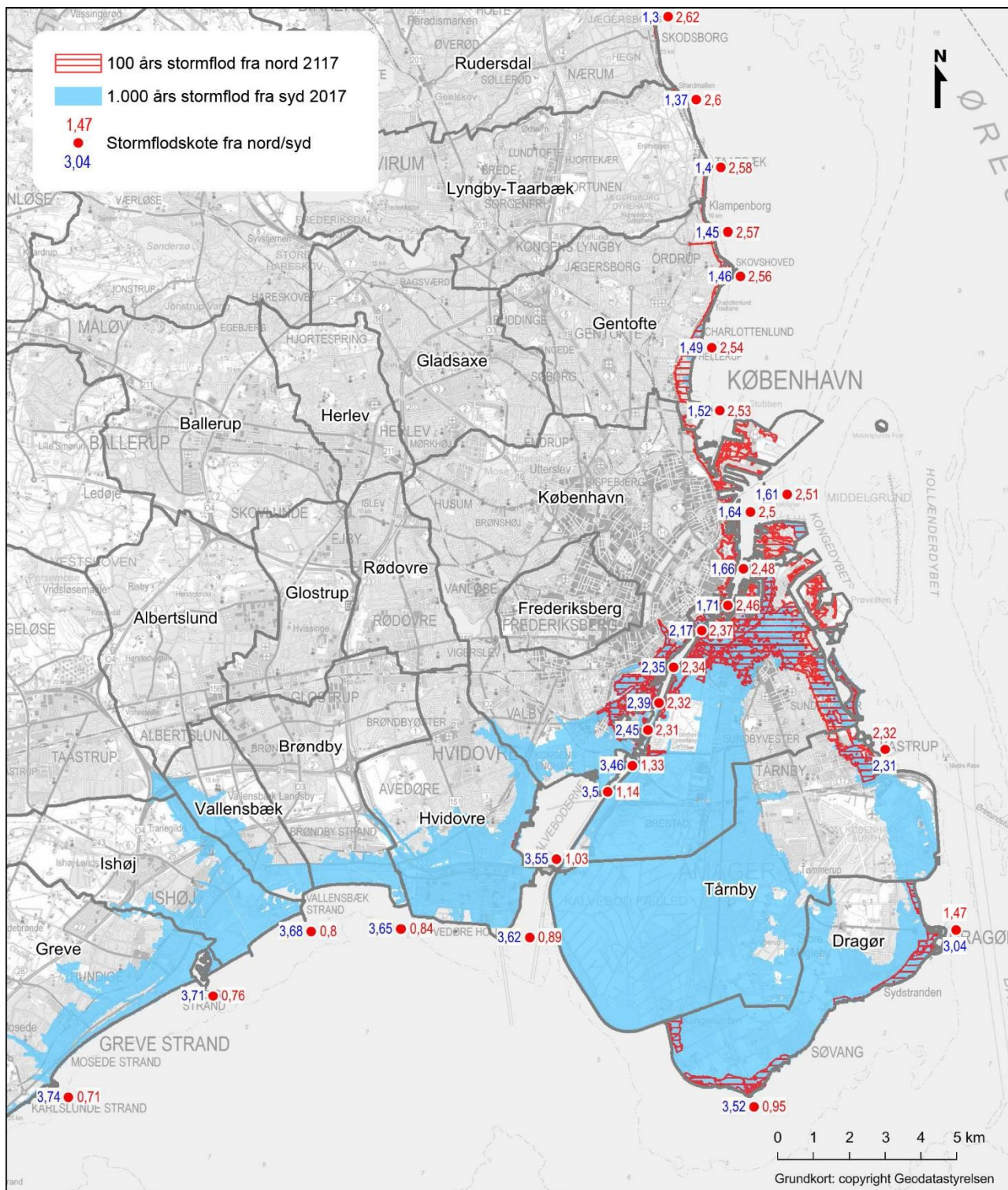
For hver af disse er beregnet sandsynligheden for en oversvømmelser i perioden fra nu og de kommende 10, 50 og 100 år.

4.1 Stormflod fra nord eller syd

Figur 6-1 viser oversvømmelsen ved to forskellige stormflodshændelser:

- > En 1000 års stormflod fra syd for år 2017 med en referencevandstand på 3,77 m i Køge. Det svarer til en 650-årshændelse i 2067 og en ca. 350-årshændelse i år 2117.
- > En 100 års stormflodshændelse for år 2117 fra nord med en referencevandstand på 2,48 m ved Nordre Toldbod. En stormflod med en vandstand på 2,48 m er en meget ekstrem og næsten usandsynlig hændelse i dag med en gentagelsesperiode estimeret til langt over 10.000 år og en gentagelsesperiode i år 2067 som er over 1.000 år.

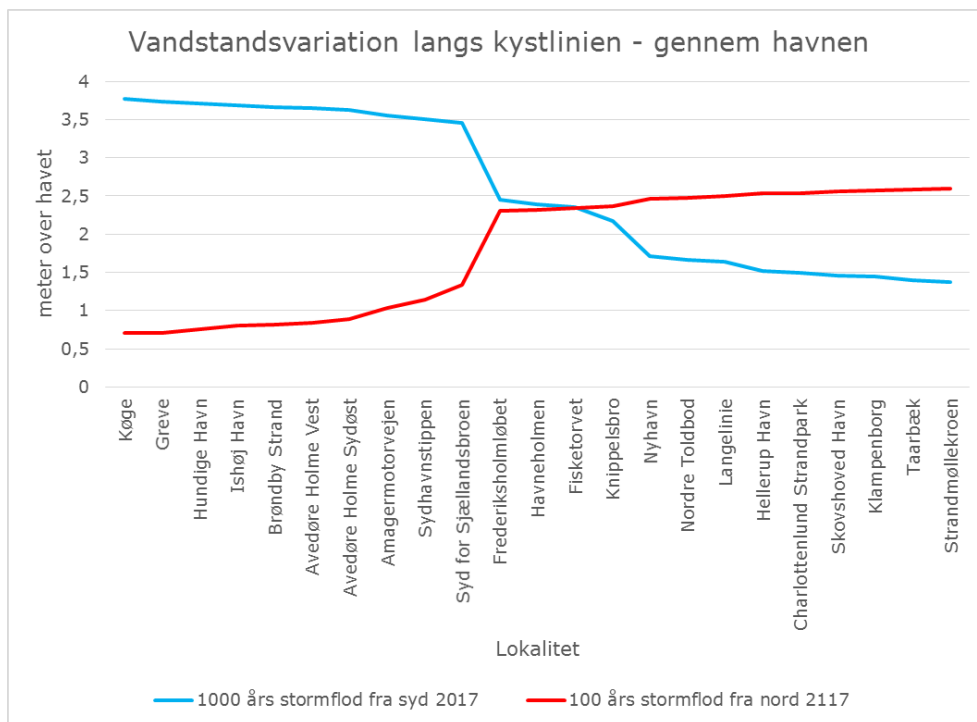
Hændelserne fra hhv. syd og nord er valgt for at illustrere forskelligheden i de to fænomener. De sjældne, men dog sandsynlige, stormfloder fra syd kan allerede i dag medføre betydelige skader. Sandsynligheden øges ikke markant i fremtiden, hvilket skyldes den store variation i stormflodshøjden. Stormflod fra nord, som i dag er meget usandsynlige, vil derimod ændres væsentligt som følge af de forventede klimaændringer. Så en stormflod, der i dag er yderst usandsynlig, vil fremover kunne skabe ekstreme oversvømmelser i den centrale del af Hovedstaden.



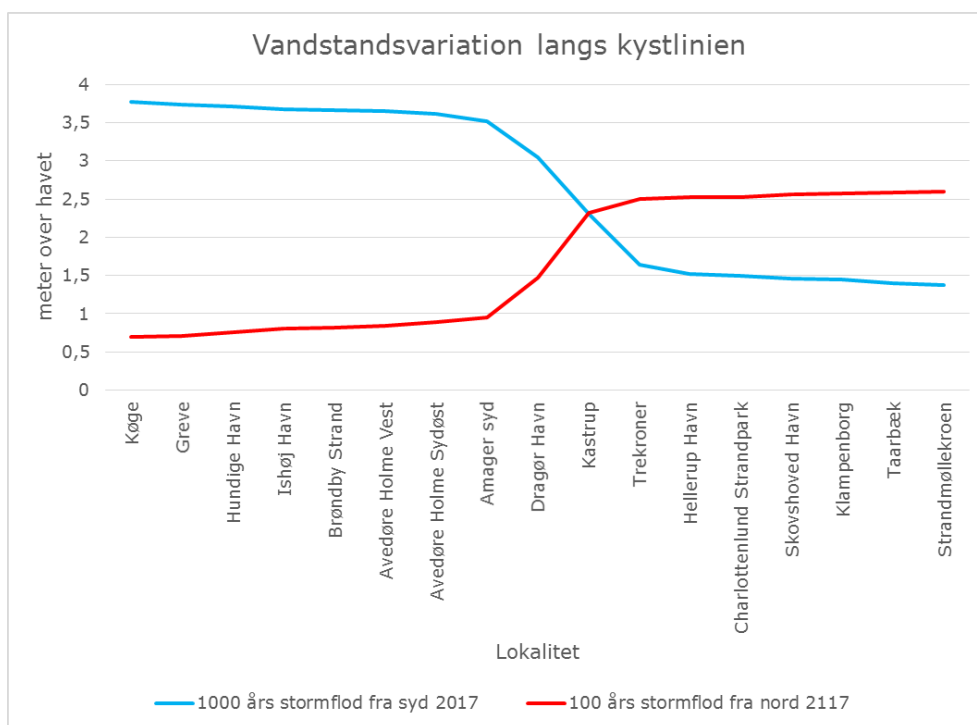
Figur 4-1

Illustration af forskellen i stormfloder fra hhv. syd og nord. På figuren er vist en 1000 års stormflod fra syd i år 2017 (650 år i 2067 og 350 år i 2117). Vandstanden falder fra sydvest mod nord fra 3,74 m ved Karlslunde (3,77 i Køge) til 3,62 m ved Avedøre Holme og gennem Københavns Havn til ca. 2 m ved Lyngby-Taarbæk. På tilsvarende måde er vist en stormflod fra nord svarende til en 100-årshændelse i 2117 ved Nordre Toldbod i kote 2,48 m. Her falder højvandet til under 1 meter syd for København og svarer stort set til den forventede stigning i middelvandspejlet.

Vandstanden varierer således betydeligt langs kysten. Figur 4.2 viser for de samme to hændelser, vandstandsvariationen fra Køge til Strandmøllekroen.



Figur 4-2 Vandstandsvariation langs kysten gennem Københavns Havn for hhv. en 1000 års stormflod i 2017 fra syd og en 100 års stormflod i 2117 fra nord.



Figur 4-3 Vandstandsvariation langs kysten for hhv. en 1000 års stormflod i 2017 fra syd og en 100 års stormflod i 2117 fra nord.

I de senere afsnit for de enkelte kommuner er der vist kort med 3 karakteristiske vandstande fra hhv. stormflod fra nord og syd for de enkelte kommuner.

5 Overblik over omkostningerne ved stormflod over de næste 100 år

For at kunne vurdere omkostningerne ved skaderne forbundet med stormflod de næste 100 år er det nødvendigt at lave en samfundsøkonomisk vurdering.

I dette afsnit gennemgås først de økonomiske forudsætninger for beregning af de forventede skadesomkostninger, hvorefter det samlede skadesomfang ved stormflod i de ni kommuner i perioden 2017-2117 vurderes.

De centrale forudsætninger for de økonomiske beregninger er beskrevet i Bilag A.1.

5.1 Metode for opgørelse af skader

Med de gennemførte beregninger kan elementer der bliver ramt identificeres, herunder følgevirkninger. Identifikationen foretages for udvalgte lokaliteter i de respektive kommuner. En nærmere beskrivelse af metodikken til analyse af skadesopgørelser er beskrevet i Bilag A.

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

Den hydrauliske model

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. Der er lavet et punkt for hver 20 m vej. Skaderne medregnes ved forskellige vanddybder se Tabel 5-1.

For Kastrup Lufthavn og Øresundstunnelen er 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 trafikmodel, 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. Dette er indregnet, så den samme bilist ikke kan blive forsinket flere gange.

Tabel 5-1. Vanddybder der medfører skade for et givent skades objekt

Skades objekt	Vanddybde for skade [cm]	Enhed
Kælder [BBR data]	10	m ²
Stueetage (privat) [BBR data]	20	m ²
Erhvervsbygning [BBR data]	20	Antal
Elsvigt (både privat og erhverv) [BBR data]	30	Antal
Jernbane og metro ¹ [FOT-data]	10	m
Jernbanestationer [FOT-data]	10	Antal
Vejbane [COWI – trafik model]	10	Per./vej

Scalgo Live

For Gentofte og Lyngby-Taarbæk kommune er de oversvømmede arealer trukket ud fra Scalgo Live. Skadesobjekterne og vanddybderne er de samme som for de områder, der er dækket med den hydrauliske model. Vanddybden kan ikke trækkes ud af Scalgo Live. Vandspejlet antages at være konstant i det oversvømmede areal, og oversvømmelsen beregnet som højvandskoten ved kysten minus terrænkoten. Der er forudsat at en ejendom først oversvømmes ved 10 cm vand på terræn.

5.2 Skadesomkostninger ved stormflod

For at kunne vurdere de samlede skadesomkostninger ved stormfloder over en hundredårig periode er der udarbejdet en samfundsøkonomisk analyse opdelt på de enkelte kommuner og store infrastrukturanlæg.

I den samfundsøkonomisk model beregnes de samlede skadesomkostninger over de kommende 100 år. I denne model beregnes for hvert år sandsynligheden for en given stormflodshændelse indtræder i den hundredårige periode. Endvidere udregnes de forventede skadesomkostning ved hver 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

¹ Kun metrostrækninger som ligger i terrænet

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 ganget med omkostningen af disse skader.

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

I bilag A redegøres for, hvorledes de opgjorte skader er værdisat. De centrale forudsætninger for at kunne udregne valide samfundsøkonomiske estimater er ligeledes beskrevet i bilag A.

De samfundsøkonomiske konsekvenser af stormflod er opgjort på baggrund af sandsynlighederne for en given vandstand for hver af de ni kommuner sammenholdt med antallet af skader ved de givne vandstande over perioden 2017 til 2117.

Tværgående infra-
struktur

For den tværgående infrastruktur er skadesomkostningerne beregnet efter samme princip. Dette gælder motorveje, Københavns Lufthavn, metroen og Øresundsbroen. Da disse går på tværs af kommunegrænser, eller påvirker hele hovedstadsområdet, er de opgjort for sig.

Skaderne er koblet med en forventet skadesomkostning, som er estimeret på baggrund af opgjorte enhedspriser fra forsikringsselskaber mv. De fleste enhedspriser er samlet i klimamodellen PLASK og er i udgangspunktet anvendt i denne analyse. Øvrige enhedspriser er indhentet på baggrund af faktiske skadesomkostninger efter stormen Bodil samt informationer fra Københavns Lufthavn, Metroselskabet m.fl.

Udover de direkte skader er også indregnet værdien af personforsinkelser på motorveje, lufthavnen, S-togsnettet, metroen samt Øresundsbroen.

Hvad er ikke med?

Den samfundsøkonomiske beregning er baseret på gennemsnitlige skadesomkostninger for bolig og erhverv. Der kan være særlige erhverv der skiller sig ud, ligesom der kan være store miljømæssige konsekvenser. Dette gælder f.eks. for oversvømmelser af renseanlæg, som kan medføre driftstop i flere måneder og deraf følgende udledning af urensset spildevand.

5.3 Resultat af de samfundsøkonomiske beregninger

5.3.1 Oversigt over resultater

De samlede samfundsøkonomiske konsekvenser er opgjort som nutidsværdi til 22,5 mia. kr. Dette er de samlede skader, der forventes såfremt der ikke gøres

yderligere for at beskytte hovedstadsområdet ud over den nuværende beskyttelse.

Tabel 5-2 Resultat af de samfundsøkonomiske beregninger.

Kommune	mio. kr.	Mio. kr. Inkl. tværgående infrastruktur*
Lyngby-Tårnbæk	137	137
Gentofte	1.737	1.737
København	5.142	7.536
Tårnby	2.567	3.285
Dragør	1.488	3.164
Hvidovre	905	2.252
Brøndby	56	2.415
Vallensbæk	140	1.487
Ishøj	146	1.494
Tværgående infrastruktur*	10.180	-
Samlet	22.496	22.496

* Den tværgående infrastruktur omfatter anlægs- og driftstab på Kastrup Lufthavn, Metro og Øresundsbroen, driftstab på jernbane og forsinkelser i Lufthavn, Metro, Øresundsbro og Jernbaner. Øvrig infrastruktur er indregnet for de enkelte kommuner.

Tværgående Infrastruktur omfatter både de materielle skader, anlægs- og driftstab, samt de afledte samfundsøkonomiske omkostninger i form af forsinkelser. Infrastruktur dækker: Københavns Lufthavn, Øresundsbro (tunnel), jernbaner og metroen. Skader på vejene og forsinkelser er indregnet for de enkelte kommuner.

I sidste kolonne i Tabel 5-4 er omkostningerne for den tværgående infrastruktur skønsmæssigt fordelt på de påvirkede kommuner. Man kan argumentere for, at påvirkningen fra tværgående infrastruktur påvirker flere af de omkringliggende kommuner, således at omkostningen skal fordeles ud på flere.

Betragtes en enkelt hændelse, er skaderne estimeret til hhv. knap 700 mio. for en 1000 års stormflod fra nord og ca. 44 mia. for en 1000 års stormflod fra syd.

Tabel 5-3 Oversigt over de estimerede skader ved en 1000 års hændelse i år 2017.

Kommune	Stormflod fra nord (mio. kr.)	Stormflod fra syd (mio. kr.)
Lyngby-Tårnbæk	17	0
Gentofte	200	0
København	450	5.250
Tårnby	14	2.700
Dragør	1	1.600
Hvidovre	0	1.300
Brøndby	0	260
Vallensbæk	0	500
Ishøj	0	550
Tværgående infrastruktur*	2	32.000
Samlet	684	44.160

* Den tværgående infrastruktur omfatter anlægs- og driftstab på Kastrup Lufthavn, Metro og Øresundsbroen, driftstab på jernbane og forsinkelser i Lufthavn, Metro, Øresundsbro og Jernbaner. Øvrig infrastruktur er indregnet for de enkelte kommuner.

5.3.2 Fordeling af skadesomkostninger

Skadesomkostninger er fordelt mellem skader på private ejendomme inkl. elsvigt, erhverv inkl. elsvigt og produktionstab samt infrastruktur fordelt på skader og forsinkelser. I nedenstående tabel er fordelingen mellem de enkelte elementer anført.

Skader påført private og erhverv, er primært skader på bygninger, mens elsvigt og driftstab udgør en mindre del af dette.

Tabel 5-4 Fordeling af skadesomkostninger mellem de enkelte elementer.

Kommune	Private mio. kr.	Erhverv mio. kr.	Skader infra- struktur* mio. kr.	Forsinkelser* mio. kr.
København	3.200	1.679	65	197
Brøndby	48	1	3	3
Dragør	1.272	207	8	1
Gentofte	1.387	349	1	0
Hvidovre	692	201	5	7
Lyngby-Tårnbæk	108	28	0	0
Ishøj	140	5	0	1
Tårnby	2.511	46	6	4
Vallensbæk	115	20	4	1
Tværgående infrastruktur	0	0	1.009	9.385
Samlet	9.474	2.537	1.101	9.600

*Infrastruktur og forsinkelser omfatter skader og forsinkelser på lokal infrastruktur for de enkelte kommuner, samt skader og forsinkelser på tværgående infrastruktur, som er opgjort for sig.

Det fremgår af opgørelsen, at en stor del af skadesomkostninger kan henføres til forsinkelser. Omfanget af forsinkelser ved f.eks. oversvømmelse af metroen er enormt og Metroselskabet vurderer, at det vil tage 2 år, før den er i drift igen. I den periode regnes med en forøget rejsetid på gennemsnitligt 30 min.

5.3.3 Udvikling i skadesomkostninger

Der er stor forskel på, hvordan skadesomkostningerne for de enkelte kommuner udvikler sig over tid.

Det har stor betydning for hvordan skadesomkostningerne udvikler sig, afhængigt af området terrænforhold, samt om det er truet af stormflod fra nord eller syd. For Områder, der primært er truet af stormflod fra nord, hvor stormflodsstatistikken er flad (lille forskel på en 10 og 1000 års hændelse) vil klimaændringerne have stor betydning og omkostningerne vil stige jævnt i perioden i takt med vandspejlsstigningen. Dette gælder f.eks. Gentofte og Lyngby Taarbæk.

For områder der er beskyttet af f.eks. en Strandpark, stiger omkostningerne først til sidst i perioden, når vandstandsstigningen medfører at beskyttelsen ofte oversvømmes. Dette gælder for f.eks. Brøndby Kommune.

6 De enkelte kommuner

Undersøgelsen har på et ensartet grundlag estimeret de samlede samfundsøkonomiske resultater for de nævnte kommuner og den tværgående infrastruktur.

6.1 Lyngby-Taarbæk Kommune

I Lyngby-Taarbæk Kommune er det kun begrænsede arealer, der er truet af oversvømmelser ifm. stormflod.

Der er hændelserne fra nord, der er de mest kritiske med vandstandskoter langs kysten på 1,68 m for en 250-årshændelse i år 2017 og 1,85 m for en 1800-årshændelse. De viste 2,48 m ved Nordre Toldbod vil give lidt større oversvømmelser. Hændelsen er nu meget sjælden (gentagelsesperiode over 10.000 år), men i 2117 forventes den at have en gentagelsesperiode på ca. 250 år.

Mod nord er oversvømmes arealet ved Mølleåens udløb. Strandvejen ligger i kote ca. 2,60 og oversvømmes først ved en stormflodsvandstand svarende til den viste kote 2,48 ved Nordre Toldbod. Området er således ikke under de nuværende forhold truet.

Mod syd er villakvartererne øst for Strandvejen og syd for Taarbæk Havn truet af oversvømmelse. De yderste dele af haver og enkelte bygninger oversvømmes ved koter ned til en nuværende 100-årshændelse. Der er ingen primære veje som oversvømmes og dermed medfører skader i form af forsinkelser.

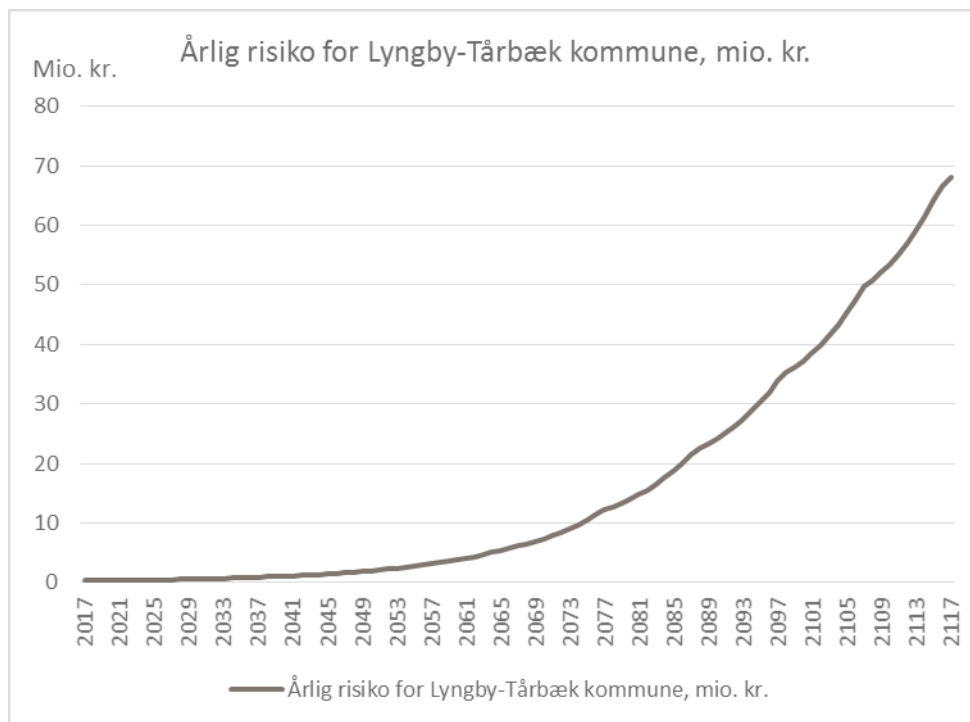
Stormrådet har opgjort skaderne ved Bodil-stormen, som var en ca. 250-årshændelse til 7 mio. kr. fordelt på 16 sager.

Kommunegrænsen mod syd til Gentofte Kommune ligger på Bellevue strand. Lyngby-Taarbæk Kommune kan etablere en evt. beskyttelse lige nord for stranden.



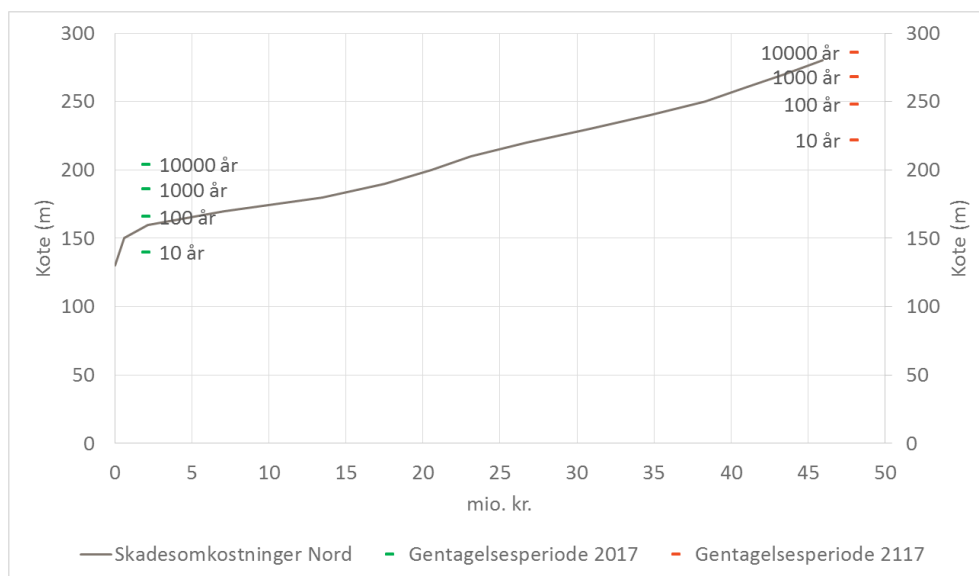
Figur 6-1 Kort over oversvømmede arealer ved stormflod fra nord i Lyngby-Taarbæk Kommune. Koterne på kortet referer til referencevandstanden ved Nordre Toldbod. Med sorte pile er angivet de primære veje, vandet kommer ind. Vandet breder sig direkte ind over land fra havsiden og der er ingen særlige strømninger bagom diger eller forhøjninger.

I Lyngby-Taarbæk Kommune er der ikke samfundskritiske lokaliteter under kote 3, men der er dog skole og særligt plejehjem, der kræver en særlig beredskabsmæssig indsats. Der er derudover bygninger og lokale veje som bliver oversvømmet. Disse er medtaget i den økonomiske model. Det økonomisk rentable sikringsniveau vil afhænge af omkostningerne til at etablere sikringen.



Figur 6-2 *Udvikling i årlig risiko for Lyngby-Taarbæk Kommune. Skaderne er opgjort uden bidrag fra tværgående infrastruktur.*

Figuren viser hvorledes den økonomiske risiko stiger i løbet af de kommende 100 år. For Lyngby-Taarbæk Kommune udvikler risikoen sig fra 0,3 mio. kr. årligt i 2017 til 70 mio. kr. årligt i 2117.



Figur 6-3 *Skadesomkostninger i 2017 priser uden tværgående infrastruktur for Lyngby Taarbæk Kommune ved stormflod fra nord som funktion af vandstandskoten (Målt ved Nordre Toldbod). Endvidere er vist estimerede vandstandskoter for stormflod i år 2017 og 2117. Figuren viser at en 10 års hændelse fra nord i år 2117 vil give skader der er større end en nuværende 10.000 års hændelse. Skaderne er opgjort ved konkrete koter, hvorefter der er interpoleret lineært mellem disse.*

Figuren viser skadesomkostningerne som funktion af koten. Der er endvidere angivet stormflodsniveauer for år 2017 og år 2117. Af figuren kan således aflæses hvor store skader en hændelse i en given kote forventes at medføre.

Skaderne i Lyngby Taarbæk, begynder ved ca. kote 1,5 m og stiger herefter jævnt som funktion af koten. De samlede skader er dog begrænsede, men den stigende havvandstand, vil medføre at risikoen i fremtiden vokser betydeligt.

6.2 Gentofte Kommune

I Gentofte Kommune kan der ske betydelige oversvømmelser langs kysten på arealerne omkring Hellerup Havn og nord herfor.



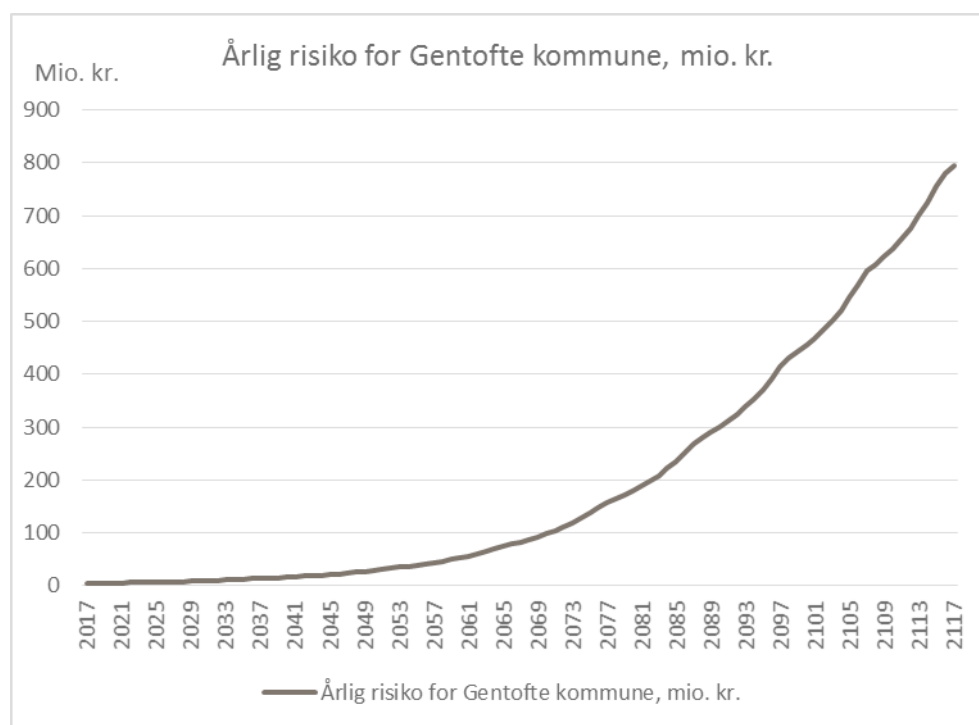
Figur 6-4 Kort over oversvømmede arealer ved stormflod fra nord i Gentofte kommune. Koterne på kortet referer til referencevandstanden ved Nordre Toldbod. Med sorte pile er angivet de primære veje, vandet kommer ind. Vandet breder sig generelt ind over land fra havsiden. Det sydlige område er nærmest et plateau, der oversvømmes hurtigt, når først vandstanden når op over den begrænsede sikring der er langs kysten.

I Gentofte Kommune er der ikke udpeget særligt sårbare lokaliteter. Der er bygninger og veje som bliver oversvømmet. Disse er medtaget i den økonomiske model.

Mod nord er det primært Bellevue Strand og de yderste havnearealer, der er truet. Først ved hændelser over kote 2 m oversvømmes arealer vest for kystvejen.

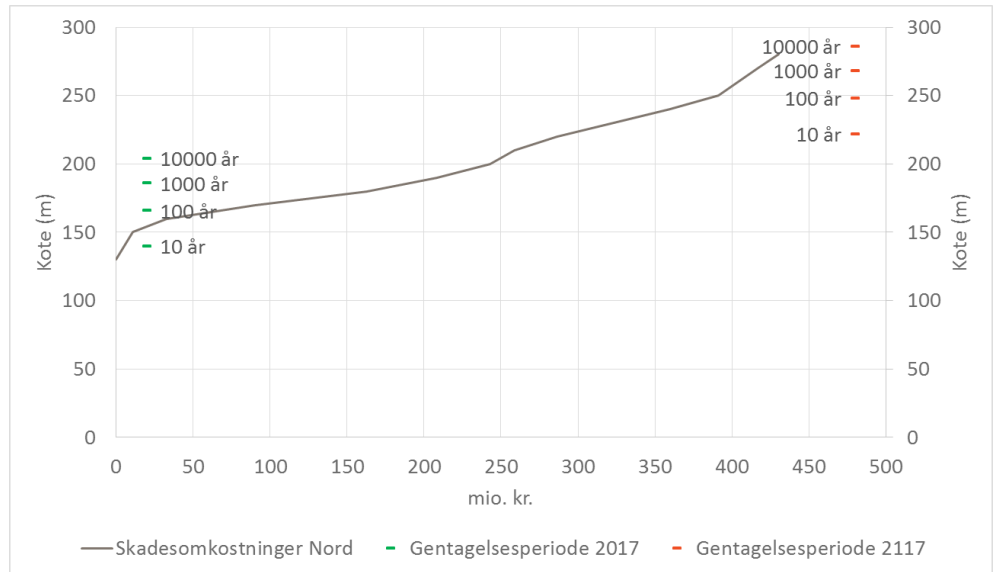
Mod syd er hele området øst for Strandvejen mellem Charlottenlund Fort og Hellerup Havn allerede under de nuværende forhold truet af oversvømmelser. Det var også i dette område, der var skader ifm. Bodil stormen, hvor de samlede skader er opgjort af stormrådet til 26 mio. kr. fordelt på 68 sager.

Mod nord er Bellevue strand den naturlige afslutning på de oversvømmede arealer. Mod syd er Hellerup Havn den naturlige afgrænsning mod Københavns Kommune.



Figur 6-5 Udvikling i årlig risiko for Gentofte Kommune. Skaderne er opgjort uden bidrag fra tværgående infrastruktur.

Figuren viser hvorledes den økonomiske risiko stiger i løbet af de kommende 100 år. For Gentofte Kommune udvikler risikoen sig fra 5 mio. kr. årligt i 2017 til 800 mio. kr. årligt i 2117.

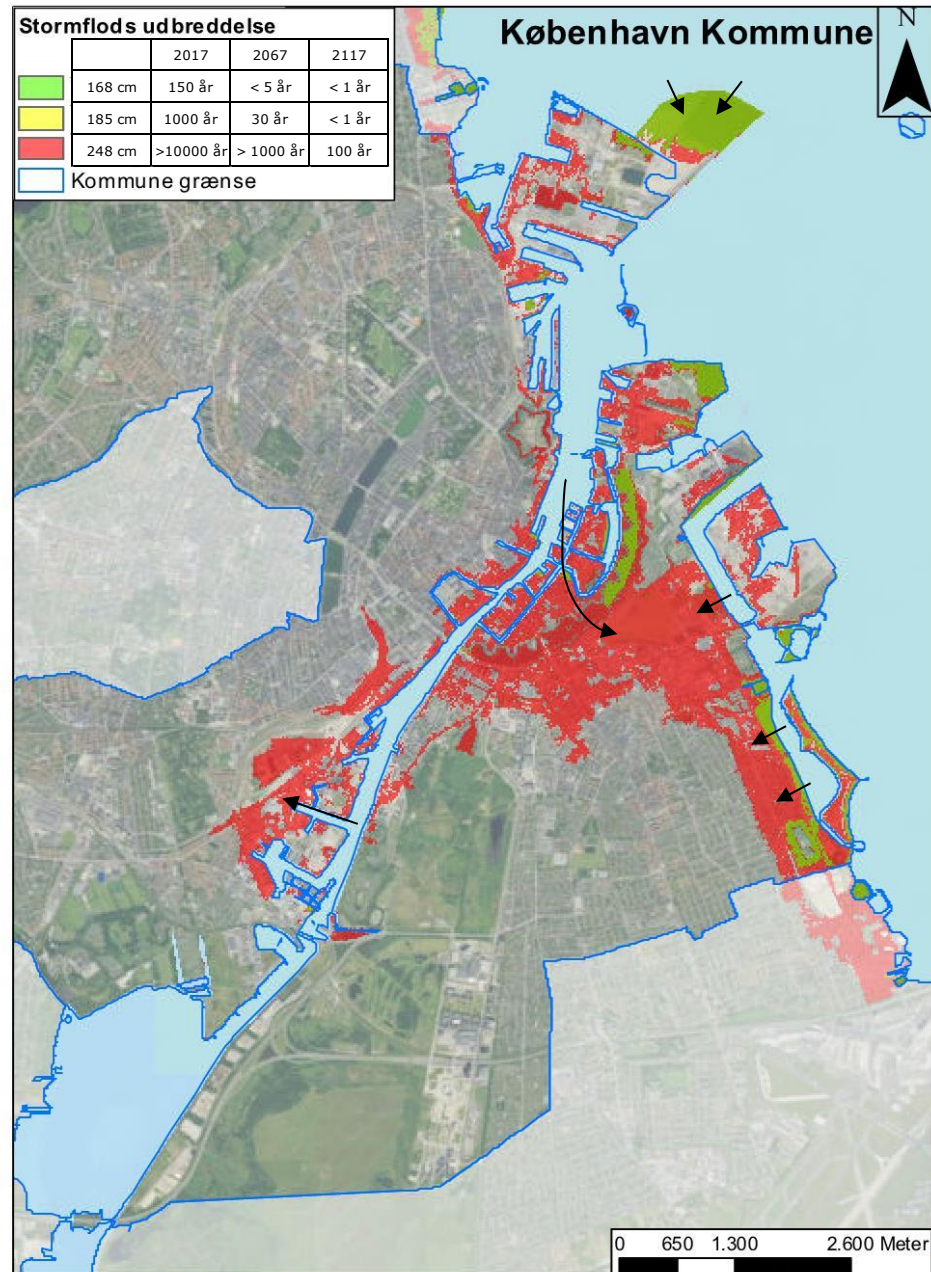


Figur 6-6 Skadesomkostninger i 2017 priser uden tværgående infrastruktur for Gentofte Kommune ved stormflod fra nord som funktion af vandstandskoten (målt ved Nordre Toldbod). Endvidere er vist estimerede vandstandskoter for stormflod i år 2017 og 2117. Figuren viser at en 10 års hændelse fra nord i år 2117 vil give skader der er større end en nuværende 10.000 års hændelse. Skaderne er opgjort ved konkrete koter, hvorefter der er interpoleret lineært mellem disse.

Figuren viser skadesomkostningerne som funktion af koten. Der er endvidere angivet stormflodsniveauer for år 2017 og år 2117. Af figuren kan således aflæses hvor store skader en hændelse i en given kote forventes at medføre. Figur 6-6 viser at den nuværende risiko i Gentofte er lille, men i takt med vandstandstigningen stiger den betydeligt, så en fremtidig 10 års hændelse vil medføre skader for ca. 300 mio. kr. Hvilket er mere end 10 gange så meget som Bodil stormen medførte i kommunen.

6.3 Københavns Kommune

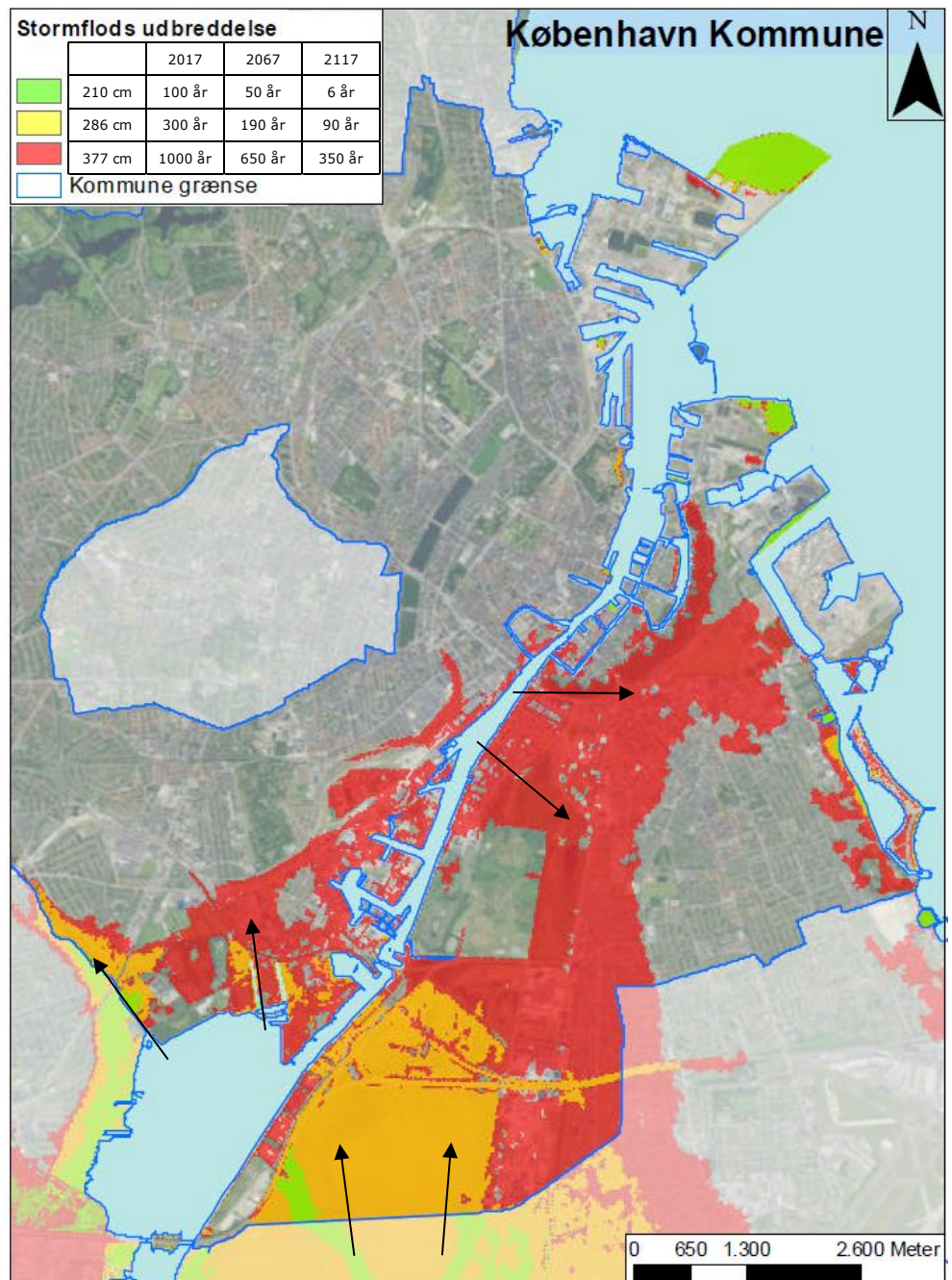
Kortene herunder viser udbredelse af oversvømmelser i Københavns Kommune ved stormflod forårsaget af vind fra vest og øst.



Figur 6-7 Kort over oversvømmede arealer ved stormflod fra nord i Københavns Kommune. Koterne på kortet referer til referencevandstanden ved Nordre Toldbod. Med pile er angivet de væsentligste veje hvor vandet kommer ind. Vandet breder sig ind over Amager fra Havsiden og ind over Christianshavn.

I Københavns Kommune vil en stormflod fra nord primært ramme arealerne omkring Nordhavn, Indre By, Christianshavn og dele af Sydhavnen. Oversvømmelserne vil primært optræde ved hændelser over kote 2,0 m ved Nordre toldbod. Den nuværende trussel ved stormflod fra nord er lille, men vil i takt med den igangværende vandstandsstigning øges betydeligt over de kommende 100 år.

Ved stormen Bodil, som var en stormflod fra nord, har stormrådet opgjort skaderne til 12 mio. kr. fordelt på 25 sager.



Figur 6-8 Kort over oversvømmede arealer i Københavns Kommune ved stormflod fra syd. Koterne på kortet refererer til referencevandstanden ved Køge. Med sorte pile er angivet de primære veje, vandet kommer ind. Vandet breder sig ind over byen fra havnen og fra syd.

Ved stormflod fra syd er skaderne i Københavns Kommune fokuseret omkring Sydhavnen, Ørestad og den vestlige del af Amager.

Sårbare lokaliteter i Københavns Kommune

Tabel 6-1 Oversigt sårbare lokaliteter i Københavns Kommune samt stormflodskoten i Køge, hvor den givne lokalitet vil blive oversvømmet og sandsynligheden for dette forekommer én gang inden hhv. 2027, 2067 og 2117. Koterne er angivet ud fra de beskrivelser, kommunen har udleveret.

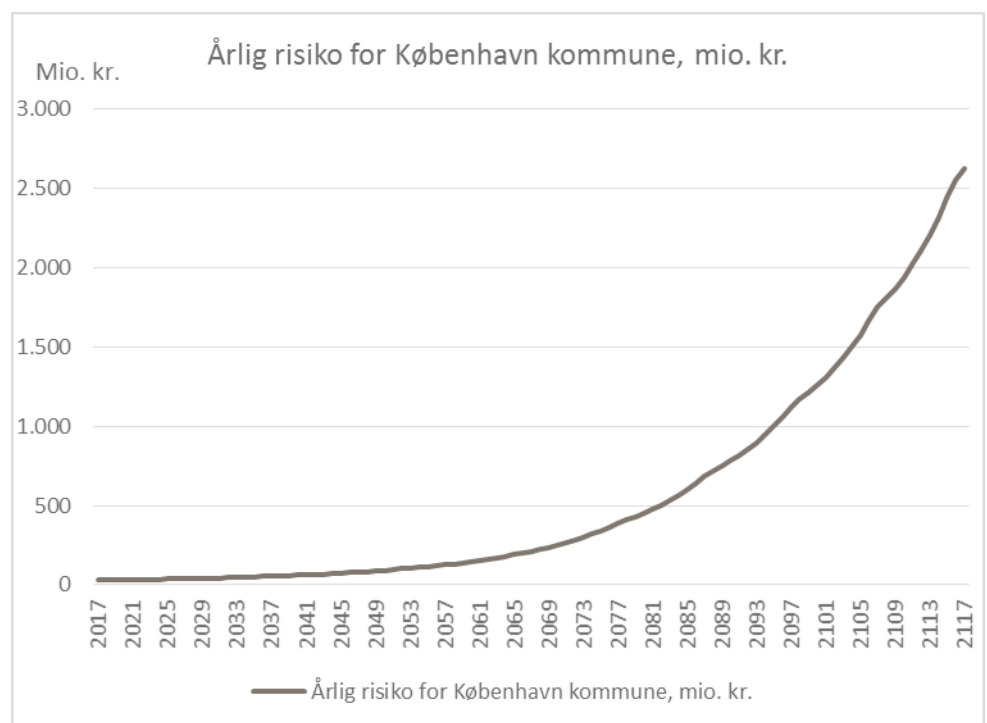
Lokalitet	Kritisk kote (Nord/Syd) [m]	Sandsynligheden for overskridelse inden år		
		2027	2067	2117
Amager fælled skakt	2,23/3,95	1%	5%	42%
Amager Strand Metro St	2,23/3,95	1%	5%	42%
Amager Værket	2,48/5,3	0%	0%	5%
Amagerbro Metro St.	2,48/3,95	1%	5%	16%
Amagerbro st. Trappe	2,48/3,95	1%	5%	16%
Bella Center St.	-/3,83	1%	6%	16%
Christians Havns Skakt	2/3,95	1%	9%	97%
Christianshavns station	2/3,92	1%	9%	97%
Damhusåen Renseanlæg	-/2,25	9%	42%	85%
DR Byen Metro st.	2,76/3,95	1%	5%	14%
Faste batteri skakt	2,48/3,95	1%	5%	16%
Femøren Metro St.	2/5,3	0%	4%	97%
Gammelstrand	1,82/2,95	5%	38%	100%
Havnegade Skakt	2,23/3,95	1%	5%	42%
H.C. Ørsted Værket	2,48/3,95	1%	5%	16%
Hovedbanegården, Istedgade	-/5,3	0%	0%	2%
Islands Brygge rampe	2,73/3,95	1%	5%	14%
Islands Brygge Station N	2,48/3,95	1%	5%	16%
Islands Brygge Station S	2,48/3,95	1%	5%	16%
Jernbanegraven KBH H	2,48/3,95	1%	5%	16%
Kongens Nytorv M 2 skakt	2,73/5,3	0%	0%	2%
Kongens Nytorv Metro	-/5,3	0%	0%	2%
Lergravsparken V	2,73/3,95	1%	5%	14%
Lergravsparken Ø	2,48/3,95	1%	5%	16%
Lynette Rens	2/5,2	0%	5%	97%
Metro CMC	-/3,85	1%	6%	15%
Motorvej Amager	-/2,9	4%	19%	44%
Spaniensgade Skakt	-/5,3	0%	0%	2%
Stadsgraven Skakt	2/3,95	1%	9%	97%
Sundby St.	-/3,95	1%	5%	14%
Svanemølleværket	2,48/5,3	0%	0%	5%
Ørestad St.	-/5,3	0%	0%	2%
Øresund Metro St	2,48/5,3	0%	0%	5%
Øresund Station Rampe	2,48/5,3	0%	0%	5%
Østerport	2,73/5,3	1%	5%	14%

Sikring af Københavns Kommune mod stormflod kan ske på flere måder og skal ses i sammenhæng med indsatsen i de omkringliggende kommuner. Kommunen har i rapporten "Opdateret overslag for sikring af København mod stormflod" arbejdet med en løsning, der omfatter en sikring mod nord ved at lukke for hav-

neindløbet og sikre langs kysten. Tilsvarende kan man sikre mod syd ved at lukke ved Kalveboderne. Her er der behov for samarbejde med Hvidovre og Brøndby Kommuner om en samlet løsning.

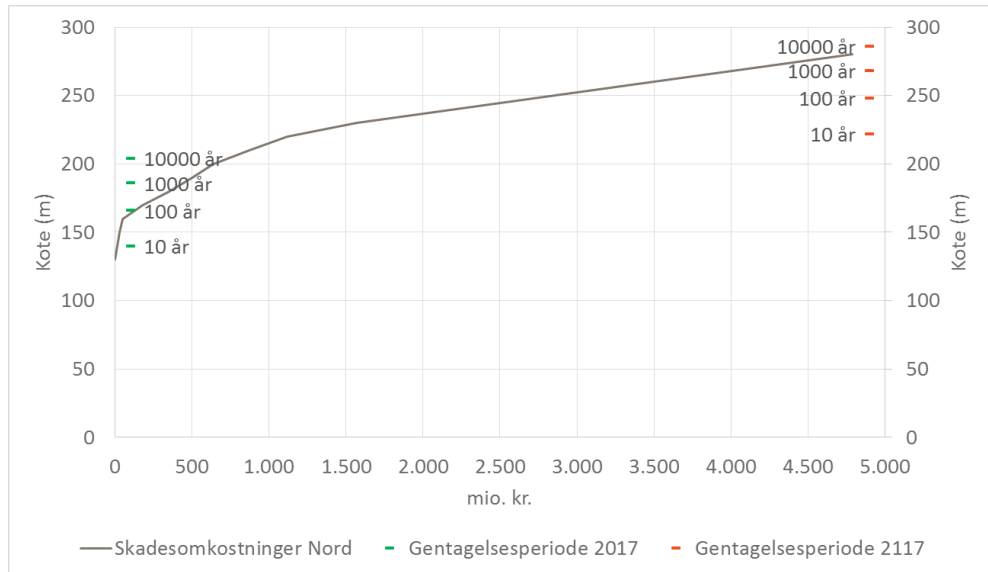
Disse tiltag beskytter dog ikke kommunen fuldstændigt, da der mod syd på både øst og vestsiden af Amager er behov for samarbejde med Tårnby Kommune og Dragør Kommune, da vandet ellers kan brede sig hele vejen nordpå til Ørestad langs Amager Fælled.

Mod nord, er der behov for samarbejde om sikring med Gentofte ellers kan der blive behov for at etablere et dige vinkelret på kysten. Sandsynligheden for indtrængende vand omkring kommunegrænsen er dog meget lille både ved hændelser fra nord og syd.

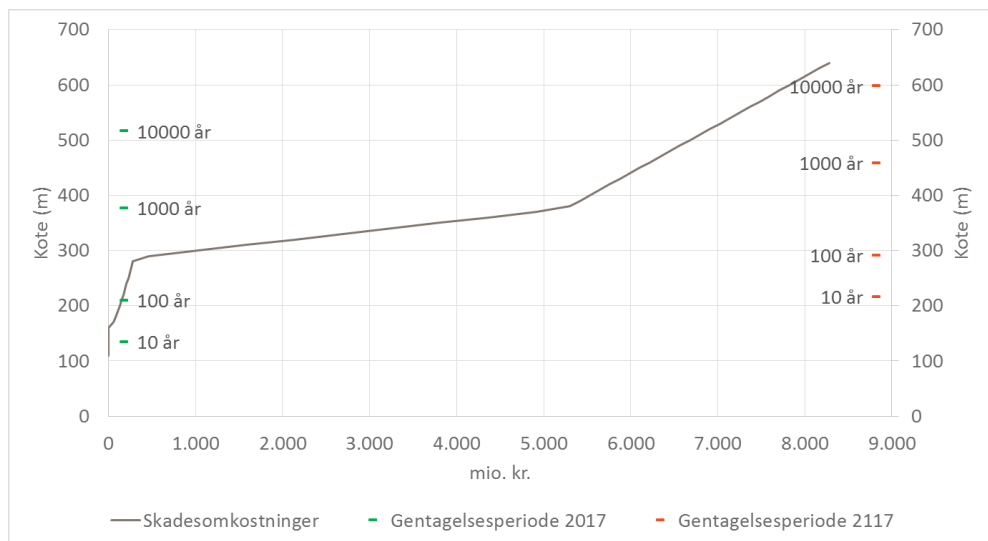


Figur 6-9 *Udvikling i årlig risiko for Københavns Kommune. Skaderne er opgjort uden bidrag fra tværgående infrastruktur.*

Figuren viser hvorledes den økonomiske risiko stiger i løbet af de kommende 100 år. For Københavns Kommune udvikler risikoen sig fra 29 mio. kr. årligt i 2017 til 2600 mio. kr. årligt i 2117. De anførte skader er ekskl. skader på tværgående infrastruktur og afledte omkostninger til forsinkelser mm.



Figur 6-10 Skadesomkostninger i 2017 priser uden tværgående infrastruktur for København ved stormflod fra nord som funktion af vandstandskoten (målt ved Nordre Toldbod). Endvidere er vist estimerede vandstandskoter for stormflod i år 2017 og 2117. Figuren viser at en 10 års hændelse fra nord i år 2117 vil give skader der er større end en nuværende 10.000 års hændelse. Skaderne er opgjort ved konkrete koter, hvorefter der er interpoleret lineært mellem disse.



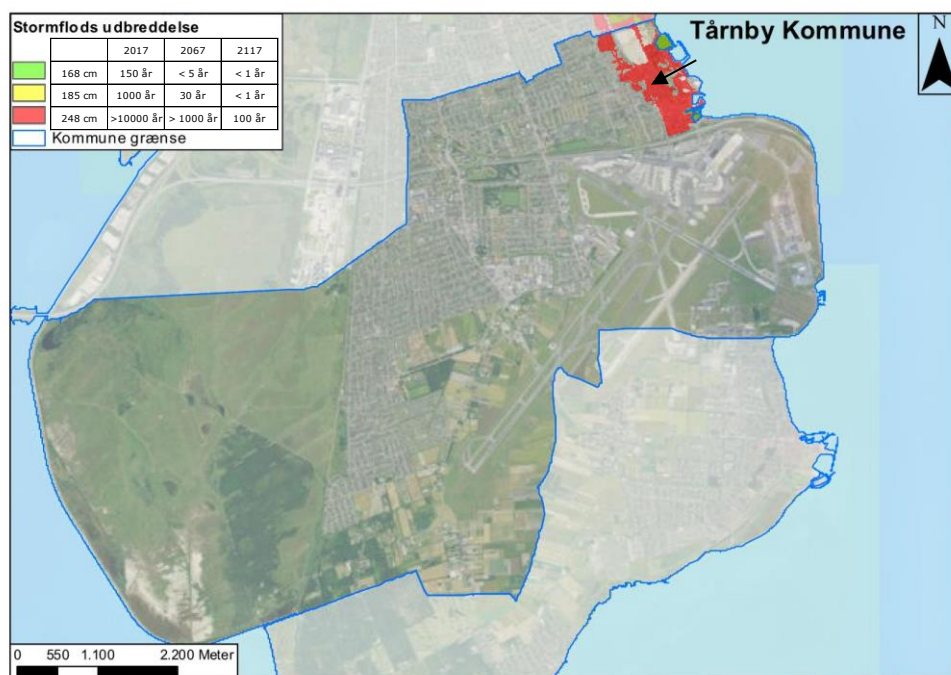
Figur 6-11 Skadesomkostninger i 2017 priser uden tværgående infrastruktur for København ved stormflod fra syd som funktion af vandstandskoten (målt ved Køge). Endvidere er vist estimerede vandstandskoter for stormflod i år 2017 og 2117. Figuren viser at en 10 års hændelse fra syd i år 2117 vil give skader der er større end en nuværende 100 års hændelse. Skaderne er opgjort ved konkrete koter, hvorefter der er interpoleret lineært mellem disse.

Figuren viser skadesomkostningerne som funktion af koten. Der er endvidere angivet stormflodsniveauer for år 2017 og år 2117. Af figuren kan således aflæses hvor store skader en hændelse i en given kote forventes at medføre. Det fremgår af figur 6-10 og 6-11, at der er stor forskel på hvordan risikoen udvikler sig fra hhv. nord og syd. Fra Nord er risikoen i dag lille, men stiger voldsomt som

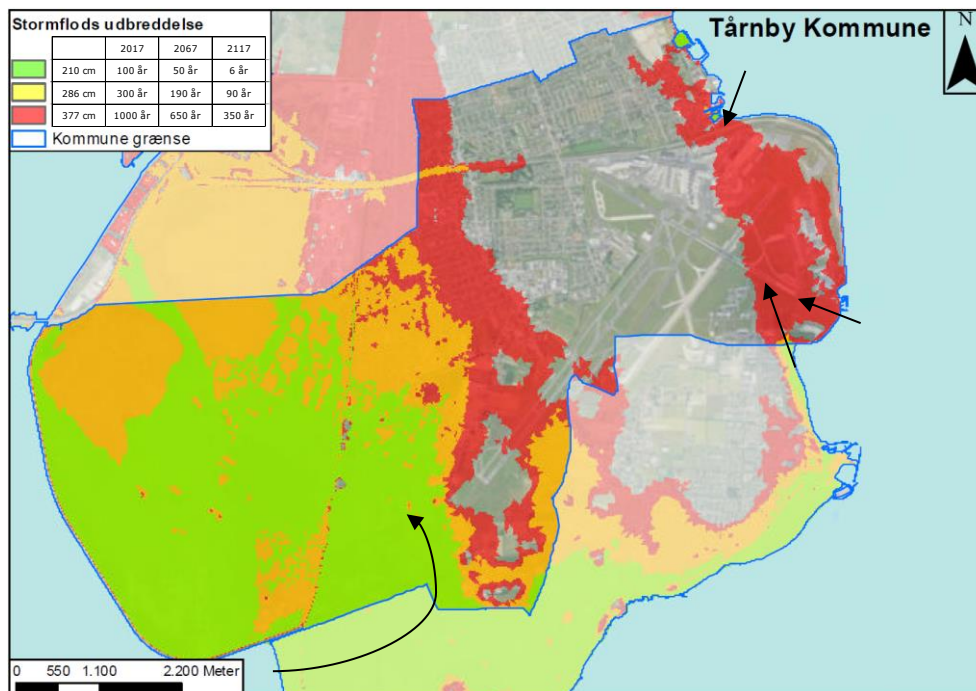
følge af vandstandsstigningen, mens den fra syd allerede i dag er betydelig, grundet de højere niveauer, men ikke øges ligeså markant.

6.4 Tårnby Kommune

Tårnby Kommune er kun i meget begrænset omfang truet af oversvømmelser i forbindelse med stormflod fra nord. Ved vandstande lige omkring kote 1,7 oversvømmes de lavestliggende arealer lige nord for lufthavnen. Tårnby Kommune har ikke nogen skader i stormrådets opgørelse over skader efter stormen Bodil.



Figur 6-12 Kort over oversvømmede arealer ved stormflod fra nord i Tårnby Kommune. Koterne på kortet referer til referencevandstanden ved Nordre Toldbod. Med sorte pile er angivet de primære veje, vandet kommer ind.



Figur 6-13 Kort over oversvømmede arealer i Tårnby Kommune ved stormflod fra syd. Koterne på kortet refererer til referencevandstanden ved Køge. Med sorte pile er angivet de primære veje, vandet kommer ind.

Ved stormflod fra syd er der tale om væsentligt større potentielle oversvømmelser. En 100-årshændelse kan allerede i dag brede sig ind fra Dragør Kommune i syd og oversvømme store dele af Amager Fælled og villaområderne vest for lufthavnen.

Tårnby Kommune er i gang med at etablere et dige langs den sydlige kommunegrænse ned til Dragør. Med et dige der er 3-5 meter højt. Herved vil en stor del af de forventede oversvømmelser kunne undgås.

Beskyttelsen af Tårnby Kommune skal ske i samarbejde med Københavns og Dragør kommuner.

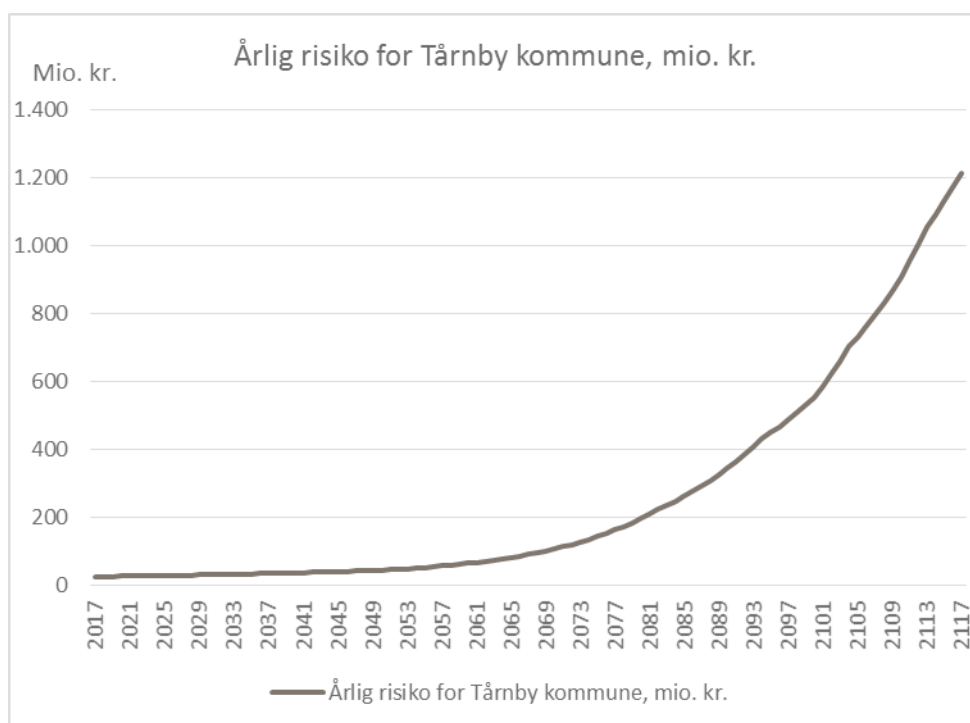
Sårbare lokaliteter i Tårnby Kommune

Tabel 6-2. Oversigt sårbare lokaliteter i Tårnby Kommune samt stormflodskoten i Køge hvor den givne lokalitet vil blive oversvømmet og sandsynligheden for dette forekommer én gang inden årene 2027, 2067 og 2117. Koterne er et skøn ude fra hvornår de givne lokaliteter er kritisk oversvømmet i den hydrauliske model ude fra de beskrivelser kommunen har udleveret.

Lokalitet	Kritisk kote (Syd/Nord) [m]	Sandsynligheden for overskridelse inden år		
		2027	2067	2117
DONG Gasstation	2,48/-	6,4%	31,6%	67,5%
Jernbane ²	2,89/2,76	3,6%	18,8%	44,2%
Øresundsmotorvejen2	2,89/2,76	3,6%	18,8%	44,2%

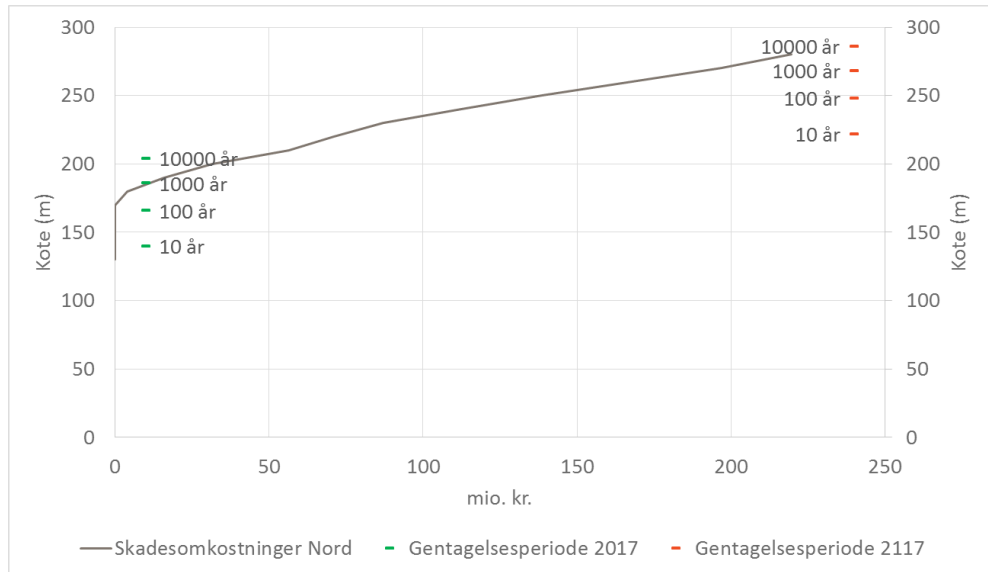
² Afgravningen ved grænsen til København Kommune

Kastrup Metro	3,71/2,61	1,2%	6,7%	18,4%
Øresundstunnelen	5,53/-	0,0%	0,1%	1,2%
Tårnbyforsyning, Vandværk	-/-	-	-	-
Lufthavns bygning	3,86/2,79	1,0%	5,5%	15,2%
Lufthavn landingsbane	3,63/2,79	1,4%	7,4%	19,6%
CTR, Fjernvarme, lufthavnen	5,55/-	0,0%	0,1%	1,2%
DSB Klargøringscenter	5,5/-	0,0%	0,1%	1,3%
Brandstation	-/-	-	-	-
Tårnbyforsyning, Renseanlæg	3,94/2,42	0,9%	7,4%	19,6%
DONG Transformestation	-/-	-	-	-
Trykforøger station vand	-/-	-	-	-
Den Blå Planet	5,4/-	0,0%	0,2%	1,6%
Transformere	3,69/2,79	1,3%	6,8%	18,4%
CTR, Fjernvarme	5,4/2,79	0,0%	0,2%	1,6%
Ates, Grundvandskøleanlæg	3,7/-	1,2%	6,7%	18,0%

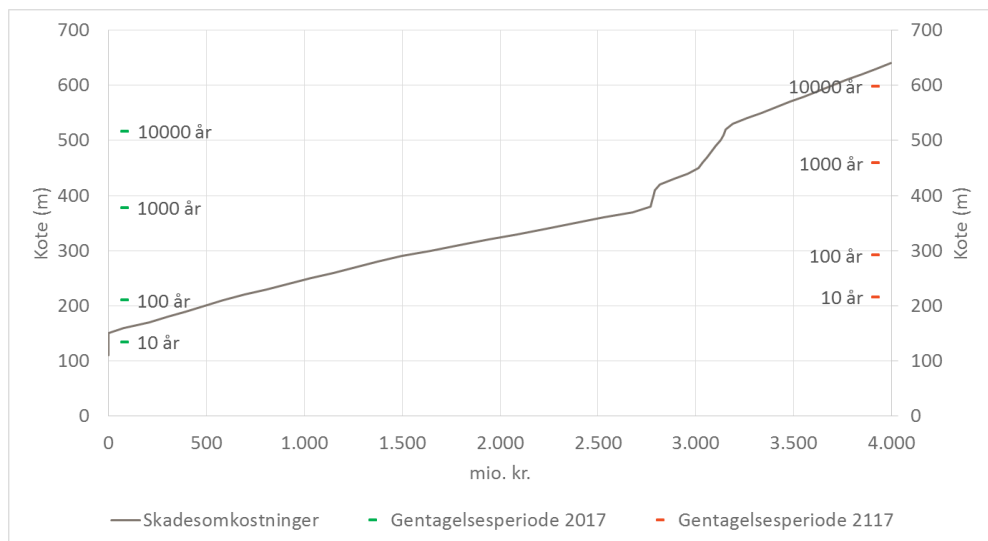


Figur 6-14 *Udvikling i årlig risiko for Tårnby Kommune. Skaderne er opgjort uden bidrag fra tværgående infrastruktur.*

Figuren viser hvorledes den økonomiske risiko stiger i løbet af de kommende 100 år. For Tårnby Kommune udvikler risikoen sig fra 27 mio. kr. årligt i 2017 til 1200 mio. kr. årligt i 2117.



Figur 6-15 Skadesomkostninger i 2017 priser uden tværgående infrastruktur for Tårnby Kommune ved stormflod fra nord som funktion af vandstandskoten (målt ved Nordre Toldbod). Endvidere er vist estimerede vandstandskoter for stormflod i år 2017 og 2117. Figuren viser at en 10 års hændelse fra nord i år 2117 vil give skader der er større end en nuværende 10.000 års hændelse. Skaderne er opgjort ved konkrete koter, hvorefter der er interpoleret lineært mellem disse.



Figur 6-16 Skadesomkostninger i 2017 priser for Tårnby Kommune ved stormflod fra syd som funktion af vandstandskoten (målt ved Køge). Endvidere er vist estimerede vandstandskoter for stormflod i år 2017 og 2117. Figuren viser at en 10 års hændelse fra syd i år 2117 vil give skader der er større end en nuværende 100 års hændelse. Skaderne er opgjort ved konkrete koter, hvorefter der er interpoleret lineært mellem disse.

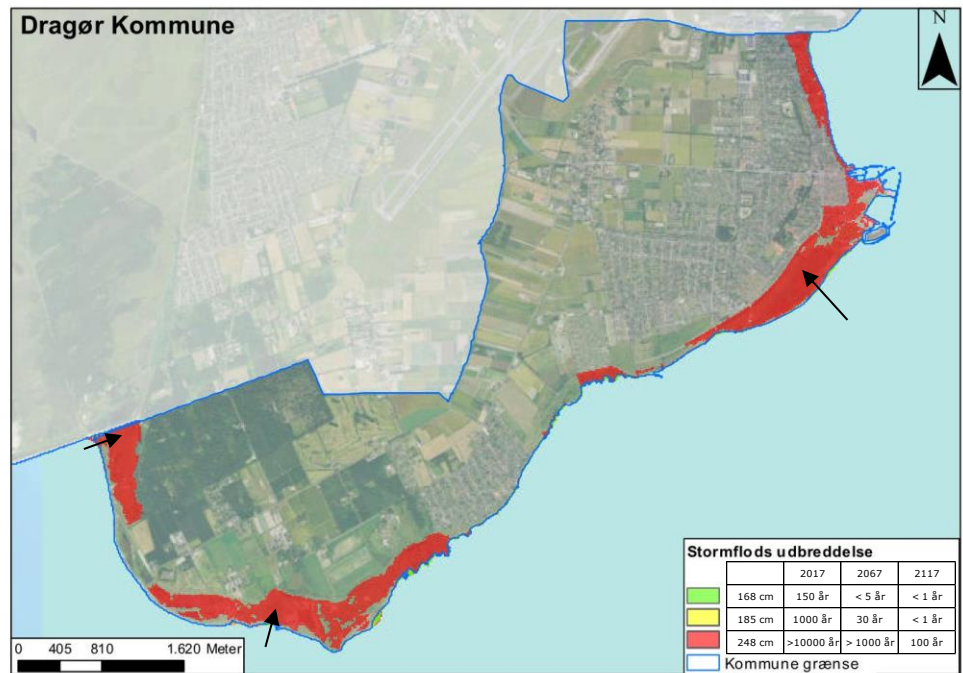
Figuren viser skadesomkostningerne som funktion af koten. Der er endvidere angivet stormflodsniveauer for år 2017 og år 2117. Af figuren kan således aflæses hvor store skader en hændelse i en given kote forventes at medføre.

For Tårnby Kommune, er der særligt stormflod fra syd, der medfører skader. Dette gælder både i den nuværende og fremtidige situation. Skaderne begynder

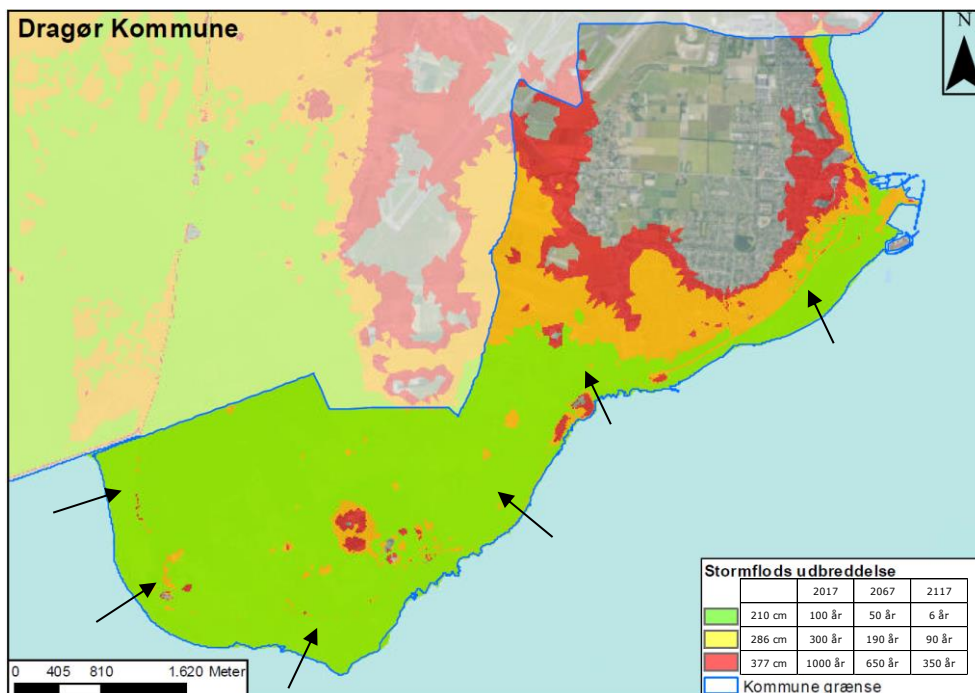
ved en vandstand lige over kote 1,6 m og stiger jævnt. Ved stormflod fra nord, skal vandstanden ved Nordre Toldbod være lidt højere, før det giver skader i Tårnby.

6.5 Dragør Kommune

I Dragør Kommune er det kun mindre arealer, der er truet af stormflod fra nord, mens stormflod fra syd forårsager betydelige oversvømmelser.

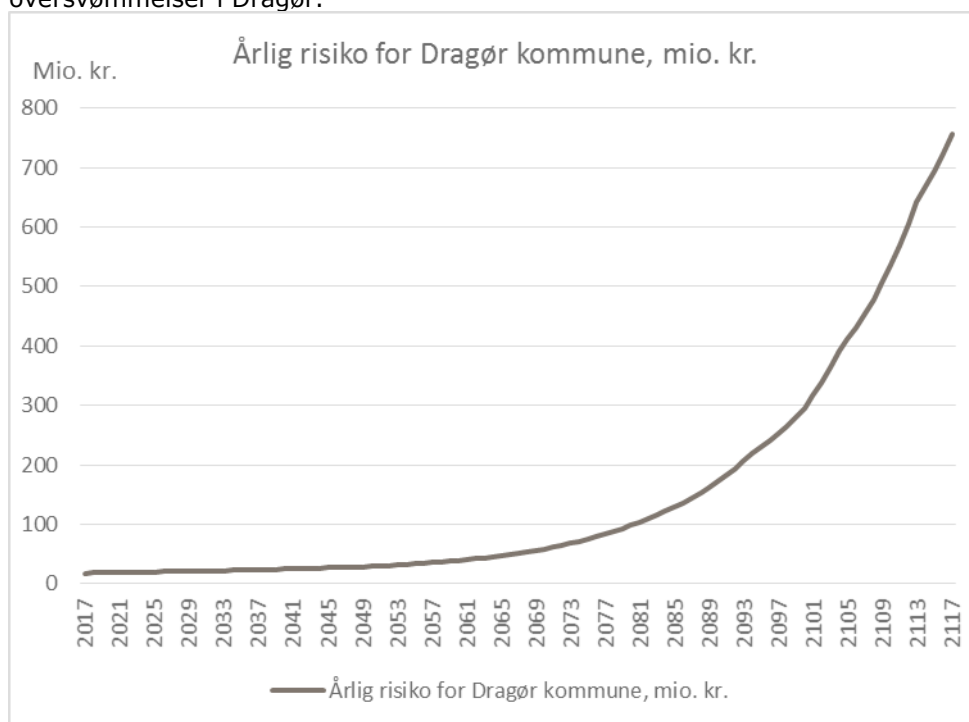


Figur 6-17 Kort over oversvømmede arealer ved stormflod fra nord i Dragør Kommune. Koterne på kortet referer til referencevandstanden ved Nordre Toldbod.



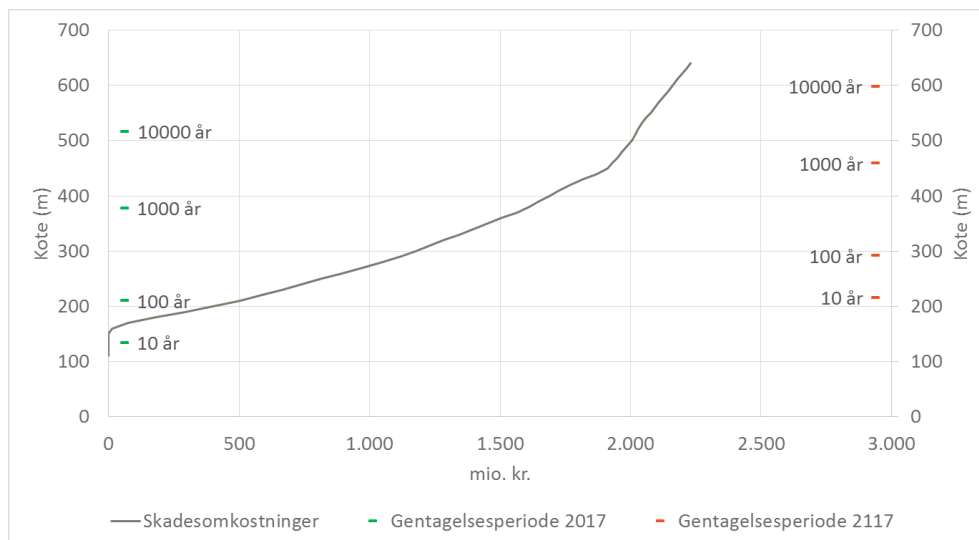
Figur 6-18 Kort over oversvømmede arealer ved stormflod fra syd i Dragør Kommune. Koterne på kortet refererer til referencevandstanden ved Køge.

En nuværende 100-årshændelse fra syd på 2,1 m ved Køge vil medføre store oversvømmelser i Dragør.



Figur 6-19 Udvikling i årlig risiko for Dragør Kommune. Skaderne er opgjort uden bidrag fra tværgående infrastruktur.

Figuren viser hvorledes den økonomiske risiko stiger i løbet af de kommende 100 år. For Dragør Kommune udvikler risikoen sig fra 18 mio. kr. årligt i 2017 til 750 mio. kr. årligt i 2117.



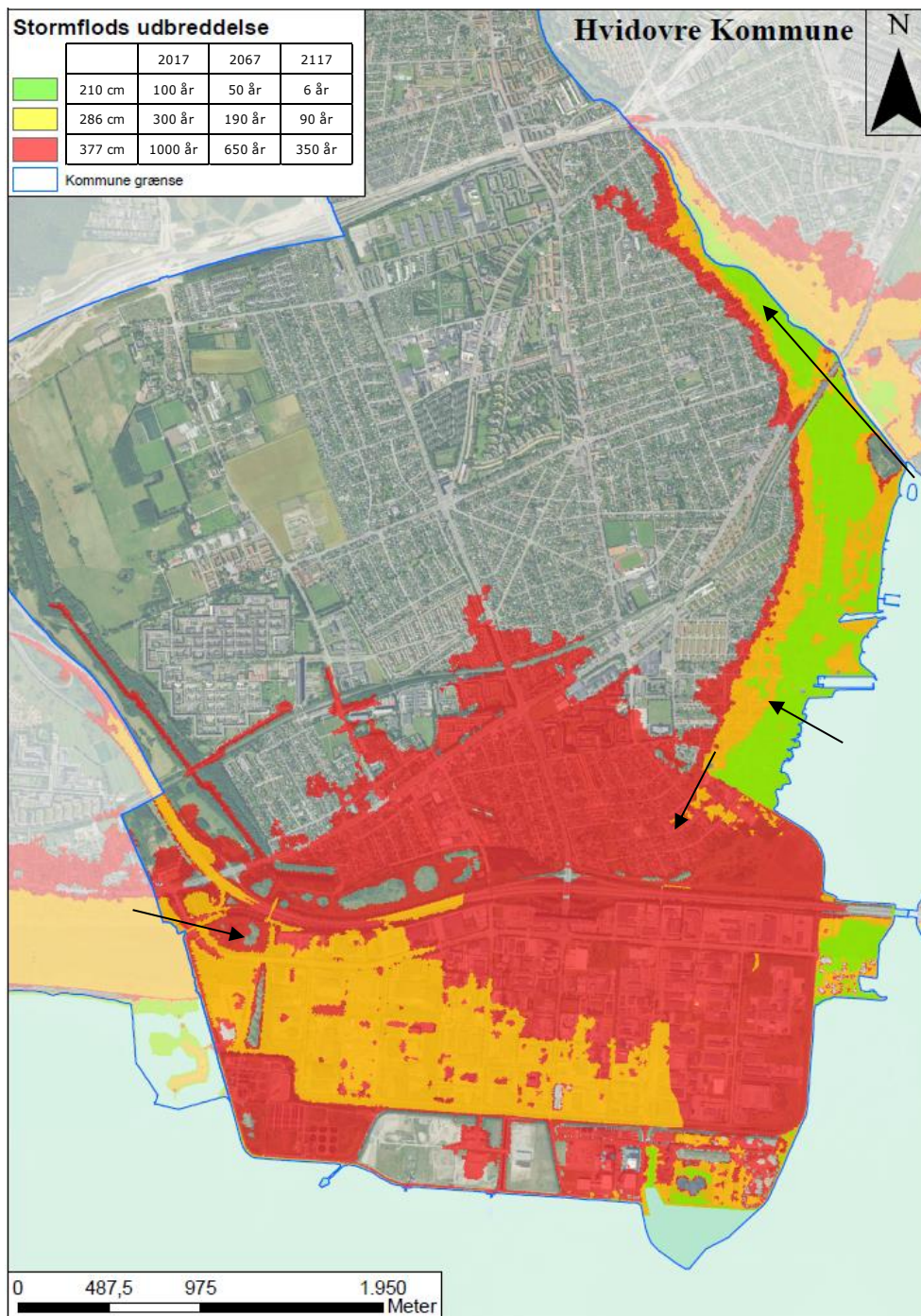
Figur 6-20 Skadesomkostninger i 2017 priser uden tværgående infrastruktur for Dragør Kommune ved stormflod fra syd som funktion af vandstandskoten (målt ved Køge). Endvidere er vist estimerede vandstandskoter for stormflod i år 2017 og 2117. Figuren viser at en 10 års hændelse fra syd i år 2117 vil give skader der er større end en nuværende 100 års hændelse. Skaderne er opgjort ved konkrete koter, hvorefter der er interpoleret lineært mellem disse.

Figuren viser skadesomkostningerne som funktion af koten. Der er endvidere angivet stormflodsniveauer for år 2017 og år 2117. Af figuren kan således aflæses hvor store skader en hændelse i en given kote forventes at medføre.

Skadesomkostningerne i Dragør er store, da mange ejendomme kan blive oversvømmet i forbindelse med stormflod fra syd.

6.6 Hvidovre Kommune

I Hvidovre Kommune kan der være store konsekvenser ved en stormflod fra syd.



Figur 6-21 Kort over oversvømmede arealer ved stormflod fra syd i Hvidovre kommune. Koterne på kortet refererer til referencevandstanden ved Køge.

De mest truede arealer findes langs kommunens østlige grænse mod kysten og langs Harrestrup Å. Her er der store arealer, der trues af en nuværende 100-årshændelse. Ved en ca. 300-årshændelse er der risiko for oversvømmelser af en del af industriområdet ved Avedøre, hvor vandet kan strømme ind fra siderne og ved en 1000-årshændelse oversvømmes diget mod Avedøre Holme.

Sårbare lokaliteter i Hvidovre kommune

Tabel 6-3. Oversigt sårbare lokaliteter i Hvidovre Kommune samt stormflodskoten i Køge hvor den givne lokalitet vil blive oversvømmet og sandsynligheden for dette forekommer én gang inden årene 2027, 2067 og 2117. Koterne er et skøn fra de beskrivelser kommunen har udleveret. Der er ingen af de sårbare lokaliteter som er påvirket af storme fra nord.

Lokalitet	Kritisk kote [m]	Sandsynligheden for overskridelse inden år		
		2027	2067	2117
Industrikvarteret Avedøre Holme (vest)	3,74	1,2%	6,4%	17,4%
Avedøreværket	3,24	2,2%	12,1%	30,1%
BIOFOS renseanlæg Avedøre	3,58	1,4%	7,9%	20,7%
Chr. Hansen A/S	3,73	1,2%	6,5%	17,6%
Syntese A/S	3,98	0,8%	4,6%	13,2%
Amagermotorvejen ³	3,63	1,4%	7,4%	19,6%
S-banen til Køge ⁴	4,23	0,6%	3,2%	9,7%
Holbæk motorvejen ⁵	3,95	0,9%	4,8%	13,7%
Ringstedbanen	>6	-	-	-
Rigspolitiets datacentral	6	0,0%	0,0%	0,3%

Hvidovre Kommune har et stort behov for samarbejde med Brøndby og Københavns Kommuner ift. indsatsen mod stormflod.

Mod vest skal sikringen mod indløb bag om diget til Avedøre Holme ske i samarbejde med Brøndby.

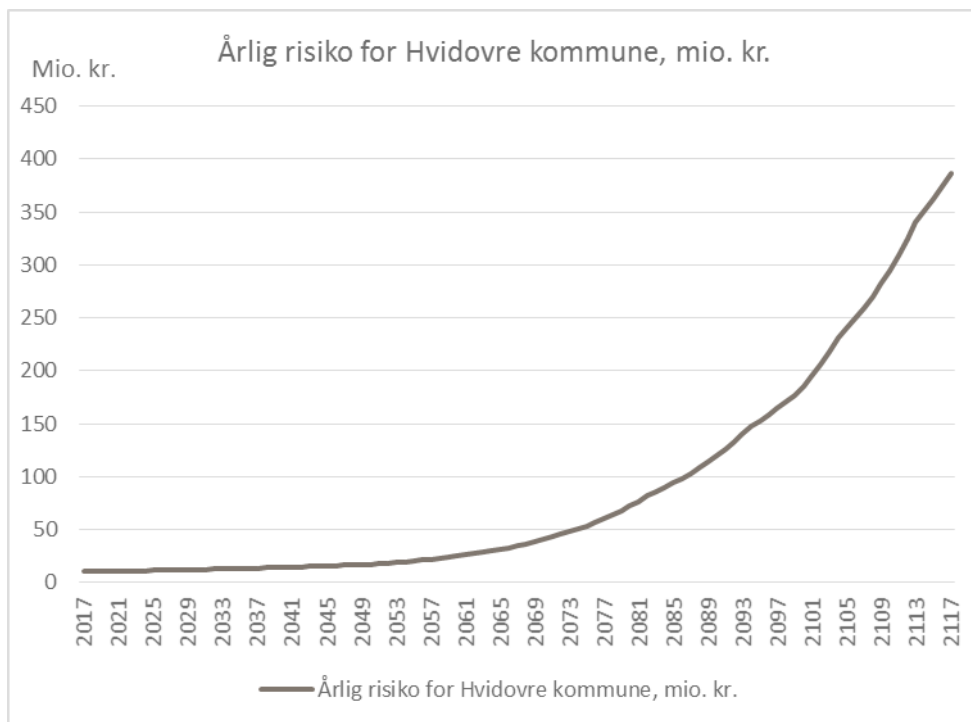
Mod øst er der behov for koordinering med Københavns Kommune. Såfremt der etableres en sikring af København ved Kalveboderne, er der ikke behov for yderligere tiltag i den østlige del af Hvidovre kommune, men hvis denne sikring ikke etableres, har kommunen behov for at sikre sig selv mod de hyppigere hændelser, der allerede i dag kan ramme dele af kommunen.

Mod syd vil der med tiden blive behov for at øge højden af diget omkring Avedøre Holme.

³ Hvor motorvejen kører under Gammel Køge Landevej

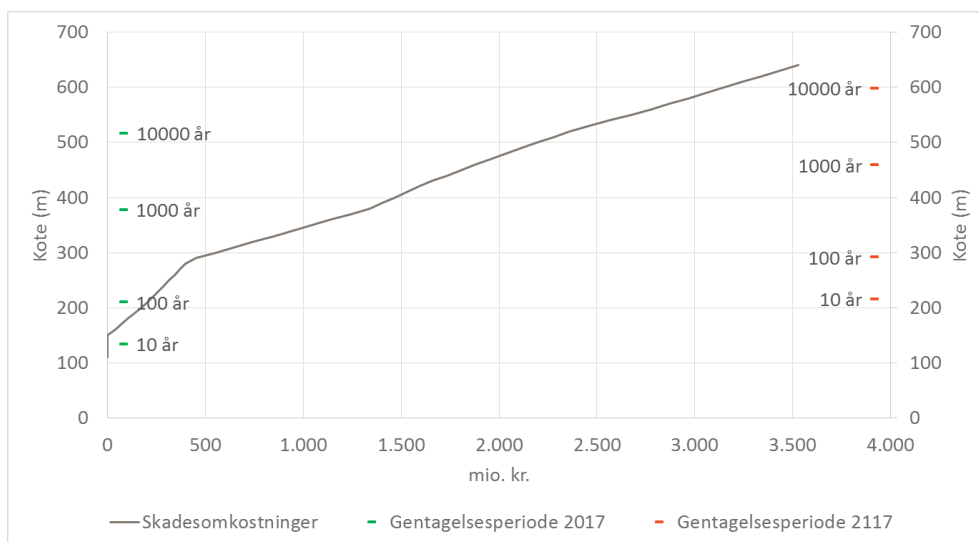
⁴ Ved Vestre Strandvej

⁵ Ved grænsen til Københavns Kommune



Figur 6-22 Udvikling i årlig risiko for Hvidovre Kommune. Skaderne er opgjort uden bidrag fra tværgående infrastruktur.

Figuren viser hvorledes den økonomiske risiko stiger i løbet af de kommende 100 år. For Hvidovre Kommune udvikler risikoen sig fra 10 mio. kr. årligt i 2017 til 400 mio. kr. årligt i 2117.



Figur 6-23 Skadesomkostninger i 2017 priser uden tværgående infrastruktur for Hvidovre Kommune ved stormflod fra syd som funktion af vandstandskoten (målt ved Køge). Endvidere er vist estimerede vandstandskoter for stormflod i år 2017 og 2117. Figuren viser at en 10 års hændelse fra syd i år 2117 vil give skader der er større end en nuværende 100 års hændelse. Skaderne er opgjort ved konkrete koter, hvorefter der er interpoleret lineært mellem disse.

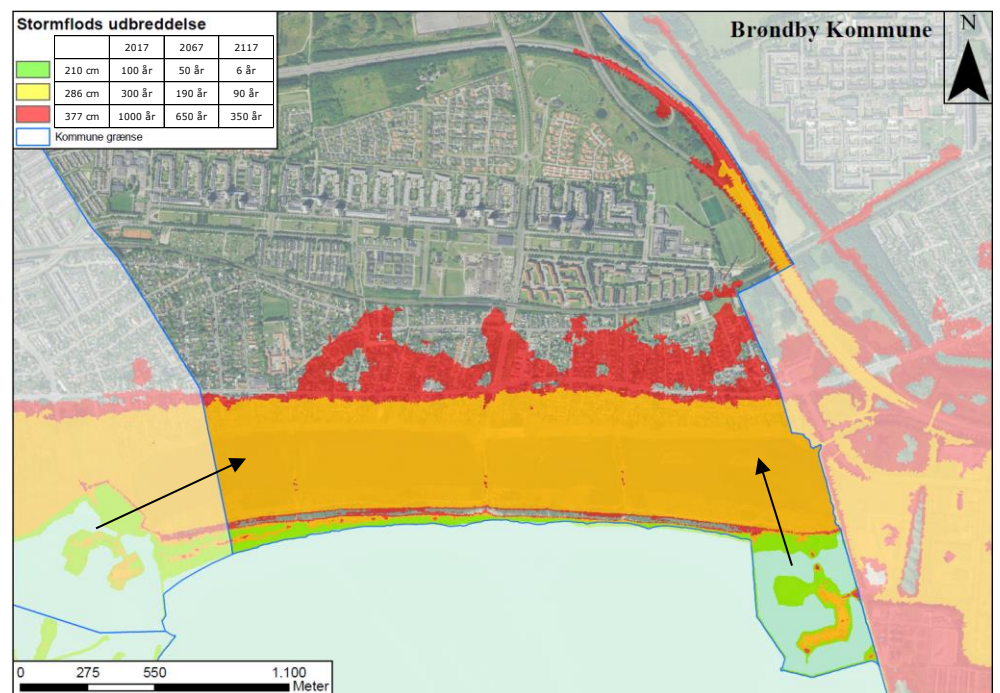
Figuren viser skadesomkostningerne som funktion af koten. Der er endvidere angivet stormflodsniveauer for år 2017 og år 2117. Af figuren kan således aflæses hvor store skader en hændelse i en given kote forventes at medføre.

For Hvidovre Kommune, er der begyndende skader ved en vandstand i kote ca. 1,5 m, ved kote 3, kan der strømme vand ind over Avedøre Holme, hvorefter skaderne stiger markant. Sandsynligheden i dag er lille svarende til ca. en 300 års hændelse, men i fremtiden vil det ske ved en gentagelsesperiode på 100 år.

6.7 Brøndby Kommune

Ved ekstreme hændelser bliver Køge Bugt Strandpark og de bagvedliggende arealer oversvømmede.

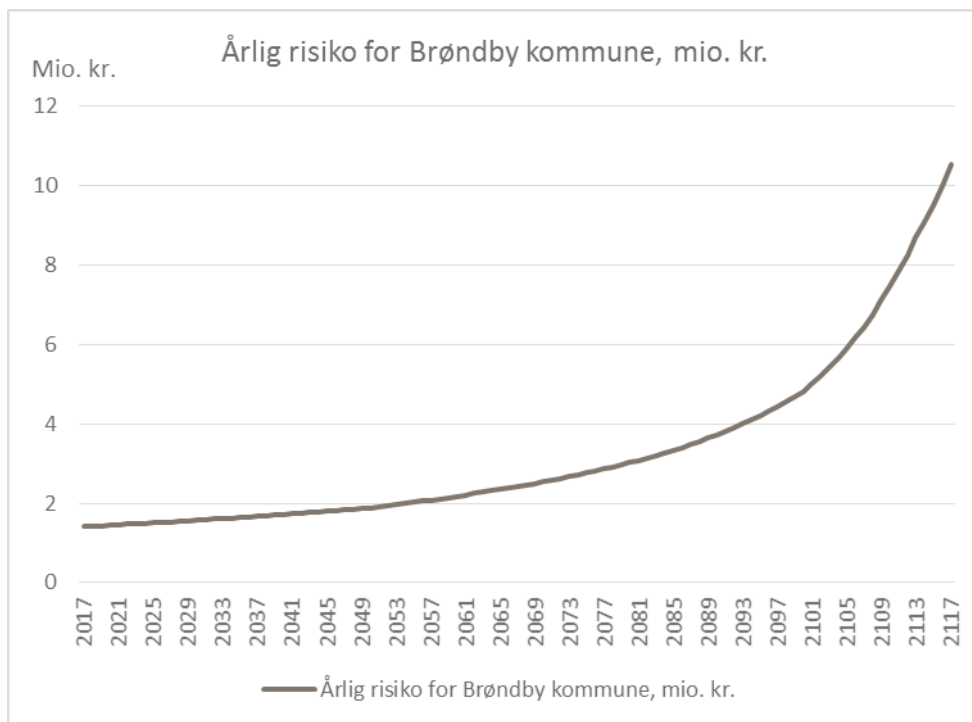
Strandparken beskytter i dag mod en 100-årshændelse efter den opdaterede statistik, mens større hændelser kan medføre betydelige oversvømmelser i baglandet.



Figur 6-24 Kort over oversvømmede arealer ved stormflod fra syd i Brøndby Kommune. Koterne på kortet refererer til referencevandstanden ved Køge.

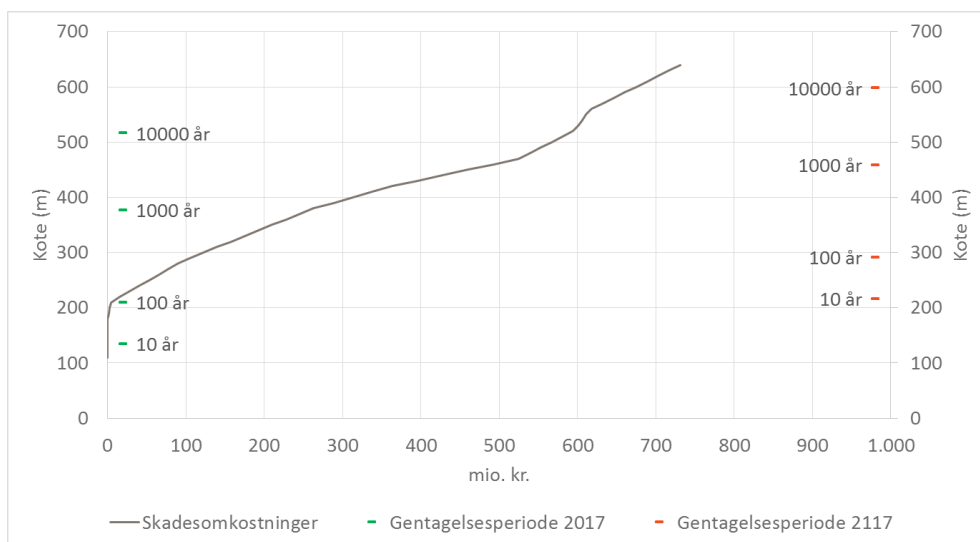
Der er ikke modtaget oplysninger om særligt sårbare lokaliteter i Brøndby Kommune. Det er primært de villaer der ligger nærmest Strandparken der er i risiko for at blive oversvømmet.

Brøndby Kommune har behov for samarbejde med Vallensbæk Kommune mod øst omkring sikringen til hændelser over kote 2,5, hvor vadet kan brede sig ind fra Vallensbæk Havn. Mod Hvidovre Kommune sikrer diget omkring Avedøre Holme mod oversvømmelser ind over kommunegrænsen.



Figur 6-25 Udvikling i årlig risiko for Brøndby Kommune. Skaderne er opgjort uden bidrag fra tværgående infrastruktur.

Figuren viser hvorledes den økonomiske risiko stiger i løbet af de kommende 100 år. For Brøndby Kommune udvikler risikoen sig fra 1,4 mio. kr. årligt i 2017 til 11 mio. kr. årligt i 2117.



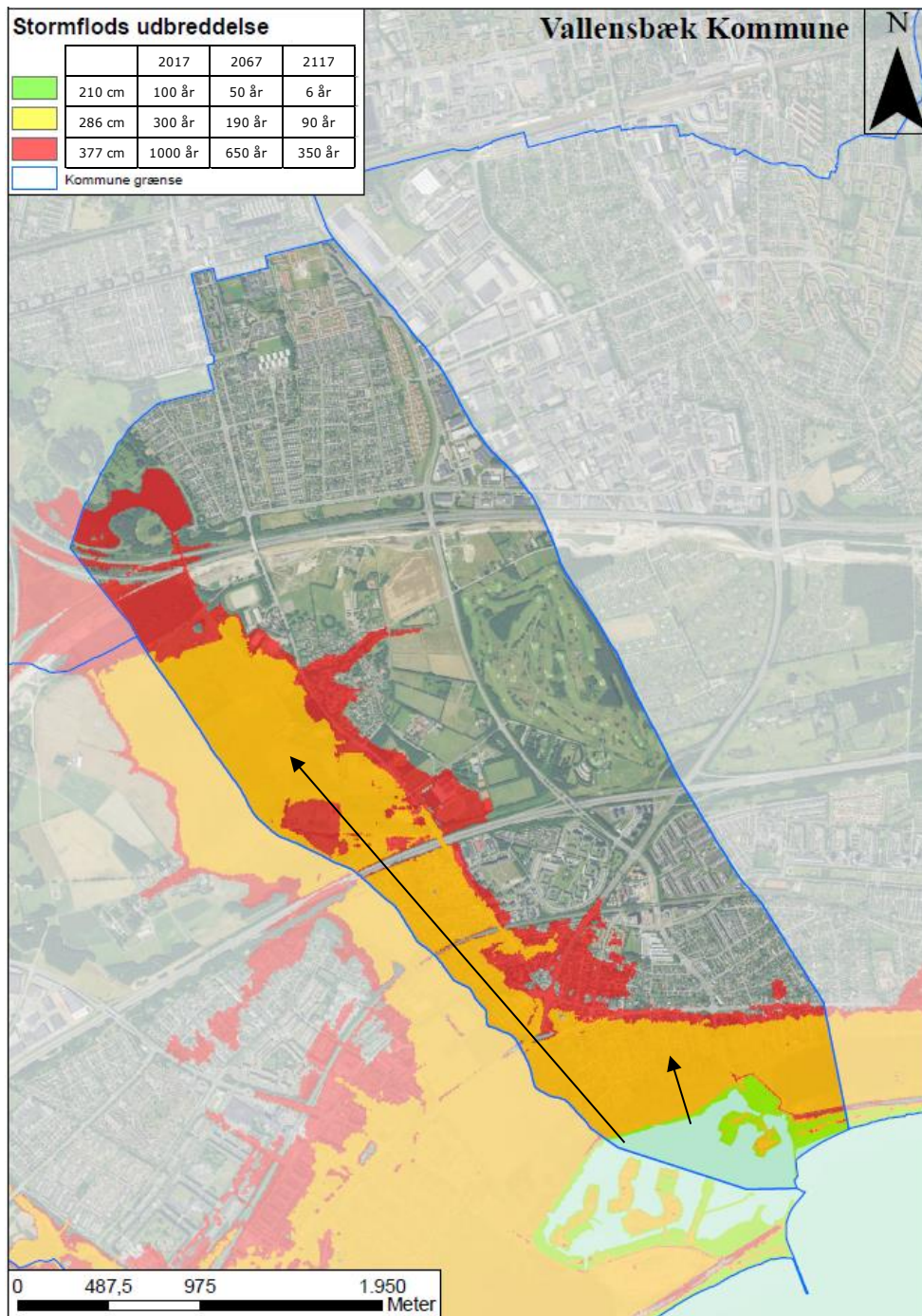
Figur 6-26 Skadesomkostninger i 2017 priser uden tværgående infrastruktur for Brøndby Kommune ved stormflod fra syd som funktion af vandstandskoten (målt ved Køge). Endvidere er vist estimerede vandstandskoter for stormflod i år 2017 og 2117. Figuren viser at en 10 års hændelse fra syd i år 2117 vil give skader der er større end en nuværende 100 års hændelse. Skaderne er opgjort ved konkrete koter, hvorefter der er interpoleret lineært mellem disse.

Figuren viser skadesomkostningerne som funktion af koten. Der er endvidere angivet stormflodsniveauer for år 2017 og år 2117. Af figuren kan således aflæses hvor store skader en hændelse i en given kote forventes at medføre.

I Brøndby begynder skaderne ved en vandstand lige under kote 2, men først når ved kote ca. 2,5 begynder der at opstå omfattende skader, hvor vandet kan brede sig ind fra Vallensbæk Havn.

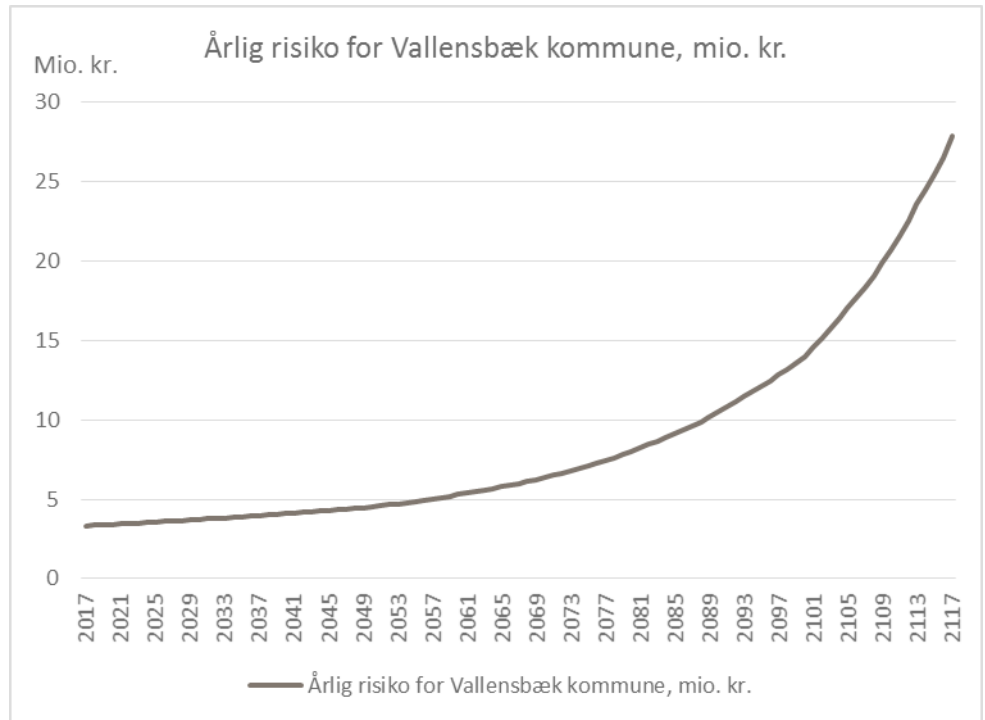
6.8 Vallensbæk Kommune

Vallensbæk Kommune er truet af oversvømmelser fra syd. Ved en nuværende 100-årshændelse, baseret på den nye statistik, sker der ikke væsentlige oversvømmelser, men ved større hændelser kan store dele af baglandet blive oversvømmet.



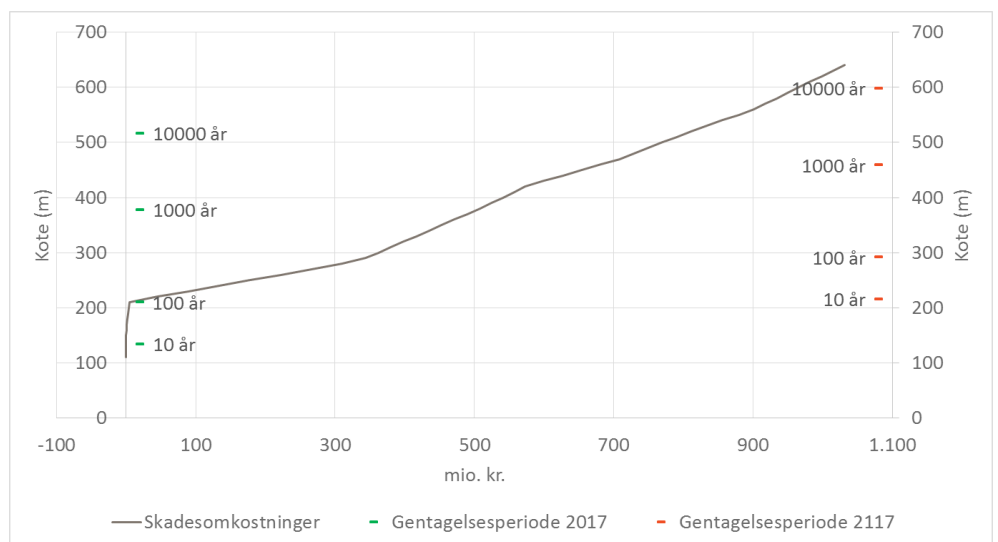
Figur 6-27 Kort over oversvømmede arealer ved stormflod fra syd i Vallensbæk Kommune. Koterne på kortet refererer til referencevandstanden ved Køge.

Vallensbæk Kommune har et stort behov for at koordinere beskyttelsen med nabokommunerne, da en indsats langs kystlinjen alene i Vallensbæk ikke vil have nogen nævneværdig effekt. Store Vejle Å i Kommunegrænsen kræver ligeledes en koordineret indsats. Så enten skal indsatsen ske samlet, eller også skal der etableres betydelige diger ind i landet, hvilket ikke er hensigtsmæssigt.



Figur 6-28 *Udvikling i årlig risiko for Vallensbæk Kommune. Skaderne er opgjort uden bidrag fra tværgående infrastruktur.*

Figuren viser hvorledes den økonomiske risiko stiger i løbet af de kommende 100 år. For Vallensbæk Kommune udvikler risikoen sig fra godt 3 mio. kr. årligt i 2017 til 28 mio. kr. årligt i 2117.



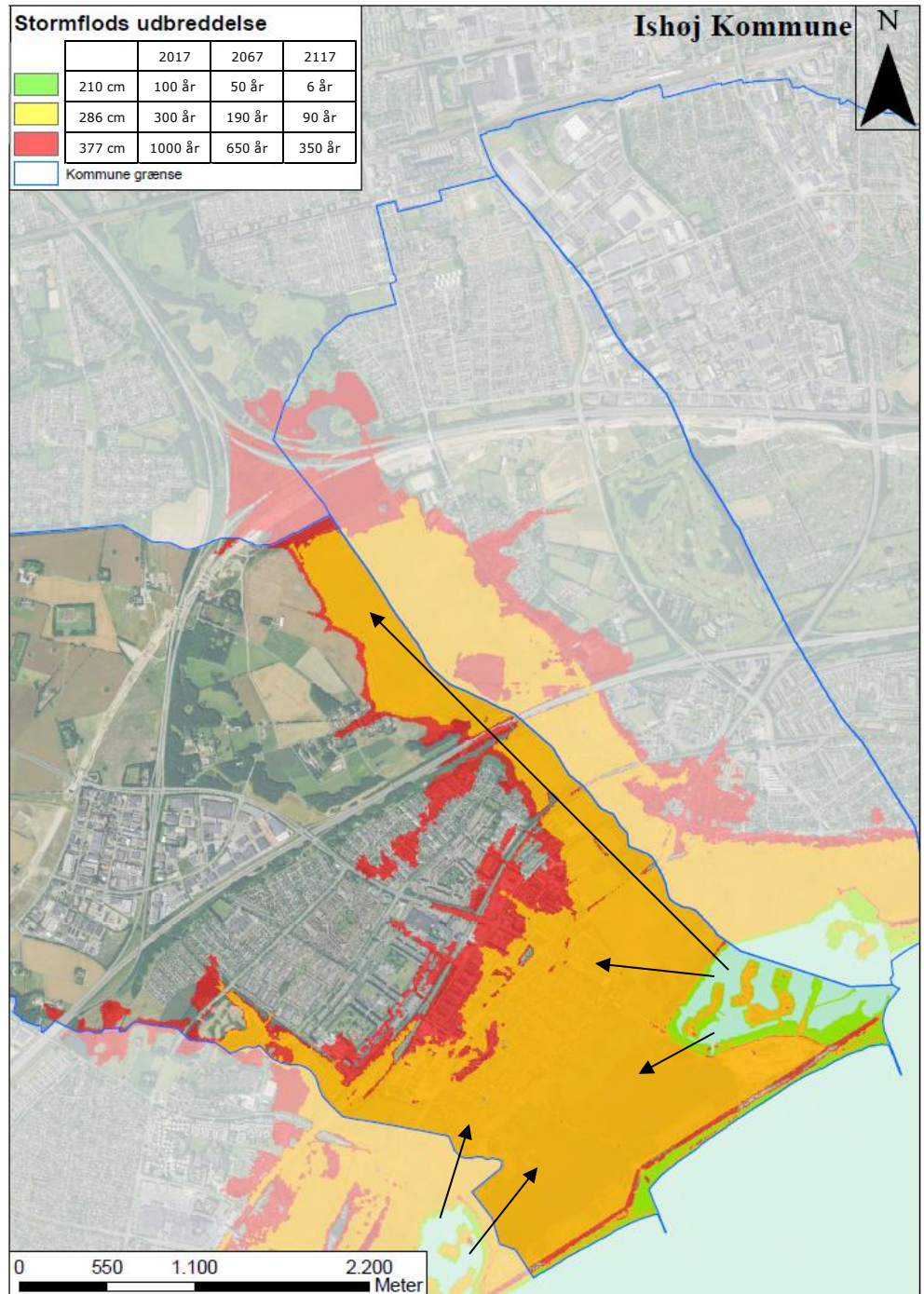
Figur 6-29 *Skadesomkostninger i 2017 priser uden tværgående infrastruktur for Vallensbæk Kommune ved stormflod fra syd som funktion af vandstandskoten (målt ved Køge). Endvidere er vist estimerede vandstandskoter for stormflod i år 2017 og 2117. Figuren viser at en 10 års hændelse fra syd i år 2117 vil give skader der er større end en nuværende 100 års hændelse. Skaderne er opgjort ved konkrete koter, hvorefter der er interpoleret lineært mellem disse.*

Figuren viser skadesomkostningerne som funktion af koten. Der er endvidere angivet stormflodsniveauer for år 2017 og år 2117. Af figuren kan således aflæses hvor store skader en hændelse i en given kote forventes at medføre.

I Vallensbæk optræder de første skader ved en vandstand omkring kote 1,6 m, men først ved kote 2,5 m sker der omfattende skader i bebyggelserne bag Strandparken. Skaderne under kote 2 er primært i havneområdet.

6.9 Ishøj Kommune

Ishøj Kommune er beskyttet mod en nuværende 100-årshændelse op til ca. kote 2,4, hvor vandet kan brede sig ind over digerne ved Ishøj Havn. Når denne kote overskrides, kan der ske betydelige oversvømmelser af de bagvedliggende landområder.



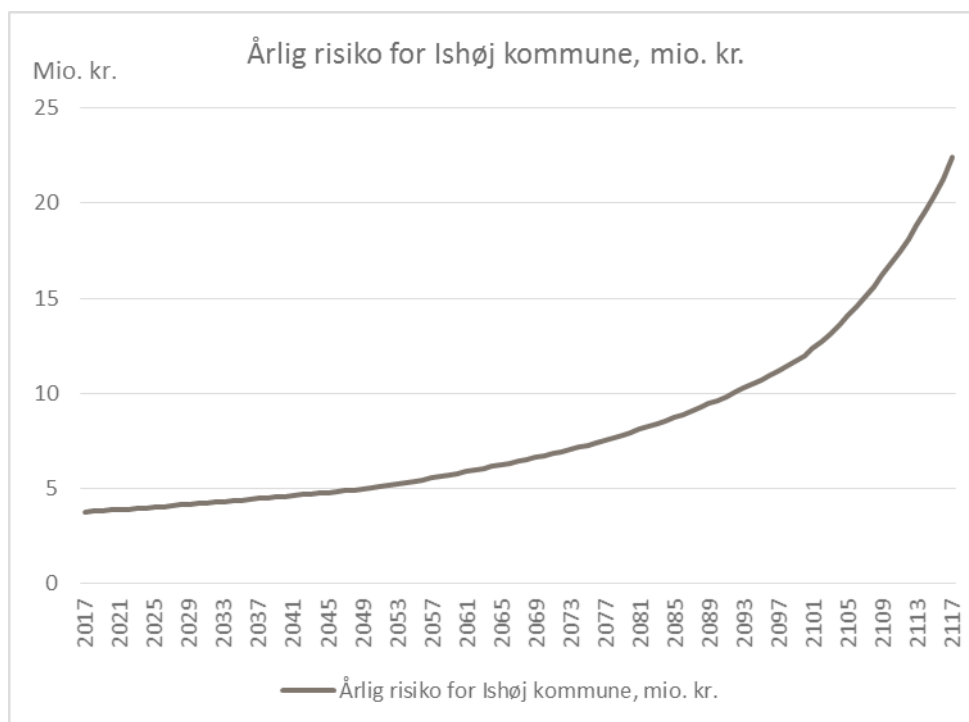
Figur 6-30 Kort over oversvømmede arealer i Ishøj Kommune ved stormflod fra syd. Koterne på kortet refererer til referencevandstanden ved Køge.

Sårbare lokaliteter i Ishøj Kommune

Tabel 6-4. Oversigt sårbare lokaliteter i Ishøj Kommune samt stormflodskoten i Køge, hvor den givne lokalitet vil bliver oversvømmet og sandsynligheden for dette forekommer én gang inden årene 2027, 2067 og 2117. Koterne er et skøn ud fra de beskrivelser, kommunen har udleveret.

Lokalitet	Kritisk kote [m]	Sandsynligheden for overskridelse inden år		
		2027	2067	2117
Arken museum	2,93	3,4%	17,9%	42,4%
Ishøj Bycenter	5,42	0,0%	0,2%	1,5%
S-banen ⁶	2,93	3,4%	17,9%	42,4%

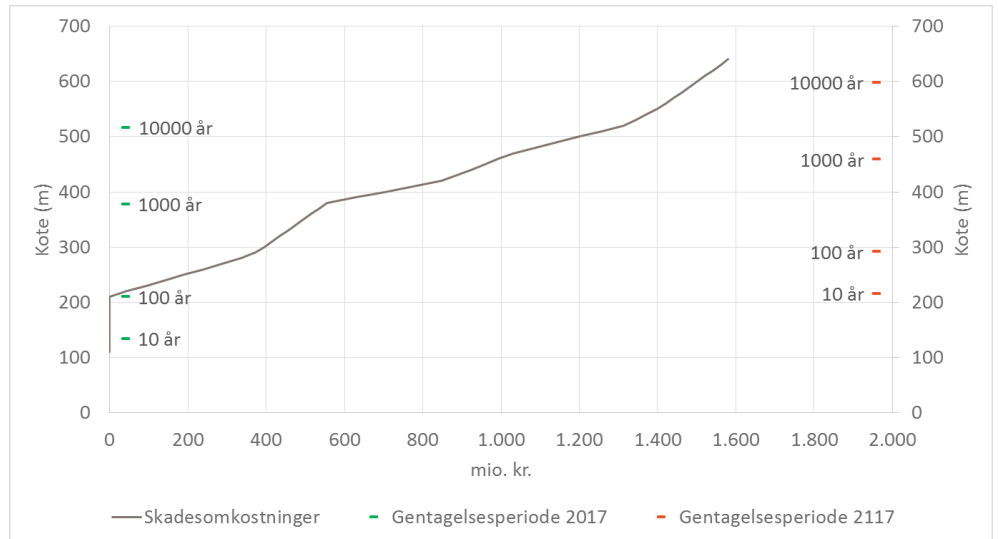
Ishøj Kommune er ligesom nabokommunen Vallensbæk afhængig af en koordineret indsats, såfremt der skal etableres yderligere beskyttelse mod stormflod.



Figur 6-31 Udvikling i årlig risiko for Ishøj Kommune. Skaderne er opgjort uden bidrag fra tværgående infrastruktur.

Figuren viser hvorledes den økonomiske risiko stiger i løbet af de kommende 100 år. For Ishøj Kommune udvikler risikoen sig fra knap 4 mio. kr. årligt i 2017 til godt 23 mio. kr. årligt i 2117.

⁶ Ved grænsen til Vallensbæk og Greve kommune

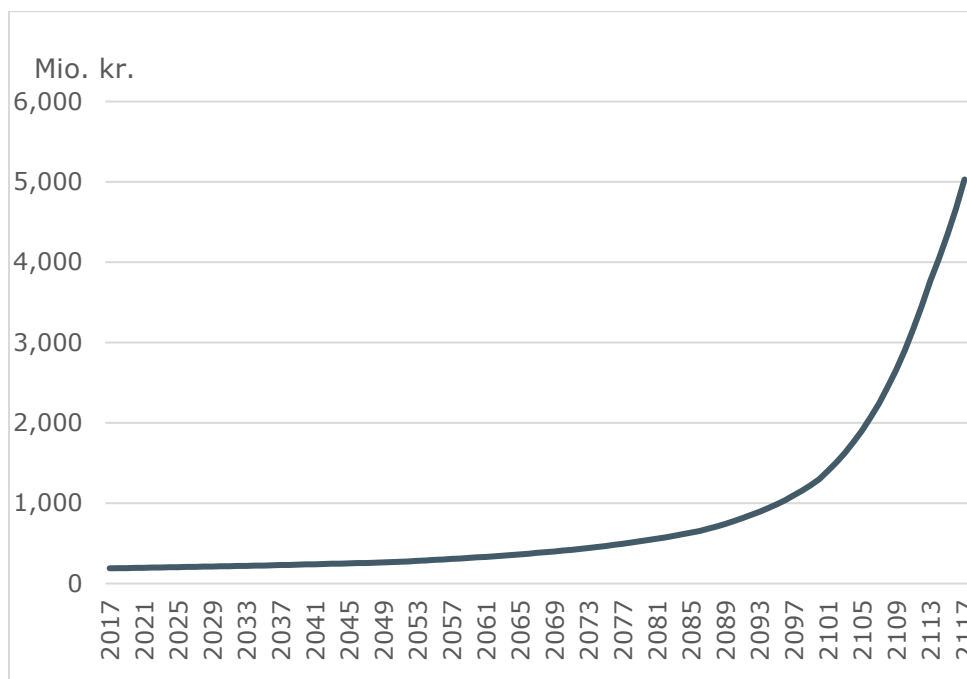


Figur 6-32 Skadesomkostninger i 2017 priser uden tværgående infrastruktur for Ishøj Kommune ved stormflod fra syd som funktion af vandstandskoten (målt ved Køge). Endvidere er vist estimerede vandstandskoter for stormflod i år 2017 og 2117. Figuren viser at en 10 års hændelse fra syd i år 2117 vil give skader der er større end en nuværende 100 års hændelse. Skaderne er opgjort ved konkrete koter, hvorefter der er interpoleret lineært mellem disse.

Figuren viser skadesomkostningerne som funktion af koten. Der er endvidere angivet stormflodsniveauer for år 2017 og år 2117. Af figuren kan således aflæses hvor store skader en hændelse i en given kote forventes at medføre.

I Ishøj optræder de første skader ved omkring kote 1,8 m. Men først ved en vandstand i kote 2,2 optræder der betydelige skader på bebyggelser.

6.10 Tværgående infrastruktur



Figur 6-33 Udvikling i årlig risiko for tværgående infrastruktur

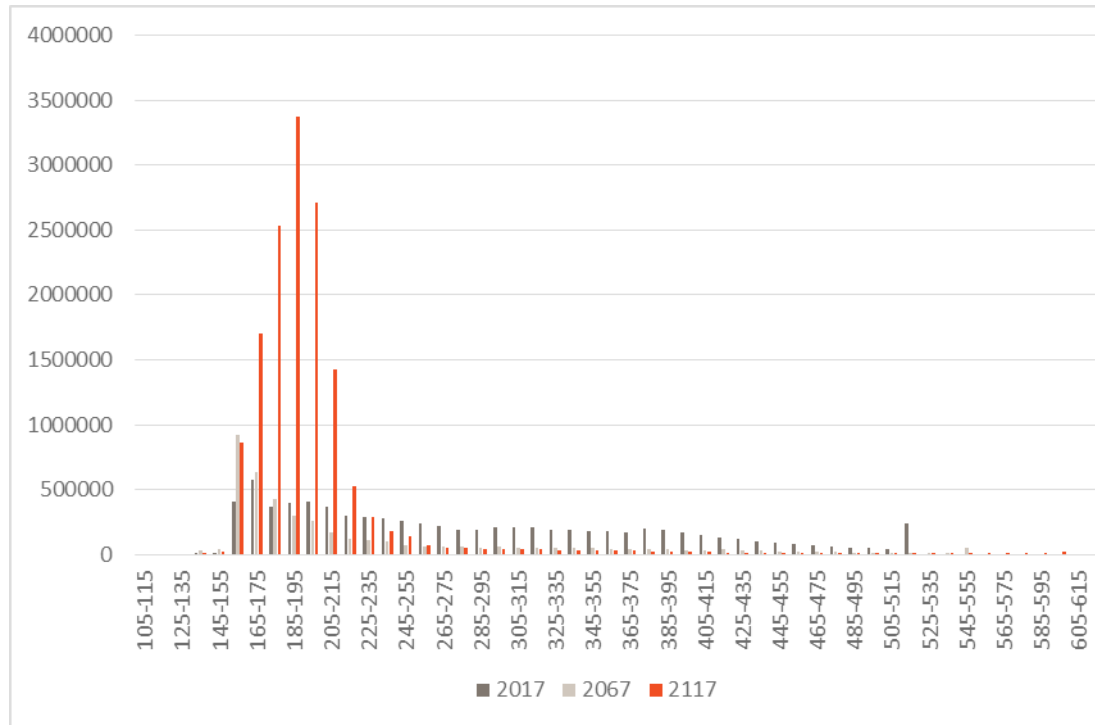
Figuren viser hvorledes den økonomiske risiko stiger i løbet af de kommende 100 år. For den tværgående infrastruktur udvikler risikoen sig over årene fra 190 mio. kr. i 2017 til ca. 5 mia. kr. årligt i 2117.

6.11 Hvilke hændelser betyder mest?

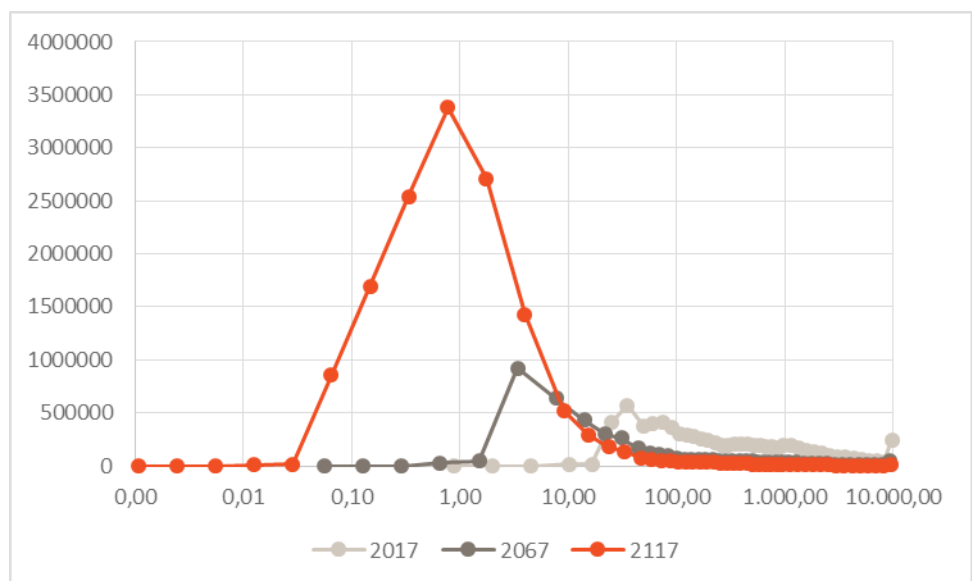
I forhold til vurdering af den optimale beskyttelse har det stor betydning ved hvilken kote, skaderne indtræffer.

Som et eksempel er der udført en analyse af skadesomkostningernes fordeling ved en stormflod fra syd i Hvidovre Kommune.

Det fremgår af figur 6-11 og 6-12, at den største del af skadesomkostninger ligger ved de lave koter, hvor oversvømmelserne sker hyppigst. I takt med klimændringerne sker disse oversvømmelser endnu hyppigere, mens diskonteringen reducerer omkostningerne af de sjældne hændelser.



Figur 6-34 Figuren viser skadesomkostninger som funktion af interval for højvande for tre forskellige år. Skadesomkostningerne er diskonteret til nutidsværdi i 2017.



Figur 6-35 Figuren viser skadesomkostningerne for tre forskellige år som funktion af gentagelsesperioden. Skadesomkostningerne er diskonteret til nettonutidsværdi. Det fremgår af figuren, at den største del af omkostningerne sker ved de hyppige hændelser.

Analysen viser, at for Hvidovre Kommune er det de hyppigste hændelser, der betyder mest for den samlede omkostning.

6.12 Sammenfatning på Kommuner

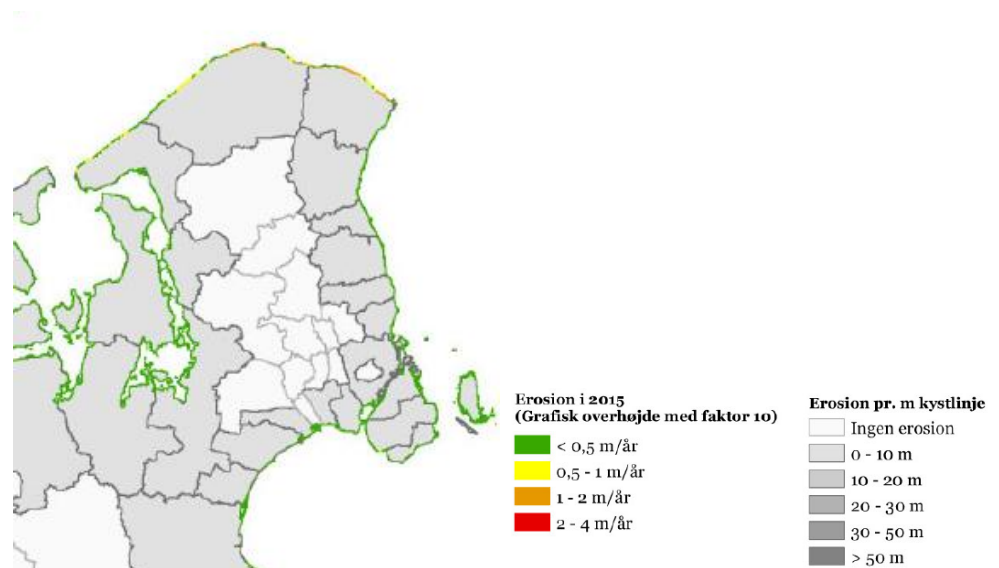
Der er store forskelle i de forventede skader for de enkelte kommuner. Lyngby Taarbæk, Ishøj, Brøndby og Vallensbæk Kommune har meget små forventede skadesomkostninger. For Lyngby Taarbæk Kommune skyldes det at de truede arealer er små, mens det for Ishøj, Brøndby og Vallensbæk, primært skyldes at de forventede skader ligger langt ude i fremtiden og dermed får en lille nettonutidsværdi.

Gentofte og København er truet af stormflod fra nord og her vil den stigende havvandsstand hurtigt have betydning for ændring af skadesbilledet. Der bør derfor sættes ind mod stormflod fra nord.

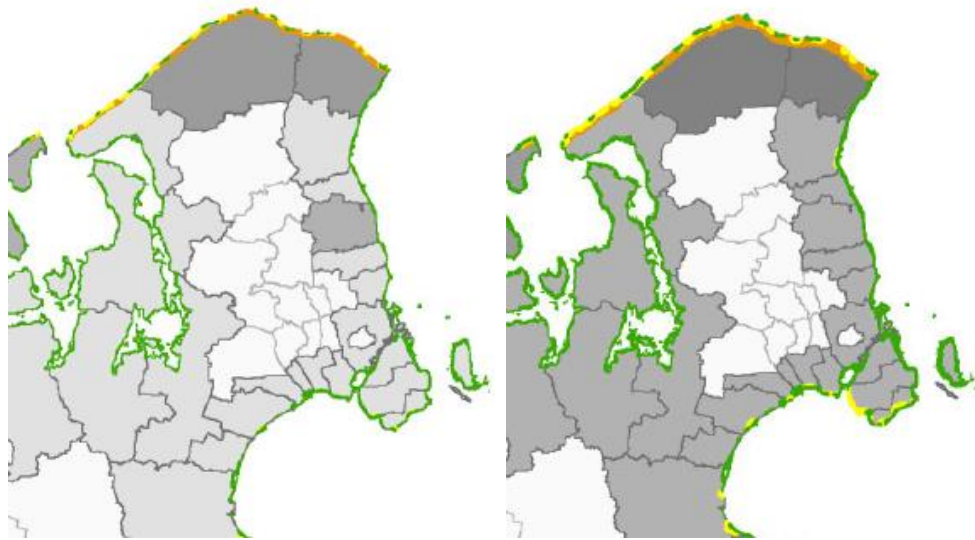
København, Tårnby, Dragør og Hvidovre er truet af stormflod fra syd. Ekstreme hændelser kan medfører omfattende skader, mens den nuværende sikring beskytter mod de lidt mere hyppige hændelser. I takt med vandstandsstigningen bliver der behov for at forbedre sikringen mod stormflod fra syd.

7 Vurdering af kystens modstandsdygtighed mod havet i dag og i fremtiden

Den stigende havvandstand vil øge presset på kysterne ifm. fremtidens storme. Kystdirektoratet har udført en omfattende undersøgelse af de fremtidige erosionsforhold. Erosionen består af kronisk erosion og akut erosion. Den kroniske erosion er den konstante påvirkning, der foregår året rundt, mens den akutte er erosion ifm. højvande og bølger, f.eks. under en stormflod. Den kroniske erosion vil blive øget i takt med klimaændringerne, da en stigende vandstand ikke blot oversvømmer et areal, men også vil medføre en ny ligevægtstilstand. Bruuns regel beskriver, hvordan kysten trækker sig tilbage som funktion af dybde, profilbredde og vandspejlsstigning.



Figur 7-1 Udsnit fra figur 11 i rapporten "Kortlægning af erosion og oversvømmelse", kystdirektoratet 2016. Kortet viser den nuværende (2015) erosion langs kysten for kommunerne i Regnvandsforum.



Figur 7-2 Udsnit fra figur 12 og 14 i rapporten "Kortlægning af erosion og oversvømmelse", Kystdirektoratet 2016. Kortet viser den fremtidige (2065 venstre og 2115 højre) erosion langs kysten for kommunerne i Regnvandsforum. Samme signaturforklaring, som til figur 5-1.

Det fremgår af erosionskortene, at den nuværende erosion er begrænset og mindre end 0,5 m/år for hele området. I de fremtidige forhold, vil der omkring den sydlige del af Amager og kommunerne i Køge bugt være strækninger med forøget erosion.

Kysten i Danmark inddeles i 5 kysttyper: blød klintekyst, sand eller klitkyst, tilgroningskyst, vadehavet og klippekyst. I hovedstadsområdet er hele kysten defineret som sand eller klitkyst. Kysten er dog meget forskellig og er i de følgende inddelt i en række underprofiler.

Tabel 7-1 Typiske kystprofiler i hovedstadsområdet og deres modstandsdygtighed.

Kystprofil	Eksempel	Modstandsdygtighed mod erosion og klimaændringer
Beskyttet kyst – hård beskyttelse	Øresundskysten langs Gentofte og Lyngby-Taarbæk. Typisk en mosaik af løsninger delvist udført af de enkelte grundejere.	Generelt modstandsdygtig overfor erosion, men kræver løbende vedligeholdelse. Begrænset sikkerhed mod klimaændringer, da man ofte ønsker at bevare udsigten.
Beskyttet kyst – diger	Amager vest, Avedøre Holme mm.	Generelt er digerne udført med skråningsbeskyttelse i hårde materialer, der beskytter mod erosion. De fleste diger kan i begrænset omfang forhøjes i takt med klimaændringerne. Forskellen i vandtryk

		på inder- og ydersiden kan dog medføre problemer med vandindtrængning og stabilitet.
Beskyttet kyst – strandpark	Amager Strandpark, Køge Bugt Strandpark m.fl.	Strandparkerne giver en fremskudt beskyttelse mod både erosion og højvande. Det kan være behov for løbende vedligeholdelse og forhøjelse af digerne.
Kunstig kyst	Havnearealer, kaj anlæg mm.	Ingen problemer med erosion. Det er dyrt at ændre og beskytte anlæggene imod forhøjet vandstand. Her kan der blive et øget behov for beredskab og mobile løsninger.
Sandstrand	Bellevue	Kan være påvirket af erosion og i takt med klimaændringerne og nogle områder rykker tilbage ved stigende vandstand.
Klint	Øresundskysten nord for Lyngby	Kan være påvirket af erosion, særligt kan storme medføre akut erosion. Der er ofte udført kystbeskyttelse foran klinten.
Naturlig strandeng	Sydamager	Kan være påvirket af erosion og nogle områder rykker tilbage i takt med stigende vandstand.

Der er således stor variation langs kystlinjen i Kommunerne. Nogle strækninger er lette at tilpasse, mens andre kræver betydelige investeringer.

8 Samarbejde om beredskabsplanlægning

Beredskabet er organiseret i flere niveauer.

- > Det statslige beredskab
- > De fælleskommunale beredskaber
- > Kommunernes og forsyningernes eget beredskab
- > Grundejernes mulighed for at beskytte sig selv.

I det følgende beskrives det materiel og den indsats, der kan forventes fra det statslige og de kommunale beredskaber.

8.1 Det statslige beredskab

Beredskabsstyrelsen leder det statslige redningsberedskab, der består af mere end 1.500 fastansatte, værnepligtige og frivillige samt materiel og køretøjer fordelt på styrelsens seks afdelinger i landet. Beredskabsstyrelsen assisterer de kommunale redningsberedskaber, politiet og andre myndigheder ved større eller længerevarende indsatser, hvor der er behov for meget mandskab eller specialmateriel.

Materiel til beskyttelse mod stormflod

Mobile dæmninger

Det statslige beredskab råder over i alt 1400 m mobile dæmninger, der kan beskytte mod en oversvømmelse på op til 0,8 m. Dæmningerne består af enheder på 35 m, der kan samles med manchetter. Dæmningerne er jævnt fordelt over landet. Der er 325 m i Hedehusene (13 stk.) og 400 m hos Beredskabsstyrelsen Sjælland (14 stk. af 25 m og 1 af 47 m)

Sandsække

Udover de mobile dæmninger råder det statslige beredskab over 1,3 mio. sandsække, heraf 250.000 i Hedehusene og 250.000 hos Beredskabsstyrelsen Sjælland.

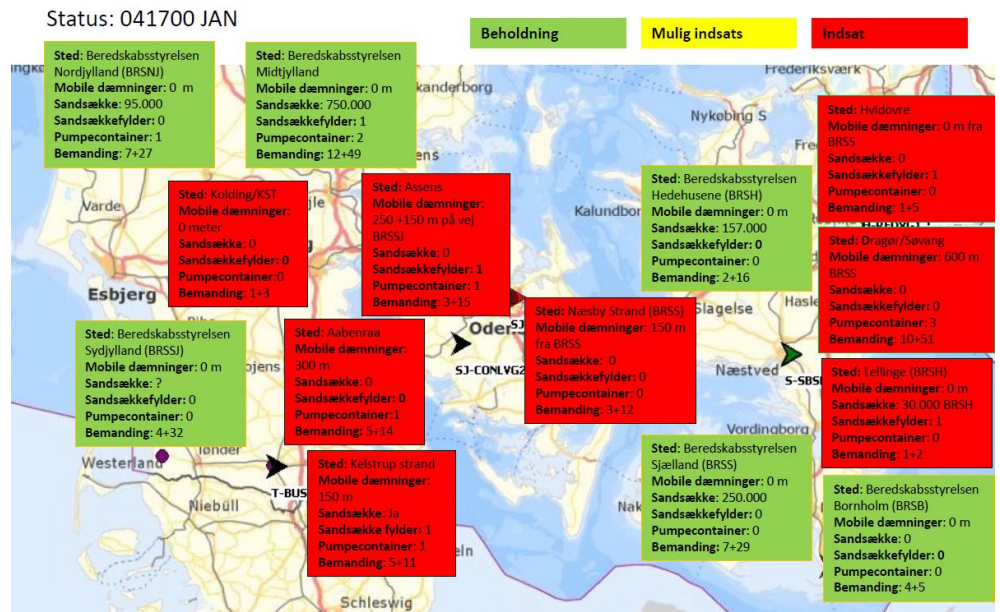
Pumper

Det statslige beredskab råder også over pumper, der kan hjælpe med at reducere skaderne. Beredskabet råder over 2 højkapacitetslænsesumpumper, der

kan flytte op til 15 m³/min. (250 l/s). Der er 1 på Sjælland og 1 i Sønderjylland. Udover disse pumper råder beredskabet over ca. 130 lænsepumper af mindre kapacitet.

Indsats ved hændelsen i januar 2017

Nedenstående figur viser beredskabets materiel og indsatsen ifm. hændelsen 4 januar 2017.



Figur 8-1 Indsat materiel og mandskab ifm. stormen 4. januar 2017.

I forbindelse med stormen 4. januar var stort set alt materiel indsat. Alle mobile dæmninger var i brug, men der stadig var en del sandsække på lager.

8.2 Det kommunale beredskab

Det kommunale beredskab er samlet i fælleskommunale beredskaber.

Beredskab Øst

Beredskab Øst dækker beredskaber og brandvæsener i Ballerup, **Gentofte**, Gladsaxe, Herlev og **Lyngby-Taarbæk Kommuner** og dermed kysten i Lyngby-Taarbæk og Gentofte Kommune indenfor regnvandsforums område.

Hovedstadens Beredskab

Hovedstadens Beredskab er Danmarks største kommunale beredskab. Det dækker 8 kommuner (Albertslund, **Brøndby**, **Dragør**, Frederiksberg, Glostrup, **Hvidovre**, Rødovre og **Københavns Kommuner**) og ca. 1 mio. borgere.

De fælleskommunale beredskaber har fokus på klimaudfordringerne. F.eks. har Hovedstadens Beredskab i dimensioneringsplanen anført:

"Klimaforandringerne har også sat sig mærkbare spor på Hovedstadens Beredskabs kerneopgaver. Siden 2010 har de næsten årlige skybrud og store oversvømmelser medført at håndtering af oversvømmelser i dag er en væsentlig og ressourcekrævende opgave, Hovedstadens Beredskab skal kunne løse effektivt i samarbejde med forsyningsselskaberne, de kommunale forvaltninger og andre

relevante aktører. For at beredskabet kan yde en effektiv indsats overfor særligt sårbare samt værdifulde bygninger og objekter, forudsætter det, at beredskabet har den nødvendige viden om hovedstadsområdets udvikling og er i tæt dialog med de kommunale forvaltninger om, hvordan der sikres fortsat drift.”

Dette er konkret udmøntet i en indsats efter hændelsen i januar 2017 som beskrevet i Pressemeddelelse fra Hovedstadens Beredskab 27. april 2017:

”Da stormfloden den 4. januar 2017 ramte områder i Hvidovre og Dragør, blev der udlagt mobile dæmninger for at sikre landområderne. Den efterfølgende analyse har vist, at såfremt et større område bliver ramt, vil Hovedstadens Beredskab have behov for mere materiel. Med bestyrelsesbeslutningen kan Hovedstadens Beredskab øge sin kapacitet af mobile dæmninger væsentligt, ligesom flere af vores 12 stationer vil blive uddannet til opgaven. I dag er det primært station Fælledvejen, der betjener vores klimamateriel. Hovedstadens Beredskab vil sammen med ejerkommunerne analysere på yderligere konsekvenser af klimahændelser.”

Østsjællands Beredskab

Østsjællands beredskab dækker Roskilde, Greve, Stevn, Køge, Høje-Taastrup, **Ishøj**, Solrød og **Vallensbæk** kommuner.

Tårnby Kommune

Tårnby Kommune er ikke omfattet af et fælleskommunalt beredskab, men har et samarbejde med beredskaberne i Kastrup Lufthavn og Malmø.

Udover de regionale beredskaber er der særlige beredskaber tilknyttet f.eks. lufthavnen og metroen.

8.3 Kommunernes og forsyningernes eget beredskab

Mange kommuner og forsyninger har udover det fælleskommunale beredskab deres eget beredskab i form af pumper, mobile dæmninger og lignende.

Forsyningerne er omfattet af sektoransvaret og skal dermed forsøge at opretholde forsyningen i en situation påvirket af ekstremt vejr. Dette er typisk ifm. skybrud, men en del af det materiel, de anvender her, kan også anvendes til indsats under stormflod.

I forbindelse med denne undersøgelse har vi udsendt et spørgeskema til kommunerne i Regnvandsforum. Der er indkommet svar fra Lyngby-Taarbæk, Tårnby og Hvidovre Kommune.

8.3.1 Beredskab i Lyngby-Taarbæk Kommune

Kommunen og Taarbæk Havn har oplyst, at der er udarbejdet en beredskabsplan for Taarbæk Havn, der træder i kraft ved varsel om vandstand i kote 130 cm eller højere. Fordelingen af indsats er beskrevet herunder:

- > Havnefogeden sætter jernskotter på havnebygningerne og beskytter bygningerne med sandsække. Havnefogeden har 2 x 600 liter sand og sække stående.
- > Forsyningen beskytter Taarbæks spildevandskloak (der pumpes til Lynetten) mod saltvandsindtrængning, og rykker ud med nødstrøm til pumperne ved Bombegrunden/Becksvej. Nødstrøm leveres fra mobile generatorer. Sikring mod saltvandsindtrængning sker ved at blokere for nedløb til kloak på f.eks. Taarbæk Strandvej. Blokeringen sker med rustfri dæksler med gevind og gummi, der kan monteres ved nedløbsristen. Forsyningen råder ikke over store pumper eller sandsække.
- > Beredskab Øst (§60 selskab) rykker ud: De henter sandsække hos det kommunale vejbæsen (Firskovvej), der har 3-4000 stk. 25 kg sække og rigeligt sand liggende. P.t. er der 80-100 fyldte sække og sandsprederen kan hurtigt fylde flere. Beredskab Øst har forskelligt materiel, men kan ikke oplyse, hvor meget de ville kunne anvende i Taarbæk, da det afhænger helt af, hvilke andre områder der er ramt samtidig. Beredskab Øst kan ikke garantere Lyngby-Taarbæk Kommune noget konkret.
- > Beredskab Sjælland råder over "120 mand, masser af pumper, flere hundrede tusinde sandsække samt forskellige muligheder for mobile opdæmninger" og rykker almindeligvis ud efter først-til-mølle princippet. Lokalt ned sættes en beredskabsstab af politiet, der anmoder Beredskab Sjælland om assistance. Ved stormflod er der ofte flere steder, der rammes. Skal der prioriteres mellem flere lokale beredskabsstabe, sker det i den nationale operative stab. Desuden trækker Beredskabsstyrelsens enheder på hinanden, således at Beredskab Sjælland kan blive assisteret af de tre jyske beredskaber ved større og længerevarende hændelser. Beredskab Sjælland kan heller ikke garantere Lyngby-Taarbæk Kommune noget specifikt.

Hverken kommunen eller forsyningen har mobile dæmninger og er afhængig af materiel fra beredskabet.

Ved stormfloden i januar, var indsatsen i havnen mm. tilstrækkelig. Der var indsat 2 pumper og blev anvendt ca. 150 sandsække samt afdækning af nedgange til bygninger. Der er ingen aktuelle planer om indkøb af yderligere materiel.

Kommunen yder grundejere hjælp til selvhjælp.

8.3.2 Beredskab i Tårnby Kommune

Tårnby Kommune har oplyst at de ikke har mobile dæmninger og er afhængige af at kunne låne fra beredskabet. Kommunen har en del pumper med en samlet kapacitet på 8.500 l/min (140 l/s).

Ved stormflod orienteres borgere via sms og kommunens hjemmeside.

Ved stormfloden i januar 2017 var der udlagt ca. 100 m mobile dæmninger, men der blev ikke behov for at fylde dem. De var 120 cm høje. Der var derudover ca. 100 sandsække i brug.

Fremtidig beskyttelse Kommunen oplyser, at de vil etablere et nyt 3-5 m højt dige på Vestamager langs grænsen til Dragør Kommune, så de ikke fremover har behov for beredskabsindsats på den strækning. Derefter kan det fremtidige behov dækkes af ca. 1 km mobile dæmninger langs Amager Strandvej til beskyttelse mod forhøjet vandstand i Øresund.

8.3.3 Beredskab i Hvidovre Kommune

Hvidovre Kommune har oplyst, at de ikke har mobile dæmninger og er afhængig af at kunne låne fra beredskabet. Kommunen råder over personel og diverse entreprenørmateriel i Vej & Park.

Kommunen varsler borgere via sms, facebook, alarmering og informationsmøder.

Ved stormfloden i januar 2017 var der en betydelig indsats. Der blev anvendt ca. 800 m watertubes med en effektiv højde på 60 cm. Derudover var der 2 pumper indsat, og der blev fyldt og uddelt ca. 24.000 sandsække.

Materiellet fungerede, som det skulle, men var ikke tilstrækkeligt til at undgå oversvømmelser. Kommunen er derfor i gang med at undersøge, hvordan de kan sikre sig yderligere.

8.3.4 Opsamling på undersøgelse af kommunernes eget beredskab

Svarende på undersøgelsen viser, at kommunernes eget beredskab er begrænset, og at kommunerne er afhængige af de regionale beredskaber og Beredskabsstyrelsen. Dette er egentlig også intentionen med sammenlægningen af de kommunale beredskaber, men særligt ifm. stormflod kan der opstå problemer med tilstrækkeligt materiel og prioritering af indsatsen.

Ved højvandet i januar 2017 viser undersøgelsen, at det tilrådeværende materiel var udnyttet til det sidste, og f.eks. kunne Hvidovre ikke undgå oversvømmelser.

9 Hvad er ikke omfattet af undersøgelse

Fastlæggelse af omkostninger for beskyttelse og optimalt beskyttelsesniveau

I denne rapport er der fokuseret på de forventede omkostninger, såfremt der ikke gøres mere for at beskytte kommunerne.

Der er ikke udført en vurdering af omkostningerne der skal til for at beskytte kommunerne, eller til hvilket niveau, det er mest optimalt at sikre sig.

Detaljeret vurdering af et evt. fysisk maksimalt 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 medtagede afledte konsekvenser, som f.eks. sammenbrud i infrastruktur og tab af menneskeliv.

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.

Miljøkonsekvenser

Evt. miljømæssige konsekvenser ved oversvømmelser er heller ikke værdisat i analysen.

10 Usikkerhed på analysen

De udførte undersøgelser er baseret på den nyeste og bedst tilgængelige viden. Der er dog forhold der ikke er belyst til bunds på nuværende tidspunkt, ligesom der er usikkerhed på de bagvedliggende beregninger og antagelser. Usikkerhederne kan grupperes i: modelusikkerheder, usikkerhed på klimafremskrivning og usikkerhed på antagelser. Derudover er den samfundsøkonomiske vurdering baseret på gennemsnitsbetragtninger, hvilket betyder at de ekstreme hændelser vægter meget lidt, da sandsynligheden for at de opstår er meget lille. Men hvis hovedstadsområdet bliver ramt af en 1000 års hændelse fra syd, vil omkostningerne være enorme. Nedenstående tabeller belyser nogle af de væsentligste usikkerheder i analysen.

Tabel 10-1 Oversigt over de væsentligste usikkerheder og deres betydning for resultatet

Usikkerhed	Konsekvens for resultaterne
Usikkerhed på den hydrauliske model	<p>Den hydrauliske model er opsat på grundlag af terrænmodellen og en beregning af vandets strømning, baseret på kendte fysiske love.</p> <p>Der vil være områder, der kan detaljeres yderligere, omkring små støttemure, diger mm. Dette kan have betydning for udpegning af enkelte mindre områder som truet eller ikke truet.</p> <p>Det vurderes dog ikke, at denne usikkerhed har væsentlig indflydelse på resultaterne.</p>
Usikkerhed på skader.	<p>Skaderne er baseret på BBR data. Disse kan være behæftet med fejl. F.eks. er der i nogle områder ikke angivet kælderareal. Dette er der kompenseret for, ved at angive kælderareal i de ejendomme, der i BBR er anført med kælder, men hvor arealet er angivet til 0.</p> <p>Der er udført en nærmere analyse for Hvidovre Kommune, på det grundlag vurderes det at unøjagtigheden ligger under 1% af de samlede bygningssskader. Det vurderes derfor ikke at denne</p>

	<p>usikkerhed har væsentlig indflydelse på resultatet, da kælderoversvømmelser kun udgør en mindre del af de samlede skader, og de fundne arealer vurderes at være i den rigtige størrelsesorden.</p>
<p>Usikkerhed på skadesudløsende vandstand</p>	<p>Der er brugt gennemsnitbetragtninger for skadesudløsende vandstand, f.eks. 20 cm. Dette er baseret på foto og viden om ejendomme, men der er stor forskel fra ejendom til ejendom, ligesom det kan have betydning om vandet kan komme ind gennem kloakken. Herved vil kælderoversvømmelserne øges betydeligt.</p> <p>Såfremt vandstanden i gennemsnit skal være 10 cm højere eller lavere for at udløse en skade, vil det have stor betydning for resultaterne. Det vurderes dog at de anvendte intervaller er valgt konservativt, således at skaderne ikke overestimeres.</p> <p>Det er dog klart, at en evt. beredskabsindsats ved en stormflod, vil kunne reducere skaderne, særligt på de mindre hændelser, hvor beredskabet har tilstrækkeligt mandskab og materiel. Dette er der delvist kompenseret for i analysen ved at kalibrere op mod de aktuelle skader under Bodil stormen i 2013.</p>
<p>Metodemæssige usikkerheder</p>	<p>Den samfundsøkonomiske model er opbygget i et regneark, baseret på konkret udførte beregninger. Der er f.eks. interpoleret lineært mellem skadesopgørelser for vandstande mellem to forskellige koter. Det kan overestimere nogle skader og underestimere andre. Det vil være gældende ved diger, hvor skaderne så stadig er lave indtil diget oversvømmes og derefter stiger de markant.</p>
<p>Usikkerhed på klimafremskrivning</p>	<p>Der er valgt en klimafremskrivning baseret på de seneste undersøgelser fra CRES. Såfremt klimaet udvikler sig anderledes kan det have stor indflydelse på resultatet.</p>
<p>Usikkerhed på den samfundsøkonomiske beregning</p>	<p>Den samfundsøkonomiske beregning baserer sig på gennemsnitlige betragtninger omkring skadesomkostninger og sandsynlighed for ekstremhændelser. En 1000 års hændelse vægter således kun 1 o/oo pr. år. Men såfremt den optræder i perioden, vil det have stor betydning for de aktuelle skader.</p>
<p>Usikkerhed på højvandsstatistik</p>	<p>Der er anvendt samme højvandsstatistik som i København Kommunes stormflodsplan og designgrundlag for beskyttelse af København mod højvande. Højvandsstatistikken er baseret på historiske observationer fra Danmark, Tyskland og Sverige.</p>

11 Referenceliste

Hasling, A. B. og Villadsen, M. (2016), Designgrundlag for beskyttelse mod oversvømmelse af København, TEKNISK UDREGNING, Københavns Kommune

Kystdirektoratet 2016, Kortlægning af erosion og oversvømmelse, Metoderapport for kortlægning af faren for erosion og oversvømmelse, samt de potentielle skadesomkostninger.

Københavns Kommune 2017, Opdateret overslag for sikring af København mod stormflod, rapport maj 2017.

Bilag A Metode beskrivelse

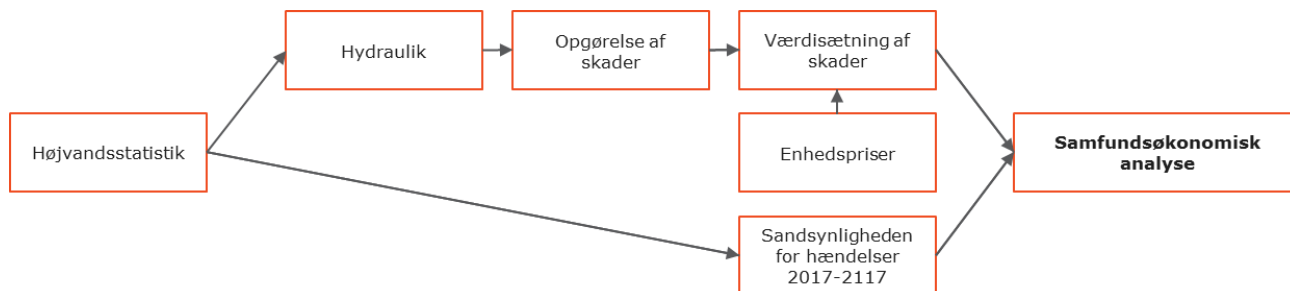
I dette bilag gennemgås metoden for den samfundsøkonomiske analyse af skadesomkostningerne ved stormflod over en hundredårig periode.

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 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.

Boks 11-1 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:

- > Højvandstatistik og klimaændringer
- > Kortlægning af oversvømmelser
- > Opgørelse af skader
- > Værdisætning af skader

> Samfundsøkonomisk analyse

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 11-2 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 11-2 Generelle 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. 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 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 faktorpriiser/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.1.1 Værdisætning af skader

For at estimere de samlede skadesomkostninger over hele perioden værdisættes de opgjorde skader ved at koble en enhedspris på antallet af oversvømmede typer af skader. En oversigt over de anvendte enhedspriser ses i Tabel 11-3.

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.

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

Tabel 11-3. Enhedspriser for skader i den økonomiske opgørelse.

Skader	Enhed	2017-pris (kr./enhed)	Årets pris (kr./enhed)	Prisår	Kilder
Stueetage - privat	Oversvømmet m ²	3599	3500	2014	Skader fra Bodil hændelse, Stormflodsrådet
Kælder – privat	Oversvømmet m ²	537	528	2016	Plask
Elsvigt private	Antal boliger med mere end	2.098	2.063	2016	Plask

	0,3 m vand				
Erhverv - skader, produktionstab og løsøre	Enhedspris	472.997	460.000	2014	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
Vejbrud/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 personforsinkelser	5.876.490.727	5.876.490.727	2017	Trafiktal fra 2015 enhedspris 2017
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- enheds-

	ser				pris 2017
Forsinkelser, Metro	Værdien af antal personforsinkelser	7.504.532.061	7.504.532.061	2017	Trafiktal fra 2015 enhedspris 2017

A.1.2 Opgørelse af skadesomkostninger

På baggrund af værdisætningen af alle skader og forsinkelser opgøres de samlede skadesomkostninger for de givne hændelser og kobles med sandsynligheden for, at en given hændelse indtræder over perioden 2017 til 2117. Der er lagt begrænsninger ind for, hvor ofte der kan indregnes skader for de enkelte bygninger. I praksis betyder det, at et gulv skal kunne genopbygges, før der igen kan indregnes en skade.

De samlede skadesomkostninger for hver kommune 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.