



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Digitale værktøjer til klimatilpasning MUDP-projekt

MUDP Rapport

August 2024

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion: CBMC Group

ISBN: 978-87-7038-640-1

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram

Projektet, som er beskrevet i denne rapport, er støttet af Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP) under Miljøministeriet, der støtter udvikling, test og demonstration af miljøteknologi.

MUDP investerer i udvikling af fremtidens miljøteknologi til gavn for klima og miljø i Danmark og globalt, samtidig med at dansk vækst og beskæftigelse styrkes. Programmet understøtter dels den bredere miljødagsorden, herunder rent vand, ren luft og sikker kemi, men understøtter også regeringens målsætninger inden for klima, biodiversitet og cirkulær økonomi.

Det er MUDP's bestyrelse, som beslutter, hvilke projekter der skal modtage tilskud. Bestyrelsen betjenes af MUDP-sekretariatet i Miljøstyrelsen.

MUDP-sekretariatet i Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5, 5000 Odense | Tlf. +45 72 54 40 00

Mail: ecoinnovation@mst.dk
[MUDP's hjemmeside](#)

Denne slutrapport er godkendt af MUDP, men det er alene rapportens forfatter/projektlederen, som er ansvarlige for indholdet. Rapporten må citeres med kildeangivelse.

Indhold

1.	Forord	5
2.	Resumé	6
3.	Baggrund og Formål	7
4.	Vigtige begreber	9
4.1	Risiko	9
4.2	Værdier, Skadekurver	11
4.3	Oversvømmelseskort	13
5.	Arbejdspakker	15
5.1	Arbejdspakke 1 - Projektledelse og brugerinteraktion	15
5.2	Arbejdspakke 2 – Design og udvikling af beregnings- og datahåndteringskomponenter	15
5.3	Arbejdspakke 3 - Design og udvikling af brugerinterface samt integration og test	15
5.4	Arbejdspakke 4 - Dataopsamling for løsningstyper til klimatilpasning	16
5.5	Arbejdspakke 5 – Analyse af behov for nye digitale værktøjer til post-DK2020 aktiviteter	16
5.6	Arbejdspakke 6 – Formidling af projektets resultater	17
6.	Metoder	19
6.1	Opsætning af produktionsmiljø	19
6.1.1	Generelt om beregning af risikokort	19
6.1.2	Konfigurationsfil	21
6.2	De enkelte delkomponenter	21
6.2.1	Konfigurationsfil	21
6.2.2	Udtrækning af relevante data	22
6.2.3	Præprocessering af data	23
6.3	Beregning af EAD-kort	25
6.4	Postprocessering og udstilling af EAD-kort	26
7.	CARMS – webservice med risikokort	27
7.1	CARMS Basisudgave	27
7.2	CARMS Kommerciel udgave	28
8.	Perspektivering	29
	Bilag 1.Referencer	31

1. Forord

Denne rapport, præsenterer resultaterne fra MUDP-projektet "Digitale værktøjer til klimatilpasning", som blev gennemført i 2021-2022 i samarbejde mellem CBMC Group, Atkins Danmark og Hydroinform. Ved projektets start deltog også en fjerde partner, "DNNK Udvikling". Denne partner forlod efter eget ønske projektet i starten af 2022, hvorefter de arbejdsplaner, som partneren var ansvarlig for, blev omformuleret og gennemført af de tilbageværende partnere.

En stor tak skal lyde til projektets følgegruppe for at bidrage med synspunkter og vigtige ideer til projektet. Der blev afholdt i alt 5 følgegruppemøder i løbet af projektet. Udover disse møder havde projektet stor gavn af mange individuelle konsultationer med de følgegruppemedlemmer.

Følgegruppen bestod af:

- Malde Volmer Beinthin, Miljøstyrelsen
- Bent Hummelose, Stevns Kommune
- Nils Høgsted, Danmarks Miljøportal
- Heidi Egeberg Johansen, Jammerbugt Kommune
- Kars Kaalund, Kommunernes Landsforening
- Ida Vedel Lange, NOVAFOS
- Lars Wiboe Pilmann, FORS
- Kjartan Gunnarsson Ravn, KR Consult
- Tine Aabye, Forsikring & Pension

En stor tak skal også lyde til de mange klimatilpasningsmedarbejdere i kommuner, forsyningsregioner, rådgivere, m.v., som deltog i én eller flere af projektets tre digitale workshops. I alt deltog mere end 100 personer i mindst én workshop. Uden den feedback, som deltagerne fra disse workshops bidrog med, var projektets resultater blevet mindre relevante og sværere at anvende.

Endelig skal der lyde en stor tak til Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP) under Miljøministeriet for medfinansiering af projektet og særligt til Henrik Dissing og Nanna Rørbech for uvurderlig støtte til at få projektet guidet godt i mål!

2. Resumé

Omkostningerne til at tilpasse vores infrastruktur til den igangværende klimaudvikling er voldsomt store. Der nævnes trecifrede milliardbeløb over en årrække. Det er derfor af stor betydning, at tilpasningsprojekter udvælges og udformes på grundlag af deres samfundsøkonomiske værdi – som beregnes ud fra en analyse af gevinsten (i form af mindre skader) sammenholdt med omkostningen (i form af anlæg og drift af klimatilpasningsanlæg).

Dette MUDP-projekt har ydet et bidrag til, at kommuner og forsyninger i hele Danmark sættes i stand til at gennemføre denne type analyser på et ensartet grundlag i form af landsdækkende risikokort. Disse risikokort er gjort tilgængelige via en ny webservice – CARMS – som er det væsentligste resultat af projektet.

CARMS er udviklet i samarbejde med kommuner, forsyninger og rådgivere, som har leveret forslag til indhold og udformning af de nye værktøjer på en række workshops afholdt som del af projektet.

CARMS bygger på åbne og veldokumenterede data og metoder. CARMS indeholder risikokort for tre typer af oversvømmelser: Fra nedbør (skybrud), fra vandløb og fra hav (stormflod) og dækkende tre klimascenarier: Nutid, 2070 og 2120.

CARMS er udviklet i to udgaver: En basisudgave, som er gratis at benytte for kommuner og forsyninger, og en kommerciel udgave, som er tilgængelig på abonnementsbasis.

Metoder og resultater i CARMS har løbende – parallelt med MUDP-projektet - været afprøvet i praktiske projekter for kommuner og forsyninger. Erfaringerne fra disse projekter er bl.a. indbygget i den kommercielle udgave af CARMS. Blandt de vigtigste erfaringer, som er indhøstet, er, at der er store fordele forbundet med at anvende dynamiske modeller til beregning af oversvømmelses-kort frem for stationære modeller. Sidstnævnte fanger langt fra altid det reelle omfang af oversvømmelserne – med potentiel risiko for, at risikokortene også bliver fejlbehæftede og de samfundsøkonomiske prioriteringer rammer forkert.

Derfor vil fremtidige udgaver af CARMS også fokusere på at opgradere risikokortene til at bygge på oversvømmelseskort fra dynamiske modeller.

3. Baggrund og Formål

Klimaforandringerne, som vi oplever i disse år, medfører bl.a. flere og mere voldsomme skybrud, stigende vandstand og mere voldsomme stormfloder i havet, forøgede oversvømmelser fra vandløb og stigende grundvandsstand. Alle disse udviklinger har potentiale til at forårsage endog meget store skader på vores infrastruktur, såfremt vi ikke gør noget for at beskytte os bedre. Potentialet for skader illustreres f.eks. af skybruddet i Københavnsområdet d. 2. juli 2011, hvor de samlede materielle skader er opgjort til mellem 5 og 10 mia. kr. Det skal bemærkes, at skybruddet – og derfor skaderne – ikke omfattede hele Københavnsområdet, men måske snarere under halvdelen.

Omkostningerne til at tilpasse vores infrastruktur til den igangværende udvikling er også store – regnes der med milliarder – måske endda trecifrede milliardbeløb, som skal investeres over de kommende år. Det er derfor af stor betydning, at vi vælger tilpasningsprojekter, som er effektive (gennem at de rent faktisk kan begrænse skader fra oversvømmelser) og allerhelst at det er netop de projekter, som giver allermost værdi per investeret krone.

Værdi per krone kan i denne sammenhæng sættes lig med undgåede skader. Det bedste estimat for undgåede skader får man ved at beregne forskellen på de forventede fremtidige skader (diskonteret til nutidsværdi) før og efter gennemførelse af planlagte klimatilpasningsprojekter. Disse undgåede skader kan man så sammenholde med de tilhørende investeringsomkostninger (ligeledes diskonteret til nutidsværdi) og derved få en kvantificeret samfundsøkonomisk effekt af de planlagte projekter.

Idéen til MUDP-projektet blev undfanget netop på grundlag af udviklingen af et værktøj til samfundsøkonomisk optimering af risikoanalyser for oversvømmelser fra skybrud, som blev udviklet af CBMC Group som et internt projektværktøj i 2019-20. Det var med andre ord inden, der fandtes et DK2020 initiativ og inden andre vigtige værktøjer, som f.eks. KAMP, eksisterede.

Med DK2020 (som til en start kun dækkede udslip af CO₂) og med regeringens klimamål kom der meget stor fokus i kommunerne på klimaproblematikken. Da DK2020 også fik et tilpasningsspor, voksede behovet for gode værktøjer til at støtte gennemførelsen af DK2020 og til planlægning af klimatilpasning generelt.

Det satte gang i andre initiativer, herunder KAMP og også andre udviklinger i retning af risiko-kortlægning (SkadesØkonomi udviklet af GeoFyn, DTU, LNH Water, AestasGIS, og BEST udviklet af NIRAS - for at nævne to).

Ved udgangen af 2020 kom en ny Serviceniveaubekendtgørelse (og vejledningen kom i anden halvdel af 2021). Denne satte yderligere fokus på brugen af risiko som en indikator for den samfundsmæssige værdi af klimatilpasningsprojekter.

MUDP-projektet blev derfor startet på et tidspunkt, hvor der var stigende behov for nye digitale værktøjer til klimatilpasning – og specifikt værktøjer til at regne på risiko og samfundsøkonomi. **Formålet** med projektet var således at udvikle og udbrede brugen af sådanne værktøjer – med henblik på at opnå bedst mulig samfundsøkonomisk gevinst af de store investeringer i klimatilpasning.

Projektet forløb i en periode, hvor mange nye værktøjer kom på banen, og hvor der hele tiden var behov for at have en tæt dialog med brugerne og fastholde projektets fokus på væsentlige

landvindinger. I en Covid19-tid var det naturligvis en udfordring at holde dialogen med brugere levende, men det lykkedes at få meget stor tilslutning til projektets tre workshops – og derved at få fin feedback på udviklingsplanerne og resultaterne.

Den væsentligste landvinding, som projektet har bidraget med, er den nye webservice CARMS. Denne webservice er den første og indtil videre eneste, som leverer landsdækkende risikokort for oversvømmelser fra skybrud, vandløb og hav – og som vel at mærke stiller disse kort gratis til rådighed for kommuner og forsyninger. Især de kommuner, som endnu ikke har gennemført deres DK2020-aktiviteter kan have umiddelbar nytte af disse risikokort, men alle aktører, som arbejder med klimatilpasning, kan have glæde af den nye service til økonomisk vurdering af potentialet for deres klimatilpasningsprojekter.

4. Vigtige begreber

De vigtigste begreber, som ligger til grund for de udviklede digitale værktøjer (og specifikt den nye webservice CARMS) er kort forklaret i dette kapitel. Til yderligere belysning af disse begreber kan bl.a. henvises til den række af skrifter, som løbende udgives og revideres af IDA's Spildevandskomite. Det drejer sig især om Skrift 31 (REF. /1/), men også flere forudgående skrifter, f.eks. Skrift 27. Nærværende forklaringer er derfor ikke udtømmende.

4.1 Risiko

Et nøglebegreb for planlægning af klimatilpasning er risiko. Vi klimatilpasser for at begrænse risikoen for skader forårsaget af klimarelaterede hændelser, som skybrud og stormflod. Hvis vi kan kvantificere risiko, så kan vi f.eks.:

- Regne på risiko før og efter et klimatilpasningsprojekt – som vi kan sammenholde med prisen på projektet for at beregne, om projektet kan betale sig fra et samfundsøkonomisk perspektiv.
- Sammenligne risiko for forskellige geografiske områder (oplande, bykvarterer, sommerhusområder, osv.) for at forstå, hvor der er mest på spil, så vi kan prioritere klimatilpasningsindsatsen.
- Sammenligne risiko relateret til forskellige typer af hændelser (skybrud, stormflod, etc.), hvilket også kan hjælpe i prioriteringsprocessen.
- Beregne udviklingen i risiko i takt med at klimaet forandres, så vi kan se, hvad der samfundsøkonomisk kan betale sig at lave af indgreb på mellem og på langt sigt.

Vi har derfor brug for at kunne kvantificere risiko generelt for alle typer af oversvømmelser, for alle fremtidige klimascenarier. Og vi har brug for at kvantificere risiko på en måde, som sikrer – så godt som muligt – at tallene er sammenlignelige på tværs af lokation og oversvømmelsesårsag.

Næste del handler derfor om begreber relateret til denne type kvantificering af risiko:

Risiko forbundet med en specifik hændelse er teknisk set defineret som sandsynligheden for at hændelsen indtræder multipliceret med konsekvensen af hændelsen.

Så, hvis en bestemt hændelse (f.eks. en oversvømmelse af en vis størrelse forårsaget af skybrud) i gennemsnit optræder (overskrides) én gang for hver 100 år, og konsekvensen af hændelsen er skader for 100 mio. kr., så er den årlige risiko forbundet med netop denne hændelse: $0,01/\text{år} \times 100 \text{ mio. kr.} = 1 \text{ mio. kr./år}$.

Oversvømmelsen, som forekommer (overskrides) i gennemsnit én gang for hver 100 år benævnes ofte en 100-årshændelse (her: 100 års oversvømmelse). Den siges også at have en gentagelsesperiode på 100 år eller en overskrideshyppighed på 1 gang per 100 år (eller 0,01 gange per år).

Der optræder naturligvis hændelser, som er både større og mindre end 100-årshændelsen. F.eks. vil en 10 års hændelse være en oversvømmelse, som overskrides i gennemsnit én gang i hver 10 årsperiode.

Samlet kan man ud fra kombinationen af hændelser med forskellige gentagelsesperioder og de tilsvarende beregnede skader beregne den Forventede Årlige Skade forårsaget af netop denne type af begivenhed – altså forårsaget af oversvømmelser relateret til skybrud for et givet område. Den Forventede Årlige Skade benævnes også ofte EAD, for Expected Annual Damages. EAD beregnes ved at integrere skaderne for alle overskridelseshyppigheder multipliceret med de tilsvarende skader:

$$EAD = \int_{x_{T_s}}^{\infty} D_x(x_T) f_x(x_T) dx_T$$

hvor

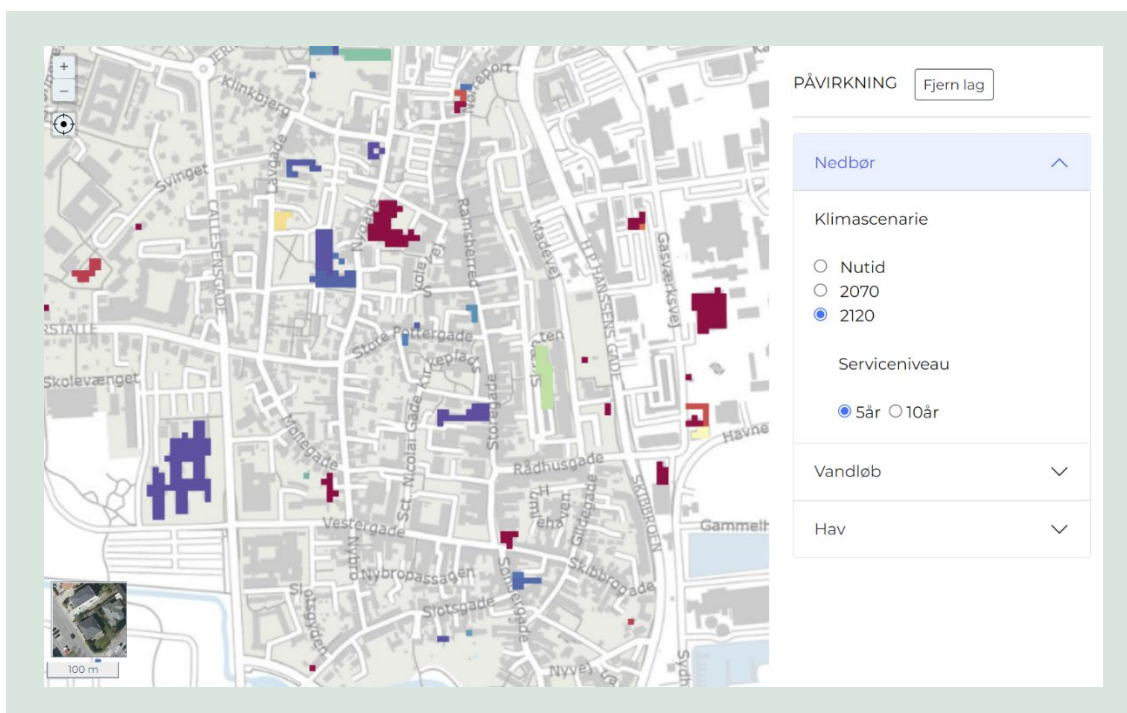
x_{T_s} er den mindste hændelse, der medfører skade,

$D_x(x_T)$ er skadeomkostningen ved hændelsen x_T , og

$f_x(x)$ er sandsynlighedstæthedsfunktionen for årsmaximums-hændelser og sandsynligheden $\rho = 1/T$

Ved at gennemføre denne beregning af EAD for alle delområder i et større område – f.eks. for alle enkeltbygninger i en kommune – kan man etablere et kort, som viser den geografiske fordeling af risiko – et risikokort.

Et risikokort kan f.eks. lægges ind i et GIS system, hvor man så kan fremstille resultaterne set fra forskellige perspektiver (aggregeret til kloakoplande, etc.) og kan sammenstille dem med andre data. Et eksempel på et risikokort er vist i FIGUR 1.



FIGUR 1. Eksempel på risikokort relateret til skybrud, fremskrevet til klimascenarie 2120.

4.2 Værdier, Skadepkurver

EAD-kortet eller Risikokortet er, som nævnt, et udtryk for de Forventede Årlige Skader, som igen er et udtryk for et gennemsnit af skader over en længere årrække.

Skader sker, der hvor der er værdier (nogle gange bruges også det engelske begreb assets), som kan beskadiges ved en oversvømmelse. Man skal med andre ord vide, hvor værdierne befinder sig for at kunne regne skaderne ved en given oversvømmelse ud. Derfor er der brug for **værdikort**.

Et værdikort er mere end blot et kort med fodaftryk for bygninger, veje, jernbaner og andre assets. Kortet skal, ideelt set, også fortælle **typen af assets** på det pågældende sted. Det er derimod ikke nødvendigt, at værdikortet kvantificerer værdierne af de enkelte assets f.eks. i form af offentlige vurderinger af bygningsværdier.

Det skyldes, at de forventede skader ikke er direkte knyttet til de kvantificerede værdier på et givet sted. Skader ved oversvømmelser sker i kælderen og eventuelt stueetagen af en bygning. Derimod kan der ikke normalt (i Danmark) forventes skader på højere etager. Disse bidrager til værdien af et asset, men ikke til størrelsen af skaden.

For at etablere et estimat af selve skaden, mangler der altså et lag af informationer oven på værdikortet. Dette lag skal kvantificere selve skaden for den type af asset, som befinder sig på et givet sted. Denne kvantificering består af en **skadepkurve**, som viser skadens størrelse (ofte per m²) for en given størrelse af oversvømmelse (typisk: skaden for en given vanddybde, men andre parametre kan indgå).

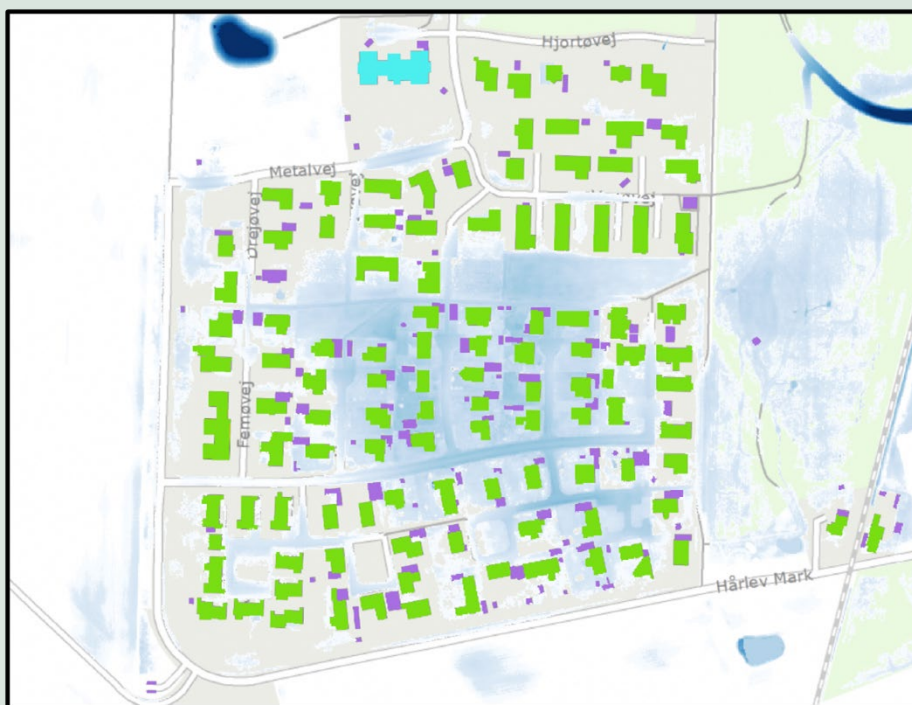
En skadepkurve er med andre ord ikke blot en on/off funktion: Vand på terræn = skade, ikke vand på terræn = ikke skade. Som minimum angiver en skadepkurve, hvilken vanddybde, som medfører skade – en **tærskelværdi**. Det skyldes, at de fleste assets kan tåle en vis minimumsvanddybde uden at blive beskadiget. Tænk: Hus med en sokkel.

I princippet kan der fastsættes individuelle skadepkurver for hvert enkelt asset i et område. I praksis er dette ikke muligt. Derfor fastlægges i stedet én skadepkurve per type af asset, hvor en type f.eks. kan være "beboelse uden kælder" eller "erhverv med kælder". BBR indeholder klassifikationer, som kan anvendes i denne sammenhæng, og det er muligt at finde offentligt tilgængelige bud på skadepkurver for de asset-typer, som er registreret i BBR.

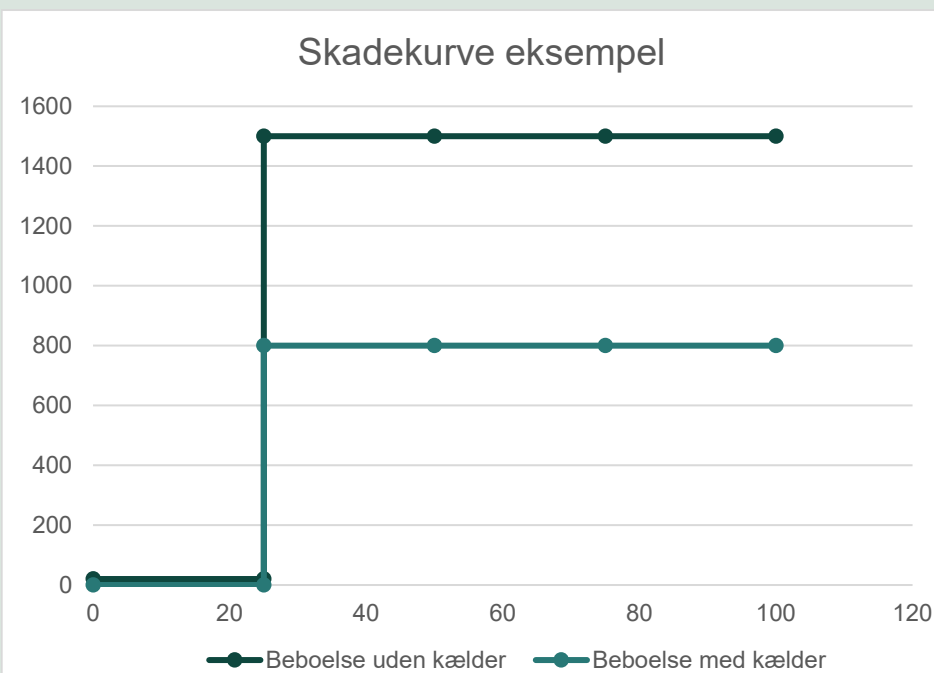
Dét, der er brug for at kortlægge, før man kan beregne EAD er med andre ord:

- Værdityper (eller asset typer)
- Tilhørende skadepkurver for hver type af værdi

Disse er illustreret i FIGUR 2 og FIGUR 3.



FIGUR 2. Eksempel, værditypekort. Grøn = beboelse uden kælder, Lilla = garage eller udhus, lyseblå = offentlig uden kælder.



FIGUR 3. Eksempel, skadekurver (x-aksen angiver vanddybden i cm og y-aksen viser skaden i kr./m²).

4.3 Oversvømmelseskort

Oversvømmelseskort findes i flere former. Eftersom skader beregnes ud fra skadecurver, som typisk er afhængige af vanddybden på stedet, så er der som minimum behov for kort over **vanddybderne** for de relevante oversvømmelser.

Vanddybderne for en oversvømmelse med en given gentagelsesperiode er ikke noget, man kan måle eller observere sig frem til med en fornuftig stedlig opløsning og for de relevante gentagelsesperioder. I stedet er den eneste mulighed at bruge **modeller** til at beregne oversvømmelsernes størrelse.

Der findes mange forskellige typer af modeller med hver sine fordele og ulemper. De mange typer kan opdeles i to hovedgrupper:

1. **Stationære** modeller (i Danmark ofte eksemplificeret med Scalgo Live)
2. **Dynamiske** modeller (i Danmark ofte eksemplificeret med MIKE)

I en **stationær** (eller ikke-dynamisk) model tages ikke hensyn til den tidlige faktor. Modellen viser således, hvor vandet fra et skybrud eller en oversvømmelse fra hav ender – dvs. hvilke lavninger i terrænet, der oversvømmes for en given regnmængde eller havvandstand under nogle simplificerede antagelser, primært:

1. Ingen forsinkelser af strømning over land, ingen opstuvninger på terræn
2. Ubegrænset kapacitet af kanaler og rør til at flytte vand uden forsinkelser

En stationær model viser, med andre ord, hvor vandet ender, når oversvømmelsen **er afsluttet**. Dette gælder også selv om man vælger at inkludere elementer i modellen, som f.eks. tager hensyn til nedrivning eller stedsvariable beskrivelser af nedbør, etc. Modellen siger derimod ikke noget om, hvad den maksimale vanddybde har været **undervejs** i oversvømmelsen.

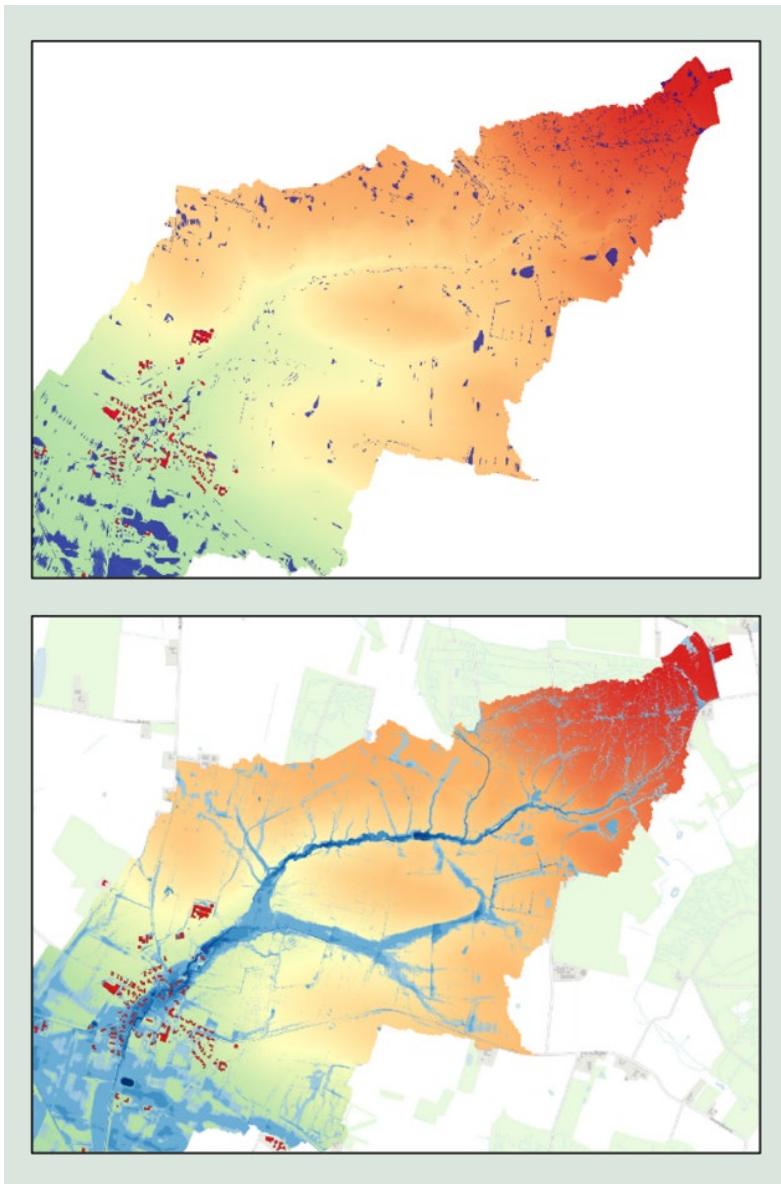
Hvis man anvender en **dynamisk** model, så får man belyst en række fysiske forhold, som stationære modelværktøjer ikke er designet til at regne på, heriblandt:

- Effekten af veje, indsnævring og rørlagte vejunderføringer, som forsinker afstrømningen
- Tilsvarende også effekten af forsinkende strukturer til vandparkering og lignende
- Afstrømning og oversvømmelser, som finder sted i perioden fra at regnen rammer terrænet, til vandet når frem til en lavning eller et vandløb/afløbssystem
- Effekten af diger, som oversvømmes kortvarigt, og som derfor stadig har en virkning ved at forsinke og reducere oversvømmelserne fra hav

Fordelene ved stationære modeller er hastighed og pris. Der findes præberegnete datasæt for hele Danmark, baseret på stationære modeller. Disse data gør det muligt at etablere oversvømmelseskort relativt nemt og dermed billigt.

Fordelene ved dynamiske modeller er primært, at de giver svaret på det egentlige spørgsmål: Hvad er de maksimale vandstande i hver del af modelområdet for et givet skybrud eller en given stormflod. Det svar giver en stationær model ikke.

Betydningen af valget af model er illustreret i FIGUR 4, som viser to modelleringer af oversvømmelser i forbindelse med et voldsomt skybrud i Haderslev kommune i juli 2021. Lokale observationer viser klart, at den stationære model ikke gengiver hændelsen, mens den dynamiske model rammer oversvømmelsens udbredelse og dybde godt.



FIGUR 4. Maksimale oversvømmelser i Fole, Haderslev Kommune ved 150 mm nedbør (stationær model øverst, dynamisk model nederst).

Der er mange andre relevante aspekter og vejvalg i relation til oversvømmelsesmodellering. De handler primært om, hvordan man fastlægger randbetingelserne for modellerne, herunder:

- Nedbøren svarende til en given gentagelsesperiode
- Vandstanden i hav svarende til en given gentagelsesperiode
- Tidslige variationer af de to foregående, hvis man benytter en dynamisk model
- Nedsivning som funktion af befæstelsesgrad, jordbundsforhold, etc.
- Interaktion mellem strømning på overfladen og strømning i et eventuelt afløbssystem

Der henvises til den omfattende litteratur om modellering for diskussioner af disse emner. I metodeafsnittet (Kapitel 6) indgår beskrivelser af, hvordan nogle af disse randbetingelser er håndteret i forbindelse med beregningerne, som ligger i CARMS.

5. Arbejdspakker

I dette kapitel redegøres kort for indholdet af de 6 arbejdspakker, som projektet har været opdelt i.

5.1 Arbejdspakke 1 - Projektledelse og brugerinteraktion

I denne arbejdspakke blev systembeskrivelsen for projektets tekniske løsning udviklet i samarbejde mellem udviklingsteamet og de deltagende kommuner, forsyninger og interesseorganisationer. Dette skete på grundlag af tre fælles workshops i starten af projektet, midtvejs og ved slutningen af projektet.

Arbejdspakken indeholdt også aktiviteter relateret til den overordnede styring af projektet herunder den løbende rapportering til MUDP. Dette inkluderede ledelse af og deltagelse i projektets styregruppe, som bestod af deltagere fra alle projektpartnere plus en repræsentant for Miljøstyrelsen. Endelig indeholdt arbejdspakken også etableringen og styringen af en projektfølgegruppe med deltagelse af interessenter fra kommuner, forsyninger og offentlige myndigheder.

5.2 Arbejdspakke 2 – Design og udvikling af beregnings- og datahåndterings-komponenter

Eksisterende prototyper til automatiseret beregning af værdikort og risikokort blev videreudviklet bl.a. med komponenter til automatisering af data flows fra eksterne datakilder.

Softwareløsningens økonomiske beregningskomponenter følger forskrifterne i IDA Spildevandskomiteens Skrift 27 og 31. De var på forhånd afprøvet i den eksisterende prototype.

Efter feedback fra brugerne i workshops 1 og 2 blev udviklingen af værktøjerne fokuseret i retning af meget stor brugervenlighed. Dette skete primært ved at ændre specifikationerne i retning af præ-beregne risikokort – og undlade mere komplicerede beregnings-features, som f.eks. CO₂-beregninger af anlægstyper. Denne justering af fokus blev drøftet i Styregruppen, som accepterede brugerønskerne og de tilhørende ændringer i projektplanen og de tilhørende leverancer.

En konsekvens af prioriteringen af præ-beregne risikokort var, at projektet kom til at omfatte en særdeles stor dataprocesseringskomponent og komponenter til håndtering og visualisering af meget store datamængder. Projektet fik derfor af Styregruppen tilladelse til at justere anvendelsen af projektets udlægspost, som oprindeligt var planlagt anvendt til fysiske workshops, (som grundet Covid19 blev til virtuelle workshops), til i stedet at dække omkostninger til adgang til og brug af en beregningsserver med stor datakapacitet.

Alle komponenter er dokumenteret og blev enhedstestet, så de var klar til integration fra version 0.9.

5.3 Arbejdspakke 3 - Design og udvikling af brugerinterface samt integration og test

Webbaserede brugergrænseflader til hele pakken af værktøjer blev udviklet på basis af de tilsvarende komponenter i cFlow-suiten udviklet af Atkins Danmark til dataintegration, proceshåndtering og datavisualisering med webbaserede teknologier. cFlow indeholder allerede alle nødvendige grundfaciliteter. Brugerinterface-designet er et vigtigt resultat af kommuners og

forsyningers input via Arbejdspakke 1. I Arbejdspakke 3 blev cFlow konfigureret til brug i de nye værktøjer, og de konfigurerede værktøjer blev dokumenteret og testet.

De udviklede værktøjer blev integreret til én sammenhængende web-service, som blev testet med hensyn til workflows, data-flows baseret på de use-cases, som blev udviklet i Arbejdspakke 1. Disse tests blev dokumenteret, så de kan benyttes fremad til validering og benchmarking, når der sker systemopdateringer. Samlet dokumentation for Version 1.0 af produktet blev udarbejdet og frigivet til lancering af den nye webservice.

5.4 Arbejdspakke 4 - Dataopsamling for løsningstyper til klimatilpasning

Data for beregning af risikokort er hentet fra en række kilder, herunder SDFI og Miljøstyrelsens PLASK. Med den under Arbejdspakke 2 beskrevne prioritering af indsatsen blev behovet for data om løsningstyper nedprioriteret, mens dataindsamling til risikokortberegningerne blev op-prioriteret. Dette er reflekteret i Datarapporten.

Som en del af de justerede Arbejdspakker 4 og 5 blev der gennemført en spørgeskemaundersøgelse med henblik på erfaringsopsamling fra klimatilpasnings-ansvarlige i kommunerne. Erfaringer med løsningstyper til klimatilpasning indgik som et element i spørgeskemaet.

Spørgeskemaet blev udviklet i samråd med CONCITO og med forhåndsorientering af de klimaansvarlige hos de fem regioner. Hovedvægten i spørgeskemaet lå på erfaringsopsamling fra kommunernes udarbejdelse af klimatilpasningsplaner, som i meget høj grad gennemføres i regi af DK2020. DK2020 er et projekt støttet af Realdania, som giver danske kommuner mulighed for at løfte det lokale klimaarbejde til international best practice. Gennem forløbet får kommunerne rådgivning og sparring til at udvikle en ambitiøs lokal klimahandlingsplan, som bl.a. viser, hvordan kommunen vil tilpasse sig klimaforandringerne, (se [dette link](#)).

Erfaringsopsamlingen omfattede fire delelementer:

1. Erfaringer med DK2020-processen og med planlægning af klima-tilpasning i kommunerne – herunder interessentinddragelsen
2. Planlægning af de næste skridt (eksekvering af DK2020 planerne) – herunder viden om og valg af løsnings-koncepter
3. Forankring af den opbyggede viden i kommunerne
4. Forbedringsmuligheder for næste runde af planlægning af klima-tilpasning, herunder hvilke IT-værktøjer og data, der ville være nyttige til formålet

Samme emner var grundlag for diskussionerne på de regionalt organiserede workshops.

Spørgeskemaerne blev udsendt personligt til ca. 130 klimamedarbejdere – mindst én per kommune. Der blev fulgt op med rykkere en uge efter udsendelsen.

41 spørgeskemaer kom retur og blev analyseret. Resultaterne fra spørgeskemaundersøgelsen blev samlet i en rapport, som blev præsenteret på en virtuel workshop, hvor svarpersonerne, Miljøstyrelsen, CONCITO og regionerne var inviteret.

5.5 Arbejdspakke 5 – Analyse af behov for nye digitale værktøjer til post-DK2020 aktiviteter

Som led i DK2020 projekterne har kommunerne bl.a. opdateret deres risikokortlægning – og kommunerne får i kraft af indeværende projekt adgang til detaljerede risikokort for oversvømmelser fra nedbør, fra vandløb og fra havet.

Når kommunerne og forsyningerne skal eksekvere på de nye klimatilpasningsplaner, så vil der være behov for nye digitale værktøjer, som – baseret på risikokoncepter og -beregninger – kan regne detaljeret på de samfundsøkonomiske konsekvenser af konkrete investeringer. Målsætningen i denne arbejdsplan er at analysere disse behov i samarbejde med interessenter fra kommuner, forsyninger og myndigheder og rapportere resultaterne i en teknisk note.

I denne arbejdsplan er der afholdt en serie workshops for kommunale klima-tilpasningsmedarbejdere – primært DK2020 programledere i kommunerne.

Der blev organiseret 5 arrangementer med kursus i CARMS om formiddagen og workshops om eftermiddagen – et arrangement i hver region. Der blev sendt individuelle invitationer til ca. 130 kommunale medarbejdere – minimum én i hver kommune.

Desværre var tilslutningen ikke stor nok til at retfærdiggøre fysiske møder i alle fem regioner. Derfor blev deltagerne fra Region Sjælland inviteret til København, deltagerne i Region Syddanmark blev inviteret til Aarhus (hvilket flertallet tog imod) og deltagerne fra Region Nordjylland fik valget mellem at fastholde et fysisk arrangement i Aalborg, flytte til mødet i Aarhus eller ændre mødet til et virtuelt arrangement. Valget faldt enstemmigt på at ændre til et virtuelt møde.

Der blev derfor afholdt fysiske arrangementer i København (1. november) og Aarhus (8. november) samt et virtuelt møde for Region Nordjylland (7. november).

Møderne fungerede fint til udveksling af erfaringer med de gennemførte DK2020 aktiviteter og forventninger med hensyn til de næste skridt såvel som til kommende runder af klimatilpasningsplanlægning. Herunder var der også gode meningsudvekslinger vedrørende behov for forbedringer i datagrundlag og digitale værktøjer.

Nogle nøglebetragtninger fra disse workshops er uddraget og rapporteret i en teknisk note.

5.6 Arbejdsplan 6 – Formidling af projektets resultater

En vigtig forudsætning for, at de nyudviklede softwareværktøjer kan blive levende og effektive, er, at kommuner, forsyninger og private virksomheder bidrager med data. En vigtig del af dette projekt er derfor en række aktiviteter, som skal udbrede viden om værktøjerne og platformene.

Version 1.0 af de digitale værktøjer udviklet i projektet bliver stillet til rådighed i 2 udgaver: En gratis version og en abonnementsbaseret version.

For at sikre maksimal dækning af formidlingen af mulighederne i de nye værktøjer i Danmark er der udviklet kursusmaterialer for to kurser dækkende de to versioner.

Der har været udbudt fem fysiske kurser, ét i hver region, hvoraf dog kun to fik tilstrækkelig tilslutning, til at de kunne afholdes. Sammen med et virtuelt kursus har der været afholdt kurser med deltagelse af kommuner fra alle fem regioner. Kurserne har været gratis for deltagerne.

CARMS blev endvidere introduceret for en stor gruppe af deltagere i et virtuelt seminar organiseret af KL og DNNK i august 2022.

For at formidle principperne bag og mulighederne i de nye værktøjer til et internationalt publikum er værktøjerne ligeledes blevet præsenteret i forbindelse med IWA-kongressen i København i september måned. Der blev til formålet udviklet materiale på engelsk, som beskriver metoderne og deres anvendelsesmuligheder.

Endelig blev CARMS også præsenteret på en udstilling i forbindelse med afslutningskonferencen for Coast-to-Coast projektet i Aarhus i oktober 2022.

6. Metoder

De endelige EAD-kort beregnes med CBMC Group's egenudviklet software UCAT. UCAT anvender principperne fra Spildevandskomiteens Skrift 31 (jf. REF. /1/) under IDA's. Inputdata til UCAT er følgende parametre:

- Digital terrænmodel
- Oversvømmelseskort for en række gentagelsesperioder, samt
- Værdikort med tilhørende skadepkurver

Det er tidligt i MUDP projektet besluttet at etablere både en gratisversion og en betalingsversion af værktøjet. Gratisversionen baseres på offentlig tilgængelige datasæt herunder bygninger, som udgør de eneste værdier, som bidrager til skader ved oversvømmelser.

Gratisversionen vil tillige inddrage oversvømmelser fra 3 kilder:

- Ekstremnedbør
- Stormflod, samt
- Vandløb

For nedbøren vil der blive beregnet 2 serviceniveauer svarende til henholdsvis 5 og 10 år.

For hver af de 3 kilder vil der blive gennemført i alt 3 klimascenarier:

- Nutid
- 2070, samt
- 2120

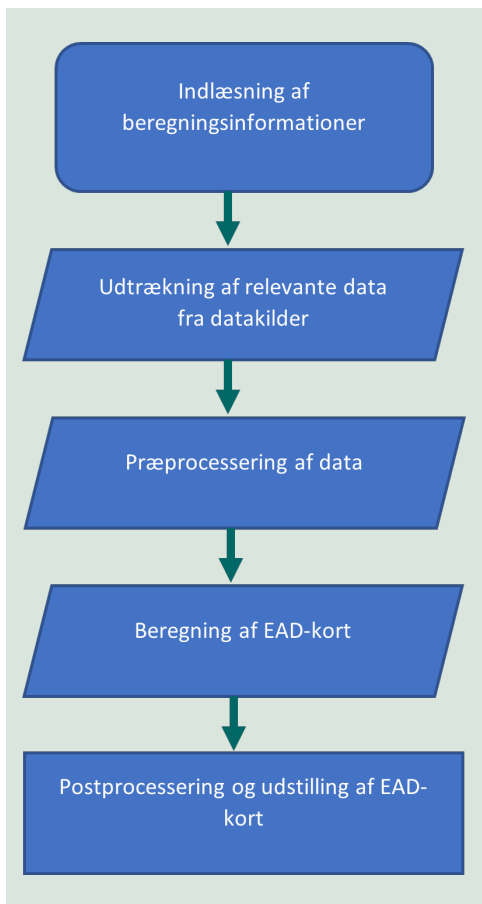
Dvs. gratisversionen vil inkludere i alt 12 forskellige EAD-kort dækkende hele Danmark.

6.1 Opsætning af produktionsmiljø

6.1.1 Generelt om beregning af risikokort

Arbejdsplan 2 omhandler blandt andet opsætning af produktionsmiljøet, således at hele processen er automatiseret eller i den udstrækning, det er muligt.

MUDP-partnerne har besluttet at EAD-kortene bliver præsenteret på kommune-basis, og denne beslutning er nedrevet i produktionsmiljøet. FIGUR 5 viser princippet i produktionsmiljøet.



FIGUR 5. Principskitse for produktionsmiljøet.

Det har været essentielt, at afviklingen af beregningerne baseres på offentlige tilgængelige data. Derfor blev det tidligt i projektføreløbet besluttet, at når det gælder gratis-versionen, skulle al input data baseres på SDFI (tidligere SDFE) data, dvs.

- Terrænmodellen baseres på seneste version af Danmarks højdemodel i 40cm opløsning,
- Oversvømmelseskort baseres på BlueSpot data for nedbør og havvand, og HIP data for vandløb
- Værdikortene baseres på bygningsinformationer i INSPIRE databasen.

Produktionsmiljøet henter derfor i en automatisk proces terrænmodel data i to forskellige udgaver: Den hydrologisk tilpassede højdemodel for henholdsvis nedbør og havvand. De to versioner er karakteriseret ved, at de begge er baseret på Danmarks højdemodel (DTM), hvor det såkaldte tilpasningslag er anvendt for henholdsvis nedbør og havvand (jf. [DHYMRAIN](#) og [DHYMSEA](#) for flere detaljer).

Produktionsmiljøet tillader en aggregering af data således at det endelige output kan udstilles i anden opløsning end basisopløsningen på 40cm. I gratisversionen er det blevet besluttet at alle beregningerne af risikokortene foretages i en 160cm opløsning, som efterfølgende igen udstilles på i en 8m opløsning.

6.1.2 Konfigurationsfil

Produktionsmiljøet gør brug af en konfigurationsfil, som initialiserer en række parametre, som anvendes i produktionsmiljøet. Nedenfor ses en liste med alle de parametre, som indgår i konfigurationsfilen.

- CBMC_PATH stinavn til diverse programmer
- BASE_DIR stinavn til folder for al input - output
- TEMP_DIR stinavn til midlertidig arbejdsfolder
- LOCAL_ZIP_ARCHIVE stinavn til midlertidig arkivfolder
- ZIP_ARCHIVE stinavn til overordnet data arkivfolder
- TIFF_ARCHIVE stinavn til tiff dataarkiv
- SHP_ARCHIVE stinavn til overordnet shapefile arkiv
- ASSET_ARCHIVE stinavn til bygnings shapefile arkiv
- D2D_ARCHIVE stinavn til arkiv med dynamiske data
- UCAT_TEMPLATE_NAME template navn til UCAT
- RETURNPERIOD_PREFIX prefix til tekstfil med gentagelsesperioder
- ASSET_SPECS navn på tekstfil med værdier
- OUTLIER_PCT (intern) parameter til frasortering af data

Konfigurationsfilen tjener til det formål, at produktionsmiljøet bliver meget brugervenligt, idet placering af filer mm bliver helt fleksibelt. Eksempelvis kan arkivdata med bluespot data, topografi, bygningsdata ligge på forskellige servere.

6.2 De enkelte delkomponenter

I nedenstående benævnes hovedprogrammet for produktionsmiljøet UCATTools. Programmet accepterer en række argumenter, som fortæller programmet, hvilken kommune, klimascenarier, oversvømmelsestyper der skal regnes på, samt om der skal ske en arealmæssig aggregering af resultaterne.

6.2.1 Konfigurationsfil

Som nævnt indledningsvis er produktionsmiljøet lagt an på at beregne risikokortene på kommuneniveau. Input data er derfor

- Kommunenavn
- Oversvømmelsesårsag (nedbør, havvand og/eller vandløb)
- Oversvømmelsesgrundlag
- Klimascenarie (i dag, 2070 og/eller 2120)
- Serviceniveau (kun for nedbør)
- Aggregering af output resultater (multiplum af 40cm)

Et eksempel på en indlæsning kunne være:

```
UCATTools -m Holstebro -s Today -s 2070 -s 2120 -sl 5 -sl 10 -e Rainfall -be Rainfall -a 4
```

Ovenstående argumenter bliver tolket som angivet i TABEL 1 nedenfor.

TABEL 1. Input parametre til produktionsværktøjet og deres betydning.

-m	municipality	Kommune som der regnes på
-s	scenario	Klimascenarie som indgår i beregningerne Tilladte valg er: <ul style="list-style-type: none">• Today samt• år
-sl	Service level	Afløbssystemets serviceniveau (kun aktuelt for nedbør). Tilladte valg er: <ul style="list-style-type: none">• 5 år samt• 10 år
-e	event	Oversvømmelsestype Tilladte typer er: <ul style="list-style-type: none">• Rainfall• Rivers• SeaLevel• (Groundwater)• (Dynamic2D)
-be	base event	Beregningsgrundlaget for oversvømmelsestyperne Tilladte grundlag er: <ul style="list-style-type: none">• Rainfall (SDFI bluespot)• Rivers (KD)• SeaLevel (SDFI bluespot)• Groundwater (HIP)• Dynamic2D (eksterne 2D modelresultater)
-a	aggregation	Faktor (heltal) til aggregering af resultater.

Beregning af risikokort for stigende terrænnært grundvand og indlæsning af eksterne 2D modelresultater er ikke inkluderet i nærværende MUDP-projekt. Værktøjet er dog designmæssigt forberedt på disse udbygninger.

Ovenstående argumenter tolkes således, at UCATTtools vil beregne risikokort for Holstebro kommune hidrørende fra nedbør med afsæt i bluespot datasættene for klimascenarierne Nutid, 2070 og 2120 for to serviceniveauer (henholdsvis 5 og 10 år) samt at resultaterne aggregeres op til 160cm horisontal opløsning.

6.2.2 Udtrækning af relevante data

På baggrund af kommunenavnet identificerer produktionsmiljøet de relevante 10km x 10km zip-filer hos SDFI, som omfavner den valgte kommune. Zip-filerne kopieres og pakkes ud lokalt på beregningsserveren, hvorefter alle relevante 1kmx1km store kvadrater (engelsk: tiles), som helt eller delvist omfavner kommunen gemmes i lokale foldere.

Både terrænmodel og evt. bluespot data hentes og processeres i en 40cm opløsning. Dette er nødvendigt for at sikre at alle detaljerne indgår så korrekt som muligt i risikoberegningerne.

Ovennævnte datasæt ligger i raster format.

På lignende vis anvendes polygonen af kommunen til at hente, udpakke og udtrække bygningsdata fra INSPIRE databasen. Dette datasæt ligger i shapefile-formatet.

6.2.3 Præprocessering af data

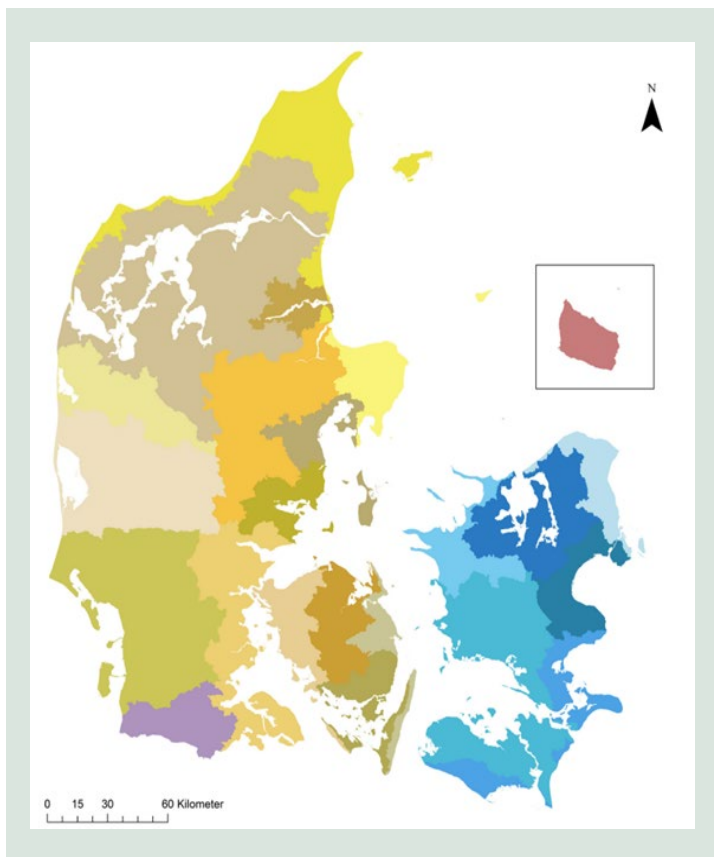
Bluespot datasæt består af informationer om hvilken nedbør, der skal til for, at den aktuelle celle bliver våd. CBMC Group anvender et egenudviklet værktøj til at omsætte denne information til aktuelle vanddybder. Dette værktøj producerer med andre ord et rasterkort over vanddybderne (i hver celle) ved en nedbørshændelse på f.eks. 30mm. Det er ultimativt disse oversvømmelseskort, som indgår i UCAT beregningerne.

Oversvømmelseskortene beregnes for 7 forskellige nedbørshændelser eller havvandsstigninger. For vandløb er der kun muligt at etablere oversvømmelseskort for 3 hændelser. For hver hændelse tilknyttes en returperiode, som indgår i beregningen af risikokortene. Returperioden vil afhænge af klimascenariet, således at en 30mm nedbørshændelse, som i dag f.eks. svarer til en gentagelsesperiode på 15 år, vil i 2070 scenariet svare til en gentagelsesperiode på f.eks. 9 år og måske i 2120 svare til en gentagelsesperiode på 4 år.

Antallet af oversvømmelseshændelser og gentagelsesperioder mm indlæses fra en tekstfil (defineret i konfigurationsfilen).

Fremskrivningen af gentagelsesperioderne følger anvisningerne i Spildevandskomiteens Skrift 30 (REF. /2/). Det er normal praksis i mange klimatilpasningsanalyser at anvende et RCP4.5 klimascenarie for de første 50 års fremskrivning, mens der anvendes et RCP8.5 scenarie for de efterfølgende 50 år. Dette koncept er derfor også indlejret i produktionsmiljøet.

For havvand anvendes en sektorinddeling af de danske kyststrækninger. Sektorinddelingen følger anbefalingerne fra kystdirektoratet (REF. /3/). Sektorinddelingen er gengivet i FIGUR 6. For hver sektor er der etableret en langtidsstatistik af havvandspejlet, som indgår i ansættelsen af gentagelsesperioderne sammen med prognoserne for de generelle havvandspejlstigninger (jf. REF. /4/).



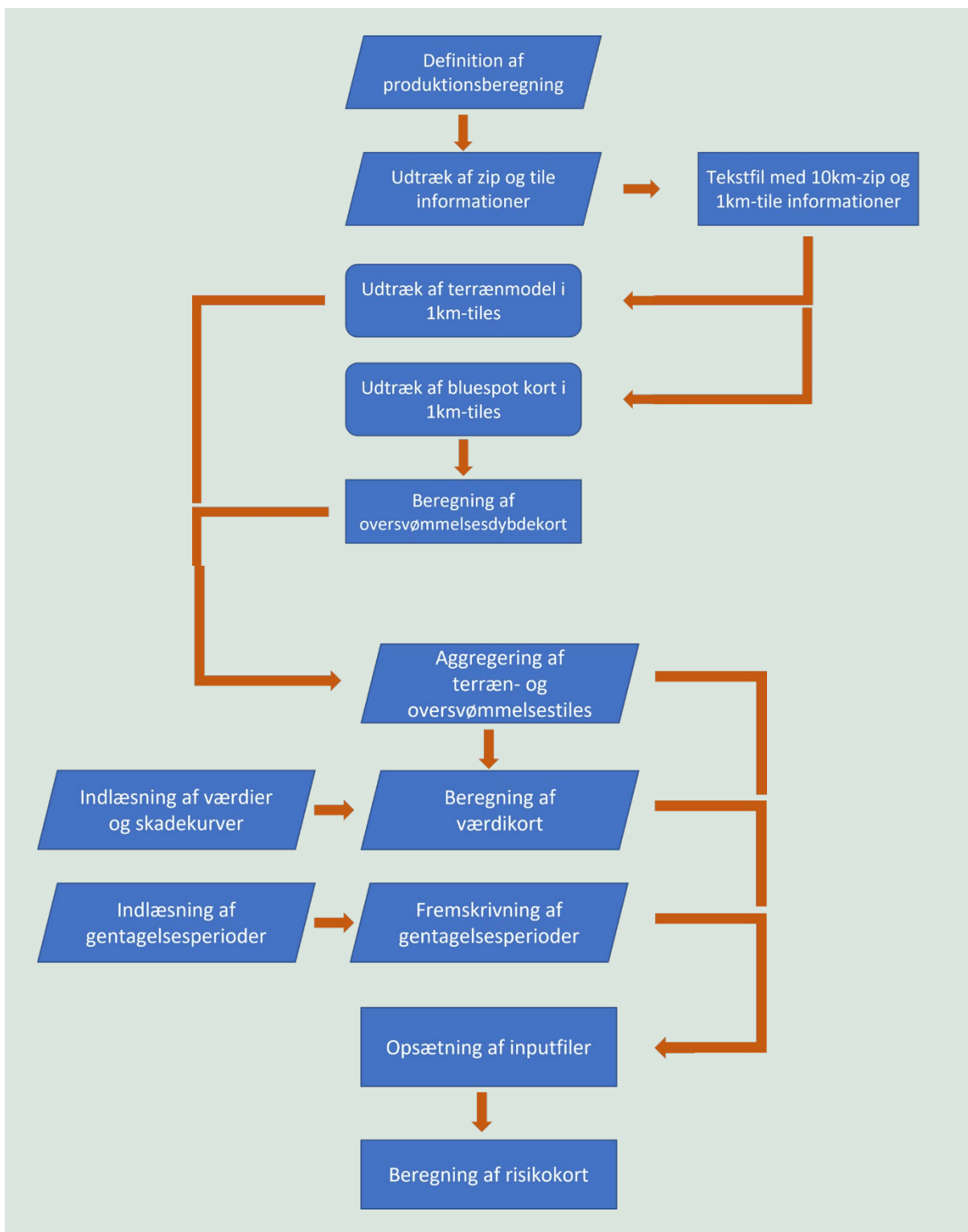
FIGUR 6. Sektorinddeling af kyststrækninger i Danmark (fra REF. /3./).

Oversvømmelseskort for vandløbs eksisterer som tiff-filer på kommuneniveau for 3 forskellige gentagelsesperioder (jf. REF. /5/). Disse tiff-filer opdeles i tiles, som svarer til terrænmodellen (og bluespots).

På baggrund af bygningsdataene etableres der et værdikort i rasterformat med en kodning af alle de værdier, som indgår i risikoberegningerne. I gratisversionen er det besluttet kun at indregne bygninger, og der skelnes ikke imellem anvendelsen af bygningerne (f.eks. beboelse, erhverv, industri etc.) eller type (fritid, med/uden kælder, etc.). Til hver værdikode anvendes en skadekurve (kr./m²), som funktion af vanddybden samt en tærskelværdi. Sidstnævnte er et udtryk for, hvor stor vanddybden skal være, før der indtræder en skade. Skadekurverne kan frit ansættes af brugerne, men i udgangspunktet anvendes værdier fra Miljøstyrelsens PLASK database. Antallet af værdier og deres skadekurver mm indlæses via en tekstfil (AS-SET_SPECS), som defineres i konfigurationsfilen.

Hele processen med præprocesseringen er fuldautomatiseret med afsæt i de indlæste beregningsinformationer (jf. afsnit 6.2.3). Processen er skematisk vist i FIGUR 7.

Det er muligt at afvikle beregningerne for flere oversvømmelsestyper samtidig. Dette er især en fordel for nedbør og vandløb, hvor terrænmodellen er identisk. For havvand anvendes der en anden terrænmodel, hvorfor der ikke vindes meget i beregningstiden ved en samtidig afvikling.



FIGUR 7. Overordnet workflow for produktionsmiljøet.

6.3 Beregning af EAD-kort

På baggrund af de præprocesserede datasæt (jf. afsnit 6.2.3) etableres et sæt parametre som input til selve UCAT-programmet. Dette program beregner den årlige forventelige skade i henhold til Spildevandskomiteens Skrift 31 under IDA:

$$EAD = \int_{x_{Ts}}^{\infty} D_x(x_T) f_x(x_T) dx_T$$

hvor x_{T_s} er den mindste hændelse, der medfører skade, $D_X(x_T)$ er skadeomkostningen ved hændelsen x_T , og $f_X(x)$ er sandsynlighedstæthedsfunktionen for årsmaximums-hændelser og sandsynligheden $p = 1/T$.

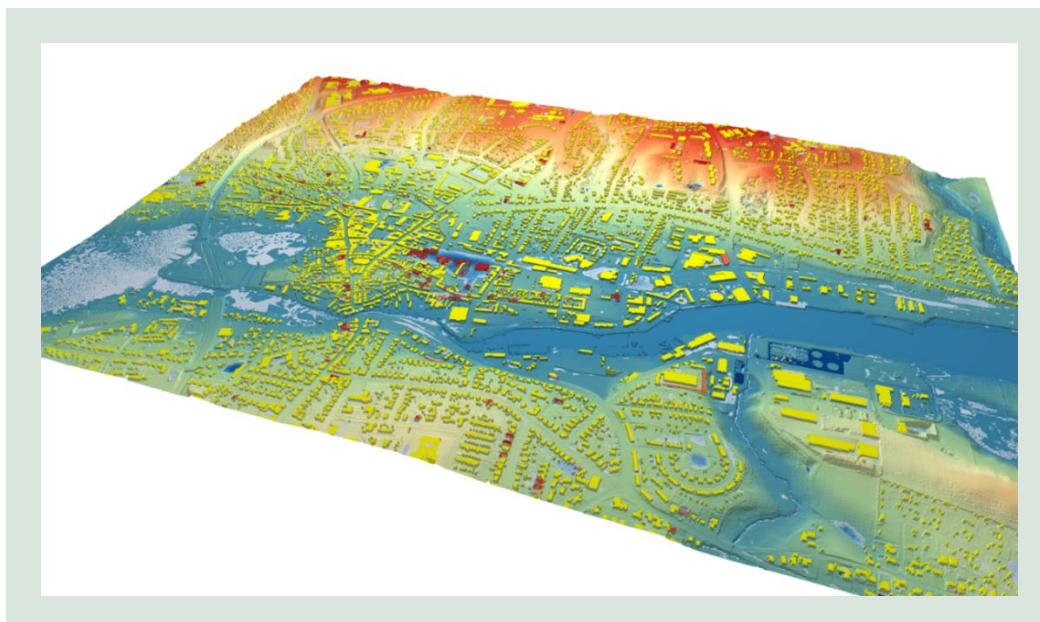
For at opnå så korrekt en integration som muligt, er det essentielt, at der anvendes minimum 3-5 gentagelsesperioder. Ved færre gentagelsesperioder vil usikkerheden på EAD-beregningen stige markant.

For yderligere informationer henvises til REF. /1/.

CBMC Group's UCAT-program producerer som output risikokort i form af EAD-kort. Som standard producerer UCAT også skadeskort for hver af de indgående gentagelsesperioder. Det er dog besluttet, at disse kort ikke indgår som en del af gratisversionen.

Afviklingen af UCAT-beregningerne sker som en fuldautomatiseret proces med afsæt i de indlæste beregningsinformationer (jf. afsnit 6.2.1).

I nedenstående FIGUR 8 ses et eksempel på et risikokort foretaget med UCAT.



FIGUR 8. Eksempel på risikokort. Bygninger, som er udsat for skade, er farvelagt i rødlige nuancer (stigende skade fra lys til mørk).

6.4 Postprocessing og udstilling af EAD-kort

Som output af UCAT-beregningerne foreligger der således op til 12 risikokort for hver kommune. De beregnede risikokort efterprocesseres og udstilles via en WMTS-service (jf. Arbejds-pakke 3).

De endelige resultater kan tilgås på [følgende web-adresse](#).

7. CARMS – webservice med risikokort

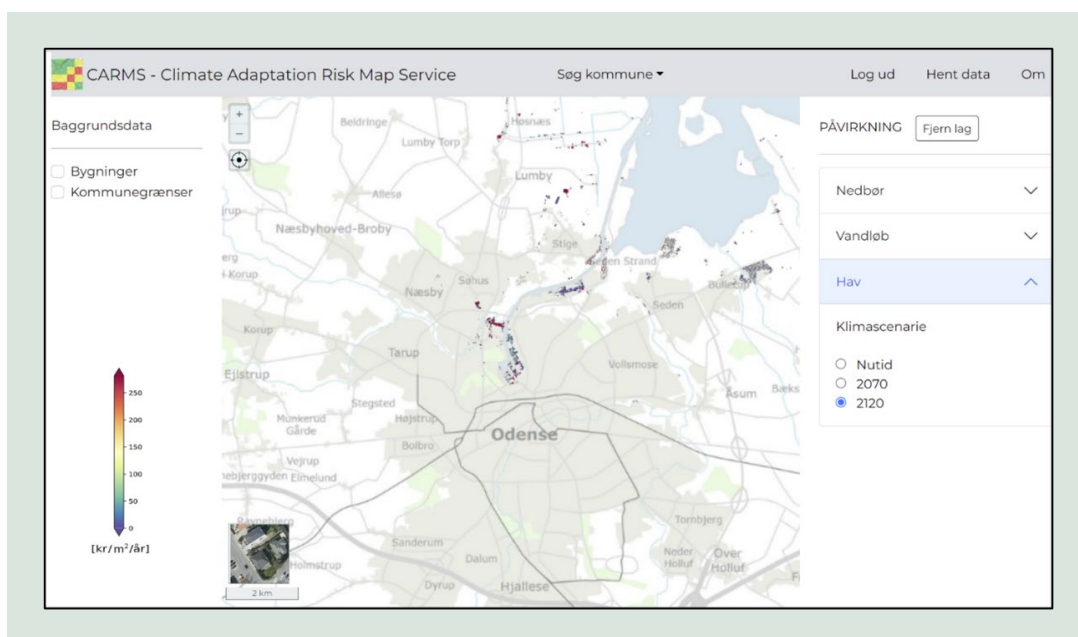
Den væsentligste landvinding, som projektet har bidraget med, er den nye webservice CARMS. Denne webservice er den første - og indtil videre eneste, som leverer landsdækkende risikokort for oversvømmelser fra skybrud, vandløb og hav – og som vel at mærke stiller disse kort gratis til rådighed for kommuner og forsyninger. Især de kommuner, som endnu ikke har gennemført deres DK2020-aktiviteter kan have umiddelbar nytte af disse risikokort, men alle aktører, som arbejder med klimatilpasning, kan have glæde af den nye service til økonomisk vurdering af potentialet for deres klimatilpasningsprojekter.

CARMS er udviklet i to udgaver:

- En basisudgave, som er gratis til rådighed for kommuner og forsyninger
- En kommerciel udgave, som indeholder ekstra data og features

7.1 CARMS Basisudgave

CARMS basisudgaven er en webservice, hvor brugeren har adgang til risikokort relateret til oversvømmelser. Åbningssiden til CARMS er vist i FIGUR 9.



FIGUR 9. CARMS startside.

CARMS basisudgaven indeholder risikokort for tre typer af oversvømmelser forårsaget af:

- Nedbør (skybrud)
- Vandløb
- Hav (stormflod)

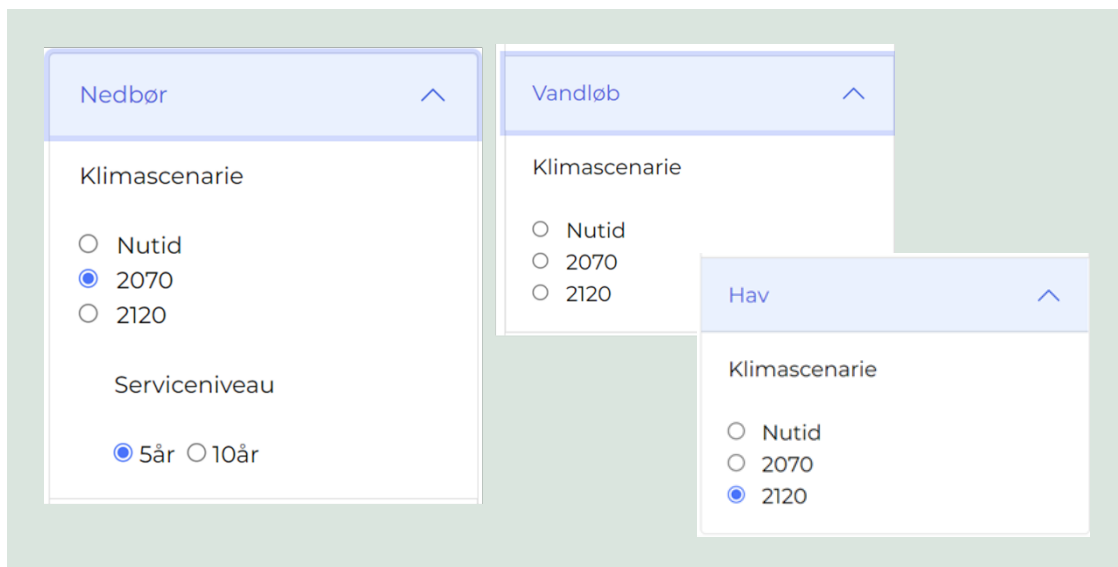
For hver af disse tre er der risikokort svarende til tre klimascenarier:

- Nutid
- 2070
- 2120

For nedbør er der desuden risikokort svarende til to serviceniveauer for afløbssystemet:

- 5 års serviceniveau
- 10 års serviceniveau

I alt ligger der altså 12 landsdækkende risikokort i CARMS som illustreret i FIGUR 10.



FIGUR 10. Valgmuligheder for risikokort.

7.2 CARMS Kommerciel udgave

Ved at tegne et abonnement på den kommercielle udgave af CARMS får brugeren adgang til et antal yderligere kort plus muligheder for at opgradere de eksisterende kort.

Nye risikokort:

- Grundvand for tre klimascenarier

Opgraderinger:

- Risikokort for nedbør og havvand kan opgraderes til at være baseret på dynamiske oversvømmelseskort.
- Risikokort generelt kan opgraderes til at være baseret på BBR-data (bygningstyper med hver sin skadekurve).
- Risikokort generelt kan opdateres til at være baseret på valgfrie skadekurver, f.eks. skadekurver svarende til dem, der anvendes i SkadesØkonomi.

8. Perspektivering

Idéen til MUDP-projektet blev undfanget på grundlag af udviklingen af et værktøj til optimering af risikoanalyser for oversvømmelser fra skybrud, som blev udviklet af CBMC Group som et internt projektværktøj i 2019-20. Det var med andre ord inden, der fandtes et DK2020 initiativ og inden vigtige værktøjer, som f.eks. KAMP, eksisterede.

Med DK2020 (som til en start kun dækkede udslip af CO₂) og med regeringens klimamål kom der meget stor fokus i kommunerne på klimaproblematikken. Da DK2020 også fik et tilpasningsspor, voksede behovet for gode værktøjer til at støtte gennemførelsen af DK2020 og til planlægning af klimatilpasning generelt.

Det satte gang i andre initiativer, herunder KAMP og også andre udviklinger i retning af risikokortlægning (SamfundsØkonomi, BEST for at nævne to).

Ved udgangen af 2020 kom Serviceniveaubekendtgørelsen (og vejledningen kom i anden halvdel af 2021). Denne satte yderligere fokus på brugen af risiko som en indikator for den samfundsmæssige værdi af klimatilpasningsprojekter.

MUDP-projektet blev derfor startet på et tidspunkt, hvor der var stigende behov for nye digitale værktøjer til klimatilpasning. Det forløb i en periode, hvor mange nye værktøjer kom på banen, og hvor der hele tiden var behov for at have en tæt dialog med brugerne og fastholde projektets fokus på væsentlige landvindinger. I en Covid19-tid var det naturligvis en udfordring at holde dialogen med brugerne levende, men det lykkedes at få meget stor tilslutning til projektets tre workshops – og derved at få fin feedback på udviklingsplanerne og resultaterne.

Den væsentligste landvinding, som projektet har bidraget med, er den nye webservice CARMS. Denne webservice er den første og indtil videre eneste, som leverer landsdækkende risikokort for oversvømmelser fra skybrud, vandløb og hav – og som vel at mærke stiller disse kort gratis til rådighed for kommuner og forsyninger. Især de kommuner, som endnu ikke har gennemført deres DK2020-aktiviteter kan have umiddelbar nytte af disse risikokort.

Under projektperioden har projektpartnerne også arbejdet tæt med en række enkeltkommuner og forsyninger på projekter vedrørende risikokortlægning. Det, samt feedback fra CARMS-brugere, har ført til en stigende forståelse for styrker og svagheder i de metoder og data, som kommunerne generelt anvender i deres risikokortlægning. Nogle af disse har fundet vej ind i CARMS (gratis eller betalingsversionen). Andre kommer til at føre til nyudviklinger i de kommende år.

Der kan nævnes:

- Grundvand og klimainducerede stigninger i det overfladenære grundvandsspejl.
- Styrker og svagheder ved at anvende stationære henholdsvis dynamiske modeller til oversvømmelseskortlægning.
- Forbedringsmuligheder på datasiden – herunder justeringer i det såkaldte hydrologiske tilpasningslag, som udgør et vigtigt element ved simulering af oversvømmelser.
- Brugen af modelværktøjer ved fastlæggelse af samfundsøkonomien ved klimatilpasningsprojekter – herunder hvordan den rigtige balance i analysekravene skal se ud i fremtiden.

Vi er langt fremme i Danmark med hensyn til metodeudvikling såvel som med åbne, digitale data og værktøjer. Det gælder også i forhold til de fleste af de lande, vi plejer at sammenligne os med. Derfor kan danske rådgivere også finde markeder for klimaprojekter andre steder i verden. Ved en fornuftig satsning på ovenstående (og andre) vidensområder kan vi fastholde og udbygge denne styrkeposition.

Bilag 1. Referencer

- REF. /1/ Serviceniveau for vand på terræn, Skrift 31, IDA Spildevandskomiteen, 2017 (jf. [Skrift 31](#))
- REF. /2/ Opdaterede klimafaktorer og dimensionsgivende regn intensiteter, Skrift 30, IDA Spildevandskomiteen, 2014 (jf. [Skrift 30](#))
- REF. /3/ Metode til kortlægning af fare og risiko for oversvømmelse, Kystdirektoratet, 2020 (jf. [Oversvømmelsesdirektivet](#))
- REF. /4/ Klimaatlas, Kystdirektoratet, 2018: Højvandsstatistikker 2017. Kystdirektoratet, Miljø- og Fødevareministeriet. 86 s. (jf. [Klimaatlas](#))
- REF. /5/ "Klimaeffekter på hydrologi og afstrømning – klimaekstremvandføring", GEUS, 2013, (jf. [GEUS](#))

Digitale værktøjer til klimatilpasning

Omkostningerne til at tilpasse vores infrastruktur til den igangværende klimaudvikling er voldsomt store. Der nævnes trecifrede milliardbeløb over en årrække. Det er derfor af stor betydning, at tilpasningsprojekter udvælges og udformes på grundlag af deres samfundsøkonomiske værdi – som beregnes ud fra en analyse af gevinsten (i form af mindre skader) sammenholdt med omkostningen (i form af anlæg og drift af klimatilpasningsanlæg).

Dette MUDP-projekt har ydet et bidrag til, at kommuner og forsyninger i hele Danmark sættes i stand til at gennemføre denne type analyser på et ensartet grundlag i form af landsdækkende risikokort. Disse risikokort er gjort tilgængelige via en ny webservice – CARMS – som er det væsentligste resultat af projektet.

CARMS er udviklet i samarbejde med kommuner, forsyninger og rådgivere, som har leveret forslag til indhold og udformning af de nye værktøjer på en række workshops afholdt som del af projektet.

CARMS bygger på åbne og veldokumenterede data og metoder. CARMS indeholder risikokort for tre typer af oversvømmelser: Fra nedbør (skybrud), fra vandløb og fra hav (stormflod) og dækkende tre klimascenarier: Nutid, 2070 og 2120.



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk