

Skrift nr. 28

Regional variation af ekstremregn i Danmark - ny bearbejdning (1979-2005)

2006

IDA Spildevandskomiteen

Regional variation af ekstremregn i Danmark - ny bearbejdning (1979-2005) -
Spildevandskomiteen, Skrift nr. 28

© IDA Spildevandskomiteen 2006

Forfattere: Karsten Arnbjerg-Nielsen, Henrik Madsen og Peter Steen Mikkelsen

Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse	3
Rekommandation.....	5
Forord	7
1 Indledning.....	8
1.1 Baggrund	8
1.2 Læsevejledning.....	8
2 Nedbørsdata.....	10
2.1 Tilgængeligt datamateriale og valg af analyseparametre.....	10
2.2 Test for trend i data.....	11
3 Regional model for ekstremregn	12
3.1 Mulige forklarende variable til den regionale model.....	12
3.2 Model for gennemsnitligt antal overskridelser, λ	13
3.3 Model for den gennemsnitlige størrelse af overskridelserne, μ	15
3.4 Model for formparameteren, κ	16
3.5 Opsummering	17
4 Opdaterede regionale estimater for ekstremregn	20
4.1 Regional estimation af T-års hændelser	20
4.2 Sammenligning med Skrift 26	22
5 Udvalgelse af repræsentative historiske regnserier	26
5.1 Brug af U-værdier som led i udvælgelsen af historiske regnserier.....	26
5.2 Sammenligning med tidligere undersøgelse	27

6	Valg af ekstremregn til dimensionering	31
6.1	Overordnet paradigma for valg af ekstremregn.....	31
6.2	Dimensioneringsregn til oplande i X-købing.....	32
7	Konklusion.....	36
7.1	Undersøgelsens resultat.....	36
7.2	Perspektivering	36
8	Referencer.....	38
	Bilag A Supplerende information	39
	Bilag B Datamateriale	40
	Bilag C Beregning af regionalt T -års estimat	42
	Bilag D Generering af CDS-regn	45
	Bilag E Klassificering af stationer.....	47
	Bilag F Økonomiske bidragydere.....	54

Rekommandation

Der er i 2005 udført en bearbejdning af regndata efter samme principper som de, der ligger til grund for Spildevandskomiteens Skrift nr. 26 "Regional variation af ekstremregn i Danmark". Resultatet af denne bearbejdning samt fremkomsten af Spildevandskomiteens Skrift nr. 27 "Funktionspraksis for afløbssystemer under regn" har medført et behov for at udgive et nyt skrift med tilhørende rekommandation. Nedenfor er angivet anbefalinger for, hvorledes regndata bør anvendes i forbindelse med dimensionering og analyse af afløbssystemer. I forbindelse med rekommandationen fra Skrift 27 er der opstillet en samlet ramme for anvendelse af sikkerhedstillæg i forbindelse med afløbstekniske beregninger. Rekommandationen er baseret på den antagelse, at regndata er repræsentative og uden sikkerhedstillæg. Dette princip er videreført i nærværende skrift og rekommandation.

Anbefaling vedr. anvendelse af dimensioneringsregn

I Skrift 27 er angivet 3 beregningsniveauer. På beregningsniveau 1 og 2 anvendes dimensioneringsregn (kasseregn og CDS regn). Det anbefales, at de dimensionsgivende regnintensiteter, der anvendes i den forbindelse, er i overensstemmelse med nærværende Skrift og i øvrigt anvendes som anbefalet i Skrift 26. Såfremt der benyttes en frekvensfaktor ved fastlæggelse af regnintensiteterne, indgår denne i vurderingen af det samlede sikkerhedstillæg.

Anbefaling vedr. anvendelse af *lokale* og *repræsentative* regnserier

På beregningsniveau 3 benyttes historiske regnserier. Valget af en regnserie til afløbstekniske beregninger baseres på et mål (U), der angiver afvigelsen af historiske regnserier fra den regionale ekstremværdimodel. U kan tolkes statistisk og kan dermed benyttes til at vurdere sikkerhedsniveauet ved anvendelse af en given historisk regnserie.

Såfremt der anvendes en enkelt *repræsentativ* regnserie som input til beregningerne, anbefales det at anvende en regnserie med U -værdi tæt på 0. Såfremt dette ikke er muligt, bør sikkerhedstillæget fastlægges under hensyntagen til den anvendte regnseries U -værdi, idet U -værdien da anvendes på samme måde, som en frekvensfaktor anvendes i forbindelse med dimensioneringsregn.

De historiske regnserier fra Spildevandskomiteens Regnmålersystem er stadig relativt korte i forhold til visse anvendelser. Det anbefales derfor fortsat, at beregninger af hændelser med

gentagelsesperioder større end ca. $\frac{1}{4}$ af observationsperioden suppleres med andre vurderinger for, at sikre at resultatet er repræsentativt.

Anbefaling vedr. anvendelse af Spildevandskomiteens Skrift nr. 26

De estimer på regionale dimensionsgivende intensiteter, der blev rapporteret i Spildevandskomiteens Skrift nr. 26, er generelt lavere end de, der nu anbefales. Det anbefales derfor at anvende de noget højere dimensionsgivende regnintensiteter, der er angivet i Skrift 28 ved brug af *dimensioneringsregn*.

Ved valg af en *repræsentativ* historisk regnserie bør tilsvarende benyttes de regnserier med tilhørende *U*-værdier, som er angivet i den nye bearbejdning.

Metoderne fra Skrift 26 kan fortsat anbefales, herunder principperne for valg og brug af *lokale* regnserier.

Forord

Dette skrift indeholder den anden officielle bearbejdning af ekstreme regndata fra Spildevandskomiteens Regnmålersystem, der blev etableret i 1979. Udgangspunktet for bearbejdningen har været, at principperne fra den første bearbejdning i videst muligt omfang skulle videreføres.

I forbindelse med udarbejdelse af skriftet har der været nedsat en arbejdsgruppe, der har bestået af følgende personer:

Karsten Arnbjerg-Nielsen, COWI A/S

Henrik Madsen, DHI - Institut for Vand og Miljø

Peter Steen Mikkelsen, Institut for Miljø & Ressourcer, DTU

Teksten til skriftet er forfattet af Karsten Arnbjerg-Nielsen og Henrik Madsen. Beregningsarbejdet er gennemført af Henrik Madsen. Hele materialet er gennemgået og kommenteret af Peter Steen Mikkelsen. Nærværende bearbejdning og skrift har været støttet økonomisk af Spildevandskomiteen, Regnmålersystemets Styregruppe samt en række kommuner og organisationer.

Principperne for nærværende skrift har løbende været forelagt og diskuteret i Spildevandskomiteens faglige udvalg, primært Styregruppen for Regnmålersystemet. Et udkast til skriftet blev forelagt og principgodkendt på Spildevandskomiteens plenarmøde den 4. april 2006. Efterfølgende har en færdig version af skriftet været sendt til høring blandt Spildevandskomiteens medlemmer, og på denne baggrund blev skriftet forelagt og godkendt på møde i Spildevandskomiteens forretningsudvalg den 20. september 2006.

Sonia Sørensen

Akademiingeniør, chefkonsulent

Formand for Spildevandskomiteens
styregruppe for regnmålersystemet

Niels Aagaard Jensen

Civilingeniør, PhD

Formand for Spildevandskomiteen

1 Indledning

1.1 Baggrund

I forbindelse med udarbejdelse af Spildevandskomiteens Skrift nr. 26 ”Regional variation af ekstremregn i Danmark” (SVK, 1999) blev der foretaget en omfattende statistisk bearbejdning af data fra Spildevandskomiteens landsdækkende Regnmålersystem. Denne bearbejdning var baseret på nedbørsdata fra Regnmålersystemet fra 1. januar 1979 frem til 1. januar 1997 og inkluderede regnserier fra i alt 41 stationer.

Der har de seneste år været et stort ønske om at få opdateret den landsdækkende bearbejdning. I 2003 udgav Styregruppen for Regnmålersystemet under Spildevandskomiteen en rapport, der påviste statistisk signifikante ændringer i ekstremregn på de 41 stationer, der indgik i den hidtidige bearbejdning (Arnbjerg-Nielsen, 2003). Dette medførte et naturligt ønske om en gennemgående bearbejdning af datamaterialet med henblik på at opdatere anbefalingerne fra Spildevandskomiteens Skrift nr. 26.

Styregruppen for Regnmålersystemet har taget initiativ til nærværende bearbejdning og har modtaget støtte fra en række kommuner og organisationer i branchen til delvis dækning af udgifterne i forbindelse med bearbejdningen, se Bilag F. Resultatet af bearbejdningen har været diskuteret i faglige udvalg under Spildevandskomiteen samt bredt i branchen. På baggrund af disse diskussioner har Spildevandskomiteen ønsket at udgive bearbejdningen som et selvstændigt skrift.

1.2 Læsevejledning

Metoderne i den nye bearbejdning er i overensstemmelse med den bearbejdning, der er afrapporteret i Skrift 26. Der er derfor i vid udstrækning henvist til Skrift 26 i stedet for at gennemgå de teoretiske principper igen.

Ved praktisk brug af skriftet henvises til de to regneark, som er udgivet parallelt med skriftet. De to regneark udregner på baggrund af den nødvendige regionale information både dimensionsgivende intensiteter samt konstruerer regnrækker og CDS-regn.

Nærværende skrift sigter i denne forbindelse mod den læser, der gerne vil kende baggrunden for, hvordan regnearkene fungerer. Der sigtes mod en forklaring, som kan forstås uden statistisk specialviden, men som samtidig giver en solid indføring i problemstillingen. For en egentlig

indføring i regional estimation af ekstreme hændelser henvises til special-litteraturen, til Skrift nr. 26 og til baggrundsnotaterne (Madsen, 1998; SVK, 1999; Madsen og Arnbjerg-Nielsen, 2006).

Der er i nærværende skrift lagt specielt vægt på at diskutere forskelle mellem den første og anden nationale bearbejdning. Endvidere er der lagt vægt på, hvorledes regionale repræsentative regnserier udvælges, herunder de ændringer, som vedtagelsen af Skrift 27 naturligt fører med sig.

2 Nedbørsdata

2.1 Tilgængeligt datamateriale og valg af analyseparametre

I nærværende statistiske bearbejdning benyttes data udtrukket fra Regnmålersystemets database, der dækker perioden 1. januar 1979 – 1. august 2005. Bearbejdningen omfatter de stationer, der har mere end 10 års observationer. Det drejer sig om i alt 66 stationer, se Bilag B. I alt indeholder datamaterialet 1251 stationsår (korrigeret for perioder, hvor målerne har været ude af drift) svarende til en gennemsnitlig observationsperiode på ca. 19 år. De længste serier består af knap 26 års data. Den tidligere analyse omfattede et datamateriale på ca. 650 stationsår fra 41 stationer, og nærværende analyse bygger derfor på et datamateriale, der er næsten dobbelt så stort. De analyserede variable er de samme, som i den tidligere analyse i forbindelse med Skrift 26 (Madsen, 1998) og den tilhørende supplerende analyse for regnvarigheder mindre end 10 minutter (Madsen, 2002), jf. tabel 2.1.

Tabel 2.1. Valgte nedbørsvariable og symbolliste for de 17 analyserede nedbørsvariable.

Nedbørsvariabel	Symbol	Enhed
1 min. intensitet	<i>i1m</i>	[$\mu\text{m/s}$]
2 min. intensitet	<i>i2m</i>	[$\mu\text{m/s}$]
5 min. intensitet	<i>i5m</i>	[$\mu\text{m/s}$]
10 min. intensitet	<i>i10m</i>	[$\mu\text{m/s}$]
30 min. intensitet	<i>i30m</i>	[$\mu\text{m/s}$]
60 min. intensitet	<i>i60m</i>	[$\mu\text{m/s}$]
3 timers intensitet	<i>i3h</i>	[$\mu\text{m/s}$]
6 timers intensitet	<i>i6h</i>	[$\mu\text{m/s}$]
12 timers intensitet	<i>i12h</i>	[$\mu\text{m/s}$]
24 timers intensitet	<i>i24h</i>	[$\mu\text{m/s}$]
48 timers intensitet	<i>i48h</i>	[$\mu\text{m/s}$]
Regndybde (dybde per hændelse)	<i>dph</i>	[mm]
Døggnedbør (dybde per døgn)	<i>dpd</i>	[mm]
Bassinvolumen, $a = 0.1 \mu\text{m/s}$	<i>bv1</i>	[mm]
Bassinvolumen, $a = 1.0 \mu\text{m/s}$	<i>bv2</i>	[mm]
Overløbsvolumen, $a = 0.1 \mu\text{m/s}$	<i>ov1</i>	[mm]
Overløbsvolumen, $a = 1.0 \mu\text{m/s}$	<i>ov2</i>	[mm]

2.2 Test for trend i data

Det er væsentligt at undersøge, hvorvidt der kan påvises ændringer i egenskaberne ved ekstremregn over tid som følge af f.eks. klimaændringer. Hvis der er tale om meget store ændringer, bør de tages med i undersøgelsen.

I Skrift 26 (SVK, 1999) blev der ikke påvist ændringer i ekstremregns egenskaber over perioden 1979 - 1996. I en efterfølgende analyse (Arnbjerg-Nielsen, 2003) blev de oprindelige 41 serier analyseret for trend for variablene 10 minutters intensiteten, 6 timers intensiteten og dybde pr. hændelse. Data fra perioden 1979 – 2002 indgik i undersøgelsen. Der blev påvist en statistisk signifikant ændring af de regnserier, der har de længste observationsperioder for 10 minutters intensiteten, specielt på Sjælland. For de øvrige to variable var der ikke tale om nogen påviselige ændringer.

I nærværende undersøgelse er der foretaget en tilsvarende test for alle 17 variable baseret på data for alle 61 regnserier. Der er adskillige stationer, der for forskellige variable udviser signifikante trends, såvel positiv som negativ. For varigheder op til ca. 3 timer er der flest regnserier med positive trends, mens der for varighederne på 24 og 48 timer er flest regnserier med negative trends.

Årsagen til de lidt forskellige konklusioner er sandsynligvis, at de er udført på forskellige dele af det samlede datamateriale. Det er nemmere at påvise ændringer på en lang serie end en kort. Samlet vurderes det, at de udførte tests påviser en tendens til kraftigere regn for de kortere varigheder. Det vurderes dog, at tendensen ikke er større, end at de metoder, der blev anvendt i forbindelse med Skrift 26, kan anvendes også i denne bearbejdning. For yderligere informationer om de udførte tests henvises til Arnbjerg-Nielsen (2003) samt Madsen og Arnbjerg-Nielsen (2006).

3 Regional model for ekstremregn

Den regionale model er indgående beskrevet i de to baggrundsnotater til hhv. Skrift 26 og nærværende skrift (Madsen, 1998; Madsen og Arnbjerg-Nielsen, 2006). I Bilag C er angivet et resumé af beskrivelserne og de beregnede parameterverdier. For at forstå den følgende beskrivelse af bearbejdningen er det tilstrækkeligt at støtte sig til beskrivelsen i tabel 3.1.

Den ene af de fire parametre, z_0 , vælges subjektivt på baggrund af ekspertvurderinger og er fastholdt på samme niveau som i Skrift 26. De øvrige tre parametre er bestemt ud fra det nye datamateriale. Den regionale variation mellem de forskellige regnserier er forsøgt modelleret på baggrund af de klimatiske og fysiografiske variable, som det har været muligt at indsamle.

Tabel 3.1. Forklaring af de parametre, der indgår i modellen af de ekstreme hændelser. Hver af nedbørsvariablene beskrives ved hjælp af nedenstående fire parametre.

Variabel	Forklaring
Afskæringsniveau, z_0	Denne parameter vælges af den, der konstruerer modellen. Afskæringsniveauet er en subjektiv vurdering af, hvad en ekstrem hændelse er – populært sagt gælder det om at skære de ikke-ekstreme hændelser fra, da de ikke passer ind i den statistiske model, men på den anden side at medtage så mange hændelser som muligt for at bestemme modellens parametre så godt som muligt. Afskæringsniveauet er det samme for alle regnserier i hele landet og er valgt, så det i den første bearbejdning svarede til 2-4 overskridelser om året.
Gennemsnitligt antal årlige overskridelser, λ	For hver regnserie bestemmes, hvor mange gange om året det valgte afskæringsniveau overskrides. En høj værdi af λ betyder, at de ekstreme hændelser forekommer hyppigere.
Middelværdien af overskridelserne, μ	For hver regnserie bestemmes, hvor store overskridelserne er i gennemsnit. En høj værdi af μ betyder, at de ekstreme hændelser generelt er store.
Formparameteren for overskridelserne, κ	For hver regnserie bestemmes, hvordan overskridelserne fordeler sig omkring middelværdien af overskridelserne. Jo mindre værdien af κ er, jo mere skæv er fordelingen, og desto hurtigere vokser ekstremhændelsen som funktion af gentagelsesperioden. κ kan være både positiv og negativ, se figur C1.

3.1 Mulige forklarende variable til den regionale model

Ved den tidligere undersøgelse blev det påvist, at usikkerheden på estimaterne i den regionale model kan mindskes ved hjælp af forklarende variable. I tabel 3.2 er angivet, hvilke forklarende

variable der er undersøgt i forbindelse med den nye bearbejdning. Alle de nævnte regressorer er undersøgt på hver af modellens tre parametre.

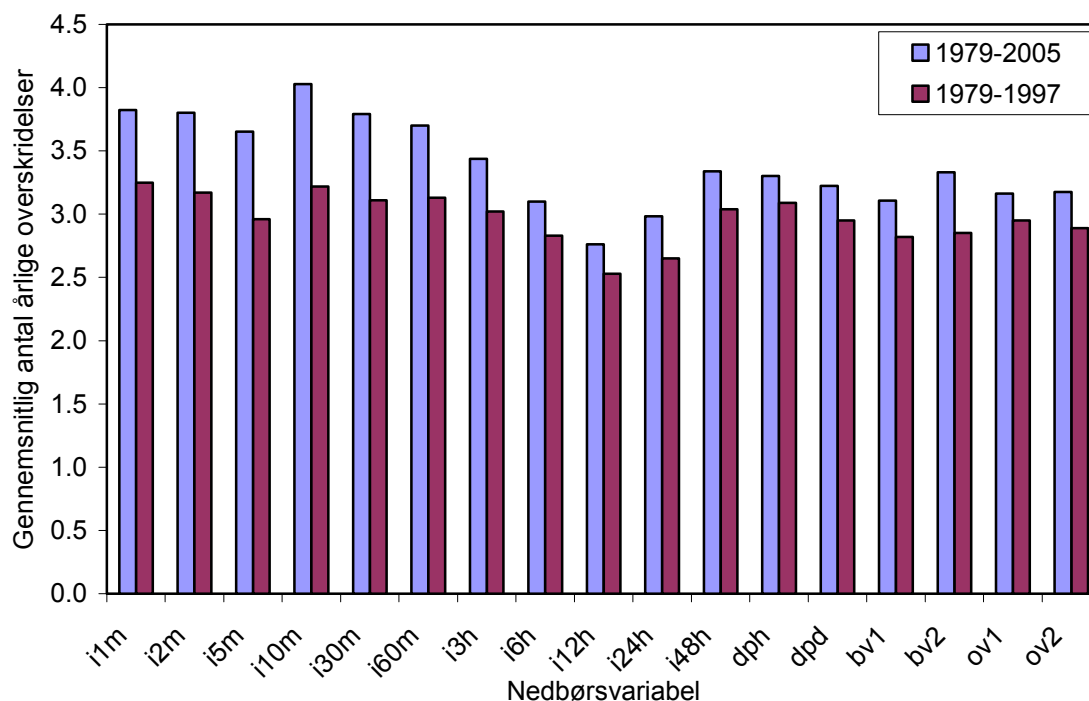
Tabel 3.2 Forklarende variable, der er undersøgt i forbindelse med opstilling af den regionale model. De nævnte variable er undersøgt i forbindelse med alle tre parametre i modellen.

Variabel	Forklaring
Klimatisk karakteristika	Årsmiddelnedbør for perioden 1961-1990
Fysiografiske karakteristika	Målerens højde over havet Målerens geografiske placering (længde- og breddegrad)
Målerens næromgivelser	Læindeks, et mål for hvor meget regnmåleren er påvirket af næromgivelserne baseret på målinger af højdevinkler.

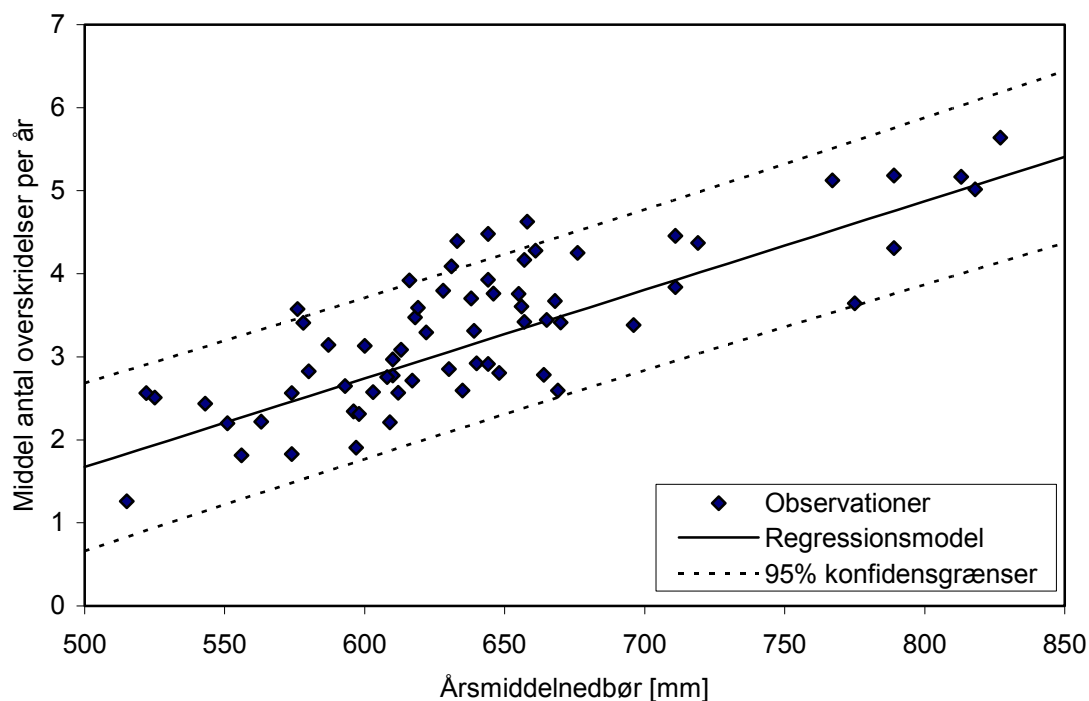
3.2 Model for gennemsnitligt antal overskridelser, λ

Den regionale model definerer ekstremregn som hændelser, der overskrider et vist niveau. En analyse i forbindelse med den første bearbejdning viste, at dette niveau bør vælges, så det overskrides ca. 3 gange årligt. I forbindelse med denne bearbejdning er der for alle parametre valgt samme afskæringsniveau som tidligere. Antallet af overskridelser er for alle variable blevet hyppigere, se figur 3.1. De ekstreme regn er dermed overordnet set blevet lidt hyppigere.

Det gennemsnitlige antal årlige overskridelser har en væsentlig regional variation. Især for lange varigheder kan den regionale variation beskrives ud fra den årlige middelnedbør. For samtlige analyserede variable ses en generelt større hyppighed af ekstreme hændelser for steder med større årsmiddelnedbør. Dette resultat er det samme, som den første bearbejdning viste. På figur 3.2 er vist, hvordan det gennemsnitlige antal overskridelser er korreleret til årsmiddelnedbøren for 48 timers intensiteten. Sammenhængen er mindre god ved kortere varigheder.



Figur 3.1. Gennemsnitlig antal årlige overskridelser baseret på nærværende datamateriale for perioden 1979-2005 og for den tidligere analyse baseret på data i perioden 1979-1997.



Figur 3.2. Regressionsmodel for gennemsnitlig antal overskridelser som funktion af årsmiddelnedbøren for 48 timers intensiteten med tilhørende 95% konfidensinterval.

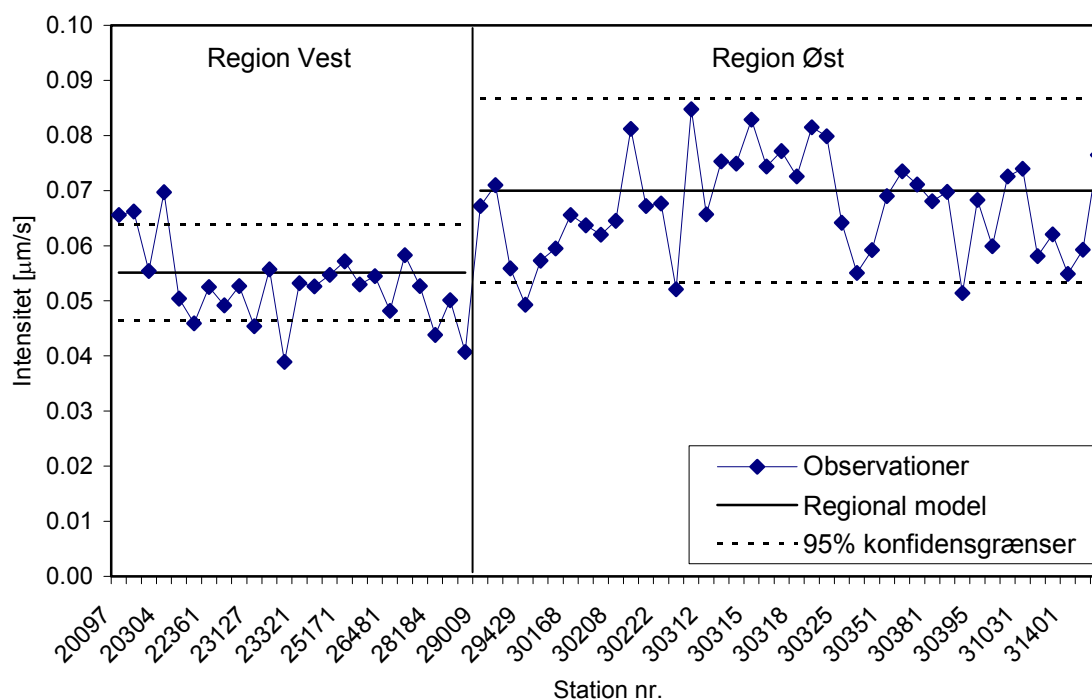
3.3 Model for den gennemsnitlige størrelse af overskridelserne, μ

Lige som i den første bearbejdning kan variationen af denne parameter ikke modelleres ud fra de forklarende variable, der er til rådighed. I den første bearbejdning blev de lange varigheder (3 timer og derover) modelleret som 3 subregioner: København Øst, København Vest og Øvrige Danmark. Denne opdeling er ikke rimelig ud fra det nuværende datamateriale. Der er stadig en tendens til større volumener omkring København, men det er hverken ønskeligt eller muligt ud fra data at opdele København i to regioner. Samtidigt er der en række andre stationer på Sjælland, som også har relativt større estimater for lange varigheder.

Efter at have undersøgt forskellige muligheder for at beskrive den regionale variation er det konkluderet, at den bedste model er at opdele i to subregioner: en øst for Storebælt ("Region Øst") og en vest for Storebælt ("Region Vest"). Opdelingen i subregioner foretages for intensiteter med varigheder på 6 timer og derover, regndybde, døgnnedbør samt bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal. Opdelingen er vanskelig at forklare fysisk. Tendensen i datamaterialet er dog så klar, at det er valgt at medtage den i modellen, selv om årsagerne til forskellen ikke er fastlagt.

På figur 3.3 er vist et eksempel på forskellen mellem de to regioner. For alle variable gælder, at usikkerheden er større i Region Øst end i Region Vest.

Sammenlignet med den tidligere analyse er der tale om en stigning i den gennemsnitlige størrelse af overskridelserne på 2-9 % for varigheder op til 3 timer. I Region Vest er der tale om stort set uændrede estimater for de lange varigheder, lidt højere for 6 og 12 timer og lidt lavere for 24 og 48 timer. I Region Øst afhænger ændringerne af, hvilken af de tidligere subregioner der sammenlignes med. I forhold til den tidligere region København Vest er der tale om ganske væsentlige reduktioner i den gennemsnitlige størrelse af overskridelserne på 7-22 %, mens der er tale om positive justeringer op til 12 timer (11-12%) og negative justeringer over 12 timer (8-14%) i forhold til den tidligere region København Øst. På Sjælland uden for København er der tale om ganske væsentlige opjusteringer på 11-18 %.

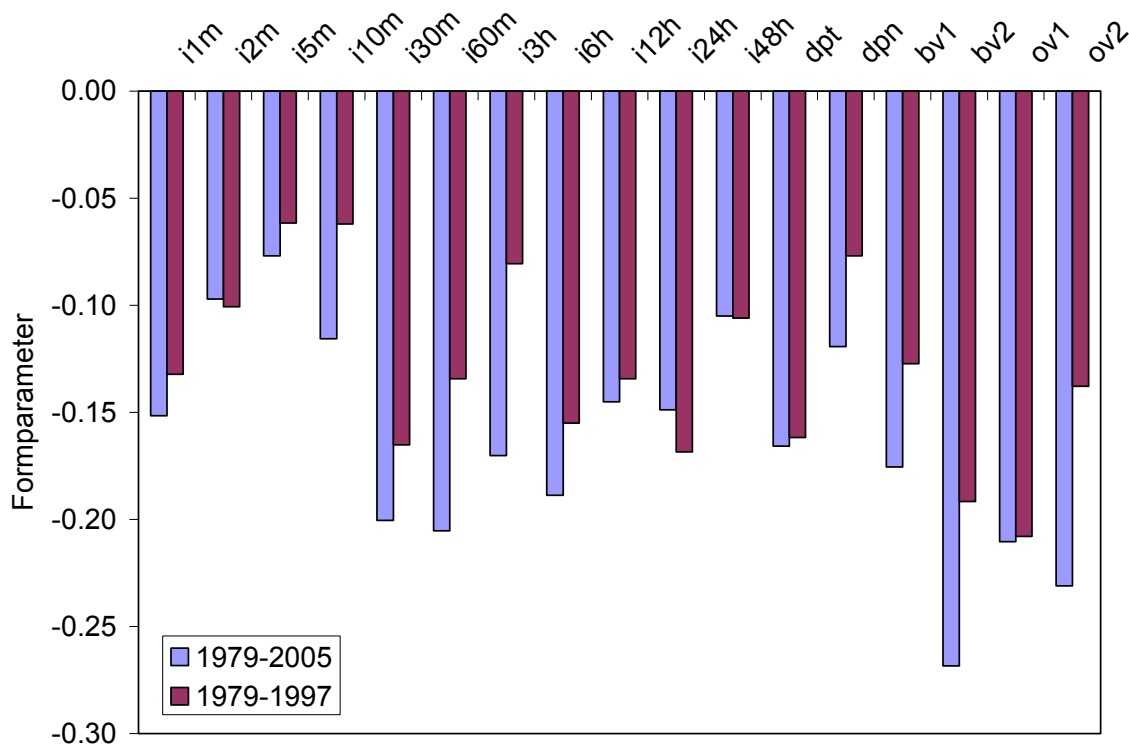


Figur 3.3. Model for middelloverskridelsen med tilhørende 95% konfidensinterval for 48 timers intensiteten som funktion af den subregionale opdeling. Den angivne variabel er middelværdien af overskridelserne, dvs. ikke af den totale nedbørsintensitet.

3.4 Model for formparameteren, κ

Formparameteren er et udtryk for, hvor kraftigt ekstremværdierne stiger, når gentagelsesperioden øges. Betydningen af formparameteren er angivet i Bilag C. Denne parameter antages normalt at være konstant i et område, der er så relativt homogent som Danmark. Der er da heller ikke nogen af de forklarende variable, der er egnede til at beskrive variationen af formparameteren, hverken i den første eller i nærværende bearbejdning. Derfor benyttes en "middelværdimodel" uden regionsopdeling i hele landet.

Formparameteren er blevet mere negativ for stort set alle varigheder, især varighederne mellem 30 minutter og 3 timer, se figur 3.4. Det betyder, at de sjældne hændelser (gentagelsesperioder større end ca. 10 år) er blevet væsentligt kraftigere for disse varigheder.



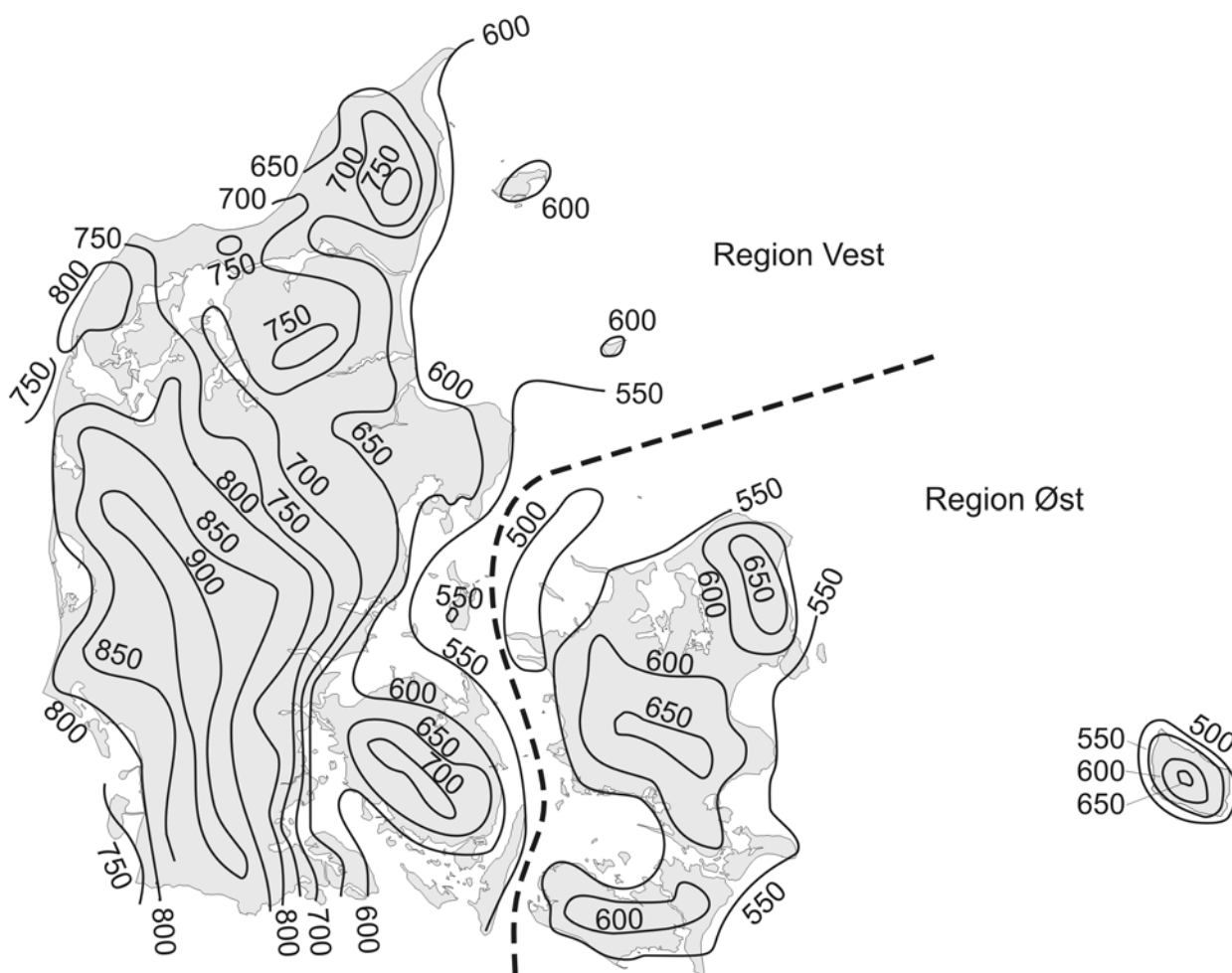
Figur 3.4. Formparameteren baseret på nærværende datamateriale 1979-2005 og datamaterialet benyttet i den tidligere analyse 1979-1997.

3.5 Opsummering

Den grundlæggende model er stadig egnet til at beskrive ekstremregn i Danmark. De variable, der er benyttet til at forklare den regionale variation i Danmark, er også stort set uændrede, se tabel 3.3 og figur 3.5. I forhold til den tidligere bearbejdning er der tale om en generel opjustering af de dimensionsgivende intensiteter. Årsagen er, at de ekstreme hændelser både kommer hyppigere, og at de i gennemsnit er blevet kraftigere. Endvidere er der sket en yderligere stigning i volumenerne af de meget kraftige hændelser, der optræder sjældnere end hvert 10. år. Stigningen er særlig stor for varigheder mellem 60 minutter og 3 timer, altså de varigheder der er kritiske i forbindelse med oversvømmelser i byområder.

Tabel 3.3. Forklarende variable der benyttes i forbindelse med den regionale model

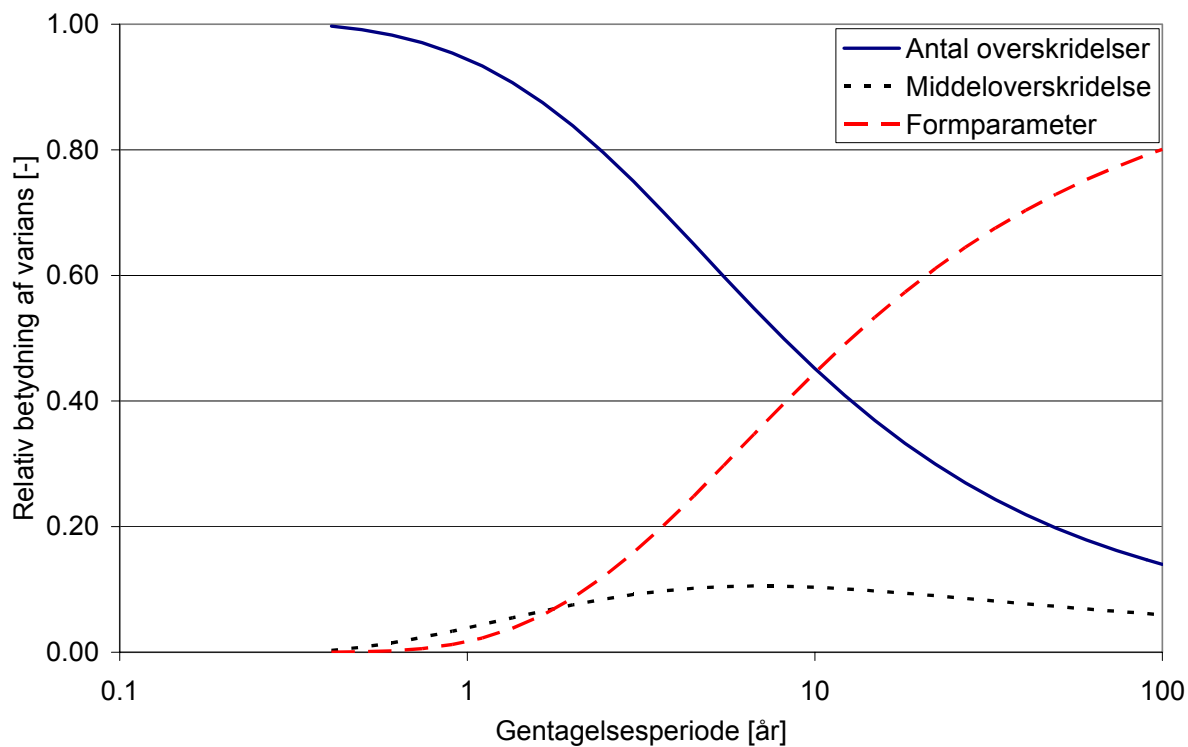
	Tidligere bearbejdning	Nuværende bearbejdning
Antal overskridelser	Årlig middelnedbør	Årlig middelnedbør
Middelloverskridelse	3 regioner	2 regioner
Formparameter	konstant	konstant



Figur 3.5. Årsmiddelnedbørens fordeling i Danmark baseret på nedbørsnormaler fra perioden 1961-1990 samt angivelse af regionernes afgrænsning. Optegnet på baggrund af Frich et al (1997).

Der er en betragtelig usikkerhed forbundet med at beregne de dimensionsgivende intensiteter. På figur 3.6 er angivet, hvilke parametre der primært er årsag til usikkerheden for forskellige gentagelsesperioder for varigheden 30 minutter. Det ses, at usikkerheden på middelloverskridelsen

ikke bidrager væsentligt, selv om modellen for denne variabel ikke er særlig god. For lange varigheder kan middelloverskridelsen bidrage væsentligt til den samlede usikkerhed.



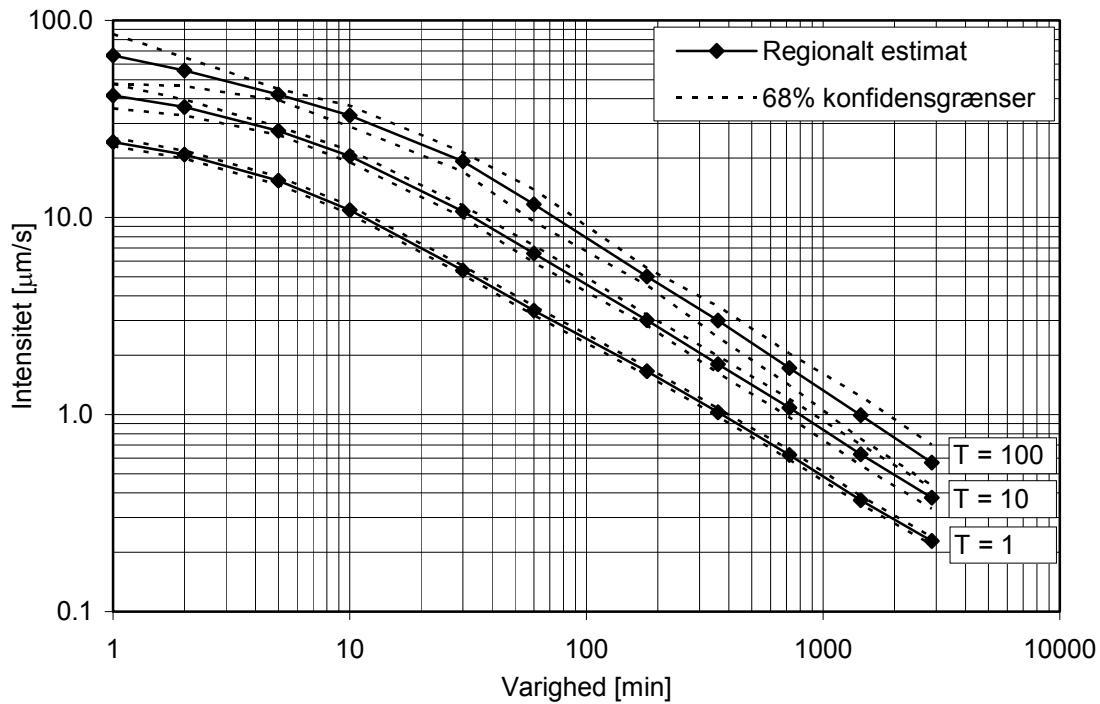
Figur 3.6. Opsplitning af variansbidrag for 30 min. intensiteten for en årsmiddelnedbør på 600 mm. Opsplitningen ser tilsvarende ud for andre varigheder under 3 timer. For lange varigheder har middelloverskridelsen større betydning.

4 Opdaterede regionale estimater for ekstremregn

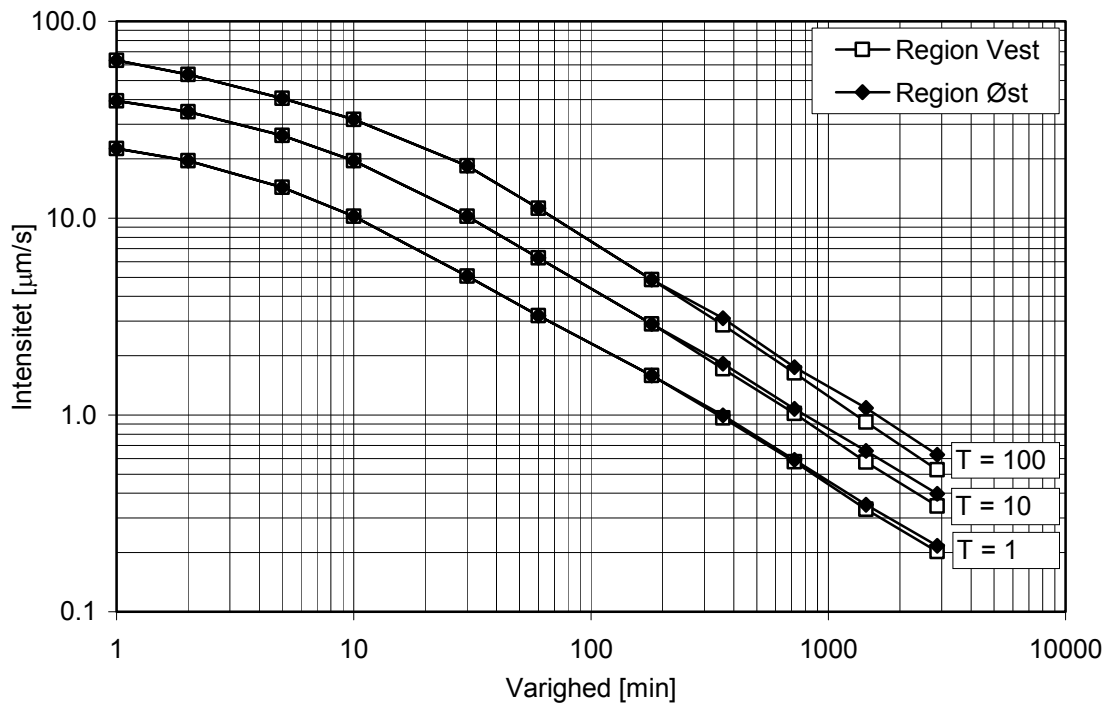
4.1 Regional estimation af T-års hændelser

De regionale estimater på dimensionsgivende intensiteter til kasseregn og CDS-regn kan bestemmes ved hjælp af de parameterværdier, der er angivet i Bilag C, eller ved hjælp af regnearkene, der er udgivet i forbindelse med skriftet. Følgende skal fremhæves i forbindelse med den nye bearbejdning:

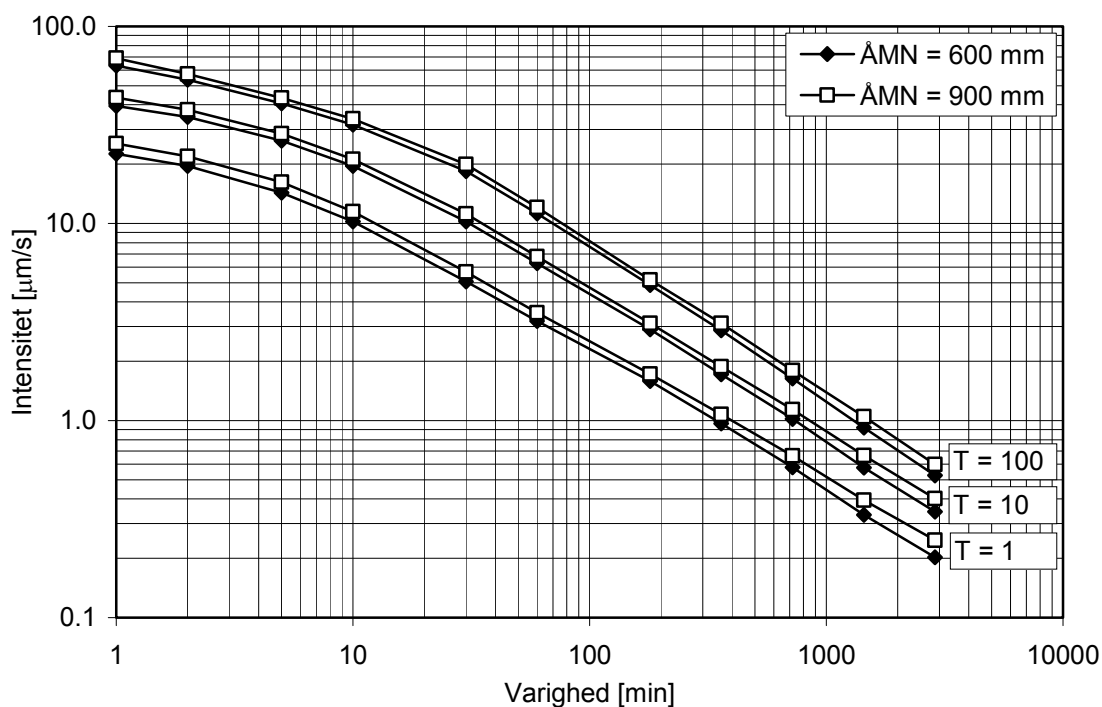
- Selv om observationsperioden er blevet længere, er der stadig en væsentlig usikkerhed i forbindelse med de dimensionsgivende intensiteter. Usikkerheden vokser væsentligt for voksende gentagelsesperiode, se figur 4.1.
- Forskellen mellem Region Øst og Region Vest optræder kun for varigheder større end 3 timer, se figur 4.2. Det betyder, at man i forbindelse med de fleste hydrauliske analyse- og dimensioneringsopgaver for rørsystemer kan benytte den samme CDS-regn til begge regioner.
- Brugen af årsmiddelnedbøren har især betydning for relativt små gentagelsesperioder, dvs. op til 5-10 år. Derefter er usikkerheden på modellen så stor, at den betyder mere end årsmiddelnedbøren, jf. figur 4.1 og 4.3.
- Forskellen mellem Region Øst og Region Vest (for samme årsmiddelnedbør) er større, jo større gentagelsesperiode der betragtes, jf. figur 4.2. Idet årsmiddelnedbøren generelt er større i Region Vest, ophæver dette til en vis grad forskellen mellem de to regioner for gentagelsesperioder under 10 år.



Figur 4.1. Regionalt estimat af T-års intensiteter med tilhørende 68% konfidensintervaller for T = 1, 10 og 100 år i Region Vest med årsmiddelnedbør på 750 mm.



Figur 4.2. Regionalt estimat af T-års intensiteter for T = 1, 10 og 100 år i de 2 subregioner for en årsmiddelnedbør på 600 mm.



Figur 4.3. Regionalt estimat af T-års intensiteter for $T = 1, 10$ og 100 år i Region Vest for årsmiddelnedbør på henholdsvis 600 og 900 mm.

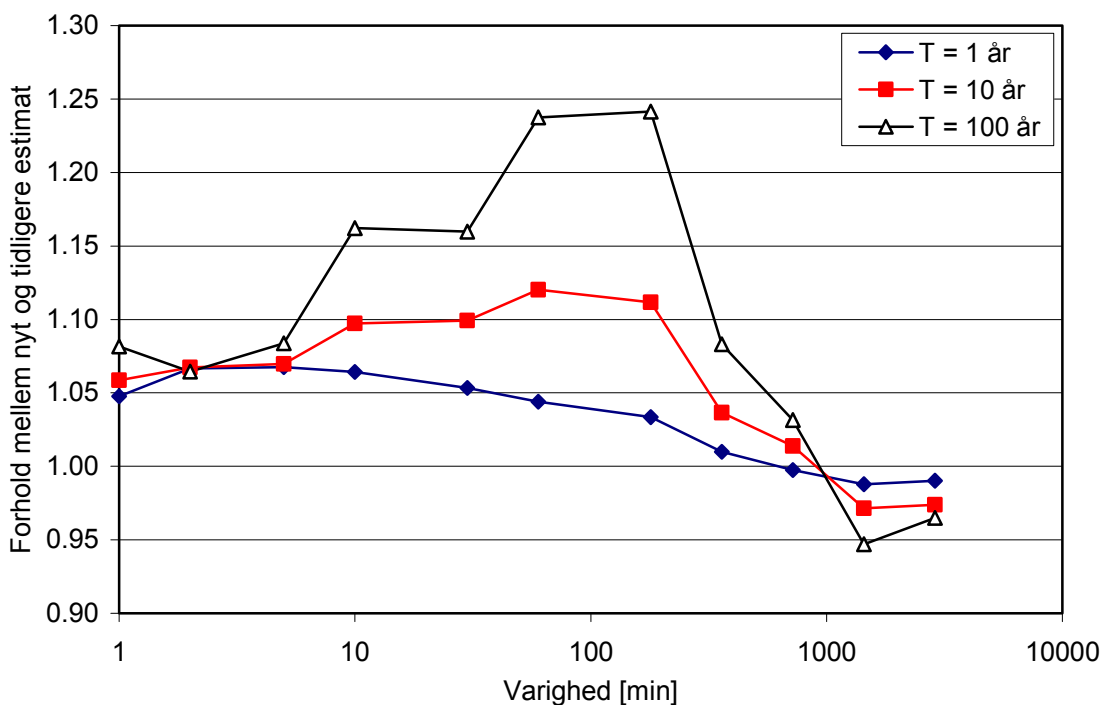
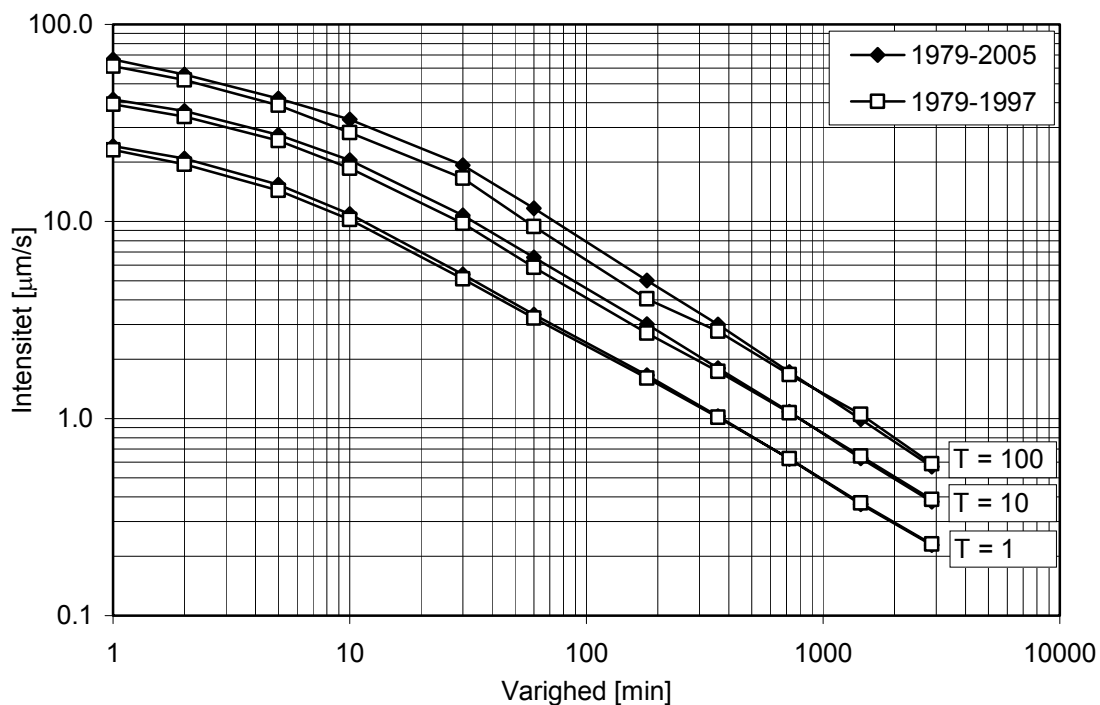
4.2 Sammenligning med Skrift 26

I forhold til den tidligere bearbejdning, der er præsenteret i Skrift 26, skal følgende resultater især fremhæves:

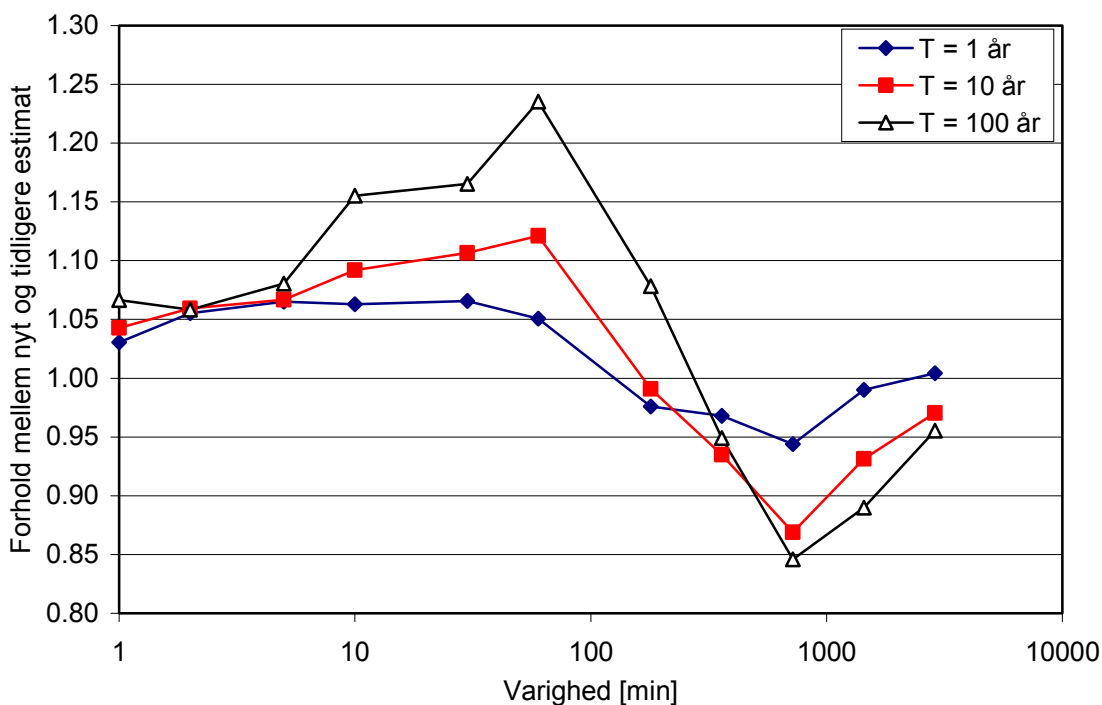
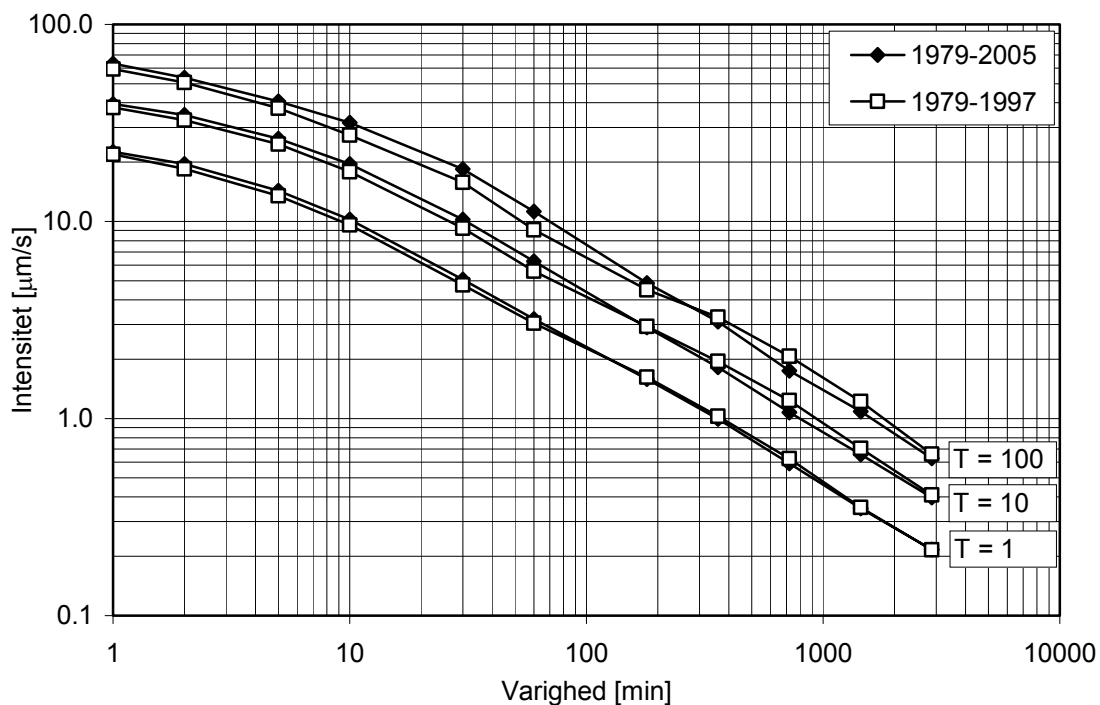
- Der er generelt tale om en stigning på ca. 10 % for de varigheder og gentagelsesperioder, der er relevante i forhold til dimensionering af transportledninger i afløbssystemer.
- Stigningen vokser med højere gentagelsesperioder, så der for de meget kraftige hændelser er tale om stigninger på mere end 20% for varigheder på 1 til 3 timer. Dette er i overensstemmelse med den kendsgerning, at der er observeret flere oversvømmelser i byområder de senere år.
- Stigningerne er betydelige, men ligger inden for de usikkerheder, den regionale model angiver.

- De lange varigheder påvirkes ikke væsentligt. For varigheder på 24 og 48 timer er der endog tale om en tendens til lavere dimensionsgivende intensiteter end tidligere. For den vestlige del af København er der tale om væsentlige fald i intensiteterne på op til 15% for varigheder på 6 timer og derover. Det skyldes især den ændrede regionalisering.

På figur 4.4 og 4.5 er angivet udvalgte resultater, der tilsammen illustrerer ovennævnte konklusioner.



Figur 4.4. Regionalt estimat af T-års intensiteter for Region Vest med årsmiddelnedbør på 750 mm baseret på nærværende datamateriale (1979-2005) og data i den tidligere analyse (1979-1997).



Figur 4.5. Regionalt estimat af T -års intensiteter på lokalitet i den tidligere København Vest (nuværende Region Øst) med årsmiddelnedbør på 600 mm baseret på nærværende datamateriale (1979-2005) og data i den tidligere analyse (1979-1997).

5 Udvalgelse af repræsentative historiske regnserier

5.1 Brug af U -værdier som led i udvælgelsen af historiske regnserier

Såvel Skrift 26 som den nærværende bearbejdning har som det primære formål at fastlægge dimensionsgivende nedbørsintensiteter til kasseregn og CDS-regn. Imidlertid er der en del anvendelser hvor det er mere relevant at bruge historiske regnserier, jf. diskussionerne i kapitel 6. Dette kapitel giver hjælp til systematisk at vælge en regional regnserie, der er repræsentativ i forhold til et konkret opland, hvori der ikke er en lokal regnmåler med kvalitetssikrede regndata samt samhørende målinger af regn og vandføring i afløbssystemet.

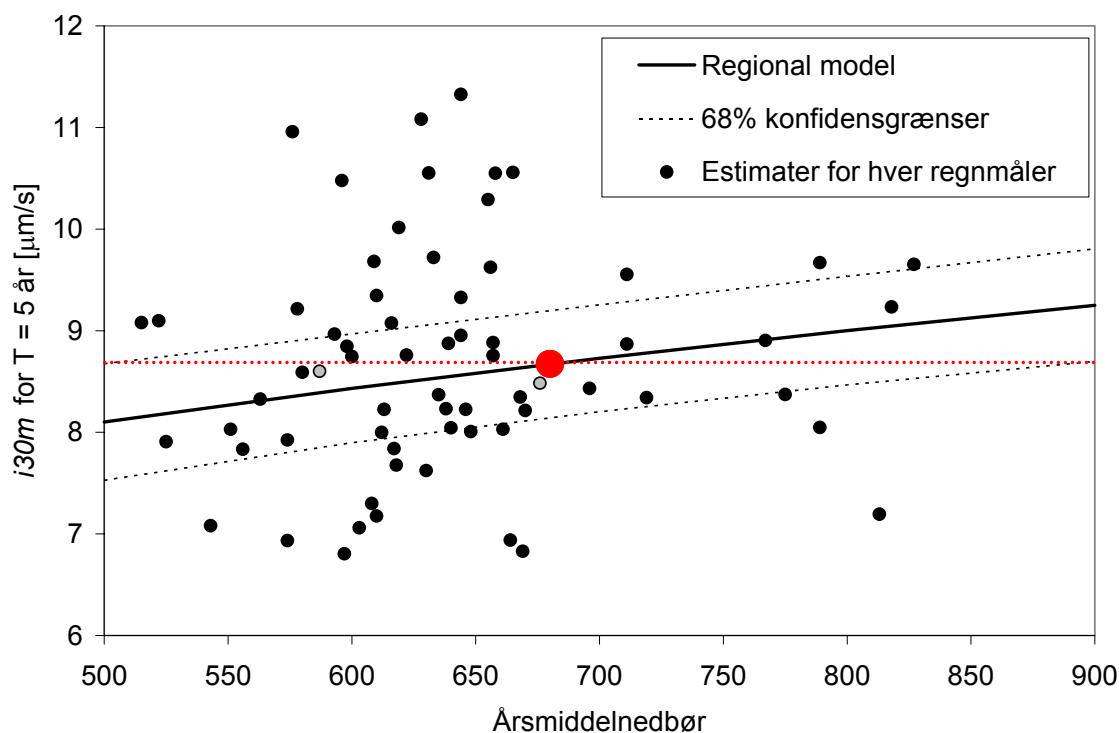
Ved valg af en historisk regnserie til brug for afløbstekniske beregninger skal det sikres, at regnserien er repræsentativ for oplandet. I Skrift 26 defineres en U -værdi som en relativ afvigelse mellem en lokal model baseret alene på regnseriens information og den regionale model for samme lokalitet. Den matematiske definition er angivet i Bilag E. En fuldstændigt repræsentativ historisk regnserie har dermed en U -værdi på 0,0 for alle varigheder og gentagelsesperioder. En repræsentativ regnserie kan i praksis findes ud fra følgende egenskaber:

- U -værdierne varierer så lidt som muligt
- U -værdierne er så tæt på 0 som muligt.

Såfremt U -værdierne for den pågældende regnserie generelt er positive eller negative, bør dette medtages i vurderingerne af sikkerhedstillægget, jf. den funktionspraksis som er omtalt i Skrift 27.

På figur 5.1 er vist den regionale model for varigheden 30 minutter og gentagelsesperioden 5 år. Samtidigt er vist, hvordan alle regnmålerne ligger i forhold til modellen. Det fremgår af figuren, at selv om der findes en regnserie med en årsmiddelnedbør tæt på det ønskede og en U -værdi på kun ca. -0,2, er der andre regnmålere, der er tættere på den ønskede intensitet. Det skyldes, at kombinationen af en lavere årsmiddelnedbør og en større U -værdi end de ønskede værdier kan give en dimensionsgivende intensitet, der er meget tæt på det ønskede (alternativt en større årsmiddelnedbør og mindre U -værdi). Det fremgår af figur 5.1, at en U -værdi på 1,0 svarer ca. til 200 mm i årsmiddelnedbør. En regnserie med 580 mm og en U -værdi på 0,4 svarer derfor omtrent til en regnserie med årsmiddelnedbør på 680 mm og en U -værdi på -0,1. Eksemplet er illustreret på figur 5.1.

I Bilag E er angivet, hvor stor U -værdien er for hver enkelt regnserie for forskellige varigheder og gentagelsesperioder. Ved valg af repræsentativ regnserie anbefales generelt at undersøge flere serier (se endvidere kapitel 6).



Figur 5.1. Princip for udvælgelse af historiske regnserier i forhold til den regionale model for en enkelt gentagelsesperiode og en enkelt varighed. På figuren er angivet et tænkt eksempel på et opland med en årsmiddelnedbør på 680 mm. Blandt de regnserier, der er meget tæt på den regionale model, er en regnserie med samme årsmiddelnedbør og en U -værdi på $-0,2$ og en regnserie med en årsmiddelnedbør på 580 mm og en U -værdi på $0,4$. Disse regnserier er markeret med gråt.

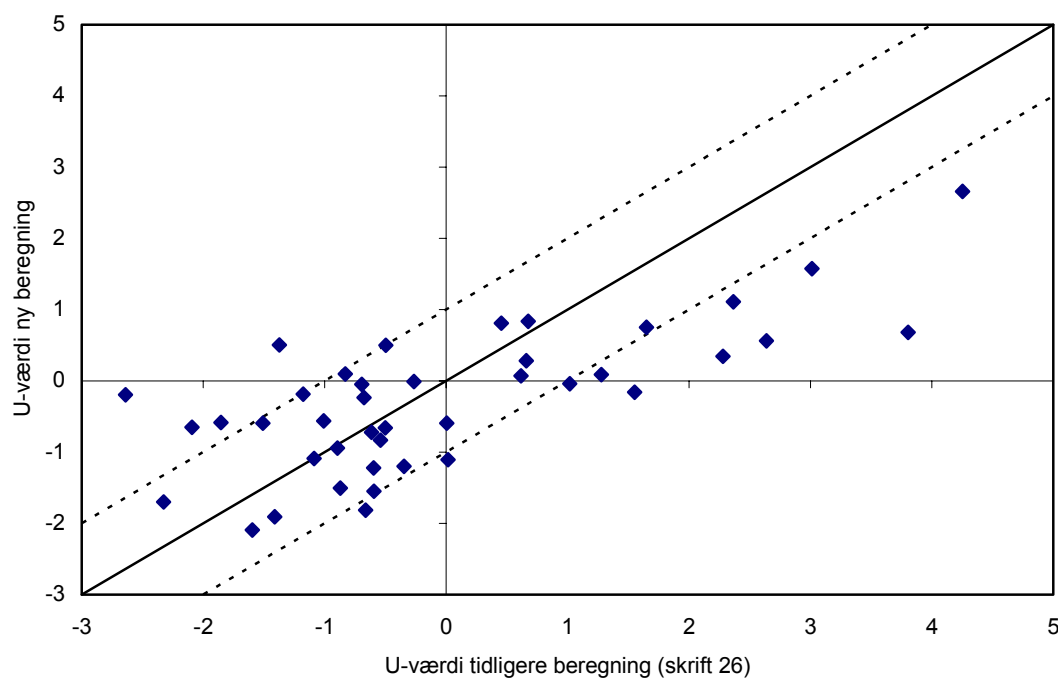
5.2 Sammenligning med tidligere undersøgelse

Der er i Skrift 26 udregnet U -værdier for 41 af de 66 regnserier, der er med i nærværende bearbejdning. For nedbørsklasse 1 (de korte varigheder, se bilag E) er de forklarende variable (årsmiddelnedbør og region) uændrede for disse regnserier. En eventuel ændring i den beregnede U -

værdi er derfor primært udtryk for, at udviklingen i disse serier har været anderledes end den generelle udvikling.

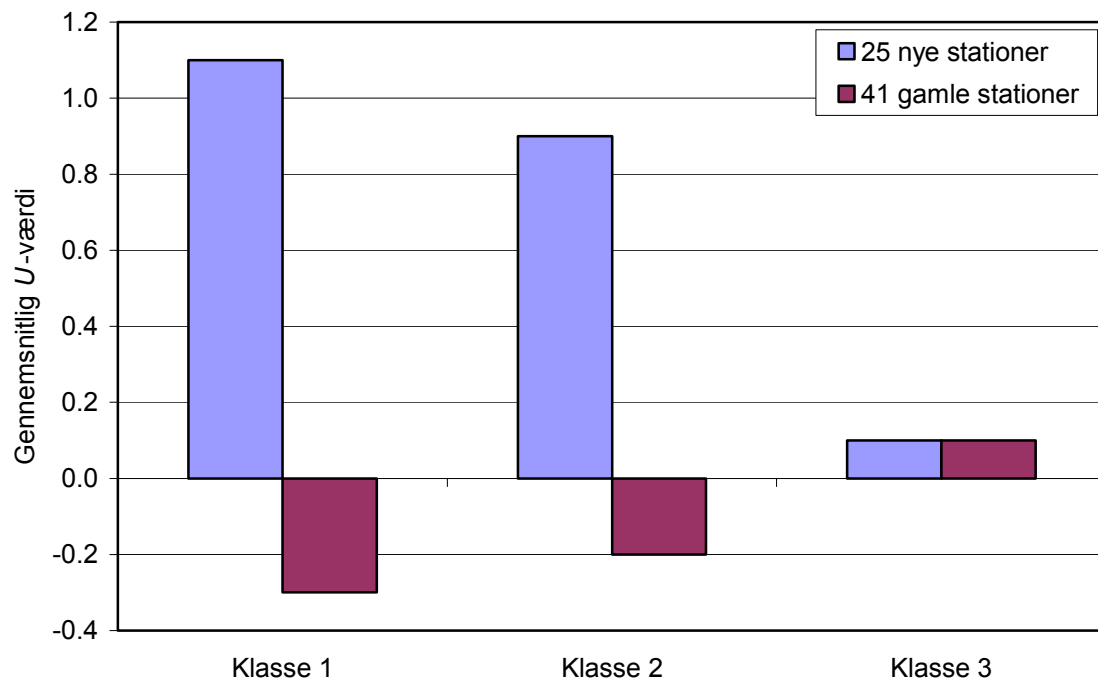
På figur 5.2 er vist sammenhængen mellem U -værdierne beregnet i Skrift 26 og i den nuværende bearbejdning for nedbørsklasse 1. Figur 5.3 viser den gennemsnitlige U -værdi beregnet i de tre nedbørsklasser for henholdsvis de 41 stationer, der var medtaget i den første analyse, og de 25 nye stationer. Figureerne viser følgende:

- Der er færre stationer, der ligger langt fra 0 i den nye bearbejdning. Det skyldes formodentlig, at observationsperioden er blevet længere, hvilket gør usikkerheden mindre. Dette fænomen ses tydeligt på figur 5.2. Der er desuden et betydeligt antal stationer, hvor ændringen i U -værdi er større end 1 enhed, jf. figur 5.2. Den absolutte ændring i U -værdi er i gennemsnit 0,9 for en regnserie, hvilket er en væsentlig ændring.
- Gennemsnittet af U -værdierne for de oprindelige 41 stationer er negativt for nedbørsklasse 1 og 2 i den nye bearbejdning. Det betyder, at de nye regnserier generelt ligger højt og de gamle regnserier lavt, som illustreret på figur 5.3. For nedbørsklasse 3 ses ingen forskel mellem de 41 oprindelige stationer og de 25 nye. Resultaterne bekræfter både de stigende dimensionsgivende intensiteter for små og mellemlange varigheder og de uændrede dimensionsgivende intensiteter for lange varigheder. Bemærk, at gennemsnittet af U -værdier for samtlige stationer ikke er nul grundet den ikke-lineære sammenhæng mellem lokale T -års estimater, regionale estimater og U -værdier.



Figur 5.2. Sammenligning af U -værdier baseret på nuværende beregningsgrundlag og tidligere beregnede værdier i Skrift 26 for nedbørsklasse 1. Fuldt optrukken linie angiver 1:1 overensstemmelse, mens de stiplede linier angiver en forskel i U -værdi på 1 enhed.

Sammenligningen viser også, i lighed med tidligere, at de beregnede U -værdier er snævert knyttet til den observationsperiode, som indgår i analysen. Såfremt denne bearbejdnings U -værdier benyttes til at vælge en repræsentativ historisk regnserie, skal det være præcis den samme observationsperiode der benyttes til beregningerne som den, der indgår i nærværende bearbejdning. Ellers risikeres det, at U -værdien ikke længere er korrekt. Såfremt der efter nogle år inddrages nye data i regnserien, skal U -værdierne derfor beregnes igen for den reviderede regnserie.

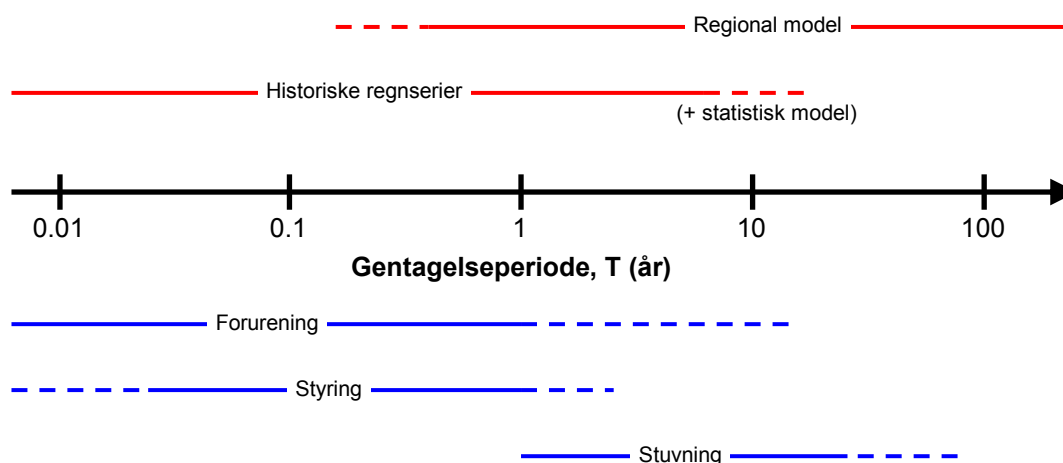


Figur 5.3. Gennemsnitlig U-værdi af, henholdsvis, de 41 gamle stationer og de 25 nye stationer for de 3 nedbørsklasser.

6 Valg af ekstremregn til dimensionering

6.1 Overordnet paradigma for valg af ekstremregn

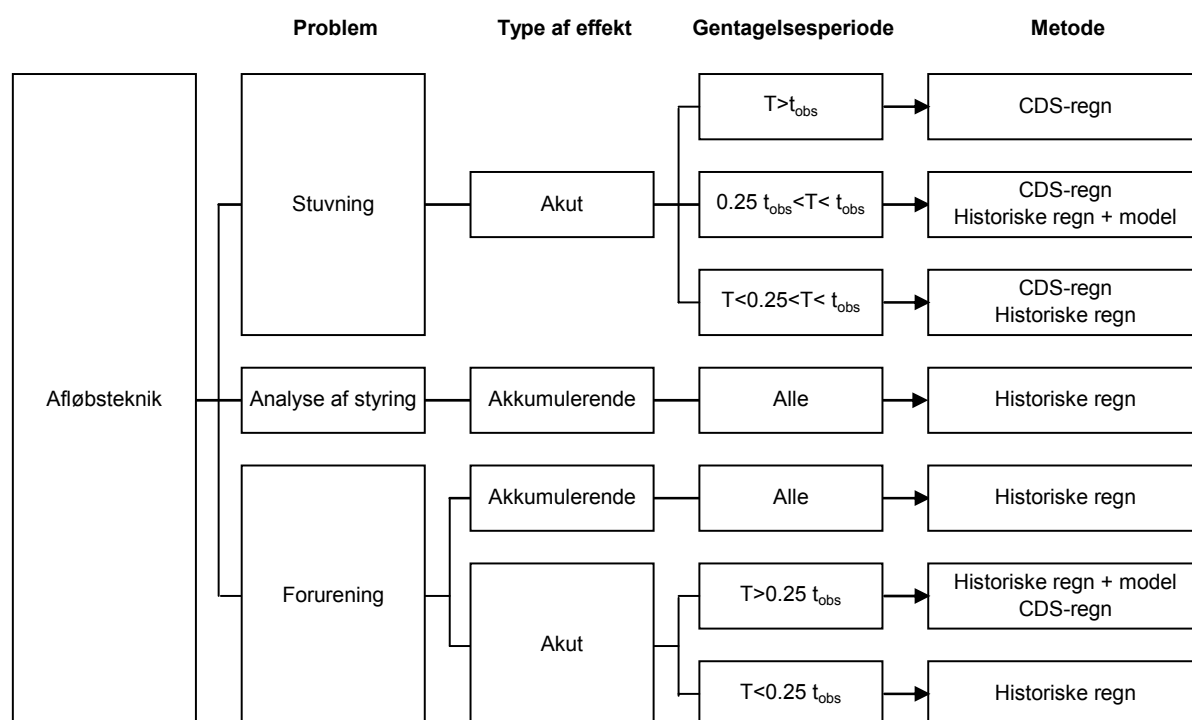
Der er i Danmark tradition for, at der i forbindelse med dimensionering og analyse gives et vist spillerum for at træffe et godt ingeniørmæssigt valg. I dette afsnit diskuteres kort et overordnet paradigma, der kan tjene som inspiration i forbindelse med udførelse af konkrete projekter. På figur 6.1 er angivet de hovedtyper af ekstremregn, som er bearbejdet i nærværende projekt, sammenstillet med de mest almindeligt forekommende afløbstekniske problemstillinger.



Figur 6.1. Hovedtyper af ekstremregn, der leveres som led i nærværende skrift (markeret med rødt), og hovedtyper af afløbstekniske problemstillinger (markeret med blå).

På figur 6.2 er opstillet et forslag til, hvilken type regndata der kan benyttes til analyse af givne problemstillinger. I nogle tilfælde er valget oplagt, mens andre situationer er mere komplicerede. Ved analyse af stuvninger med observationsperioder af de historiske regn op til den ønskede gentagelsesperiode er angivet mulighed for brug af såvel dimensioneringsregn som historiske regn. I hvert enkelt tilfælde må man vurdere behovet og det optimale valg, baseret på oplandets størrelse, udformning og eventuel styring af afløbet, samt den ønskede og mulige beregningsnøjagtighed set i forhold til øvrige beregningsinput.

Det er pt. ikke muligt at beregne akut forurening for gentagelsesperioder større end 20- 25% af observationsperioden af den regnserie, der anses for at være repræsentativ. Den bedste løsning til beregning af effekter for højere gentagelsesperioder vil være at benytte regnserien og ud fra de beregnede resultater opstille en statistisk model for effekterne (i figur 6.2 benævnt *Historiske regn + model*). Der kan for eksempel benyttes samme statistiske model, som i nærværende bearbejdning benyttes på ekstremregn. Princippet er skitseret i figur 6.2.



Figur 6.2. Forslag til hovedprincip for valg af type af ekstremregn til dimensionering. Tabellen er kun vejledende.

6.2 Dimensioneringsregn til oplande i X-købing

I Skrift 27 (SVK, 2005) er gennemgået hvorledes det sikres at funktionspraksis er overholdt for 3 oplande i X-købing kommune. I dette kapitel gennemgås, hvorledes de dimensionsgivende regnintensiteter bestemmes ud fra retningslinierne i dette skrift.

6.2.1 Beregningsniveau 1 (Opland 1 i Skrift 27)

Beregningsmetode 1 er den rationelle metode. De dimensionsgivende regnintensiteter skal dermed angives i form af en regnrække eller -kurve. Regnearket "Regional CDS Ver_3.0.xls" kan benyttes. Jævnfør figur 6.3 skal følgende variable bestemmes: Årsmiddelnedbør, Region, Gentagelsesperiode og Frekvensfaktor.

Årsmiddelnedbøren og Regionen bestemmes ud fra figur 3.5. Gentagelsesperioden er i eksemplet i Skrift 27 angivet til hhv. 2 og 5 år. Der er anvendt en bevidst valgt sikkerhedsfaktor på 1,72, hvilket indebærer, at regnintensiteterne skal angives uden sikkerhedstillæg. Frekvensfaktoren i regnearket sættes derfor til 0. Hvis hele usikkerheden i det aktuelle eksempel i stedet lægges på regnintensiteten for $T = 2$ år, svarer det til at vælge en gentagelsesperiode på ca. 15 år med frekvensfaktor på 0 eller en frekvensfaktor på ca. 13 med en gentagelsesperiode på 2 år. Det er dermed ikke usikkerheden på regnen, der er den dominerende usikkerhed.

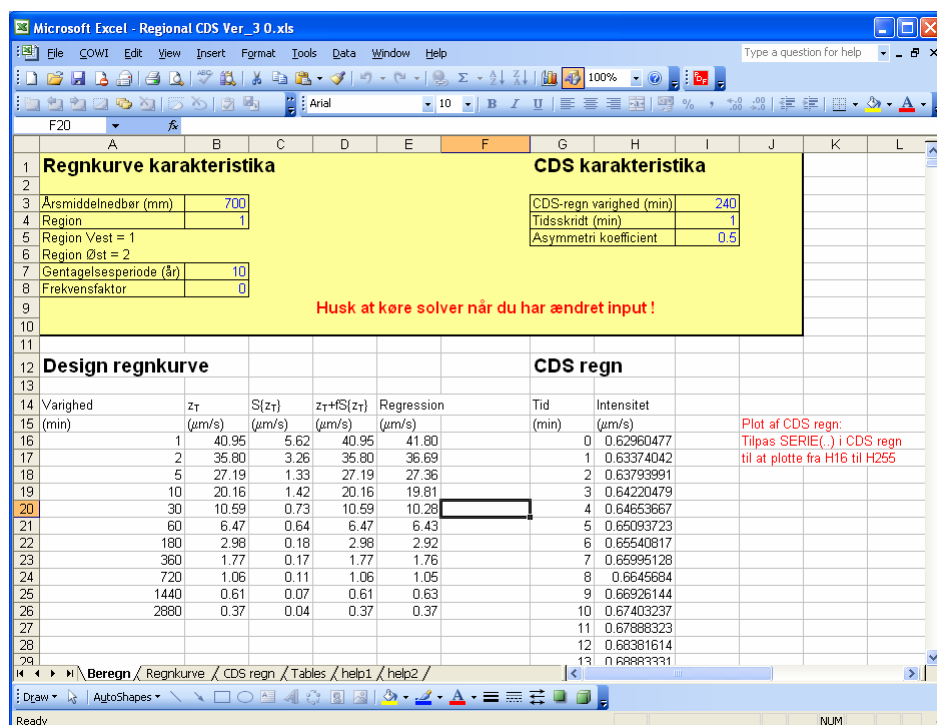
De dimensionsgivende intensiteter kan aflæses i søjle B, jf. figur 6.3, eller aflæses grafisk på regnkurven under faneblad "Regnkurve". Parametrene under "CDS karakteristika" benyttes ikke.

6.2.2 Beregningsniveau 2 (Opland 2 og 3 i Skrift 27)

Ved brug af beregningsniveau 2 anvendes samme regneark og procedure som ved beregningsniveau 1, dog skal parametrene for CDS-regnens karakteristika nu også angives: CDS-Regn varighed, Tidsskridt og Asymmetri koefficient.

Tidsskridt vælges typisk til 1 minut og Asymmetri koefficienten vælges typisk til 0,5. Stormens varighed skal være længere end koncentrationstiden for oplandene. På figur 6.1 er stormens varighed angivet til 240 minutter, hvilket er rigeligt til de to oplande, der analyseres i Skrift 27. Efter at have valgt parametre skal solver-funktionen i Excel anvendes, jf. Bilag D.

De enkelte minutintensiteter er herefter angivet i søjle H startende i række 16. Disse minutintensiteter kan direkte kopieres over i beregningsprogrammet, f.eks. MIKE URBAN. Formen af CDS-regnen kan eventuelt kontrolleres under fanebladet "CDS regn".

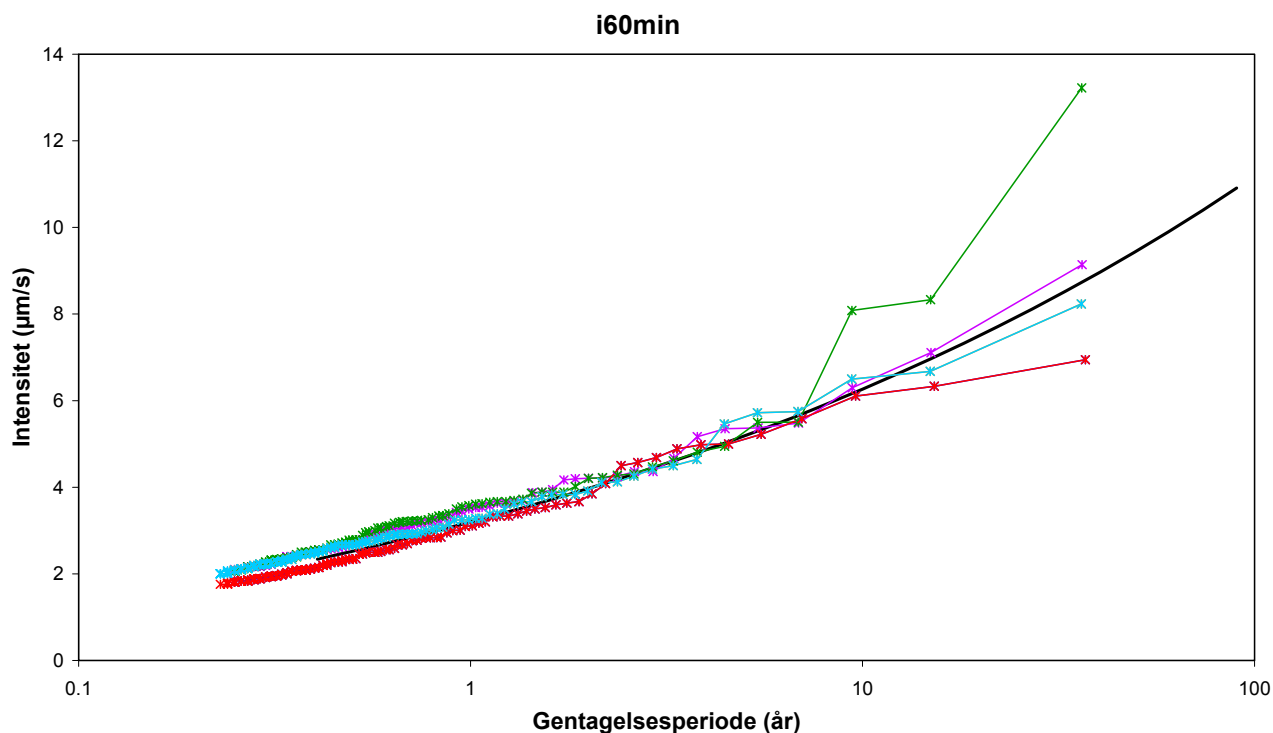


Figur 6.3. Skærmpot for regnearket "Regional CDS Ver_3.0.xls". Bestemmelse af regnrække til brug for dimensionering på beregningsniveau 1 eller 2.

6.2.3 Beregningsniveau 3 (Opland 2 og 3 i Skrift 27)

Beregningsniveau 3 benytter en historisk regnserie til simulering af de hydrauliske forhold. Beregningsniveau 3 benyttes ofte i forbindelse med komplekse beregninger, hvori flere gentagelsesperioder og varigheder er relevante. Regnserien udvælges principielt efter de kriterier, som er angivet i afsnit 5.1. Det indebærer dog, at der skal konstrueres ganske mange figurer, hvilket kan gøre det svært at få et overblik. Nedenfor er angivet en metode, som i nogle tilfælde vil gøre udvælgelsen nemmere.

U -værdierne i Bilag E anvendes til at give et fingerpeg om, hvilke regnserier der er relevante, svarende til kriterierne angivet i kapitel 5. Endvidere bør en eventuelt tidligere benyttet regnserie samt måske andre regnserier indgå i analysen. I forbindelse med en nærmere analyse kan det være en fordel at sammenligne flere gentagelsesperioder på én gang. Et eksempel herpå er vist i figur 6.4.



Figur 6.4. Grafisk sammenligning af den regionale model (sort linie) med forskellige mulige repræsentative regnserier for forskellige gentagelsesperioder giver bedre mulighed for at få et overblik over, hvilken regnserie der bedst kan repræsentere en given lokalitet. Sammenligningen skal ske over flere varigheder; her er vist et eksempel for varigheden 60 minutter.

Såfremt den mest repræsentative regnserie generelt ligger højere eller lavere end anbefalet af den regionale model, kan man inddrage denne viden i fastsættelse af sikkerhedstillægget. Hvis f.eks. de mest kritiske varigheder og gentagelsesperioder overvurderes med 15%, skal sikkerhedstillægget divideres med 1,15 for ikke at gøre beregningerne for konservative.

7 Konklusion

7.1 Undersøgelsens resultat

Den regionale model til estimation af ekstremnedbør i Danmark i Spildevandskomiteens Skrift 26 er også velegnet til at beskrive det større datamateriale, der er undersøgt i nærværende undersøgelse. I overensstemmelse med den tidligere analyse er der påvist en signifikant regional variabilitet af ekstremnedbør i Danmark. En del af den regionale variabilitet kan beskrives ved årsmiddelnedbøren, idet der generelt forekommer flere ekstreme hændelser på steder med stor årsmiddelnedbør. Endvidere er der påvist en signifikant forskel mellem ekstremnedbør for de to regioner for intensiteter på 6 timer og derover, regndybde, døgnnedbør samt bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal. Dette giver anledning til generelt større T -års estimater i Region Øst. Idet der generelt er en større årsmiddelnedbør i den østlige del af Danmark, ophæver de to effekter dog hinanden til en vis grad for gentagelsesperioder på mindre end 10 år.

Sammenholdes med den tidligere analyse, er den regionale model blevet ændret mht. den subregionale opdeling. Den tidligere observerede storbyeffekt kunne ikke godtgøres med det nye datasæt, og et generelt højere niveau af middelloverskridelsen ses nu for hele området øst for Storebælt.

Samlet set viser den regionale model baseret på de nye data generelt større dimensionsgivende regnintensiteter end den model, der blev estimeret i Skrift 26. De større dimensionsgivende regnintensiteter skyldes både, at kraftige hændelser optræder hyppigere, og at de meget kraftige hændelser er blevet mere kraftige. Endelig viser den nye analyse, at de meget kraftige regn for lange varigheder, som før var begrænset til Storkøbenhavn, nu er udstrakt til hele området øst for Storebælt. Alt i alt er der tale om en justering af dimensioneringsgrundlaget for ekstremregn på ca. 10 % for de varigheder og gentagelsesperioder, der er typiske at opstille funktionskrav for.

7.2 Perspektivering

Det store spørgsmål i forbindelse med denne undersøgelse er, hvorvidt opjusteringen af de dimensionsgivende regnintensiteter på 10% er udtryk for en tendens til kraftigere nedbør, der vil fortsætte, tilfældige klimatiske fluktuationer der vil udjævnes over tid, eller blot en simpel justering forårsaget af et bedre datagrundlag. Alle tre forklaringsmodeller er mulige på baggrund af den

nuværende viden om nedbør. Desuden er opdelingen i to subregioner hhv. Region Vest og Region Øst baseret på en rent empirisk bearbejdning af data og dermed genstand for usikkerhed.

Stigningen i de dimensionsgivende nedbørsintensiteter ligger inden for de usikkerheder, som modellen angiver. Samtidig er det ikke muligt på baggrund af de udførte analyser entydigt at konkludere, hvorvidt der på baggrund af de historiske regnserier kan påvises en signifikant trend i ekstremnedbør.

Det må konstateres, at der er tale om en væsentlig stigning i løbet af en kort årrække. De forøgede nedbørsintensiteter fremkommer ved at sammenligne perioden 1979 - 1996 med perioden 1979 - 2005. Hvis opjusteringen tilskrives en kontinuert klimaændring alene, svarer det derfor til, at ændringen alt andet lige er omtrent dobbelt så stor i løbet af perioden 1979 - 2005 som den estimerede forøgelse. Sammenlagt giver det et skøn på en opjustering af de dimensionsgivende nedbørsintensiteter på 20 - 25% i løbet af perioden fra 1980 til 2005.

Grove undersøgelser baseret på resultaterne af regionale klimamodeller peger på, at de ændringer, som kan observeres i datamaterialet, er i overensstemmelse med de ændringer, der forudsiges som følge af den globale opvarmning (Jørgensen og Johansen, 2003). Det kan tyde på, at de observerede ændringer vil fortsætte i årene fremover. Dette bør analyseres nærmere i årene fremover. Indtil disse undersøgelser er udført, anbefales det at benytte de dimensionsgivende intensiteter, som er afreporteret her, og eventuelt supplere med en sikkerhedsfaktor, hvori også eventuelle klimaeffekter indgår.

8 Referencer

- Arnbjerg-Nielsen, K. (2003): Trend i ekstremregn. Rapport for Spildevandskomiteen. COWI, Lyngby.
- Frich, P., Rosenørn, S., Madsen, H., og Jensen, J.J. (1997): Observed precipitation in Denmark, 1961 - 1990. Danish Meteorological Institute, Technical report 97-8.
- Jørgensen, A.T., og Johansen, R.M. (2003): Klimaændringernes betydning for afløbssystemerne. Eksamensprojekt efterår 2003. Miljø & Ressourcer, DTU.
- Madsen, H., 1998, Ekstremregn i Danmark. Statistisk bearbejdning af nedbørsdata fra Spildevandskomiteens Regnmålersystem 1979-1996, Institut for Strømningsmekanik og vandressourcer samt Institut for Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet.
- Madsen, H., 2002, Ekstremregn i Danmark. Supplement til Statistisk bearbejdning af nedbørsdata fra Spildevandskomiteens Regnmålersystem 1979-1996, Miljø & Ressourcer DTU, Danmarks Tekniske Universitet.
- Madsen, H. & Arnbjerg-Nielsen, K. (2006): Statistisk bearbejdning af nedbørsdata fra Spildevandskomiteens Regnmålersystem 1979 - 2005. Styregruppen for Spildevandskomiteens Regnmålersystem. Endelig rapport, marts 2006.
- SVK (1999): Regional variation af ekstremregn i Danmark. Skrift 26, Spildevandskomiteen, Ingeniørforeningen i Danmark. ISBN 87-89220-49-8.
- SVK (2005): Funktionspraksis for afløbssystemer under regn. Ingeniørforeningen i Danmark IDA, Spildevandskomiteen, København. Spildevandskomiteens Skrift nr. 27.

Bilag A Supplerende information

I tilknytning til dette skrift fra Spildevandskomiteen gøres nedenstående materiale frit tilgængeligt via internettet. Materialet hostes sammen med Spildevandskomiteens øvrige materiale hos Ingeniørforeningen i Danmark (www.ida.dk).

- En teknisk baggrundsrapport (Madsen og Arnbjerg-Nielsen, 2006) samt en tidligere bearbejdning der påviser klimaændringer i ekstremregns egenskaber (Arnbjerg-Nielsen, 2003). Begge dokumenter er formateret i pdf-format, som kan læses med programmet Adobe Acrobat Reader, der er frit tilgængeligt.
- To regneark til estimation af T -års hændelser for nedbørsvariable og CDS-regn på baggrund af et valgt sikkerhedsniveau. Regnearkene er udarbejdet i Microsoft Excel under Office 2003-pakken. Desuden dokumentation og brugervejledning til de to regneark i pdf-format.
- Alle regnserier kan downloades fra skriftets hjemmeside.

Bilag B Datamateriale

I tabel B.1 er angivet, hvilke data der indgår i analysen, samt den korrigerede observationsperiode. Data er hentet fra databasen hos DMI i august 2005.

Tabel B.1. Oversigt over målestationer medtaget i den statistiske analyse. Observationsperioden er korrigeret for perioder, hvor stationen har været ude af drift.

Station nr.	Navn	Startdato	Slutdato	Obs. periode [år]
20097	Frederikshavn Materielgård	19/04/1990	01/08/2005	15.18
20099	Frederikshavn Centralrenseanlæg	24/04/1990	01/08/2005	14.67
20211	Sulsted	01/01/1979	01/08/2005	22.90
20304	Aalborg Østerport P.	28/02/1990	01/08/2005	15.28
20461	Svenstrup J.	08/01/1979	01/08/2005	17.50
22321	Egå Renseanlæg	05/09/1989	01/08/2005	15.15
22361	Viby J. Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	24.53
22421	Silkeborg Vandværk	01/01/1979	01/08/2005	25.62
22554	Trankær Renseanlæg	05/09/1989	01/08/2005	15.80
23127	Horsens Centralrenseanlæg	20/08/1982	01/08/2005	22.46
23261	Vejle Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	21.61
23294	Fredericia Centralrenseanlæg	23/11/1994	01/08/2005	10.68
23321	Kolding Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	25.36
23345	Vamdrup Flyveplads	10/06/1991	29/06/2003	12.00
24292	Herning Centralrenseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	24.64
25171	Esbjerg Renseanlæg V	04/01/1979	01/08/2005	24.15
26091	Haderslev Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	23.66
26376	Tønder Centralrenseanlæg	09/02/1994	01/08/2005	11.36
26481	Sønderborg Vandværk	01/01/1979	01/08/2005	25.32
28181	Bolbro Vandværk	01/01/1979	01/08/2005	23.74
28183	Ejby Mølle Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	14.23
28184	Odense NV Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	23.88
28186	Odense Vandværk	01/01/1979	01/08/2005	23.68
28453	Svendborg Centralrenseanlæg	04/10/1994	01/08/2005	10.79
29009	Gniben	01/06/1990	19/09/2002	11.89
29041	Holbæk Centralrenseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	25.91
29354	Slagelse Centralrenseanlæg	23/08/1994	01/08/2005	10.68
29429	Omø Fyr	19/07/1990	21/08/2000	9.97
30031	Sydskystens Renseanlæg	23/01/1979	01/08/2005	25.91

Station nr.	Navn	Startdato	Slutdato	Obs. periode [år]
30131	Frederikssund Centralrenseanlæg	16/01/1992	01/08/2005	13.42
30168	Hillerød Renseanlæg	03/06/1991	01/08/2005	13.62
30191	Dronninggård Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	24.79
30201	Vedbæk Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	25.41
30208	Ordруп Kirkegård	14/10/1991	01/08/2005	13.37
30211	Svanemøllens Kaserne	20/09/1979	16/04/1993	10.87
30221	Virum	01/01/1979	23/12/1997	18.36
30222	Søborg Vandværk	01/01/1979	01/08/2005	25.33
30309	Åvendingen	11/04/1995	01/08/2005	10.19
30311	Emdrup	08/01/1979	25/10/1994	15.13
30312	Vølundsgade	24/01/1979	13/01/1994	14.52
30313	Kløvermarksvej	01/01/1979	01/08/2005	25.31
30314	Kongens Enghave	01/01/1979	01/08/2005	25.80
30315	Husum	16/01/1979	09/03/1995	14.64
30316	Måløv Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	25.70
30317	Glostrup Genbrugsplads	23/01/1979	01/08/2005	25.05
30318	Hvidovre Vandværk	01/01/1979	01/08/2005	25.81
30319	Hvidovre Pumpestation	01/01/1979	01/08/2005	25.05
30321	Rødovre Vandværk	01/01/1979	01/08/2005	25.72
30325	Bispebjerg Hospital	14/01/1995	01/08/2005	10.44
30326	Lytgen	25/11/1994	01/08/2005	10.21
30348	Wibrandtsvej (Greisvej)	11/04/1995	01/08/2005	10.07
30351	Tårnby Pumpestation 4	01/01/1979	01/08/2005	25.76
30352	Tårnby Pumpestation 10	23/02/1979	01/08/2005	25.73
30353	Tårnby Renseanlæg	10/01/1979	01/08/2005	23.19
30381	Landbohøjskolen	08/05/1992	01/08/2005	13.20
30384	Brøndbyvester Vandværk	10/04/1990	01/08/2005	15.07
30386	Albertslund Materielgård	28/10/1993	01/08/2005	11.67
30395	Ishøj Varmeværk	02/11/1992	01/08/2005	12.66
30411	Roskilde Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	24.77
30451	Mosedede Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	25.14
31031	Store Heddinge Vandværk	01/01/1979	31/12/1991	12.31
31151	Næstved Centralrenseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	25.23
31231	Vordingborg Renseanlæg	01/01/1979	31/12/1991	12.60
31401	Nakskov	01/01/1979	01/08/2005	25.70
31511	Nykøbing F Renseanlæg N	01/01/1979	01/08/2005	25.23
32097	Rønne C	09/11/1989	01/08/2005	15.60

Bilag C Beregning af regionalt T -års estimat

Grundlaget for den regionale model er en statistisk ekstremværdimodel baseret på en model (*Partial Duration Series* model), der inkluderer hændelser over et fastlagt afskæringsniveau. I den regionale analyse af ekstremregn i Danmark er der valgt et konstant afskæringsniveau for hele landet for hver af de analyserede nedbørsvariable.

PDS modellen inkluderer to elementer, dels modellering af antallet af overskridelser og dels modellering af overskridelsernes størrelse. Normalt antages antallet af overskridelser at være Poisson fordelt med en intensitet, der er lig med det forventede antal årlige overskridelser. Til modellering af overskridelsernes størrelse benyttes en statistisk fordeling, der bestemmes på basis af *PDS* serier fra samtlige stationer i regionen. I overensstemmelse med den tidligere bearbejdning viser den nye analyse, at overskridelsernes størrelse kan beskrives ved den generaliserede Pareto fordeling. Ved beregning af en dimensionsgivende T -års hændelse, \hat{z}_T , benyttes følgende formel:

$$\hat{z}_T = z_0 + \hat{\mu} \frac{1 + \hat{\kappa}}{\hat{\kappa}} \left[1 - \left(\frac{1}{\hat{\lambda} T} \right)^{\hat{\kappa}} \right] \quad (\text{C.1})$$

hvor z_0 er afskæringsniveauet.

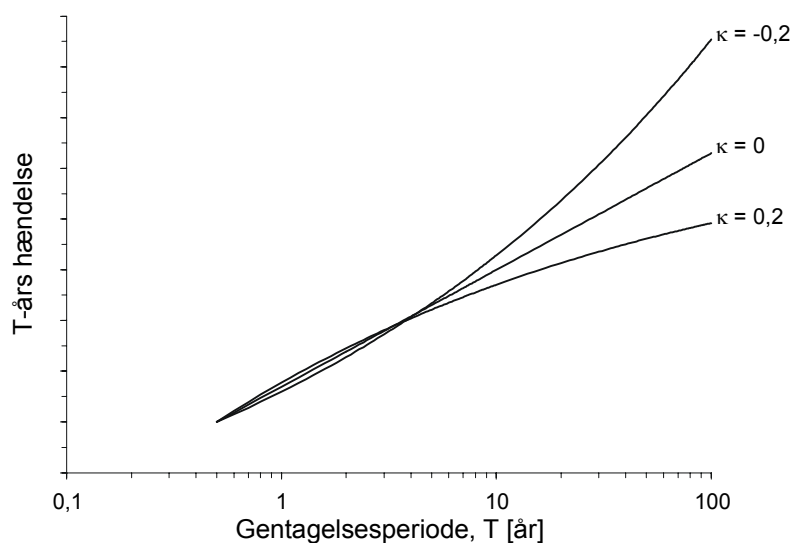
$\hat{\lambda}$ er det gennemsnitlige antal overskridelser per år.

$\hat{\mu}$ er middelværdien af overskridelsernes størrelse.

$\hat{\kappa}$ er formlenparameteren for overskridelsernes størrelse, se figur C.1.

Estimater bestemmes for hver af de fire parametre for hver lokalitet i Danmark. Indledningsvist fastlægges z_0 som en konstant værdi for hele landet. Derefter opstilles en særskilt model for hver af de tre øvrige parametre. Modellen er baseret på en række uafhængige, forklarende variable som beskrevet i afsnit 3.1. De bedste regionale modeller er som følger:

- $\hat{\lambda}$ beskrives som en lineær model baseret på årsmiddelnedbøren.
- $\hat{\mu}$ beskrives ud fra placering i hhv. Region Øst og Region Vest.
- $\hat{\kappa}$ antages at være konstant i hele landet.



Figur C.1. Estimer af T-års hændelsen for forskellige værdier af formparameteren κ .

Formlerne for beregning af de tre parametre og de tilhørende estimater er angivet nedenfor. For beregning af usikkerhederne på estimaterne henvises til baggrundsrapporten (Madsen og Arnbjerg-Nielsen, 2006).

Det årlige antal overskridelser bestemmes som:

$$\hat{\lambda} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \hat{AMN} \quad (\text{C.2})$$

hvor \hat{AMN} er den årlige middelnedbør for oplandet i perioden 1960 - 1990 i mm.

$\hat{\beta}_0$ og $\hat{\beta}_1$ er parametre i den lineære model, der bestemmes ud fra data.

For intensiteter med varigheder under 6 timer samt bassin- og overløbsvolumen for stort afløbstal regnes middelloverskridelsen $\hat{\mu}$ konstant i hele landet. For de øvrige nedbørsvariable baseres estimatet af middelloverskridelsen på følgende subregionale opdeling:

$$\hat{\mu} = \begin{cases} \hat{\mu}_1 & , \text{ Region Vest} \\ \hat{\mu}_2 & , \text{ Region Øst} \end{cases} \quad (\text{C.3})$$

Som tidligere nævnt, antages $\hat{\kappa}$ at være konstant over hele landet. De i (C.1) – (C.3) indgående parametre fremgår af tabel C.1.

Tabel C.1. Afskæringsniveau samt parameterestimer for de tre modeller. Estimerne på varianser og kovarians er angivet i baggrundsrapporten samt i regnearkene.

Variabel	z_0 [$\mu\text{m/s}$] [mm]	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$ [$\cdot 10^{-3}$]	$\hat{\mu}_1$	$\hat{\mu}_2$	$\hat{\kappa}$
i1m	15.8	-0.523	6.53	5.97	5.97	-0.152
i2m	12.8	0.0792	5.49	5.78	5.78	-0.097
i5m	9.00	0.194	5.08	4.71	4.71	-0.077
i10m	6.00	0.561	5.06	3.45	3.45	-0.116
i30m	3.20	0.766	4.23	1.74	1.74	-0.200
i60m	2.10	0.952	3.85	1.03	1.03	-0.205
i3h	1.10	1.03	3.47	0.466	0.466	-0.170
i6h	0.730	0.121	4.39	0.263	0.292	-0.189
i12h	0.450	-0.712	5.07	0.167	0.183	-0.145
i24h	0.260	-2.11	7.48	0.0921	0.115	-0.149
i48h	0.150	-3.66	10.7	0.0551	0.0700	-0.105
dpt	17.2	0.305	4.49	7.17	8.35	-0.166
dpn	19.4	-1.78	7.49	7.09	7.97	-0.119
bv1	17.0	-1.73	7.19	9.24	11.0	-0.176
bv2	5.40	1.23	2.96	4.65	4.65	-0.268
ov1	15.0	0.441	4.03	6.66	7.76	-0.210
ov2	6.80	0.361	4.13	5.10	5.10	-0.231

Bilag D Generering af CDS-regn

Konstruktion af CDS-regn

CDS-regn er en syntetisk dimensioneringsregn, der er baseret på maksimum middelintensiteter af regn for forskellige varigheder som beskrevet ved en regnkurve. Den kunstige dimensioneringsregn indeholder for en valgt gentagelsesperiode information om maksimale middelintensiteter for alle varigheder og samler derved information fra en hel regnkurve i en enkelt dimensioneringsregn. Det eneste krav for brug af CDS-regnen er, at varigheden af CDS-regnen mindst er lige så lang som koncentrationstiden for det opland, der regnes på.

Regnrækker tilnærmes ofte med en ret linie i en dobbelt logaritmisk kurve med intensiteten på y-aksen og varigheden på x-aksen. Hvis regnrækken skal gælde fra få minutter til flere timer, anvendes i lærebøgerne ofte to rette linier, hvor der for små varigheder anvendes en linie med lavere hældning.

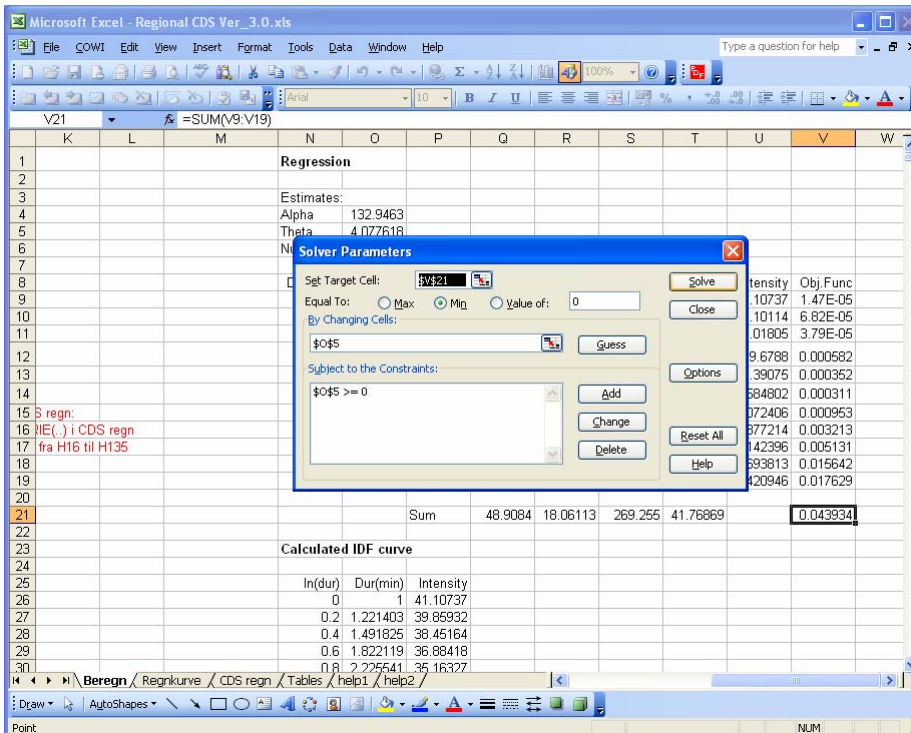
Alternativt kan benyttes en model med tre parametre, der dækker alle varigheder med god tilnærmelse. Den generelle model for regnkurven ser ud som følger:

$$i_m(t) = \alpha(t + \theta)^{-\nu} \quad (\text{D.1})$$

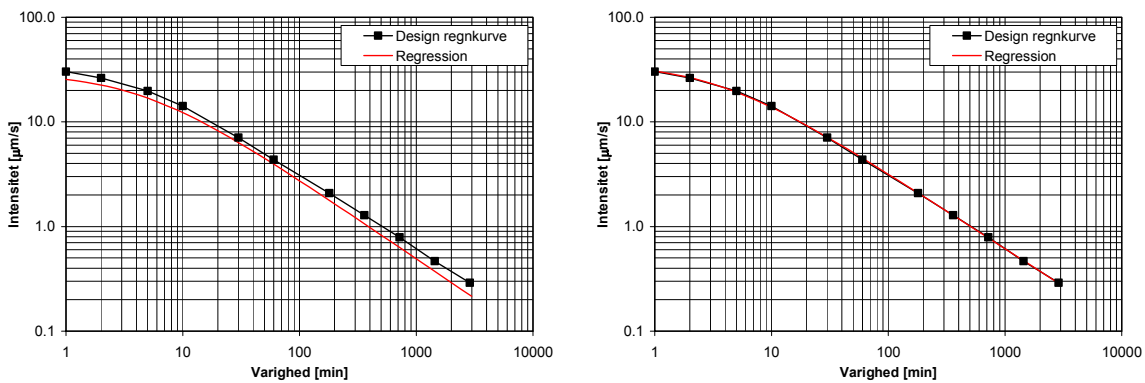
hvor $i_m(t)$ er middelintensiteten over varigheden t . Parameteren α bestemmer det generelle niveau af dimensioneringsregnen og afhænger især af den betragtede gentagelsesperiode. Parameteren ν er stort set uafhængig af gentagelsesperioden og angiver hældningen af regnkurven i et dobbelt logaritmisk plot. Parameteren θ giver en krumning på regnkurven for små varigheder.

CDS-regn bestemt ved brug af regionale regnkurver

Der er udarbejdet et regneark til at konstruere CDS-regn på baggrund af de regionale regnkurver. Der er samtidig udarbejdet en teknisk dokumentation og brugervejledning for brugen af regnearkene. Ved brug af regnearkene er det særligt vigtigt at bemærke, at Excel ikke automatisk kan beregne den korrekte CDS-regn. **For at få en korrekt CDS-regn skal solver-funktionen derfor benyttes hver gang en parameter i regnearket er blevet ændret**, jf. figur D.1. Det kontrolleres herefter, at modellen og de regionale estimater passer sammen, jf. figur D.2. Derefter kan intensiteterne overføres til den dynamiske beregningsmodel.



Figur D.1. Solver-funktionen under Tools skal benyttes hver gang, der skiftes parameterværdier i regnearket.



Figur D.2. Den beregnede regionale design regnkurve. Figuren til højre viser en korrekt kurve, mens figuren til venstre viser en regressionsligning, hvor funktionen solver endnu ikke er brugt.

Bilag E Klassificering af stationer

I de efterfølgende tre tabeller (tabel E.1-E.3) er de 66 stationer, der har indgået i den regionale analyse, klassificeret vha. målestørrelsen U . U -værdien er defineret som følger:

$$U = \frac{\hat{z}_{T,LOK} - \hat{z}_{T,REG}}{\hat{\sigma}_{PRED}} \quad (E.1)$$

hvor $\hat{z}_{T,LOK}$ er det lokale T -års estimat ved indsættelse af de lokalt estimerede PDS parametre,
 $\hat{z}_{T,REG}$ er det regionale T -års estimat, og
 $\hat{\sigma}_{PRED}$ er prediktions standardafvigelsen på det regionale T -års estimat.

Klassificeringen er foretaget for hver af følgende nedbørsklasser, der er karakteristiske for forskellige egenskaber ved regn af betydning for funktionen af afløbssystemer:

- (1) Intensiteter med små varigheder (op til 60 minutter) samt bassin- og overløbsvolumen med stort afløbstal (1,0 $\mu\text{m/s}$). Målestørrelsen beregnes som middelværdien af U for variablene i10m, i30m, i60m, bv2 og ov2.
- (2) Intensiteter med varigheder på 1-12 timer. Målestørrelsen beregnes som middelværdien af målestørrelserne for variablene i60m, i3h, i6h og i12h.
- (3) Intensiteter med store varigheder (over 12 timer) og bassin- og overløbsvolumen med lille afløbstal (0,1 $\mu\text{m/s}$). Målestørrelsen beregnes som middelværdien af U for variablene i12h, i24h, i48h, bv1 og ov1.

Stationerne er listet som funktion af årsmiddelnedbøren ($\dot{A}MN$) og regionalt tilhørsforhold (1: Region Vest 2: Region Øst), og for hver station er målestørrelsen U angivet for hhv. små ($1 < T < 5$), middel ($5 < T < 20$) og store ($20 < T < 100$) gentagelsesperioder samt for gennemsnittet af gentagelsesperioder.

Skravering angiver stationer, der ligger over 97,5% fraktilen ($U > 2$) hhv. under 2,5% fraktilen ($U < -2$).

Tabel E.1 Klassificering i nedbørsklasse 1: Intensiteter med varigheder op til 60 min. samt bassin- og overløbsvolumen med stort afløbstal. Skravering angiver stationer, der ligger over 97.5% fraktilen ($U = 2$) eller under 2.5% fraktilen ($U = -2$).

Region	ÅMN [mm]	Station nr.	$1 \leq T \leq 5$	$5 \leq T \leq 20$	$20 \leq T \leq 100$	Middel
1	628	20304	2.86	3.54	3.88	3.42
1	631	20099	2.59	2.90	2.90	2.80
1	644	20097	4.51	3.85	2.96	3.77
1	646	22321	-0.18	-0.85	-0.95	-0.66
1	648	28184	-1.57	-1.64	-1.44	-1.55
1	655	20211	1.38	2.73	3.86	2.66
1	656	22554	0.91	1.93	2.72	1.86
1	657	28186	-0.12	-0.70	-0.96	-0.59
1	661	22361	-0.10	-1.16	-1.58	-0.94
1	665	28183	1.29	1.81	2.11	1.74
1	668	26481	-0.03	-0.31	-0.37	-0.23
1	669	28453	-2.02	-2.37	-2.29	-2.22
1	670	28181	-0.62	-0.72	-0.64	-0.66
1	696	23127	-1.14	-0.61	0.07	-0.56
1	711	20461	0.63	0.04	-0.38	0.10
1	711	23294	-1.11	-0.27	0.62	-0.25
1	719	22421	-1.54	-0.49	0.28	-0.58
1	767	23321	-0.09	-0.23	-0.24	-0.19
1	775	25171	-0.49	-0.80	-0.88	-0.72
1	789	23261	0.40	0.68	0.96	0.68
1	789	26091	-0.87	-1.22	-1.23	-1.11
1	813	23345	-1.24	-1.59	-1.52	-1.45
1	818	26376	0.50	0.23	0.25	0.33
1	827	24292	-0.20	1.25	2.28	1.11
2	515	29009	0.08	2.03	3.99	2.03
2	522	32097	0.51	0.94	1.47	0.97
2	525	29429	-0.18	-1.04	-1.47	-0.90
2	543	31031	-1.73	-1.30	-0.57	-1.20
2	551	29041	-0.10	-0.01	0.09	-0.01
2	556	30353	-0.13	-0.68	-1.15	-0.65
2	563	31401	0.10	-0.20	-0.38	-0.16
2	574	30351	0.57	-0.15	-0.58	-0.05
2	574	30352	-1.39	-1.81	-1.89	-1.70
2	576	30348	4.47	2.06	0.42	2.31
2	578	31151	1.40	0.07	-0.62	0.28
2	580	30411	0.22	0.05	-0.05	0.07
2	587	30451	0.44	0.52	0.55	0.50
2	593	30313	0.73	0.85	0.84	0.81
2	596	29354	1.70	3.41	4.90	3.34

Region	ÅMN [mm]	Station nr.	$1 \leq T \leq 5$	$5 \leq T \leq 20$	$20 \leq T \leq 100$	Middel
2	597	31231	-2.23	-2.21	-1.84	-2.09
2	598	30131	0.91	-0.20	-0.62	0.03
2	600	31511	1.11	0.25	-0.32	0.35
2	603	30211	-1.14	-1.67	-1.71	-1.51
2	608	30312	-1.43	-2.12	-2.17	-1.91
2	609	30395	0.34	2.00	3.26	1.86
2	610	30311	-1.06	-1.32	-1.29	-1.22
2	610	30325	1.08	1.23	1.29	1.20
2	612	30316	-0.65	-0.92	-0.92	-0.83
2	613	30386	0.00	-0.90	-1.13	-0.68
2	616	30326	0.92	1.59	2.41	1.64
2	617	30314	0.30	-0.10	-0.31	-0.04
2	618	30031	-0.43	-1.26	-1.57	-1.09
2	619	30208	1.91	1.98	1.76	1.88
2	622	30318	1.35	0.45	-0.11	0.56
2	630	30384	-0.81	-1.00	-0.93	-0.91
2	633	30381	2.56	1.70	1.12	1.79
2	635	30319	0.50	0.03	-0.27	0.09
2	638	30221	-0.07	0.88	1.69	0.83
2	639	30317	0.64	0.49	0.36	0.50
2	640	30222	-0.63	-0.56	-0.59	-0.59
2	644	30309	1.65	0.91	0.52	1.03
2	644	30321	1.00	0.73	0.53	0.75
2	657	30315	2.21	1.50	1.01	1.57
2	658	30168	2.94	3.15	3.04	3.04
2	664	30191	-2.95	-1.79	-0.71	-1.82
2	676	30201	0.06	-0.29	-0.36	-0.20

Tabel E.2 Klassificering i nedbørsklasse 2: Intensiteter med varigheder på 1-12 timer. Skravering angiver stationer, der ligger over 97.5% fraktilen ($U = 2$) eller under 2.5% fraktilen ($U = -2$).

Region	ÅMN [mm]	Station nr.	$1 \leq T \leq 5$	$5 \leq T \leq 20$	$20 \leq T \leq 100$	Middel
1	628	20304	2.58	3.77	4.51	3.62
1	631	20099	3.03	4.37	5.39	4.26
1	644	20097	4.40	5.15	5.44	4.99
1	646	22321	0.42	-0.96	-1.62	-0.72
1	648	28184	-2.23	-2.40	-2.11	-2.24
1	655	20211	1.78	2.07	2.04	1.96
1	656	22554	0.59	1.05	1.44	1.03
1	657	28186	-1.13	-1.15	-0.87	-1.05
1	661	22361	0.44	-0.25	-0.64	-0.15
1	665	28183	0.44	1.86	3.29	1.86
1	668	26481	-0.47	-0.77	-0.85	-0.70
1	669	28453	-2.06	-1.75	-1.26	-1.69
1	670	28181	-0.42	-0.51	-0.38	-0.43
1	696	23127	-1.06	-1.34	-1.36	-1.25
1	711	20461	-0.04	-0.25	-0.32	-0.20
1	711	23294	-1.46	-0.90	-0.30	-0.88
1	719	22421	-1.29	-0.28	0.66	-0.30
1	767	23321	-0.06	0.01	0.14	0.03
1	775	25171	-0.39	-0.56	-0.65	-0.53
1	789	23261	-0.19	-0.42	-0.42	-0.34
1	789	26091	-0.95	-0.66	-0.37	-0.66
1	813	23345	0.12	-0.60	-0.88	-0.45
1	818	26376	0.54	0.24	0.27	0.35
1	827	24292	-0.17	0.93	2.02	0.93
2	515	29009	-0.34	0.74	1.62	0.67
2	522	32097	0.86	0.88	1.14	0.96
2	525	29429	0.45	-0.53	-1.31	-0.46
2	543	31031	-0.40	-0.28	-0.10	-0.26
2	551	29041	-0.32	-0.44	-0.55	-0.44
2	556	30353	-0.42	-0.43	-0.45	-0.43
2	563	31401	-1.02	-1.10	-0.80	-0.98
2	574	30351	0.79	1.02	1.17	0.99
2	574	30352	-1.20	-0.97	-0.65	-0.94
2	576	30348	2.67	1.48	0.59	1.58
2	578	31151	0.61	-0.68	-1.40	-0.49
2	580	30411	-0.13	-0.78	-1.17	-0.69
2	587	30451	1.42	1.57	1.47	1.49
2	593	30313	0.74	1.12	1.30	1.05
2	596	29354	0.65	1.25	1.77	1.23
2	597	31231	-1.16	-1.36	-1.38	-1.30
2	598	30131	-0.40	-1.94	-2.57	-1.64
2	600	31511	0.04	-0.69	-1.00	-0.55

Region	ÅMN [mm]	Station nr.	$1 \leq T \leq 5$	$5 \leq T \leq 20$	$20 \leq T \leq 100$	Middel
2	603	30211	-0.50	-0.88	-1.05	-0.81
2	608	30312	-1.26	-1.91	-2.01	-1.73
2	609	30395	0.17	1.42	2.46	1.35
2	610	30311	-0.12	-0.32	-0.37	-0.27
2	610	30325	0.50	0.11	-0.11	0.17
2	612	30316	-0.32	-0.67	-0.80	-0.60
2	613	30386	-0.29	-1.13	-1.43	-0.95
2	616	30326	0.94	0.97	1.35	1.09
2	617	30314	0.83	0.71	0.51	0.68
2	618	30031	-0.53	-0.91	-1.02	-0.82
2	619	30208	1.18	1.54	1.77	1.50
2	622	30318	1.08	0.34	-0.14	0.42
2	630	30384	-0.42	-1.11	-1.44	-0.99
2	633	30381	2.39	1.67	1.26	1.78
2	635	30319	0.45	0.55	0.56	0.52
2	638	30221	0.95	0.78	0.38	0.70
2	639	30317	0.84	0.32	-0.14	0.34
2	640	30222	-0.37	-0.38	-0.37	-0.37
2	644	30309	1.19	0.09	-0.58	0.23
2	644	30321	1.13	0.57	0.03	0.57
2	657	30315	2.76	2.70	2.53	2.66
2	658	30168	2.61	2.94	3.02	2.86
2	664	30191	-1.82	-0.76	0.14	-0.81
2	676	30201	0.49	0.00	-0.20	0.10

Tabel E.3. Klassificering i nedbørsklasse 3: Intensiteter med varigheder over 12 timer samt bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal. Skravering angiver stationer, der ligger over 97.5% fraktilen ($U = 2$) eller under 2.5% fraktilen ($U = -2$).

Region	ÅMN [mm]	Station nr.	$1 \leq T \leq 5$	$5 \leq T \leq 20$	$20 \leq T \leq 100$	Middel
1	628	20304	2.54	3.23	3.61	3.13
1	631	20099	3.07	3.73	4.22	3.67
1	644	20097	3.36	4.19	4.85	4.13
1	646	22321	-0.07	-1.23	-1.63	-0.98
1	648	28184	-1.94	-1.85	-1.57	-1.79
1	655	20211	1.07	1.30	1.40	1.26
1	656	22554	0.48	0.08	-0.23	0.11
1	657	28186	-0.84	-0.63	-0.35	-0.61
1	661	22361	0.84	-0.13	-0.66	0.02
1	665	28183	-0.31	0.80	1.84	0.78
1	668	26481	-0.57	-1.11	-1.34	-1.01
1	669	28453	-2.43	-1.76	-1.12	-1.77
1	670	28181	-0.26	-0.25	-0.17	-0.23
1	696	23127	-1.24	-1.61	-1.66	-1.50
1	711	20461	0.06	0.47	0.79	0.44
1	711	23294	-1.81	-1.43	-0.98	-1.41
1	719	22421	-0.26	0.30	0.67	0.24
1	767	23321	-0.37	-0.47	-0.32	-0.39
1	775	25171	-0.32	-0.23	-0.29	-0.28
1	789	23261	-0.14	-0.73	-0.93	-0.60
1	789	26091	-0.65	-0.26	0.00	-0.30
1	813	23345	0.30	-0.32	-0.57	-0.20
1	818	26376	-0.33	-1.00	-1.13	-0.82
1	827	24292	0.53	0.27	0.17	0.32
2	515	29009	-1.41	-0.66	0.70	-0.46
2	522	32097	1.05	0.45	0.13	0.54
2	525	29429	-0.03	-0.23	-0.24	-0.16
2	543	31031	0.42	0.69	0.94	0.68
2	551	29041	-0.07	0.05	0.12	0.03
2	556	30353	-0.57	-0.48	-0.44	-0.50
2	563	31401	-1.12	-0.73	-0.08	-0.64
2	574	30351	0.40	0.45	0.46	0.44
2	574	30352	-0.88	-0.43	0.00	-0.44
2	576	30348	0.43	-0.55	-0.89	-0.34
2	578	31151	0.11	-0.55	-0.80	-0.41
2	580	30411	-0.23	-0.31	-0.24	-0.26
2	587	30451	1.17	1.41	1.59	1.39
2	593	30313	0.34	0.42	0.46	0.41
2	596	29354	-0.68	-1.14	-1.31	-1.04
2	597	31231	-1.12	-0.48	0.17	-0.47
2	598	30131	-0.99	-1.34	-1.45	-1.26

Region	ÅMN [mm]	Station nr.	$1 \leq T \leq 5$	$5 \leq T \leq 20$	$20 \leq T \leq 100$	Middel
2	600	31511	-0.42	-0.84	-0.86	-0.71
2	603	30211	0.16	1.07	1.97	1.07
2	608	30312	-0.69	-0.53	-0.24	-0.49
2	609	30395	-0.29	-0.41	-0.43	-0.38
2	610	30311	0.91	0.97	0.95	0.94
2	610	30325	-0.58	-0.85	-0.74	-0.72
2	612	30316	-0.05	0.08	0.16	0.06
2	613	30386	-0.85	-1.18	-1.11	-1.05
2	616	30326	0.00	-0.76	-1.00	-0.59
2	617	30314	0.52	0.78	0.92	0.74
2	618	30031	-0.35	-0.62	-0.68	-0.55
2	619	30208	0.30	-0.02	-0.06	0.07
2	622	30318	0.90	0.56	0.35	0.60
2	630	30384	0.21	-0.25	-0.47	-0.17
2	633	30381	1.31	1.00	1.06	1.12
2	635	30319	0.39	0.76	0.91	0.69
2	638	30221	0.65	0.99	1.29	0.98
2	639	30317	0.86	0.56	0.31	0.58
2	640	30222	-0.41	-0.25	-0.13	-0.26
2	644	30309	-0.25	-1.00	-1.22	-0.82
2	644	30321	0.72	0.57	0.38	0.56
2	657	30315	2.19	2.69	3.18	2.69
2	658	30168	1.29	1.92	2.64	1.95
2	664	30191	-0.89	-0.16	0.35	-0.24
2	676	30201	0.26	-0.28	-0.48	-0.17

Bilag F Økonomiske bidragydere

Følgende har ydet økonomisk bidrag til bearbejdningen af regndata og den efterfølgende udarbejdelse af skriftet.

Ballerup Kommune

Dansk Byggeri, Afløbsfraktionen

Esbjerg Kommune

Gladsaxe Kommune

Herlev Kommune

Hillerød Kommune

Hørsholm Kommune

Karlebo Kommune

Københavns Energi

Odense Vandselskab

Randers Kommune

Silkeborg Kommune

Slagelse Kommune

Søllerød Kommune

Århus Kommune

Spildevandskomiteen, Styregruppen for regnmålersystemet

Spildevandskomiteen