



Temaartikel: Analyse af spatiale korrelationslængder mellem SVK-stationer, vejr-radar og klimamodeller

Thomassen, Emma Dybro; Thorndahl, Søren Liedtke; Andersen, Christoffer Bang; Gregersen, Ida Bülow; Arnbjerg-Nielsen, Karsten; Sørup, Hjalte Jomo Danielsen

Published in:
Drift af Spildevandskomitéens Regnmålersystem

Publication date:
2023

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Thomassen, E. D., Thorndahl, S. L., Andersen, C. B., Gregersen, I. B., Arnbjerg-Nielsen, K., & Sørup, H. J. D. (2023). Temaartikel: Analyse af spatiale korrelationslængder mellem SVK-stationer, vejr-radar og klimamodeller. In K. Sarup (Ed.), *Drift af Spildevandskomitéens Regnmålersystem: Årsnotat 2022* (pp. 51-56). Danmarks Meteorologiske Institut.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

9. Temaartikel: Analyse af spatiale korrelationslængder mellem SVK-stationer, vejr-radar og klimamodeller

Af Emma Dybro Thomassen – DMI, Søren Liedtke Thorndahl – Aalborg Universitet Build, Christoffer Bang Andersen – Aalborg Universitet Build, Ida Bülow Gregersen - Rambøll, Karsten Arnbjerg-Nielsen - DTU Sustain, Hjalte Jomo Danielsen Sørup - DTU Sustain

SVKs regnmålnetværk bruges som central datakilde til at besvare denne artikels to hovedspørgsmål: 1) Hvorvidt den ujævne fordeling af SVK-målerne over Danmark har indflydelse på den korrelation vi beregner mellem målerne, og 2) Om data fra to klimamodeller med høj opløsning har samme korrelation som regnmålerne. Undersøgelsen har vist, at korrelationen for SVK-netværket og for vejr-radar er de samme. Begge klimamodeller overestimerer korrelationslængderne i forhold til observationerne. Klimamodellen med den højeste opløsning i undersøgelsen beskriver bedst den faktiske korrelation af ekstremregn, men begge klimamodeller er bedre end mere grove klimamodeller. Artiklen viser dermed, at den korrelation, der beregnes på baggrund af SVK-målerne fortsat bør indarbejdes i Spildevandskomiteens regionale modeller, samt at klimamodeller fortsat har en udfordring med at modellere kortvarige ekstremregn.

Introduktion

Regnmålerne i SVK-netværket er en central datakilde for Spildevandskomiteens regionale model for ekstremregn. I modellen indgår blandt andet korrelationslængder mellem SVK-stationerne. Korrelationslængderne beskriver sandsynligheden for at måle den samme ekstremregn på to eller flere stationer, der fysisk er placeret tæt på hinanden. Korrelationslængden afhænger af hvilket meteorologisk fænomen, der har generet den ekstreme regnhændelse. De korte skybrudshændelser vil være generet af konvektive regnceller, med en lille spatial udbredelse. Langvarigere ekstreme hændelser med varigheder over 12 timer vil være generet af frontale regnsystemer, der potentielt set kan dække flere landsdele. Korrelationslængderne giver altså en sammenhæng mellem varigheden af ekstremregnen og den spatiale udbredelse af hændelsen.

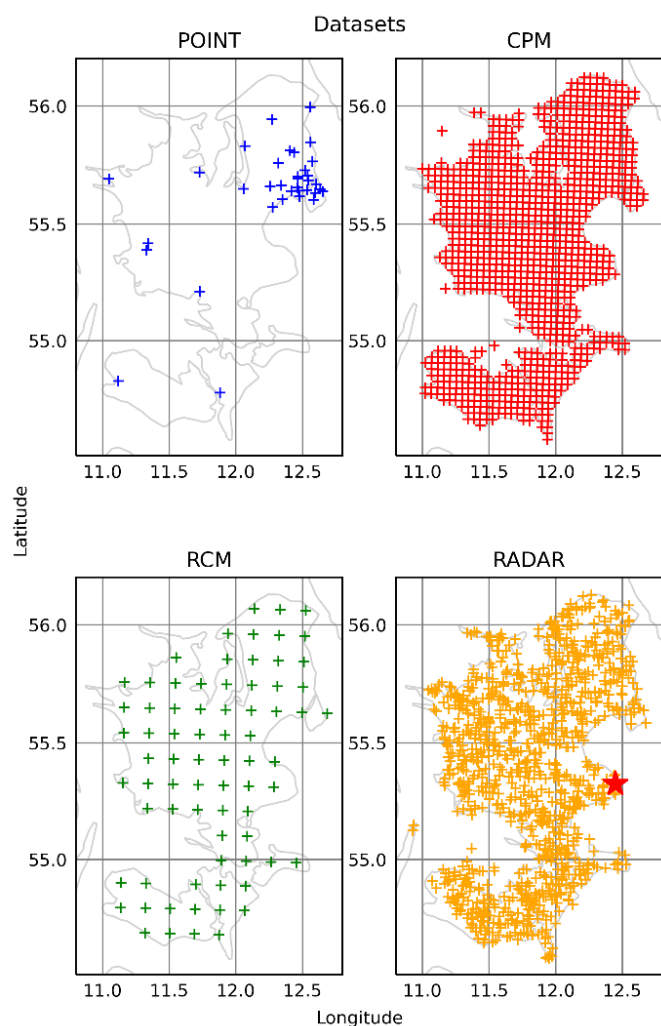
Det er dog en kendt svaghed at SVK-målerne har en ujævn spatial fordeling over Danmark, og det har indtil nu været uvist hvordan denne stedlige heterogenitet påvirker de estimerede korrelationslængder. Dette studie har belyst:

- 1) Hvorvidt den spatiale heterogenitet mellem stationerne har indflydelse på de udregnede korrelationslængder. Dette gøres ved at undersøge om korrelationslængder for data fra vejr-radar og SVK-stationer stemmer overens. Resultatet anvendes som en validering af procedurerne anvendt i Spildevandskomiteens regionale model for ekstremregn, der har været anvendt sidst 1999.
- 2) Om data fra klimamodeller med varierende gridcelleopløsning kan reproducere korrelationslængder lignende dem der er observeret i SVK-netværket og i data fra en vejr-radar. Denne undersøgelse er helt essentiel for valideringen af nye meget højtopløselige klimamodeller, som antages at udvise en mere meteorologisk korrekt sammenhæng mellem varigheden af ekstremregnen og den spatiale udbredelse af hændelsen.

Det fulde studie er publiceret i internationalt hydrologisk tidsskrift: Journal of Hydrology (Thomassen et al. 2022).

Data

Studiet sammenligner observeret nedbørsdata fra SVK-regnmålnetværket (herefter benævnt POINT), bias-korrigeret data fra en vejr-radar (RADAR) og data fra to højtopløselige regionale klimamodeller drevet af reanalyseredata¹. De højtopløselige klimamodeller er henholdsvis en traditionel regional klimamodel (Regional Climate Model – RCM) og en konvektionstilladende regional klimamodel (Convection Permitting climate Model – CPM). Data begrænses således, at der er fuldstændigt overlap i tid og sted mellem alle datasæt. Dette medfører at datasættene er analyseret for 14 års sammenhængende data (2005-2018) over den sydøstlige del af Danmark, som inkluderer Sjælland og de sydlige øer (se Figur 1). POINT data består af 34 SVK-stationer som opfylder kravene om datadækning inden for den analyserede tidsperiode (se Figur 1). RADAR-datasættet er baseret på DMIs radar på Stevns. Radardataen er projekteret over på et kartesisk grid i 500x500 m opløsning, og kun data som er maksimalt 100 km væk fra den fysiske placering af radaren er medtaget (Thorndahl et al. 2014). I dette studie er RADAR datasættet begrænset til 1500 tilfældigt udvalgte punkter inden for det analyserede område (se Figur 1, RADAR). Begge klimamodeldatasæt (RCM og CPM) er baseret på Harmonie Climate modelsystemet (Belušić et al. 2020), med forskellig fysik som tillader vidt forskellig fysisk parametrisering og dermed også resulterende data (Termonia et al. 2018). RCM datasættet har en spatial opløsning på 12 km og en tidslig opløsning på én time. CPM datasættet har en spatial opløsning på 3 km og en tidslig opløsning på 15 min (Lind et al. 2020). Begge datasættet er drevet af reanalysen ERA-Interim (Dee et al. 2011) således at datasættene bedst muligt repræsenterer det observerede vejr. Yderligere detaljer omkring de enkelte datasæt kan findes i baggrundsartiklen (Thomassen et al., 2022).



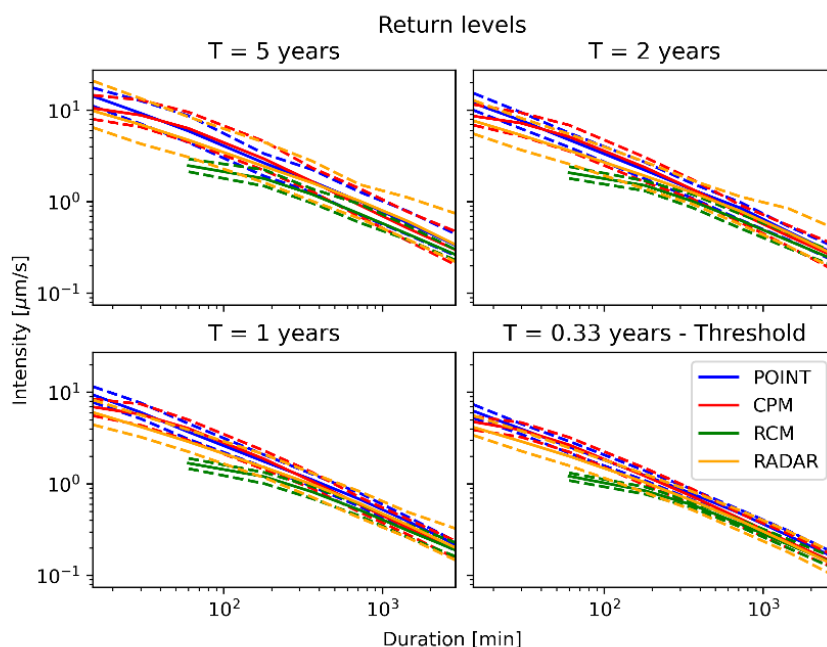
Figur 1: Spatial fordeling af datapunkter over Sjælland og de sydlige øer for de fire datasæt: POINT, CPM, RCM og RADAR. Krydsene markerer de individuelle stationer eller gridpunkter som er brugt i analysen. Den røde stjerne markerer placeringen af Stevns-radaren. Figuren er taget fra Thomassen et al. (2022).

¹ En reanalysemodel er en klimamodel som kombineres med observationer for at forsøge at genskabe det observerede klima.

IDF-kurver

Først sammenlignes IDF-kurver for de fire datasæt (POINT, RADAR, CPM og RCM). Ekstremhændelser udvælges på baggrund af deres maksimum intensitet for 8 varigheder: mellem 15 min og 48 timer (15, 30, 60, 180, 360, 720, 1440 og 2880 min).

Intensitetsfordelingerne viser god overensstemmelse mellem alle datasæt, dog underestimerer RCM-datasættet nogle intensiteter, især for hændelser under 3 timer (se Figur 2). Dette stemmer overens med tidligere studier af traditionelle klimamodeller, som viser at klimamodeller med en grovere opløsning har svært ved at beskrive højintense nedbørshændelser (Vaes et al. 2005; Gregersen et al. 2013; Mayer et al. 2015). Det højtopløselige klimamodeldata (CPM) viser stor overensstemmelse med både RADAR- og POINT-datasæt (se Figur 2), som også stemmer overens med andre studier som viser at højtopløselige klimamodeller beskriver nedbør mere sammenligneligt med observationsdatasæt (Thomassen et al. 2021; Olsson et al. 2021; Médus et al. 2022). RADAR og CPM underestimerer intensiteterne på de helt korte varigheder, dog forventes dette at være på grund af skalaforskelle mellem punkt- og gridcelldata (Schleiss et al. 2020).



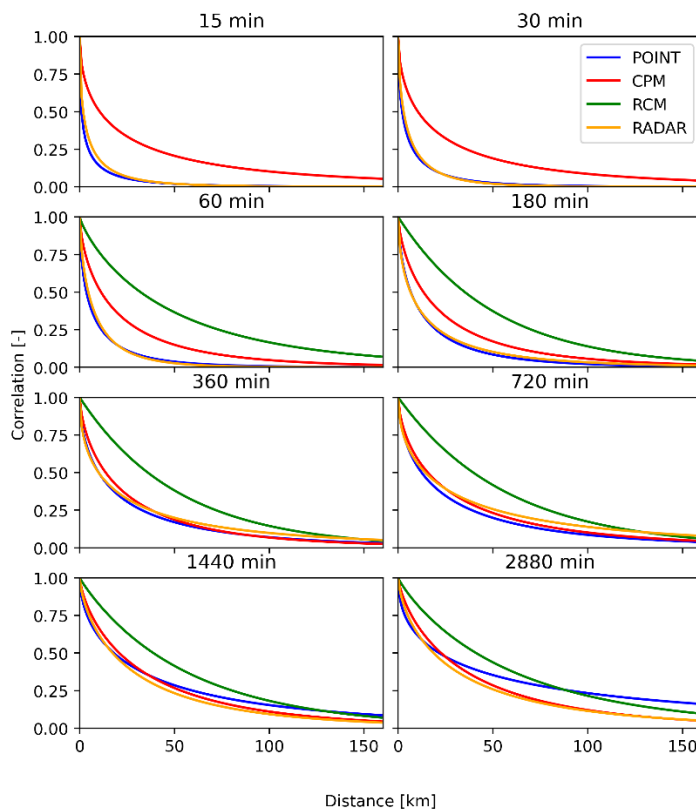
Figur 2 Intensitetsfordelinger for de fire datasæt (POINT, RADAR, CPM, RCM) for forskellige gentagelsesperioder. De stiplede linjer repræsenterer min/max af alle stationer eller gridceller for hvert datasæt, og dermed den spatiale variation. Figuren er taget fra Thomassen et al. (2022).

Korrelationslængder

Til at udregne de spatiale korrelationslængder bruges metoden beskrevet i Mikkelsen et al. (1996), hvor korrelationen udregnes for alle par af stationer/gridceller for hvert datasæt og varighed. Sammenfaldende hændelser er defineret ligesom i Gregersen et al. (2013) som hændelser som sker med maksimum +/- 11 timers forsinkelse mellem stationer, således at hændelsens rejsetid mellem stationer medtages. En eksponentielfunktion er tilpasset til data for at beskrive korrelationerne og udregne e-folding afstanden, svarende til den afstand hvor korrelationen er mindre end $1/e$.

POINT og RADAR viser stor overensstemmelse i spatial korrelation for hændelser af varigheder mellem 15 min og 1440 min (se Figur 3). Samtidig er der fin overensstemmelse mellem RADAR og CPM for varigheder mellem 360 og 2880 min. På den anden side overestimerer RCM-datasættet generelt korrelationerne for alle varigheder. Dette skyldes højst sandsynligt at RCM-datasættet har fuld parameterisering af konvektiv nedbør og en grovere gridcelleopløsning som tilgodeser at nedbør falder på større skala og dermed giver længere korrelationsafstande. POINT-datasættet producerer længere korrelationsafstande for 2880 min hændelser, sammenlignet med RADAR og CPM. Der er to mulige forklaringer på dette. Den første mulige forklaring er, at den fysiske placering af regnmålerne har indflydelse på korrelationerne for de lange afstande, da der er meget få par af regnmålere som har en afstand over 100+ km i det brugte datasæt. En anden forklaring kunne være, at det skyldes en orografisk effekt, da nedbørsmålere måler nedbør ved jordniveau, imens radarmålinger sker 1 km over jorden hvor den orografiske effekt er negligerbar i dansk sammenhæng. Generelt viser RADAR-data at have en konsistens på tværs af alle varigheder, som indikerer en god beskrivelse af hvordan nedbør opfører sig og mindre afhængighed af stedslig og tidslig opløsning som det ses i CPM- og RCM-datasættene.

Unconditional spatial correlations



Figur 3 Spatiale korrelationslængder beskrevet med eksponentiefunktioner for de fire datasæt (POINT, RADAR, CPM og RCM) for varigheder mellem 15 min (øverst venstre) og 2880 min (nederst højre). For RCM er korrelationslængder kun udregnet for varigheder på 60 min eller derover grundet den tidlige opløsning på data. Figuren er taget fra Thomassen et al. (2022).

Konklusion

Undersøgelsen viser at der er stor overensstemmelse mellem de fire datasæt (POINT, RADAR, CPM og RCM) i fordelingen i ekstremhændelsesintensiteter på tværs af varigheder.

Klimamodeldata med en grovere opløsning (RCM) underestimerer dog intensiteterne en smule over alle varigheder. For RADAR og CPM datasættene afbøjes intensiteterne for de korteste varigheder hvilket skyldes punkt/gridcelleforskelle. Undersøgelsen viser at metoden til at beregne

spatiale korrelationer er robust uanfægtet af målemetode, da både SVK-netværket af regnmålere (POINT) og RADAR-datasættet giver sammenlignelige korrelationsstrukturer. Dette bekræfter at punktobservationer kan bruges til at beskrive spatio-temporale egenskaber, under forudsætning af at radardata beskriver spatiale nedbørsmønstre meget tæt på sandhed. RCM-data kan ikke beskrive de spatiale nedbørsmønstre som beskrives af POINT- og RADAR-data, imens CPM-data viser store forbedringer i den spatiale beskrivelse af nedbørsmønstre, dog stadig med en overestimering af korrelationslængderne for de korteste varigheder. Dette betyder at CPM-modellerne forbedrer troværdigheden af klimamodellers evne til at modellere fremtidens skybrud, men at der stadig er behov for forskning på området for at beskrive de kortvarige lokale ekstremhændelser korrekt. På baggrund af dette studie kan vi konkludere, at den måde vi tager højde for placeringen af målerne i SVK-netværket i forhold til Spildevandskomiteens regionale model er brugbar, da metoden til at beregne de spatiale strukturer i nedbørsmønstre giver sammenlignelige resultater med radardata der dækker området mere jævnt.

Referencer

- Belušić D, De Vries H, Dobler A, Landgren O, Lind P, Lindstedt D, Pedersen RA, Carlos Sánchez-Perrino J, Toivonen E, Van Ulft B, et al (2020) HCLIM38: A flexible regional climate model applicable for different climate zones from coarse to convection-permitting scales. *Geosci Model Dev* 13:1311–1333. <https://doi.org/10.5194/gmd-13-1311-2020>
- Dee DP, Uppala SM, Simmons AJ, Berrisford P, Poli P, Kobayashi S, Andrae U, Balmaseda MA, Balsamo G, Bauer P, et al (2011) The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Q J R Meteorol Soc* 137:553–597. <https://doi.org/10.1002/qj.828>
- Gregersen IB, Sørup HJD, Madsen H, Rosbjerg D, Mikkelsen PS, Arnbjerg-Nielsen K (2013) Assessing future climatic changes of rainfall extremes at small spatio-temporal scales. *Clim Change* 118:783–797. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0669-0>
- Lind P, Belušić D, Christensen OB, Dobler A, Kjellström E, Landgren O, Lindstedt D, Matte D, Pedersen RA, Toivonen E, et al (2020) Benefits and added value of convection-permitting climate modeling over Fenno-Scandinavia. *Clim Dyn* 55:1893–1912. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05359-3>
- Mayer S, Maule CF, Sobolowski S, Christensen OB, Sørup HJD, Sunyer MA, Arnbjerg-Nielsen K, Barstad I (2015) Identifying added value in high-resolution climate simulations over Scandinavia. *Tellus, Ser A Dyn Meteorol Oceanogr* 67:. <https://doi.org/10.3402/tellusa.v67.24941>
- Médus E, Thomassen ED, Belušić D, Lind P, Berg P, Christensen JH, Christensen OB, Dobler A, Kjellström E, Olsson J, et al (2022) Characteristics of precipitation extremes over the Nordic region: added value of convection-permitting modeling. *Nat Hazards Earth Syst Sci* 22:693–711. <https://doi.org/10.5194/NHESS-22-693-2022>
- Mikkelsen PS, Madsen H, Rosbjerg D, Harremoës P (1996) Properties of extreme point rainfall III: Identification of spatial inter-site correlation structure. *Atmos Res* 40:77–98. [https://doi.org/10.1016/0169-8095\(95\)00026-7](https://doi.org/10.1016/0169-8095(95)00026-7)
- Olsson J, Du Y, An D, Uvo CB, Sørensen J, Toivonen E, Belušić D, Dobler A (2021) An Analysis of (Sub-)Hourly Rainfall in Convection-Permitting Climate Simulations Over Southern Sweden From a User’s Perspective. *Front Earth Sci* 9:. <https://doi.org/10.3389/FEART.2021.681312>
- Schleiss M, Olsson J, Berg P, Niemi T, Kokkonen T, Thorndahl S, Nielsen R, Ellerbæk Nielsen J, Bozhinova D, Pulkkinen S (2020) The accuracy of weather radar in heavy rain: A comparative study for Denmark, the Netherlands, Finland and Sweden. *Hydrol Earth Syst Sci* 24:3157–3188. <https://doi.org/10.5194/HESS-24-3157-2020>
- Termonia P, Fischer C, Bazile E, Bouyssel F, Brožková R, Bénard P, Bochenek B, Degrauwe D, Derková M, El Khatib R, et al (2018) The ALADIN System and its canonical model configurations AROME CY41T1 and ALARO CY40T1. *Geosci Model Dev* 11:257–281. <https://doi.org/10.5194/GMD-11-257-2018>
- Thomassen ED, Kendon EJ, Sørup HJD, Chan SC, Langen PL, Christensen OB, Arnbjerg-Nielsen K (2021) Differences in representation of extreme precipitation events in two high resolution models. *Clim Dyn* 57:3029–3043. <https://doi.org/10.1007/s00382-021-05854-1>
- Thomassen ED, Thorndahl SL, Andersen CB, Gregersen IB, Arnbjerg-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. *J Hydrol* 610:127915. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2022.127915>
- Thorndahl S, Nielsen JE, Rasmussen MR (2014) Bias adjustment and advection interpolation of long-term high

resolution radar rainfall series. *J Hydrol* 508:214–226. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2013.10.056>

Vaes G, Willems P, Berlamont J (2005) Areal rainfall correction coefficients for small urban catchments. *Atmos Res* 77:48–59. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2004.10.015>