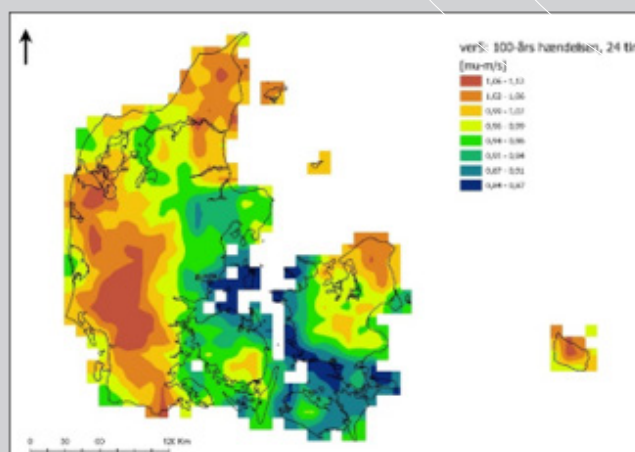
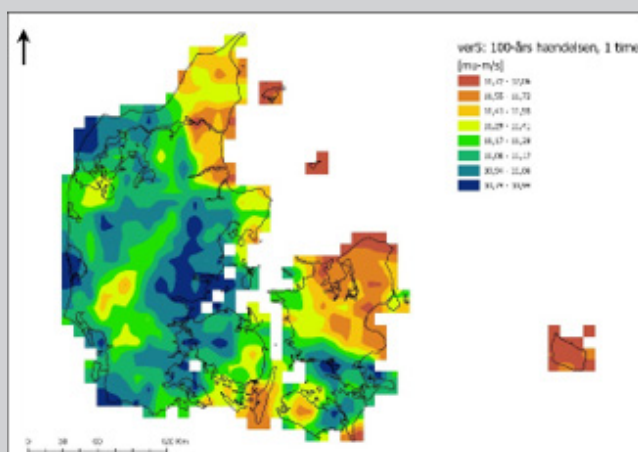
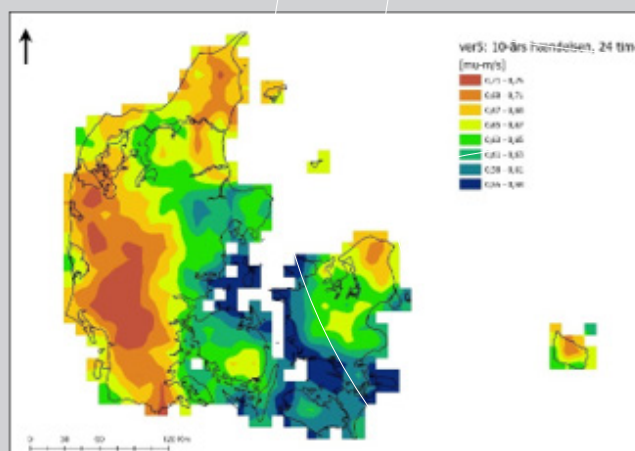
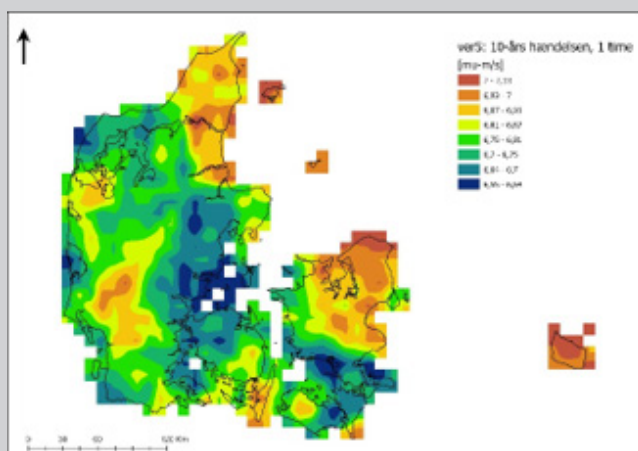
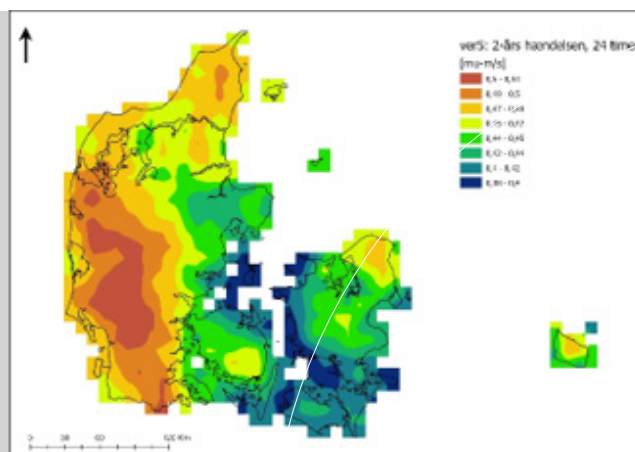
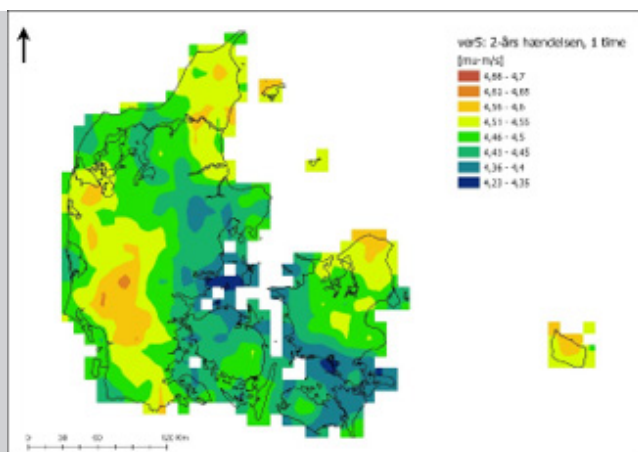


# VÆRDI

– VÆRktøjer og regndata til Dimensionering af fremtidens klimatilpassede afløbssystemer



# VÆRDI – VÆRKTØJER OG REGNDATA TIL DIMENSIONERING AF FREMTIDENS KLIMATILPASSEDE AFLØBSSYSTEMER

## DANVA VUDP PROJEKTRAPPORT

**DATO:** 13.09.2023

---

**Projekt ID:** 57.2019

**Udgiver:**

IDA Spildevandskomiteen

**Udarbejdet af:**

Ane Loft Møllerup, Novafos

**Finansiering:**

Vejledningen er finansieret af VUDP, Vandsektorens Udviklings- og Demonstrationsprogram, HOFOR, Vandcenter Syd og Aarhus Vand

**Samarbejdspartnere:**

Aarhus Vand, AAU Build, Birgit Paludan, DHI A/S, DTU Sustain, HOFOR, HYDROconsult, Just Business, KLAR Forsyning, Krüger A/S, Novafos, Rambøll A/S og Vandcenter Syd.

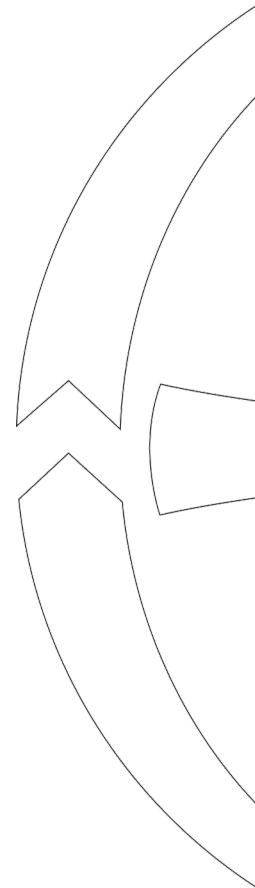
**Kategori (Spildevand, drikkevand eller klimatilpasning):**

Spildevand, Klimatilpasning

---

## Indholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Sammenfatning</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>English summary</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Introduktion</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Projektets betydning for vandbranchen</b>	<b>7</b>
4.1	Marked og/eller anvendelsesmuligheder	7
4.2	Næste skridt	7
4.3	Formidlingsplan	8
<b>5</b>	<b>Projektet</b>	<b>9</b>
5.1	Formål	9
5.2	Output	9
5.3	Projektresultater	10
5.4	Konklusion	11
<b>6</b>	<b>Litteraturliste</b>	<b>12</b>



# 1 Sammenfatning

Små og store forsyninger investerer i disse år stort i klimatilpasning og udbygning af afløbssystemerne i Danmark. Forsyningerne bruger Spildevandskomiteens skrifter (26-31) som branchestandard for, hvordan man dimensionerer afløbssystemer, herunder korrekt valg af regninput. Spildevandskomiteens Regnudvalg har de seneste år evalueret det eksisterende dimensioneringsgrundlag og har konkluderet, at der er flere af spildevandskomiteens anbefalinger, der trænger til at blive suppleret med nye metoder og inputs, herunder praksis vedrørende brug af dimensionsgivende regn.

Projektet har resulteret i, at SVKs Regionale Regnrækkeværktøj er blevet opdateret; både i forhold til den bagvedliggende model og ift. layout, funktionalitet og brugervenlighed. Som supplement er også udarbejdet et notat omkring brugen af SVKs Regionale Regnrækkeværktøj til bassindimensionering, da det i projektet blev vurderet, at dette var en nødvendighed, for at sikre korrekt anvendelse af værktøjet i branchen.

LAR-regnearket er blevet opdateret, så det forekommer i en ny version med den nye Regionale model bagved.

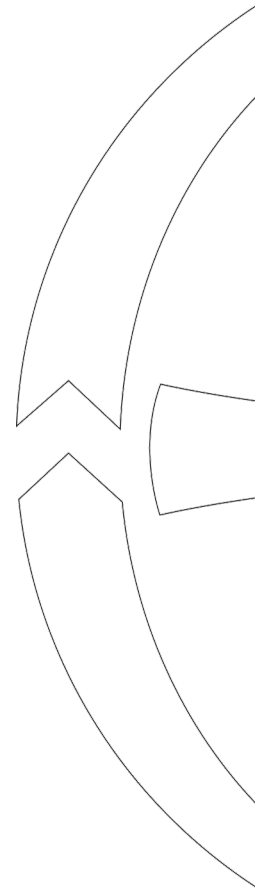
Ligeledes er DTUs værktøj Rain Analyst blevet opdateret med den nye Regionale model. Rain Analyst er desuden blevet videreudviklet til at have en ny funktionalitet, som var en mangel ift. det helt gamle værktøj, Winregn, hvor en regnserie kunne omskrives ift. hændelsesdefinitionen. Værktøjet er med disse ændringer blevet lanceret som SVKs Regnserieværktøj v1.0.

Projektet har desuden resulteret i et sæt syntetiske, klimafremskrevne regnserier, der dækker hele Danmark, som kan bruges fremadrettet ift. videre arbejde med klimafremskrevne regnserier og brugen af disse. Regnserierne kan trækkes via VÆRDI's Regnserieværktøj, der ligger i en betaversion.

Projektet havde oprindeligt også et skrift omkring korrekt udvælgelse af regnserier til et specifikt formål som forventet output. Dette er blevet undersøgt, men det har vist sig, at erfaringerne med dette endnu ikke kan konvergeres mod en branchestandard. Der medfølger således ikke en anbefaling til udvælgelse og korrekt brug af de syntetiske, klimafremskrevne regnserier, der således skal bruges med omtanke.

Ud over konkrete værktøjer og metoder, har projektet også forholdt sig til DMI's anbefalinger af klimafaktorer på regn i KlimaAtlas og resultatet er en pressemeddelelse, der slår fast, at SVKs anbefalinger fortsat er dem, der skal følges.

Projektets resultater stilles frit tilgængeligt for branchen via Spildevandskomiteens hjemmeside (<https://spildevandskomiteen.dk/skrifter/>) og forventes publiceret i oktober 2023.



---

## 2 English summary

These years small and large utilities are investing heavily in climate adaptation and expansion of the drainage systems in Denmark. The utilities use The Water Pollution Committee (WPC) Guides (26-31) as the industry standard for how to dimension drainage systems, including the correct choice of rain input. In recent years, The Water Pollution Committee's subcommittee on rain has evaluated the existing standards for dimensioning and has concluded that there are several of The Water Pollution Committee's recommendations that need to be supplemented with new methods and inputs, including practices regarding the use of dimensional rain.

The project has resulted in WPC's Regional Intensity-Duration-Frequency (IDF) Tool being updated; both in relation to the underlying model and in relation to layout, functionality, and user-friendliness. As a supplement, a memorandum has also been prepared regarding the use of WPC's Regional IDF Tool for dimensioning of basins, as it was assessed in the project that this was a necessity to ensure correct use of the tool in the industry.

The SUDS spreadsheet has been updated so that it appears in a new version with the new Regional model behind it.

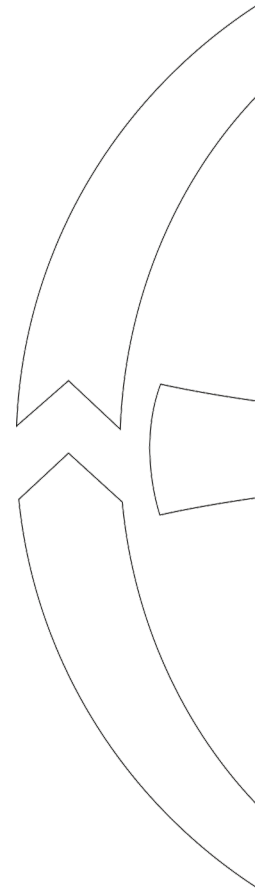
Likewise, DTU's Rain Analyst tool has been updated with the new Regional model. Rain Analyst has also been further developed to have a new functionality, which was a shortcoming compared to the even older tool, Winregn, where a rain series could be rewritten according to the event definition. With these changes, the tool has been launched as WPC's Rain series tool v1.0.

The project has also resulted in a set of synthetic, climate projected rain series that cover the whole of Denmark, which can be used in further work with climate projected rain series and the correct use of these. The rain series can be selected through VÆRDI's Rain Series Tool, which is in a beta version.

Originally, the project also had a script about correct selection of rain series for a specific purpose as expected output. This has been investigated, but it has been found that the learnings cannot yet be converged towards an industry standard. Thus, there is no recommendation for the selection and correct use of synthetic, climate projected rain series, which must therefore be used with care.

In addition to concrete tools and methods, the project has also looked at DMI's recommendations for climate factors on rain in KlimaAtlas and the result is a press release that states that WPC's recommendations are still the ones that must be followed.

The project's results are made freely available to the industry via The Water Pollution Committee's website (<https://spildevandskomiteen.dk/skrifter/>) and are expected to be published in October 2023.



### 3 Introduktion

Små og store forsyninger investerer i disse år stort i klimatilpasning og udbygning af afløbssystemerne i Danmark. Forsyningerne bruger Spildevandskomiteens skrifter (26-31) som branchestandard for, hvordan man dimensionerer afløbssystemer, herunder korrekt valg af regninput. For at sikre at forsyningerne dimensionerer på et fremtidssikret grundlag, er der flere af spildevandskomiteens anbefalinger, der trænger til at blive suppleret med nye metoder og inputs.

Dette projekt har taget udgangspunkt i værktøjerne fra Spildevandskomiteen og videreudviklet dem, så de kan bringes til at dække nogle af de problemstillinger, der ikke kan håndteres i dag. F.eks. har Rambøll, DTU Sustain og DHI sammen opdateret statistikken i Spildevandskomiteens regionale regnmodel, og derudover udvidet den til også at dække regnvarigheder over flere døgn. Dette er vigtigt, idet Forsyningerne mange steder får meget lange bassintømmetider pga. skærpede krav til forsinkelse. Med de nuværende metoder risikerer man i høj grad at underdimensionere bassinerne.

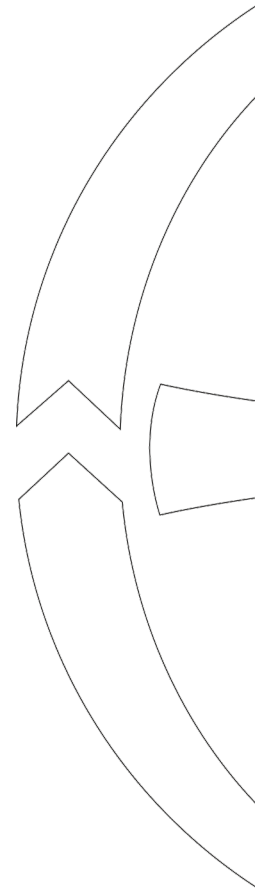
For at understøtte en mere ensartet praksis vedrørende bassindimensionering med SVKs regionale regnrækkeværktøj har Rambøll, DTU Sustain, Birgit Paludan, AAU Build, Novafos, HOFOR og HYDROconsult udarbejdet et notat omkring bassindimensionering med værktøjet.

Da der de seneste år er blevet forsket meget i omsætningen af radarbilleder til regnmålinger, har man, som noget relativt nyt, nu mulighed for at sammenligne længere tidsserier fra regnmålere og radar. Dette har muliggjort, at man i VÆRDI undersøger en vigtig antagelse i den regionale regnmodel, som tidligere ikke har været eftervist, hvilket er korrelationen mellem de individuelle regnmålere. I VÆRDI har DTU Sustain, DMI, AAU Build og Rambøll samarbejdet om at validere antagelserne om korrelationslængderne baseret på radardata og klimamodeller.

Et andet fokus i projektet er på behovet for en forbedret praksis vedrørende brug af klimafremskrevne regnserier. AAU Build og DTU Sustain har i VÆRDI arbejdet med at udvikle landsdækkende, syntetiske, klimafremskrevne regnserier og der er udviklet en betaversion af et evalueringsværktøj (SVKs Regnserieværktøj v1.0), der skal hjælpe forsyninger og rådgivere med at vælge den bedste regnserie til den specifikke opgave. DTU Sustain har været ledende ift. at opdatere hhv. LAR-regnearket og det Regionale Regnrækkeværktøj, samt opbygningen af det nye SVK Regnserieværktøj v1.0.

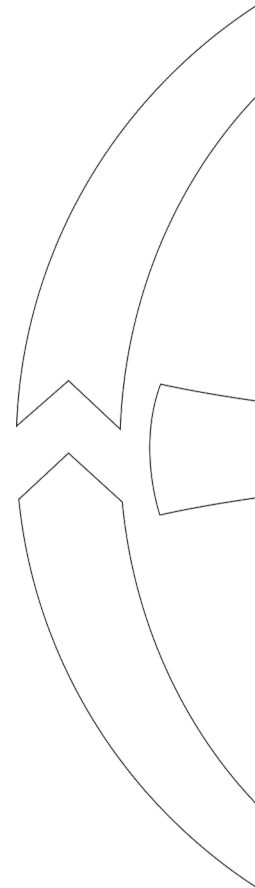
Idet der arbejdes med klimafremskrivning af regnserier, har VÆRDI også forholdt sig til de klimafaktorer, som er blevet gjort tilgængelige som Frie Data af DMI via KlimaAtlas. Idet disse er præsenteret på anden vis end i Skrift 30, har der været en bekymring blandt Forsyninger og kommuner om hvorvidt, klimafaktorerne anbefalet i Skrift 30 stadig skulle være gældende eller KlimaAtlas var en anledning til opdatering af disse. DTU Sustain, Rambøll og Spildevandskomiteen har i projektet undersøgt hvilke klimafaktorer, der fremadrettet bør bruges ved klimafremskrivning af regn.

Et vigtigt mål med projektet er, at resultaterne skal kunne danne baggrund for en branchestandard. Derfor er projektets metoder og værktøjer evalueret gennem brug af cases, hvor konkrete problemstillinger er blevet evalueret. Både den opdaterede regionale regnmodel, de klimafremskrevne regnserier og de tilhørende værktøjer er blevet evalueret af Novafos, Krüger, KLAR, WSP, AAU Build, Birgit Paludan, VandCenter Syd og HOFOR, der



alle har bidraget med en case, der er blevet regnet igennem med de klimafremskrevne regnserier, udvalgt til den individuelle case.

Idet projektets resultater danner baggrund for et nyt Skrift fra Spildevandskomiteen, har det desuden været vigtigt med løbende kvalitetssikring og faglig sparring, hvilket især Krüger, HOFOR og HYDROconsult har bidraget med.



## 4 Projektets betydning for vandbranchen

Projektet forbedrer og fremtidssikrer forsyningernes fælles branchestandard, med den nyeste viden om nutidens og fremtidens klima, både med hensyn til skybrud, dimensionsgivende regn samt dags-, uge- og månedsnedbør. Det giver det bedst mulige statistiske og praktisk anvendelige fælles grundlag for de enorme investeringer på op mod 100 mia. kr., der forventes investeret i afløbssystemer og klimatilpasning i de kommende år<sup>1</sup>. Således vil både store som små forsyninger og kommuner kunne drage nytte af VÆRDI.

De nye værktøjer betyder en forbedring af løsninger til beskyttelse af vandmiljøet, hvor tilbageholdelse af regn- og spildevand er det bærende koncept i løsningsforslaget. Projektets output vil sikre, at man i højere grad kan simulere effekten af magasineringsløsninger med meget lange tømmetider under fremtidige forhold. Grundet den ændrede praksis i afgivelsen af udledningstilladelser, hvor afløbstallet nu sættes meget lavere end tidligere, har branchen akut behov for disse værktøjer.

### 4.1 Marked og/eller anvendelsesmuligheder

Projektets resultater stilles frit tilgængeligt for branchen via Spildevandskomiteens hjemmeside og forventes benyttet af såvel kommuner, som forsyninger og rådgivere. Spildevandskomiteen er ansvarlige for kommunikationen vedrørende og vil blandt andet bruge deres kommunikationsplatforme (EVA-bladet, EVA webinar, LinkedIn) til at gøre opmærksomme på det nye skrift.

Regnserieværktøjet er Open Source, GPLv3, og det er således muligt at arbejde videre på dette under betingelserne af licensen for softwaren<sup>2</sup>.

Idet det er unikt, at vi i Danmark har lange, homogene, højtopløselige tidsserier for nedbør, er eksportmulighederne begrænsede, da få, hvis overhovedet nogen, steder vil have et datagrundlag, der muliggør udarbejdelsen af en tilsvarende regional model.

### 4.2 Næste skridt

Projektets resultater stilles frit tilgængeligt for branchen via Spildevandskomiteens hjemmeside. Den nye Regionale model er beskrevet i et nyt Skrift 32 (Arnbjerg-Nielsen et al, 2023), der er godkendt på Spildevandskomiteens Plenarforsamling d. 17. maj 2023. Projektets resultater forventes gjort tilgængelige fra oktober 2023.

---

<sup>1</sup> <https://www.teknologisk.dk/ydelser/klimatilpasning-for-milliarder-skal-dokumenteres/42832>

<sup>2</sup> <https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.html>



---

## 4.3 Formidlingsplan

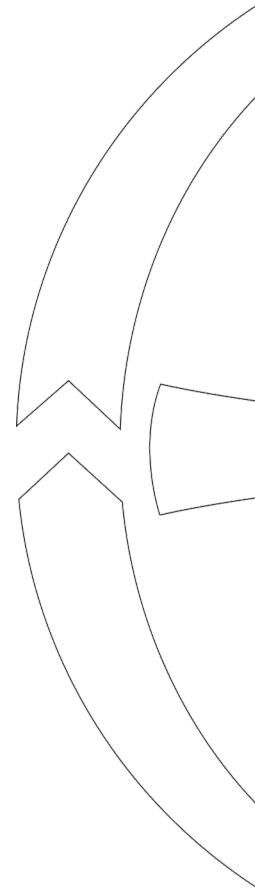
Projektets resultater er blevet formidlet løbende igennem projektet på blandt andet Dansk Vandkonference i 2022 og senest på en EVA-temadag d. 11. maj 2023. EVA er et udvalg under Spildevandskomiteen, der står for erfaringsudveksling i vandsektoren.

Når materialet frigives på SVKs hjemmeside orienteres om dette i et EVA-bladet til september/oktober 2023 og der følges op med et indlæg på et særskilt webinar, der er under planlægning. Desuden postes det på Spildevandskomiteens LinkedIn profil.

DNNK har lavet en podcast om Skrift 32, der publiceres efter at EVA-bladet er kommet ud.

DTU Sustain og AAU Build vil indarbejde de nye værktøjer i deres undervisning af afløbs- teknik og klimatilpasning.

Projektets resultater er foreslået præsenteret og diskuteret i DANVAs hydraulikernetværk.



## 5 Projektet

### 5.1 Formål

Ved dimensionering af spildevandsanlæg og klimatilpasning af afløbssystemer, er en væsentlig parameter den regn, som anlægget skal håndtere, og dermed den belastning det skal dimensioneres til at håndtere. Siden SVK for første gang i 1999 udgav et skrift omkring regional variation af ekstremregn i Danmark med tilhørende regnrækkeværktøj, har den danske afløbsbranche brugt Spildevandskomiteens skrifter og værktøjer som standard ved dimensionering. Men klimaet påvirker regnen og det er derfor vigtigt regelmæssigt at opdatere SVKs modeller for den regionale variation af ekstremregn, efterhånden som der indsamles flere års data fra SVKs regnmålere i Danmark.

Den regionale model har sin berettigelse i nogle dimensioneringsdomæner, mens den i andre bliver utilstrækkelig. Det gælder især i spildevandssystemer med meget "hukommelse", hvor gentagelsesperioden på regnen ikke kan forventes lig med gentagelsesperioden for responset på afløbssystemet, f.eks. ved lang tids tilbageholdelse i store bassiner, ved flaskehalse i afløbssystemet, der giver tilbagestuvninger, eller ved styring af afløbssystemet. Er man udenfor domænet, hvor man kan bruge regnrækkerne fra den regionale model til dimensioneringen, er anbefalingen i SVKS Skrift 27, at man benytter regnserier til dimensioneringen (IDA Spildevandskomiteen). Udfordringen ved dette er, hvordan man skal tage højde for klimaudviklingen af regnen. Dette adresseres i VÆRDI.

VÆRDI har til formål at forbedre praksis vedrørende brug af dimensionsgivende regn, således at man har mulighed for at benytte en klimafremskrevet regn uanset om man dimensionerer med de regionale regnrækker eller men en regnserie, hvilket vil være til gavn for alle landets forsyninger og branchen som helhed.

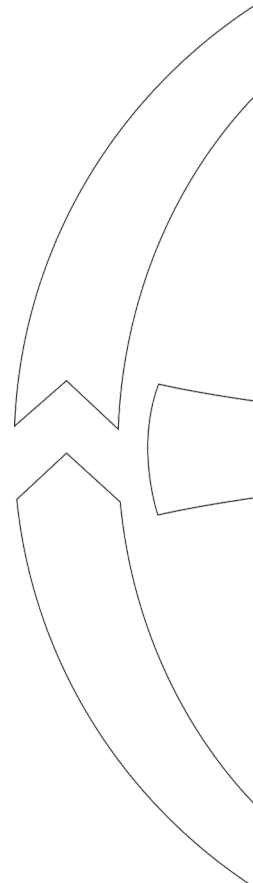
### 5.2 Output

Projektets primære output er en opdateret og revideret metode til generering af regnrækker, der dokumenteres i et Skrift 32, sammen med anbefalinger til brugen (Arnbjerg-Nielsen et al., 2023).

Projektets output er desuden et opdateret SVKs Regionale Regnrækkeværktøj. Ligeledes er andre værktøjer, der har den Regionale Regnmodel som bagvedliggende model, blevet opdateret. Dette gælder SVKs Regnserieværktøj v1.0 og LAR-regnearket.

Som supplement til værktøjerne er blevet skrevet et notat omkring dimensionering af bassiner med SVKs regnrækkeværktøj (Gregersen et al, 2023). Dette er ud over det oprindeligt forventede output, men i løbet af projektet viste det sig nødvendigt med et sådant notat. Notatet beskriver de bagvedliggende modellen i værktøjet og forklarer værktøjets begrænsninger.

Projektet har desuden resulteret i et sæt syntetiske, klimafremskrevne regnserier, der dækker hele Danmark. Regnserierne kan trækkes via en udvidet betaversion af SVKs Regnserieværktøj, der blev udviklet i projektet, som derfor for nuværende kaldes VÆRDI's Regnserieværktøj. Da dette værktøj er i en betaversion vil det dog ikke være tilgængeligt på SVKs hjemmeside, men via Gitlab (<https://gitlab.gbar.dtu.dk/hjds/Value4Rain/>).



Projektet havde oprindeligt også et skrift omkring korrekt udvælgelse af konkrete regnserier til et specifikt formål som forventet output. Dette er blevet undersøgt, men det har vist sig, at erfaringerne med dette endnu ikke kan konvergeres mod en branchestandard. De metrikker der var forventet som værende dækkende, gav for stort et spænd på resultaterne, og de viste sig derfor at være utilstrækkelige. Det vil derfor kræve udviklingen af nye metrikker til udvælgelse og test af disse, som ikke kunne rummes indenfor rammerne af dette projekt.

Ud over konkrete værktøjer og metoder, har projektet også forholdt sig til anbefalingerne af klimafaktorer på regn i KlimaAtlas og resultatet er en pressemeddelelse og en anbefaling (Gregersen et al, 2021).

## 5.3 Projektresultater

Projektet har resulteret i, at SVKs Regionale Regnrækkeværktøj er blevet opdateret; både i forhold til den bagvedliggende model, der nu inkluderer regndata til og med år 2020, og ift. layout, funktionalitet og brugervenlighed. Som supplement er også udarbejdet et notat omkring brugen af SVKs Regionale Regnrækkeværktøj til bassindimensionering, da det i projektet blev vurderet, at dette var en nødvendighed, for at sikre korrekt anvendelse af værktøjet i branchen.

LAR-regnearket er blevet opdateret, så det forekommer i en ny version med den nye Regionale model bagved. Ligeledes er DTUs værktøj Rain Analyst blevet opdateret med den nye Regionale model. Rain Analyst er desuden blevet videreudviklet til at have en ny funktionalitet, som var en mangel ift. det helt gamle værktøj, Winregn, hvor en regnserie kunne omskrives ift. hændelsesdefinitionen. Værktøjet er med disse ændringer blevet lanceret som SVKs Regnserieværktøj v1.0.

I tillæg til funktionerne indeholdt i SVKs Regnserieværktøj v1.0 har VÆRDI arbejdet med procedurer for udvælgelse af regnserier til specifikke beregningsmæssige formål. Der har i projektet været en arbejdsplan målrettet test af disse procedurer for en række udvalgte cases. Arbejdet i arbejdsplanen viste, at i forbindelse med bassindimensionering var udvælgelsen baseret på regnseriens intensiteter ikke god nok, hvorfor det mod forventning ikke var muligt umiddelbart at udarbejde en standard for udvælgelsen og brugen af klimafremskrevne regnserier. Som konsekvens heraf blev der udviklet nogle nye metrikker baseret på de regionale bassinvolumener (udregnet for tre afløbstal), som forventes bedre egnet til udvælgelsen af regnserier. Evalueringen af den nye udvælgelsesmetode udestå, da der har ikke været tid og ressourcer til at teste disse, og derfor er kan funktionen med udvælgelse af regnserier ikke publiceres i Spildevandskomiteens officielle version af regnserieværktøjet. Spildevandskomiteens Faglige udvalg vil dog arbejde videre med dette i regi af deres arbejdsgruppe om regn.

Selv om projektet ikke har leveret metoden til udvælgelse af regnserierne, så har det dog resulteret i et sæt syntetiske, klimafremskrevne regnserier, der dækker hele Danmark, som kan bruges fremadrettet ift. det videre udviklingsarbejde med klimafremskrevne regnserier og brugen af disse. Disse publiceres og gøres tilgængelige via en betaversion af VÆRDI's Regnserieværktøj, der er en udvidet version af SVKs Regnserieværktøj v1.0.

Som tidligere nævnt har projektet forholdt sig til DMI's anbefalinger af klimafaktorer på regn i KlimaAtlas. Dette var vigtigt, så der ikke opstår parallelle anbefalinger, som skaber usikkerheder i branchen, og vigtigt ift. hvilke klimafaktorer der skal benyttes ved klima-

---

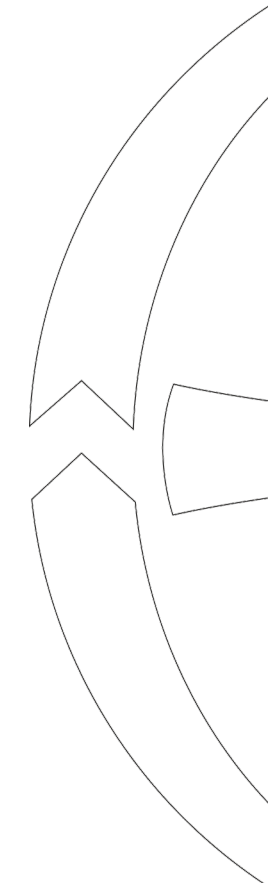
fremskrivning af regnen. DTU Sustain, Rambøll og Spildevandskomiteen lavede en vurdering af dette, der fastslår, at man fortsat bør benytte klimafaktorerne i Skrift 30 (Gregeresen et al, 2021).

## 5.4 Konklusion

Projektet er lykkedes med at forbedre værktøjerne til dimensionering på beregningsniveau 1 jf. SVK Skrift 27 (IDA Spildevandskomiteen). Der er etableret opdaterede og forbedrede dimensioneringsværktøjer, som for første gang suppleres ikke blot af et nyt skrift, men også med et notat, der beskriver forudsætninger bag værktøjet og korrekt brug til glæde for hele branchen.

Dermed er det lykkedes med at opdatere dimensioneringspraksis vedrørende regn ift. brugen af regnrækker. Desværre lykkedes det ikke tilsvarende mht. klimafremskrevne regnserier, hvorfor Spildevandskomiteen vil fortsætte dette arbejde i regi af deres arbejdsgruppe om regn, da der fortsat er behov for standard for dette.

Samarbejdet med DMI omkring anbefalingen af klimafaktorer til dimensionering af afløbssystemer, har sikret, at der i branchen ikke hersker tvivl om brugen af hhv. SVK's anbefalinger og DMI's anbefalinger af klimafaktorer på nedbør.



---

## 6 Litteraturliste

1. **Arnbjerg-Nielsen, K., Gregersen, I.B., Madsen, H. og Sørup, H.J.D.** (2023): Regional variation af ekstremregn i Danmark (1979-2019) inkl. korrektion for klimaændringer – Spildevandskomiteen, Skrift nr. 32. IDA Spildevandskomiteen
2. **Gregersen, I.B., Arnbjerg-Nielsen, K. og Pedersen, R.A.** (2021): Sammenligning af klimafaktorer udarbejdet af Spildevandskomiteen og Klimaatlas og anbefaling af praksis for dimensionering og analyse af afløbssystemer. IDA Spildevandskomiteen. <https://spildevandskomiteen.dk/sammenligning-af-klimafaktorer-udarbejdet-af-spildevandskomiteen-og-klimaatlas/>
3. **Gregersen, I.B., Arnbjerg-Nielsen, K., Sørup, H.J.D., Paludan, B., Thorndahl, S. Møllerup, A.L., Illeris, T.S. og Rosbjerg, D.** (2023): Basindimensionering med SVKs Regionale Regnrækkeværktøj. IDA Spildevandskomiteen
4. **IDA Spildevandskomiteen** (2005): Skrift nr. 27 – Funktionspraksis for afløbssystemer under regn, Ingeniørforeningen