

DANMARKS METEOROLOGISKE INSTITUT
TEKNISK RAPPORT

01-09

Korrektion for fejlkilder på måling af nedbør

Korrektionsprocenter ved udvalgte stationer i 2000

**Flemming Vejen
Henning Madsen
Peter Allerup**



Copenhagen 2001

ISSN 0906-897X (printed version)
ISSN 1399-1388 (online version)

Indholdsfortegnelse

1. Indledning.....	2
1.1 Formål	2
2. Metode til produktion af månedskorrektionsfaktor.....	3
2.1 Kort oversigt over beregningsmetode	3
2.2 Læforholdenes betydning for nedbørmåling	5
2.3 Korrektion hvis V, T og I er udenfor gyldighedsområde for model.....	6
2.4 Beregning af månedskorrektionsfaktor	6
2.5 Den praktiske beregning af korrektionen	6
2.6 Usikkerhed	8
2.6.1 Usikkerhed på månedskorrektion.....	9
3. Korrektionsprocenter for 2000	11
3.1 Kontrol af korrektionsprocenter	14
3.2 Usikkerhed	14
4. Konklusion	16
5. Referenceliste	17

1. Indledning

1.1 Formål

Der er et praktisk behov for at korrigere nedbørmålinger i Danmark, både aktuelle og historiske data, såvel på daglig som på månedlig basis. Rapporten indeholder månedlige korrektionsprocenter og andel af nedbør faldet som sne for 2000. Disse korrektionsprocenter er beregnet for tre forskellige grader af læ: velbeskyttede, moderat beskyttede og ubeskyttede stationer (såkaldte A-, B- og C-stationer). Endvidere er der en kort gennemgang af, hvordan korrektionerne er beregnet.

Idet nedbørmålinger i Danmark i hovedsagen bliver udført med “den danske Hellmann måler uden skærm”, gælder korrektionsprocenterne for denne måler.

2. Metode til produktion af månedskorrektionsfaktor

2.1 Kort oversigt over beregningsmetode

Der bliver benyttet en generel model til korrektion af nedbørmålinger for den fejl, der skyldes vindens påvirkning. Modellen er sammensat af to dele: et led der korrigerer flydende nedbør og et led, der tager sig af fast nedbør. Korrektionsfaktoren, som er raten af sand nedbør i forhold til målt nedbør, er givet ved (Allerup, Madsen og Vejen, 1997):

$$k_{\alpha} = \alpha \cdot e^{\beta_0 + \beta_1 V + \beta_2 T + \beta_3 V \cdot T} + (1 - \alpha) \cdot e^{\gamma_0 + \gamma_1 V + \gamma_2 \log I + \gamma_3 V \log I} = \alpha \cdot k_s(V, T) + (1 - \alpha) \cdot k_r(V, I) \quad (1)$$

- V = middelværdi under nedbør af vindhastighed (m/sek) i nedbørmålerens højde
 T = middelværdi under nedbør af temperatur (°C) i nedbørmålerens højde
 I = regnintensitet (mm/time)
 α = fraktion af nedbøren faldet som sne
 k_s = korrektionsfaktor for nedbør faldet som sne
 k_r = korrektionsfaktor for nedbør faldet som regn
 β = empiriske konstanter for snedelen (se tabel 2.1)
 γ = empiriske konstanter for regndelen (se tabel 2.1)

Type	intercept	vind	temp/intensitet	produkt
fast nedbør	β_0 0.04587	β_1 0.23677	β_2 0.017979	β_3 -0.015407
regn	γ_0 0.007697	γ_1 0.034331	γ_2 -0.00101	γ_3 -0.012177

Tabel 2.1. Koefficienter i korrektionsmodellen for fast (Allerup, Madsen og Vejen, 1997) og flydende nedbør (Allerup og Madsen, 1980) gældende for den danske Hellmann-måler uden skærm.

Modellen gælder for følgende intervaller:

- Vindhastighed: $1 \leq V \leq 7$ m/sek for fast nedbør, $0 \leq V \leq 15$ m/sek for flydende nedbør.
- Temperatur : $T \geq -12^\circ\text{C}$.
- Regnintensitet: $0 \leq I \leq 15$ mm/time.

Ved lave værdier af V og T for delmodellen for sne bliver korrektionsfaktoren estimeret en anelse mindre end 1.00. Da vindeffekten ved så lave vindhastigheder stort set er fraværende, sættes k_s til værdien 1.00, hvis den faktisk er estimeret til < 1 i beregningerne. Tabel 2.2 viser korrektionsfaktorens størrelse ved forskellige værdier af V, T, I og α .

Der bliver også korrigeret for wetting. Størrelsen af wettingtabet for den danske Hellmann måler ses i tabel 2.3. Det forholdsvis store wettingtab november til april skyldes, at nedbørmåleren er forsynet med et snekors. Fordampningstabet er ubetydeligt jfr. tabel 2.4, og der bliver ikke korrigeret for dette tab.

Modellen for flydende nedbør blev udledt på basis af nedbørmålinger, som var influeret af wetting. For fast nedbør blev modellen imidlertid udledt ud fra vejede nedbørmængder,

hvorved wetting omtrent kunne negligeres. Det betyder i praksis, at for flydende nedbør skal wettingtabet w ikke korrigeres, fordi korrektionen herfor allerede indgår i det empiriske udtryk. Den korrigerede nedbørmængde P_c for $\alpha=0.0$ bliver da:

$$P_c = k_r \cdot P_m + w_r \quad (2)$$

hvor P_m er den målte nedbørmængde og w_r er wettingmængden for regn. For fast nedbør ved $\alpha=1.0$ indgår wettingtabet w_s derimod ikke i det empiriske udtryk, så wettingtabet skal også korrigeres:

$$P_c = k_s \cdot (P_m + w_s) \quad (3)$$

For blandet nedbør ved $0 < \alpha < 1$ fås den korrigerede nedbør af:

$$P_c = (1 - \alpha)(k_r P_m + w_r) + \alpha k_s (P_m + w_s) \quad (4)$$

I	T	$\alpha=0.00$		$\alpha=0.20$		$\alpha=0.50$		$\alpha=0.80$		$\alpha=1.00$	
		V=3	V=6	V=3	V=6	V=3	V=6	V=3	V=6	V=3	V=6
1	0	1.12	1.24	1.32	1.86	1.62	2.79	1.93	3.71	2.13	4.33
3	0	1.07	1.14	1.28	1.78	1.60	2.74	1.92	3.70	2.13	4.33
5	0	1.05	1.10	1.27	1.75	1.59	2.72	1.91	3.69	2.13	4.33
1	-2	1.12	1.24	1.34	2.00	1.69	3.13	2.03	4.27	2.25	5.03
3	-2	1.07	1.14	1.31	1.92	1.66	3.09	2.02	4.25	2.25	5.03
5	-2	1.05	1.10	1.29	1.89	1.65	3.06	2.01	4.24	2.25	5.03
1	-4	1.12	1.24	1.37	2.16	1.75	3.54	2.13	4.92	2.38	5.84
3	-4	1.07	1.14	1.33	2.08	1.73	3.49	2.12	4.90	2.38	5.84
5	-4	1.05	1.10	1.32	2.05	1.72	3.47	2.12	4.89	2.38	5.84
1	-6	1.12	1.24	1.40	2.35	1.82	4.01	2.24	5.67	2.52	6.78
3	-6	1.07	1.14	1.36	2.27	1.80	3.96	2.23	5.65	2.52	6.78
5	-6	1.05	1.10	1.35	2.23	1.79	3.94	2.23	5.64	2.52	6.78

Tabel 2.2. Korrektionsfaktorer k_α for udvalgte værdier af V =middelvindhastighed (m/sek) under nedbør i målerhøjde, T =middeltemperatur ($^{\circ}C$) under nedbør, I =regnintensitet (mm/time), og α =fraktion fast nedbør. Tallene gælder for den danske Hellmann måler uden skærm.

wettingtab	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
flydende nedbør	0.16	0.18	0.25	0.33	0.23	0.25	0.25	0.23	0.20	0.16	0.22	0.17
blandet nedbør	0.17	0.19	0.27	0.35	0.24	0.27	0.27	0.24	0.21	0.17	0.23	0.18
fast nedbør	0.12	0.14	0.19	0.25	0.17	0.19	0.19	0.17	0.15	0.12	0.17	0.13

Tabel 2.3. Wettingtab i mm pr. nedbørdøgn for en Hellmann måler (Allerup og Madsen, 1979, 1980, Elomaa, FMI (Finnish Meteorological Institute), pers. komm.).

Fordampningstab	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
pr. nedbørdøgn	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00

Tabel 2.4. Fordampningstab i mm pr. nedbørdøgn for en Hellmann måler (Allerup og Madsen, 1979).

I den generelle korrektionsmodel er blandet nedbør defineret som nedbør, der henover en måleperiode er faldet som både regn og sne og/eller slud. Slud bliver i denne sammenhæng betragtet som lige dele af regn og sne, og som følge deraf indgår wetting for blandet nedbør i tabel 2.3 ikke i korrektionen. Det er rimeligt, da nedbøren i hændelser med blandet nedbør oftere falder som sne og regn end som egentlig slud.

2.2 Læforholdenes betydning for nedbørmåling

Den målte vindhastighed bliver korrigeret for effekten af læ, inden den benyttes i korrektionsmodellen (Førland et al., 1996). Vindhastighed V bliver reduceret med en lækorrektionsfaktor λ (Sevruk, 1988):

$$\lambda = 1 - c \cdot \eta \quad (5)$$

hvor η er højdevinklen for lægiveren målt i grader, og $c=0.018$ (Vejen, Allerup og Madsen, 1998). Højdevinklen er vinklen mellem horisontalplanen og sigtelinien mellem nedbørmålerens øverste kant i 1.5m højde og overkanten af lægiveren, der kan være træer, bygninger o.lign. Da højdevinklen har forskellige værdier rundt om nedbørmåleren, fås et mere repræsentativt mål for læforholdene ved at bestemme en vægtet middelhøjdevinkel η :

$$\eta = \sum_{i=1}^J \eta_i p_i \quad (6)$$

hvor η_i er højdevinklerne i $J=8$ retninger, som hver er blevet vægtet med standardværdier af vindhyppigheden under nedbør, p_i .

Vindretning	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
p_i	0.055	0.057	0.087	0.140	0.201	0.231	0.169	0.060

Tabel 2.5. Værdier af vægtningskoefficient p_i fundet ved analyser af vind- og nedbørobservationer 1963-1973 (Allerup og Madsen, 1979).

Nedbørstationer er klassificeret i forskellige læklasser, A, B, C og D (tabel 2.6), hvori nedbørmåleren er hhv. velbeskyttet, moderat beskyttet, ubeskyttet og overbeskyttet for vinden (Allerup og Madsen, 1979, Frich et al., 1997). Omkring 14% af de manuelle nedbørstationer står i åbent terræn (C-stationer), 59% står i moderat læ (B-stationer), mens 23% står velbeskyttede for vinden (A-stationer). Ved de resterende 4% er vegetationen lige akkurat blevet for høj, og målerne står for at blive flyttet hen, hvor der er mindre læ.

Læklasse	Benævnelse	Højdevinkel η
A	Velbeskyttet	$19^\circ < \eta \leq 30^\circ$
B	Moderat beskyttet	$5^\circ < \eta \leq 19^\circ$
C	Ubeskyttet	$0^\circ \leq \eta \leq 5^\circ$
D	Overbeskyttet	$\eta > 30^\circ$

Tabel 2.6. Definition af læklasser A, B, C og D.

2.3 Korrektion hvis V, T og I er udenfor gyldighedsområde for model

I døgn, hvor V, T eller I ligger udenfor de specificerede grænser, vil det være forkert både at udelade og inkludere data i beregning af en korrektionsfaktor. Det er specielt hvis V ligger over modelgrænserne, at resultaterne kan blive særdeles urealistiske. Derfor er der valgt at gøre det, der er mindst forkert. Hvis en af de styrende variable ligger udenfor modelintervallet, erstattes værdien med den nærmeste værdi i pågældende gyldighedsområde. Altså, hvis f.eks. $V > 7$ m/sek for sne, sættes $V = 7$ m/sek. Vel vidende at der her begås en fejl, er denne fejl oftest væsentlig mindre end hvis korrektionsfaktoren sættes til 1.00.

Det er dog forholdsvis sjældent, at der falder nedbør ved høje vindhastigheder, sne ved lave hhv. høje temperaturer og regn ved kraftig intensitet. I 2000 lå V indenfor modelgrænserne i 99.8% af døgn med nedbør, mens T opfyldte betingelserne i alle tilfælde.

2.4 Beregning af månedskorrektionsfaktor

Månedskorrektionsfaktoren $k_{m\text{dr}}$ beregnes ved at vægte den daglige korrektionsfaktor $k_{\alpha(d)}$ med nedbørmængden $P_{m(d)}$ for hvert døgn d henover alle døgn D i måneden:

$$k_{m\text{dr}} = \frac{\sum_{d=1}^D \left((1 - \alpha) \cdot [k_{r(d)} P_{m(d)} + w_{r(d)}] + \alpha \cdot k_{s(d)} [P_{m(d)} + w_{s(d)}] \right)}{\sum_{d=1}^D P_{m(d)}} \quad (7)$$

hvor $w_{s(d)}$ og $w_{r(d)}$ er døgnets wettingmængde for hhv. sne og regn. Udtrykket beskriver blot, at wettingmængden bliver korrigeret, når nedbøren har været sne, men forbliver ukorrigeret for regn. Der står egentlig ikke andet, end at månedskorrektionsfaktoren er givet ved forholdet mellem korrigeret og ukorrigeret månedlig nedbørsum, $k_{m\text{dr}} = \sum P_c / \sum P_m$.

Ved at vægte med den daglige nedbørmængde opnås et realistisk billede af den korrigerede månedsværdi, og det undgås, at store korrektionsfaktorer ved meget små nedbørmængder får for stor indflydelse på månedsresultatet. Ved små nedbørmængder får wetting forholdsvis stor betydning for det pågældende døgn korrektionsfaktor, og for meget tørre måneder bliver månedskorrektionsfaktoren forholdsvis stor.

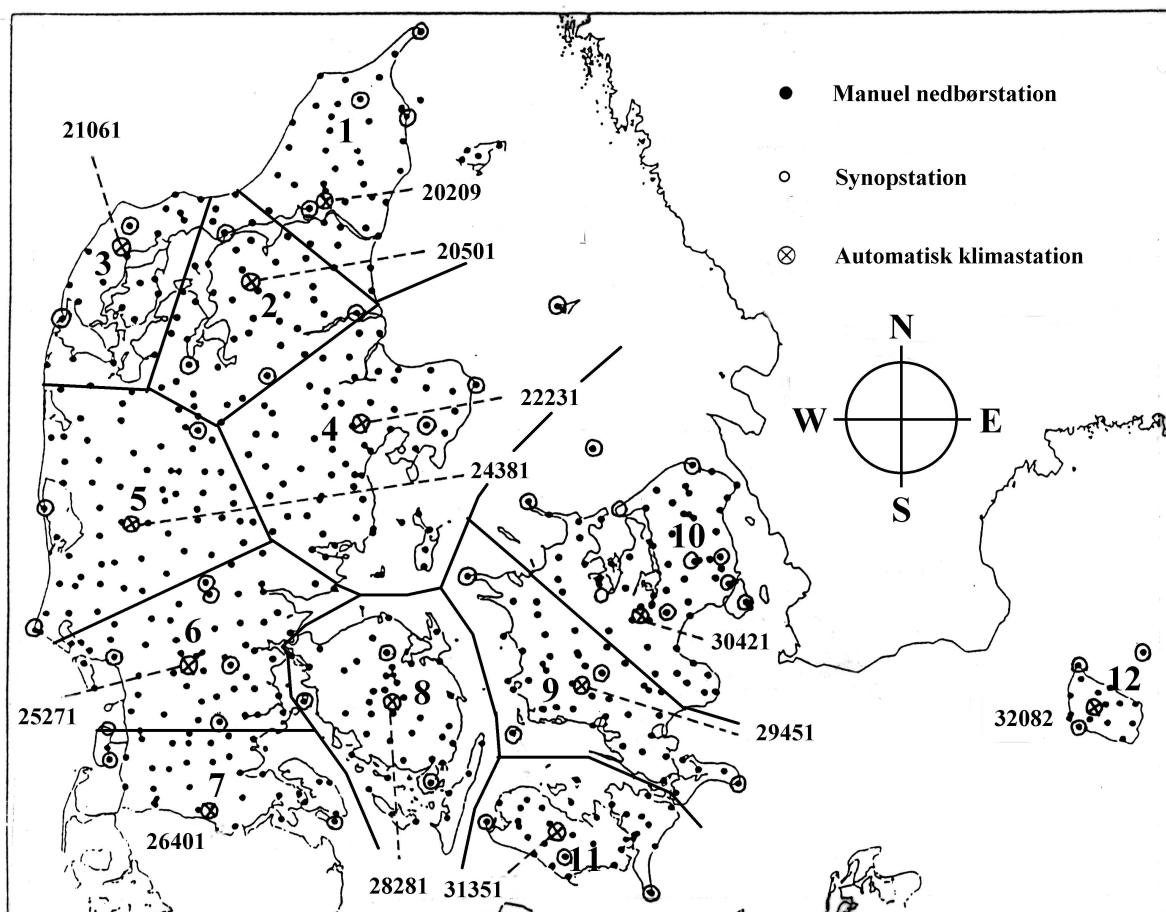
2.5 Den praktiske beregning af korrektionen

Et grundlæggende krav ved valg af stationer har været, at der skulle være hyppige observationer, helst hver time, af vindhastighed (V), lufttemperatur (T), regnintensitet (I), nedbørart og nedbørmængde. De eneste stationer, der kan give både V, T, I og nedbørmængde en gang i timen, er automatiske klimastationer.

Beregningerne er foretaget for 12 automatiske klimastationer, der er valgt således, at landet er opdelt i regioner med hver sin klimastation i centrum (figur 2.1) ved opdeling i Thiessen Polygone. Tabel 2.7 viser en liste over klimastationerne. Da nedbørarten ikke bliver observeret ved klimastationerne, hentes der observationer heraf fra nærliggende synopstationer.

Grundideen er, at alle nedbørstationer i hver region skal kunne korrigeres ved brug af korrektionsprocenten i centrum, vel vidende at der vil blive begået en fejl af en vis størrelse. Det forekommer rimeligt at antage, at der hersker nogenlunde isotropiske forhold i regionerne *under nedbør*, dels pga. strukturen for typiske atmosfæriske trykssystemer (Petersen et al.,

1981), og dels pga. regionernes forholdsvis begrænsede størrelse og topografi. De rumlige (spatiale) variationer af vindhastighed og temperatur indenfor en region er normalt forholdsvis begrænsede under nedbør.



Figur 2.1. Inddeling af Danmark i Thiessen polygoner med angivelse af regionsnummer. Placering af manuelle nedbørstationer, synopstationer og de 12 automatiske klimastationer er vist.

nr	navn	højde	lætype	η	zone	N	E
20209	Tylstrup II	13	C	3	32V	6338.610	557.680
20501	Hornum II	30	B	9	32V	6299.150	526.810
21061	Silstrup II	41	C	0	32V	6309.770	478.230
22231	Ødum II	61	C	3	32V	6240.560	569.835
24381	Borris II	25	B	7	32U	6201.565	476.750
25271	Askov II	62	C	4	32U	6147.540	507.220
26401	Store Jynde vad II	15	B	5	32U	6083.740	507.950
28281	Årslev II	49	C	2	32U	6130.290	591.460
29451	Flakkebjerg II	33	C	1	32U	6133.870	651.630
30421	Ledreborg Allé II	46	C	4	33U	6168.130	314.040
31351	Abed II	7	C	0	32U	6078.280	649.690
32082	Klemensker Ø	103	C	2	33U	6114.190	490.980

Tabel 2.7. Udvalgte stationsparametre for automatiske klimastationer: højde over havet (m), lætype er defineret i tabel 2.6, vægtet middelhøjdevinkel η ved nedbørmåler og UTM-koordinater.

2.6 Usikkerhed

Et mål for usikkerheden på døgnbasis er sammensat af to væsentlige bidrag samt nogle mere perifere:

- Usikkerheden (den stokastiske) på selve korrektionsmodellen.
- Usikkerhed som følge af ekstrapolation af korrektionsfaktoren ud over et areal.
- Usikkerhed på beregning af de meteorologiske parametre.

Usikkerheden (spredningen) på korrektionsmodellen er ved 1×standardafvigelsen på korrektionsfaktoren af størrelsesordenen $\pm 5\%$ ved modelgrænserne og $\pm 1\%$ ved intermediære værdier (Allerup, Madsen og Vejen, 1997), idet residualvariansen $\sigma^2=0.08$ for snedelen og $\sigma^2=0.06$ for regndelen. Ved V,T,I nær modelgrænserne vil eksempelvis en korrektionsfaktor $k_{\alpha(d)}$ beregnet til 1.20 bevæge sig indenfor 1.15 og 1.25, hvorimod hvis V,T,I er langt fra modelgrænserne, vil $k_{\alpha(d)}$ usikkerhedsintervallet være 1.19 til 1.21.

Standardbrugen af modellen (1) er baseret på input af lokalt målte α , V, T og I. Idet en klimastation i hver af de 12 regioner i figur 2.1 forsyner nedbørmålerne med et korrektionsestimat $k_{\alpha(d)}$, fordi information om de fire uafhængige variable mangler ved nedbørstationerne, får den regionale variation på $k_{\alpha(d)}$ indflydelse på den samlede usikkerhed. Effekten på $k_{\alpha(d)}$ af den regionale variation α , V, T og I er blevet undersøgt (Allerup, Madsen og Vejen, 2000).

Det blev konkluderet, at usikkerheden på korrektionsfaktoren er under $\pm 5\%$, når den ekstrapoleres indenfor 50 km's afstand. Dette lidt overraskende faktum hænger sammen med, at middelværdien af V og T, som modellen benytter, er beregnet som *middelværdi under nedbør*, og at middelværdien af V og T under nedbør har mere begrænsede spatiale variationer, end når der er tørvejr. Antagelsen om isotropi holder kun i indlandet og ikke i kystnære regioner. I alt 92% af nedbørstationerne ligger inden 50's afstand km fra klimastationerne, 80% indenfor 40 km, og 59% indenfor 30 km.

Der er en mindre usikkerhed ved beregning af meteorologiske variable.

Snefraktionen α bliver så vidt muligt bestemt ud fra observationer af nedbørens art. Hvis sådanne data mangler, bliver det antaget, at $T \leq 0^\circ\text{C}$ indikerer sne, $T > 2^\circ\text{C}$ svarer til regn, og $0^\circ\text{C} < T \leq 2^\circ\text{C}$ betyder blandet nedbør (slud). Der kan dog sagtens falde sne ved $T > 2^\circ\text{C}$ og regn ved $T < 0^\circ\text{C}$, men det er det bedste bud på en α -værdi ved mangel på observationer.

Vindhastigheden målt i 10m bliver transformeret ned til nedbørmålerens højde på 1.5m vha. det logaritmiske vindprofil. Hvis der ligger sne, er nedbørmålerens reelle højde mindre end 1.5m, og det betyder i princippet, at en usikker angivelse af snedybden kan få effekt på den korrigerede vindhastighed og dermed også på korrektionsfaktoren. Ved typiske værdier af V, T og I og de snedybder, der oftest forekommer i Danmark, er fejlen på korrektionsfaktoren dog kun indenfor nogle få procent, og specielt for regn er forskellen i de fleste tilfælde under 1% (Vejen, Allerup og Madsen, 1999). Ved transformation af V har overfladens ruhed også betydning for usikkerheden, omend denne i gennemsnit er marginal og i de fleste tilfælde kun giver ubetydelig forskel i korrektionsniveau.

Endelig er usikkerheden i mindre grad påvirket af en mindre unøjagtighed på de daglige wettingtab. Værdierne for wettingtab i tabel 2.3 er gennemsnitsværdier, og det reelle tab kan sagtens afvige herfra. Wettingtabet afhænger af, hvor lang tid den del af nedbøren, der hænger fast på målerens indre overflade, er om at fordampe, samt af hvor hyppigt henover måleperioden måleren er blevet "gjort våd". Faktisk har også læforholdene betydning for, hvor stort wettingtabet er; mere læ giver mindre wettingtab. Usikkerheden på wettingtabet får dog kun betydning, når det udgør en forholdsvis stor andel af den målte nedbørmængde.

2.6.1 Usikkerhed på månedskorrektion

Det er vigtigt at skelne mellem den stokastiske modelusikkerhed (i), der opstår ved beregning af korrektionsfaktorer $k(\alpha, I, V, T)$ ud fra lokalt kendskab til α, I, V, T og den spatiale usikkerhed (ii) (som lægges "oveni"), der opstår når α, I, V, T tages fra en fjern station. Udgangspunktet for beregning af usikkerheden på månedskorrektionsfaktoren er betragtninger over usikkerheden på de daglige værdier. Til beregning af usikkerheden på k for en måned bestående af q nedbørdøgn er benyttet følgende udtryk (Allerup og Madsen, 1979):

$$\sigma^2 \{ MK_q \} = \frac{\sigma^2 \sum_{i=0}^q [R_{m(i)}]^2}{\left(\sum_{i=0}^q R_{m(i)} \right)^2} \quad (8)$$

hvor σ^2 =residualvariansen på dagligt niveau, $R_{m(i)}$ =den målte nedbørmængde for et givet døgn i , og q =antal døgn med nedbør i måneden.

De to kilder til usikkerhed, det stokastiske på korrektionsmodellen og det spatiale, er uafhængige, hvorfor de principielt skal adderes. Det skal de også i praksis, når det konstateres, at 91% (dvs. praktisk taget alle) af de spatiale betingede forskelle på korrektionsfaktoren holder sig indenfor $\pm 1 \times \sigma$, når korrektionsfaktoren benyttes ud til en afstand af 50km. Yderligere gælder der, at ca. 50% af de spatiale afvigelser ligger indenfor betydeligt snævrere grænser. Usikkerheden på korrektionsfaktoren for et døgn bliver:

$$\text{samlet usikkerhed (stokastisk + spatial)} \rightarrow \begin{cases} = "korrektion \pm 10%" \dots \text{de moderate værdier af } \alpha, I, V, T \\ = "korrektion \pm 11%" \dots \text{de ekstreme værdier af } \alpha, I, V, T \end{cases}$$

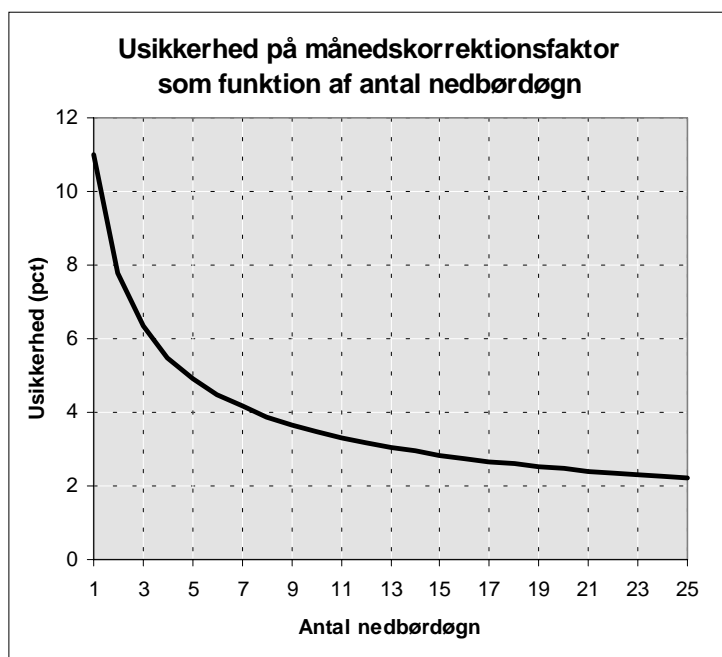
Dette er baseret på "en gange spredning" grænser $\pm 1 \times \sigma$ (68%). For en standardmåned med 15 nedbørdøgn og 6 mm pr. nedbørdøgn bliver den samlede stokastiske og spatiale usikkerhed ved $\pm 1 \times \sigma$ (68%) følgende:

For en måned:

$$\text{samlet usikkerhed (stokastisk + spatial)} \rightarrow \begin{cases} = "korrektion \pm 2.6%" \dots \text{de moderate værdier af } \alpha, I, V, T \\ = "korrektion \pm 2.9%" \dots \text{de ekstreme værdier af } \alpha, I, V, T \end{cases}$$

idet variansen for en måned tilnærmet er lig med σ^2/\sqrt{q} , hvor σ^2 er den daglige varians, og det antages, at antal nedbørdøgn for en standardmåned er $q=15$. Figur 2.2 viser usikkerheden på månedskorrektionsfaktoren som funktion af antal nedbørdøgn.

Der er væsentlige forskelle i læforholdene ved nedbørstationerne i hver af læklasserne A, B og C. Det får betydning for, hvor nøjagtig den korrigerede nedbørmængde er bestemt, når korrektionsprocenterne bliver benyttet. Læforholdene i sig selv har ingen betydning for usikkerheden på de beregnede korrektionsprocenter, fordi de er beregnet for fastholdte værdier af læindeks i læklasserne A, B og C.



Figur 2.2. Usikkerhed på månedskorrektionsfaktor som funktion af antal nedbørdøgn. Idealiseret idet der er antaget konstant nedbørmængde alle døgn.

3. Korrektionsprocenter for 2000

For 2000 er der på månedsbasis beregnet foreløbige tal af sneprocenter, korrektionsprocenter og usikkerhed på korrektionsprocent for de 12 automatiske klimastationer. Korrektionsprocenterne er beregnet for hver af læklasserne A, B og C. For hver klasse er benyttet fastholdte værdier af læindeks: 2.5 for C-stationer, 12.0 for B-stationer og 24.5 for A-stationer.

Sne udgør normalt omkring 10% af den målte årsnedbør (Allerup og Madsen, 1979) og falder i tidsrummet november-april samt undtagelsesvis i maj og oktober. Årlige værdier af sneprocent i tabel 3.1 er fremkommet ved at vægte sneprocenten de enkelte måneder med den målte nedbørmængde, idet beregning af et simpelt gennemsnit ville resultere i forkerte resultater.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Året
20209	14	12	22	2	0	0	0	0	0	0	0	32	9
20501	13	7	12	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4
21061	10	10	8	0	0	0	0	0	0	0	0	7	3
22231	11	17	13	0	0	0	0	0	0	0	0	9	4
24381	11	13	11	0	0	0	0	0	0	0	0	26	6
25271	6	16	6	3	0	0	0	0	0	0	0	9	4
26401	4	16	5	4	0	0	0	0	0	0	0	5	3
28281	9	21	6	2	0	0	0	0	0	0	0	9	4
29451	6	20	15	6	0	0	0	0	0	0	0	9	5
30421	17	20	28	3	0	0	0	0	0	0	0	6	7
31351	-	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32082	-	24	25	0	0	0	0	0	0	0	0	14	5

Tabel 3.1. Procent af målt nedbør faldet som sne 2000 ved automatiske klimastationer. Med fed kursiv er markeret middeltal, der er baseret på ukomplette data.

I 2000 udgjorde sne på årsbasis 3-9% af den målte nedbør, hvilket er noget under, hvad der normalt kan forventes. Vinteren var forholdsvis mild, og især i november og første halvdel af december var vejret særdeles mildt.

For de enkelte måneder har der været ret store regionale forskelle. F.eks. var sneprocenten i marts 28% ved station 30421 (Ledreborg Allé), men kun 5% ved station 26401 (St. Jyndervad). Korrektionsprocenten afspejler disse forskelle, der for de nævnte stationer var hhv. 46% og 25% (for B-stationer).

I februar faldt der sne og slud ved flere lejligheder ved temperaturer omkring eller lidt over frysepunktet, og især i Jylland blev det til snedække, der dog ret hurtigt forsvandt. At sneprocenten trods dette er størst i den østlige del af landet skyldes, at der i februar totalt faldt væsentligt mere nedbør i Jylland, hvorfor sne her udgjorde en forholdsvis mindre del af den samlede nedbørmængde.

At sneprocenten i april er større end nul kan måske overraske, men f.eks. faldt der den 5.april faktisk en del nedbør i form af slud ved temperaturer lidt over frysepunktet, især i de østlige dele af landet, hvor der mange steder kom mellem 4 og 8 mm.

I december skiller to stationer sig ud med ret høje sneprocenter, der hæver sig over det generelle billede på 5-10%. Ved flere lejligheder faldt der en del sne, som gav snedække, særlig i slutningen af måneden. Den 24-25.december kom der lokale snebyger, som i Vendsyssel resulterede i et par cm snedække. De sidste dage af måneden kom der sne mange steder, og den 29-30.december var der nogle steder i Jylland et snedække på op til 5-10 cm.

Korrektionsprocenter for A-, B- og C-stationer er vist i tabel 3.3 Samlede procenter på års- og månedsbasis er beregnet ved at vægte de enkelte månedsværdier med den tilsvarende nedbørmængde. Det er gjort for at forhindre, at enkeltstående måneder med meget lidt nedbør og stor mængde wetting får for stor indvirkning på det samlede resultat.

Vindens indflydelse på nedbørmålingerne, den såkaldte vindeffekt, der er den betydeligste systematiske fejl, er meget større for sne end for regn jfr. Allerup, Madsen og Vejen (1997). Dette er hovedårsagen til, at korrektionsprocenterne generelt er så høje i vintermånederne.

I måneder med forholdsvis små nedbørmængder, eller hvor nedbøren er fordelt over mange døgn, vil en forholdsvis stort del af nedbøren gå tabt som wetting. Wettingtabet er en systematisk fejl, som er forårsaget af overfladeadhesion fra den indvendige side af nedbørmålerens tragt, snekors og målekande. Derved bliver en mindre del af nedbøren tilbageholdt og fordamper helt eller delvis. På årsbasis går ca. 5% af nedbørmængden tabt på denne måde.

Da wetting er delvis uafhængig af nedbørmængden, vil måneder med ringe mængde nedbør blive behæftet med relativt store wettingfejl, hvilket giver sig udslag i forholdsvis høje korrektionsprocenter. Korrektionsprocenten for den rene vindeffekt, hvor wetting er udeladt, vil være noget mindre. Dette har mere eller mindre været tilfældet ved nogle stationer, specielt i sommermånederne.

Tabel 3.2 viser den samlede korrektionsprocent på måneds- og årsbasis for stationerne 20209-30421. Stationerne 31351 og 32082 indgår ikke, da der har manglet væsentlige data. Den samlede nedbørkorrektion, der omfatter vindeffekt og wettingtab, har været lidt mindre end standardværdierne 1961-1990 (Allerup, Madsen og Vejen, 1998).

	type	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	året
1999	A	21	21	22	15	11	11	11	12	9	11	14	15	15
	B	29	29	29	18	13	13	12	13	11	14	17	21	19
	C	35	35	35	20	14	14	13	14	13	17	19	25	22
standard	A	29	30	26	19	11	9	8	8	9	10	17	26	16
	B	41	42	35	24	13	11	10	10	11	14	23	37	21
	C	53	53	45	29	16	13	12	12	13	17	29	48	27

Tabel 3.2. Korrektionsprocenter inkl. wetting for A-, B- og C-stationer beregnet ud fra målinger 2000 for stationerne 20209-30421 samt standardværdier for perioden 1961-90 (Allerup, Madsen og Vejen, 1998). Værdierne gælder for den danske Hellmann måler uden skærm.

A-stat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Året
20209	14	13	17	12	11	8	11	14	9	9	13	11	12
20501	20	14	19	14	10	11	13	13	7	9	13	13	13
21061	31	29	30	18	10	14	11	13	12	13	15	18	18
22231	27	27	18	16	9	12	10	9	9	14	16	16	15
24381	17	13	21	19	9	13	12	10	9	9	10	11	12
25271	15	20	19	16	10	12	9	10	12	12	12	14	14
26401	17	24	20	18	11	9	11	14	13	10	13	16	14
28281	23	21	22	13	15	11	8	10	9	12	15	17	14
29451	29	31	30	22	21	18	26	17	10	14	17	20	20
30421	29	31	33	16	14	20	8	13	8	15	16	19	18
31351	-	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32082	-	32	54	15	12	11	13	24	10	14	13	20	19
I ALT	21	21	22	15	11	11	11	12	9	11	14	15	15

B-stat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Året
20209	19	18	22	15	13	9	12	15	11	11	16	18	15
20501	27	19	24	15	12	12	14	14	9	11	16	16	16
21061	46	41	40	20	12	16	13	15	15	18	19	25	24
22231	37	37	25	18	11	13	11	11	11	18	20	21	19
24381	22	17	27	21	10	14	13	10	11	11	12	20	15
25271	20	27	24	18	12	14	10	11	13	15	15	20	17
26401	22	31	25	21	13	10	12	15	15	13	16	21	18
28281	31	32	27	16	17	13	8	11	10	14	18	21	18
29451	38	44	41	25	25	20	28	19	12	18	20	27	26
30421	39	41	46	19	15	21	8	15	9	18	19	24	23
31351	-	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32082	-	44	81	18	14	13	15	26	12	17	16	27	25
I ALT	29	29	29	18	13	13	12	13	11	14	17	21	19

C-stat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Året
20209	23	21	25	17	14	10	13	16	12	13	18	22	18
20501	33	22	28	16	13	13	15	15	10	13	18	19	18
21061	57	51	48	22	14	18	14	17	18	21	23	30	29
22231	45	45	29	19	12	14	13	12	12	21	24	25	23
24381	27	20	31	22	11	15	14	11	12	12	14	24	17
25271	24	33	28	20	13	15	11	12	15	18	18	24	20
26401	26	37	29	23	15	11	13	16	16	15	18	25	20
28281	38	39	32	18	18	14	9	12	11	17	20	25	21
29451	45	52	50	28	28	21	30	20	13	20	23	32	30
30421	48	49	58	21	16	23	9	16	11	20	21	28	27
31351	-	85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32082	-	55	101	20	16	15	17	27	14	19	18	32	29
I ALT	35	35	35	20	14	14	13	14	13	17	19	25	22

Tabel 3.3. Korrektionsprocent inkl. wetting for A-, B- og C-stationer 2000 for automatiske klimastationer. Korrektionsprocenten gælder for den danske Hellmann måler uden skærm. Med fed kursiv er markeret værdier, der er baseret på data med begrænsede mangler. Den samlede procent for de enkelte måneder er beregnet ud fra stationerne 20209-30421.

Taget måned for måned er der dog mindre forskelle. For januar til april samt november og december har korrektionerne været noget mindre end standardværdierne, mens de i sommermånederne har været lidt højere. Dette resultat afspejler generelt, at der faldt mindre mængde sne end normalt.

Af det samlede antal manuelle nedbørstationer i Danmark står omkring 14% i åbent terræn (C-stationer), mens hovedparten på 59% står i moderat læ (B-stationer) og 23% er velbeskyttede for vinden (A-stationer). Det betyder, at hvis korrektionsprocenten for B-stationer for de 12 stationer i denne undersøgelse bliver taget som retvisende for nedbørforholdene ved de manuelle stationer, kan det groft taget siges, at der i år 2000 reelt er faldet ca. 19% mere nedbør, end der rent faktisk er blevet målt.

3.1 Kontrol af korrektionsprocenter

Der er lavet kvalitetskontrol på de månedlige korrektionsprocenter, som går ud på at vurdere datagrundlaget for beregningerne. Det er specielt vurderinger af dataudfald, der ligger til grund for denne kontrol. Hvis der mangler data for en periode, hvor der er faldet væsentlige mængder nedbør, er den beregnede korrektionsprocent efter alt at dømme ikke repræsentativ for den pågældende station.

Hvis der har været dataudfald i en periode med tørvejr, accepteres korrektionsprocenten. Hvis dataudfaldet har været i en periode med begrænsede nedbørmængder, analyseres de daglige korrektionsværdier samt vindhastighed, temperatur, regnintensitet og sneprocent for at vurdere, om dataudfaldet har haft væsentlig betydning for månedsestimatet. Det vil f.eks. være tilfældet, hvis der har været kraftig vind i nedbørperioden, og nedbøren er faldet som sne.

Det har ikke været muligt at beregne månedskorrektioner for station 31351, bortset fra februar, og for station 32082 var det ikke muligt i januar. De manglende værdier kan erstattes med standardværdier (Allerup, Madsen og Vejen, 1998) eller bedre med værdier fra den nærmeste region.

3.2 Usikkerhed

Det er af betydning for en vurdering af usikkerheden på korrektionsberegningerne, om og i givet fald hvor ofte T, I og V har ligget udenfor korrektionsmodellens gyldighedsområde. I 1999 lå V udenfor dette område i 0.24% af døgn med nedbør ved de 12 klimastationer, mens T opfyldte betingelserne i alle tilfælde. Værdier af I over grænsen på 15 mm/time har kun marginal betydning for korrektionens størrelse. Det har størst betydning, om V overskrider grænserne, idet I og T kun har sekundær betydning for korrektionens størrelse.

Det er vanskeligt at vurdere effekten af, at det i disse 0.24% af samtlige døgn ikke var muligt at beregne en korrektionsfaktor "fuldt ud", fordi korrektioner ved V over modelgrænserne er meget usikre, og fordi denne usikkerhed vokser med stigende værdi af V. Der er dog ingen tvivl om, at det er bedre at korrigere med $V = \text{modelgrænsen}$ fremfor at lade være med at korrigere.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
20209	5	4	4	5	5	4	4	4	5	5	4	3
20501	4	4	4	5	7	4	5	5	6	5	4	4
21061	4	4	4	5	5	5	6	5	6	4	4	4
22231	5	3	4	5	5	4	5	4	5	4	4	4
24381	4	3	4	5	5	5	7	5	5	4	3	4
25271	5	3	5	4	5	4	5	4	4	5	4	4
26401	4	3	4	4	5	5	5	5	7	4	4	4
28281	4	4	4	5	4	4	7	5	5	4	4	5
29451	4	4	4	5	5	5	6	5	5	4	4	4
30421	5	4	4	5	6	5	5	5	7	4	4	5
31351	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32082	-	5	5	6	5	5	6	4	6	4	4	4

Tabel 3.4. Usikkerhed i pct. på månedskorrektionsfaktor for automatiske klimastationer.

Tabel 3.4 viser usikkerheden på de månedlige korrektionsfaktorer k_{mdr} , og gælder indenfor 50 km's afstand fra stationen. Faktisk er usikkerheden mindre ved selve stationen. Hvis korrektionsfaktoren f.eks. har været 2.35 og usikkerheden været $\pm 5\%$ på 95% konfidensniveau, så ligger k_{mdr} med 95% sikkerhed i intervallet 2.30-2.40. Det svarer til, at korrektionsprocenten er 135 og varierer mellem 130 og 140. Hvis der var blevet målt f.eks. 50 mm, ville den korrigerede mængde være 117.5 mm og usikkerhedsintervallet være 111.6-123.4 mm.

4. Konklusion

Der er blevet beregnet korrektionsprocenter for 2000 måned for måned på basis af målinger ved 12 automatiske klimastationer, der er jævnt fordelt i Danmark. Korrektionerne justerer for vindens effekt på den målte nedbørmængde og for wettingtabet, og gælder for “den uskærmede danske Hellmann måler”. Resultaterne kan kun benyttes for målere af denne type. Korrektionsprocenterne er beregnet for både A-stationer (placeret velbeskyttede for vinden), B-stationer (moderat læ) og C-stationer (placeret i åbent terræn).

Korrektionsprocenten for hele 2000 gældende for C-stationer er beregnet til 21.7%, mens procenten for A- og B-stationer er hhv. 14.7% og 18.6%. Omkring 14% af de manuelle nedbørstationer i Danmark står i åbent terræn (C-stationer), mens 59% står i moderat læ (B-stationer) og 23% er velbeskyttede for vinden (A-stationer).

Korrektionsprocenten i vintermånederne har som helhed været på 25-35% og om sommeren på 13-14%. Specielt i vintermåned med sne kan korrektionerne blive store, særlig hvis det også blæser, idet vindeffekten på sne er betydeligt større end for regn. Blandt andet derfor er det også beregnet, hvor stor en del af nedbøren der er faldet som sne. I 2000 udgjorde sne på årsbasis 3-9% af den målte nedbør, hvilket er noget under det normale. De enkelte måneder har der været ret store regionale forskelle.

Usikkerheden på de månedlige korrektionsfaktorer afhænger af antal nedbørdøgn og variationen i nedbørmængde, og har i 2000 ligger mellem 3 og 7%.

På et så vanskeligt felt som “korrektion af nedbør for fejkilder” er der nok ingen tvivl om, at der fremover vil kunne ske forbedringer af metoderne, på nogle punkter måske betydelige. Dette gælder både med hensyn til selve beregningsmetoderne og til den måde, beregningerne er sat i system. Et oplagt mål for en videreudbygning af systemet vil være at gøre det i stand til at beregne korrektioner i vilkårlige punkter ved interpolation fremfor at være låst fast til bestemte stationer. Det vil gøre brugen af korrektionerne mindre følsom overfor stationsvalg, når der skal korrigeres nedbørdata fra vilkårlige steder i landet.

5. Referenceliste

Allerup, P., og Madsen, H., 1979. Accuracy of Point Precipitation Measurements. Danish Meteorological Institute, Climatological Papers, No. 5., København 1979, 84p.

Allerup, P., og Madsen, H., 1980. Accuracy of point precipitation measurements. *Nordic Hydrology*, 11, p. 57-70.

Allerup, P., H. Madsen og F. Vejen, 1997. A Comprehensive Model for Correcting Point Precipitation. *Nordic Hydrology*, Vol. 28, p. 1-20.

Allerup, P., H. Madsen og F. Vejen, 1998. Standardværdier (1961-90) af nedbørkorrektioner. Danish Meteorological Institute, Tech. Rep. No. 98-10, Copenhagen.

Allerup, P., Madsen, H., and Vejen, F., 2000. Correction of precipitation based on off-site weather information. *Atm. Res.*, Vol. 53, 231-250.

Frich, P., Rosenørn, S., Madsen, H., og Jensen, J. J., 1997. Observed Precipitation in Denmark, 1961-90. Danish Meteorological Institute, Techn. Rep. No. 97-8, Copenhagen.

Førland, E. J., Allerup, P., Dahlström, B., Elomaa, E., Jónsson, T., Madsen, H., Perälä, J., Rissanen, P., Vedin, H., og Vejen, F., 1996. Manual for Operational Correction of Nordic Precipitation Data, Nordic Working Group on Precipitation, Det Norske Meteorologiske Institut, Report Nr. 24/96.

Petersen, E. L., Frandsen, S., Hedegaard, K. and Troen, I., 1981. Wind atlas for Denmark. Risø, Denmark.

Sevruk, B., 1988. Wind Speed Estimation at Precipitation Gauge Orifice Level. WMO/TD-No. 222.

Vejen, F., P. Allerup og H. Madsen, 1998. Korrektion for fejlkilder af daglige nedbørmålinger i Danmark. Danish Meteorological Institute, Tech. Rep. No. 98-9, Copenhagen.

Vejen, F., P. Allerup og H. Madsen, 1999. Korrektion for fejlkilder af daglige nedbørmålinger i Danmark. Resultater: 1989-1997. Danish Meteorological Institute, Tech. Rep. No. 99-7, Copenhagen.