



Betydningen af erfaringsbaseret læring ved opgørelse af økonomiske skader for gentagne oversvømmelser

Danmarks Meteorologiske Institut

DMI Rapport 26-07



Danmarks Meteorologiske Institut

Kolofon

Serietitel	DMI rapport 26-07
Titel	Betydningen af erfaringsbaseret læring ved opgørelse af økonomiske skader for gentagne oversvømmelser
Forfatter(e)	Karsten Arnbjerg-Nielsen, Cecilie Thrysoe og Raphael Payet-Burin
Andre bidragsydere	Kaija Jumppanen Andersen (DTU), Kirsten Halsnæs (DTU), Per Skougaard Kaspersen (DTU), Martin Drews (DTU), Karin Löf Drenck (DTU), Toke Emil Panduro (AU), og Tenaw Gedefaw Abate (AU)
Ansvarlig institution	Danmarks Meteorologiske Institut (DMI)
Sprog	Dansk
ISSN	2445-9127
Versionsdato	Juni 2026

Dette notat indgår som en del af det samlede arbejde mellem DTU Management, DMI og Institut for Miljøvidenskab, AU på forskningsreserveprojektet Udvikling af ensartede metodiske retningslinjer for opgørelse af skadesværdier på tværs af vandkilder, skadestyper og sektorer tildelt gennem Miljøstyrelsen

Sammenfatning

Samfundsøkonomiske analyser af klimatilpasning bygger på vurderinger af fremtidige skader fra oversvømmelser og analyser af, hvordan disse skader kan reduceres gennem forskellige tilpasningstiltag. Analyserne sammenligner typisk et forløb uden klimatilpasning med et forløb med klimatilpasning over meget lange tidshorisonter, ofte 80–100 år. Opgørelsen af skader er derfor afgørende for både resultaterne af analyserne og de efterfølgende prioriteringer.

Dette notat analyserer betydningen af læring i forhold til opgørelse af skader. Udgangspunktet er generel teori for læring, og det konstateres, at denne i vid udstrækning allerede er indarbejdet i anerkendte metoder til at forstå og beskrive processer knyttet til naturkatastrofer. Læring sker i form af erfaringer, refleksion, erkendelse af sammenhænge og afprøvning af metoder. I relation til oversvømmelser sker det i form af selve oversvømmelseshændelsen og den akutte katastrofehandtering efterfulgt af genopbygning/klimatilpasning, nye risikovurderinger og beredskab i forhold til kommende hændelser. Læringen involverer mange aktører og finder sted på mange niveauer. I notatet diskuteres hvordan viden forankres på hhv. internationalt, nationalt og lokalt/individuel niveau. Det diskuteres endvidere, hvordan forskellige niveauer kan have tendens til at foretrække bestemte læringer og at læringen spiller sammen med mere generelle samfundsprocesser såsom velstand, arealanvendelse, teknologiudvikling og opmærksomhed på problemet.

Litteraturstudiet påviser, at læring er en central og uundgåelig del af samfundets håndtering af oversvømmelser. Empiriske studier dokumenterer, at skader ofte reduceres ved efterfølgende hændelser, som følge af både private og offentlige tilpasningstiltag, forbedret beredskab, ændret regulering og teknologisk udvikling. Hermed overvurderes skaderne ved fremtidige hændelser principielt hvis læring udelades. Hyppigere hændelser i fremtiden forventes kun at øge læringen. Dermed er læring principielt relevant at inddrage i samfundsøkonomiske analyser af klimatilpasning. Samtidig viser litteraturen dog, at læring er ujævnt fordelt på tværs af aktører og governance-niveauer, at den kan være kortvarig eller føre til utilsigtede effekter samt kan være svær at kvantificere. Endelig påvises det, at det aktuelle vidensniveau i samfundet ofte overvurderes og at det har en tendens til at medføre en undervurdering af de samlede skader

Det er principielt muligt og relevant at inddrage læring i skadesfunktioner. Dette kan implementeres i form af en løbende reduktion af, hvor stor økonomisk skade en given oversvømmelseshændelse har. Alternativt kan læring indarbejdes som ændringer i samfundet mellem hændelser. Det kan være i form af løbende klimatilpasning, men også ændringer i human adfærd og præferencer. Det vil dog i praksis være vanskeligt på det aktuelle vidensniveau at opbygge og verificere en model, der på et godt metodisk grundlag indarbejder læring i opgørelsen af økonomiske skader for gentagne oversvømmelser.

Indholdsfortegnelse

1. Introduktion.....	4
2. Læring som drivkraft for skadesreduktion	5
2.1. Definition af læring.....	5
2.1.1. Tidsmæssig udvikling af læring.....	5
2.1.2. Samfundets indlejring af læring er kompleks.....	7
2.2. Fra viden til handling	8
2.3. Indarbejdelse af læring i forskellige governance niveauer og typer af organisationer.....	10
2.4. Det danske landskab.....	12
2.4.1. Regulerende aktører.....	12
2.4.2. Økonomiske aktører	12
2.4.3. Vidensbaserede aktører	14
2.4.4. Diskussion af governance og aktører	15
2.5. Lærings indflydelse på rammesætning af klimatilpasning	16
3. Dokumenteret læring og skadesreduktion ved gentagne oversvømmelser	18
3.1. Hovedresultater fra den videnskabelige litteratur	18
3.2. Konkrete eksempler på læring	20
3.2.1. Skybruddet i København, 2011.....	20
3.2.2. Stormen Bodil, Østdanmark, 2013	21
3.2.3. Oversvømmelser i Tyskland, 2021.....	21
4. Inkorporering af læring i økonomiske skadesmodeller	23
4.1. Adfærdsmodeller: Læring som beslutninger.....	24
4.2. Skadesmodeller: Læring som dynamiske skadesfunktioner	25
4.3. Operationelle modeller over længere tid og større områder	25
4.4. Governance-niveauer	26
5. Sammenfatning og perspektivering	28
6. Referencer	31

1. Introduktion

Denne delrapport handler om læring i forbindelse med skadesopgørelser. Fokus er ikke på den enkelte hændelses skader, men på hvordan (ofte smertefulde) erfaringer bliver omsat til mere hensigtsmæssig adfærd, i takt med at individer og samfund bliver klogere på, hvordan oversvømmelser bør håndteres. Skader antages at kunne repræsenteres med monetære værdier uanset om metoder til en sådan værdiansættelse p.t. eksisterer på alle områder. Skaderne omfatter direkte eller indirekte typer af skader samt markeds- eller ikke-markedsomsatte goder.

Gentagne oversvømmelser af bestemte lokaliteter vejer tungt i samfundsøkonomiske analyser. Dette kan både være direkte skader på bygninger og infrastruktur samt indirekte tab som følge af driftsforstyrrelser og produktionstab, forstyrrelser i forsyningskæder, tab af arbejdspladser, øgede sundhedsudgifter samt langvarig forringelse af lokal økonomisk aktivitet og social sammenhængskraft (Eckhardt et al 2018; Doktycz & Abkowitz 2019). Behovet for hurtig og effektiv læring er stort, da vi stadig øger vores risiko overfor kendte farer (DØRS 2023). Samtidigt viser international forskning, at ukendte farer øger risikoen på uventede måder (IPCC 2022).

Oversvømmelser beskrives ofte som slow-onset processer (fx stigende grundvand og langsomt stigende havniveau). Det er imidlertid selve risikoændringen over tid, der ofte vurderes som slow-onset i klimatilpasningslitteraturen. Denne gradvise udvikling, kombineret med meget lange levetider på både klimatilpasningstiltag og de værdier, der beskyttes, gør cost-benefit analyser udfordrende. Gevinsterne realiseres typisk langt ud i fremtiden, mens investeringerne ligger i nutiden. Dette skaber i praksis forskellige prioriteringer: Nogle aktører vil fremhæve den meget høje samfundsøkonomiske gevinst ved at undlade at udvikle oversvømmelsestruede områder, mens andre vil fokusere på det manglende kortsigtede samfundsøkonomiske afkast ved at afstå fra byudviklingen (Markanday et al 2019).

I flere studier ses det imidlertid, at skadesomfanget falder ved efterfølgende hændelser. Det indebærer, at der er opnået erfaringer og foretaget tilpasninger, der mindsker risikoen (e.g. Kreibich et al 2017). En sådan reduktion i skadesomkostninger er implicit en læring, som har medført handling, der gør det samlede system mindre sårbart overfor oversvømmelser. Dog indgår læring sjældent i skadesmodeller og -beregninger, hvilket dels kan føre til en overvurdering af fremtidige skader og dels medfører uhensigtsmæssige eller ineffektive investeringer i tilpasningstiltag, fordi effektiviteten af tiltagene ikke vurderes korrekt.

Denne delrapport fokuserer på, hvordan risikoen over tid påvirkes ikke blot af de fysiske ændringer af klimaet og tiltag i form af diger mv., men også over at man over tid bliver klogere på, hvordan man imødegår skader fra oversvømmelser. Det gør den ved at belyse, (i) hvordan erfaringsbaseret læring på forskellige niveauer kan føre til en reduktion i de økonomiske konsekvenser af efterfølgende oversvømmelser, (ii) erfaringer fra litteraturen omkring skadesreduktionen og (iii) hvordan denne skadesreduktion kan medtages i skadevurderinger og samfundsøkonomiske analyser. Til slut præsenteres en anbefaling af brug af reduktion af skade ifm. læring i skadesmodeller.

2. Læring som drivkraft for skadesreduktion

Dette kapitel definerer den overordnede ramme for læring ved at koble en generel model for læring med teorien for håndtering af naturkatastrofer, herunder hvornår læring sker og kan medføre fremadrettede tiltag, der mindsker effekterne af oversvømmelser for både individer og samfund.

2.1. Definition af læring

Erfaringer fra oversvømmelser kan føre til ændringer i både adfærd og fysiske forhold, der reducerer risikoen for skade ved kommende hændelser. Det kan være konkrete tiltag såsom at hæve elinstallationer, installere kontralapper, ændre placering af værdier, men også mere organisatoriske og mentale tilpasninger, herunder at være opmærksom på varsler, udarbejde beredskabsplaner eller informere naboer (Bubeck et al 2012b). Læring kan overordnet set forstås som en proces, hvor aktører justerer adfærd, praksis eller beslutninger på baggrund af erfaringer – enten fra egne oplevelser eller andres (Tobin 1997). Læring i forbindelse med skadesreduktion er dermed ofte baseret på negative erfaringer, med andre ord en erhvervet viden om, hvordan man ikke bør forholde sig til oversvømmelsen.

2.1.1. Tidsmæssig udvikling af læring

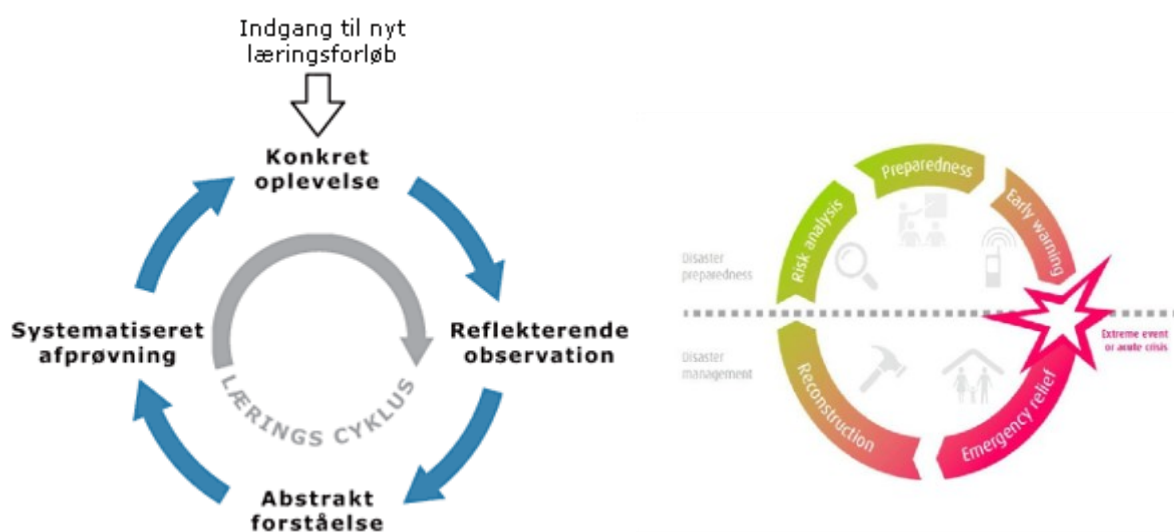
Læringen sker ofte som en praktisk og refleksiv proces, hvor en hændelse udløser handling og efterfølgende ændringer. En måde at forstå denne proces på er gennem Kolbs læringsmodel, se figur 1, hvor læring opstår i et kredsløb mellem konkret erfaring, refleksion, erkendelse af sammenhænge og aktiv eksperimentering. Fra et oversvømmelsesperspektiv, vil oversvømmelse af husstande, byområder eller virksomheder, ofte føre til en bevidstgørelse om sårbarheder, som efterfølgende omsættes til tiltag, der skal reducere risikoen næste gang – og denne læring gentages og forfines over tid (Kolb 1984).

Over tid kan gentagne hændelser og den læring, de udløser, føre til en gradvis opbygning af robusthed (di Baldassarre et al. 2017). Det betyder ikke nødvendigvis, at risikoen elimineres, men at konsekvenserne for et givet niveau af hændelser bliver mindre, fordi både fysiske indgreb og viden om hvordan man håndterer ekstreme hændelser er styrket. Det kræver at læringen indarbejdes i individuelle og kollektive systemer, altså at læringen fører til konkrete handlinger. Som vist på figur 2 bliver læring om en konkret naturkatastrofe over tid forstyrret af ydre faktorer som gør, at samfundet prioriterer andre læringer højere og dermed, at tidligere erkendelser glemmes. Der er i litteraturen kendte eksempler på, at f.eks. behov for ny infrastruktur, krig, urbanisering, økonomisk vækst og klimaændringer medfører øget eller mindsket fokus på læring om oversvømmelser (f.eks. Ishiwatari og Sasiki 2022, Eggert et al 2024, Kreibich et al 2017). Når der samtidig går lang tid mellem hændelser, kan kortere politiske tidshorisonter betyde, at ressourcer omprioriteres, og vigtig læring går tabt, før den når at blive forankret.

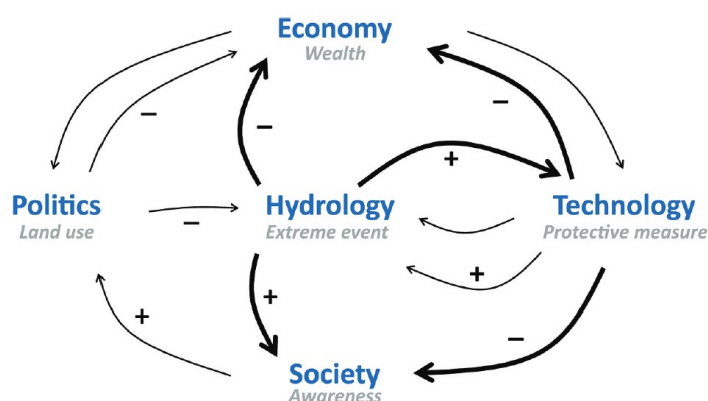
Læring er i dette notat primært omtalt som en fælles, homogen proces, hvor læring er et resultat af erfaringer og erkendelser over tid. Det er uden tvivl en god model for en enkelt person eller en enkelt aktør med et klart defineret succes-kriterie. Men som model for en samfundsudvikling vil man i nogle tilfælde have brug for en mere kompleks model, der diskuterer og eksplicit håndterer processer, der ikke er homogene. Der kan være aktører, der betragter præcist samme hændelse eller tendens, men som erkender noget forskelligt. Det kan være som resultat af forskellige fortolkninger af mulige årsagssammenhænge, men også forskellige forudsætninger om rammen for problem og løsning kan give meget forskellige konkrete resultater (Refsgaard et al, 2013). Sådanne inhomogene processer er ved udformning af konkrete

klimatilpasningstiltag ofte afgørende for løsninger, men også for framingen af, hvad der bør indgå i en opgørelse af skader.

Et meget simpelt og konkret eksempel er en skare af lodsejere, der har været ramt af en oversvømmelse. Nogle er ikke påvirket særligt af hændelsen, andre ønsker stor sikkerhed for ikke at blive oversvømmet igen. Denne sikkerhed kan de ønske opfyldt enten ved at flytte eller ved teknisk at forhindre vandet i at oversvømme deres ejendom. At samle deres forskellige erfaringer i et enkelt sæt af skadesfunktioner kompliceres af deres overordnede erkendelse. Aktøren, der ikke er særligt påvirket, vil alt andet lige acceptere en lavere skadesfunktion end de, som er meget påvirket. Aktører, som ønsker en konkret løsning vil primært acceptere en økonomisk opgørelse, såfremt den understøtter den løsning, som deres erfaring tilsiger dem er optimal for dem.



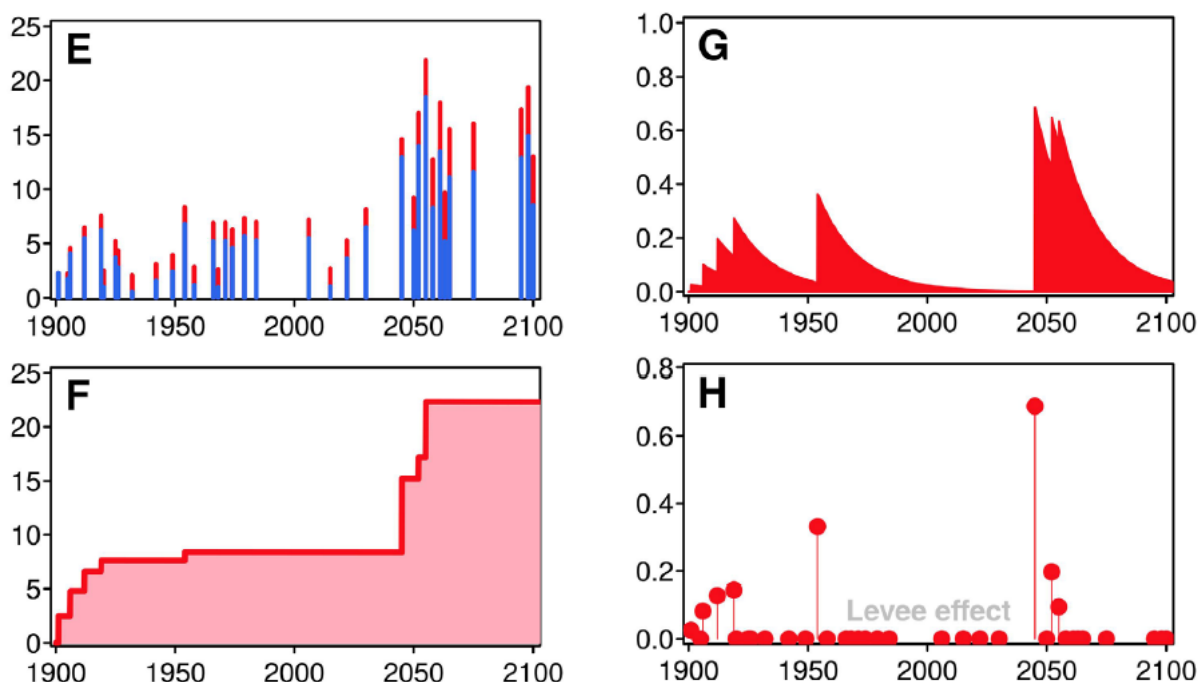
Figur 1: Figuren til venstre viser Kolbs generiske læringscyklus. Cyklisk proces, hvor læring sker gennem konkrete erfaringer, refleksion, erkendelse af sammenhænge og aktiv afprøvning. Ved oversvømmelser kan gentagne hændelser bidrage til en styrket adaptiv kapacitet, når erfaringer systematisk omsættes til nye handlinger. Figuren til højre er den tilsvarende cyklus fra FNs Office for Disaster Risk Reduction, der viser cyklus for naturkatastrofer. Den ekstreme hændelse er den konkrete oplevelse, der efterfølges af en akut katastrofephjælp. Den reflekterende observation, forståelse og afprøvning sker så i faserne Genopbygning, Risikovurdering og Beredskab, mens man venter på at en ny hændelse varsles og opleves.



Figur 2. Simpel illustration af centrale tilstande i et samfund, der påvirkes af en katastrofe. Katastrofen giver øget opmærksomhed i samfundet og der vil blive udviklet og implementeret nye teknologier. Dette koster dog på samfundsøkonomien fordi ressourcerne bindes til bestemte aktiviteter og giver restriktioner i arealanvendelsen. Såfremt opmærksomheden mindskes vil der opstå et pres på at anvende de økonomiske ressourcer anderledes og et ønske om at opgive restriktionerne på arealanvendelsen. Figur fra Kreibich et al (2025).

2.1.2. Samfundets indlejring af læring er kompleks

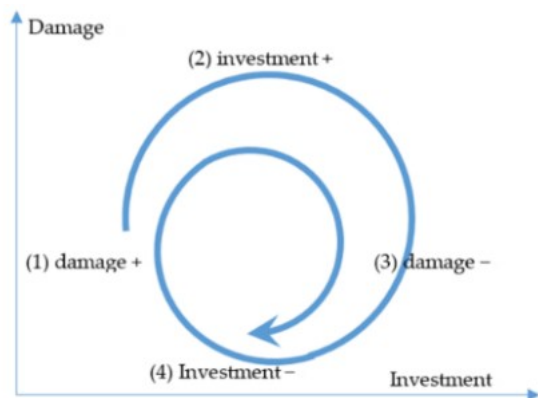
Også under antagelse af en simpel homogen læringsproces kan sammenhængen mellem hændelser og læring være kompleks. Den kan føre til samfund, der på kort sigt mindsker den økonomiske risiko som følge af erfaringer, men som på langt sigt øger den samlede sårbarhed i området. Det er selvsagt en bekymrende form for læring. Den mest kendte erfaring i denne sammenhæng er kendt som dige-effekten (på engelsk levee-effect) og er beskrevet første gang for næsten 75 år siden. Det består i det paradoks, at man på kort sigt reducerer faren og risikoen for oversvømmelser ved at bygge et dige. Det medfører dog en (delvist falsk) sikkerhed i området, og derfor fortsætter udbygningen af byerne bagved diget. Derfor vil en senere større hændelse medføre, at skaderne bliver endnu mere omfattende end hvis diget ikke havde været etableret. Dige-effekten er illustreret i figur 3. I dag er der flere kendte sådanne tilbagekoblinger mellem tiltag og uønskede effekter, der samlet øger risikoen over tid og dermed en kun delvist integreret læring. Eggert et al (2024) præsenterer og diskuterer teoretisk i alt 7 sådanne effekter, som man bør være opmærksom på i forbindelse med klimatilpasning mod oversvømmelser fra havet.



Figur 3. Eksempel på læring, der udelukkende fokuserer på een løsning, i dette tilfælde etablering af diger, tilpasset fra Di Baldassarre et al (2015). En genereret tidsrække af stormflodshændelser i perioden 1900 til 2100 (delfigur E) medfører gradvis udbygning med højere og højere diger (delfigur F), den resulterende hukommelse og opmærksomhed overfor oversvømmelser (delfigur G) samt de økonomiske skader som samfundet oplever (delfigur H). Bemærk især hvordan hukommelsen mindskes efter en tid uden oversvømmelser hvorved der er særligt stor mulighed for, at viden om oversvømmelser negligeres til fordel for andre prioriteter i samfundet.

2.2. Fra viden til handling

Som det fremgår af det foregående afsnit, lærer alle mennesker og organisationer hele tiden. Dette gælder også for katastrofer, fx. har Kreibich et al. (2017) undersøgt en række lokaliteter, der er blevet ramt af to alvorlige oversvømmelser med mellem 1 og 38 års mellemrum. I alle tilfælde er der dokumenteret en læring således at påvirkningen fra hændelse 2 er mindre end fra hændelse 1. Med andre ord forfines og nuanceres eksisterende viden altid. Det er dog ikke altid viden er tilstrækkelig. Den seneste årsrapport fra FNs Office for Disaster Risk Reduction påpeger, at det ofte er de mest sårbare personer, der rammes hårdest, og at disse personer ofte ikke selv har ressourcerne til både at genopbygge det tabte og skabe et mere robust samfund (UNDRR, 2025). Di Baldassarre et al. (2015) diskuterer hvordan behov i samfundet generelt medfører skiftende fokus og at læring efter katastrofer ofte i høj grad handler om at kunne håndtere netop den nyligt skete katastrofe og ikke mere generiske træk ved (natur-)katastrofer. Derfor sker tilpasning til f.eks. oversvømmelser ofte ved fysiske indgreb i form af f.eks. diger til et niveau, der modsvarer den hændelse, der netop er sket, hvorved der sker tilbagekoblinger i samfundet, der senere vil kræve yderligere tilpasningstiltag, fordi såvel sårbarhed i samfundet vokser og fordi der senere vil indtræde en mere voldsom hændelse. Ishiwatari og Sasaki (2022) illustrerer denne problematik i praksis for perioden 1878 – 2014 for Japan, herunder hvordan krig, recession mv. påvirker lovgivning og aktiviteter og dermed indirekte risikoen for oversvømmelser.



Figur 3. Den ideelle udvikling over tid mellem samfundets samlede investeringer og sårbarheden overfor skader ifølge Ishiwatari og Sasaki (2022). Det accepteres i et mindre omfang at investeringer medfører øget sårbarhed målt som skade, men generelt skal skadesniveauet sænkes og over tid vil investeringerne kunne blive afkoblet fra en øget skade.

Der er særlige forhold omkring meget kraftige oversvømmelser. For eksempel blev en lang række byer i Danmark oversvømmet som følge af skybrud i perioden 2002 – 2009. Effekterne var mærkbare og man diskuterede mulige løsninger til at mindske risikoen. Alligevel var hændelsen i København i 2011 udenfor de flestes forståelsesramme som en mulig oversvømmelse fra skybrud. Den kunne med andre ord ikke forudsiges ud fra historiske hændelser. Sådanne meget kraftige oversvømmelser udgør en systemisk risiko, altså en hændelse, hvor et større system bryder sammen i en serie af hændelser, der indbyrdes påvirker hinanden. Effekterne af oversvømmelsen kan dermed ikke nødvendigvis beskrives entydigt, men vil være afhængigt af det konkrete forløb før og efter oversvømmelsen og hvor den konkrete effekt ikke kan analyseres analytisk. Havde en anden varsling ændret forløbet under hændelsen, havde andre typer af kommunikation gjort forløbet anderledes osv.

På det abstrakte plan kan en systemisk risiko beskrives ved hjælp af fire karakteristika, der alle vanskeliggør en entydig læring, der manifesterer sig i handling (Renn et al 2020):

- Komplexitet – det er vanskeligt at identificere og kvantificere præcise kausale sammenhænge mellem årsag og virkning på grund af feedback mekanismer, tidsmæssig udstrækning af forløb samt særlige forhold
- Usikkerhed – både i form af statistisk variation og utilstrækkelige målinger og i form af manglende erkendelse af sammenhænge
- Tvetydighed – at flere fortolkninger af samme data er rimelige. Forskellige modeller kan være lige (u-)egnede til at beskrive de tilgængelige data og måske også hvilken modelstruktur, der er rimelig at anvende.
- Kaskade-effekter – ud over den direkte og kendte effekt kan der være mere skjulte interaktioner, der kan øge effekten ud over det, som er erkendt

Således vil man efter meget store hændelser ofte opleve, at der er enighed blandt aktørerne om at der bør ske handling, men at man er uenige om, både om hvad læringen konkret består i, og ikke mindst hvilke tiltag, man bør implementere fremadrettet på baggrund af den observerede hændelse (Pelling & Dill 2010).

For at belyse dette har Kuang et al. (2020) udviklet et framework – Learning from Floods (LFF) – som beskriver, hvordan læring fra oversvømmelser opstår, og hvordan den kan omsættes til ikke blot mindsket risiko, men også øget resiliens¹.

Kuang's model antager, at erfaringer med oversvømmelser kan udløse både individuel og kollektiv læring, afhængigt af læringsmuligheder, motivation og eksisterende viden. Den viden, der opstår, kan efterfølgende påvirke beslutninger og praksis i forbindelse med beredskab og tilpasning. Dog kan denne læring bremses af forskellige barrierer – f.eks. begrænset adgang til information eller ressourcer, holdningsmæssige barrierer, manglende socialt netværk eller institutionelle rammer.

Det er i forbindelse med meget store hændelser en selvstændig pointe, at det ofte undervurderes, hvor stor muligheden er for, at sådanne hændelser kan forekomme. Merz et al (2015) opstiller i en meta-analyse af viden om oversvømmelse en række processer, der alle fører til undervurdering af den faktiske risiko, herunder bekræftelses bias, ønsketænkning og overvurdering af egen forståelse af verden. Denne analyse fører til en anbefaling af ikke kun at betragte løsninger, der er baseret på erkendt viden. I stedet bør man eksplicit vurdere hvilke "mentale fælder" der er i den pågældende analyse og søge at indarbejde manglerne i mere kvalitative vurderinger.

Det er netop samspillet mellem den erhvervede viden og den efterfølgende handling, der i modellen defineres som det "lærte". Dette kan føre til større oversvømmelsesresiliens – eksempelvis ved at styrke samfundets evne til at tåle, tilpasse sig eller omstille sig efter hændelser. Samtidig påpeger forfatterne, at miljøer med stærk beskyttelse (fx teknisk infrastruktur) ikke nødvendigvis fremmer læring, da erfaringerne med konsekvenserne af oversvømmelser bliver begrænsede. På den baggrund argumenteres der for, at klimatilpasning i højere grad bør understøtte læringsbaseret resiliensudvikling.

2.3. Indarbejdelse af læring i forskellige governance niveauer og typer af organisationer

Læring i forbindelse med oversvømmelser forekommer på flere governance niveauer i samfundet og dækker både private og institutionelle aktører. Nedenfor er skitseret typiske aktører i samfundet på forskellige niveauer, herunder hvordan de interagerer med hinanden. Der er på den baggrund lavet en grov skitse af hvilke forskellige aktører der findes i Danmark og hvordan de hver især påvirker og integrerer den samlede læring i samfundet.

Det internationale niveau dækker over læring, der foregår gennem udveksling af viden, erfaringer og standarder på tværs af lande. Den opsamlede læring kommunikeres derefter via eksempelvis EU-direktiver, forslag til politikker, anbefalede eller krævede handleplaner og afrapporteringsformater eller rapporter, der opsamler vidensniveau på tværs af lande. Nationale erfaringer indgår som et led i denne proces, som integreres på internationalt niveau og som efterfølgende påvirker nationale beslutningsprocesser. Et konkret eksempel på denne proces er oversvømmelsen i Tyskland i 2002, der var en vigtig forudsætning for

¹ Resiliens forstås i den sammenhæng meget bredt som et samfunds evne til gradvist at tilpasse sig ændringer i modsætning til den mere snævre definition af teknisk resiliens, hvor der fokuseres på et systems evne til hurtigt at komme tilbage til en normaltilstand efter en påvirkning. De forskellige typer af resiliens introduceres i Holling (1996) og er diskuteret i forbindelse med oversvømmelser i Fryd og Jørgensen (2019)

EUs Oversvømmelsesdirektiv, der blev vedtaget 5 år senere og dermed påvirkede alle EU landes håndtering af oversvømmelser. Dette niveau omfatter især institutionel læring og kan indebære både overfladiske justeringer og mere grundlæggende ændringer i forståelsen af risikohåndtering og klimatilpasning.

På nationalt niveau foregår læring primært hos statslige myndigheder, sektorspecifikke institutioner og større organisationer. Her kan ekstreme hændelser som oversvømmelser fungere som anledning til politiske reformer, lovændringer eller ændringer i nationale strategier (Albright 2011). Læring forudsætter dog, at erfaringer opsamles og omsættes i handling – hvilket ikke altid sker, da hukommelsen om hændelser kan aftage over tid, og politiske dagsordener skifter. Virksomheder, der opererer nationalt, kan også indgå i læringsprocesser – særligt hvis de er afhængige af forsyningskæder eller har erfaring med skader ved tidligere hændelser.

På kommunalt og regionalt niveau sker læring ofte tættere på de faktiske hændelser og i mere praksisnære sammenhænge. Kommuner kan ændre deres beredskabsplaner, samarbejde med borgere eller investere i lokal infrastruktur på baggrund af tidligere oversvømmelser. Her er læring ofte både organisatorisk og erfaringsbaseret, og der kan være stor forskel i kapacitet og prioritering mellem kommuner (Dąbrowski et al. 2021). Lokale virksomheder og institutioner indgår i dette niveau, når de indgår i partnerskaber eller påvirkes af lokal planlægning.

Det lokale og individuelle niveau dækker over læring hos husholdninger, mindre virksomheder og uformelle fællesskaber/lokalsamfund. Her er læring ofte direkte koblet til oplevede hændelser og manifesterer sig fx i form af fysiske tiltag, ændret adfærd eller øget beredskab. Læring på dette niveau er typisk ikke formaliseret, men kan være afgørende for risikoreduktion – især i områder, hvor der ikke er større klimatilpasningsprojekter. Samtidig kan lokal kollektiv læring, fx gennem grundejerforeninger eller nabofællesskaber, bidrage til koordination og vidensdeling.

Denne skelnen mellem niveauer er vigtig, fordi læring opstår, formidles og forankres forskelligt afhængigt af aktørtype, tidsperspektiv og rammebetingelser. På det lokale niveau er der et højt fokus på den direkte omkostning fra konkrete hændelser, mens der på de højeste niveauer i højere grad er tale om læring mellem aktører, mellem oversvømmelser og mellem oversvømmelsestruede områder.

De økonomiske metoder til opgørelse af skader afhænger også i nogen grad af governance niveau. Ofte opgøres skader ved at summere forskellige skadestyper (f.eks. bygninger, turisme, natur) for konkrete hændelser. Det gælder f.eks. for alle gældende skadesmodeller, der anvendes i Danmark (Arnbjerg-Nielsen et al, 2022). Denne metode kan principielt anvendes på alle governance niveauer. På de øverste niveauer er der også andre muligheder for modellering baseret på modeller, der kan beskrive andre typer af påvirkninger af samfundet end en simpel summation af økonomiske skader indenfor et område, der rammes af oversvømmelser. Som beskrevet ovenfor kan en systemisk risiko ikke beskrives særlig godt på den måde. I stedet vil metrikker såsom ændringer af arbejdsudbud, totalt eller opdelt i sektorer, ændrede levevilkår for nogle befolkningsgrupper, fald i BNP, ændret produktionseffektivitet i samfundet som følge af mindsket eller øget konkurrence, effekter fra brud i supply-chain kæder osv. Være mere egnede, men også mere komplekse effekter. Den første type af model er mest velegnet til at dimensionere konkrete tiltag i form af cost-benefit analyser mens den anden type af model er mest velegnet til at beskrive samfundsudvikling generelt. Overført til andre typer af økonomiske analyser svarer den første metode til at være beslutningsstøtte ved bygning af en ny motorvej, mens den anden metode mere svarer til DREAM modellen, der mere anvendes til at beskrive nogle af samfundets udfordringer på langt sigt. I analysen af oversvømmelsesrisiko er det derfor væsentligt at overveje, hvorvidt læring sker på privat eller institutionelt

niveau, og hvordan denne læring eventuelt kan integreres i vurderinger af fremtidig risiko og tilpasningsbehov.

Dette notat skelner mellem de forskellige niveauer i det omfang det hjælper med at forstå forskellene i modeller og økonomisk tankegang. Der er dog ikke tale om en så præcis skelnen, at man kan anvende beskrivelsen til at vurdere, hvilke læringer og økonomiske modeller, der er fordelagtige at anvende i en given situation eller governance niveau.

2.4. Det danske landskab

I Danmark spiller både offentlige og private organisationer en central rolle i arbejdet med at omsætte erfaringer fra tidligere oversvømmelser til ny viden og forbedre klimatilpasningen. Disse aktører spiller forskellige roller afhængigt af governance-niveau – nationalt, regionalt/kommunalt og lokalt/individuel. Tabellerne nedenfor viser, hvordan forskellige aktører bidrager til forskellige typer af læring.

2.4.1. Regulerende aktører

I det følgende skelnes der ikke mellem den lovgivende, den udøvende og den dømmende magt, de ses under et som regulerende aktører. De regulerende aktører bidrager til læring ved at inddrage erfaringer fra oversvømmelser i fastlæggelsen af nye lovgivningsmæssige rammer, regulativer og strategier. De har en central rolle i at samle erfaringer fra lokale og nationale hændelser og sikre, at læring bliver systematiseret og forankret i det fremadrettede arbejde med klimatilpasning. Dette sker bl.a. gennem ændringer i planloven, miljølovgivning, klimatilpasningsplaner og nationale strategier for risikohåndtering.

2.4.2. Økonomiske aktører

Økonomiske aktører omsætter erfaringer fra oversvømmelser til ny viden gennem deres håndtering af skader og udbetalinger. Forsikringsselskaber bruger data fra tidligere hændelser til at udvikle risikomodeller, justere præmier og målrette forebyggelsestiltag. Offentlige ordninger som Naturskaderådet sikrer erstatning, men også systematisk dokumentation af skader, der kan bruges i fremtidig planlægning. På den måde skaber økonomiske aktører læring, som både borgere, myndigheder og virksomheder kan bruge til at reducere fremtidige risici. Der er dog den begrænsning, at læring også kan benyttes til at maksimere deres egen profit ved at optimere forsikringsbetingelserne, så tabene ikke mindskes, men i stedet blot skal finansieres af andre private eller offentlige aktører.

Tabel 1. Oversigt over vigtige regulerende aktører i Danmark.

Governance-niveau	Aktørgruppe	Regulering	Tekniske og operationelle vejledninger og krav	Formidling
Internationalt	EU-institutioner (European Commission, EEA, DG Environment)	EU-direktiver, standarder (fx oversvømmelses-direktivet)	Fælles tekniske krav Overvågning Rapportering	Vidensdeling, guidelines, kurser
	FN-oranisationer (IPCC, UNFCCC, UNEP, WHO)	Globale aftaler og rammer (fx Paris-aftalen)	Vidensgrundlag og guidelines Projekter og koordinering på tværs	Vidensdeling, global opmærksomhed
Nationalt	Ministerier, styrelser og råd (Klima-, Miljø- og Transportministeriet, Kystdirektoratet, Miljøstyrelsen, Naturskaderådet, Beredskabsstyrelsen)	Lovgivning, byggelov, nationale strategier, skades- og forebyggelsesordninger	Infrastrukturplaner, tekniske standarder Beredskabsplaner, varslingsystemer	Kampagner, rådgivning, videndeling
Regionalt/kommunal	Kommuner	Lokal lovgivning, kommuneplaner, klimatilpasningsplaner	Lokal infrastruktur, skybrudsveje og andre strukturelle tiltag, Beredskab, varslingsplaner	Borgersamarbejde, lokal information
Lokalt/individuel	-			

Erstatningsdata giver værdifuld viden om, hvor og hvornår skader opstår, og kan bruges til at styrke både forebyggelse og planlægning. En del af disse data er dog vanskelige at tilgå, da de både kan være underlagt beskyttelse af konkurrencemæssige hensyn og regler om persondata, GDPR. Naturskaderådet har gjort sine data tilgængelige for forskning, men hos forsikringsselskaberne i Danmark har datadeling det sidste årti været begrænset. Dermed eksisterer der et potentiale for yderligere læring, hvis dele af disse informationer kunne stilles til rådighed for offentligheden så der kunne foregå en bedre læring i hele samfundet.

Banker og realkreditinstitutter er også væsentlige økonomiske aktører, der via deres udlåning kan øge eller mindske risikoen i samfundet. Det er ikke klart hvordan læring pt indarbejdes i disse institutioner, men Nationalbanken har udarbejdet analyser, der vurderer den systemiske risiko i Danmark ud fra den nuværende porteføljer af belåning. Der er ikke fundet nogen evidens for hvordan læring kan påvirke denne sektor og derfor er den ikke behandlet yderligere.

Tabel 2. Oversigt over vigtige økonomiske aktører i Danmark

Governance-niveau	Aktørgruppe	Teknisk	Teknisk og Operationel	Formidling
Internationalt	Genforsikringsselskaber	Fremskrivning af økonomisk risiko	Best practices skadesbehandling Løbende justering af policer/ bestemmelser	
Nationalt	Nationale kompensations systemer (Naturskaderådet)	Hvad der er nationalt reguleret er udenfor forsikringsselskaber	Skadehåndtering, forebyggelsestiltag	Awareness-kampagner, rådgivning,
	Forsikringsselskaber		Løbende justering af policer	kundeinformation
Regionalt/kommunalt				
Lokalt/individuel	Grundejerforeninger, digelaug, enkeltpersoner (lokale borgere, nabo-netværk)	Vedligeholdelse af lokal infrastruktur	Lokalt beredskab, frivillig koordinering	Nabohjælp, adfærd, deling af erfaringer

2.4.3. Vidensbaserede aktører

Der er mange vidensbaserede aktører, der vurderer oversvømmelser. I denne analyse har vi afgrænset os til at beskrive forskningsinstitutioner, forsyninger, rådgivere og professionelle netværk. De bidrager til læring ved at samle og analysere data, udvikle modeller og teste løsninger i praksis. Når en oversvømmelse indtræffer, kan de dokumentere hændelsen, evaluere effekten af eksisterende løsninger og omsætte erfaringerne til nye metoder eller standarder. Universiteter og forskningsinstitutter leverer vidensgrundlaget, mens forsyninger og rådgivere omsætter det til tekniske og operationelle løsninger. Netværk som DNNK understøtter læring gennem videndeling på tværs af sektorer.

Alle nedenstående aktører påvirker regulering indenfor eget felt og skubber på for ændring af bedre rammer ift egen hverdag og giver dermed indirekte et politisk indspil.

Tabel 3. Oversigt over udvalgte vidensbaserede aktører i Danmark

Governance-niveau	Aktørgruppe	Teknisk	Operationelt	Formidling
Internationalt	Rådgivere. Forskningssamarbejder	Tekniske løsninger, design	Implementering i projekter	Vidensdeling
	NGO'er	Guidelines og værktøjer	Træning og lokale nødplaner	Awareness, netværksopbygning
Nationalt	Statslige forskningsinstitutter (DMI, GEUS)	Input til national planlægning Meteorologiske og hydrologiske modeller, tekniske vurderinger og dokumentation	Overvågning, varslings, beredskabsøvelser	Public outreach, vejledninger, informationskampagner
	Universiteter / statslige forskningsinstitutioner	Fremskrivninger, analyser Forskning, teknisk og samfundsmæssig udvikling, modeller	Test af løsninger og beredskab	Formidling, kurser, workshops
	Rådgivere og konsulenter (COWI, Rambøll, NIRAS...)	Konkrete løsningsveje Udvikling af tekniske løsninger, modeller	Projektledelse, implementering	Vidensdeling, formidling
	Interesseorganisationer (KL, DANVA, SVK, DNNK)	Strategi og retningslinier Policy Koordination, teknisk rådgivning	Hjælp til lokal implementering	Vidensdeling, netværk, workshops
Regionalt/kommunalt	Forsyningsselskaber	Lokal infrastrukturplanlægning code of practice	Beredskabsplaner, driftsjusteringer	Awareness og træning af medarbejdere og borgere
	Lokale virksomheder (Entrepenører, byggesektor, servicevirksomheder)	Tilpasning af anlæg og bygninger	Operationel håndtering af oversvømmelser	Awareness og træning af medarbejdere
Lokalt/individuel	Grundejerforeninger, digelaug, enkeltpersoner (lokale borgere, nabo-netværk)	Lokal viden Vedligeholdelse af lokal infrastruktur	Lokalt beredskab, frivillig koordinering	Nabohjælp, adfærd, deling af erfaringer

2.4.4. Diskussion af governance og aktører

Ovennævnte tre typer af aktører og deres primære modus er af naturlige årsager et meget forsimplet billede. Der er aktører der ikke er nævnt og processer, som er udeladt for at kunne give et simpelt overblik. Det vigtigste er at holde sig for øje, at der er forskellige niveauer, der har forskellige roller og muligheder for at implementere læring og at denne læring ikke nødvendigvis medfører en enighed mellem aktørerne om, hvad der er ønskede tiltag for at implementere læringen.

Et eksempel på en væsentlig proces, som ikke er omtalt, er hvordan modeller og metoder vinder indpas afhængigt af, hvordan de pakkes ind i værktøjer som brugervenlige og forståelige arbejdsredskaber. Firmaet SCALGO har påvirket hvordan man i praksis i Danmark har vurderet faren for oversvømmelse ligesom DTU Skadesøkonomi har påvirket hvordan man opgør skader. På den måde kan den rent tekniske implementering påvirke hvordan læringen i praksis inddrages i den samlede viden.

2.5. Lærings indflydelse på rammesætning af klimatilpasning

Klimatilpasning har i høj grad haft fokus på håndtering af risiko for oversvømmelser. Dermed har der været en væsentlig forøgelse af viden om metoder til opgørelser af skader og hvordan de indgår i en beslutningsproces frem mod konkrete klimatilpasningstiltag. Det vil føre for vidt at prøve at give en udtømmende vurdering i nærværende notat; og som diskuteret i de første afsnit i dette kapitel vil det også være en subjektiv vurdering at prøve at lave en sådan opgørelse. Det er dog naturligt at lave tre nedslag i udviklingen af klimatilpasning til oversvømmelser, et med fokus på udviklingen i FNs klimapanel, et med fokus på forskning og et med fokus på udviklingen i Danmark.

FNs klimapanel, IPCC, udgav i 1994 en teknisk guideline for klimatilpasning (IPCC, 1994). Efter et meget kort generelt teori-afsnit beskriver rapporten klimatilpasning som en lineær proces, der består af 7 trin. Det indebærer, at man udvælger specifikke sektorer, f.eks. landbrug eller vand, og dernæst laver en separat analyse af hver af disse sektorer. Derfor benævnes metoden ofte "predict-and-adapt". Det er også et kendetegn, at det er en proces, der ledes af eksperter med en anbefaling om anvendelse af ikke mindst cost-benefit analyser som beslutningsgrundlag for tiltag.

I den seneste publikation fra IPCC om klimatilpasning er der især fokus på valg af framing for analysen (IPCC, 2022). Det anbefales at lave en meget bred framing, specifikt introduceres begrebet *Climate Resilient Development*. Den sektor-baserede tilgang er her erstattet af mere komplekse vurderinger af, hvilke samfundsprocesser man ønsker at understøtte. Derfor er den ønskede Climate Resilient Development en afvejning af behovet for klimatilpasning i forhold til behovet for især reduktion af udledning af drivhusgasser samt opnåelse af målsætninger i forbindelse med FNs 17 verdensmål for bæredygtig udvikling. Begreber som klimaretfærdighed, lokal inddragelse, iterative beslutningsprocesser og udnyttelse af tidsvinduer for muligheder har dermed fået langt større vægt som et resultat af erfaringer med klimatilpasning i de årtier, der er gået siden den første rapport. Dette fører bl.a. også til udvikling i hvordan modelleringen af impacts i klimatilpasning nu i højere grad inddrages i form af principper såsom DAPP, som beskrevet i Kool (2025).

Der ligger en massiv forskningsindsats i mange fagfelter bag den udvikling, som IPCC beskriver. I forhold til skadesfunktioner er et enkelt initiativ dog dominerende. The International Association of Hydrological Sciences (IAHS) udnævnte et fælles fokus i årtiet 2013-2022 på temaet "Panta Rhei – Everything Flows: Change in hydrology and society". I løbet af dette årti var der et intenst fokus på at forstå hvilke processer, der var vigtige at forstå for at kunne håndtere ændringerne i vandets kredsløb som funktion af bl.a. klimaændringer. Mange af de videnskabelige artikler som citeres i dette notat er udgivet af denne gruppe af forskere. I den afsluttende artikel opsummeres resultaterne af det fælles fokus i især videnskabelige gennembrud i forhold til bedre tværfagligt samarbejde mellem samfundsvidenskabelig og teknisk forskning, bedre og mere standardiserede metoder til at indsamle og anvende data samt forståelse af forskellige fysiske og sociale processer, deres interaktioner og hvordan man kan bygge og anvende modeller der kombinerer forskellige fagdiscipliner (Kreibich et al 2025). Danske forskere har både direkte og indirekte bidraget til denne vidensopbygning og hjemtaget den og tilpasset den danske forhold. Det er dermed sikret, at viden hurtigt har været tilgængeligt i en dansk kontekst.

I Danmark blev økonomiske metoder til klimatilpasning startet omkring 2006 med en række udgivelser fra Miljøstyrelsen (Damgaard et al 2006, Clausen et al 2006, Arnbjerg-Nielsen et al 2007). Metoderne blev anvendt på flere sektorer og førte til en national strategi for klimatilpasning i 2008 (Regeringen, 2008). I de første år var der ikke mindst fokus på stigningen i skybrud, men da IPCC på baggrund af bl.a. dansk

forskning opjusterede de forventede stigninger i havvand blev det hurtigt er kendt, at denne proces med tiden ville få stor betydning, også socioøkonomisk. Der har efterfølgende været et stort fokus på at opbygge et godt datagrundlag for klimatilpasning i forbindelse med ikke mindst oversvømmelser. Den nationale lovgivning har fastholdt et fokus på, at beslutningskompetencen i høj grad skulle ligge på kommunalt niveau. Der er dog løbende givet mulighed for til incitamenter til at give klimatilpasning større vægt i den kommunale planlægningsproces, herunder at give mere konkrete retningslinjer for metoder og finansiering.

3. Dokumenteret læring og skadesreduktion ved gentagne oversvømmelser

Dette kapitel undersøger empiriske eksempler på læring fra oversvømmelser på forskellige niveauer af governance: husholdninger og virksomheder på lokalt niveau, kommuner og regioner på det mellemliggende niveau samt nationale myndigheder på højere niveau. Først diskuteres resultaterne af et generelt litteraturstudie om emnet, hvorefter der fokuseres mere på hhv. den voldsomme oversvømmelse i Tyskland i 2021 og erfaringer fra Danmark.

3.1. Hovedresultater fra den videnskabelige litteratur

Med udgangspunkt i en gennemgang af cases i litteraturen er formålet at belyse både omfanget af og betingelserne for, at læring har bidraget til at reducere oversvømmelseskader. Mange af disse cases sammenligner skader ved en første og en efterfølgende oversvømmelseshændelse og giver dermed indblik i, hvordan tiltag og adfædsændringer har påvirket konsekvenserne. Der begynder også at komme litteratur, hvor erfaringer fra mere end to oversvømmelser i samme opland vurderes.

På grund af de mange sociale, institutionelle og hydrologiske faktorer, der spiller ind mellem hændelserne, er det dog sjældent muligt at isolere læringens relative betydning. Alligevel giver eksemplerne vigtige indikationer af, hvordan erfaringer kan indarbejdes i risikohåndtering og hvordan sådanne dynamikker kan indgå i skadesmodeller.

Kreibich et al. (2017) viser i et studie af otte internationale oplande, der alle har oplevet to kraftige oversvømmelser, at målrettet tilpasning – især gennem reduktion af sårbarhed – i alle tilfælde fører til markante fald i både skader og dødsfald. I Rhinen i Tyskland (1993–1995) blev den private forebyggelse fordoblet, hvilket medførte en 67 % reduktion i økonomiske skader. I Elben/Donau-området (2002–2013) førte forbedret meteorologisk varslings og øget husholdningsberedskab til, at skaderne blev halveret. I Vietnam (2000–2011) medførte omlokalisering og forbedret beredskab en 58 % reduktion i skader og 81 % færre dødsfald. I Spanien bidrog tidlige varslings og oplysningskampagner til en over 80 % reduktion i skader og op til 99 % færre dødsfald. Studiet understreger, at læring og sårbarhedsreducerende indsatser efter oversvømmelser har været centrale for at mindske risikoen i praksis. Disse eksempler viser, at læring fra oversvømmelser kan have stor og målbar effekt på flere styringsniveauer, selvom mekanismerne varierer. Nedenfor er sammenfattet de erfaringer med hensyn til læring opgjort på læringsniveau:

- **Internationalt niveau:**

Thailand blev i 2011 ramt af en oversvømmelse, der viste, at lokale oversvømmelser kan have globale konsekvenser (Haraguchi and Lall, 2015). De konkrete produktionstab var meget voldsomme for landet, men at oversvømmelsen havde målbare effekter på den globale økonomi skyldtes at meget store bilproducenter måtte lukke produktionen midlertidigt og at der opstod mangel på visse elektroniske dele, især harddiske, som både var forsinkede i levering og til stærkt forhøjede priser. Det har medført etablering af nye typer af forskning, der både teoretisk og via cases analyserer samfundsøkonomiske omkostninger på internationalt, nationalt og regionalt niveau.

Der er en rig litteratur om behov for læring på FN niveau, især kommunikeret via FNs kontor for katastrof håndtering og FNs klimapanel. FNs kontor for katastrof håndtering har siden 2005 arbejdet med at opbygge viden om især håndtering af naturkatastrofer. Den nuværende

handlingsplan går frem til 2030 og er fuldt integreret ind i SDG mål 11 om bæredygtige byer og lokalsamfund. Det altafgørende fokus er på at opbygge resiliens, så også sårbare samfund tilbringer kort tid i genopbygningsfasen efter hændelser. I deres seneste årsrapport er der en noget pessimistisk tone, idet det konstateres, at de senere år har set en kraftigere stigning i omkostninger til skader og genopbygning end investeringerne i mere resiliente samfund (UNDRR, 2025). I deres analyser er der meget stor fokus på kvantificerbare økonomiske effekter og dødsfald. FNs klimapanel har ikke på samme måde kvantificeret hvilke indikatorer, der kan benyttes til at beskrive klimatilpasningstiltags egnethed og effektivitet. I stedet er en lang række effekter beskrevet og for hver af disse er mulige indikatorer diskuteret (IPCC, 2022).

- **Nationalt niveau:**

På nationalt niveau har oversvømmelser ført til regulerings- og lovændringer. Et markant eksempel er oversvømmelsen i Centraleuropa i 2013, som afslørede store problemer med olietanke i kældre, der lækkede og forårsagede omfattende miljøskader (Thieken et al., 2016). Som reaktion vedtog Tyskland *Zweites Hochwasserschutzgesetz* (Anden lov om beskyttelse mod oversvømmelser) i 2017, der trådte i kraft i 2018, og som forbyder nye olietanke i oversvømmelsestruede områder og kræver sikring af eksisterende anlæg (Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 2018). Dette illustrerer, hvordan katastrofale hændelser kan udløse betydelige reguleringsændringer.

- **Regionalt/kommunalt niveau:**

På byniveau kan erfaringer med oversvømmelser også udløse beskyttelsestiltag, men resultaterne varierer betydeligt afhængigt af governance. Xian et al. (2018) sammenligner Shanghai og New York City og viser, at tyfoner i 1962, 1974 og 1981 i Shanghai hver gang førte til nye og højere standarder for diger og højvandsmure, hvor beskyttelsen blev hævet fra en 100-års til en 1000-års hændelse. I New York har gentagne storme siden 1930'erne mest ført til urealiserede forslag, bl.a. pga. fragmenteret styring mellem by, stat og føderale myndigheder. Først efter orkanen Sandy i 2012 blev større projekter som *The Big U* sat i gang. Sammenligningen viser, hvordan institutionel tilpasning og politisk autonomi kan være afgørende for, om erfaringer omsættes til langsigtet klimatilpasning.

I Studiet af Po-flodsletten viser Ferguson & Ashley (2017) begrænset evidens for effektiv læring af tidligere oversvømmelser. I stedet for at reducere eksponeringen har urban og industriel udvikling bag digerne ført til, at de potentielle skader på boliger er fordoblet over de sidste 50 år. Dette illustrerer en *manglende kollektiv læring*: den sikkerhedsfølelse, som digerne giver, har opmuntret til nye bosættelser og industriel vækst i risikoområder, hvilket øger sårbarheden frem for at reducere den. Forfatterne peger på dette som et tydeligt eksempel på *levee effect*, hvor beskyttelsesinfrastruktur utilsigtet driver en højere langsigtet risiko gennem ineffektiv arealplanlægning og institutionel path-dependency. Både figur 2 og figur 3 viser, hvordan sådanne tilbagekoblingsmekanismer. Eggert et al (2024) viser flere sådanne sammenhænge, herunder at der vil være uønskede tilbagekoblinger uanset hvilken type af tilpasningstiltag, man vælger. Dermed opstår der et behov for at være opmærksomme på, hvordan læringen medfører blinde vinkler, som man på højere governance niveau skal være opmærksomme på ikke bliver for store.

- **Lokalt niveau:**

Flere studier dokumenterer, hvordan husholdninger og virksomheder iværksætter flere beskyttende tiltag efter at have oplevet oversvømmelser. Jehmlich et al. (2020) viser eksempelvis,

at virksomheder i Dresden, der var ramt i 2002, i langt højere grad investerede i beskyttelse inden 2013-oversvømmelsen, mens virksomheder uden tidligere erfaring tilpassede sig langt mindre. Tilsvarende finder Osberghaus (2017), at husholdninger, som havde modtaget en forsikringsudbetaling efter en oversvømmelse, i højere grad gennemførte forebyggende tiltag. Kuhlicke et al (2020) og Köhler et al (2023) bekræfter, at erfaring øger sandsynligheden for privat forebyggelse, men de påpeger også vigtige begrænsninger: resiliens stiger primært ift. flytbare aktiver, mens økonomiske og psykosociale konsekvenser ofte fortsætter eller endda forværres. Gentagen udsættelse kan endda paradoksalt føre til lavere selvrapporteret resiliens, som set i Sachsen (Köhler et al 2023).

Effekten af private tilpasningstiltag findes også hos Bubeck et al (2012a), som analyserede 752 husstande langs Rhinen i Tyskland. De fandt, at større og mere alvorlige oversvømmelser fungerede som trigger for øget implementering af barrierer og strukturelle ændringer, og at bedre forberedelse førte til lavere skader ved efterfølgende oversvømmelser. Samtidig fremhæver studiet, at mange husstande stadig mangler beskyttelsestiltag, hvilket understreger behovet for politik, der fremmer privat tilpasning.

Samlet viser studierne, at læring på lokalt niveau ikke automatisk omsættes til øget samlet robusthed.

På tværs af niveauer viser forskningen, at oversvømmelser kan udløse læring, men at denne læring omsættes meget forskelligt. Internationalt kan lokale hændelser få globale konsekvenser; nationalt kan de drive reguleringsændringer; regionalt afhænger effekten af institutionelle rammer; og lokalt fører erfaring ofte til privat tilpasning. Men læringen er ujævn, kan være kortvarig, og fører ikke nødvendigvis til lavere samlet risiko.

3.2 Konkrete eksempler på læring

3.2.1. Skybruddet i København, 2011

Det voldsomme skybrud i København i juli 2011 blev en skelsættende hændelse for klimatilpasning i Danmark. Klimaændringernes effekt i form af stigende ekstremregn var netop blevet indarbejdet i praksis for dimensionering af afløbssystemer, men man var endnu ikke færdig med at analysere, hvad det faktisk indebar af øgede investeringer, endsige påbegynde at etablere den forøgede kapacitet. Skybruddet har siden dannet grundlag for læring på tværs af de tre aktørgrupper i tabel 1 -3 (Beredskabsstyrelsen, 2012).

På **regulerende niveau** satte skybruddet fokus på, at klimatilpasning måtte indarbejdes mere systematisk i planlovgivning, beredskabsplaner og kommunal planlægning. Staten og kommunerne tog initiativ til de første egentlige klimatilpasningsplaner, og hændelsen blev et udgangspunkt for national strategiudvikling.

Hos de **økonomiske aktører** blev de enorme skadesudbetalinger en øjenåbner. Forsikringsselskaber fik en central rolle i at dokumentere de økonomiske konsekvenser, hvilket har givet vigtige erfaringer til fremtidige risikovurderinger og skadesforebyggelse.

På **vidensbaseret niveau** skabte skybruddet et massivt løft i viden og samarbejde. DMI forbedrede varsling og nedbørsstatistikker, universiteter og forskningsinstitutter udviklede nye modeller og metoder til hydraulisk og hydrologisk analyse, og forsyningsselskaber igangsatte store investeringsprogrammer i

kloakker, bassiner og skybrudstunneler. Samtidig lærte kommuner og beredskaber at arbejde tættere sammen med både borgere, virksomheder og rådgivere om konkrete løsninger og beredskab.

Skybruddet i 2011 viste dermed, hvordan en enkelt ekstrem hændelse kan udløse læring på tværs af regulering, finansiering og viden – og kickstarte en samlet indsats, som har sat retningen for dansk klimatilpasning lige siden.

3.2.2. Stormen Bodil, Østdanmark, 2013

Stormen Bodil (december 2013) ramte Danmark med kraftig stormflod, forhøjet vandstand og omfattende skader langs især Øresund og det østlige Danmark. Hændelsen førte til over 6.000 erstatningssager gennem Stormflodsordningen og blev et af de mest skadevoldende stormflodstilfælde i nyere tid (Naturskaderådet, 2014). Ligesom skybruddet i 2011 blev Bodil et vendepunkt, hvor både myndigheder, forsikringssektor og vidensinstitutioner identificerede væsentlige mangler i beredskab, skadesopgørelse, koordinering og datahåndtering.

For de **regulerende aktører** satte stormfloden Bodil satte fokus på, at de statslige rammer for stormflodserstatning og kystsikring ikke var tilstrækkeligt klare. Læringen bestod blandt andet i behovet for at justere lovgivning og bekendtgørelser, så kriterier og procedurer for erstatning blev tydeligere. Samtidig blev der sat større opmærksomhed på kommunernes rolle i forebyggelse og planlægning, hvilket efterfølgende har ført til nye krav og vejledninger om klimatilpasning og kystbeskyttelse (Kystdirektoratet, 2020).

Forsikringsselskaberne stod med en meget stor mængde sager efter Bodil. For at kunne håndtere presset måtte de tilkalde ekstra folk til at vurdere skaderne, men mange af disse havde ikke indgående kendskab til reglerne for stormflodserstatning. Det førte til uens praksis og længere sagsbehandlingstid, hvilket blev en væsentlig læring for branchen. Efterfølgende er der arbejdet med at sikre bedre uddannelse og ensartethed i taksatorindsatsen.

De **vidensbaserede aktører** som forskere, universiteter og statslige institutter som DMI og GEUS bidrog til at dokumentere Bodils forløb og konsekvenser. De samlede meteorologiske og hydrologiske data, analyserede hændelsen og leverede rapporter, der dannede grundlag for både bedre varslingssystemer og forvaltning. Kommuner og rådgivere brugte erfaringerne til at udvikle lokale handleplaner og styrke samarbejdet med borgere og virksomheder. Den viden, der blev indsamlet, har siden understøttet videreudvikling af klimatilpasningsstrategier på både lokalt og nationalt niveau.

3.2.3. Oversvømmelser i Tyskland, 2021

Oversvømmelserne i det vestlige Tyskland i juli 2021 stod som en af de mest ødelæggende flod- og ekstremregnshændelser i nyere europæisk historie og gav vigtig læring på tværs af både regulerende, økonomiske og vidensbaserede aktører – også i en dansk kontekst (Thieken et al 2023).

For de **regulerende aktører** viste hændelsen, hvor sårbare selv moderne samfund kan være, når varslinger ikke omsættes effektivt til handling. Katastrofen udløste omfattende evalueringer i Tyskland af både beredskabsorganisation, myndighedssamarbejde og varslingskæder. I Danmark blev hændelsen et centralt argument i den politiske prioritering af et nationalt flodvarslingssystem. Folketinget besluttede i 2022 at finansiere udviklingen af et dansk system til varsling af oversvømmelser, og erfaringerne fra Tyskland har siden fungeret som indirekte læringsgrundlag for de nationale rammer omkring beredskab og hydrologisk overvågning (DMI 2023).

Hos de **økonomiske aktører**, især forsikringsbranchen og infrastrukturen i Tyskland, blev de enorme skader og genopbygningsudgifter et tydeligt bevis på, hvor dyr utilstrækkelig varsling og risikoafdækning kan være. Dette førte til diskussioner om mere robuste finansieringsmekanismer og bedre risikostyring, både nationalt og i EU-regi. I dansk sammenhæng har hændelsen styrket argumenterne for at investere i tidlig varsling, da et effektivt system kan reducere skadesomfang og økonomiske tab for både borgere, forsyninger og kommuner (Thieken et al 2023).

De **vidensbaserede aktører**, herunder meteorologiske og hydrologiske institutter, forskningsmiljøer og internationale samarbejdsnetværk, spillede en central rolle i at dokumentere og analysere hændelsen (Eberhard et al 2025). I Danmark har især DMI og GEUS brugt læring fra Tyskland til at styrke udviklingen af et nationalt varslingssystem. Det gælder både i forhold til forståelsen af ekstremregns dynamik, behovet for klare kommunikationskæder og behovet for at kombinere meteorologiske og hydrologiske data i realtid. DMI har samtidig trukket på erfaringer fra internationale partnere som SMHI, der har længere driftserfaring med hydrologiske varslingssystemer (SMHI 2025).

Oversvømmelserne i Tyskland illustrerede dermed, hvordan en ekstern katastrofe kan accelerere læring og beslutninger i andre lande – og har haft konkret betydning for udviklingen af dansk klimatilpasning, beredskab og varsling.

4. Inkorporering af læring i økonomiske skadesmodeller

Traditionelle økonomiske skadesmodeller ved oversvømmelser, såsom beregning af forventet årlig skade (EAD) eller nettoværdi (NNV) af tilpasningstiltag, er typisk baseret på statistiske estimater af skader for én hændelse eller et sæt af scenarier (van der Pol et al. 2015). Modellerne antager ofte, at sårbarheden og skadesomfanget er konstante over tid, hvilket implicit antager, at berørte aktører ikke lærer og tilpasser sig efter gentagne oversvømmelser.

Inddragelse af erfaringsbaseret læring i skadesmodeller kan potentielt forbedre realismen i de økonomiske analyser ved at justere sårbarheden og dermed forventede skader i takt med, at tilpasninger implementeres (Haer et al 2016; Haer et al 2020). Det kan for eksempel ske ved at anvende reducerede skadefaktorer eller ændrede sandsynligheder, der afspejler stigende adaptiv kapacitet over tid. I praksis er dette dog sjældent integreret i standardmodeller. En række studier peger på udfordringer ved kvantificering af læringseffekter, både pga. kompleksiteten i sociale processer og manglende langtidsholdbare data.

Der findes studier, der undersøger, hvordan *erfaringsbaseret læring* kan integreres i modeller, så de bedre afspejler denne dynamik (Wang & Johnson, 2023). Læring kan modelleres både som ændret beslutningsadfærd (fx bedre anvendelse af tid og ressourcer når der varsel om oversvømmelser) og som ændringer i de anvendte skadefunktioner (fx lavere skader ved samme fare). At integrere læring i økonomiske modeller kræver dog ofte data om beslutningsprocesser, adaptiv kapacitet og udviklingen i risikoperception – data som i mange tilfælde er begrænsede (Haer et al. 2016; de Moel et al. 2013; Merz et al. 2015). Det er dog karakteristisk for forskningsområdet, at der er langt højere fokus på at opnå en beskrivelse af en god skadefunktion end der er på at beskrive hvilke sammenhænge, der påvirker (dynamiske) ændringer i skadefunktionen. Der er derfor ikke fundet mange artikler, der specifikt beskriver læring. De fleste artikler er ret nye, hvilket kunne tyde på, at det er en problemstilling, man er ved at få øje på.

Et lærende samfund vil i praksis benytte sig af såvel ændret beslutningsadfærd og ændret skadefunktion. Ved modellering af den økonomiske risiko vil ændringer i beslutningsmodellen ofte medføre ændringer i eksponeringen, mens ændringer i skadesmodellen svarer til ændringer i sårbarheden. Men der vil være undtagelser. Som et konkret eksempel kan man forestille sig at en etageejendom er blevet oversvømmet og dyrt fotoudstyr er blevet oversvømmet. En læring, der består i at flytte fotoudstyret fra kælderen til første sal, vil direkte og mest korrekt skulle modelleres som en ændring af skadesmodellen. En adfærdsændring kan være, at beboeren enten 1) sikrer udstyret når der er varsel om potentielle oversvømmelser, eller 2) flytter til et område, der er (eller opfattes som værende) mindre oversvømmelsestruet. Disse to eksempler er principielt forårsaget af en ændret adfærd og dermed en ændring, der principielt har ikke er relateret til skadesmodellen. Dermed bør man skelne mellem:

- **Beslutningsmodellen**, der beskriver, om et tiltag implementeres i form af ændret adfærd, og
- **Skadesmodellen**, der beskriver hvordan ændringer i sårbarheden medfører en ændring i den resulterende skade.

Opdelingen kan synes pedantisk, fordi man for en given hændelse kun vil observere en given skade, svarende til en konkret skadefunktion. Men hvis man skal prediktere værdien af læring, er det vigtigt at skelne mellem de to typer af læring. Gennemgangen nedenfor er derfor opdelt i, hvordan læring indgår i hhv. (1) beslutningsmodeller og (2) skadesmodeller inden det gennemgås, hvordan det i metastudier af

skader over tid er blevet modelleret. Afslutningsvis beskrives, hvilke governance niveauer litteraturen fokuserer på, og hvorfor visse niveauer er stærkere repræsenteret end andre.

4.1. Adfærdsmodeller: Læring som beslutninger

Adfærdsmodeller forsøger at indfange, hvordan aktører ændrer beslutninger som følge af tidligere oversvømmelser – eksempelvis installation af beskyttelsestiltag, flytning, eller ændrede investeringer. Formålet er at koble disse processer til de økonomiske modeller, således at risiko og skader ikke blot afhænger af hydrologien, men også af læring og respons.

En stor del af litteraturen anvender agentbaserede modeller, fordi læring her kan repræsenteres eksplorativt og fleksibelt. Her bliver mennesker modelleret som en hel masse virtuelle agenter, udstyret med forprogrammerede egenskaber, der interagerer. De mest omfattende bidrag kommer fra forskergruppen ved VU University Amsterdam.

Haer et al (2016) sammenligner en agent-baseret model under tre forskellige økonomiske beslutningsmodeller i en oversvømmelsesrisikoanalyse. Resultaterne viser, at når husholdninger modelleres som dynamisk lærende og tilpassende aktører – frem for fuldt rationelle – reduceres de estimerede skader betydeligt. Den adaptive adfærd kan mindske den modelberegnete risiko med 19–56 %, mens modeller, der antager fuld rationalitet, fører til 40–90 % højere risikovurderinger, blandt andet fordi fuldt rationelle aktører typisk undervurderer lave sandsynligheder mindre end reelle husholdninger gør. Læringen kommer især til udtryk ved husholdningernes beslutning om at installere lokale beskyttelsestiltag, såsom simple vandbarrierer, som kan reducere skader ved oversvømmelser under 1 meters vandstand med omkring 70 %.

Haer et al (2020) udvikler en agent-baseret model, der beskriver samspillet mellem husholdninger og myndigheder. Myndighedernes beslutninger modelleres gennem investeringer i oversvømmelsesbeskyttelse baseret på cost-benefit-analyser, mens husholdningerne træffer valg efter en *discounted expected utility*-tilgang, som er en standard økonomisk model for beslutningstagning under risiko. Husholdningernes oplevede sandsynlighed for fremtidige oversvømmelser afviger fra den objektive sandsynlighed og påvirkes af, om der for nylig har været en hændelse i området – typisk overstiger risikoperceptionen kort efter en oversvømmelse og aftager gradvist igen, i tråd med empiriske fund som hos Botzen et al (2009).

I modellen kan eksisterende bygninger sikres gennem dry-proofing, som antages at reducere skader med omkring 85 %, mens nye bygninger kan forhøjes for at mindske fremtidig risiko.

Tierolf et al. (2023) kobler en agent-baseret model med en tilbagetrækningsmodel for at simulere fremtidige kystoversvømmelsesskader. Den agent-baserede del modellerer husholdningers tilbagetrækning og tilpasning som reaktion på oversvømmelsesrisiko. Studiet viser, at når husholdningernes beslutninger indregnes, reduceres den forventede årlige skade med omkring 15 %, mens selve tilbagetrækningsomfanget kun påvirkes svagt af oversvømmelsesrisikoen; agenterne foretrækker generelt lokale tilpasningstiltag frem for fraflytning.

I modellens tilpasningsramme indgår dry-proofing som et centralt tiltag, hvor skader reduceres ved at forhindre vand i at trænge ind i bygningen. Depth-damage-funktionerne justeres således, at skader ved vanddybder under 1 meter reduceres med ca. 85 %, mens vandstande over 1 meter overtopper beskyttelsen og medfører fuld skade.

Havniveauscenarierne er den primære drivkraft bag de fremtidige skadesestimater (Oddo et al. 2020).

Bubeck et al. (2012b) dokumenterer gennem et stort europæisk datasæt, at:

- husholdninger, der tidligere har oplevet oversvømmelser, har signifikant højere sandsynlighed for at implementere private tiltag (Shao et al. 2017a)
- risikoperception stiger umiddelbart efter en hændelse men falder igen på få år (Shao et al., 2017b & Spence et al. 2011)
- læring er stærkt koblet til erfaring, og mindre til objektiv risiko (Shao et al. 2017c)

Studiet konkluderer, at modeller, der antager statisk adfærd, systematisk undervurderer privat tilpasning. Samtidig viser de, at ikke alle husholdninger lærer lige meget, hvilket understøtter behovet for modeller, der kan repræsentere heterogen læring.

4.2. Skadesmodeller: Læring som dynamiske skadesfunktioner

En anden retning i litteraturen forsøger at integrere læring i selve skadefunktionerne – dvs. hvordan f.eks. oversvømmelsesdybde omsættes til forskellige økonomisk tab som funktion af f.eks. læring. Metodisk er det muligt at indarbejde læring direkte i skadefunktioner, men i praksis er anvendelsen begrænset af både datatilgængelighed og betydelig usikkerhed.

Traditionelle skadesmodeller antager statisk sårbarhed. En række studier har vist, at dette undervurderer betydningen af gentagne oversvømmelser, der fører til læring og adfærdsændringer.

Haer et al (2020), Tierolf et al (2023) og Aerts et al (2011) ændrer skadefunktionerne, når husholdninger eller andre aktører installerer tiltag som dry-proofing eller mobile barrierer. I de nævnte publikationer modificeres skadefunktionen på følgende måde:

- Vandstand under 1 meter: 85 % reduktion i skader, hvis bygningen er dry-proofed (Aerts et al 2011; anvendt i Haer et al 2020 og Tierolf et al 2023).
- Vandstand over 1 meter: fuld skade, da tiltaget overtoppes.

Ændringer i lovgivningen vil også medføre en systematisk ændring af skadefunktionen efterhånden som tiltaget implementeres. Et eksempel herpå er diskuteret tidligere i form af mindskelse af olieforurening ved vandløbsoversvømmelser i Tyskland (Thieken et al 2016). Denne tilgang er forholdsvis simpel at integrere i nationale eller kommunale skadesmodeller, men kræver antagelser om fremtidige tilpasningsrater, effekten af tiltagene samt hvordan læring påvirker sandsynligheden for implementering. de Moel et al (2013), har ydermere dokumenteret at risiko for boliger reduceres med 40 % ved wet-proofing og 89 % ved dry-proofing, hvilket også understreger, at der er et ret stort potentiale for sikring af enkelte elementer, herunder bygninger, på baggrund af historiske erfaringer med oversvømmelser.

4.3. Operationelle modeller over længere tid og større områder

Der er en lang række faktorer, der medfører, at skader har en tendens til at stige over tid. Blandt de væsentlige mega-tendenser er befolkningstilvækst, stigende grad af urbanisering, mere risikovillig arealanvendelse og stigende velfærd. I praksis ses dog et fald i antal af dødsfald og de økonomiske tab stiger ikke hurtigere end stigningen i velstand alene kan forklare. Det betyder, at der i praksis er investeret væsentligt i beskyttelse mod oversvømmelser i samfundet, hvad enten det er sket som led i klimatilpasning eller med andre begrundelser (f.eks. Weinkle et al, 2018, Paprotny et al, 2025). Det illustrerer samtidigt

vanskelighederne ved retrospektivt at opdele imellem tiltag, der skyldes læring og andre forhold samt på hvilket, eller snarere hvilke, governance niveau, læringen har manifesteret sig i konkrete tiltag. Derfor vil operationelle modeller i et vist omfang skulle benytte sig af indirekte metoder til at skønne værdien af læring, herunder hvilke typer af læring, der er mest relevant at inddrage i konkrete skadesfunktioner og hvordan.

Som nævnt har såvel det nationale som det internationale governance niveau gode muligheder for at lave tiltag, der er baseret på læring udenfor det lokale område og dermed et områdes egne erfaringer. Der er dog også fundet artikler, der har opbygget skadesfunktioner afhængigt dels af oplandets erfaringer og realistiske muligheder for at ændre adfærd. Det må antages, at det er blandt de faktorer, der holder den samlede stigning i omfanget af skader på et acceptabelt niveau for samfundet som helhed.

Singh et al (2025) opbygger en model for skader fra skybrud og vandløb med eksplicit inddragelse af et oplands vidensniveau i form af både borgeres vidensniveau og formelle tiltag til varsling og andre tiltag før og under hændelsen. Den statistiske model indikerer, at med maksimal forberedelse og viden før og under hændelsen er potentialet for at reducere skaderne op til 50-80% i forhold til et samfund helt uden viden.

Endendijk et al (2025) analyserer faktiske og planlagte tiltag efter den meget voldsomme hændelse i Europa i 2021 og konstaterer at der også der er store ønsker og planer om at reducere fremtidige skader, især hvis et område har været ramt i moderat omfang.

4.4. Governance-niveauer

Selvom modellerne ovenfor primært fokuserer på husholdninger, kan læring i princippet forekomme på flere styringsniveauer. Litteraturen er imidlertid skævt fordelt:

Læring på **internationalt niveau** handler primært om normer, retningslinjer og forskningsmetoder, ikke om aktøradfærd. Her udvikles de teoretiske rammer for risikoperception, agentbaserede modeller og økonomisk evaluering (fx Aerts et al 2011, de Moel et al 2013).

Ingen modeller opererer med internationalt beslutningsniveau som "lærende aktør".

National læring omfatter typisk:

- ændringer i lovgivning efter ekstreme hændelser
- budgetprioriteringer
- nationale standarder for skadesopgørelser

Men litteraturen modellerer sjældent dette direkte, da beslutningsprocesser er politisk komplekse og svært kvantificerbare.

Læring på **kommunalt/regionalt niveau** sker ofte gennem:

- beredskabsrespons
- opdatering af lokalplaner
- investeringer i beskyttelse
- ændringer i drift og vedligehold

Der findes dog næsten ingen modeller, der systematisk indarbejder kommunal læring i skadesestimater. Dette skyldes:

- mangel på systematiske data om kommunal adfærd

- stor heterogenitet på tværs af kommuner
- kompleksitet i governance-processer

Husholdning/privat er det klart bedst belyste niveau. Årsagerne er:

- let adgang til surveydata
- håndgribelige tilpasningstiltag (wet/dry-proofing)
- direkte kobling til skadesfunktioner
- læring kan måles i adfærd (Bubeck et al., 2012b)

Derfor fokuserer modellerne næsten udelukkende på dette niveau, selvom det ikke nødvendigvis er det vigtigste for samlet samfundsøkonomisk risiko.

Læringsprocesser har betydelig indflydelse på skadesniveauer over tid, men er ujævnt repræsenteret i modellerne. Den eksisterende litteratur vægter især husholdningers læring, mens kommunale, regionale og nationale processer er underbelyst, primært pga. manglende data og komplekse beslutningsprocesser. Dermed risikerer økonomiske analyser at undervurdere betydningen af governance-kapacitet, planlægning og institutionel læring.

5. Sammenfatning og perspektivering

Der er ingen tvivl om, at der vil være en stigning i antallet og størrelsen af oversvømmelser i både Danmark og internationalt de kommende årtier. Det er ligeledes uundgåeligt, at disse oversvømmelser vil medføre en kraftig læring på alle governance niveauer. Litteraturen viser endvidere, at det historisk i høj grad er et lokalsamfunds egne erfaringer, der danner baggrund for læring. Med andre ord har læring på kommunalt og lavere niveauer i høj grad været afhængig af egne oplevelser.

Der er i litteraturen klare indikationer af, at oversvømmelser har haft skiftende opmærksomhed for samfund over tid, og at risikoen dermed i perioder med mindre opmærksomhed er vokset kraftigt. Det gælder ikke blot i lokalsamfund, men også på f.eks. nationalt niveau. Tidligere erfaringer og viden på internationalt niveau er måske nok formelt erkendt, men andre hensyn vurderes mere væsentlige og derfor er vedholdenhed overfor tidligere erfaringer og nye erkendelser på f.eks. internationalt niveau har haft svært ved at blive integreret på mere lokale niveauer. Denne proces må forventes at blive mindre væsentlig i Danmark fremadrettet, idet oversvømmelser bliver hyppigere og voldsommere. Dermed vil oversvømmelser i stigende grad indgå i relevante projekter med væsentlig vægt, fordi der vil være for kort tid mellem hændelser til, at læring kan negligeres.

Det har indflydelse på opgørelser af den samlede skade som forventes over tid. De nuværende analyser diskonterer fremtidens skader, men inddrager ikke den læring, som vil mindske de samfundsøkonomiske konsekvenser af oversvømmelserne i fremtiden. Det betyder, at manglende inkludering af læring i nogen grad kan modvirke den generelle undervurdering af samfundsøkonomiske konsekvenser, som følger af de nuværende metoder til skadesopgørelse. Det er dog ikke rimeligt at betragte disse to problemer som om de ophæver hinanden. Den generelle undervurdering er et problem her og nu, mens læringen ændrer hvordan skadesomkostningerne vil udvikle sig i fremtiden.

Modellering af skader kan principielt ske i form af partielle analyser såsom cost-benefit analyser eller fulde analyser af samfundsudviklingen, hvor klimaændringer og klimatilpasning indgår. I begge typer af modeller vil det være relevant at vurdere betydningen af læring. De konkrete skadesmodeller som pt. anvendes i Danmark, er alle baseret på partielle analyser og derfor vil sammenfatningen tage udgangspunkt i den type modeller.

Ved vurdering af strategier for klimatilpasning og konkrete klimatilpasningstiltag er det relevant at tage udgangspunkt i den generelle vejledning for samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger (Finansministeriet, 2023). Det konstateres i vejledningen, at udarbejdelsen af samfundsøkonomiske analyser ikke er en standardopgave med faste regler. Der er derimod krav om at tilpasse analysen til den konkrete problemstilling fra gang til gang. Dette gør sig også gældende i spørgsmålet i hvorvidt læring skal inkluderes i analysen, og i så fald hvordan. Finansministeriets vejledning siger, at alle kendte effekter skal identificeres og som minimum beskrives kvalitativt, og kvantificeres, hvis muligt. Begrebet læring er ikke nævnt direkte, men det er afledte effekter, herunder adfærdsændringer, i det omfang, de er relateret til tiltaget. Dermed er læring også væsentlig at inddrage i de samfundsøkonomiske analyser. Det indebærer at:

- En strategi for klimatilpasning eller et konkret tiltag kan f.eks. være ændret infrastruktur eller ændringer i varslinger eller beredskab. Såfremt tiltaget forventes at ændre borgernes eller professionelles adfærd i form af f.eks. øget villighed til at flytte til eller fra et område, investere i ejendom eller andre aktiviteter eller følge anbefalinger for bedre adfærd, så bør det nævnes og enten kvantificeres eller eksplicit omtales som en ikke-værdisat konsekvens.

- Privat læring i form af befolkningens egne erfaringer er vanskelige at inddrage. Dette skyldes at privat læring ikke er en direkte konsekvens af det analyserede tiltag, men opstår som følge af hændelser over tid, hvilket gør det ukalrt, i hvilket omfang læringen skal indlejres i baseline og/eller de analyserede alternativer.
- Som altid i samfundsøkonomiske analyser er der et trin mellem at konstatere, at det på samfunds niveau giver et positivt afkast og så at få projektet realiseret. Internationalt er der meget stor evidens for, at læring kun medfører ændret adfærd i begrænset omfang. Det kan skyldes, at de aktører, der rammes, ikke er i stand til at mobilisere tilstrækkelige af samfundets ressourcer til at det samfundsøkonomiske afkast kan blive realiseret. I en dansk kontekst kan det være lige så relevant, at forskellige aktørers læring ikke er den samme eller at de ikke er enige om, hvad der er mulige scenarier for tilpasning. Endvidere kan der være flere former for klimatilpasningstiltag, der alle har en væsentlig positiv nettonutidsværdi. Dette ses også i et vist omfang afspejlet i de danske diskussioner, dels omkring fortolkning af nyttebegrebet i forbindelse med kystsikring og dels i form af uenighed omkring konkrete tiltag, såvel mellem aktører på samme governance niveau som mellem aktører på forskellige governance niveauer.

Dermed vil inddragelse af læring i nogen grad komme an på formålet med analysen:

- Hvis formålet med analysen er at vurdere et konkret klimatilpasningsprojekt, så bør man ikke indregne læring som et "gratis alternativ". Det vil være metodisk misvisende, fordi man så antager, at adfærdsændringer sker uafhængigt af projektet.
- Hvis formålet derimod er strategisk planlægning eller politisk prioritering, kan man godt, i supplerende scenarier, inddrage læring eksplicit, som minimum i form af n følsomhedsparameter, f.eks. formuleret i denne stil: "Hvis områdets sikring øges med X % i stedet for Y % efter gentagne hændelser, reduceres den samlede skade pr hændelse med X %."

Det bemærkes, at ovenstående er baseret på en antagelse om, at de oplevede oversvømmelser indenfor en periode kan være voldsomme, med stadig indenfor det, så må betegnes som forventelige hændelser.

Der er dog også hændelser, der er så voldsomme, at de medfører abrupte brud med hidtidig planlægning. Der er mange eksempler på dette i international sammenhæng, f.eks. oversvømmelsen af Holland i 1953 og Thailand i 2011. I Holland blev lovgivningen fuldstændigt ændret efter hændelsen og efter Thailand blev man opmærksom på behovet for resiliens, hvilket blandt andet har medført øget opmærksomhed på globale forsyningskæders sårbarhed overfor centralisering. I Danmark er stormfloden i 1982 og skybruddet i København i 2011 eksempler på sådanne hændelser.

Der er i litteraturen nogle eksempler på, hvordan læring kan indarbejdes i skadesmodeller. Der er tale om få artikler, der alle er ret nye. Læringen indarbejdes på principielt to måder:

- *Indarbejdelse i skadesfunktioner.* Afhængigt af et områdes erfaringer med oversvømmelser og kvaliteten af varslinger indarbejdes en reduktion i skadesfunktionen. I nogle tilfælde udgør reduktionen mere end halvdelen af de skader, som beregnes for områder uden erfaringer med oversvømmelser og uden varsling. Læringen kan dermed i væsentlig grad påvirke selve skadesfunktionen, som anvendes til f.eks. samfundsøkonomiske overvejelser og modeller til bidragsfordeling. I praksis vil det medføre, 1) at der bør ske mindre klimatilpasning, fordi prisen for tiltag er uændret mens skaderne falder i fremtiden og 2) at nytten af et tiltag falder for den enkelte bidragsyder over tid, hvilket potentielt kan forskyde balancen mellem de private og offentlige goder, der opnås ved et tiltag.

- *Indarbejdelse som en ændring mellem hændelser.* Oversvømmelser, men også andre begivenheder, giver mulighed for en ændring i såvel arealanvendelse som i hvor sårbart området er overfor en oversvømmelse. Dette benævnes ofte resiliens og indebærer både at samfund og funktioner er mere robuste og at de er mere resiliente, dvs. hurtigere kan komme sig efter ekstreme hændelser og at de under hændelser er mindre sårbare overfor at enkelte elementer falder ud. Læringen har dermed mere betydning for opgørelsen af den samlede skade end for den enkelte skadesfunktion for markedsomsatte goder.

Begge typer af læring er vigtige og giver gode muligheder for at reducere skader fra oversvømmelser over tid. Det er dog ikke gratis at have en sådan læring. Der er udgifter til at monitorere og følge op på hændelser for at sikre, at læringen ekstraheres. Det vil også kræve ressourcer at sikre, at der er en vis enighed blandt forskellige aktører om hvad læringen består i og hvordan den kan anvendes fremadrettet. Derudover vil der skulle afsættes ressourcer til faktisk at implementere læringen i fremtidige strategier. Der er eksempler på gode systemer til sådanne læreprocesser i samfundet, f.eks. ved analyse af flystyrt. Men der er endnu ikke nogen eksempler på, at tilsvarende læringsprocesser er indarbejdede i forbindelse med naturkatastrofer, herunder oversvømmelser.

Indarbejdelsen af læring i skadesfunktioner vil under alle omstændigheder være forbundet med store udfordringer. Udfordringerne vil både være rent konkrete, dvs. at opbygge og verificere en konkret model. En databaseret tilgang vil kræve meget data omkring tilpasning og adfærd, som er vanskelige at identificere på det rigtige niveau. En deterministisk model vil principielt skulle inddrage de samme elementer og samtidigt kunne argumentere for dem i form af rimelige antagelser. Der er derfor brug for et fortsat samspil mellem forskellige faggrupper for at forstå det komplekse samspil mellem specifikke klimatilpasningstiltag og andre processer i samfundet.

6. Referencer

- Aerts CJH & Wouter Botzen WJ. 2011. Flood-resilient waterfront development in New York City: Bridging flood insurance, building codes, and flood zoning. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1227(1), 1–82. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06074.x>
- Albright EA. 2011. Policy change and learning in response to extreme flood events in Hungary: an advocacy coalition approach. *Policy studies journal*, 39(3), 485–511.
- Arnbjerg-Nielsen K, Sneftrup H, Hansen JH, Olsen DB, Seidelin C, Nielsen T og Kunnerup T. 2007. Klimatilpasning af afløbssystemer og metodeafprøvning. Økonomisk analyse. Miljøprojekt 1187. Miljøstyrelsen København. Downloaded januar 2026 fra <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2007/978-87-7052-586-2/pdf/978-87-7052-587-9.pdf>
- Arnbjerg-Nielsen K, Panduro T, Andersen TT, Asmussen MF & Nielsen DS. 2022, *Metodetilgange for beregning af økonomisk skade på bygninger til risikoanalyser ifm. klimatilpasning*. DTU Institut for Miljø og Ressourceteknologi, Kgs. Lyngby. Downloaded januar 2026 fra [https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/299205990/Metoderapport skader DTU AU Ramboll.pdf](https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/299205990/Metoderapport_skader_DTU_AU_Ramboll.pdf)
- Beredskabsstyrelsen (2012). Redegørelse vedrørende skybruddet i Storkøbenhavn den 2. juli 2011. Institut for Beredskabsevaluering. https://www.brs.dk/globalassets/brs---beredskabsstyrelsen/dokumenter/krisestyring-og-beredskabsplanlagning/2020/-redegorelse_om_skybruddet_i_storkobenhavn_2011-.pdf
- Botzen WJW & van den Bergh JCJM. 2009. Bounded Rationality, Climate Risks, and Insurance: Is There a Market for Natural Disasters? *Land Economics*, 85(2), 265–278. <https://doi.org/10.3368/le.85.2.265>
- Bubeck P, Botzen WJW, Kreibich H & Aerts CJH. 2012a. *Long-term development and effectiveness of private flood mitigation measures: an analysis for the German part of the river Rhine*. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 3507–3518. DOI: 10.5194/nhess-12-3507-2012
- Bubeck P, Botzen WJW & Aerts CJH. 2012b. A Review of Risk Perceptions and Other Factors that Influence Flood Mitigation Behavior. *Risk Analysis*, 32(9), 1481–1495. DOI: 10.1111/j.1539-6924.2011.01783
- Clausen CH, Hall M, Seidelin C, Schou J, Brandt CW og Boe A. 2006. Samfundsøkonomiske analyser i forbindelse med klimatilpasninger. Miljøprojekt 1121. Miljøstyrelsen, København. Downloaded januar 2026 fra <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2006/87-7052-249-9/pdf/87-7052-250-2.pdf>
- Dąbrowski M, Stead D, He J, & Yu F. 2021. Adaptive capacity of the Pearl River Delta cities in the face of the growing flood risk: Institutions, ideas and interests. *Urban Studies*, 58(13), 2683–2702. <https://doi.org/10.1177/0042098020951471>
- Damgaard C, Strandmark L, Heideman R, Nielsen T, Emborg L. 2006. Metodemæssige problemstillinger i forbindelse med samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag. Miljøprojekt 1122. Miljøstyrelsen, København. Downloaded januar 2026 fra <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2006/87-7052-251-0/pdf/87-7052-252-9.pdf>

- de Moel H, van Vliet M & Aerts JCJH. 2013. Evaluating the effect of flood damage-reducing measures: a case study of the unembanked area of Rotterdam, the Netherlands. *Regional Environmental Change*. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0420-z>
- di Baldassarre G, Viglione A, Carr G, Kuil L, Yan K, Brandimarte L & Blöschl G. 2015. Debates—Perspectives on socio-hydrology: Capturing feedbacks between physical and social processes. *Water Resources Research*, 51(6), 4770–4781. <https://doi.org/10.1002/2014wr016416>
- di Baldassarre G, Saccà S, Aronica GT, Grimaldi S, Ciullo A & Crisci M. 2017. Human-flood interactions in Rome over the past 150 years. *Advances in Geosciences*, 44, 9–13. <https://doi.org/10.5194/adgeo-44-9-2017>
- DMI. (2023). Varsling af oversvømmelser oprustes. DMI-nyhed. <https://www.dmi.dk/nyheder/2023/varsling-af-oversvømmelser-oprustes>
- Doktycz C & Abkowitz M. 2019. *Loss and Damage Estimation for Extreme Weather Events: State of the Practice*. *Sustainability*, 11(15), 4243. <https://doi.org/10.3390/su11154243>
- DØRS. 2023. Økonomi og Miljø 2023. Kapitel 2. Klimatilpasning i kystzonen. De økonomiske Råd, Formandsskabet, København. Downloaded januar 2026 fra https://dors.dk/files/media/M23_Kapitel%20II_NY.pdf
- Eberhard M, Silva AFR, Eleutério JC, Apel H & Kreibich H. 2025. Assessing the impact of early warning and evacuation on human losses during the 2021 Ahr Valley flood in Germany using agent-based modelling. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 25, 1501–1520. <https://doi.org/10.5194/nhess-25-1501-2025>
- Eckhardt D, Leiras A & Thomé AMT. 2018. *Systematic literature review of methodologies for assessing the costs of disasters*. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 33, 398–416. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.10.010>
- Eggert AL, Löwe R, & Arnbjerg-Nielsen K. 2024. Feedbacks between city development and coastal adaptation: A systems thinking approach. *Ocean & Coastal Management*, 249, 107026. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107026>
- Endendijk T, Rodriguez Castro D, Dillenardt L, Guntu RK, Botzen WJW, de Moel H, Thieken AH, Kreibich H, Dewals BJ & Aerts JCJH. 2025. Flood experience and access to insurance contribute to differences in homeowners' post-disaster adaptation in a cross-border region of Western Europe. *Communications Earth & Environment*, 6(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02385-z>
- Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). 2018. *Act to further improve preventive flood control and simplify flood protection procedures* (Gesetz zur weiteren Verbesserung des Hochwasserschutzes und zur Vereinfachung von Verfahren des Hochwasserschutzes). Berlin: BMU. Retrieved August 18, 2025, from <https://www.bundesumweltministerium.de/en/law/act-to-further-improve-preventive-flood-control-and-simplify-flood-protection-procedures>
- Ferguson AP & Ashley WS. 2017. Spatiotemporal analysis of residential flood exposure in the Atlanta, Georgia metropolitan area. *Natural Hazards*, 87(2), 989–1016. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2806-6>
- Finansministeriet, 2023. Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger. Finansministeriet, København. ISBN: 978-87-94088-59-6. Downloaded november 2025 fra

https://fm.dk/media/m5bp2ead/vejledning-i-samfundsoekonomiske-konsekvensvurderinger-juni-2023_web-a.pdf

Haer T, Botzen WJW, de Moel H & Aerts JCJH. 2016. Integrating Household Risk Mitigation Behavior in Flood Risk Analysis: An Agent-Based Model Approach. *Risk Analysis*, 37(10), 1977–1992.
<https://doi.org/10.1111/risa.12740>

Haer T, Husby TG, Botzen WJW & Aerts JCJH. 2020. The safe development paradox: An agent-based model for flood risk under climate change in the European Union. *Global Environmental Change*, 60, 102009.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.102009>

Haraguchi M & Lall U. 2015. Flood risks and impacts: A case study of Thailand's floods in 2011 and research questions for supply chain decision making. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 14, 256–272.
<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2014.09.005>

IPCC (1994). IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations. Part of the IPCC special report to the first session of the conference of the parties to the UN Framework Convention on Climate Change. ISBN 0 904813 11 8. Downloaded January 2026 from
<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ipcc-technical-guidelines-1994n-1.pdf>

IPCC, 2022: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:[10.1017/9781009325844](https://doi.org/10.1017/9781009325844).

Ishiwatari M & Sasaki D. 2022. Disaster Risk Reduction Funding: Investment Cycle for Flood Protection in Japan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6), 3346.
<https://doi.org/10.3390/ijerph19063346>

Jehmlich C, Hudson P & Thieken AH. 2020. Short contribution on adaptive behaviour of flood-prone companies: A pilot study of Dresden-Laubegast, Germany. *Journal of Flood Risk Management*, 13(4).
<https://doi.org/10.1111/jfr3.12653>

Kolb DA. 1984. *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Köhler L, Masson T, Köhler S & Kuhlicke C. 2023. Better prepared but less resilient: the paradoxical impact of frequent flood experience on adaptive behavior and resilience, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 23, 2787–2806, <https://doi.org/10.5194/nhess-23-2787-2023>

Kool R. 2025. Spatial Climate Change Adaptation using Dynamic Adaptive Policy Pathways (DAPP): Wait, Protect or Retreat?. PhD thesis, DTU Management. Downloaded januar 2026 fra
https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/420308998/2_Thesis_RKool_DEF.pdf

Kreibich H, di Baldassarre G, Vorogushyn S, Aerts JCJH, Apel H, Aronica GT, Arnbjerg-Nielsen K, Bouwer LM, Bubeck P, Caloiero T, Chinh DT, Cortès M, Gain AK, Giampá V, Kuhlicke C, Kundzewicz ZW, Llasat MC, Mård J, Matczak P, Mazzoleni M, Molinari D, Dung NV, Petrucci O, Schröter K, Slager K, Thieken AH, Ward PJ & Merz B. 2017. Adaptation to flood risk: Results of international paired flood event studies. *Earth's Future*, 5: 953-965. <https://doi.org/10.1002/2017EF000606>

- Kreibich H, Sivapalan M, AghaKouchak A, Addor N, Aksoy H, Arheimer B, Arnbjerg-Nielsen K, Vail-Castro C, Cudennec C, Madruga de Brito M, di Baldassarre G, Finger DC, Fowler K, Knoben W, Krueger T, Liu J, Macdonald E, McMillan H, Mendiola EM, ... Blöschl G. 2025. Panta Rhei: a decade of progress in research on change in hydrology and society. *Hydrological Sciences Journal*, 70(7), 1210–1236. <https://doi.org/10.1080/02626667.2025.2469762>
- Kuang D & Liao K-H. 2020. Learning from Floods: Linking flood experience and flood resilience. *Journal of Environmental Management*, 271, 111025. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111025>
- Kuhlicke C, Masson T, Kienzler S, Sieg T, Thieken AH & Kreibich H. 2020. Multiple Flood Experiences and Social Resilience: Findings from Three Surveys on Households and Companies Exposed to the 2013 Flood in Germany. *Weather, Climate, and Society*, 12(1), 63–88. <https://doi.org/10.1175/wcas-d-18-0069.1>
- Kystdirektoratet. 2020. Baggrundsrapport – Genoprettelse (marts 2020). Kystdirektoratet. https://kyst.dk/media/jhxnacpx/baggrundsrapport-genoprettelse-marts_2020.pdf
- Markanday A, Galarraga I & Markandya A. 2019. A Critical Review of Cost-Benefit Analysis for Climate Change Adaptation in Cities. *Climate Change Economics*, 10(04), 1950014. <https://doi.org/10.1142/s2010007819500143>
- Merz B, Vorogushyn S, Lall U, Viglione A & Blöschl G. 2015. Charting unknown waters—On the role of surprise in flood risk assessment and management. *Water Resources Research*, 51(8), 6399–6416. <https://doi.org/10.1002/2015wr017464>
- Oddo PC, Lee BS, Garner GG, Srikrishnan V, Reed PM, Forest CE & Keller K. 2017. Deep Uncertainties in Sea - Level Rise and Storm Surge Projections: Implications for Coastal Flood Risk Management. *Risk Analysis*, 40(1), 153–168. <https://doi.org/10.1111/risa.12888>
- Osberghaus D. 2017. The effect of flood experience on household mitigation—Evidence from longitudinal and insurance data. *Global Environmental Change*, 43, 126–136. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.02.003>
- Paprotny D, Tilloy A, Treu S, Buch A, Voudoukas MI, Feyen L, Kreibich H, Merz B, Frieler K & Mengel M. 2025. Attribution of flood impacts shows strong benefits of adaptation in Europe since 1950. *Science Advances*, 11(33). <https://doi.org/10.1126/sciadv.adt7068>
- Pelling M & Dill K. 2009. Disaster politics: tipping points for change in the adaptation of sociopolitical regimes. *Progress in Human Geography*, 34(1), 21–37. <https://doi.org/10.1177/0309132509105004>
- Refsgaard JC, Arnbjerg-Nielsen K, Drews M, Halsnæs K, Jeppesen E, Madsen H, Markandya A, Olesen JE, Porter JR & Christensen JH. 2013. The role of uncertainty in climate change adaptation strategies—A Danish water management example. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 18(3), 337–359. <https://doi.org/10.1007/s11027-012-9366-6>
- Regeringen. 2008. Strategi for tilpasning til klimaændringer i Danmark. Marts 2008. Downloaded januar 2026 fra https://klimatilpasning.dk/media/veuouwrl/klimatilpasningsstrategi_03032008.pdf
- Renn O, Laubichler M, Lucas K, Kröger W, Schanze J, Scholz RW, & Schweizer P. 2020. Systemic Risks from Different Perspectives. *Risk Analysis*, 42(9), 1902–1920. <https://doi.org/10.1111/risa.13657>

- Shao W, Xian S, Lin N, Kunreuther H, Jackson N, & Goidel K. 2017a. Understanding the effects of past flood events and perceived and estimated flood risks on individuals' voluntary flood insurance purchase behavior. *Water Research*, 108, 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.021>
- Shao W, Xian S, Keim BD, Goidel K & Lin N. 2017b. Understanding perceptions of changing hurricane strength along the US Gulf coast. *International Journal of Climatology*, 37(4), 1716–1727. <https://doi.org/10.1002/joc.4805>
- Shao W, Xian S, Lin N & Small MJ. 2017c. A sequential model to link contextual risk, perception and public support for flood adaptation policy. *Water Research*, 122, 216–225. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.05.072>
- Singh A, Guntu RK, Sairam N, Shahi KR, Buch A, Fischer M, Dhanya CT & Kreibich H. (2025). FLEMOflash – Flood Loss Estimation MOdels for companies and households affected by flash floods. Copernicus GmbH. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2025-1512>
- SMHI. 2025. Samarbete för översvämningsvarningar i Danmark. SMHI-nyhed. [Samarbete för översvämningsvarningar i Danmark — SMHI](https://www.smhi.se/nyheter-och-medier/nyheter/2025/samarbete-for-oversvamningsvarningar-i-danmark)
- Spence A, Poortinga W, Butler C & Pidgeon NF. 2011. Perceptions of climate change and willingness to save energy related to flood experience. *Nature Climate Change*, 1(1), 46–49. <https://doi.org/10.1038/nclimate1059>
- Naturskaderådet. 2014. Beskrivelse af stårmrådets virksomhed. Beretning 2014. Downloaded januar 026 fra <https://naturskaderaadet.dk/media/19333/stormraadetsaarsberetning2014.pdf>
- Tierolf L, Haer T, Botzen WJW, de Bruijn JA, Ton MJ, Reimann L & Aerts JCJH. 2023. A coupled agent-based model for France for simulating adaptation and migration decisions under future coastal flood risk. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31351-y>
- Thieken AH, Bessel T, Kienzler S, Kreibich H, Müller M, Pisi S & Schröter K. 2016. The flood of June 2013 in Germany: how much do we know about its impacts? *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(6), 1519–1540. <https://doi.org/10.5194/nhess-16-1519-2016>
- Thieken AH, Bubeck P, Heidenreich A, von Keyserlingk J, Dillenardt L & Otto A. 2023. Performance of the flood warning system in Germany in July 2021 – insights from affected residents. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23, 973–990. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-973-2023>
- Tobin GA. 1997. *Natural hazards: explanation and integration*. Guilford Press.
- UNDRR (2025). Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Resilience Pays: Investing af financing for our future. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Downloaded from: <https://www.undrr.org/gar/gar2025>
- van der Pol TD, van Ierland EC & Gabbert S. 2015. Economic analysis of adaptive strategies for flood risk management under climate change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 22(2), 267–285. <https://doi.org/10.1007/s11027-015-9637-0>
- Wang J & Johnson DR. 2023. Incorporating learning into direct policy search for flood risk management. *Risk Analysis*, 44(1), 190–202. <https://doi.org/10.1111/risa.14136>

Weinkle J, Landsea C, Collins D, Musulin R, Crompton RP, Klotzbach PJ & Pielke R Jr. 2018. Normalized hurricane damage in the continental United States 1900–2017. *Nature Sustainability*, 1(12), 808–813. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0165-2>

Xian S, Yin J, Lin N & Oppenheimer M. 2018. Influence of risk factors and past events on flood resilience in coastal megacities: Comparative analysis of NYC and Shanghai. *Science of The Total Environment*, 610–611, 1251–1261. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.229>