

Regneark til bestemmelse af CDS regn

Teknisk dokumentation og brugervejledning
Version 1.2

Henrik Madsen

Juni 2000

Institut for Strømningsmekanik og Vandressourcer
Institut for Miljøteknologi
Danmarks Tekniske Universitet

Dette er en netpublikation, der kan downloades fra
<http://www.imt.dtu.dk/publications/fulltext/2000/imt2000-058.pdf>

Udgivet af:

Institut for Miljøteknologi
Danmarks Tekniske Universitet
Bygning 115
2800 Kongens Lyngby
Tlf.: 4525 1610
Fax.: 4593 2850
E-mail: biblioteket@imt.dtu.dk

i samarbejde med:

Institut for Strømningsmekanik og Vandressourcer
Danmarks Tekniske Universitet
Bygning 115
2800 Kongens Lyngby
Tlf.: 4525 1400
Fax.: 4593 2860

1. Indledning

I forbindelse med udgivelse af Spildevandskomiteens skrift nr. 26 om regional variation af ekstremregn i Danmark (Ref. /3/) er der udarbejdet et regneark til bestemmelse af CDS regn på basis af regionalt estimerede IDF kurver. Regnearket **Regional CDS Ver_1.2.xls** samt nærværende tekniske dokumentation og brugervejledning gøres offentlig tilgængelig via Internettet, se <http://www.imt.dtu.dk/projects/svk26>.

Programmet benytter regninformation i form af regionale regnkurver, der kan estimeres på en arbitrær lokalitet i Danmark, hvor årsmiddelnedbøren og det subregionale tilhørsforhold (*Danmark udenfor København, København Øst* eller *København Vest*) er kendt. En beskrivelse af den regionale estimationsmodel kan findes i /3/. For en mere detaljeret beskrivelse af den regionale model og den grundlæggende statistiske analyse, der ligger til grund for modellen henvises til den tekniske baggrundsrapport, der er udgivet i forbindelse med skriftet (Ref. /2/).

I det følgende gives en beskrivelse af beregningsproceduren, der ligger til grund for regnearket. Dernæst gives en vejledning til brug af regnearket, der beskriver det nødvendige input samt det beregnede output fra programmet.

2. Beregningsprocedure

2.1 Konstruktion af CDS regn

Metoden til konstruktion af CDS regn, der beskrives i det følgende, følger i store træk principperne introduceret af Keifer & Chu (Ref. /1/). Det skal dog bemærkes, at der her benyttes en lidt anderledes parameterisering af regnkurven end i /1/, og at der tillige introduceres en diskretiseret udgave af CDS regnen.

CDS regn er en syntetisk design hyetograf, der er baseret på maksimum middelintensiteter af regn for forskellige varigheder som beskrevet ved en regnkurve. Hyetografen er fastlagt ved, at den integrerede nedbørsmængde for en given varighed t , målt ud fra tidspunktet hvor maksimum intensiteten optræder, er lig med regndybden af regnkurven svarende til varigheden t . Dvs. CDS regn indeholder for en valgt gentagelsesperiode information om maksimale middelintensiteter for et interval af varigheder og samler derved information fra en hel regnkurve i en enkelt dimensioneringsregn.

Til konstruktion af CDS regn benyttes følgende generelle parameterisering af regnkurven

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

hvor $i_m(t)$ er middelintensiteten over varigheden t . Parameteren $\alpha > 0$ bestemmer det generelle niveau og afhænger af den betragtede gentagelsesperiode. Parameteren ν ($0 < \nu < 1$) angiver hældningen af regnkurven i et dobbelt logaritmisk plot ($\ln[i_m(t)] = \ln[\alpha] - \nu \ln[t + \theta]$). Parameteren $\theta \geq 0$ er en formparameter, der giver en krumning på regnkurven for små varigheder. Ofte ses en to-parameter udgave af (1) hvor $\theta = 0$, dvs. regnkurven er en ret linie i en dobbelt logaritmisk afbildning.

En kontinuert CDS regn kan udledes af (1) på følgende vis. Antages først at den maksimale intensitet optræder i starten af regnhændelsen, kan CDS regnens intensitet $i(t)$ bestemmes ved differentiation af den akkumulerede nedbørsmængde $P(t) = t i_m(t)$ fra regnkurven, dvs.

$$i(t) = \frac{d}{dt}(t\alpha[t + \theta]^{-\nu}) = \alpha(t + \theta)^{-\nu-1}[(1-\nu)t + \theta] \quad (2)$$

For konstruktion af en CDS regn, hvor den maksimale intensitet kan forekomme på et vilkårligt tidspunkt under regnhændelsen, introduceres parameteren r som forholdet mellem tiden fra regnhændelsens start indtil den maksimale intensitet forekommer t_p og den totale varighed af hændelsen t_d

$$r = \frac{t_p}{t_d} \quad (3)$$

En CDS regn hvor den maksimale intensitet er i starten af regnhændelsen med efterfølgende faldende intensitet svarer til $r = 0$ med intensitetsforløb givet ved (2). Tilsvarende svarer $r = 1$ til en CDS regn, hvor intensiteten er støt stigende og topper til slut. For $r = 1/2$ fås en CDS regn, der er symmetrisk omkring topintensiteten. Parameteren r benævnes i det følgende asymmetrikoefficienten.

Intensiteten for en CDS regn med vilkårlig asymmetrikoefficient $0 \leq r \leq 1$ kan udledes af (2). Til dette defineres en tidsakse med 0-punkt ved den maksimale intensitet. Tiden før intensitetstoppen t_b måles fra 0-punktet mod venstre, mens tiden efter intensitetstoppen t_a måles fra 0-punktet mod højre (se Figur 1). Idet $t_b = rt_d$, bestemmes intensitetsforløbet før intensitetstoppen ved substitution af $t = t_b/r$ i (2)

$$i(t_b) = \alpha \left(\frac{t_b}{r} + \theta \right)^{-\nu-1} \left[(1-\nu) \frac{t_b}{r} + \theta \right] \quad (4)$$

Idet $t_a = (1-r)t_d$, bestemmes på tilsvarende vis intensitetsforløbet efter intensitetstoppen ved substitution af $t = t_a/(1-r)$ i (2)

$$i(t_a) = \alpha \left(\frac{t_a}{1-r} + \theta \right)^{-\nu-1} \left[(1-\nu) \frac{t_a}{1-r} + \theta \right] \quad (5)$$

Et eksempel på en kontinuert CDS regn bestemt ved (4)-(5) er vist i Figur 1.

Til brug i praksis, hvor CDS regn bruges som inddata til en hydrologisk model, benyttes en diskretiseret udgave af (4)-(5). Intensiteten ved intensitetstoppen fås direkte af (1)

$$i_0 = i_m(\Delta t) = \alpha(\Delta t + \theta)^{-\nu} \quad (6)$$

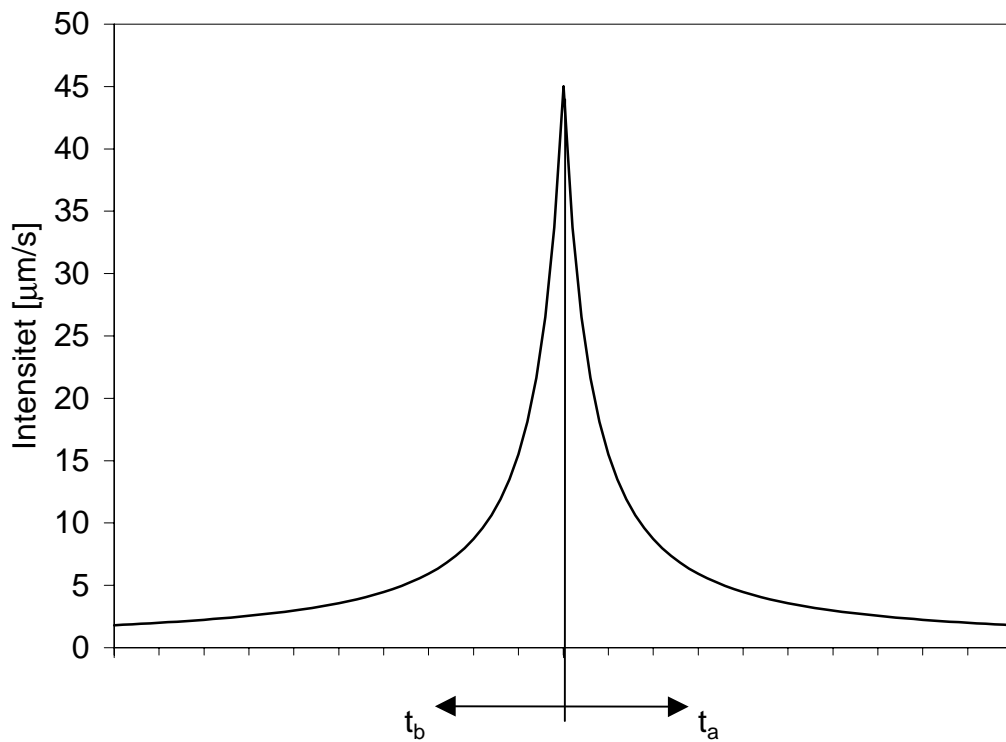
hvor Δt er den benyttede tidsdiskretisering. Intensitetsforløbet for den diskretiserede CDS regn før og efter intensitetstoppen bestemmes ved successiv integration af (4)-(5) over tiden Δt . Intensiteten i tidsskridtet k_b før topintensiteten (k_b måles positiv mod venstre fra topintensiteten, se Figur 2) er givet ved

$$i_{k_b} = \alpha \left[\left(\frac{r+k_b}{r} \Delta t + \theta \right)^{-v} (r+k_b) - \left(\frac{r+k_b-1}{r} \Delta t + \theta \right)^{-v} (r+k_b-1) \right] \quad (7)$$

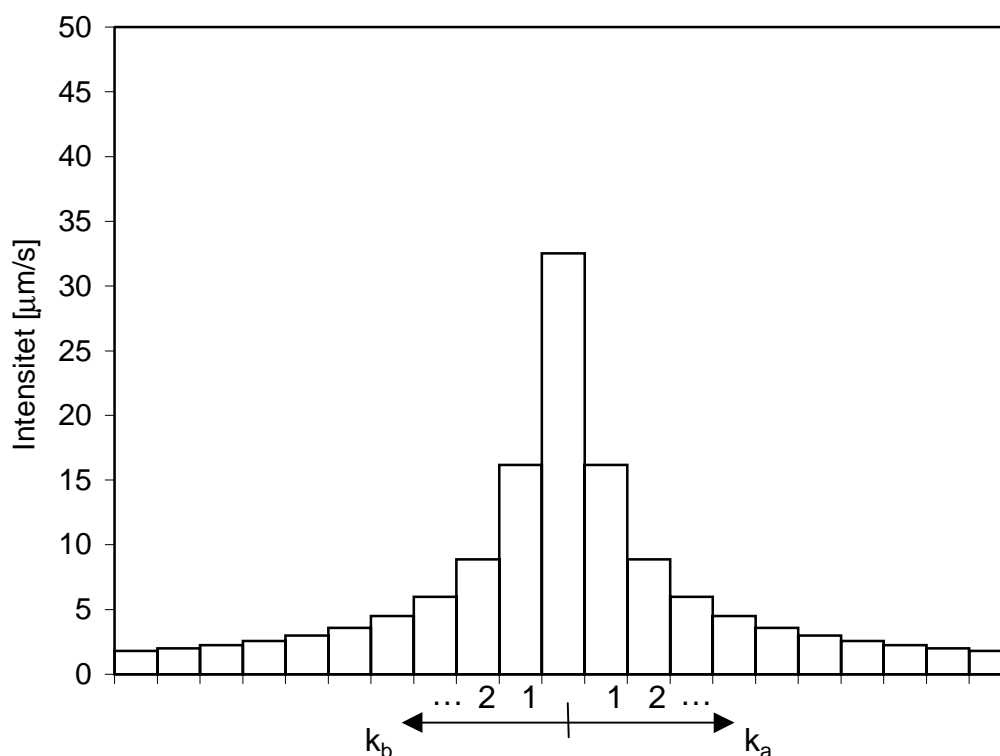
Intensiteten i tidsskridtet k_a efter topintensiteten (k_a måles positiv mod højre fra topintensiteten, se Figur 2) er givet ved

$$i_{k_a} = \alpha \left[\left(\frac{1-r+k_a}{1-r} \Delta t + \theta \right)^{-v} (1-r+k_a) - \left(\frac{k_a-r}{1-r} \Delta t + \theta \right)^{-v} (k_a-r) \right] \quad (8)$$

En diskretiseret udgave af CDS regnen i Figur 1 er vist i Figur 2.



Figur 1 Kontinuert CDS regn med asymmetrikoefficient $r = 1/2$. t_b og t_a angiver tidsakser til bestemmelse af intensitetsforløbet henholdsvis før og efter intensitetstoppen ved brug af (4)-(5).



Figur 2 Diskret udgave af CDS regnen vist i Figur 1. k_b og k_a angiver antal tidsskridt henholdsvis før og efter intensitetstoppen til bestemmelse af intensitetsforløbet ved brug af (7)-(8).

2.2 CDS regn bestemt ved brug af regionale regnkurver

Regnearket benytter de regionaliserede regnkurver til bestemmelse af CDS regn for givne designkriterier. Følgende beregningsgang benyttes:

1. Designkriterierne fastsættes, dvs. gentagelsesperioden T og det ønskede konfidensniveau fastlagt ved frekvensfaktoren f , jvf. (9) nedenfor.
2. Et regionalt estimat af regnkurven og tilhørende usikkerhed bestemmes på den pågældende lokalitet ud fra årsmiddelnedbøren og den subregionale placering (*Danmark udenfor København, København Øst eller København Vest*). For hver af de betragtede varigheder 10, 30 og 60 min. samt 3, 6, 12, 24 og 48 timer beregnes designintensiteten som

$$\hat{i}_{DIM} = \hat{i}_T + fS\{\hat{i}_T\} \quad (9)$$

hvor \hat{i}_T er det regionale estimat af T -års intensiteten og $S\{\hat{i}_T\}$ er prediktionsusikkerheden.

3. Til parameterisering af de regionale regnkurver fastsættes formparameteren θ . De to øvrige parametre α og ν bestemmes derefter ved lineær regression.
4. CDS parametrene fastsættes, dvs. asymmetrikoeficienten r , tidsskridtet Δt og regnens varighed t_d .
5. CDS regnen bestemmes af (7)-(8).

3. Input

Input til beregningerne indtastes i arket **Beregn**, se Figur 1.

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled 'Regional CDS ver. 1.2.xls'. The spreadsheet is divided into three main sections: 'Regnkurve karakteristika', 'CDS karakteristika', and 'Design regnkurve' / 'CDS regn'.

Regnkurve karakteristika

Årsnedbørshøjde (mm)	800
Region	0
Område C/K = 0	
København (by) = 1	
København Vest = 2	
Gentagne regnperiode (h)	10
Frekvensfaktor	1
Formparameter	2

CDS karakteristika

Større væghed (mm)	130
Tidskræft (min)	1
Asymmetri koefficient	0.5

Design regnkurve

Varighed (min)	z_1 (mm/s)	$S(z)$ (mm/s)	$z+H(z)$ (mm/s)	Regression (mm/s)
10	17.90	0.88	18.78	18.19
30	9.26	0.53	9.79	9.57
60	6.60	0.32	6.92	6.99
180	2.63	0.16	2.79	2.79
360	1.65	0.11	1.76	1.71
720	0.99	0.07	1.06	1.06
1440	0.58	0.04	0.62	0.64
2880	0.35	0.04	0.39	0.39

CDS regn

Tid (min)	Intensitet (mm/h)
0	1.119108
1	1.133035
2	1.147386
3	1.162181
4	1.177443
5	1.193196
6	1.209484
7	1.226276
8	1.243661
9	1.261649
10	1.280276
11	1.299575
12	1.319588
13	1.340368
14	1.361933
15	1.384354

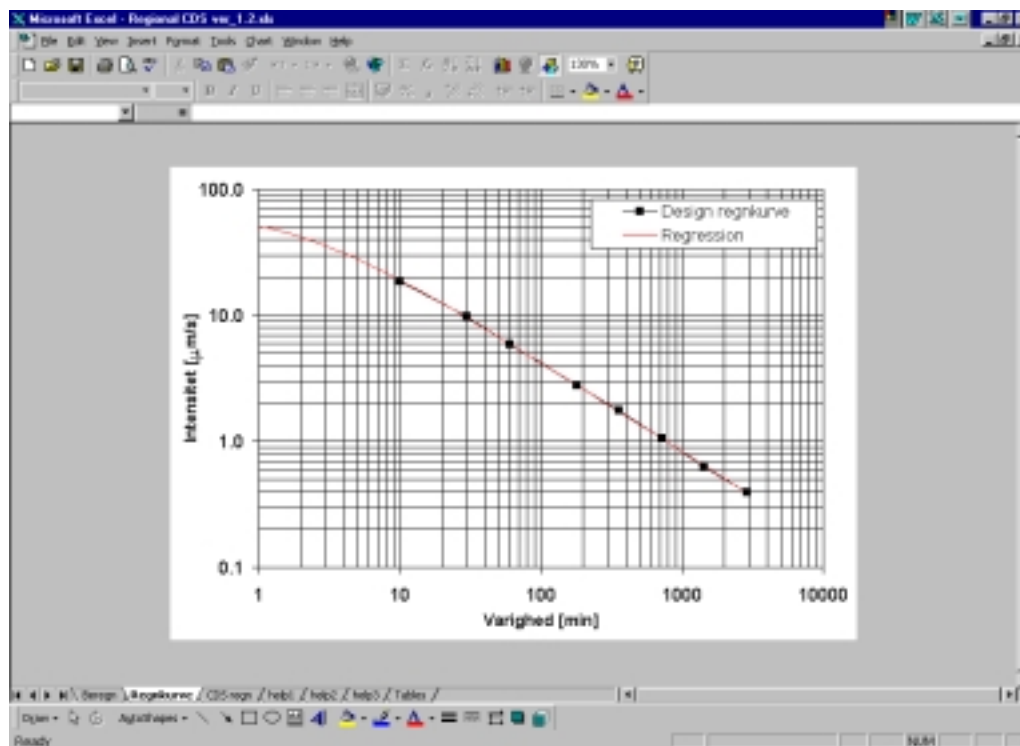
Plots af CDS regn:
Tilgængeligt i SERIEL 3 i CDS regn
til at plottes fra H16 til H135

Figur 1 Input til regnearket. I arket vises den beregnede design regnkurve og tilhørende CDS regn.

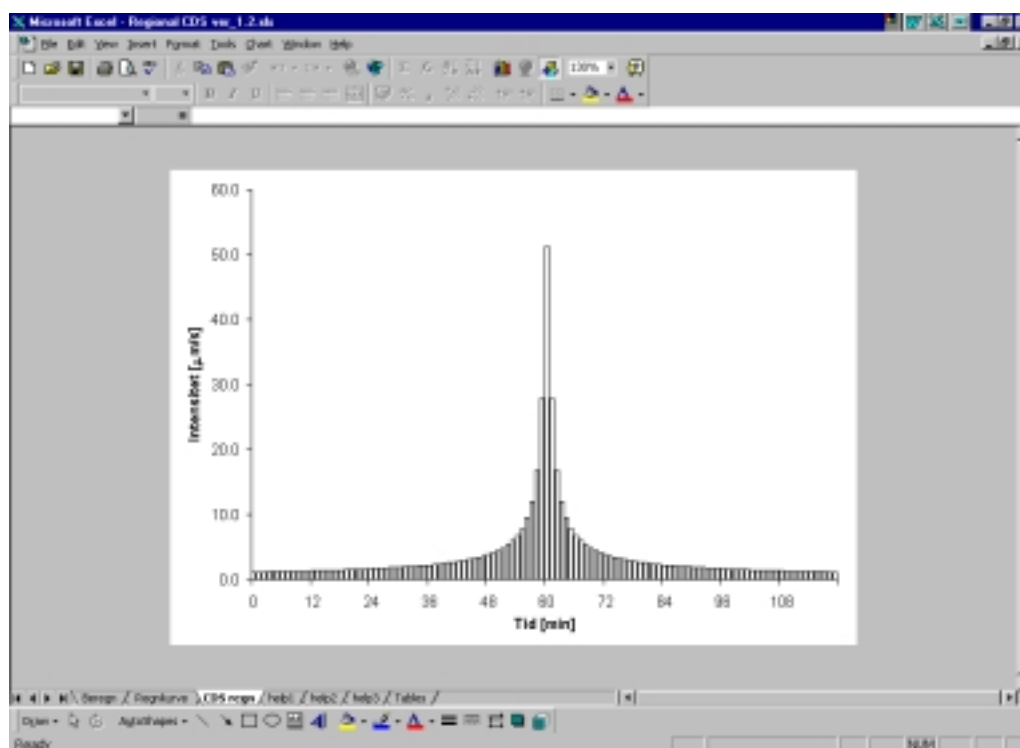
Årsmiddelnedbør og sub-regional placering for de 41 analyserede stationer er indtastet som scenarier og kan vises ved brug af scenarie funktionen under menuen **Funktioner** (Tools).

4. Output

I arket **Beregn** vises den beregnede regionale design regnkurve svarende til den givne gentagelsesperiode og frekvensfaktor samt den beregnede CDS regn, se Figur 1. Plots af design regnkurve og CDS regn vises henholdsvis i arkene **Regnkurve** og **CDS regn**, se Figur 2-3.



Figur 2 Den beregnede regionale design regnkurve.



Figur 3 Den beregnede CDS regn.

5. Referencer

- /1/Keifer, C.J. & Chu, H.H. (1957) Synthetic storm pattern for drainage design, Journal of Hydraulic Division, ASCE, Hy 4, 1332-1 – 1332-25.
- /2/Madsen, H. (1998) Ekstremregn i Danmark, Statistisk bearbejdning af nedbørsdata fra Spildevandskomiteens Regnmålersystem 1979-96, Institut for Strømningsmekanik og Vandressourcer og Institut for Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet. <http://www.imt.dtu.dk/publications/fulltext/1998/imt1998-173.pdf>.
- /3/SVK (1999) Regional variation af ekstremregn, Dansk Ingeniørforening, Spildevandskomiteen, Skrift nr. 26.