



**AAU**

**Kan vi øge vores modelgrundlag med  
radardata?**

EVA-temamøde: Nedbør – Data og værktøjer  
11. Maj 2023, Nyborg

Søren Thorndahl og Christoffer Bang Andersen,  
Aalborg Universitet

PhD-projekt på AAU:

# **Climate Projection and Spatial Variation of Dynamic Rainfall Series in Urban Drainage**

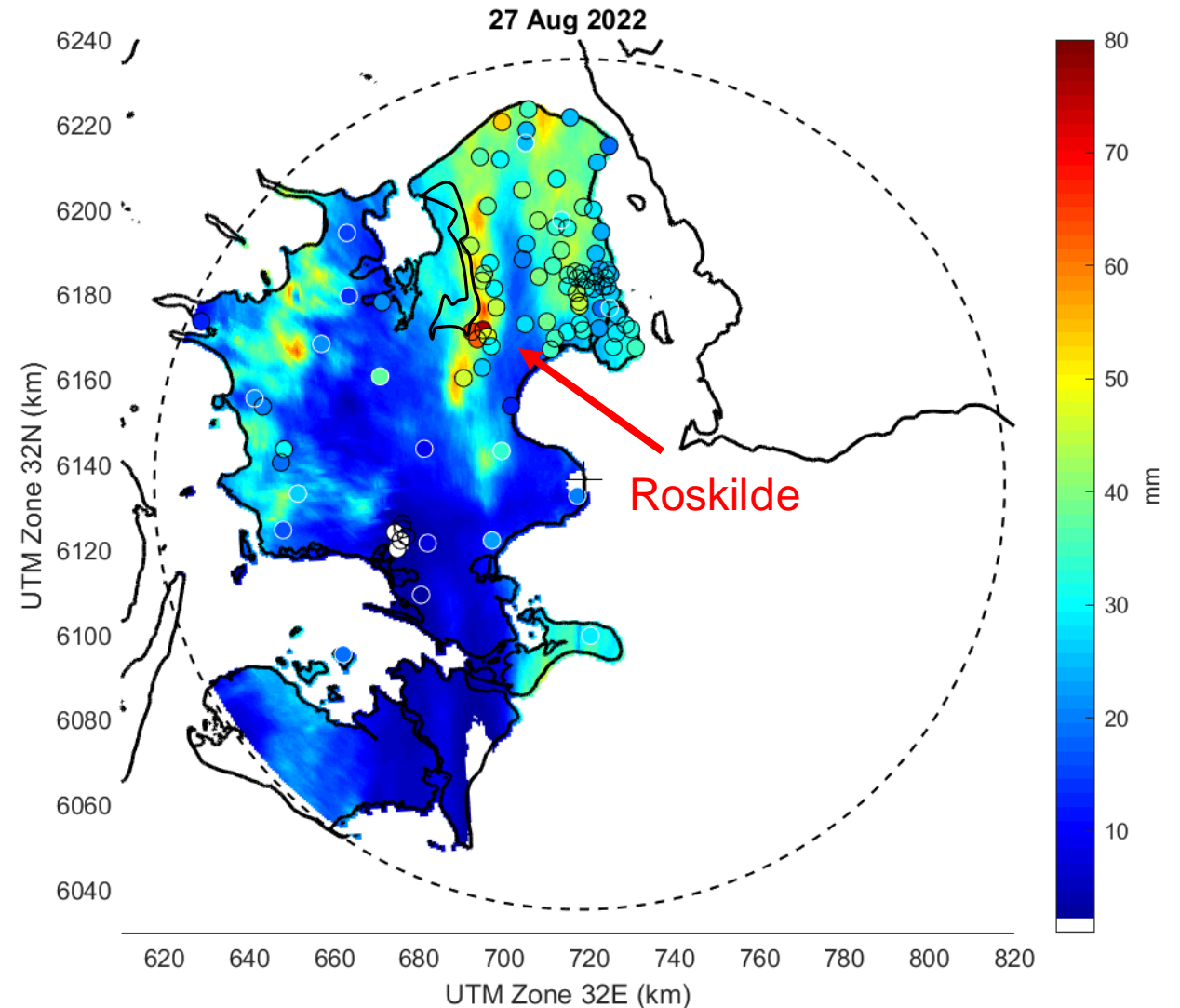
Christoffer Bang Andersen

PhD forsvar efterår 2023.



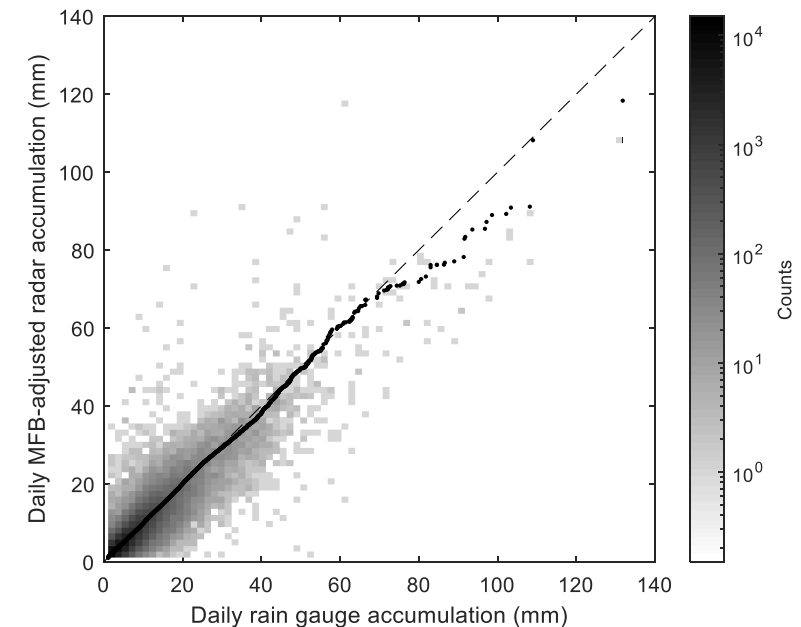
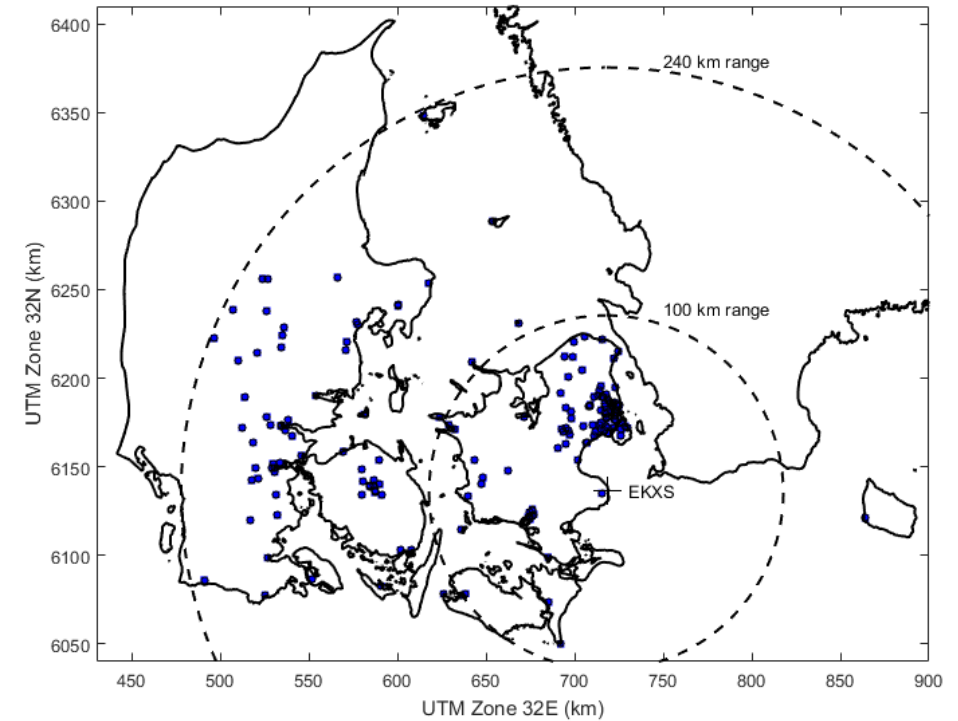
# Dagens spørgsmål

- Kan man få den samme ekstremstatistik ud af radar data som regnmålerdata?
- Hvornår er der behov for at tage højde for regns stedlige variabilitet i afløbsmodellering?
- Kan radardata anvendes som input til en afløbsmodel?
- Kan vi bruge radardata til at kontrollere for høje gentagelsesperioder og til klimafremskrivning?

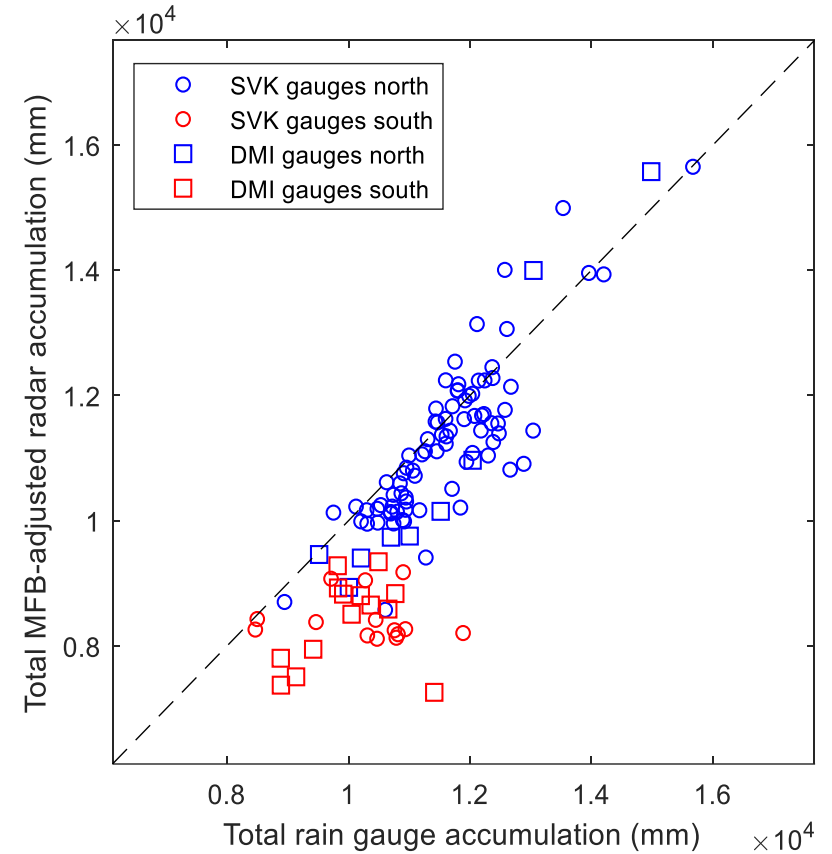
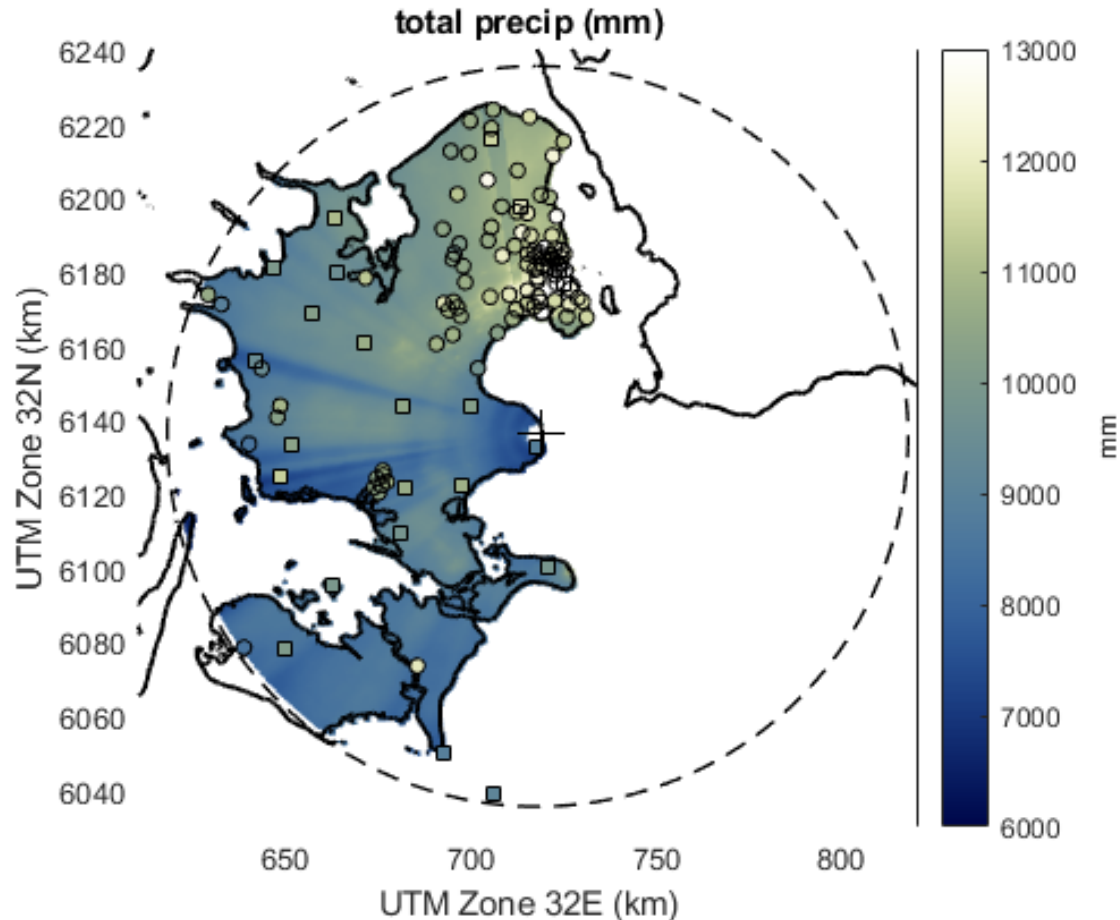


# Katalog, radarregn

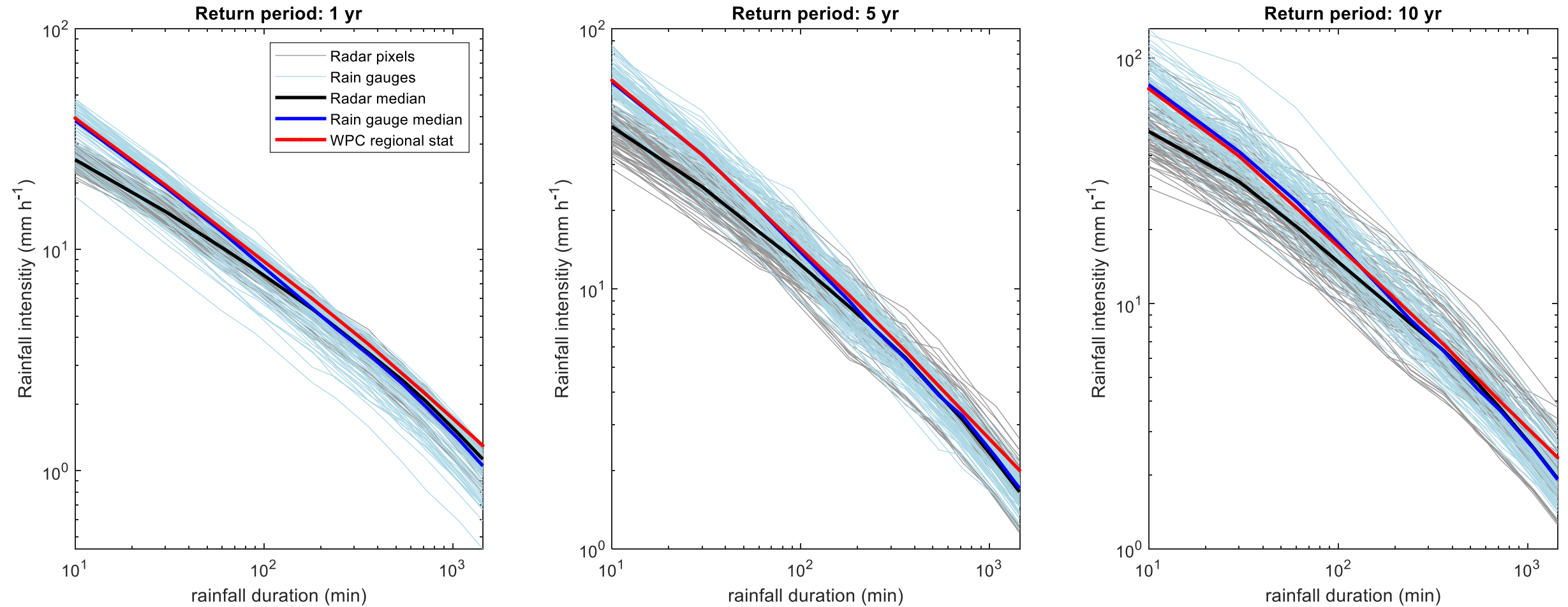
- 20 års (2002-2022) radarobservationer fra DMI's C-bands radar på Stevns
- 500 x 500 m<sup>2</sup> regnprodukt
- 10 min snapshots advektionsinterpoleret til 1 min
- Daily mean field bias -justering mod 96 SVK-regnmålere og 23 DMI-regnmålere
- Kvalitetssikret, filtreret og justeret efter bedste praksis



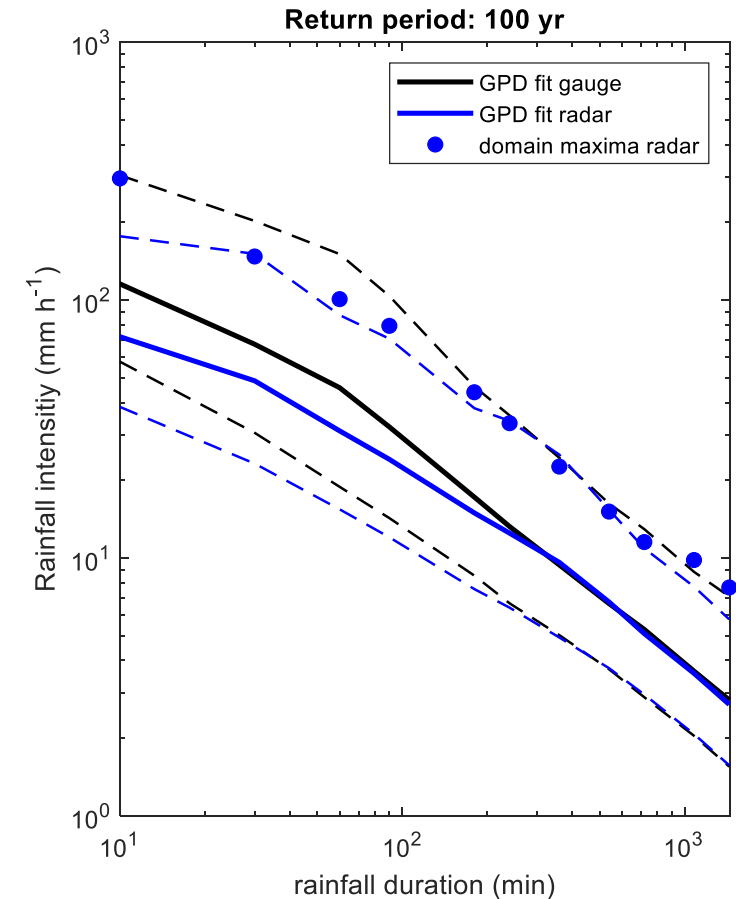
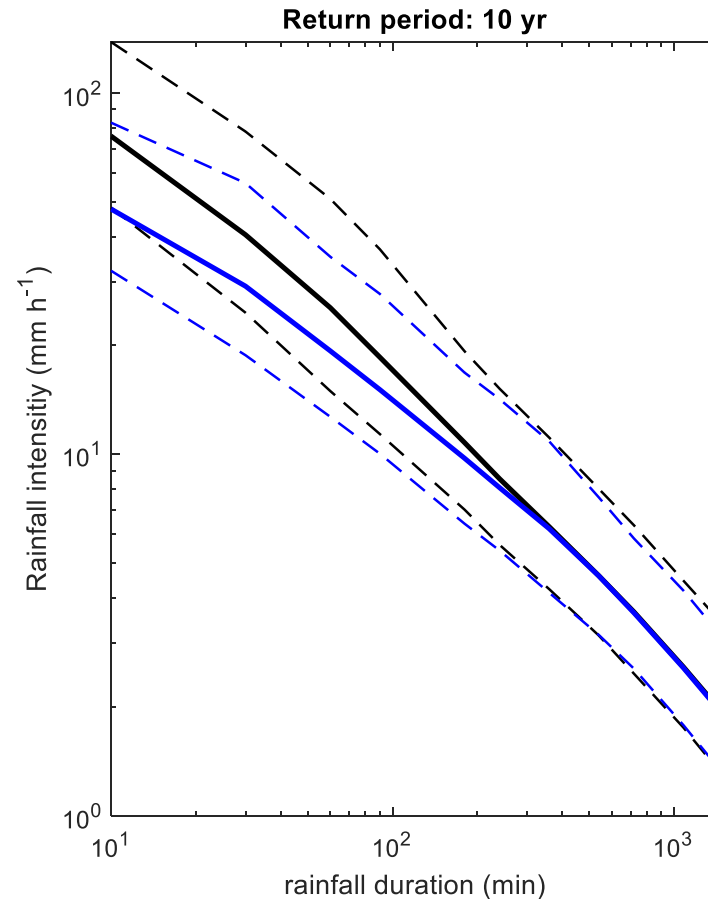
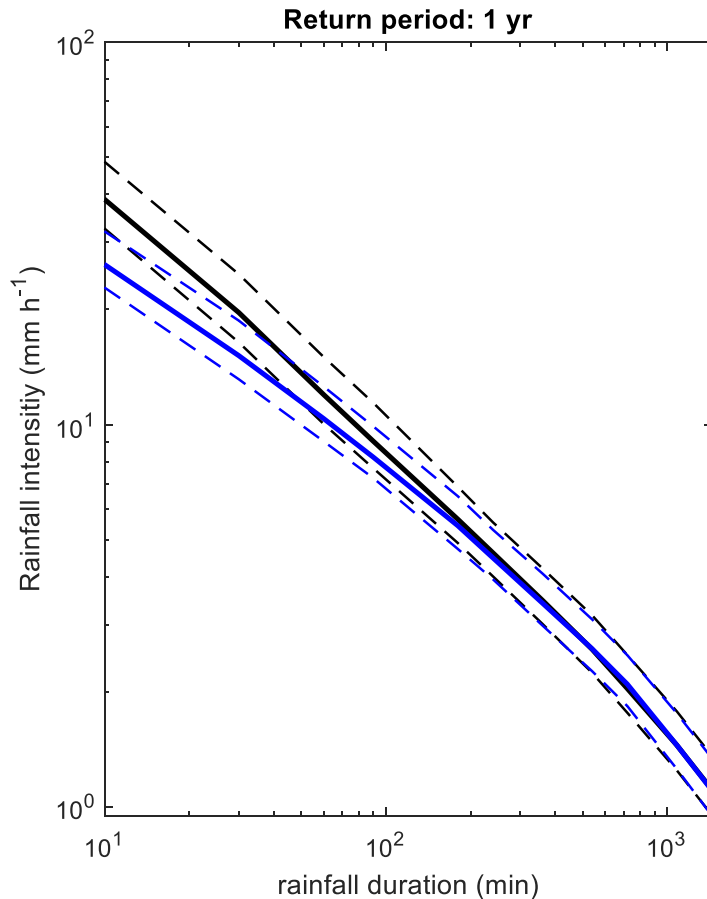
# 20 års akkumuleret regn



# IDF-kurver fra radar og regnmåler



# Generalized Pareto Distribution



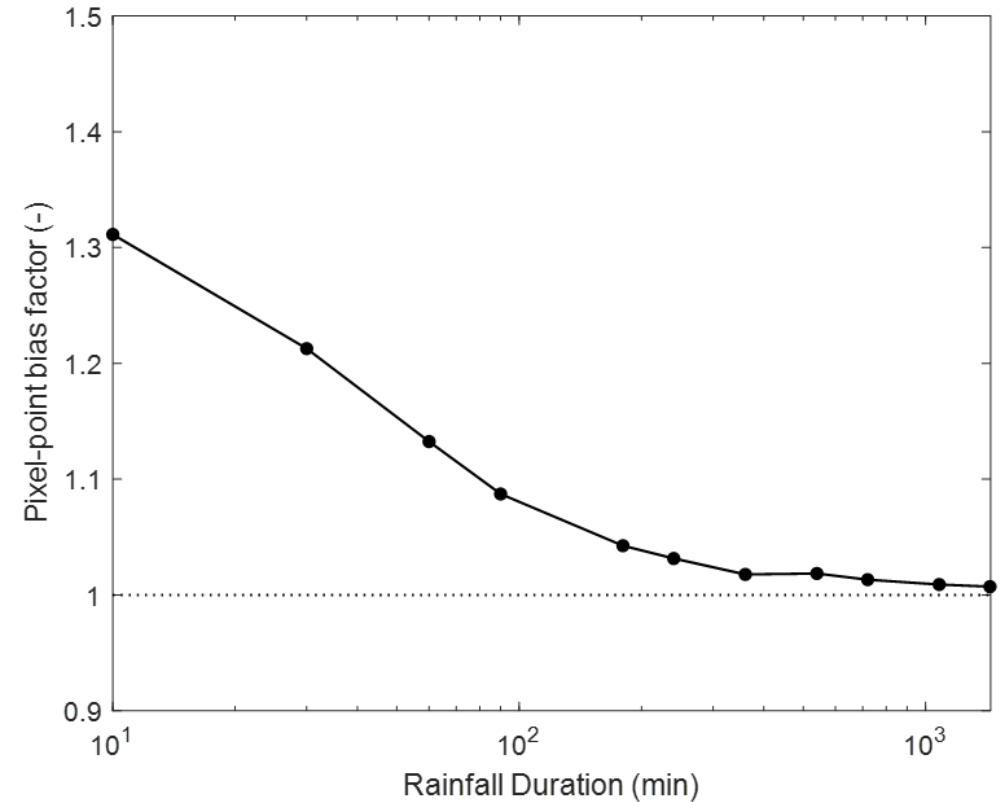
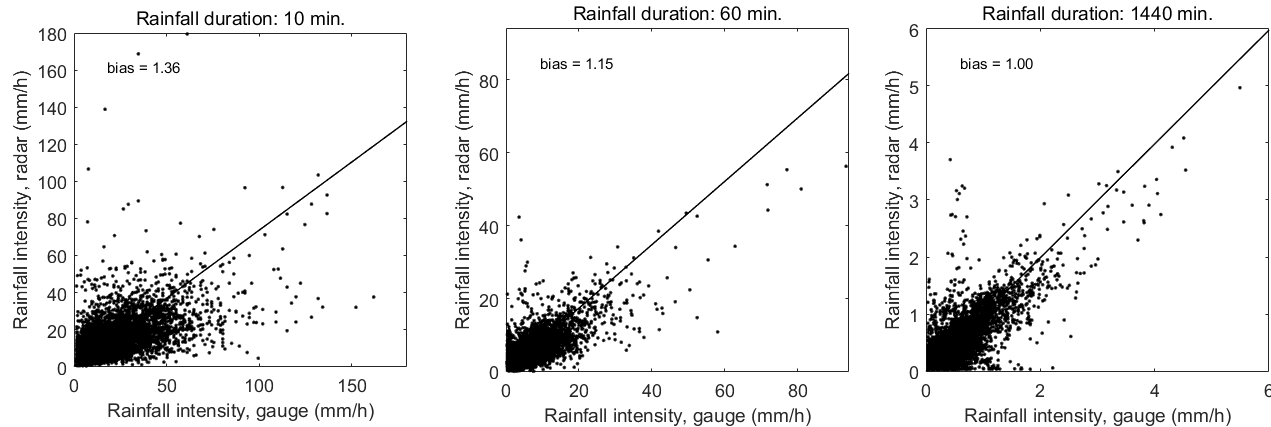
- Samme metode som i SVK-skrifter
- Stor spredning på høje gentagelsesperioder
- Inden for radarens rækkevidde findes værdier som er større end 100 års gentagelsesperioden

# Varighedsafhængig bias

Radaren undervurderer generelt korte nedbørsvarigheder pga.

- Skaleringsfejl mellem punkt og pixel
- Subpixel variabilitet

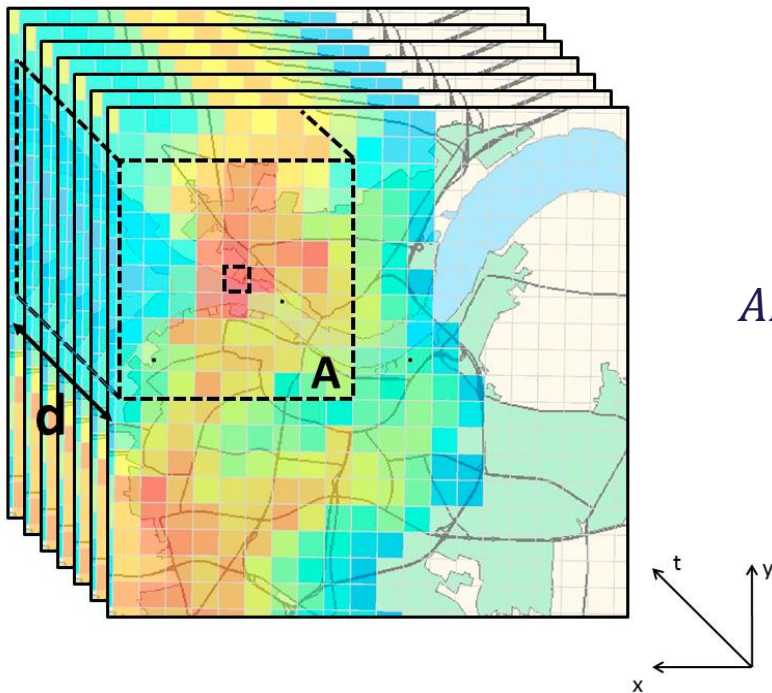
For regnvarigheder over 100 minutter er fejlen mindre end 10 %



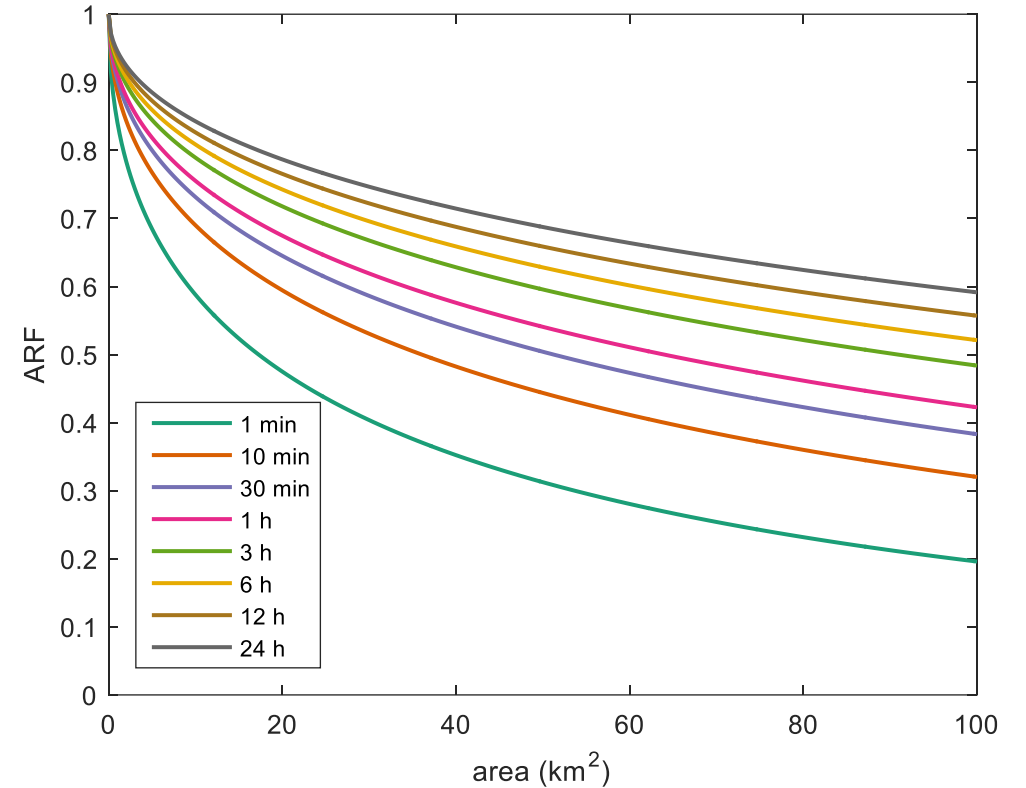


# Arealreduktionsfaktorer

- Storm-centereret
- Varigheder fra 1 min til 1 dag (1440 min)
- Arealer fra 0.1 til 100 km<sup>2</sup>



$$ARF = \frac{i(d, A)}{i(d, point)}$$



$$ARF = \exp\left(-0.31 \frac{A^{0.38}}{d^{0.26}}\right)$$

A: area (km<sup>2</sup>)

d: duration (min)

Thorndahl, S., Nielsen, J.E., Rasmussen, M.R. (2019) Estimation of storm-centred areal reduction factors from radar rainfall for design in urban hydrology. Water, 11(6)

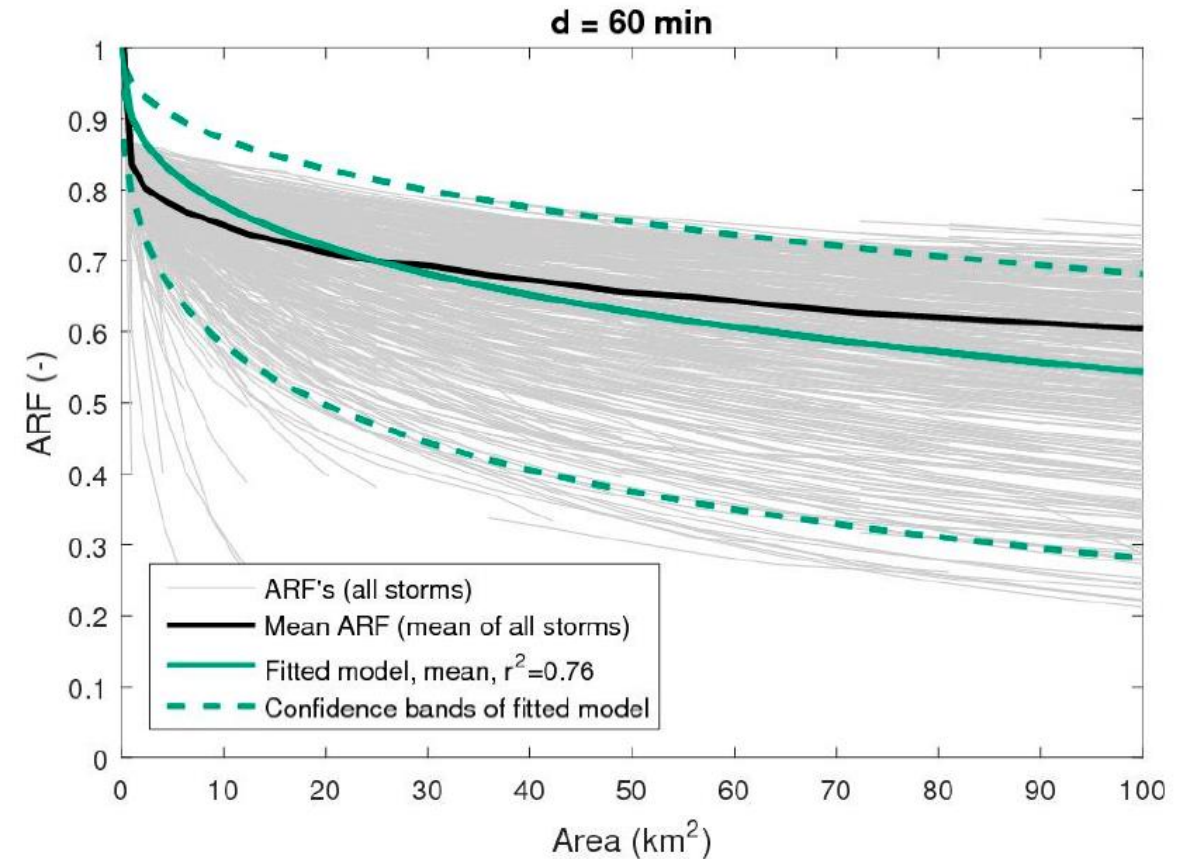
# Eksempel:

## Opland til et renselanlæg

- Oplandsareal 700 ha = 7 km<sup>2</sup>
- Koncentrationstid: 60 min.

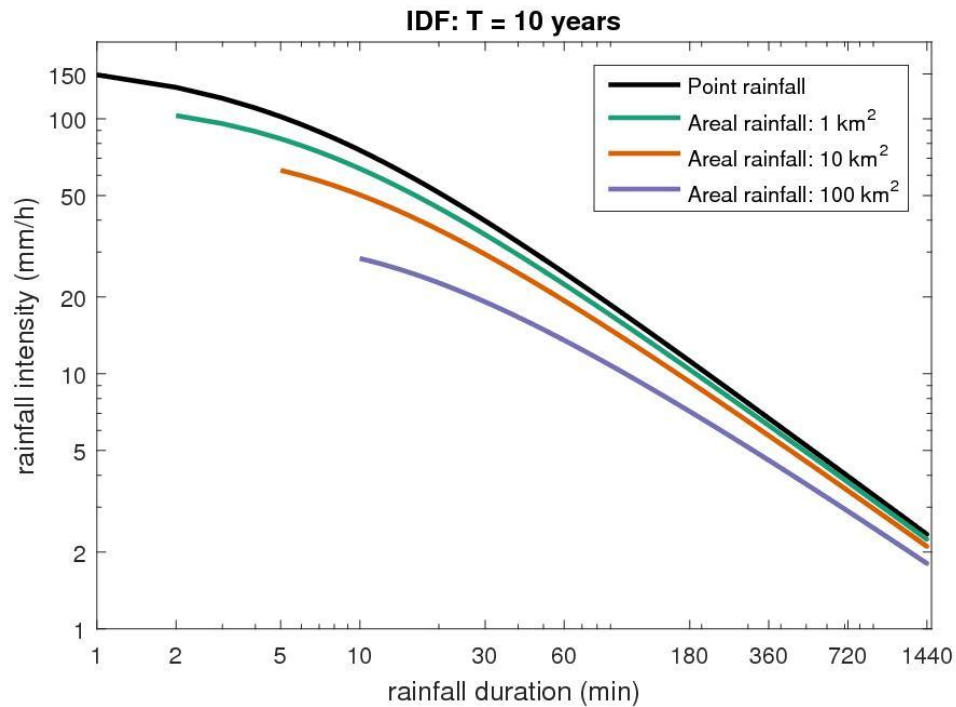
$$\text{ARF} = 0.76$$

- Dvs. at den dimensionsgivende regn mindskes med ca. 24 % pga. regnens stedlige udbredelse.

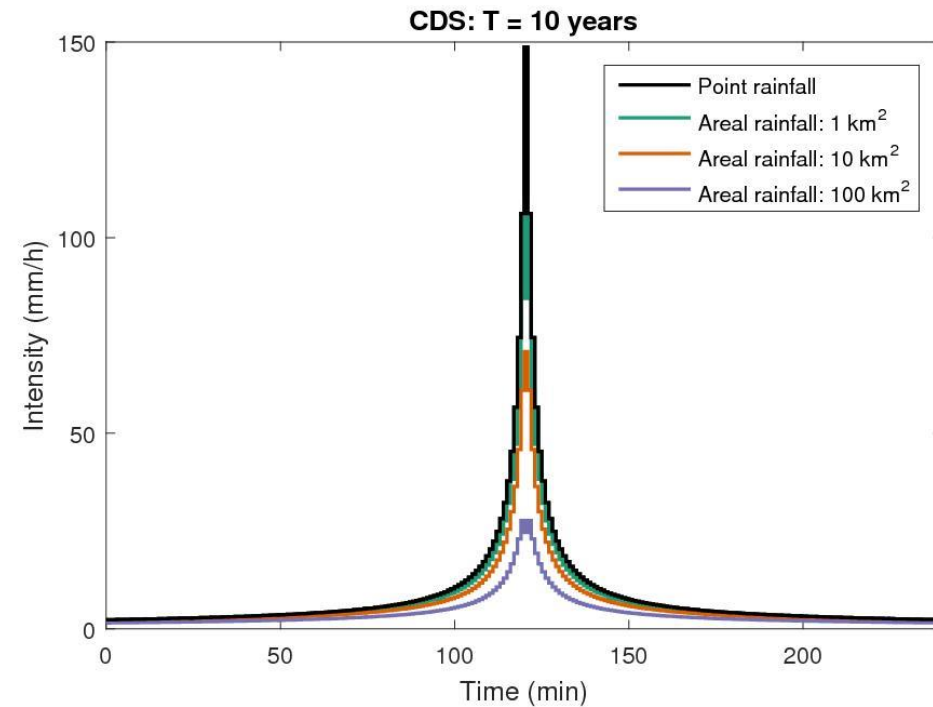


# Implementering i dimensioneringspraksis?

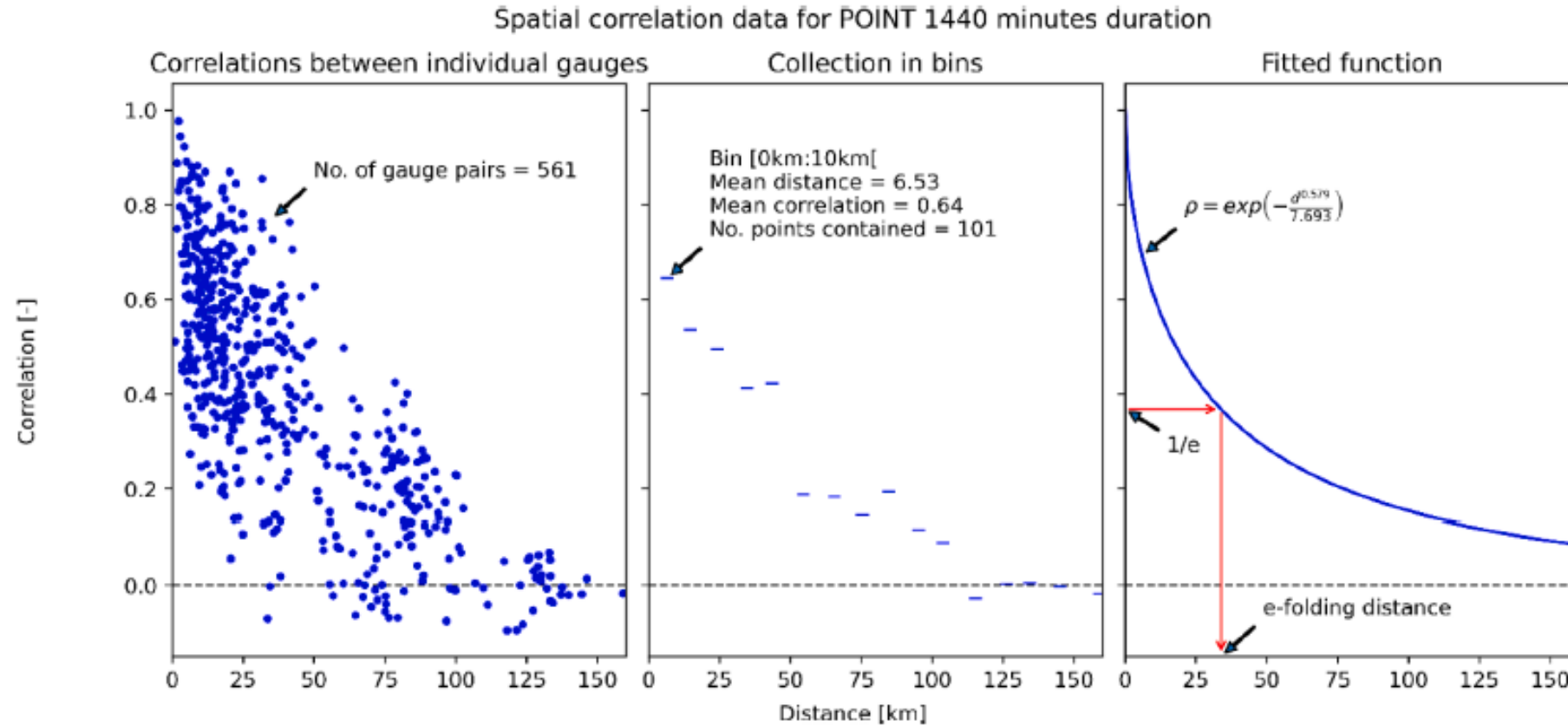
Direkte på IDF-kurver



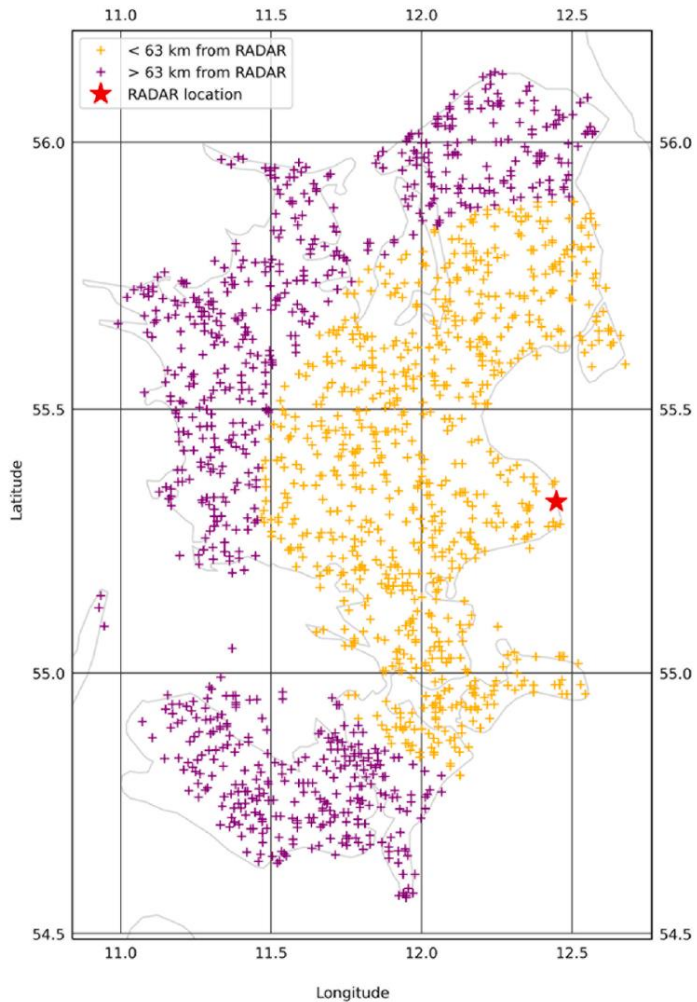
eller på CDS-regn



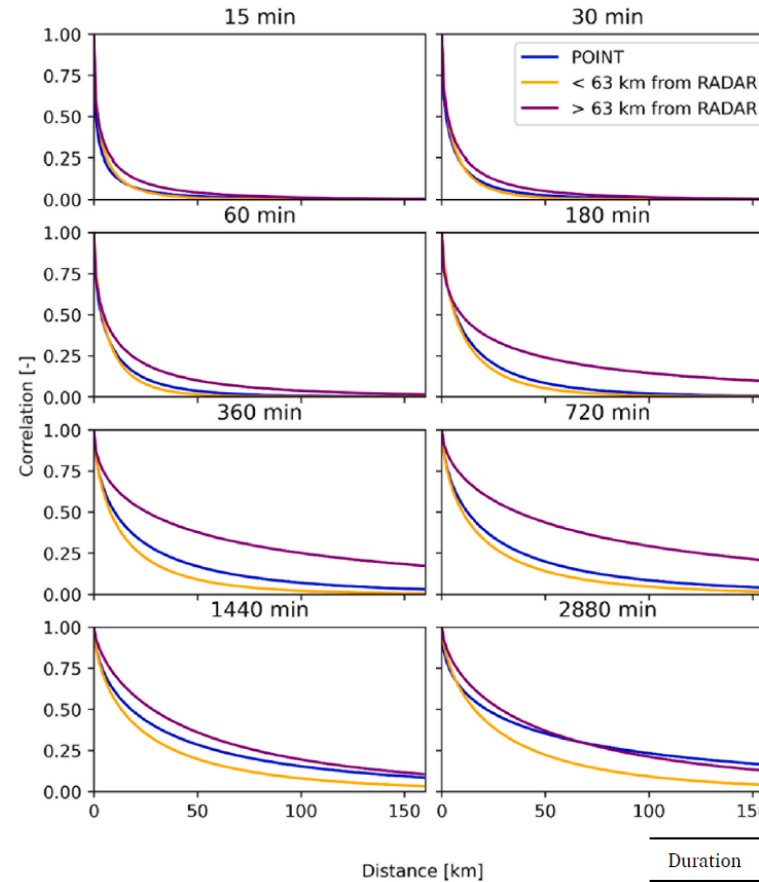
# Stedlig korrelation



# Korrelationslængder: radar- vs. regnmålerdata



Unconditional spatial correlations



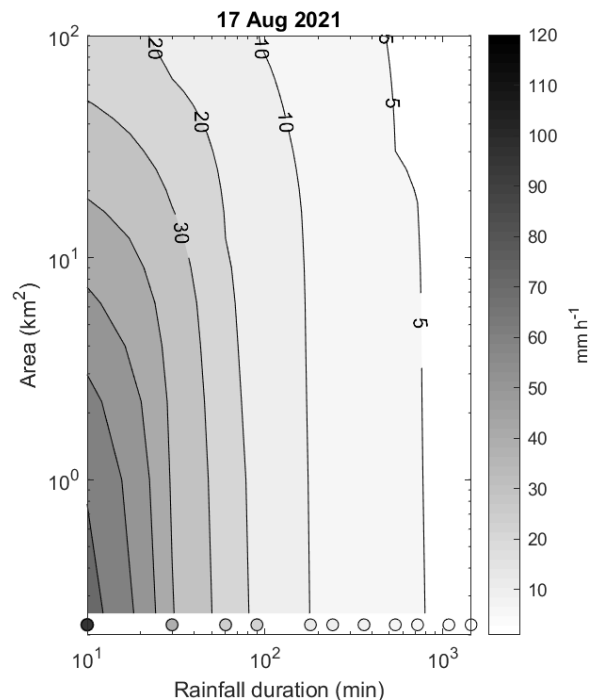
- Overordnet samme stedlige korrelation mellem regnmåler og radar
- Radardata målt langt fra radaren (> 63 km) viser højere korrelationer pga.:
  - Grovere opløsning på data som funktion af afstand
  - Målinger højere i atmosfæren som funktion af afstand
- Korrelationsstrukturer viser det samme som ARF

Duration	POINT	RADAR	<63 km RADAR <sup>2</sup>	> 63 km RADAR <sup>2</sup>	RADAR-ARF <sup>3</sup>
15 min	2	4	4	4	5
30 min	4	5	5	6	6
60 min	7	8	7	10	8
180 min	12	12	11	22	11
360 min	19	20	14	53	14
720 min	23	28	18	70	18
1440 min	34	29	24	49	23
2880 min	46	32	27	50	29

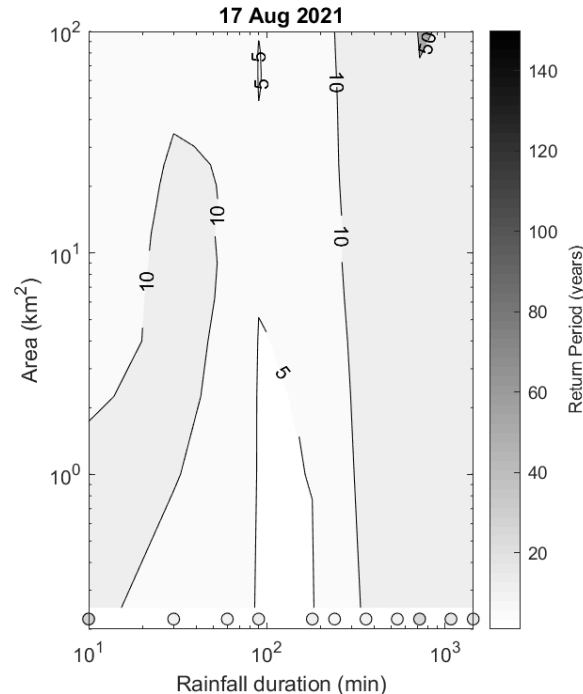
Thomassen, E.D., Thorndahl, S., Andersen, B.A. Gregersen, I.B, Arbjerg-Nielsen, K., Sørup, HJD (2022) **Comparing spatial metrics of extreme precipitation between data from rain gauges, weather radar and high-resolution climate model re-analyses.** Journal of Hydrology

# Severity diagrams og hændelseskataloger

- Dagligt maksimum inden for radardomæne



Intensitet-varighed-areal-diagram

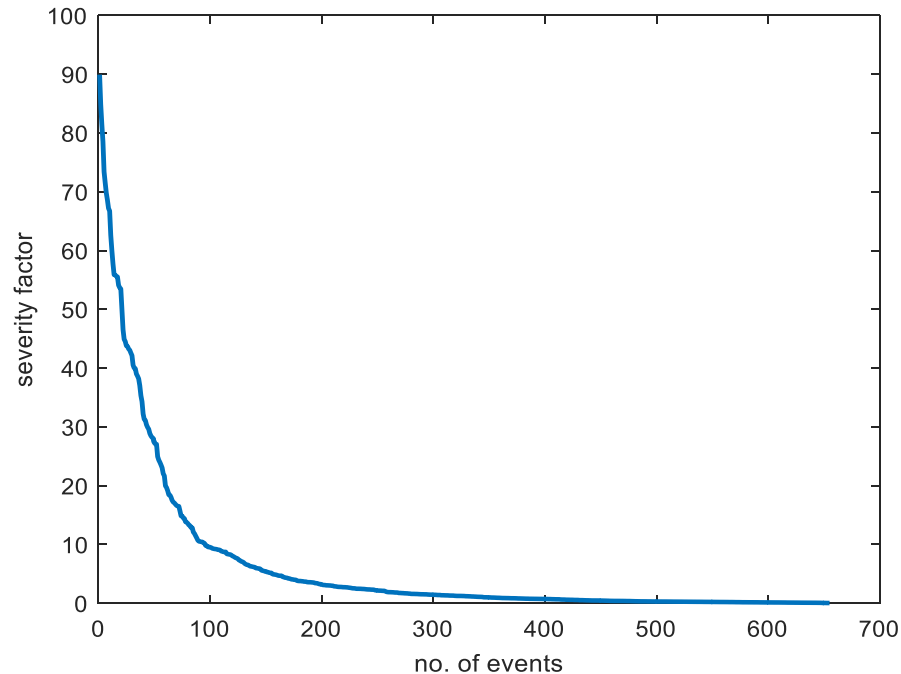


Severity diagram  
(areal, varighed, gentagelsesperiode)

- Estimering af gentagelsesperioder ud fra ækvivalent punktstatistik og arealreduktionsfaktorer
- **Severity index:** Arealvægtet gentagelsesperiode bruges til at rangere hændelser

# Rangering af hændelser efter *severity index*

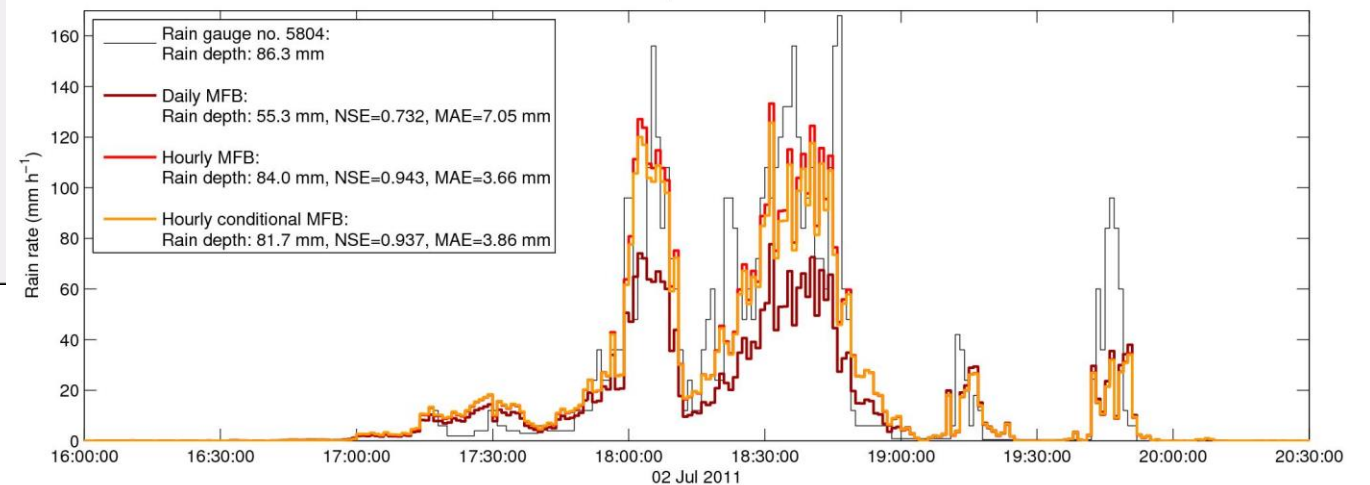
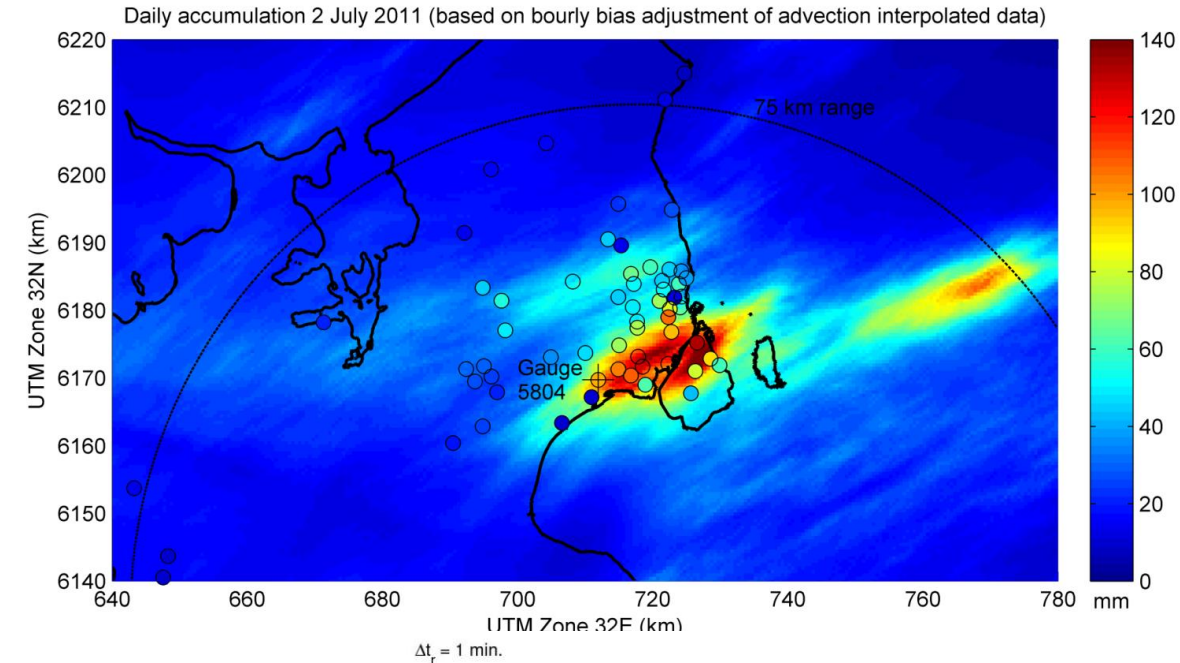
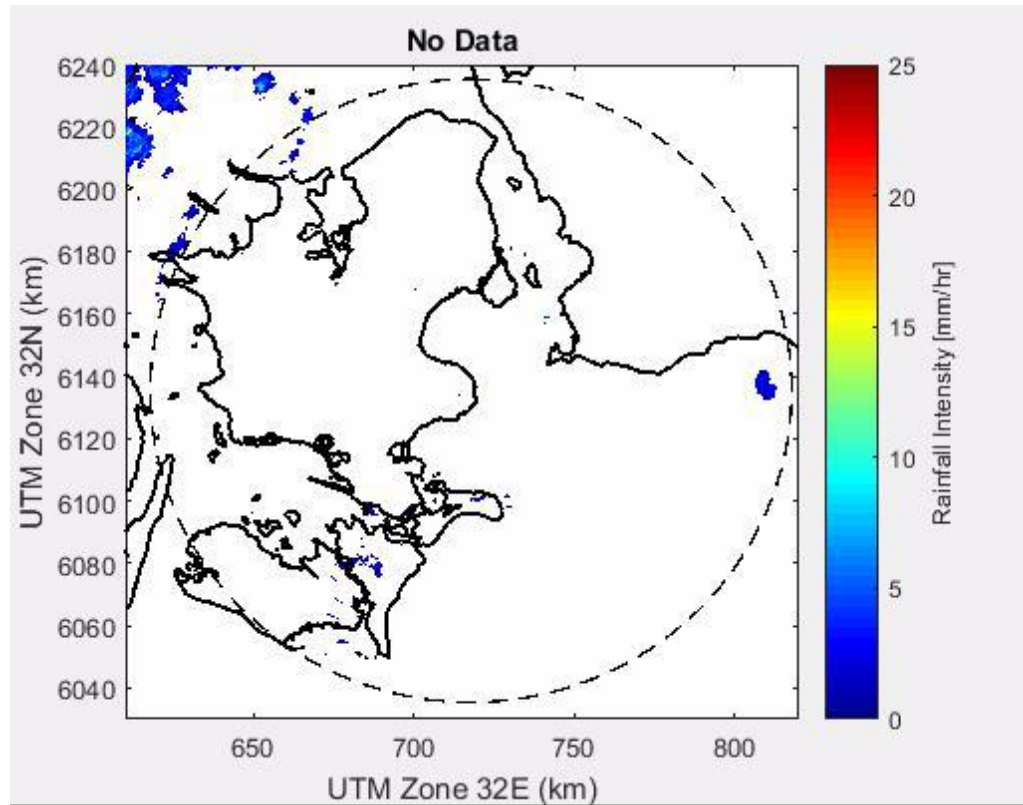
- Regnhændelser fra kataloget kan bruges direkte som tidsligt og stedligt input til afløbsmodeller



Rank	Date	Severity index
1	02-jul-2011	89.9
2	04-Aug-2014	84.9
3	26-Aug-2022	81.5
4	10-Aug-2019	78.5
5	25-Sep-2020	73.4
6	27-Aug-2022	71.6
7	21-May-2019	69.8
8	11-Oct-2019	68.6
9	31-Aug-2014	67.2
10	19-Aug-2020	66.7
11	18-Aug-2020	62.6
12	21-Nov-2015	60
13	17-May-2007	57.7
14	02-Oct-2016	55.9
15	27-Jun-2007	55.8
16	05-Jul-2007	55.6
17	14-Aug-2010	55.5
18	10-Sep-2003	54.1
19	27-Aug-2020	53.7
20	17-Aug-2010	53.5
21	01-Aug-2011	50
22	17-Oct-2002	46.6
23	15-Aug-2021	44.9
24	08-Aug-2007	44.5
25	...	...

# Reanalyse af hændelser

Example: Copenhagen 11 July 2011

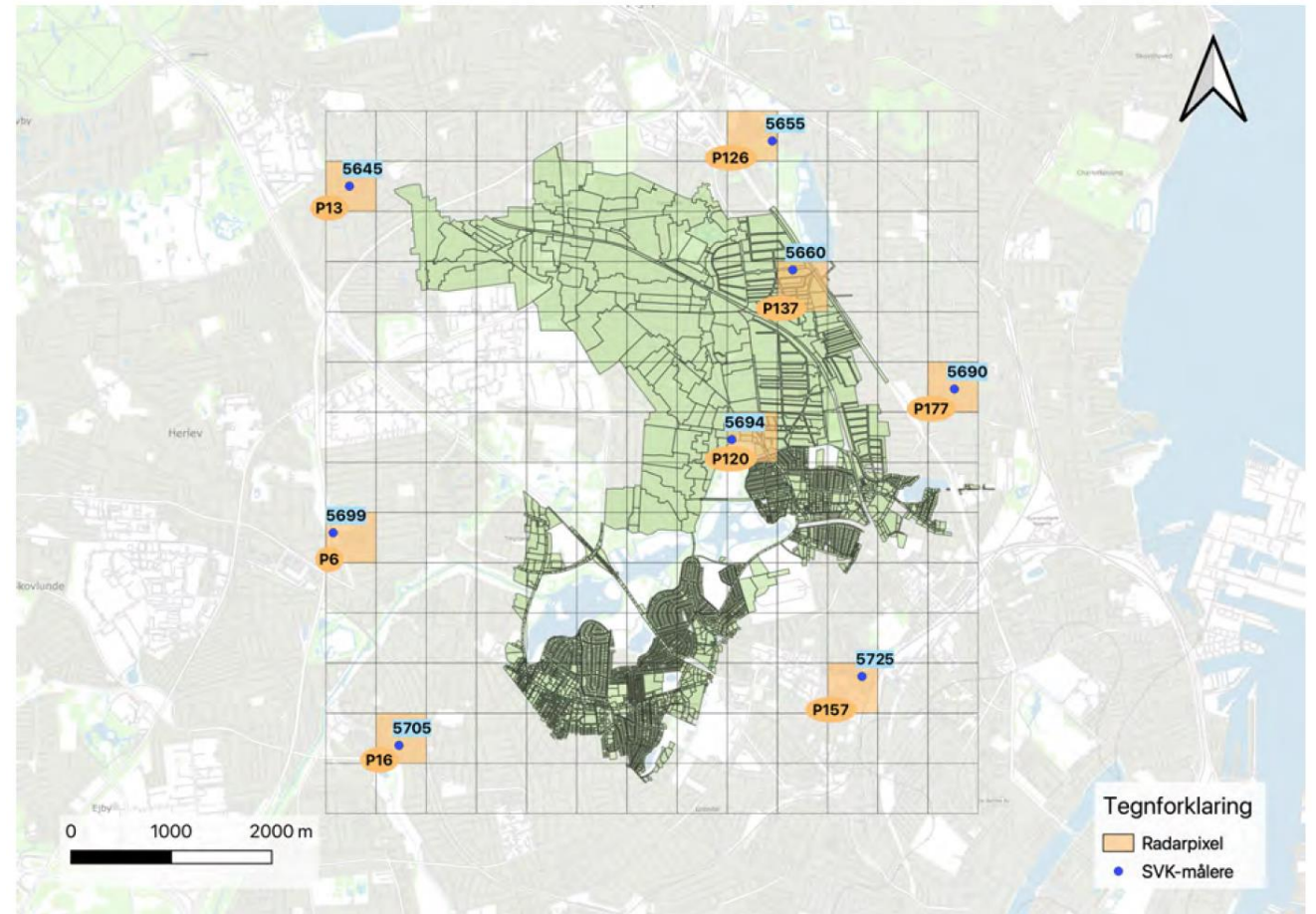




# Anvendelse af radardata i afløbsmodellering

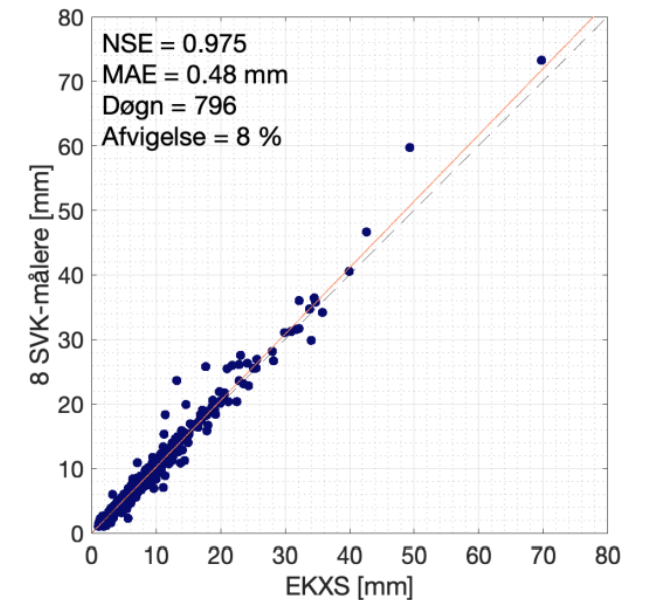
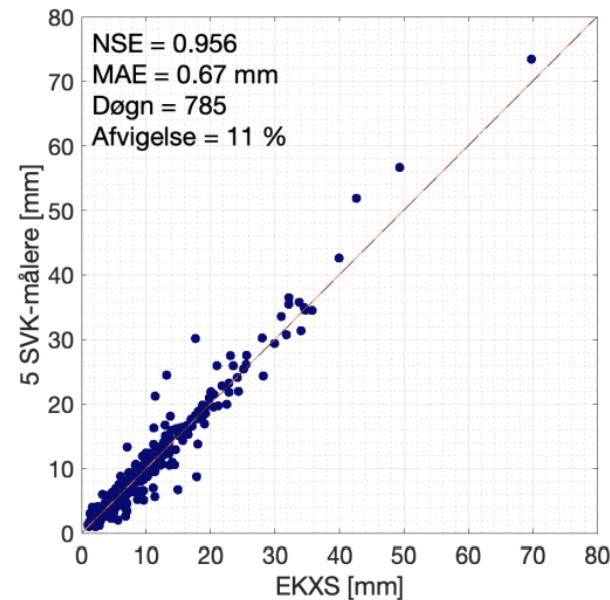
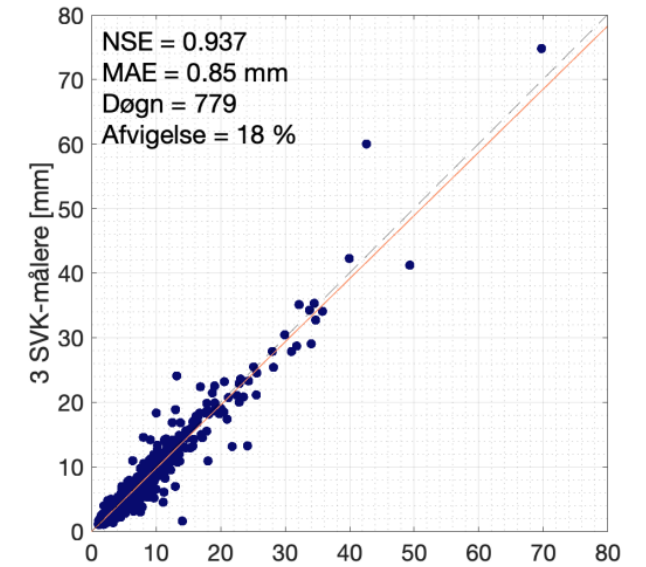
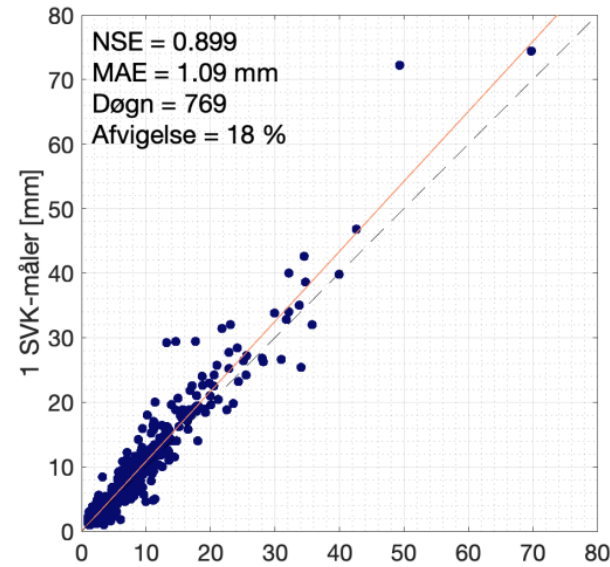
Hvad betyder regnens stedlige variabilitet?

- Opland omkring Utterslev Mose, København
- Oplandsareal: 12480 ha (12.4 km<sup>2</sup>)
- Simulering af afstrømningsvoluminer, overløbsvoluminer og stuvning med forskellige regninputs:
  - 1 regnmåler
  - 3 regnmålere
  - 5 regnmålere
  - 8 regnmålere
  - 500 x 500 m<sup>2</sup> radarregn

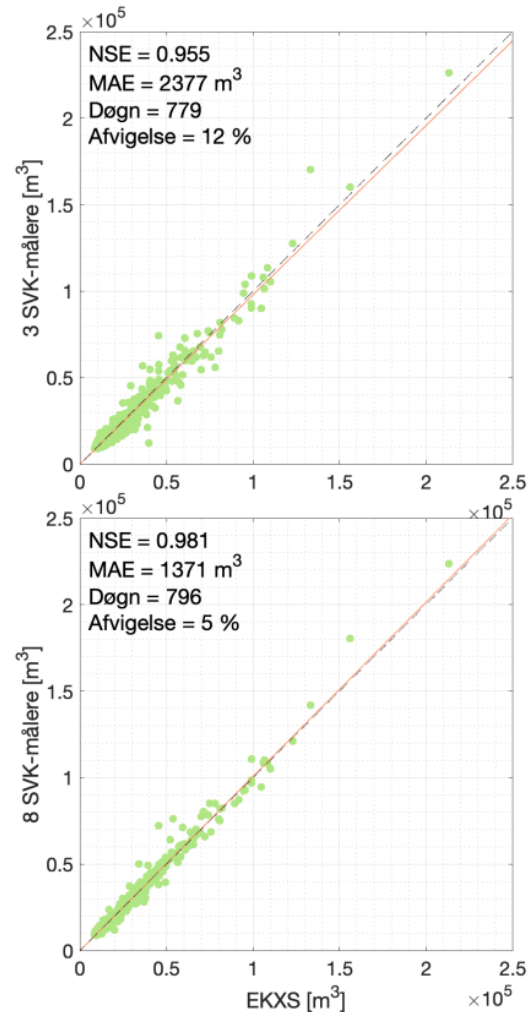
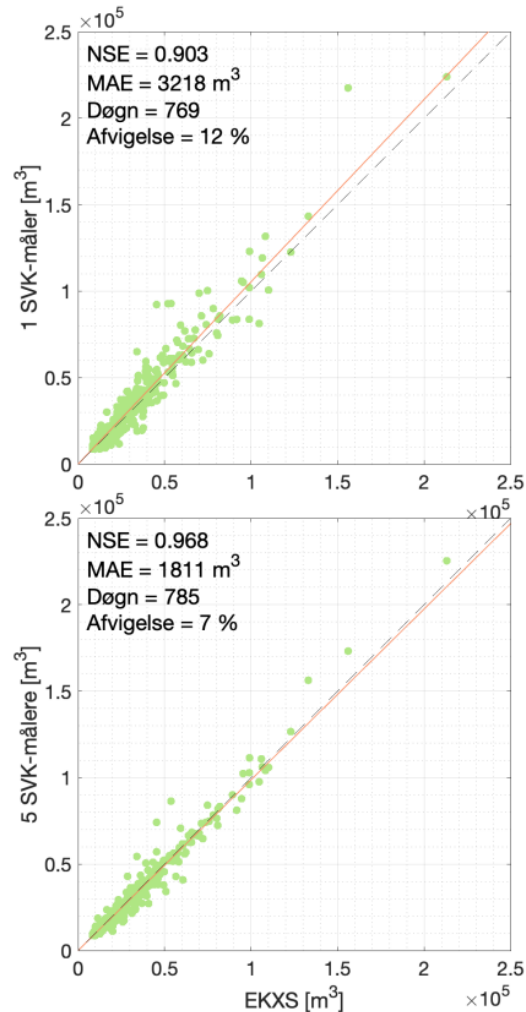


# Udvælgelse af regnhændelser

- 16/01-2008 til og med 18/09-2022.
- Udvælgelse af dage med mere end 1 mm arealmidlet nedbør for projektområdet.

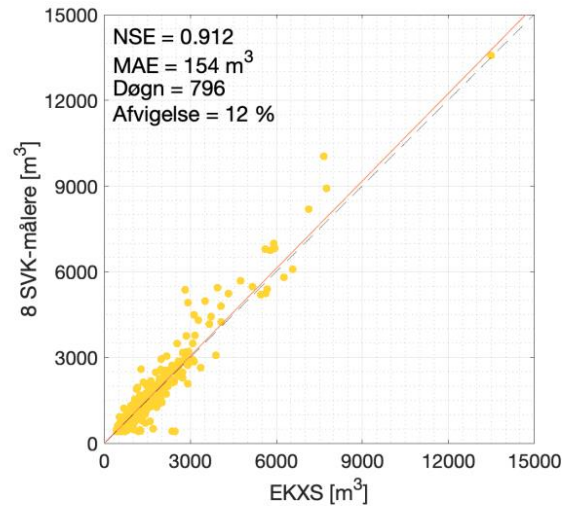
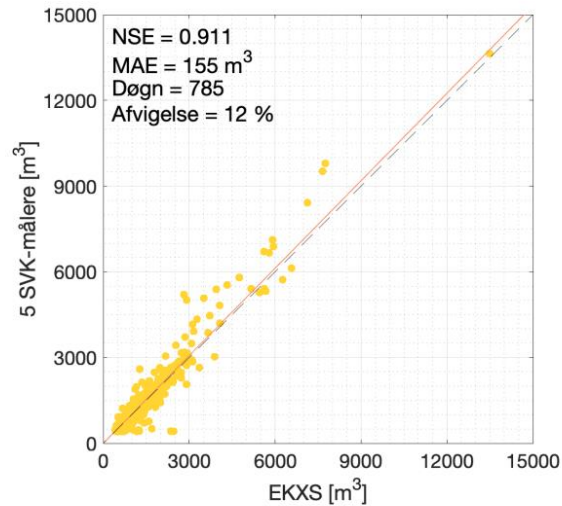
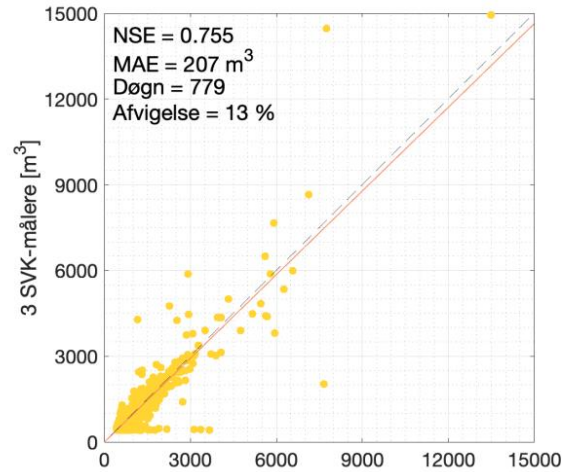
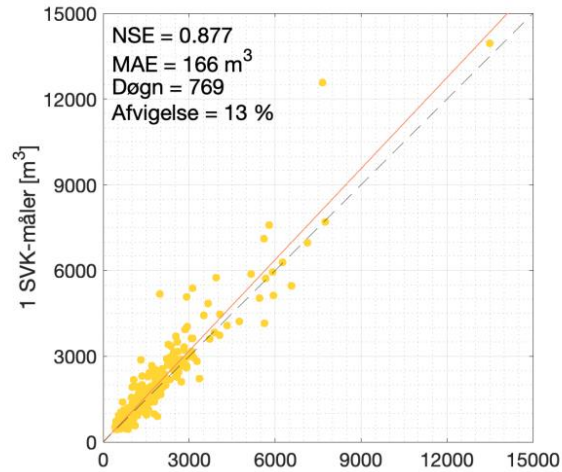


# Afstrømningsvoluminer til renseanlæg



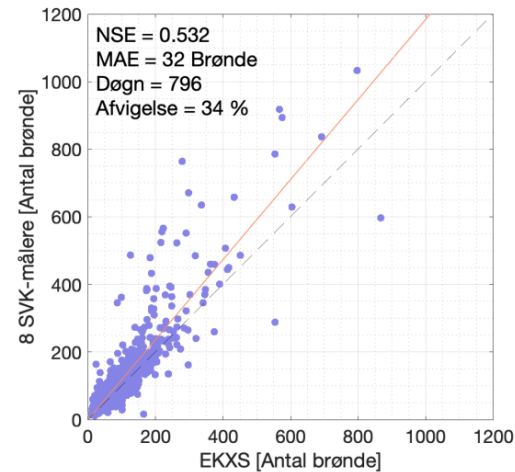
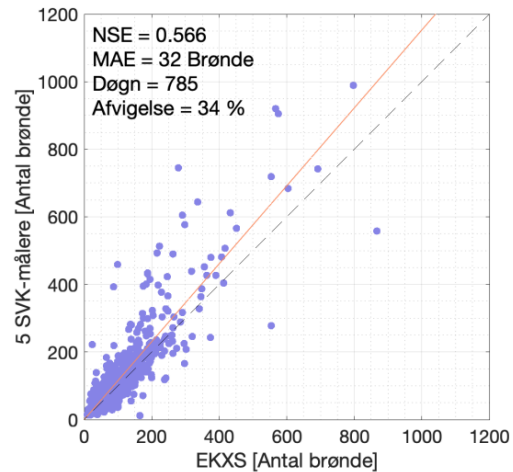
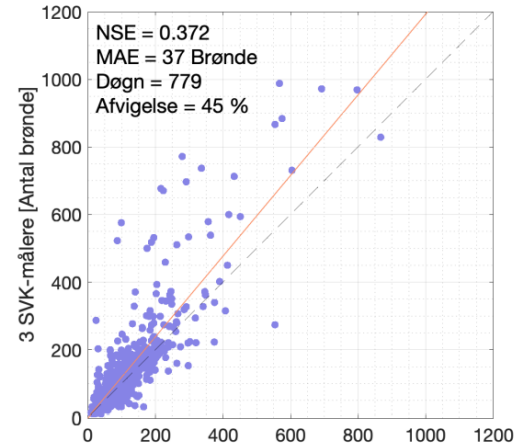
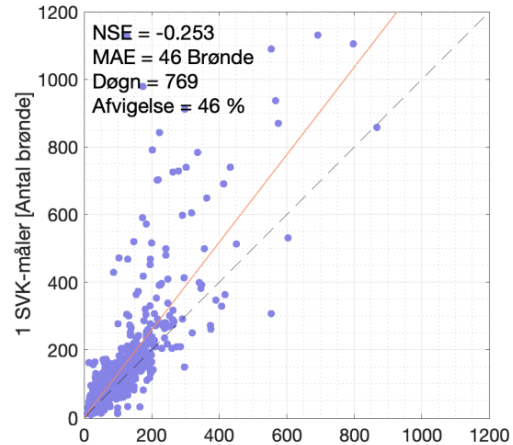
- Jo flere regnmålere jo mindre afvigelse mellem regnmålere og radar

# Overløbsvolumener



- Jo flere regnmålere jo mindre afvigelse mellem regnmålere og radar

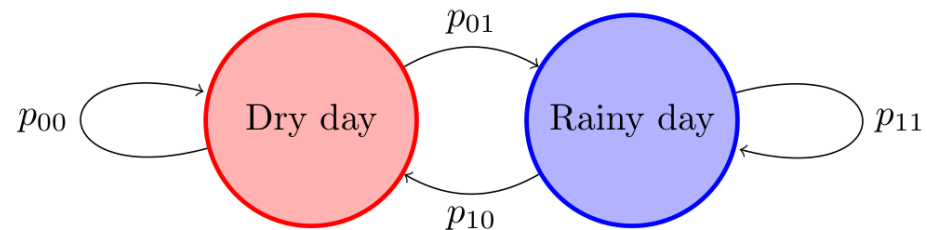
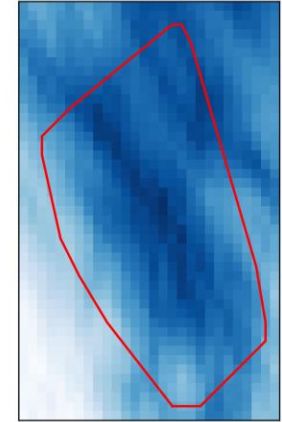
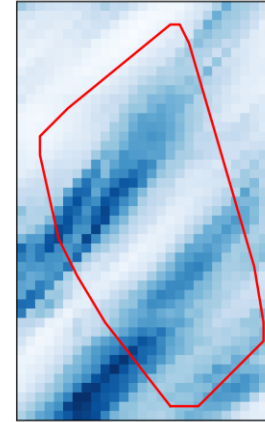
# Stuvning (0.5 m over bundkote)



- Mere variabilitet i stuvning end i volumener
- Her er den lokale stedlige variabilitet vigtig
- Radarens underestimering af høje intensiteter ses som en underestimering af stuvning

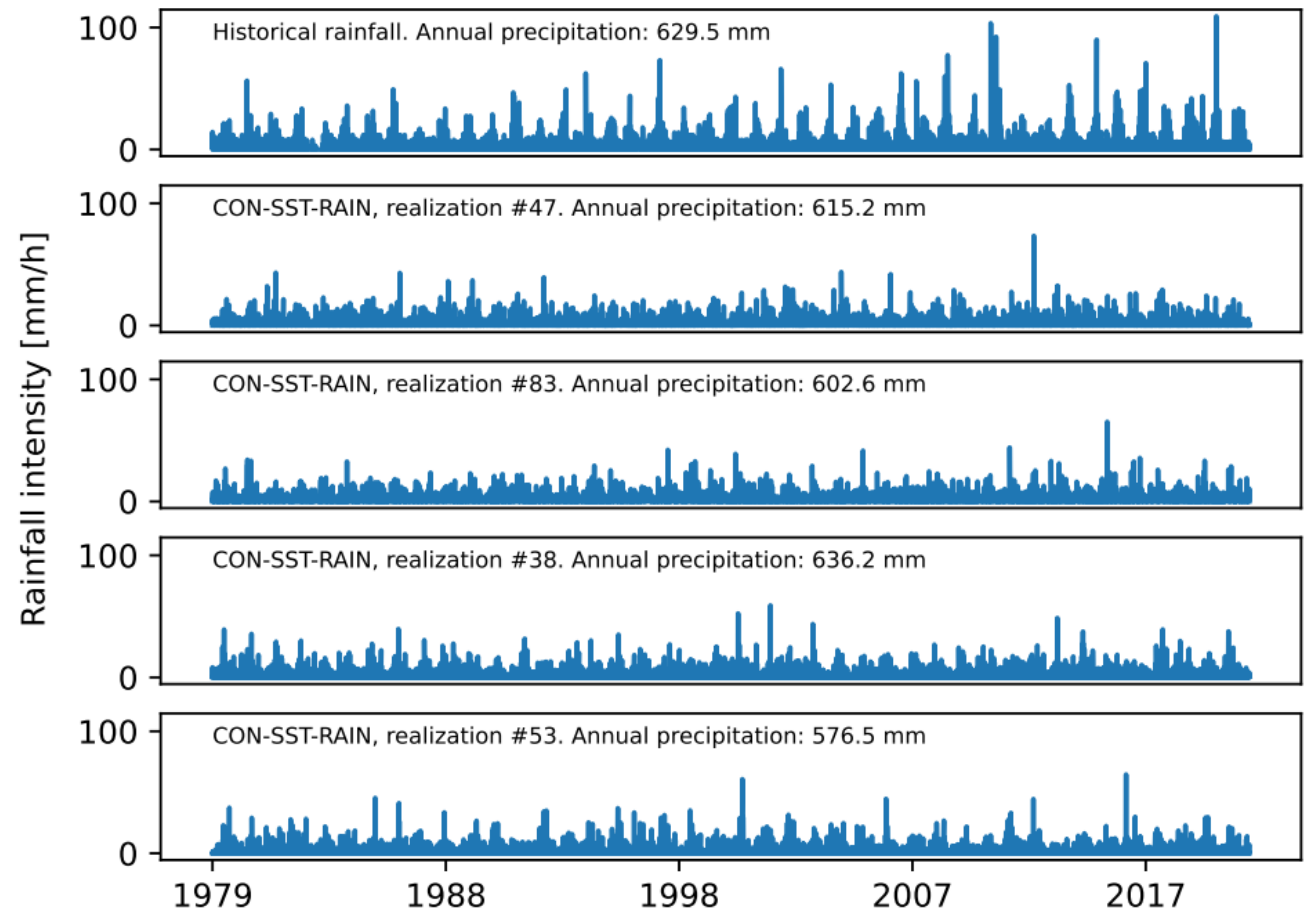
# CON-SST-RAIN: Continuous Stochastic Space- Time Rainfall generation

- Generering af kunstige regnserier (tid-sted) ved kombination af markovkæder og “Stochastic Storm transposition”



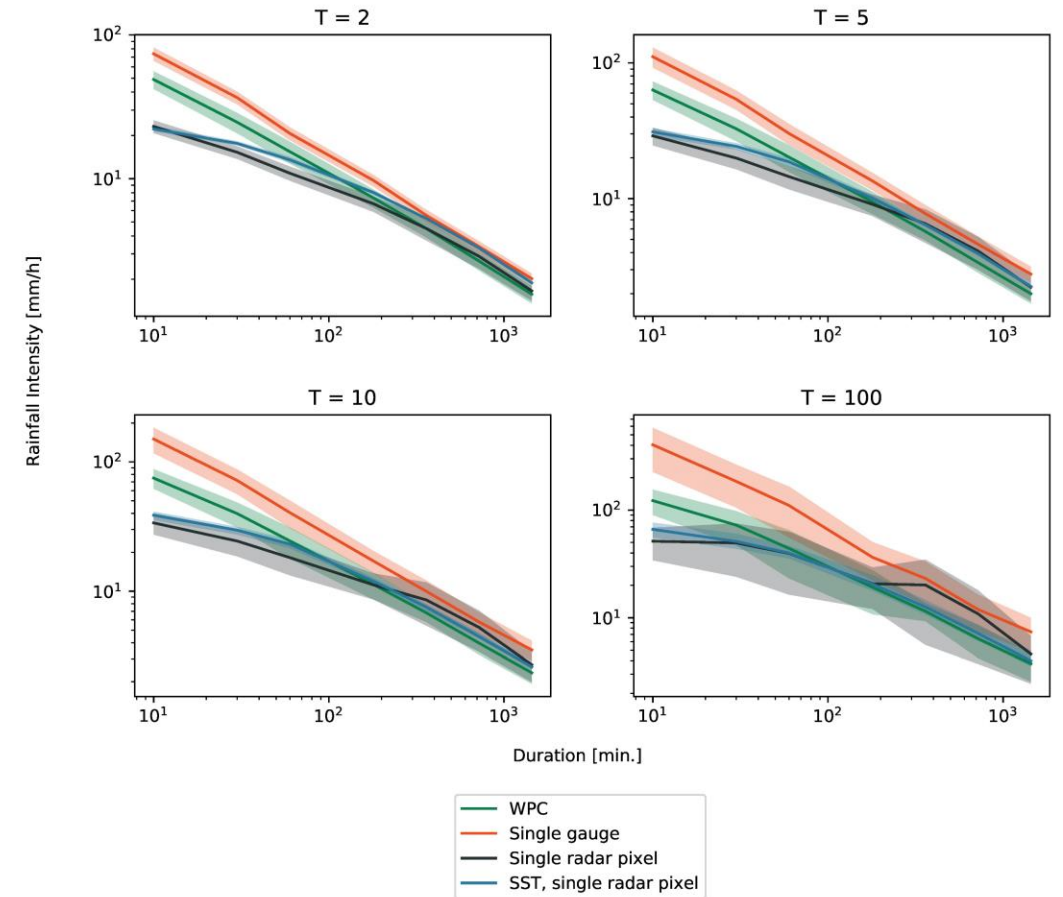
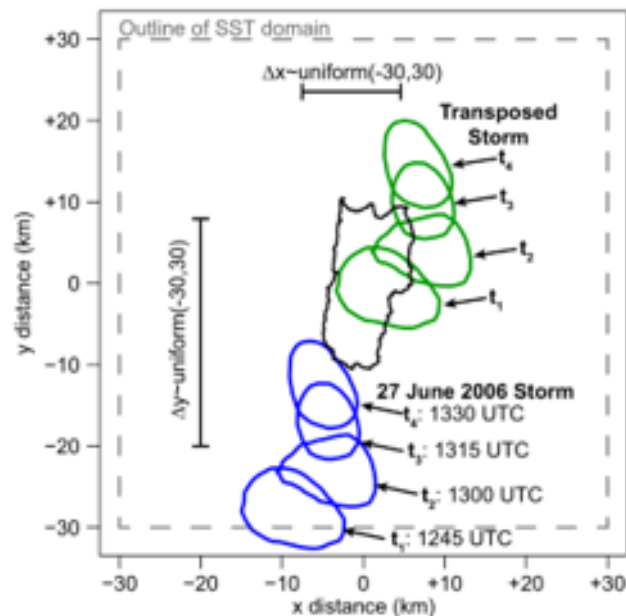
# Formålet med en ny regngenerator

- Behov for at medtage regnens variabilitet i tid og sted i afløbsmodellering
- Mulighed for at tilpasse serier til klimaændringer og høje gentagelsesperioder
- Mulighed for at undersøge usikkerheder (ved brug af ensembler)



# Stochastic Storm Transposition

- En metode til at rekonstruere ekstremstatik på regn ved stokastisk at “flytte” regnen rundt
- Mulighed for at estimere gentagelsesperioder større end observationsperioden

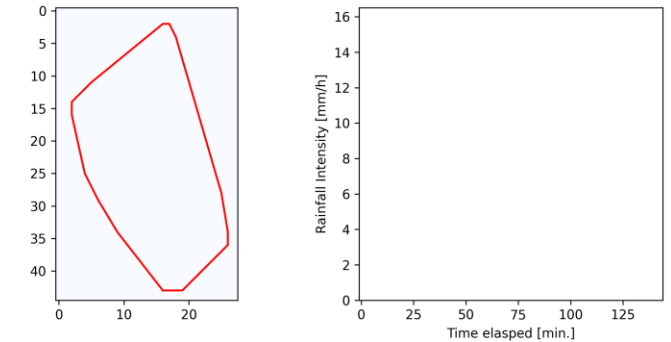
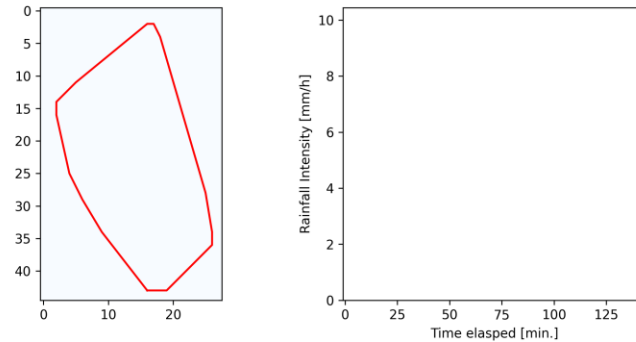
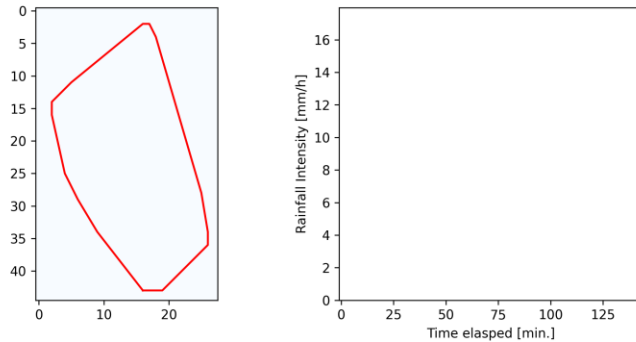
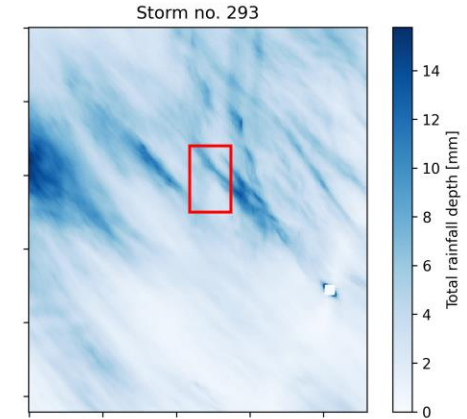
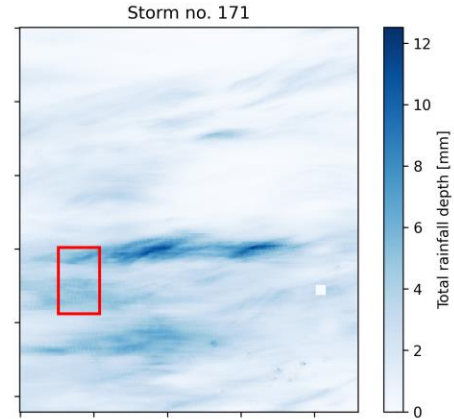
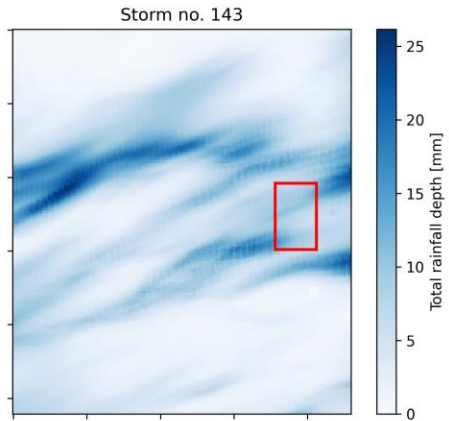
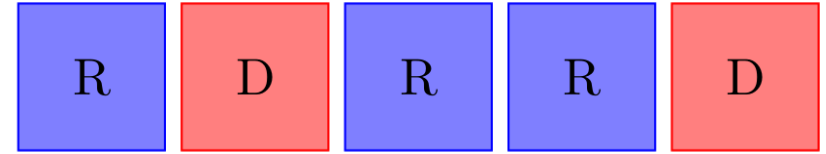


Wright, D.B.; Smith, J.A.; Baeck, M.L. (2014) **Flood frequency analysis using radar rainfall fields and stochastic storm transposition.** Water Resour. Res., 50, 1592–1615.

Andersen, C.B.; Wright, D.B.; Thorndahl, S. (2022) **Sub-Hourly to Daily Rainfall Intensity-Duration-Frequency Estimation Using Stochastic Storm Transposition and Discontinuous Radar Data.** Water 2022, 14, 4013.

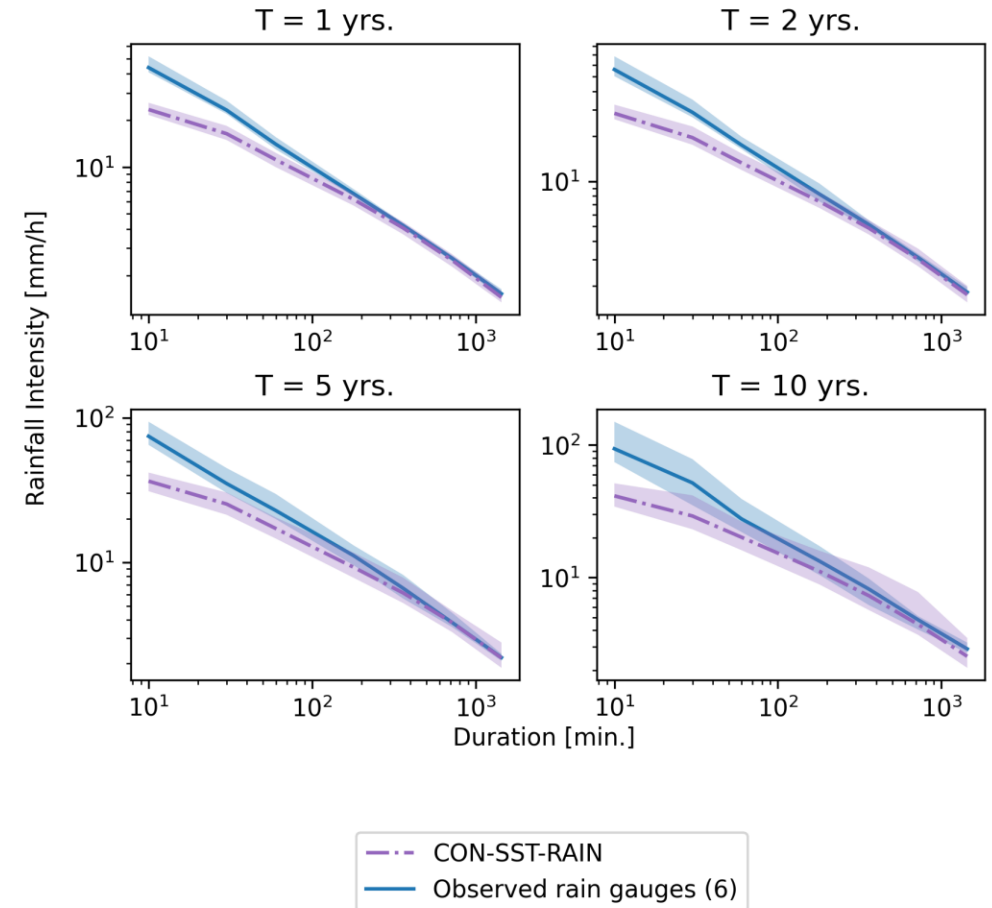
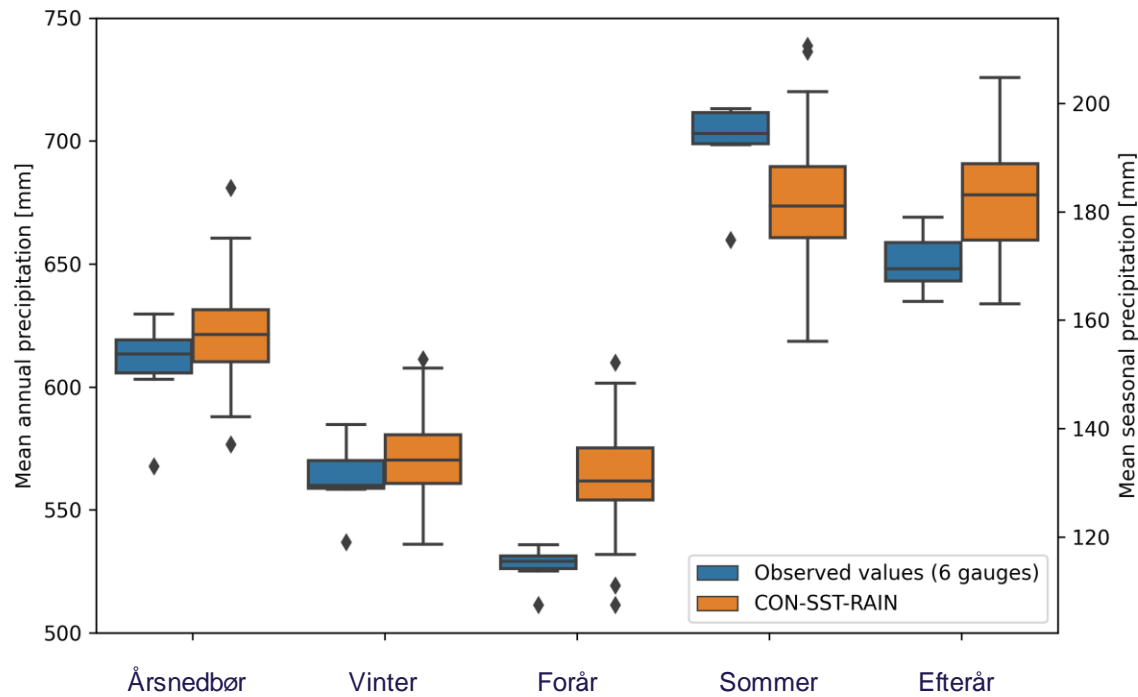


# CON-SST-RAIN Overview



# CON-SST-RAIN resultater

- Metoden kan replikere års og årstidsvariabilitet samt ekstremstatistik



# Svar på dagens spørgsmål

- Kan man få den samme ekstremstatistisk ud af radar data som regnmålerdata?
- Hvornår er der behov for at tage højde for regns stedlige variabilitet i afløbsmodellering?
- Kan radardata anvendes som input til en afløbsmodel?
- Kan vi bruge radardata til at kontrollere for høje gentagelsesperioder og til klimafremskrivning?

Ja, men radaren underestimerer intensiteter på korte varigheder

Tja...det afhænger af oplandsstørrelse og oplandskompleksitet

Ja

Ja...på sigt



**AAU**

**Kan vi øge vores modelgrundlag med  
radardata?**

EVA-temamøde: Nedbør – Data og værktøjer  
11. Maj 2023, Nyborg

Søren Thorndahl (st@build.aau.dk)  
Aalborg Universitet