

Byerne og det stigende havvand Hvad ved vi?



FONDEN TEKNOLOGI RÅDET
DANISH BOARD OF
TECHNOLOGY FOUNDATION

FÆLLES OM
SAMFUNDETS
UDVIKLING

Realdania



Fritz Jürgensen, 1843

*"There are things we know we know. We also know there are known unknowns;
that is to say we know there are some things we do not know.
But there are also unknown unknowns – the ones we don't know we don't know."*

Donald Rumsfeld, USA's forsvarsminister, 2002

*("Der er ting, vi ved, at vi ved. Vi ved også, at der er kendte ubekendte;
det vil sige, at vi ved, der er ting, vi ikke ved.
Men der er også ukendte ubekendte – de ting, vi ikke ved, at vi ikke ved.")*

Hvad ved vi?

Lille Gysses spørgsmål var slet ikke dumt. Når vandstanden stiger i verdenshavet, stiger den også i Frederiksholms Kanal – og i alle danske kystbyer. Det må vi leve med. Spørgsmålet er ikke om havet stiger. Spørgsmålet er hvor meget det stiger, hvor hurtigt det stiger og hvordan det rammer Danmark. Hvad gør det ved os? Hvad kan vi gøre ved det?

Jordens klima er blevet 1 grad varmere og havet omkring Danmark er steget 23 – 28 centimeter siden begyndelsen af 1900-tallet. I fremtiden vil både temperaturen og havet stige mere og hurtigere. Præcis hvor meget og hvor hurtigt kan vi ikke vide, for det kommer

an på fremtidens globale udledninger af CO₂ fra kul, olie og naturgas og udledningerne af andre drivhusgasser.

Vi ved ikke, hvor stor den menneskeskabte globale opvarmning bliver. Men sikkert er det, at havet stiger

Byerne og det stigende havvand: Hvad ved vi?

Projektledelse, Fonden Teknologirådet:

Søren Gram og Gy Larsen

Tekst og opsætning:

Ebbe Sønderriis

Materialet kan frit benyttes og gives videre, med tydelig angivelse af kilden.

Udgiver:

Fonden Teknologirådet, juni 2019

Download: tekno.dk

Fonden Teknologirådet,

Arnold Nielsens Boulevard 68E,

2650 Hvidovre

Tlf: 33 32 05 03

E-mail: tekno@tekno.dk

Web: www.tekno.dk

og vil blive ved med at stige i mange hundrede år. Risikoen for stormflod tager til.

Det vil påvirke alle danske kystbyer. Beslutninger skal træffes, selv om grundlaget for beslutningerne er usikkert.

Danmarks Meteorologiske Institut og Kystdirektoratet anbefaler at regne med en havstigning på op mod

halvanden meter i dette århundrede – for en sikkerheds skyld.

Den seneste videnskabelige sammenfatning af en lang række klimaforskeres ekspertvurderinger (maj 2019) anbefaler at regne med havstigninger på mere end 2 meter i år 2100, når man planlægger for fremtiden.

Havets stigning

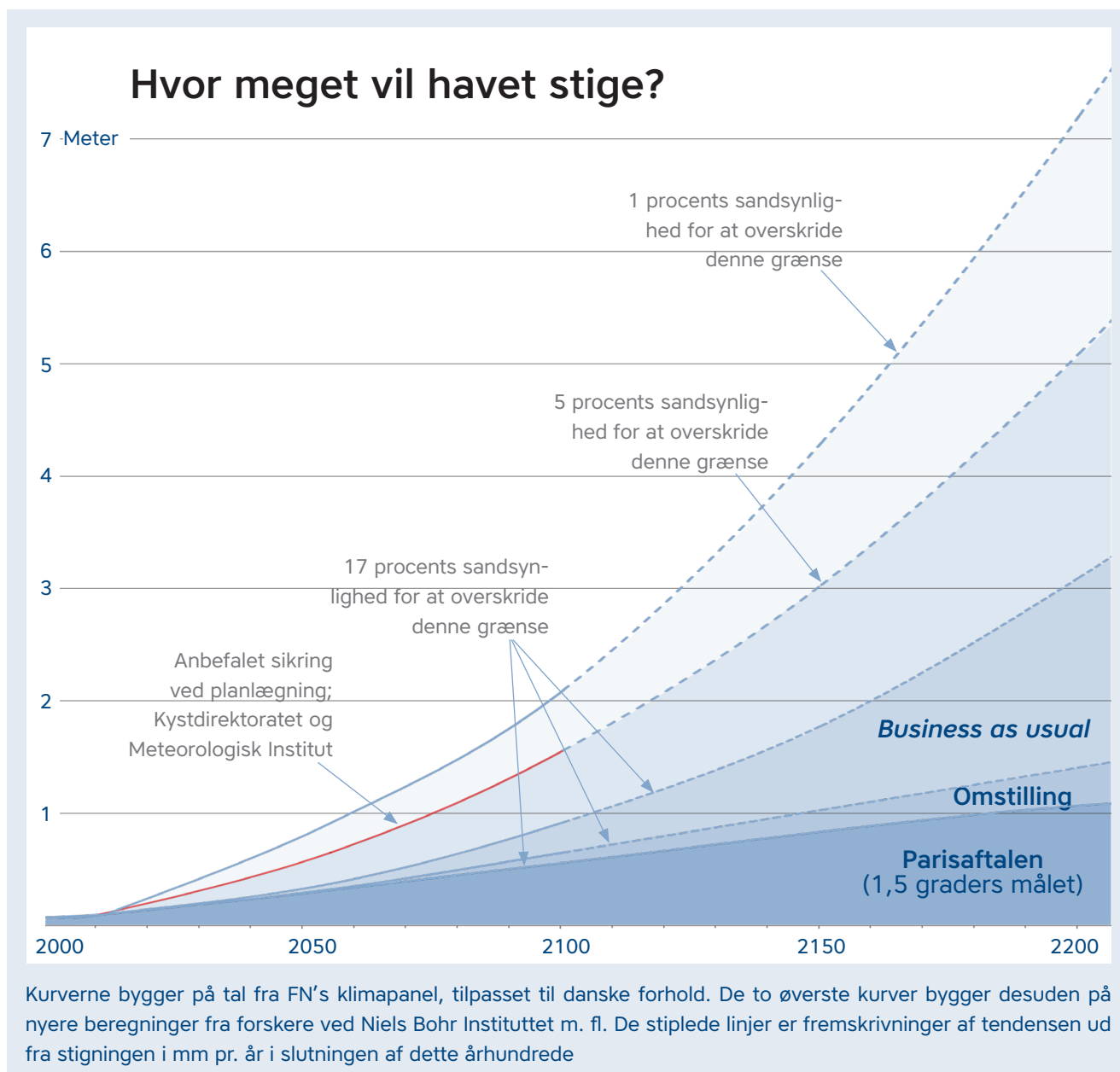
Verdenshavet stiger, og stigningen accelererer. Omkring Danmark er stigningen nu 3-4 millimeter om året, og voksende. Stigningen er størst mod syd, fordi landet mod nord hæver sig et par millimeter om året.

Havet stiger af to grunde. For det første fordi vand udvider sig når det opvarmes. For det andet fordi isen

i verdens gletsjere og indlandsis på Grønland og Antarktis smelter.

Stigningen fortsætter i flere hundrede år

Hvor meget vandet stiger, hvor hurtigt det sker og hvor længe det bliver ved, afhænger af den globale op-



varmning. Jo mere vi udleder af drivhusgasser, jo mere stiger temperaturen ved Jordens overflade. Det meste af den ekstra varme bliver optaget i havene. Fra vandets overflade breder varmen sig langsomt ned mod verdenshavets dyb. Havets stigning vil derfor fortsætte i mange hundrede år indtil varmen er fordelt, også

efter at den globale gennemsnitstemperatur ved overfladen holder op med at stige.

Også gletsjerne og indlandsisen vil blive ved med at smelte indtil en ny balance mellem afsmeltning og dannelse af ny is er opstået. På Grønland skrumper indlandsisen med mere end 200 milliarder tons om

Hvor højt skruer vi op for varmen?

Mange ressourcer er sat ind på at forbedre vores viden om fremtidens klima. Tusindvis af forskere arbejder på det. De anvender computermodeller af klimaet til at beregne virkningerne af forskellige samfundsøkonomiske og klimapolitiske udviklingsveje.

FN's klimapanel sammenfatter forskningens resultater og gør dem tilgængelige for landenes regeringer og andre beslutningstagere. Skemaet og figurerne herunder viser tre af de mulige udviklingsveje.

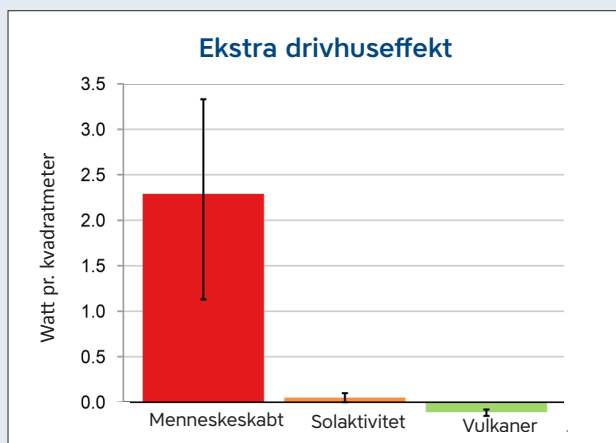
Forskerne regner på forskellige modeller af fremtidens klima. Hvis udledningerne fortsætter som hidtil, uden yderligere indgreb, vil atmosfærens koncentration af drivhusgasser blive ved med at stige, og den globale opvarmning vil nå op på 4-6 grader i dette århundrede (den orange kurve herunder).

Hvis udledningerne bremses frem mod år 2050 og derefter sænkes (den gule kurve), er der udsigt til en global opvarmning på ca. 3 grader.

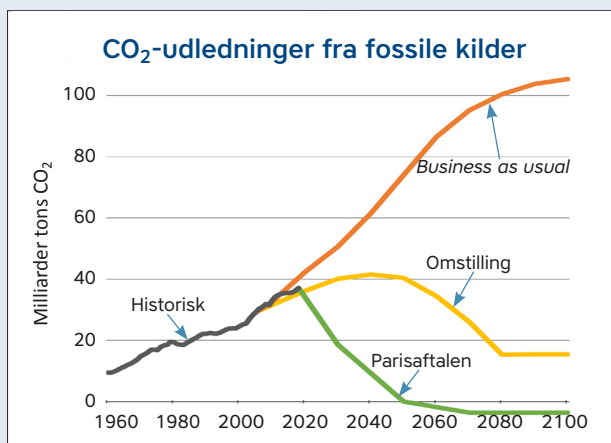
Parisaftalen, som FN's medlemslande blev enige om i 2015, har som mål at begrænse den globale opvarmning til 1,5 grader eller i hvert fald holde den godt og vel under 2 grader. Det vil kræve, at verdens udledninger halveres i år 2030 og når ned på nul i år 2050. Derefter vil en vis negativ udledning være nødvendig

Ved at standse udledningerne, skruer man ikke ned for varmen. Man begrænser kun temperaturernes stigning.

Det svarer lidt til et husholdningsbudget: Hvis man i lang tid har brugt for meget, er det ikke nok at holde op med det. Man skal også forholde sig til gælden.



Figur fra USA's Fourth National Climate Assessment, Vol. 1, 2017



Global Carbon Project, 2018. FN's klimapanel, IPCC, 2014 og 2018

	Globale udledninger	Global opvarmning	Havets stigning			
	CO ₂ og andre drivhusgasser		År 2050 cm	År 2100 cm	År 2200 cm	År 2300 cm
Parisaftalen	Halveres i 2030 og falder til nul i 2050, derefter negative	1,5 - 2	14 - 29	26 - 62	47 - 125	59 - 155
Omstilling	Topper i 2050 og falder mod nul i år 2100.	Omkring 3	19 - 33	36 - 71		
Tæt på business as usual	Vedbliver at stige indtil år 2100, falder mod nul fra 2150 - 2250.	4 - 6 og stigende	22 - 38	52 - 98		

Kilder: FN's klimapanel, IPCC: Global Warming of 1.5 °C, 2018 og Fifth Assessment Report, 2014

året - og tempoet øges. På Vestantarktis og Den Antarktiske Halvø er tabet af is mere end tredoblet siden 1992. Kæmpe isflager langs kysten har revet sig løs, så gletsjerne glider hurtigere ud i havet end før. Blandt

forskerne er der en voksende bekymring for, at denne ustabilitet vil føre til større havstigninger end hidtil antaget. En rapport fra FN's klimapanel, som udkommer i efteråret 2019, vil sammenfatte den nyeste viden.

Stormflod

Sandsynligheden for høj vandstand ved de danske kyster er beskrevet i Kystdirektoratets højvandsstatistikker, der bygger på data fra 62 målestationer frem til 2017.

For eksempel er vandstanden i Korsør Havn blevet målt siden 1890. I den tid er vandet kun tre gange steget mere end halvanden meter. Statistisk set er et højvande på 137 cm sandsynligt hvert 20. år og højvande på 156 cm eller mere vil sandsynligvis kun finde sted hvert 100. år. Men forskellen er kun 19 cm. Så hvis havet stiger 19 cm på grund af den globale opvarmning, vil 100-års-hændelsen på 156 cm blive fem gange mere almindelig. Noget tilsvarende gælder for alle kystbyerne i de indre danske farvande.

Risikoen for stormflod er størst ved Jyllands vestkyst. Men også de indre danske farvande har været hårdt ramt.

Stormfloden i 1872

I 1872 pressede en storm fra vest og sydvest meget vand fra Nordsøen ind i Kattegat, og op i Østersøen og Den Botniske Bugt. Da vinden slog om i nordøst og voksede til orkan blev store vandmasser med voldsom kraft presset ned gennem Østersøen og kunne slet ikke ledes hurtigt nok ud gennem sund og bælt. Med forfærdelig kraft ramte stormfloden Bornholm, Tyskland og Syddanmark. Oversvømmelserne skete på få timer. De nåede op i Køge Bugt og omfattede alle de sydlige



"De ødelagte bygninger ser ud som Øer i det vilde Hav. Her er Taget styrtet sammen og Beboerne maaske bortskyllede af de rasende bølger; hist kommer hjælpen til de Ulykkelige, som have tilbragt en Nat og en Morgen fuld af usigelige Rædsler paa Lofterne ... Faar, Køer, Heste - Eiernes Stolthed og Glæde - drive som Aadsler omkring paa den oprørte Flade. Overalt Ødelæggelse og intet Andet."

Illustreret Tidende, december 1872

øer og hele Fyn. I Jylland blev hele området fra Flensborg til Vejle ramt.

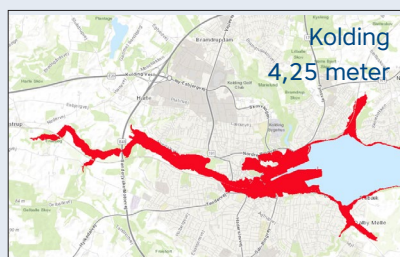
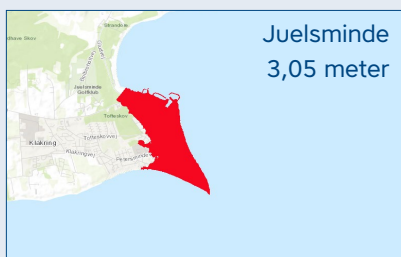
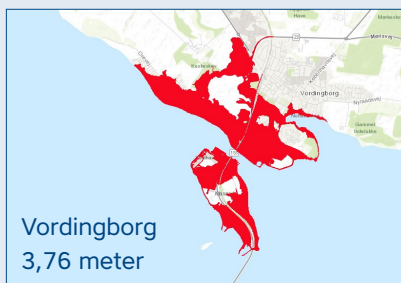
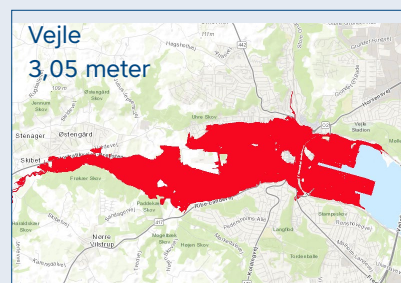
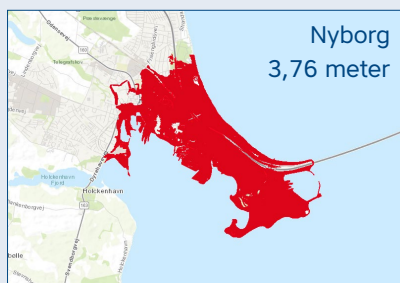
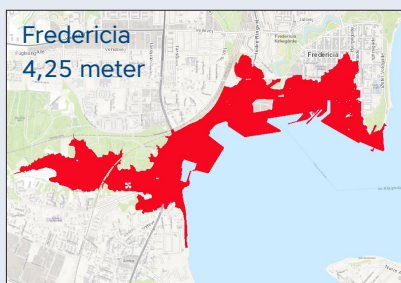
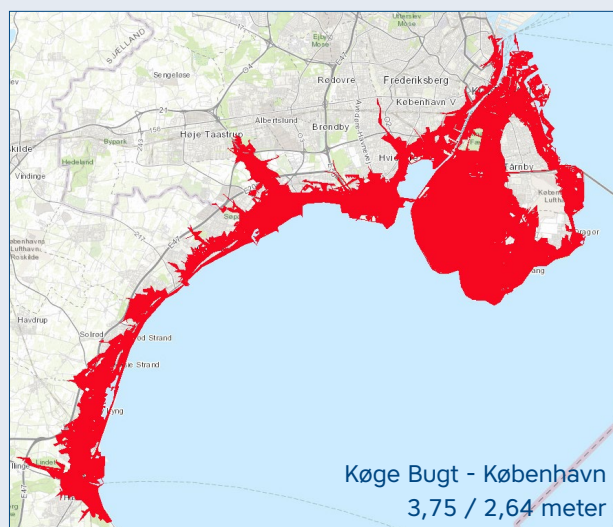
Værst gik det ud over Lolland-Falster, hvor 80 mennesker omkom. Overalt blev bygninger og marker ødelagt, husdyr druknede og tusindvis af familier mistede alt, hvad de ejede og havde. Mange skibe i havn blev knust, og mange skibe på havet forliste.

Det kan ske igen

De vandstande, der blev målt under stormfloden i 1872, er aldrig siden overgået. Men noget lignende kan

ske igen – med tillæg af havets stigning på grund af klimaforandringerne. Det har Kystdirektoratet da også taget højde for i sit arbejde med at udpege de områder, hvor der er særlig høj risiko for økonomiske tab og negative følger for sundhed, miljø og kulturarv ved ekstreme oversvømmelser.

Udpegningen er et led i gennemførelsen af EU's oversvømmelsesdirektiv. Den blev ajourført i december 2018, og de berørte kommuner skal nu ajourføre deres planer for styring af risikoen gennem forebyggelse, sikring og beredskab.



14 områder er udpeget som særlig udsatte i tilfælde af ekstreme oversvømmelser.

De ni, der her er vist, er afgrænset ved en vandstand som under stormfloden i 1872 med et tillæg på 0,9 meters havstigning. Eksisterende diger er inkluderet.

Kilde: Revurdering og ajourføring af risikoområder for oversvømmelse fra hav og vandløb, Kystdirektoratet, 2018, oversvommelse.kyst.dk

Risiko og uvished

Man kan beregne sandsynligheden for højvande og stormflod. Men man kan ikke på forhånd sige, om en hændelse, der statistisk set vil finde sted én gang på 100 år, vil ske i morgen eller måske om 99 år. Svaret blæser i vinden.

Man kan også beregne de sandsynlige skader og økonomiske tab ved stormfloder i fremtiden. Men man kan ikke sige med sikkerhed, hvornår store skader vil ske.

Risikovillighed og rettidig omhu

Beslutningerne om, hvordan man vil tilpasse byerne, forberede sig på oversvømmelser fra havet, og afværge skader, skal træffes på et usikkert grundlag.

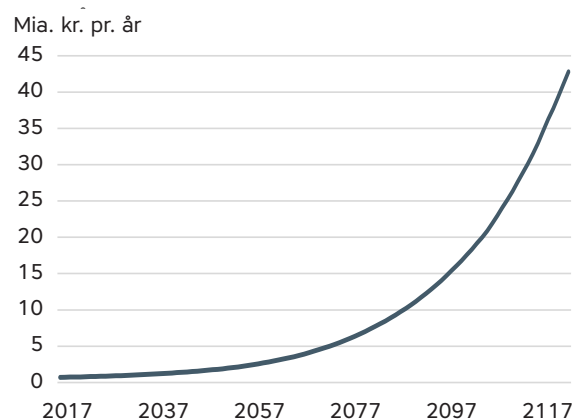
Klimaforskningen leverer det saglige grundlag for beslutningerne. Forskernes data og viden bliver bedre og bedre. Computermodellerne af fremtidens klima bliver mere og mere pålidelige. Men det er og bliver sandsynlighedsberegninger. Vi kan få viden og rådgivning om risikoens omfang. Men vi kan ikke regne med at få vished om fremtidens farer - og heller ikke om nye muligheder, nye teknologier og nye løsninger - før beslutningerne skal træffes.

Det er op til os selv - borgere, politikere, grundejere, myndigheder og forvaltninger - at tage stilling til, hvor stor en risiko, vi vil tage. Det store spørgsmål er derfor: Hvor stor er risikovilligheden? Hos den enkelte, hos interessenterne og i samfundet som helhed?

Hvilke værdier er det vigtigst at beskytte? Liv og helbred, lov og orden, ejendomsværdierne, havnen, kulturarven, rekreative værdier, byens liv og funktioner

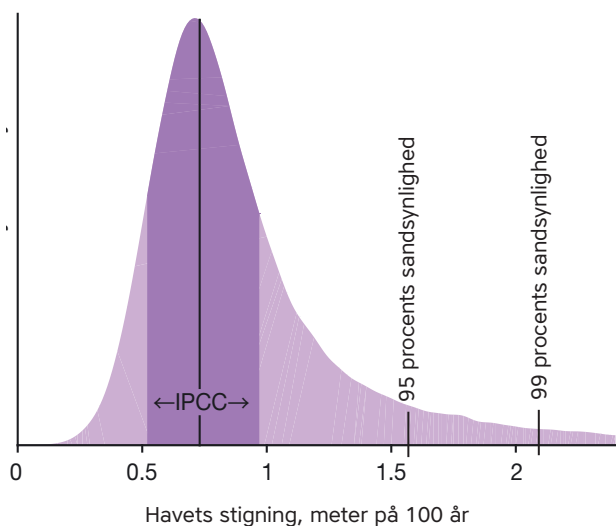
som vi kender dem, nye funktioner som vi udvikler? Til hvilket niveau skal byerne beskyttes? Hvor længe tør vi vente? Hvad kræver vi af beredskabet? Hvordan forbereder vi os på at klare oversvømmelser på den lange bane?

Holdbare beslutninger, der afspejler en fælles vilje, kan træffes ved at inddrage borgere, fagfolk, organi-



Stigende omkostninger

Risikoen for samfundsøkonomiske tab vokser i takt med at vandstanden stiger og konsekvenserne af stormflod forøges. Rådgivningsfirmaet COWI har beregnet risikoen for årlige tab i Danmark. Den vokser fra mindre end én milliard til ca. 43 milliarder kr. på 100 år.



Hvor stor er risikoen?

De fleste vil nok ønske mindst 99 procents sandsynlighed for, at sikkerhedsselerne virker, hvis de kommer ud for en bilulykke. Hvor høj en sandsynlighed vil man ønske for at undgå en overvømmelse ved stormflod?

Figuren viser den sandsynlige havstigning hvis udledningerne fortsætter med at stige som de gør nu. Det mest sandsynlige er en havstigning på 0,5 – 1,0 meter (mørk lilla farve). Men hvis man vil have 95 procents sandsynlighed for, at et dige, der var godt nok i år 2000, også kan holde i år 2100, skal man ikke nøjes med at lægge 1 meter til digets højde. Det giver kun 87 procents sandsynlighed. Man skal lægge 1,7 meter til. Hvis man ønsker 99 procents sandsynlighed, skal man lægge 2,30 meter til.

sationer, virksomheder og politiske beslutningstagere i en grundig dialog på et oplyst grundlag.

Usikkerhed og uvished

Målingerne og beregningerne af havets stigning er behæftet med en vis usikkerhed. Denne usikkerhed er ikke det samme som uvidenhed. Tværtimod: Oplysninger om sandsynlighed gør tallene mere anvendelige, når man skal vurdere risikoen for oversvømmelser. Men foruden usikkerheden om fremtidens udledning og den videnskabelige usikkerhed ved målinger og beregninger er der også ting, vi ikke ved, om hvordan

Jordens klima vil udvikle sig under pres fra den globale opvarmning.

I sommeren 2018 advarede en gruppe anerkendte klimaforskere om, at en global opvarmning på 2 grader kan sætte selvforstærkende mekanismer og kædereaktioner i gang, som risikerer at bringe hele klodens klima ud på et skråplan, hvor den globale opvarmning og havenes stigning vil fortsætte af sig selv, også selv om menneskets udledning af drivhusgasser hører op.

Artiklen, der blev offentliggjort i det videnskabelige tidsskrift *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 14. august 2018, vakte stor opmærksomhed.

Tilpasning

De fleste byer i Danmark er kystbyer, hvor stigende vandstand er et vilkår i fremtiden. Det giver nye muligheder og stiller nye krav til indretningen af lavtliggende bydele.

De traditionelle midler til at afværge oversvømmelser er diger, sluser, pumper, højvandsmure og porte eller klapper, der kan lukkes i tilfælde af stormflod.

Man kan åbne for mere vand i byerne og gøre dem mere modstandsdygtige over for oversvømmelser. Overskydende vand kan afledes, bygninger kan beskyttes mod indtrængende vand, bebyggelse kan hæves. Visse bygninger og funktioner eller hele bydele kan flyttes. Midlertidige løsninger og mobilt byggeri kan anvendes indtil mere langsigtede forandringer bliver gennemført. Beredskabet kan styrkes for at skabe større tryghed og afværge tab.

Det er sandsynligt, at nye teknologier til tilpasning og afværgelse vil blive udviklet, efterhånden som mange kystbyer i hele verden bliver ramt af problemerne.

Ansvar og finansiering

Ansaret for at sikre en ejendom mod oversvømmelse ligger hos ejeren. Grundejeren, hvis det er privat ejendom. Kommunen eller staten, hvis det er offentlig ejendom, f.eks. institutioner, veje og ledningsnet. En sikring skal betales af den, der har fordel deraf. En kommunalbestyrelse kan dog vedtage et fælles projekt og pålægge de grundejere, der har direkte eller indirekte fordel af projektet, at bidrage til betalingen.

Kommunen må ikke bruge skatteydernes penge til at betale for sikring af enkelte borgeres ejendomme, men den må gerne betale i det omfang, projektet er til almen nytte for borgerne. Sådan er reglerne i dag. De kan blive ændret i fremtiden. Politisk er der stillet forslag om, at klimatilpasning skal finansieres af en statslig klimafond, med den begrundelse, at klimaforandring er et fælles samfundsproblem.

Fælles rammer

Kommunerne kan udstikke rammer for byernes udvikling i kommuneplaner og lokalplaner. De kan også påvirke udviklingen gennem helt eller delvist kommunalt ejede selskaber. Staten har mulighed for at styre eller påvirke udviklingen gennem lovgivning, landsplandirektiver og økonomiske incitamenter.

Hvis Stormrådet erklærer stormflod (dvs. en oversvømmelse der sker sjældnere end hvert 20. år), kan borgere få erstatning for de tab, deres forsikring ikke dækker. Erstatningerne finansieres af en stormflodsafgift på alle boligforsikringer. Beløbet er 60 kr. pr. år.

De danske kystbyers fremtid påvirkes også af den internationale udvikling. Hvor meget havet stiger afhænger af, om de internationale klimaaftaler bliver efterlevet. Desuden er der forøget risiko for konflikter, økonomiske kriser og flygtningekriser i takt med at klimaforandringerne tager til og antallet af mennesker, der fordrives fra deres hjemegn på grund af klimaforandringerne, forøges.

Fremtidens byer - hvad skal de kunne?

Hvilke ønsker og behov vil befolkningen have i fremtidens byer? Det er usikkert ligesom fremtidens klima. Forskellen er, at en enkelt by ikke kan styre klimaet, men den kan styre sin egen udvikling ved at gribe

chancerne når muligheden byder sig.

Verdens byer vokser i rivende fart. Mennesker flytter fra land til by som aldrig før. Også i Danmark vokser befolkningen i byerne, især de store. Men bliver det ved?

Vil de tætte byer, det åbne land eller en mellemting være mest tiltrækkende i fremtiden? Vi ved det ikke.

Vi ved, at mange mennesker i dag vil bo ved vandet, hvis de har råd. Det kan direkte aflæses i huspriserne. Også prisen på lavtliggende boliger tæt ved vandet. Men vil det fortsætte? Det ved vi heller ikke.

De fleste danske byer er opstået ved vandet. Det er havnebyer. Men skibsfartens betydning er formindsket, og stormfloder truer. Vil kystbyer være attraktive i fremtiden?

Fleksible løsninger?

Det stigende havvand er en udfordring for alle verdens kystbyer, fra New York, Shanghai og Lagos til Køben-

havn, Middelfart og Juelsminde. Mange kræfter og store investeringer skal sættes ind, for at skabe langtidsholdbare løsninger. Men tilpasningen åbner også muligheder for at styre byernes udvikling i nye retninger og skabe nye tiltrækkende områder. Det kalder på udvikling af nye ideer.

Landskabet, oplandet og de lokale forhold er forskellige fra by til by. Det taler for at udvikle mange forskellige løsninger.

De fleste vil nok foretrække fleksible løsninger, der kan forstærkes eller ændres, hvis det viser sig, at de ikke slår til, eller hvis der opstår nye behov. Det taler for at undgå løsninger, der begrænser fremtidens handlemuligheder.

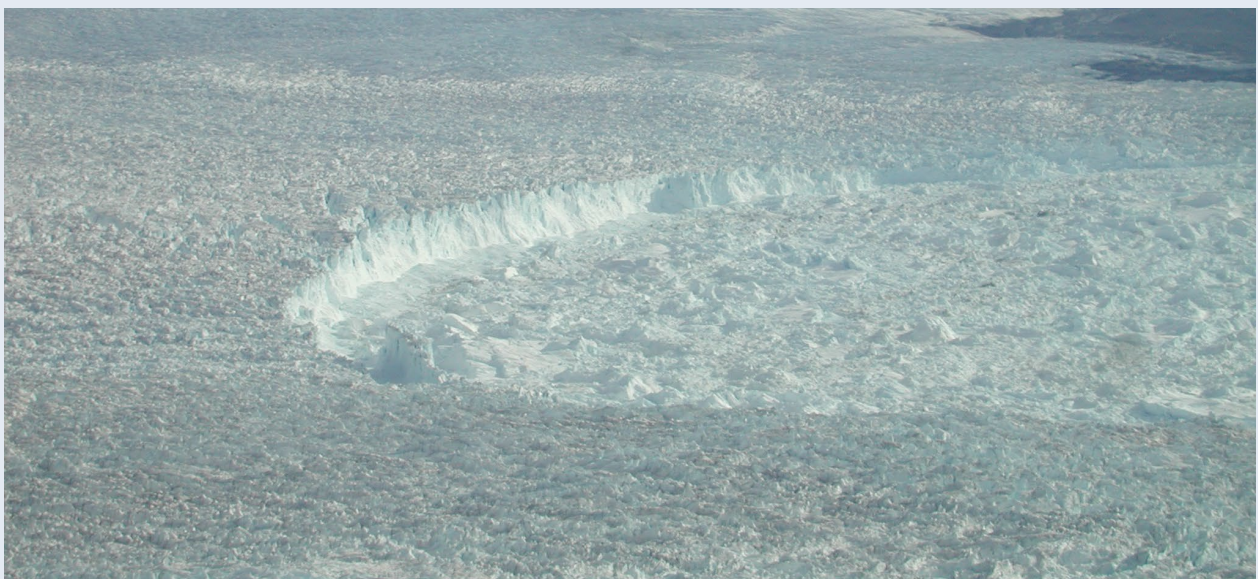
Indlandsisen skrumper

I 1990'erne tabte Grønlands indlandsis ifølge FN's klimapanel ca. 34 milliarder tons is om året. Siden 2006 har man målt tab på mere end 200 milliarder tons is om året.

Se polarportal.dk/groenland/masse-og-hoejdeændring

På Vestantarktis og den Antarktiske halvø er tabet af is tredoblet siden 1992.

Mass balance of the Antarctic Ice Sheet from 1992 to 2017, *Nature* 13. juni 2018, nr. 558 side 219-222



Illulisat isbræ. Her dannes de store isbjerge

Foto: Ebbe Sønderriis