



Dmi
Ministry of Climate and Energy

Technical Report 14-13

Korrigeret Nedbør

1989-2010, 2011-2012 & 2013

Databeskrivelse & Resultater

Konsulentopgave udført for DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Copenhagen 2014



Colophon

Serial title:

Technical Report 14-13

Title:

Korrigeret Nedbør 1989-2010, 2011-2012 & 2013

Subtitle:

Databeskrivelse & Resultater

Konsulentopgave udført for DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Author(s):

Flemming Vejen, Kenan Vilic, Hanne Jensen

Other contributors:

Claus Kern-Hansen (ed)

Responsible institution:

Danish Meteorological Institute

Language:

Danish

Keywords:

Denmark, Precipitation, 1999-2013

URL:

<http://www.dmi.dk/fileadmin/Rapporter/TR/tr14-13>

ISSN:

1399-1388 (online)

Version:

08.08.2014

Website:

www.dmi.dk

Copyright:

Danish Meteorological Institute

Application and publication of data is allowed with proper reference and acknowledgment

Front page:

-



Content

Abstract	4
Resumé.....	4
Oversigt/indhold.....	4



Abstract

The purpose of this report is to present the documentation and conclusions from the project "Korrigeret nedbør [år-år]; Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet" "Corrected precipitation [year-year]; Data delivery to DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus University".

[year-year]: 1999-2010; 2011-2012 and 2013.

Resumé

Formålet med denne rapport er at gøre dokumentation og konklusions notaterne fra projekt "Korrigeret nedbør [år-år]; Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet" offentlig tilgængelig.

Projektet har behandlet tre perioder [år-år] hhv 1999-2010; 2011-2012 og 2013.

Arbejdet er udført af DMI som en konsulentopgave for DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet.

Nærværende offentliggørelse sker efter aftale med DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

De enkelte notater er gengivet i deres oprindelige form.

Oversigt/indhold

Originale delrapporter/notater:

Metode og Resultater (af generel interesse)

	Antal sider
• Korrigeret_Nedbør_1989-2010_Notat_del3_metode_10km-grid.pdf	20
• Korrigeret_Nedbør_1989-2010_Notat_del4_resultater_10km-grid.pdf	29
• Korrigeret_Nedbør_1989-2010_Notat_del5_specialtilfælde_10km-grid.pdf	34
• Korrigeret_Nedbør_2011-2012_Notat_del2_resultater.pdf	58
• Korrigeret_Nedbør_2013_Notat_del2_resultater.pdf	42

Filformater og specifikationer (kun af interesse for databrugere)

	sider
• Korrigeret_Nedbør_1989-2010_Notat_del1_punktverdifiler.pdf	7
• Korrigeret_Nedbør_1989-2010_Notat_del2_Gridvaerdifil_10km.pdf	6
• Korrigeret_Nedbør_1989-2010_Notat_del6_Grafikfiler_10km-grid.pdf	6
• Korrigeret_Nedbør_2011-2012_Notat_del1_Punktfil_Gridværdi-filer_Grafikfiler.pdf	11
• Korrigeret_Nedbør_2013_Notat_del1_Punktfil_Gridvaerdifiler_Grafikfiler.pdf	11



Dmi
Klima- og Energiministeriet

Dokumentation og beskrivelse

Korrigeret Nedbør 1989-2010

Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø
og Energi, Aarhus Universitet

Del 3 af 6 Metodebeskrivelse

April 2012

Flemming Vejen
Danmarks Meteorologiske Institut



Dmi

Klima- og Energiministeriet



Indhold:

1. Resumé.....	4
2. Introduktion.....	5
3. Metode til korrektion af nedbør	6
3.1 Den generelle korrektionsmodel	6
3.2 Korrektion for wetting og fordampningstab	8
4. Korrektionsmodellens implementering i praksis.....	10
4.1 Målsætning.....	10
4.2 Datagrundlag.....	10
4.3 Tilpasning af datagrundlag til den dynamiske korrektionsmodel.....	11
4.4 Korrektion af vindhastighed V	12
4.4.1 Korrektion for læeffekt	13
4.5 Bestemmelse af regnintensitet I	14
4.6 Bestemmelse af snefraktion α	14
4.7 Korrektionsmodellens gyldighed	15
4.8 Beregning af daglige kort over korrektionsresultater	15
4.9 Databehandling og kvalitetskontrol	16
5. Sammenfatning.....	17
6. Referencer.....	18



1. Resumé

Dette notat er ét ud af seks dokumentationsnotater, der beskriver datafiler, metode, generelle resultater samt modeltekniske specialtilfælde i projekt "Korrigeret nedbør 1989-2010; Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet" .

De fem dokumentationsnotater omhandler:

Del 1: Punktværdifiler

Del 2: Gridværdifiler

Del 3: Metodebeskrivelse

Del 4: Resultater

Del 5: Modeltekniske specialtilfælde

Del 6: Grafikfiler

Nærværende notat er Del 3: Metodebeskrivelse.



2. Introduktion

Der er de senere år arbejdet en del med at få udviklet og implementeret en praktisk metodik til korrektion af nedbørmålinger for diverse fejlkilder, herunder specielt den bias, der skyldes vindens indflydelse på nedbørmåling. Arbejdet har hovedsagelig drejet sig om at få skabt en model til dynamisk korrektion af nedbør frem for anvendelsen af de statiske og mere unøjagtige klimatologiske værdier af nedbørkorrektion, ofte benævnt standardværdier eller 'håndtal' (Allerup, Madsen og Vejen, 1998). Disse standardværdier gav korrektioner, der var noget højere end de hidtil anvendte standardværdier (Allerup og Madsen, 1979). Standardværdierne fra 1998 var baseret på dynamisk gennemregning af korrektionsforholdene ved 12 klimastationer, der var placeret inde i landet, og for en forholdsvis begrænset periode, 1989-1996.

Det er vigtigt at skelne mellem selve den generelle model til korrektion af nedbørmålinger (Allerup, Madsen og Vejen, 1997), og den praktiske implementering af korrektionsmodellen. Et første forsøg på implementering i en praktisk dynamisk model er anvendt i et pilotstudie for Samsø (Vejen, 2005), og principperne for denne model indgik i diskussionen og anbefalingerne for en ny praksis for vandbalanceberegninger inkl. nedbørkorrektion i (Refsgaard et al., 2011).

Et grundkrav for dynamisk nedbørkorrektion er, at der beregnes korrektionsværdier på døgnbasis for den enkelte station med anvendelse af aktuelle vind-, temperatur- og nedbørforhold. Derved korrigeres der for de lokale vejrforhold fra måned til måned og år til år, hvilket eliminerer de begrænsninger og ulemper, der følger af at anvende standard korrektionsværdier. Dynamiske korrektioner afspejler klimatiske forskelle mellem lokaliteter og henover tid i langt højere grad end de hidtidige implementeringer af nedbørkorrektion, dette under forudsætning af at det nødvendige datagrundlag er til stede.

Nærværende skrift beskriver en dynamisk model for korrektion af nedbør. Modellen er anvendt til at gennemregne korrektionsforholdene for manuelle nedbørmålinger henover perioden 1989-2010, Modellen har oprindelse i Samsømodellen (Vejen, 2005) og tager som datainput gridværdier af meteorologiske parametre til brug for korrektionen. Modellen, som den foreligger nu, svarer til anbefalingerne for korrektion af nedbør i konsensusnotat for beregning af vandbalance i Danmark (Refsgaard et al, 2011).

Data, beregninger og analyser, som dokumenteres og beskrives i en rapportserie, hvoraf nærværende rapport er del 3, er udført på foranledning af DCE, Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet.

I rapporten gennemgås modellen og dens forudsætninger.



3. Metode til korrektion af nedbør

3.1 Den generelle korrektionsmodel

Til beregning af dynamiske korrektionsværdier er anvendt den generelle korrektionsmodel (Allerup, Madsen og Vejen, 1997), der er sammensat af to dele: et led, der tager sig af regn, og et led der tager sig af sne. Modellen kræver input af følgende meteorologiske parametre:

- Middelværdi under nedbør af vindhastighed V (m/sek) i nedbørmålerens højde.
- Middelværdi under nedbør af lufttemperatur T ($^{\circ}\text{C}$) i nedbørmålerens højde.
- Gennemsnitlige regnintensitet, I (mm/time),
- Oplysninger om nedbørart, så der kan beregnes indeks α for andelen af fast nedbør.

Der er kun brug for T , hvis nedbøren helt eller delvis er faldet som sne eller slud, mens I kun skal bruges, hvis nedbøren helt eller delvis er faldet som regn.

Modellen forudsiger korrektionsfaktoren $K_{\alpha} = P_c/P_m$, som er raten af sand nedbør P_c i forhold til målt nedbør P_m henover et vilkårligt relativt kort tidsrum, der ikke bør overstige et døgn.

Korrektionsfaktoren K_{α} er givet ved:

$$K_{\alpha} = \alpha \cdot k_s(V, T) + (1 - \alpha) \cdot k_r(V, I) \quad (\text{Allerup, Madsen og Vejen, 1997})$$

Hvor:

- K_{α} = korrektionsfaktor for given nedbørtype for nedbørperioden
 α = andel af nedbøren faldet som sne givet som et tal mellem 0 og 1
 k_s = korrektionsfaktor for sne (der er en funktion af vindhastighed V og temperatur T)
 k_r = korrektionsfaktor for regn (der er en funktion af vindhastighed V og regnintensitet I)

Korrektionsfaktoren for sne, k_s , beregnes ved:

$$k_s = e^{\beta_0 + \beta_1 \cdot V + \beta_2 \cdot T + \beta_3 \cdot V \cdot T} \quad (\text{Allerup, Madsen og Vejen, 1997})$$

Hvor:

- V = middelværdi under nedbør af vindhastighed i målerhøjde i m/sek
 T = middelværdi under nedbør af lufttemperatur i $^{\circ}\text{C}$
 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ er konstanter, som afhænger af målertype (se tabel 1).

Korrektionsfaktoren for regn, k_r , beregnes ved:

$$k_r = e^{\gamma_0 + \gamma_1 \cdot V + \gamma_2 \cdot \ln I + \gamma_3 \cdot V \cdot \ln I + c} \quad (\text{Allerup og Madsen, 1980})$$

Hvor:

- V = middelværdi under nedbør af vindhastighed i målerhøjde i m/sek
 I = regnintensitet i mm/time
 $\gamma_0, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ og c er konstanter, som afhænger af målertype (se tabel 1).



Tabel 1. Værdi for konstanter i korrektionsmodellen for Hellmann, Pluvio og Rimco (alle uden skærm), samt Geonor med skærm (Allerup og Madsen, 1980, Førland et al., 1996).

Nedbørtype	Symbol	Hellmann Pluvio, Rimco	Geonor
sne	β_0	0,04587	-0,12159
	β_1	0,23677	0,18546
	β_2	0,017979	0,006918
	β_3	-0,015407	-0,005254
regn	γ_0	0,007697	0,007697
	γ_1	0,034331	0,034331
	γ_2	-0,00101	-0,00101
	γ_3	-0,012177	-0,012177
	c	0,0	-0,05

Konstanterne i modellen er blevet udledt ved statistiske analyser af empiriske data indsamlet på et testfelt i Jokioinen, Finland, i perioden 1987-1993 (WMO, 1998). Der har været rejst spørgsmålet, om modellen er repræsentativ for danske forhold, når den er baseret på finske data. Spørgsmålet er ved at blive undersøgt i et hydrologisk forskningsprojekt, (HOBE, 2007), hvor der indsamles snedata på et målefelt i Vestjylland. Der vil dog gå en rum tid endnu, inden der er indsamlet tilstrækkeligt med data til at kunne besvare spørgsmålet, idet der kun har været indsamlet snedata i 3 vintre.

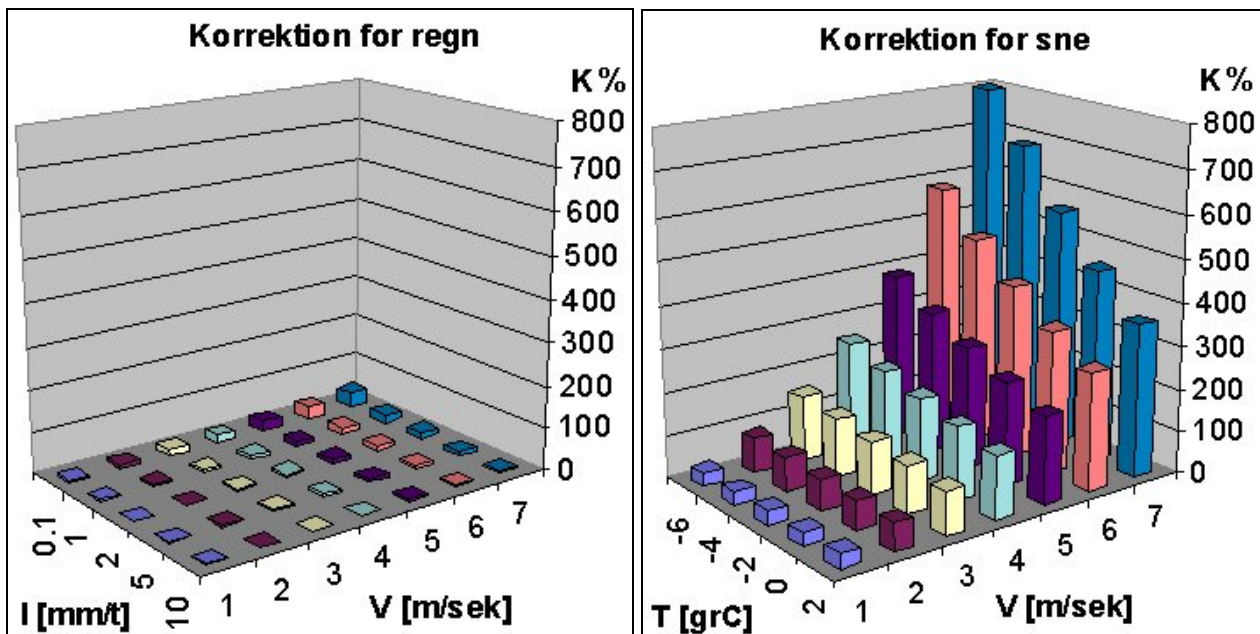
Karakteren af de empiriske data, som korrektionsmodellen er baseret på, gør modellen mest sikker ved de hyppigste V,T værdier i datamaterialet og mindst ude i kanterne. Konstanterne gælder for den danske Hellmann måler uden skærm. Meget høje værdier af V og I samt meget lave værdier af T har været stærkt underrepræsenterede i data, og det er følgelig kun muligt at benytte modellen indenfor disse 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.

Figur 1 viser korrektionsniveauet for sne og regn som funktion af vindhastighed, temperatur og regnintensitet. Niveauet er mange gange større for sne i forhold til regn, og det er indlysende afgørende at tage optimalt hånd om dette faktum i praktisk korrektionsmetodik.

Estimationsteknikken bag modellen betyder, at korrektionsfaktoren K ved "uheldige" kombinationer af V og T for delmodellen for sne bliver estimeret en anelse mindre end 1.00. Dette sker ved lave værdier af V og T, dog kun hvis $V < 0.4$ m/sek. Da vindeffekten ved så lave vindhastigheder stort set er fraværende, sættes $k_s = 1.00$ hvis k_s estimeres til < 1 i beregningerne.

Mængden af hhv. sne og regn bliver af gode grunde ikke målt hver for sig ved vejrstationer, men fås som en samlet mængde for en observationsperiode. Nøje analyser af data indsamlet i Finland i et internationalt forskningsprojekt (WMO, 1998) har vist, at varigheden af snedebør giver en meget god tilnærmelse til, hvor stor en del af nedbøren, der er faldet som sne (Allerup, Madsen og Vejen, 1997). Varigheden af snedebør kan i praksis fås vha. observationer af nedbørart og lufttemperatur.



Figur 1. Gælder for danske Hellmann måler uden skærm

3.2 Korrektion for wetting og fordampningstab

Udover tabet af nedbør som følge af turbulens omkring måleråbningen, sker der også tab som følge af fordampning af nedbør fra måleren samt tab som følge af wetting, som er betegnelsen for det faktum, at en mindre del af nedbøren hænger fast på nedbørmålerens indre overflader. Mens fordampningen fra en Hellmann måler er ubetydelig og kan negligeres, bør der taget højde for wettingtabet i beregningerne.

Modellen for flydende nedbør blev udledt på basis af nedbørmålinger, som var influeret af wetting. For fast nedbør blev modellen 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:

$$P_c = k_r \cdot P_m + w_r$$

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

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

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

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



Tabel 2. Wettingtab i mm pr. nedbørdøgn for Hellmann (Allerup og Madsen, 1979, 1980, Vejen, Allerup og Madsen, 2000, Elomaa, FMI (Finnish Meteorological Institute), pers. komm.). Med kursiv er markeret, i hvilke måneder måleren er forsynet med et snekors.

wettingtab	Andel af sne	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
regn	$\alpha = 0$	<i>0.16</i>	<i>0.18</i>	<i>0.25</i>	<i>0.33</i>	<i>0.23</i>	<i>0.25</i>	<i>0.25</i>	<i>0.23</i>	<i>0.20</i>	<i>0.16</i>	<i>0.22</i>	<i>0.17</i>
blandet nedbør	$0 < \alpha < 1$	<i>0.17</i>	<i>0.19</i>	<i>0.27</i>	<i>0.35</i>	<i>0.24</i>					<i>0.17</i>	<i>0.23</i>	<i>0.18</i>
sne	$\alpha = 1$	<i>0.12</i>	<i>0.14</i>	<i>0.19</i>	<i>0.25</i>	<i>0.17</i>					<i>0.12</i>	<i>0.17</i>	<i>0.13</i>

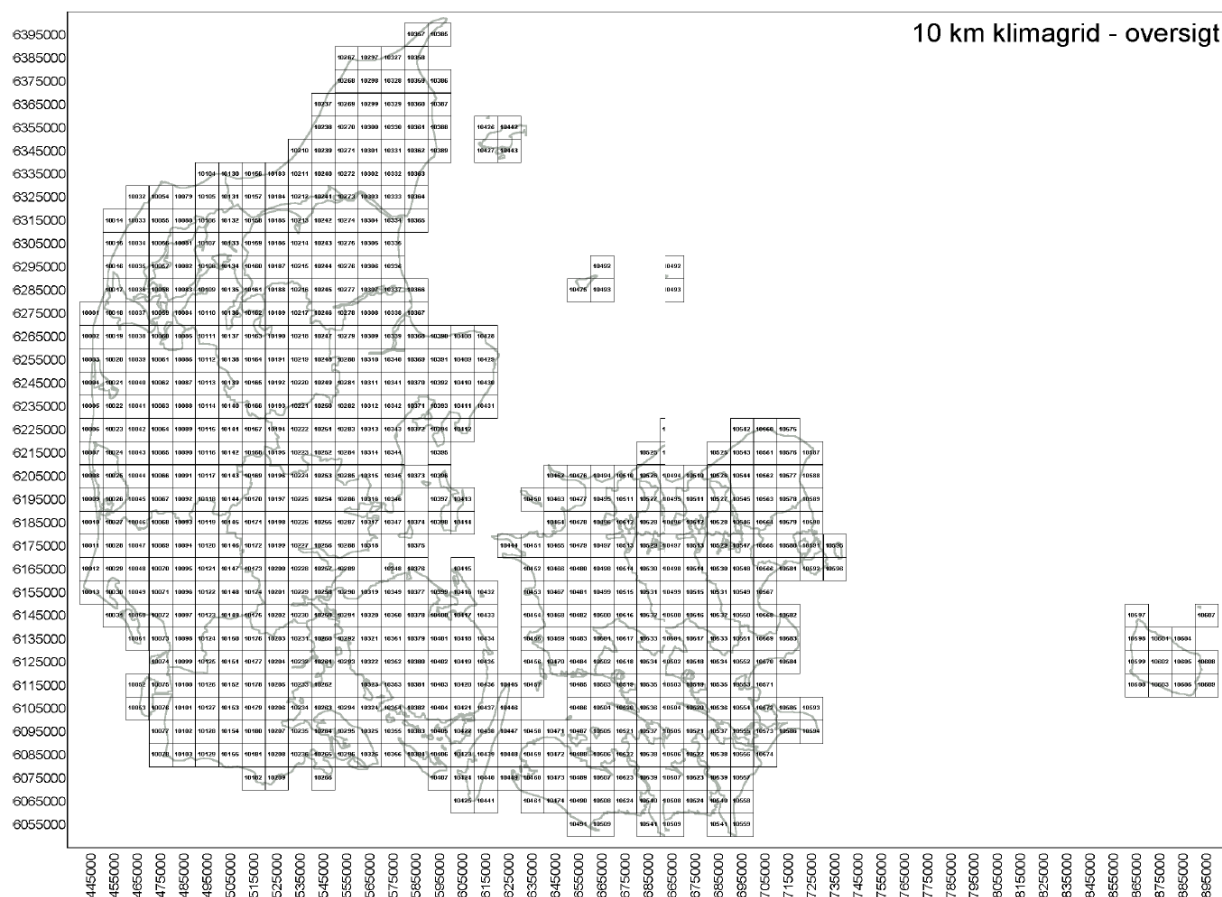
Størrelsen af wettingtabet (tabel 2) for den danske Hellmann måler er givet som standardværdier i mm pr. nedbørdøgn for hver måned for hhv. sne, blandet nedbør og regn (Allerup og Madsen, 1979, 1980, Elomaa, FMI (Finnish Meteorological Institute), pers. komm.). De forholdsvis store wettingtab om vinteren skyldes, at nedbørmåleren er forsynet med et snekors 1. november til 30. april, hvilket forøger målerens indre overflade. Formålet med snekorset er at mindske risikoen for, at snedebør blæser ud af måleren.

I tabel 2 ses værdier for blandet nedbør. Da korrektionsmodellen består af to led, et for sne og et for regn, er kun wettingtabet for sne og regn blevet anvendt i korrektionen. Derfor skal wetting for blandet nedbør ignoreres, og værdierne er kun vist af ”historiske grunde”.

4. Korrektionsmodellens implementering i praksis

4.1 Målsætning

Det har været målet at korrigere manuelle nedbørmålinger fra et stort antal nedbørstationer, og på basis af punktværdier herfra at skabe daglige griddede værdier af nedbørkorrektion i opløsningen $10 \times 10 \text{ km}^2$ for perioden 1989-2010. I figur 2 er vist kort over gridcellernes placering.

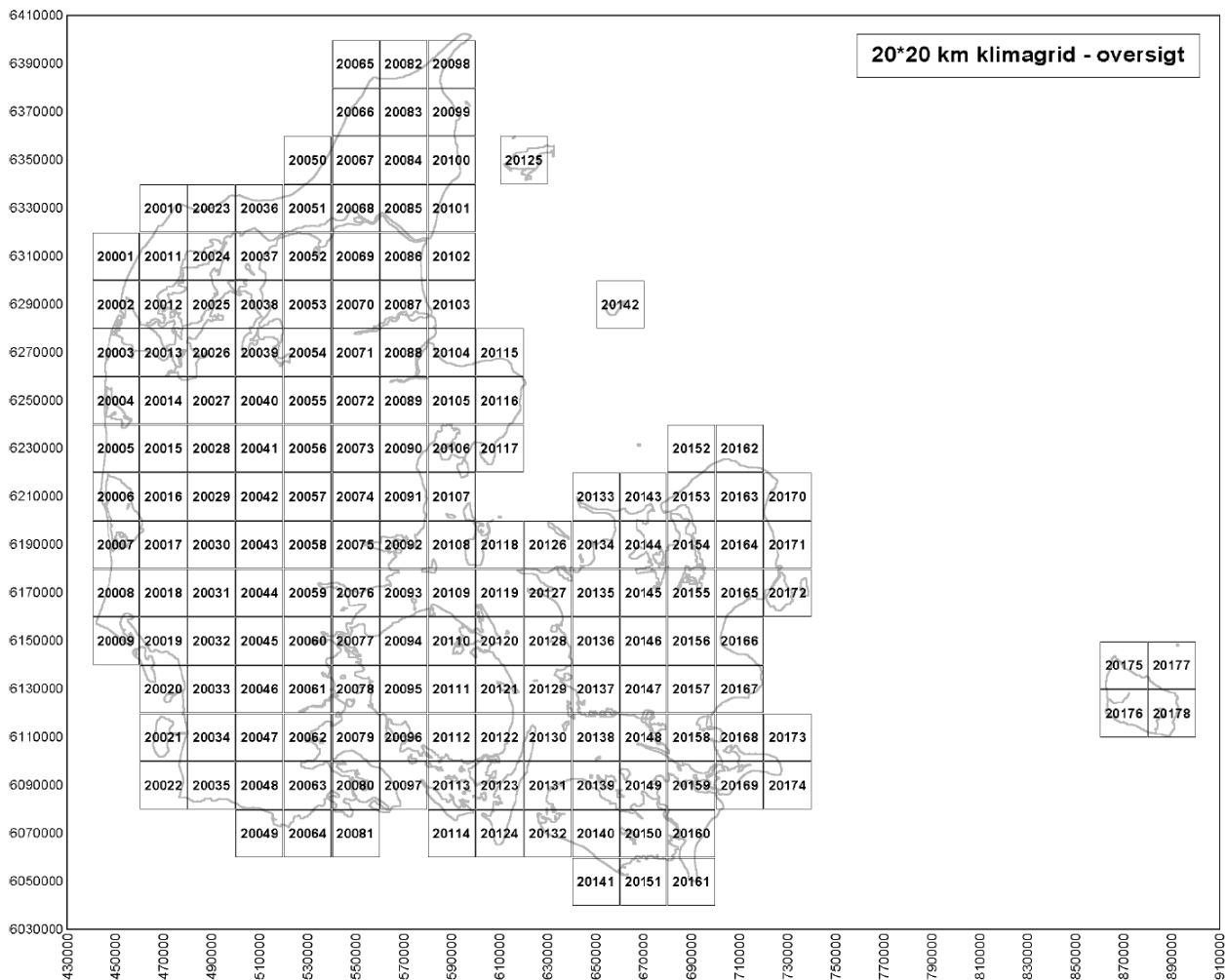


Figur 2. Gridceller for $10 \times 10 \text{ km}^2$ beregning af målt nedbørmængde i KlimagridDK (Scharling, 1999)

4.2 Datagrundlag

Korrektionsmodellen kræver målinger af vindhastighed, V , og temperatur, T , under nedbør, oplysninger om regnintensitet, I , samt opgørelser over mængden af nedbør faldet som sne, slud og regn. For dataperioden mangler der imidlertid en komplet sammenhængende serie med sådanne detaljerede målinger af V , T , I og vejrtype i en tidsopløsning, der er tilstrækkelig til at bestemme værdier under nedbør.

Som løsning er der anvendt daglige gridværdier af V og T i opløsningen $20 \times 20 \text{ km}^2$, som i Klimagrid DK er fremkommet ved interpolation af meteorologiske observationer fra et antal vejrstationer. Grundprincipper for interpolationsmetoden er dokumenteret i Scharling (1999). Dermed kan nedbørmålinger korrigeres vha. værdier af V og T , der er mere eller mindre lokalt repræsentative. Figur 3 viser kort over gridcellerne (Scharling, 1999).



Figur 3. Gridceller for 20×20 km² beregning af V og T i KlimagridDK (Scharling, 1999).

4.3 Tilpasning af datagrundlag til den dynamiske korrektionsmodel

I den ideelle verden skal en nedbørmåling korrigeres vha. V, T, I og α målt ved selve nedbørstationen, men dette kun er foretaget ved et fåtal vejrstationer, og slet ikke ved manuelle nedbørstationer. Der kan opregnes forskellige metoder til fremskaffelse af inputvariable, hvor skift fra et niveau til et andet i hver af de 4 kolonner også indebærer et skift i usikkerhed (tabel 3).

Tabel 3. Oversigt over metoder til fremskaffelse af meteorologiske variable til brug for korrektion af nedbør.

Metode til bestemmelse af meteorologisk variabel				
	Vindhastighed V	Lufttemperatur T	Regnintensitet I	Snefraktion α
1	Måling lokalt, middel under nedbør	Måling lokalt, middel under nedbør	Måling lokalt	Lokalt bestemt vha. vejrtype eller T
2	Gridværdi under nedbør	Gridværdi under nedbør	Gridværdi ved nedbør	Gridværdi af vejrtype
3	Gridværdi for døgn	Gridværdi for døgn	Indirekte vha. vejrkode og gridded	Gridværdi af T
4	Klimaværdi	Klimaværdi	Klimaværdi	Klimaværdi



Korrektionsmodellen forudsætter, at T og V er middelværdi under nedbør, at regnintensitet I er bestemt ud fra observationer af nedbørens mængde og varighed, og at snefraktion α er baseret på observeret nedbørstype. Det er klart, at måling lokalt er bedst, men det er også nødvendigt med et skær af realisme, hvorfor model 3 er valgt for V og T, model 4 for I, og model 3 for α . Dette er på det foreliggende datagrundlag valgt som den mest nærliggende beregningsramme for perioden 1989-2010, altså at de forskellige parametre er fremskaffes således:

- V og T fås som døgnmiddelværdi ud fra $20 \times 20 \text{ km}^2$ gridværdier.
- I fås som klimatologisk værdi.
- α bestemmes ud fra nævnte $20 \times 20 \text{ km}^2$ gridværdier af T.

Disse data kræver et vist niveau af efterbehandling, som er beskrevet i det følgende.

4.4 Korrektio n af vindhastighed V

Modellen kræver, at V er målt ved nedbørmåleren i samme højde som denne. I praksis måles V efter WMO standard (WMO, 2008) i 10 meters højde ved næsten alle vejrstationer, og den gridberegnete vindhastighed repræsenterer denne højde. En vindmåler skal placeres i denne højde under forhold, så målingen i princippet er upåvirket af terrænelementer ved overfladen og i omgivelserne. I den højde, nedbørmålingen foretages, er forholdene imidlertid anderledes, og da V kun foreligger i 10 m højde, skal der påføres to korrektioner:

1. En korrektion der vha. den logaritmiske vindlov ”firer vindhastigheden ned” til 1,5 m.
2. En korrektion for de lokale læforhold.

Disse to korrektioner giver det bedste bud på V ved nedbørmåleren.

V i 1,5 m kan jfr. WMO (2008) beregnes således:

$$V_{1,5} = V_{10} \cdot \frac{[\log_{10}(1.5 - d) - \log_{10}(z_0)]}{[\log_{10}(10 - d) - \log_{10}(z_0)]}$$

Hvor:

- z_0 = ruhedparameter
- d = nulplansforskydningen
- V_{10} = vindhastighed i 10 m højde
- $V_{1,5}$ = vindhastighed korrigeret til 1,5 m højde

Hvis der ligger sne, er nedbørmålerens reelle højde over jordoverfladen mindre end 1.5 m, så der burde ved justering af vindhastigheden egentlig også tages hensyn til snedybden, men dette har kun sjældent praktisk betydning og er udeladt.

Hvis overfladen har en karakter, så den virker reducerende på vindhastigheden, f.eks. i tilfælde af vegetation, er det nødvendigt at forskyde referenceniveauet, som normalt er jordoverfladen, op efter med forskydningen d . Ruhedparameteren z_0 afhænger af overfladens ruhed, som for en meget glat overflade som is o.lign. er 0.001 cm, for 1 cm højt græs er den 0.1 cm og for tæt græs på 10 cm er den 2.3 cm (Høgh-Schmidt, 1982).



I stedet for ruhedsparemetere z_0 benyttes den effektive ruhedslængde z_0^{eff} , der kan beskrives for en række terræntyper. Der benyttes en generel værdi på $z_0^{\text{eff}} = 0,25$ svarende til den, der anvendes i beregninger i Refsgaard et al (2011).

4.4.1 Korrektion for læeffekt

Vindhastigheden er korrigeret for læforholdene omkring nedbørmåleren. Vindhastighed $V_{1,5}$ i målerhøjde reduceres med en lækorrektionsfaktor λ , der udtrykker, hvor godt en nedbørmåler står i læ og i hvilken grad vindhastigheden omkring måleren bliver reduceret. Herved fås den lækorrigerede vindhastighed, $V_{læ}$. Empiriske studier i Rusland og Schweiz (Sevruk, 1988) har vist, at λ kan beskrives ved:

$$\lambda = 1 - c \cdot \eta \quad (\text{Sevruk, 1988, WMO, 2008})$$

hvor η er højdevinklen for lægiveren målt i grader, og c er en konstant, der har værdien $c=0,024$. Højdevinklen er vinklen mellem horisontalplanen og sigtelinien mellem nedbørmålerens øverste kant i 1.5 m højde og overkanten af lægiveren, der kan være træer, bygninger o.lign. Dermed kan vindhastigheden $V_{1,5}$ korrigeres for læeffekten ved:

$$V_{læ} = \lambda \cdot V_{1,5} \quad (\text{WMO, 2008})$$

Da højdevinklen har forskellige værdier rundt om nedbørmåleren, fås et mere repræsentativt mål for læforholdene ved at bestemme en vindhyppighedsvægtet middelhøjdevinkel η , også kaldet læindeks. Der benyttes højdevinkler i 8 kompasretninger til beregning af læindeks:

$$\eta = \sum_{i=1}^J \eta_i p_i$$

hvor η_i er højdevinklen i kompasretningen i , $J=8$ retninger, og hver højdevinkel er blevet vægtet med standardværdier af vindhyppigheden under nedbør, p_i , i kompasretningen i . Værdier af vægtningskoefficienten p_i for nedbør i forskellige vindretninger er baseret på 11 års vind- og nedbørmålinger og fremgår af tabel 4.

Tabel 4. Værdier af vægtningskoefficient p_i fundet ved analyser af vind- og nedbørobervationer 1963-1973 (Allerup og Madsen, 1979).

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

En lægiver står for tæt på nedbørmåleren, når middelhøjdevinklen er over 30° . Noget af nedbøren vil da blive fanget af lægiveren ved interception i stedet for at nå frem til nedbørmåleren (Førland et al., 1996). Interceptionen begynder dog først for alvor at betyde noget ved vinkler η_i over $40-45^\circ$.

Hidtidig praksis har været, at hvis højdevinklen $\eta > 30$, regnes stationen for overbeskyttet, og korrektionen kan derfor være ”upålidelig” og indgår ikke i datasættet. Alle nedbørstationer er inddelt efter læforholdene og opdeles desuden i velbeskyttet, moderat beskyttet og ubeskyttet (tabel 5).



Tabel 5. Definition af læklasser A, B, C og D.

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

For manuelle nedbørmålinger i perioden 1989-2010 betyder dette, at 2,6 % af målingerne må udelades som følge af overbeskyttelse, for de første 12 år endog knap 4 %. De forkastede stationer fordeler sig på læindeks vist i tabel 6. Som det ses, har de fleste af disse stationer læindeks, der kun er marginalt større end 30.

Tabel 6. Antal nedbørstationer med læindeks > 30 i perioden 1989-2010.

Læindeks	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Antal stationer	22	20	10	5	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0

Om end lækorrektionen er empirisk baseret, er dens lineære karakter en svaghed, idet $V_{læ}$ bliver negativ, når læindeks bliver tilstrækkelig stor. Dette sker ved $\eta \geq 42$. I WMO (2008) er der ikke angivelser af, ved hvilke værdier af η korrektionen er gyldig, men den må antages at gælde inden for de højdevinkelforhold, WMO anbefaler en måler opstillet under. I praksis er grænsen på $\eta=30$ således rimelig.

4.5 Bestemmelse af regnintensitet I

Regnintensitet måles kun ved et fåtal af stationer, og af gode grunde slet ikke ved manuelle stationer. Det har ikke været muligt på det foreliggende datagrundlag at generere aktuelle intensitetsværdier, hvorfor der i stedet benyttes klimatologiske værdier. Egentlige klimatologiske værdier for regnintensitet for hele landet eller regionalt foreligger ikke, men der er i forbindelse med udviklingen af korrektionsmodellen for flydende nedbør foretaget analyser af regnintensiteter ved 4 stationer, der mere eller minder dækker perioden 1959-1974. Herved er bestemt månedlige middelintensiteter I (tabel 7), der er benyttet til beregning af daglige korrektionsfaktorer for regn.

Tabel 7. Klimatologiske værdier af regnintensitet, der er beregnet som middelværdier af regnintensitet baseret på data fra 4 stationer henover perioden 1959-1974 (Madsen og Allerup, pers. komm.).

Måned:	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Regnintensitet:	1,12	1,21	1,18	1,38	2,01	2,46	3,01	2,90	2,26	1,71	1,37	1,26

4.6 Bestemmelse af snefraktion α

Nedbørens art bestemmes ud fra middeltemperaturen: hvis denne er under 0°C antages nedbøren at være sne, over 2°C antages den at være faldet som regn, og ved temperaturer mellem 0 og 2°C regnes den for slud. Denne metode er anvist fra flere sider, f.eks. Førland et al. (1996). Således bestemmes α ved:

$$\alpha = \begin{cases} 0 & \text{hvis } T > 2 \\ -0.5T + 1 & \text{hvis } 0 < T \leq 2 \\ 1 & \text{hvis } T \leq 0 \end{cases}$$



4.7 Korrektionsmodellens gyldighed

Modellen gælder for følgende intervaller af V, T og I (Allerup og Madsen, 1980, Allerup, Madsen og Vejen, 1997):

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

Estimationsteknikken bag modellen betyder, at korrektionsfaktoren k_s for sne ved "uheldige" kombinationer af V og T bliver en anelse mindre end 1.00. Dette sker ved lave værdier af V og T, dog kun hvis $V < 0.4$ m/sek. Da vindeffekten ved så lave vindhastigheder stort set er fraværende, sættes $k_s = 1,00$ hvis k_s estimeres til < 1 i beregningerne.

Ovenstående betyder i praksis følgende, idet V her er den lækorrigerede vindhastighed:

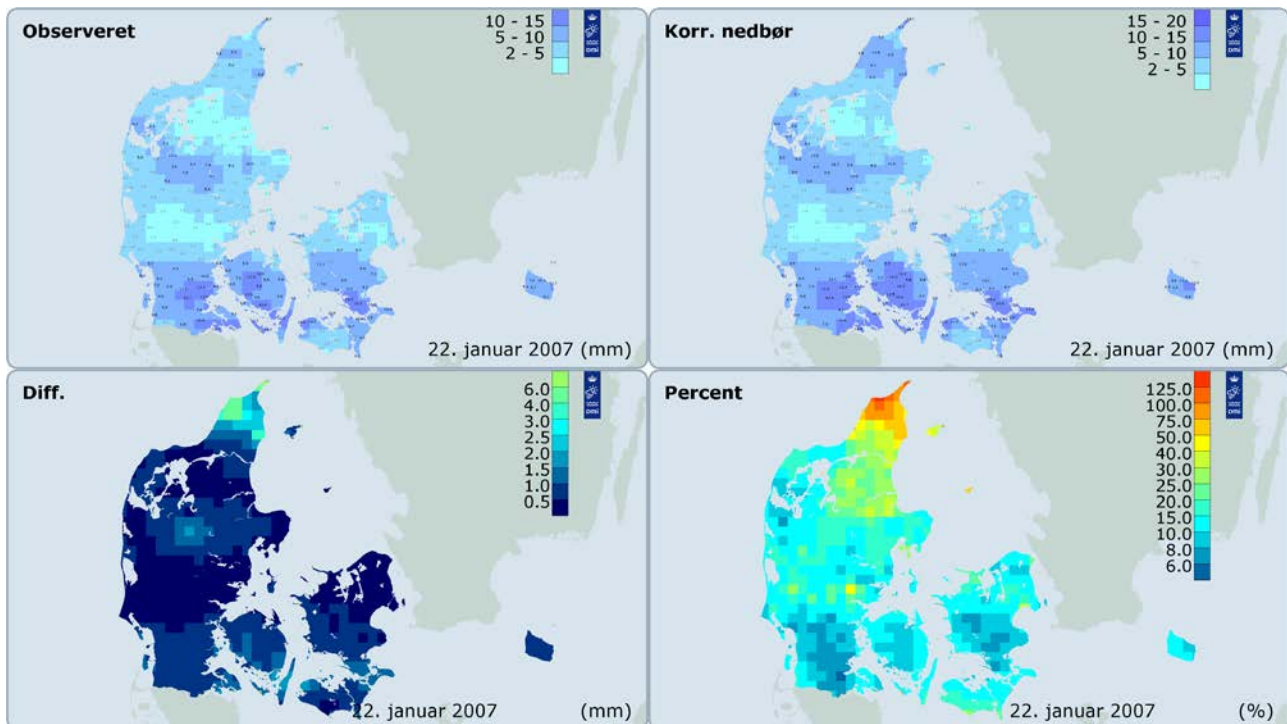
- Hvis der er faldet sne:
 - a. Hvis $V > 7$ m/sek : benyt $V = 7$ i modellen
 - b. Hvis $T < -12^\circ\text{C}$: benyt $T = -12$ i modellen
 - c. Hvis $k_s < 1$: sæt $k_s = 1,0$
- Hvis der er faldet regn:
 - a. Hvis $V > 15$ m/sek : benyt $V = 15$ i modellen
 - b. Hvis $I > 15$ mm/time : benyt $I = 15$ i modellen
- Generelt:
 - a. Hvis $V < 0$ m/sek : benyt $V = 0$ i modellen

4.8 Beregning af daglige kort over korrektionsresultater

På basis af punktværdier af korrigeret nedbør er der vha. interpolation i en opløsning på 10×10 km² udarbejdet daglige kort over den korrigerede nedbørs fordeling. Der er herefter udarbejdet daglige kort over differencen mellem korrigeret og målt nedbør samt over korrektionsprocenten i samme opløsning. De to sidste kort er beregnet på pixelniveau på basis af kortene over hhv. målt og korrigeret nedbør. Figur 4 viser et eksempel på disse 4 kort for 22. januar 2007.

Differenskortet er simpelt fremkommet ved for hver pixel at bestemme differensen D mellem målt nedbør P_m og korrigeret nedbør P_c ved $D = P_c - P_m$. Korrektionsprocenten K % er for hver pixel beregnet ved:

$$K_{\%} = 100 \left(\frac{P_c}{P_m} - 1 \right)$$



Figur 4. Eksempel på kort over daglige værdier af målt og korrigeret nedbørsum, differens mellem målt og korrigeret nedbør, samt korrektionsprocent. Opløsningen er $10 \times 10 \text{ km}^2$.

4.9 Databehandling og kvalitetskontrol

De målte værdier af nedbør har været genstand for omfattende kvalitetskontrol. Alle værdier har været set igennem ved manuel inspektion af grafiske præsentationer af nedbørfordelingen. I de perioder, hvor det har været muligt, er vejrradardata blevet benyttet til at undersøge, om mistænkelige nedbørværdier har kunnet godkendes, ligesom det i visse situationer har været nødvendigt at medtage vejrobservationer i kvalitetskontrollen.

Daglige korrektionsestimater er efterkontrolleret og verificeret ved omfattende undersøgelser af data, dels i form af visuel inspektion af grafiske præsentationer, og dels ved anvendelse af andre typer meteorologiske data såsom målinger af vindhastighed, vindretning, temperatur og nedbørart. Desuden har det været nødvendigt at skele til læindeks i verifikation af korrektionsestimater.

Den omfattende datakontrol og validering af alle led i beregningskæden konsoliderer og kvalitetsstempler det samlede datasæt.



5. Sammenfatning

En dynamisk model for korrektion af fast, blandet og flydende nedbør er præsenteret, og den praktiske implementering for korrektion af manuelle nedbørmålinger henover perioden 1989-2010 er gennemgået. I denne opsætning tager modellen som input døgnværdier af vindhastighed V og lufttemperatur T samt vejrtypen ud fra døgnværdier af T . Modellen er benyttet til at beregne daglige korrektioner ved nedbørstationer, hvorefter korrigeret nedbør ved interpolation er beregnet for hele landet i et net med feltdimensionen $10 \times 10 \text{ km}^2$.

På basis heraf er det daglige korrektionsniveau, såvel som det månedlige og årlige for hele perioden, blevet beregnet med henblik på at øge vidensgrundlaget for nedbørforhold og nedbørkorrektion i Danmark. Disse resultater gennemgås i del 4 og 5 i den rapportserie, som nærværende rapport er en del af.



6. Referencer

Allerup, P. and H. Madsen (1979): Accuracy of point precipitation measurements. Danish Meteorological Institute, Climatological Papers, No. 5, Copenhagen 1979, 84p.

Allerup, P. and H. Madsen (1980): Accuracy of point precipitation measurements. Nordic Hydrology, 11, p. 57-70.

Allerup, P., Madsen, H., og Vejen, F. (1997): A Comprehensive Model for Correcting Point Precipitation. Nordic Hydrology, vol. 28, 1-20.

Allerup, P., Madsen, H., og Vejen, F., 1998: Standardværdier (1961-90) af nedbørkorrektioner. Danish Meteorological Institute, Technical Report, No. 98-10, Copenhagen 1998, 19 sider.

E. J. Førland (ed), Allerup, P., Dahlström, B., Elomaa, E., Jónsson, T., Madsen, H., Perälä, J., Rissanen, P., Vedin, H., and Vejen, F. (1996): Manual for operational correction of Nordic precipitation data. Nordic Working Group on Precipitation. First Edition. DNMI, Report Nr. 24/96, 66 sider.

HOBE (2007): HOBE, Center for Hydrology, Hydrological Observatory. 61 p.

Høgh-Schmidt, K. (1982): Lokal – og mikroklima. 2: Klimaelementer i det jordnære luftlag. DSR Forlag 1982, 157 p.

Refsgaard, J. C., S. Stisen, A. L. Højberg, M. Olsen, H. J. Henriksen, C. D. Børgesen, F. Velen, C. Kern-Hansen, og G. Blicher-Mathiesen (2011): Vandbalance i Danmark. Vejledning i opgørelse af vandbalance ud fra hydrologiske data for perioden 1990-2010. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2011/77. GEUS, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, Klima- og Energiministeriet 2011.

Scharling, M. (1999): KLIMAGRID – DANMARK. Nedbør, lufttemperatur og potentiel fordampning 20*20 & 40*40 km. Danish Meteorological Institute, Technical Report 99-12, Copenhagen 1999, 48p.

Sevruk, B. (1988): Wind speed estimation at precipitation gauge orifice level. WMO, Instruments and Observing Methods, Report No. 33, WMO/TD – No. 222, Paper presented at the WMO Technical Conference on Instruments and Methods of Observation (TECO-1988), Leipzig, German Democratic Republic, 16-20 May 1988, 4p.

Vejen, F. (2005): Pilotprojekt: Beregning af dynamisk korrektion af nedbør på Samsø, 1989-2003. Teknisk Rapport 05-16, Danmarks Meteorologiske Institut, 56 p.

Vejen, F., Allerup, P., og Madsen, H. (2000): Korrektion for fejlkilder på måling af nedbør. Korrektionsprocenter ved udvalgte stationer. 1989-1999. Danish Meteorological Institute, Technical Report No. 00-20, Copenhagen 2000, 53p.



WMO (1998): WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison: Final Report. Instruments and Observing Methods, Report No. 67, WMO/TD No. 872, 1998 (ed) Goodison, B. E., Louie, P. Y. T., and Yang, D.

WMO (2008): Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO-No. 8, 7th edition.



Previous reports

Previous reports from the Danish Meteorological Institute can be found on:
<http://www.dmi.dk/dmi/dmi-publikationer.htm>



Dmi
Klima- og Energiministeriet

Dokumentation og beskrivelse

Korrigeret Nedbør 1989-2010

Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Del 4 af 6 Præsentation af resultater

April 2012

Flemming Vejen
Danmarks Meteorologiske Institut



Dmi
Klima- og Energiministeriet



Indhold:

1. Resumé.....	4
2. Introduktion.....	5
3. Resultater	6
3.1 Variationer i månedlige og årlige korrektionsniveau.....	6
3.2 Beregning af samlede korrektionsværdier	8
3.2.1 Samlede værdier for hele perioden	10
3.2.2 Spatiale fordeling af samlede værdier	11
3.3 Opsamling.....	13
4. Konklusion.....	14
5. Referencer.....	15
6. Appendiks A: målt nedbørsum (referencenedbør) 1989-2010	16
7. Appendiks B: korrigeret nedbørsum 1989-2010	17
8. Appendiks C: månedlige korrektionsprocenter 1989-2010	18
9. Appendiks D: månedlige værdier af sneprocent 1989-2010.....	19
10. Appendiks E: samlede månedskorrekktioner 1989-2010.....	21



1. Resumé

Dette notat er ét ud af seks dokumentationsnotater, der beskriver datafiler, metode, generelle resultater samt modeltekniske specialtilfælde i projekt ”Korrigeret nedbør 1989-2010; Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet” .

De fem dokumentationsnotater omhandler:

Del 1: Punktværdifiler

Del 2: Gridværdifiler

Del 3: Metodebeskrivelse

Del 4: Resultater

Del 5: Modeltekniske specialtilfælde

Del 6: Grafikfiler

Nærværende notat er Del 4: Resultater.



2. Introduktion

Der er de senere år arbejdet en del med at få udviklet og implementeret en praktisk metodik til korrektion af nedbørmålinger for diverse fejlkilder, herunder specielt den bias, der skyldes vindens indflydelse på nedbørmåling. Arbejdet har hovedsagelig drejet sig om at få skabt en model til dynamisk korrektion af nedbør frem for anvendelsen af de statiske og mere unøjagtige klimatologiske værdier af nedbørkorrektion, ofte benævnt standardværdier eller 'håndtal' (Allerup, Madsen og Vejen, 1998). Disse standardværdier gav korrektioner, der var noget højere end de hidtil anvendte standardværdier (Allerup og Madsen, 1979). Standardværdierne fra 1998 var baseret på dynamisk gennemregning af korrektionsforholdene ved 12 klimastationer, der var placeret inde i landet, og for en forholdsvis begrænset periode, 1989-1996.

Det er vigtigt at skelne mellem selve den generelle model til korrektion af nedbørmålinger (Allerup, Madsen og Vejen, 1997), og den praktiske implementering af korrektionsmodellen. Et første forsøg på implementering i en praktisk dynamisk model er anvendt i et pilotstudie for Samsø (Vejen, 2005), og principperne for denne model indgik i diskussionen og anbefalingerne for en ny praksis for vandbalanceberegninger inkl. nedbørkorrektion i (Refsgaard et al., 2011).

Et grundkrav for dynamisk nedbørkorrektion er, at der beregnes korrektionsværdier på døgnbasis for den enkelte station med anvendelse af aktuelle vind-, temperatur- og nedbørforhold. Derved korrigeres der for de lokale vejrforhold fra måned til måned og år til år, hvilket eliminerer de begrænsninger og ulemper, der følger af at anvende standard korrektionsværdier. Dynamiske korrektioner afspejler klimatiske forskelle mellem lokaliteter og henover tid i langt højere grad end de hidtidige implementeringer af nedbørkorrektion, dette under forudsætning af at det nødvendige datagrundlag er til stede.

Nærværende skrift beskriver resultater, der er baseret på en dynamisk model for korrektion af nedbør. Modellen er anvendt til at gennemregne korrektionsforholdene for manuelle nedbørmålinger henover perioden 1989-2010, Modellen har oprindelse i Samsømodellen (Vejen, 2005) og tager som datainput gridværdier af meteorologiske parametre til brug for korrektionen. Modellen, som den foreligger nu, svarer til anbefalingerne for korrektion af nedbør i konsensusnotat for beregning af vandbalance i Danmark (Refsgaard et al, 2011).

Data, beregninger og analyser, som dokumenteres og beskrives i en rapportserie, hvoraf nærværende rapport er del 4, er udført på foranledning af DCE, Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet.

I rapporten præsenteres og analyseres resultater for perioden 1989-2010.

3. Resultater

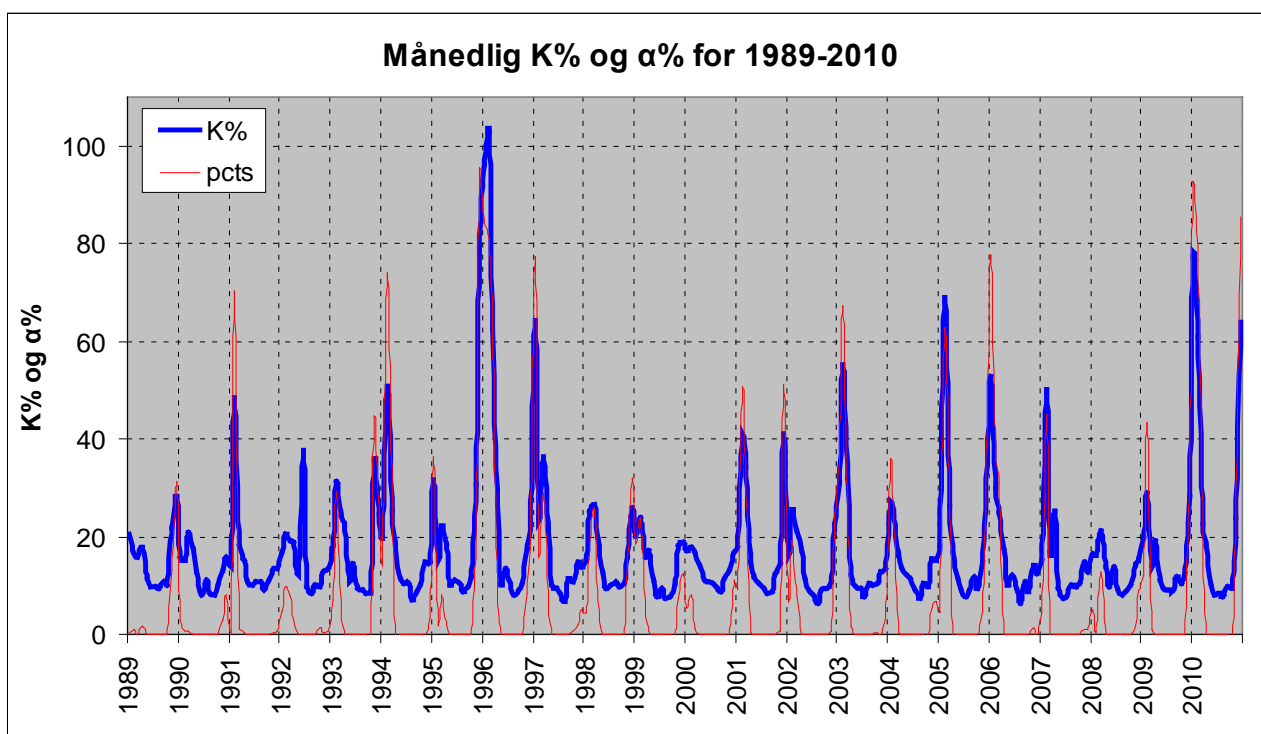
I det følgende dokumenteres og forklares korrektionsresultater for 1989-2010. Der fokuseres på variationer i det månedlige og årlige korrektionsniveau, såvel samlet som rumligt, ligesom variationer henover perioden diskuteres og forklares.

3.1 Variationer i månedlige og årlige korrektionsniveau

Det er et kendt faktum, at korrektionsniveauet på månedsbasis, herefter kaldet K_M , varierer systematisk og betydeligt henover året og fra år til år, hvilket i udpræget grad gør sig gældende for vintermånederne, men kun i mindre grad for sommerhalvåret.

Figur 1 viser, at bundniveauet i juni-august for K_M er nogenlunde konstant, mens vinterkorrektionerne udviser meget store variationer fra det ene år til det næste. F.eks. når K_M op på ca. 100 % i vinteren 1996, som bar præg af frost og en hel del sne, hvorimod K_M ligger på beskedne 20-25 % i en del vintre såsom 1989, 1998-2000 og 2008, som var milde og udpræget dominerede af regn. 2007 huskes som en rekordmild vinter med varmerekord for januar 2007, men ikke desto mindre kom der en flere dages snestorm i februar, hvilket fik K_M op på ca. 50 %. Således kan der til hver enkelt spids henover perioden knyttes specifikke forklaringer på høje såvel som lave korrektioner. De højeste korrektioner knytter sig praktisk taget altid til fast nedbør og eventuelt også høje vindhastigheder.

Traditionel datoopdeling i måneder kan tilsløre eventuel forekomst af månedlange perioder med såvel højere som lavere korrektioner end de viste. Derfor er perioden også gennemregnet som glidende korrektionsniveau for 30-dages perioder. Resultatet heraf ses i figur 2.

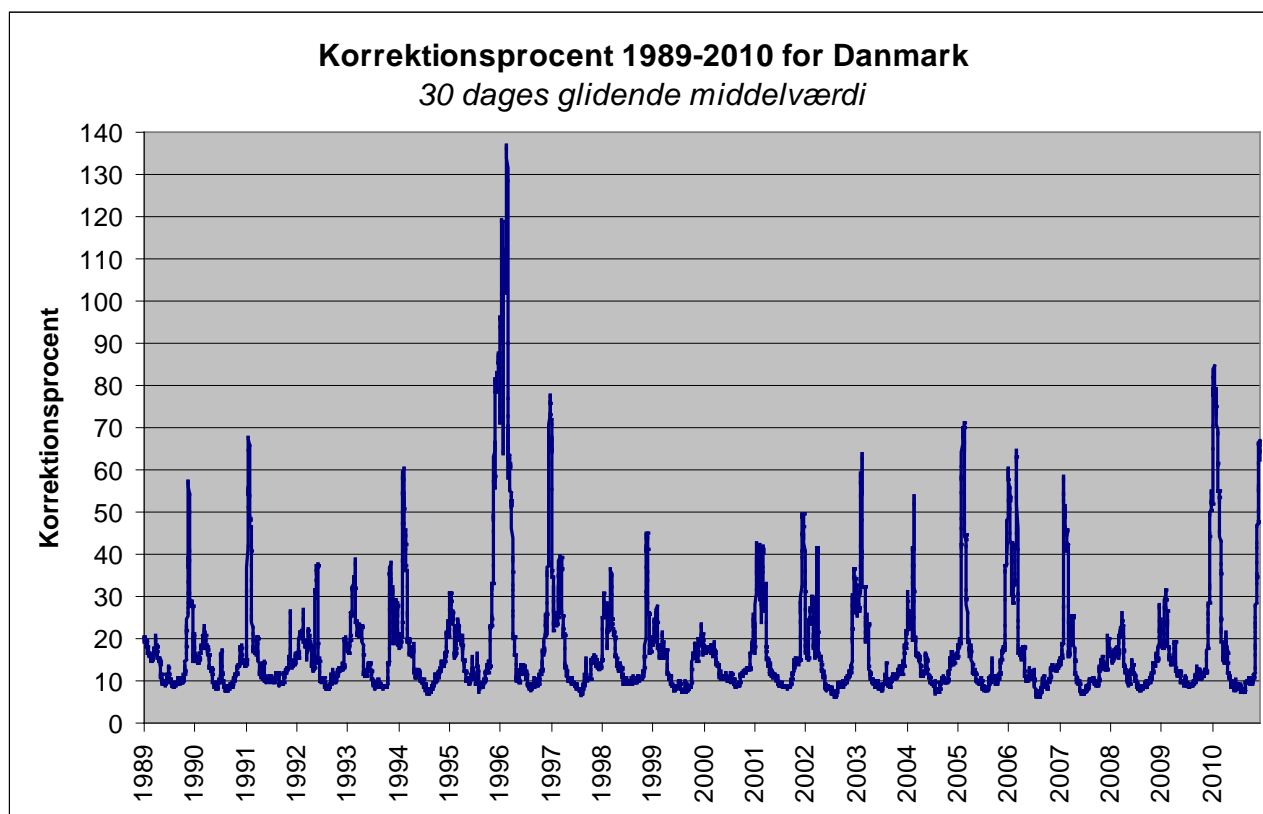


Figur 1. Månedlig korrektionsprocent ($K\%$) og andel af nedbør som sne ($\alpha\%$) for hele landet for perioden 1989-2010.

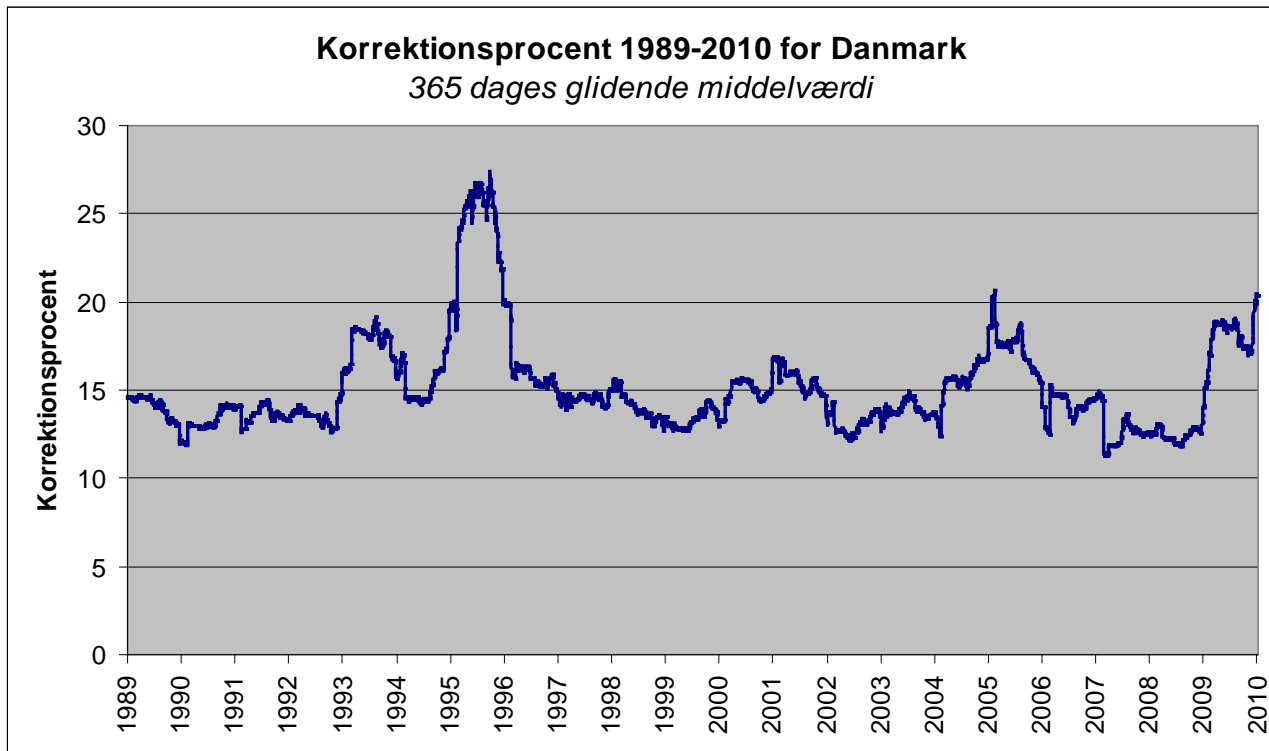
Figur 1 viser, at 1989-2010 gemmer på perioder med endnu højere korrektioner end de traditionelt opgjorte værdier, og de fleste vintre har 30-dages perioder, der overgår de traditionelle månedsværdier med adskillige %-points. Således har 1996 en korrektion på op til ca. $K_M = 135\%$ mod en maksimal månedsværdi på omkring 100% i figur 1, og 1991 øger fra 48% til 68% . I det samlede resultat har dette ingen effekt, men resultatet kan bruges til at demonstrere det mere detaljerede resultat, der opnås ved at korrigerer dynamisk på dagligt niveau frem for månedligt ved brug af enten aktuelle månedsberegninger eller ved hjælp af håndtal. Sommerperioden viser ikke disse forskelle af den enkle grund, at det især er skiftene mellem sne og regn, der giver de viste ekstremer og store forskelle. I appendiks C er vist månedlige værdier af K_M for 1989-2010.

På årsbasis ses relativt store variationer fra det ene år til det næste, og for glidende værdier på årsbasis ses der ret store og pludselige spring i korrektionsniveauet (figur 3). Dette sker, når kolde perioder af længere varighed og med sne indtræffer eller afsluttes og tjener til at illustrere, hvor stor betydning snedebør har på korrektionsniveau og nedbørmåling. Det ses af figur 3, at der i det meste af perioden er et korrektionsniveau på $14\text{-}15\%$, men at 4 perioder med en hel del sne skiller sig ud: omkring 1993, 1995-1996, 2005 og 2010. Toppen midt i 1990'erne skyldes den kolde og snerige vinter 1995-96, og det ses, at $K\%$ for en 365-dages periode når helt op på ca. 27% .

I figur 5 er den årlige værdi af $K\%$ opgjort mere traditionelt, og der ses en dæmpning af variationerne. De højeste værdier af $K\%$ er noget lavere og har sit maksimum omkring 20% i 1995 og 1996, og faktisk overstiger 2010 akkurat dette niveau. I figuren viser en tendenslinje en svagt stigende tendens for $K\%$, men stigningen er ubetydelig og må tilskrives tilfældigheder frem for en klimaændring, idet perioden slutter med et meget snerigt år 2010. Faktisk forvandler tendenskurven sig til et fald i $K\%$, hvis der ses bort fra 2010.



Figur 2. Glidende 30-dages middelværdi af korrektionsprocent for hele landet i perioden 1989-2010.



Figur 3. Glidende 365-dages middelværdi af korrektionsprocent for hele landet for perioden 1989-2010.

I tabel 1 er vist de årlige værdier af målt og korrigeret nedbørsum samt korrektionsværdi og andel af nedbøren som sne. De månedlige værdier af målt og korrigeret nedbørsum kan ses i appendiks A og B. Tabellen viser, at de årlige korrektioner svinger mellem 12-13 % i snefattige år til op omkring 20 % i snerige år, hvor 1995, 1996, 2005 og 2010 er i top. Af tabellen ses, hvor stor en del af den *målte* nedbør, der er faldet som sne. Her er 2010 i top med ca. 15 % sne, mens 1990 står som året med størst andel af regn, nemlig 99 %. Disse forhold afspejler sig klart i korrektionsniveauet. Månedlige værdier af sneprocent er vist i appendiks D.

Den styrende variabel for nedbørkorrektion er vindens hastighed omkring måleråbningen, altså i 1,5 meters højde. Desuden giver temperaturen indirekte informationer om sneens egenskaber, og regnintensiteten om regnens egenskaber. At K % for 2010 ikke er klart højere end 1995 og 1996, trods de større mængder sne, skyldes vindforholdene, idet de snerige måneder i 1995 og 1996 var mere blæsende end i 2010, hvilket kompenserer for den lavere snemængde disse to år.

Det interessante er nu, hvilket løft den samlede nedbør for hele perioden har fået som følge af korrektionen for fejlkilder, både måned for måned og på årsbasis. Dette gennemgås i næste afsnit.

3.2 Beregning af samlede korrektionsværdier

I det følgende opgøres for perioden 1981-2010 samlede værdier af sneprocent og korrektionsfaktor, samt målt og korrigeret nedbør inkl. differensen mellem disse. Værdierne præsenteres både i form af samlede landstal og som kort, der viser den regionale fordeling af værdierne. Der beregnes såvel månedstal som årsværdier.



Tabel 1. Årlige værdier af målt og korrigeret nedbørmængde (mm), korrektionsprocent K, og andel af nedbøren faldet som sne for hhv. målt ($\alpha_{\text{målt}}$) og korrigeret nedbør (α_{korr}).

	målt	korrigeret	K %	$\alpha_{\text{målt}}$ (%)	α_{korr} (%)
1989	564,6	646,7	14,55	3,2	4,5
1990	784,1	879,1	12,11	1,0	1,2
1991	631,9	720,2	13,98	3,3	4,8
1992	679,5	770,1	13,34	1,6	2,3
1993	735,3	852,6	15,96	7,0	9,5
1994	850,6	984,1	15,69	7,7	10,5
1995	627,9	752,9	19,91	10,9	14,4
1996	495,0	594,6	20,11	8,7	14,6
1997	601,2	689,2	14,64	4,4	6,1
1998	832,3	957,4	15,03	5,5	7,4
1999	877,0	995,3	13,49	4,5	6,0
2000	741,3	839,7	13,28	2,0	2,4
2001	734,4	858,2	16,85	7,8	11,4
2002	841,8	952,1	13,10	3,4	4,8
2003	611,6	694,1	13,50	4,4	6,3
2004	797,2	907,1	13,78	5,4	6,8
2005	627,5	743,7	18,52	8,8	13,0
2006	795,7	908,1	14,12	6,2	8,5
2007	846,9	970,8	14,63	3,9	6,1
2008	755,7	851,4	12,66	2,0	2,5
2009	714,9	815,7	14,09	5,4	7,0
2010	730,0	879,3	20,45	15,1	21,7

Korrektionsfaktoren for en pixel beregnes på døgnbasis som forholdet mellem korrigeret og målt nedbør vha. $K_{\alpha} = P_c/P_m$. Korrektionsprocenten beregnes som $K_{\%} = 100(K_{\alpha} - 1)$. Hvis K_{α} skal beregnes for en længere periode end et døgn og et areal større end en pixel, fås korrektionsfaktoren ved at beregne, hvor stor en samlet vandmængde der tilflyder det givne areal inden for den ønskede periode, f.eks. hele landet 1989-2010. Eller med andre ord, arealnedbøren før og efter korrektion.

Det kommer ud på et, om den samlede vandmængde omregnes til mm nedbør pr. pixel pr. dag eller ej. Således beregnes korrektionsfaktoren K_{α} for landet som helhed som forholdet mellem målt og korrigeret nedbør, der er summeret henover samtlige pixels (x,y) og døgn (d) i perioden 1989-2010:

$$\overline{K_{\alpha}} = \frac{\frac{1}{XY} \sum_{d=1}^D \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y P_c(dxy)}{\frac{1}{XY} \sum_{d=1}^D \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y P_m(dxy)} = \frac{\sum_{d=1}^D \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y P_c(dxy)}{\sum_{d=1}^D \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y P_m(dxy)} = \frac{\sum_{d,x,y} P_c}{\sum_{d,x,y} P_m}$$

Hvor D = antal døgn i perioden, og X·Y = antal pixels, dvs. arealet for fladen. Den samlede korrektionsprocent $K_{\%}$ for hele landet for 1989-2010 beregnes ved:

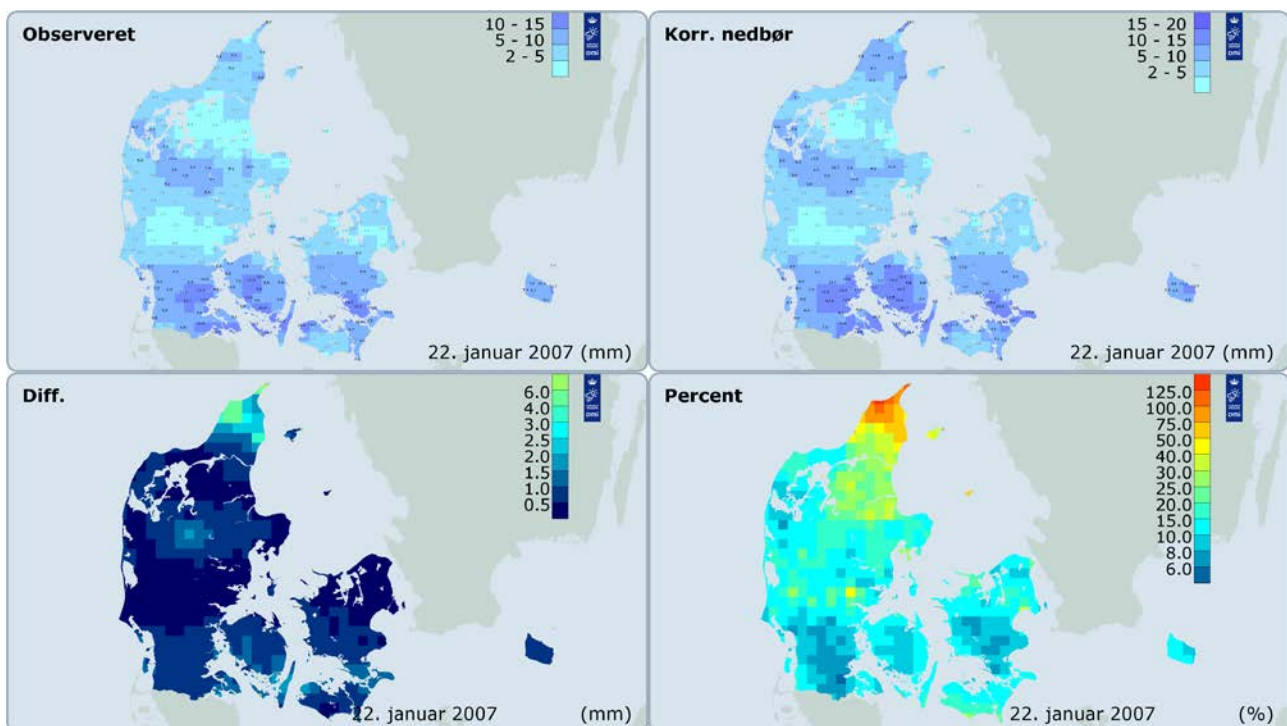
$$K_{\%} = 100 \left(\frac{\sum_{d,x,y} P_c}{\sum_{d,x,y} P_m} - 1 \right)$$

Det giver ikke umiddelbart mening at sammenligne landstal for $K_{\%}$ med den rumlige fordeling af $K_{\%}$, selvom de to tal er beregnet for den samme periode. Kortene over $K_{\%}$ afbilder værdierne pr. pixel (se eksempel i figur 4), og øjet vil uvilkårligt forsøge at skønne en samlet $K_{\%}$ -værdi som middelværdien for samtlige pixels i kortet. Imidlertid er hver enkelt pixel beregnet som:

$$K_{\%(pix)} = 100 \left(\frac{\sum_{d=1}^D P_{c(d)}}{\sum_{d=1}^D P_{m(d)}} - 1 \right)$$

Beregning af et landstal for korrektionsprocent ud fra pixelværdier, $K_{\%(pix)}$, er beregnet som en middelværdi, og vil derfor give et tal, der er en anelse forskelligt fra $K_{\%}$ beregnet ovenfor. Det ses ved sammenligning mellem nedenstående beregningsudtryk for $K_{\%(pix)}$ og udtrykket for $K_{\%}$:

$$\overline{K_{\%(pix)}} = \frac{1}{XY} \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y 100 \left(\frac{\sum_{d=1}^D P_{c(d)}}{\sum_{d=1}^D P_{m(d)}} - 1 \right)_{x,y}$$



Figur 4. Eksempel på kort over daglige værdier af målt og korrigeret nedbørsum, differens mellem målt og korrigeret nedbør, samt korrektionsprocent. Opløsningen er $10 \times 10 \text{ km}^2$.

3.2.1 Samlede værdier for hele perioden

Tabel 2 viser, hvor stor en del af nedbøren, der de enkelte måneder er faldet som sne. Den månedlige sneandel i procent, $\alpha(\%)$, er beregnet ved at vægte de enkelte døgn med den målte nedbørmængde for så vidt muligt at sikre, at $\alpha(\%)$ repræsenterer nedbørforholdene og ikke er påvirket af kolde, men tørre eller relativt tørre døgn.



Andelen af sne i den målte nedbør toppe i februar med ca. 25 %, mens de øvrige måneder i oktober til april varierer som ventet med forholdsvis sjælden forekomst af sne i oktober, lidt mere i april og mest sne i de traditionelle vinterperioder. På årsbasis udgør sneen 5,5 % af den samlede mængde målt nedbør, og 7,7 % af den korrigerede. Tallet for specielt februar kan synes overraskende højt set i lyset af de mange milde vintre i perioden, men der har faktisk været et antal vintre med en del sne i februar, og selv den rekordmilde vinter 2007 havde en flere dage lang snestorm i februar.

Tabel 2. Gennemsnitlig andel (%) af målt og korrigeret nedbør (mm) faldet som sne for perioden 1989-2010.

Sneandel %	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Målt	14,3	24,7	9,5	1,4	0	0	0	0	0	0,1	4,6	16,1
Korrigeret	18,3	32,2	12,8	1,7	0	0	0	0	0	0,1	6,2	21,1

Tabel 3 viser middelværdier af målt og korrigeret nedbør samt korrektionsprocent $K_M(\%)$ måned for måned og for året. Det ses, at den årlige nedbør øges med ca. 108 mm som følge af korrektionen svarende til en øgning på 14,7 %. Nedbørmængden er forhøjet fra 738,2 mm til en korrigeret værdi på 846,5 mm.

Henover året er der en systematisk variation i korrektionsniveauet. De højeste værdier ses i december til marts med værdier på 22-32 %, og højest i februar på 32,3 %, mens juni til september ligger lavest med 8-10 % og minimum i august på 8,2 %. Den store årstidsvariation kan ikke kun forklares med højere vindhastighed i vinterhalvåret, men skyldes hovedsagelig de langt større korrektioner for sne, hvilket da også afspejler sig tydeligt i forholdet mellem $\alpha(\%)$ og $K_M(\%)$.

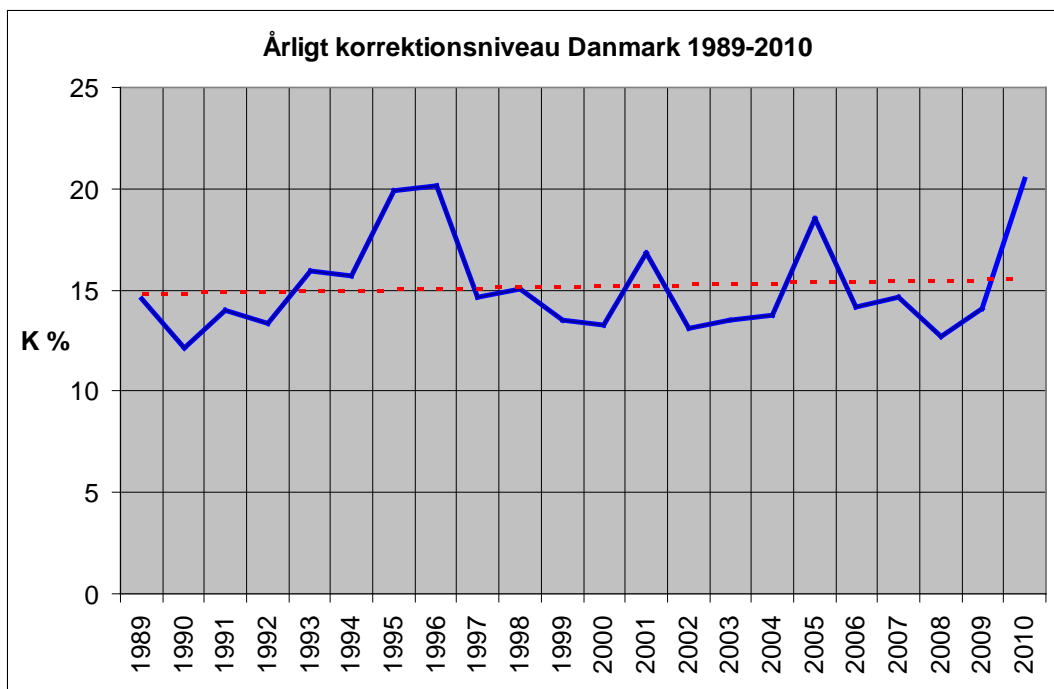
Tabel 3. Målt nedbør P_m og korrigeret nedbør P_c (mm) samt korrektionsprocent for perioden 1989-2010.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Året
P_m	61,0	50,6	46,9	37,7	44,4	61,6	61,4	77,5	70,8	79,9	66,9	63,0	721,7
P_k	74,4	66,9	57,1	44,2	49,2	67,6	67,0	83,9	77,4	88,0	77,5	77,0	830,1
$K \%$	22,1	32,3	21,7	17,1	10,8	9,6	9,1	8,2	9,3	10,2	15,9	22,2	15,0

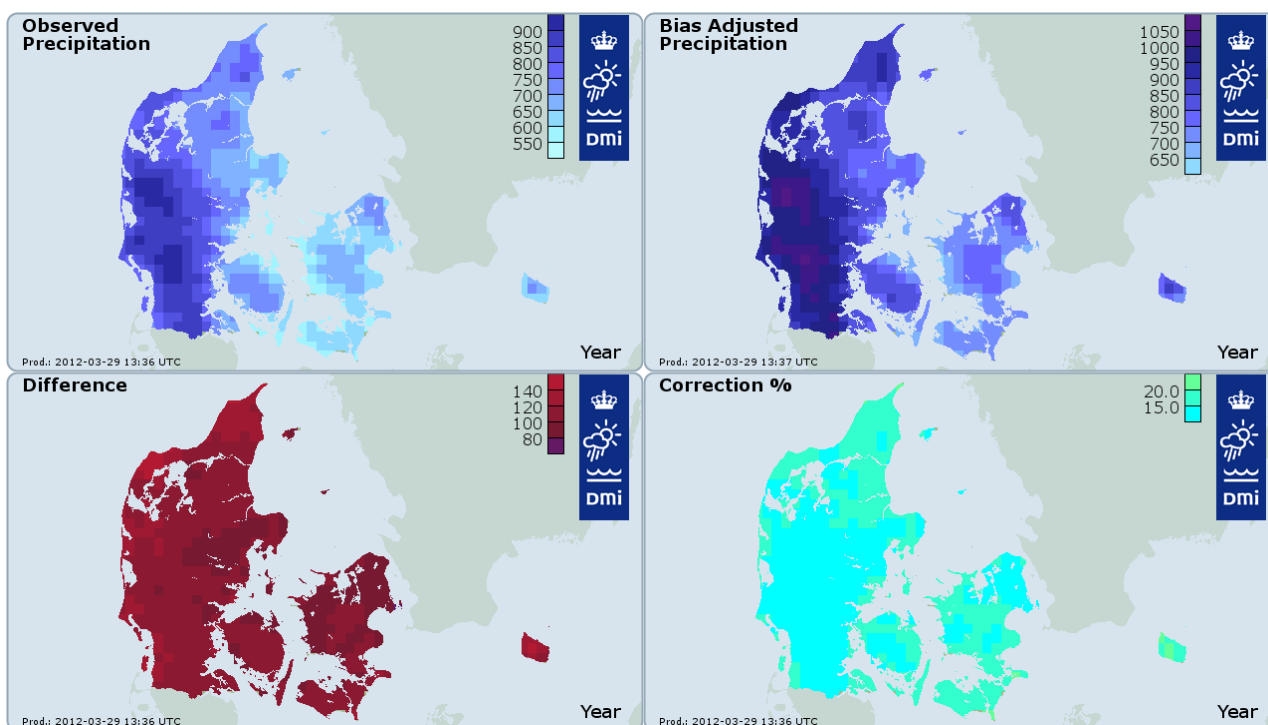
3.2.2 Spatiale fordeling af samlede værdier

I appendiks E er vist den rumlige fordeling af $K_\%$ for de enkelte måneder i året. Desuden er vist kort over målt og korrigeret nedbør samt differensen mellem de to kort.

Figur 6 viser korrektionsniveauet for 1989-2010 på årsbasis. Dette kort er særlig interessant, da det nuancerer det generelle K -niveau på 15,0 % for perioden. Der ses betragtelige regionale forskelle, som kan tilskrives systematiske rumlige variationer i de styrende variable. Generelt er det mildere og mere blæsende ved kysterne, særlig vestvendte kyster, og der falder mere begrænsede mængder sne her. I indlandet er vindhastigheden lavere, det er koldere, og der falder mere sne. Desuden ses der forskelle mellem Jylland og øerne. Hvor læforholdene på kortere tidsskala såsom de enkelte døgn og endog måneder kan ses afspejlet i korrektionsforholdene ud over landet, er disse forskelle udjævnet på årsbasis og også på månedsbasis for hele perioden. Der kan ses systematiske forskelle henover landet i korrektionsniveauet. Indlandet har lavere $K_\%$ værdier, mens visse kystegne har de højeste korrektioner, særlig kyster ud til Østersøen, Nordsøen og Kattegat. Indlandet i Midt- og Sønderjylland har generelt de laveste korrektioner, men også det indre af Fyn og Sjælland er godt med.



Figur 5. Traditionelt opgjort variation i årlig korrektionsprocent for hele landet i perioden 1989-2010. Den røde kurve angiver trenden i K % henover perioden.



Figur 6. Samlet værdi hhv. differens mellem målt og korrigeret nedbør samt korrektionsprocent for perioden 1989-2010.



Opstillet helt simpelt kommer korrektionsniveauet på så lang en tidsskala af den kombinerede effekt af, hvor hyppigt der forekommer sne med høje korrektioner på den ene side og høje vindhastigheder på den anden. I det lange tidsperspektiv er vindhastigheden generelt lavere inde over land, men det er også her, snedebør er mest sandsynlig. Det er to modsatrettede komponenter, hvor det er afgørende for kyst-land variationen i korrektionsniveauet, ved hvilke vindhastigheder der forekommer sne, og hvor ofte sneen forekommer. Der er sandsynligvis et ”tipping point”, hvor bestemte kombinationer af vindhastighed, snedebør og snehyppighed får $K_{\%}$ til at skifte fra at være lavest til at være højest inde i landet, også henover en længere periode.

3.3 Opsamling

Månedlige og årlige værdier af korrigeret nedbørmængde og korrektionsprocent $K_{\%}$ er beregnet for 1989-2010, og der er produceret såvel samlet landgældende statistik som kort, der viser de rumlige variationer. Der kan konstateres store årlige variationer i korrektionsniveau, med 1995, 1996 og 2010 i top med omkring 20 % og 1990 i bund med lige over 12 %. Disse år er samtidig yderpunkterne for, hvor stor en andel af den årlige nedbør, der udgøres af sne. Udover en udtalt årstidsvariation i $K_{\%}$, er andelen af sne afgørende for det månedlige og årlige korrektionsniveau.

Den samlede korrektion er på landsplan 15,0 % om året svarende til en forøgelse af den målte nedbørmængde med 108 mm. I gennemsnit udgør sne 7-8 % af den korrigerede årsnedbør med top i februar med nær 1/3-del af nedbøren som sne. Denne måned har da også den højeste $K_{\%}$ værdi.



4. Konklusion

Nedbørmålinger ved manuelle nedbørstationer er korrigeret for fejlkilder for perioden 1989-2010 vha. en model for korrektion af fast, blandet og flydende nedbør, og der er benyttet en opsætning, der som input tager døgnværdier af vindhastighed V og lufttemperatur T samt bestemmer vejrtypen ud fra døgnværdier af T . Modellen er benyttet til at beregne daglige korrektioner ved nedbørstationer, hvorefter korrigeret nedbør ved interpolation er beregnet for hele landet i et net med feltdimensionen $10 \times 10 \text{ km}^2$. Modellen og dens opsætning er gennemgået i del 3 i en rapportserie, som nærværende rapport er en del af.

På basis af interpolerede korrektionsværdier for hele landet er det daglige korrektionsniveau, såvel som det månedlige og årlige for hele perioden, blevet beregnet. En detaljeret gennemgang af de daglige værdier viser både fordele og begrænsninger ved modellen, men generelt synes beregningsteknikken robust og leveringsdygtig i valide resultater. Det årlige korrektionsniveau for hele perioden 1989-2010 ligger på 15,0 %, der som ventet udviser store variationer henover året. Størst korrektion ses i februar med ca. 32 %, og mindst i sommermånederne med ca. 8-10 %. Denne variation hænger sammen med den årlige gang i vindhastighed og nedbørtype.

Beregningerne for 1989-2010 giver en realistisk afspejling af det daglige korrektionsniveau, hvilket især er tydeligt, når nedbørtypen skifter mellem sne og regn, og på månedlig og årlig basis ses forklarlige og valide rumlige variationer i niveauet. Indlandet har generelt lavere korrektioner end kystnære egne. Den gennemsnitlige målte årsnedbør er for perioden på 722 mm, mens den korrigerede mængde er beregnet til 830 mm, svarende til det før nævnte årlige korrektionsniveau på 15 %. Således medvirker analyserne til at øge vidensgrundlaget for nedbørforhold og nedbørkorrektion i Danmark.



5. Referencer

Allerup, P. and H. Madsen (1979): Accuracy of point precipitation measurements. Danish Meteorological Institute, Climatological Papers, No. 5, Copenhagen 1979, 84p.

Allerup, P., Madsen, H., og Vejen, F. (1997): A Comprehensive Model for Correcting Point Precipitation. Nordic Hydrology, vol. 28, 1-20.

Allerup, P., Madsen, H., og Vejen, F., 1998: Standardværdier (1961-90) af nedbørkorrektioner. Danish Meteorological Institute, Technical Report, No. 98-10, Copenhagen 1998, 19 sider.

Refsgaard, J. C., S. Stisen, A. L. Højberg, M. Olsen, H. J. Henriksen, C. D. Børgesen, F. Velen, C. Kern-Hansen, og G. Blicher-Mathiesen (2011): Vandbalance i Danmark. Vejledning i opgørelse af vandbalance ud fra hydrologiske data for perioden 1990-2010. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2011/77. GEUS, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, Klima- og Energiministeriet 2011.

Vejen, F. (2005): Pilotprojekt: Beregning af dynamisk korrektion af nedbør på Samsø, 1989-2003. Teknisk Rapport 05-16, Danmarks Meteorologiske Institut, 56 p.



6. Appendiks A: målt nedbørsum (referencenedbør) 1989-2010

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	året
1989	17,4	52,1	70,9	38,2	24,9	35,7	52,8	67,7	31,4	90,1	24,9	58,4	564,6
1990	79,0	88,1	31,1	34,8	23,4	77,0	43,3	73,8	142,6	75,7	55,7	59,8	784,1
1991	67,3	31,1	33,5	45,3	25,5	96,6	40,3	42,3	64,2	51,8	84,5	49,5	631,9
1992	40,4	35,9	72,3	62,8	25,0	1,1	43,6	113,5	46,0	75,0	120,2	43,7	679,5
1993	97,8	27,2	18,3	16,6	25,1	24,5	95,8	83,2	111,6	76,8	43,7	114,7	735,3
1994	96,2	48,6	90,7	32,1	31,0	64,2	14,3	106,3	164,4	56,8	53,1	92,7	850,6
1995	102,0	68,9	59,2	39,8	52,5	54,2	26,5	23,0	92,3	43,2	42,3	24,0	627,9
1996	5,5	29,6	8,2	10,1	63,2	23,5	34,4	60,8	54,9	71,5	97,4	36,0	495,0
1997	5,8	74,9	28,8	35,8	67,7	58,7	58,7	42,5	43,5	80,9	42,8	61,1	601,2
1998	67,0	48,3	58,5	76,5	29,0	79,9	88,1	59,1	56,6	160,9	49,8	58,6	832,3
1999	75,0	51,3	82,4	38,4	45,7	118,6	56,1	89,1	78,7	78,9	31,9	130,7	877,0
2000	56,6	70,5	59,2	42,4	48,6	55,0	40,8	46,4	72,4	92,5	88,5	68,3	741,3
2001	44,4	45,1	39,5	62,8	32,2	63,8	45,2	89,7	133,2	61,0	57,1	60,5	734,4
2002	85,6	103,5	37,7	31,0	45,6	97,2	108,4	72,1	32,1	112,3	86,2	30,2	841,8
2003	45,9	11,5	16,0	57,8	70,8	77,7	73,8	39,6	40,9	54,7	54,5	68,4	611,6
2004	94,0	37,3	47,2	39,9	30,6	69,7	75,8	104,8	69,7	106,1	54,8	67,3	797,2
2005	60,3	42,9	41,3	27,0	58,3	53,9	91,2	52,7	29,0	55,5	67,7	47,7	627,5
2006	30,9	49,1	39,8	52,6	74,3	27,0	32,5	145,6	35,8	119,4	80,6	108,2	795,7
2007	118,7	76,8	40,2	10,2	69,9	123,3	125,5	59,6	81,9	31,7	46,3	62,8	846,9
2008	84,2	44,1	73,4	40,3	13,0	37,4	53,3	143,1	62,8	103,8	68,1	32,4	755,7
2009	39,3	33,9	52,1	9,8	55,4	64,6	84,2	64,1	42,2	76,4	123,0	70,0	714,9
2010	28,3	41,6	32,0	25,9	65,2	52,2	67,3	125,5	71,3	82,1	98,3	40,3	730,0



7. Appendiks B: korrigeret nedbørsum 1989-2010

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	året
1989	21,0	60,7	82,0	45,1	27,7	39,1	57,9	74,1	34,8	99,0	30,3	74,9	646,7
1990	91,5	101,4	37,6	40,9	26,4	83,3	48,1	80,1	154,3	83,2	63,1	69,3	879,1
1991	76,8	46,1	39,6	52,2	28,3	106,3	44,6	46,8	70,0	57,5	95,9	56,2	720,2
1992	47,1	43,2	86,1	74,7	28,2	1,5	47,9	122,9	50,6	82,4	135,7	49,7	770,1
1993	115,7	35,7	22,8	20,3	27,9	28,0	104,9	90,7	121,1	83,4	59,3	142,7	852,6
1994	115,3	73,4	113,5	37,7	34,6	70,9	15,8	113,9	179,1	62,6	60,9	106,4	984,1
1995	134,1	79,4	72,3	47,1	57,7	60,2	29,3	25,0	101,1	48,4	55,3	42,9	752,9
1996	10,7	60,1	13,4	12,7	69,7	26,6	38,2	65,7	60,0	78,8	114,3	44,4	594,6
1997	9,5	92,8	39,3	43,2	74,6	64,1	63,6	45,4	48,6	89,7	49,1	69,4	689,2
1998	77,1	60,5	74,1	91,8	32,7	87,4	97,0	65,5	62,2	177,7	57,7	73,7	957,4
1999	90,2	63,6	95,6	45,0	50,8	128,0	61,4	95,7	84,8	87,1	37,7	155,3	995,3
2000	66,3	83,2	69,2	48,4	54,0	60,9	45,1	50,9	78,8	103,1	100,0	79,7	839,7
2001	52,4	63,5	53,1	72,1	35,9	70,4	49,5	97,2	144,7	68,7	65,4	85,3	858,2
2002	99,7	129,8	45,7	36,2	50,8	105,6	117,0	76,8	35,0	123,0	95,6	37,0	952,1
2003	60,1	17,9	21,1	64,7	77,7	85,0	79,6	43,6	45,0	60,4	61,5	77,6	694,1
2004	119,4	46,3	54,9	45,3	34,2	77,6	82,7	112,6	77,0	116,4	63,2	77,5	907,1
2005	71,3	72,6	52,1	31,5	65,0	58,8	98,4	57,5	32,4	60,8	77,8	65,5	743,7
2006	47,2	63,8	49,6	61,8	81,8	30,3	35,4	155,0	39,7	130,0	91,9	121,7	908,1
2007	136,8	115,4	47,0	12,8	76,6	132,4	135,4	65,6	89,8	35,0	53,1	70,8	970,8
2008	98,2	51,2	89,0	45,9	14,3	42,6	58,2	154,6	68,2	114,1	77,7	37,3	851,4
2009	47,0	43,7	59,5	11,7	61,5	70,7	91,9	69,9	47,2	84,4	138,2	89,9	815,7
2010	50,2	66,9	39,2	30,6	71,9	56,5	73,0	135,1	78,2	89,9	121,8	66,0	879,3



8. Appendiks C: månedlige korrektionsprocenter 1989-2010

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	året
1989	20,5	16,5	15,7	18,0	11,3	9,8	9,6	9,4	10,8	9,9	21,8	28,2	14,55
1990	15,9	15,1	20,9	17,4	12,9	8,2	11,1	8,5	8,2	9,9	13,2	15,9	12,11
1991	14,1	48,3	18,1	15,2	10,8	10,0	10,7	10,6	9,1	11,2	13,4	13,6	13,98
1992	16,7	20,6	19,1	19,0	12,7	37,6	9,9	8,3	10,1	9,8	12,9	13,6	13,34
1993	18,3	31,4	24,3	22,2	11,3	14,4	9,5	9,1	8,5	8,7	35,5	24,5	15,96
1994	19,8	50,9	25,1	17,6	11,5	10,5	10,5	7,1	8,9	10,1	14,7	14,7	15,69
1995	31,5	15,3	22,1	18,4	10,0	11,1	10,4	8,9	9,6	11,9	30,6	78,8	19,91
1996	96,2	102,9	62,7	26,5	10,3	13,5	10,9	8,0	9,2	10,3	17,3	23,2	20,11
1997	64,1	23,8	36,3	20,8	10,2	9,3	8,3	6,8	11,6	10,8	14,8	13,6	14,64
1998	15,2	25,2	26,7	19,9	12,7	9,4	10,1	10,9	9,8	10,4	15,9	25,8	15,03
1999	20,3	23,9	15,9	17,1	11,1	7,9	9,4	7,4	7,7	10,5	18,3	18,8	13,49
2000	17,1	17,9	16,9	14,0	11,1	10,7	10,5	9,9	8,8	11,5	13,0	16,7	13,28
2001	18,0	40,7	34,4	14,8	11,6	10,3	9,5	8,4	8,6	12,6	14,5	41,0	16,85
2002	16,5	25,4	21,1	17,1	11,3	8,6	7,9	6,6	9,2	9,5	10,9	22,5	13,10
2003	30,9	55,1	32,0	12,0	9,7	9,4	7,9	10,3	10,0	10,4	12,8	13,4	13,50
2004	27,0	24,1	16,3	13,6	11,9	11,3	9,1	7,4	10,6	9,7	15,4	15,2	13,78
2005	18,2	69,0	26,1	16,7	11,5	9,2	7,9	9,1	11,7	9,6	14,9	37,3	18,52
2006	52,8	30,0	24,8	17,5	10,1	12,3	9,1	6,4	10,8	8,9	14,0	12,5	14,12
2007	15,2	50,3	17,0	25,3	9,5	7,4	7,9	10,0	9,7	10,4	14,8	12,8	14,63
2008	16,6	16,1	21,3	14,0	9,9	13,9	9,3	8,0	8,7	10,0	14,2	15,4	12,66
2009	19,8	29,0	14,1	19,1	11,1	9,5	9,2	9,1	11,6	10,4	12,4	28,3	14,09
2010	77,5	60,9	22,4	18,1	10,2	8,2	8,4	7,6	9,7	9,5	24,0	63,9	20,45



9. Appendiks D: månedlige værdier af sneprocent 1989-2010

Andel (%) af målt nedbør faldet som sne.

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	året
1989	0,5	0,8	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	24,3	3,2
1990	2,1	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	7,0	1,0
1991	0,7	62,3	1,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,5	3,3
1992	4,2	6,3	5,2	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,4	0,4	1,6
1993	5,6	25,3	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,5	20,2	7,0
1994	12,4	67,2	20,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,7	7,7
1995	33,0	2,1	6,4	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	92,9	10,9
1996	80,4	69,0	59,1	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	17,5	8,7
1997	76,9	13,0	21,6	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2,0	4,2	4,4
1998	3,5	12,0	20,1	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	25,8	5,5
1999	14,4	19,1	4,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	9,9	4,5
2000	4,1	7,2	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	2,0
2001	7,5	39,0	21,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	44,7	7,8
2002	7,0	14,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	17,0	3,4
2003	28,6	65,3	19,1	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	2,9	4,4
2004	30,5	20,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	6,0	5,4
2005	3,6	56,3	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	38,2	8,8
2006	73,0	34,3	23,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	6,2
2007	3,3	36,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,7	3,9
2008	4,0	0,5	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	8,5	2,0
2009	10,1	40,7	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,5	5,4
2010	91,3	71,3	13,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	81,4	15,1

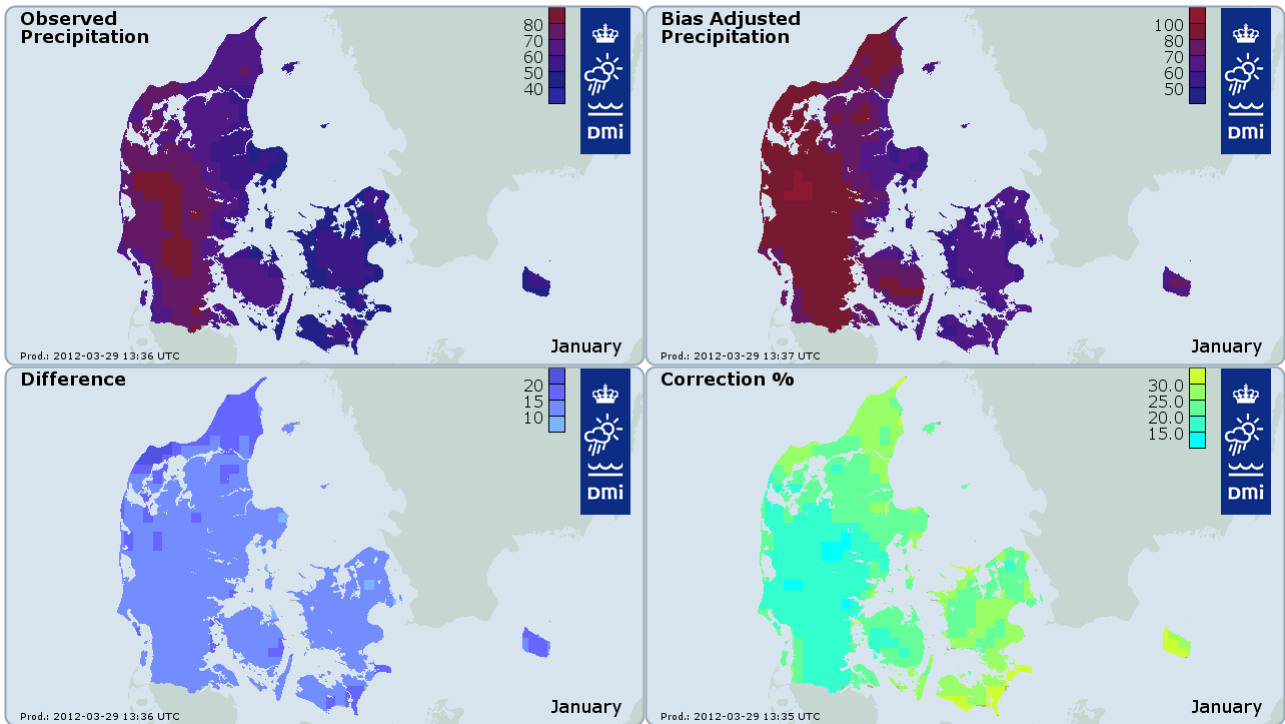


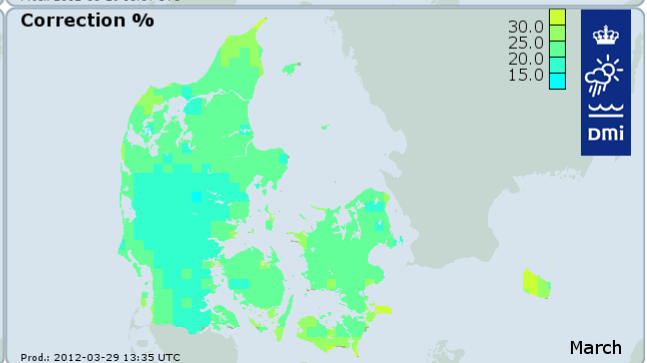
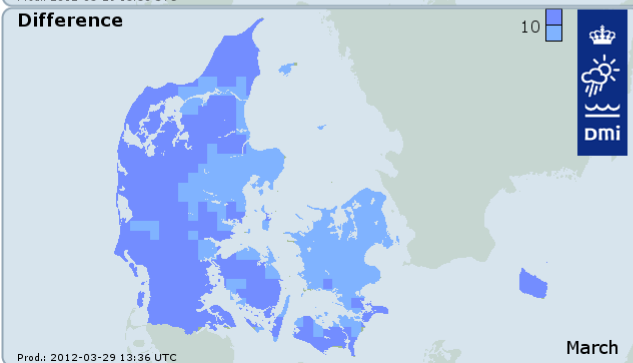
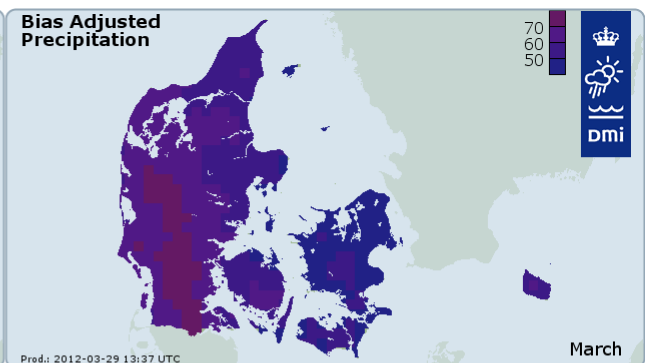
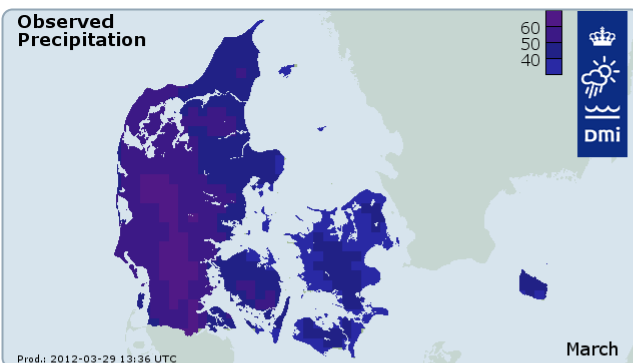
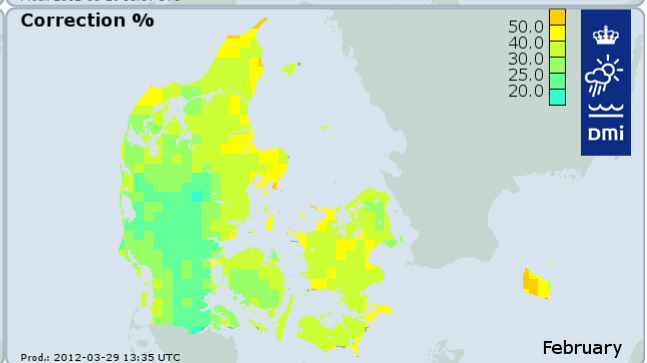
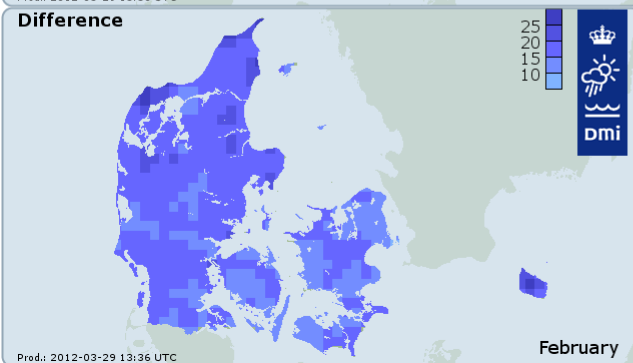
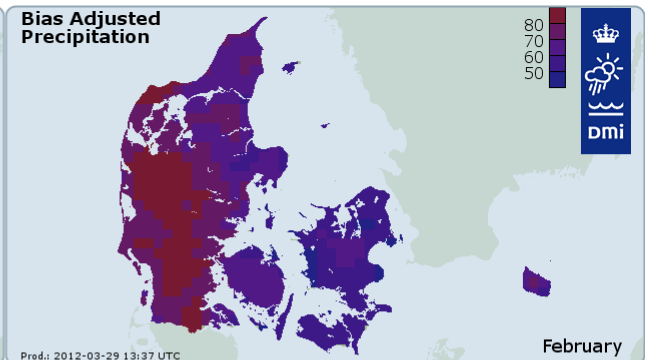
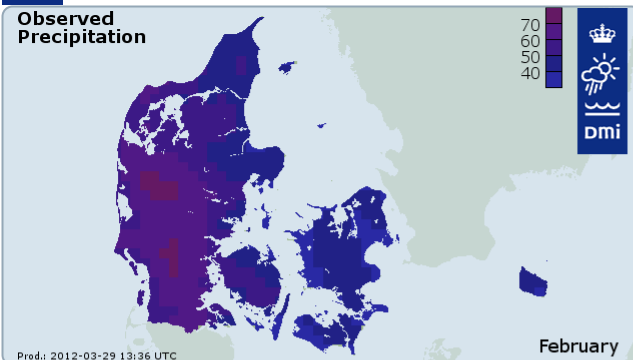
Andel (%) af korrigeret nedbør faldet som sne.

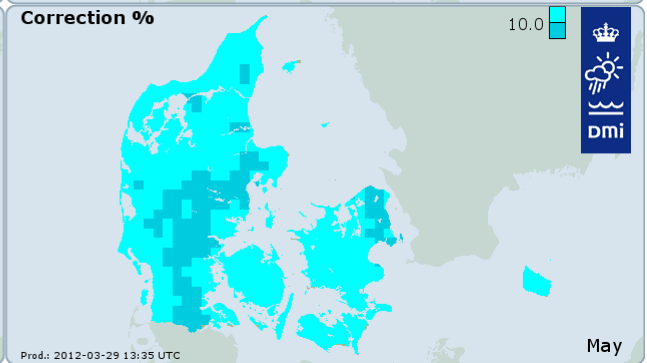
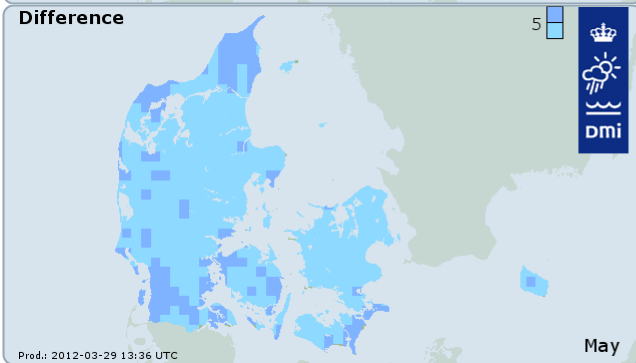
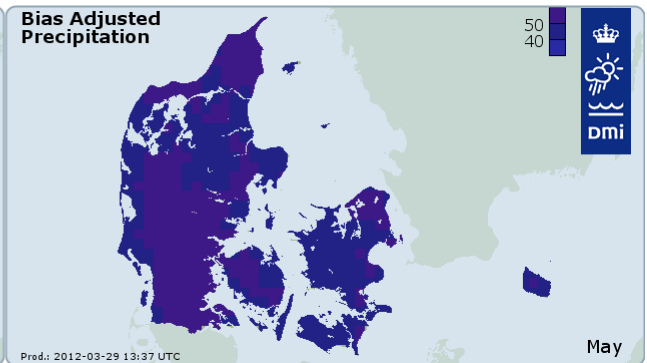
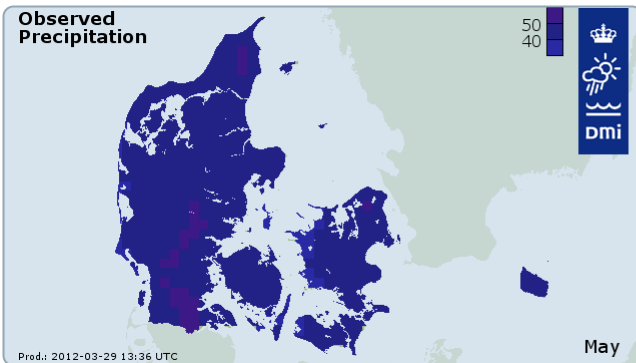
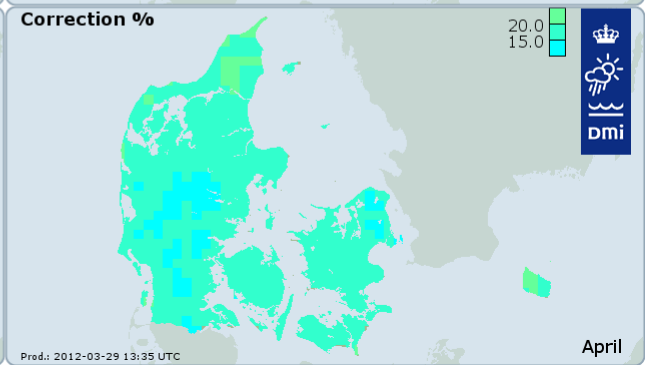
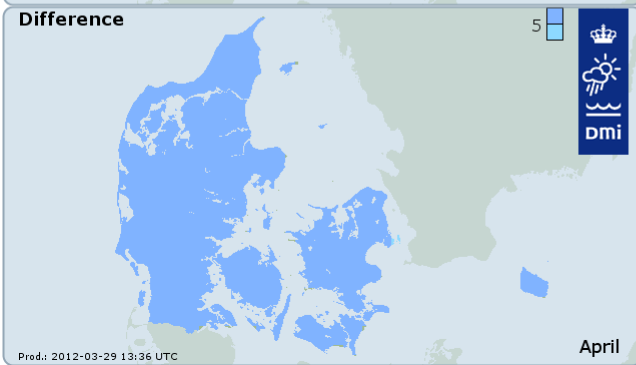
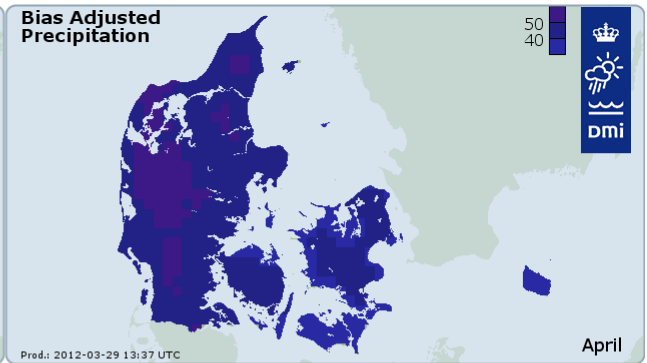
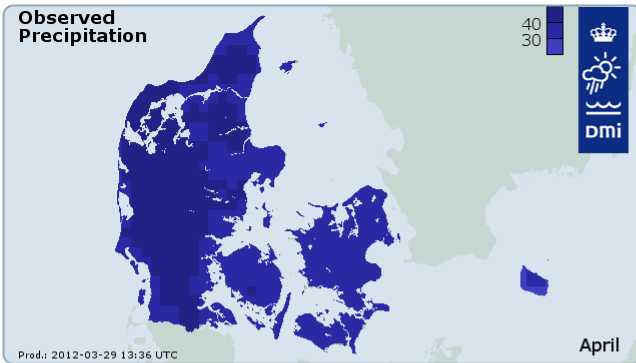
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	året
1989	0,5	1,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	31,2	4,5
1990	2,7	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	8,0	1,2
1991	0,9	70,5	1,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,6	4,8
1992	4,6	9,7	7,8	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,4	0,6	2,3
1993	7,1	29,3	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,6	24,1	9,5
1994	15,1	74,0	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	3,5	10,5
1995	36,3	2,5	8,1	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,4	94,4	14,4
1996	84,0	81,0	62,6	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	22,2	14,6
1997	77,3	16,8	28,8	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	2,2	5,1	6,1
1998	4,3	17,6	25,5	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	32,0	7,4
1999	18,6	23,6	5,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	12,5	6,0
2000	5,5	8,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	2,4
2001	9,6	50,0	31,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	51,0	11,4
2002	7,8	19,3	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	22,6	4,8
2003	37,3	67,3	24,7	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	3,4	6,3
2004	35,3	24,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	6,8	6,8
2005	4,8	62,5	24,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	47,4	13,0
2006	77,8	37,6	30,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	8,5
2007	4,4	45,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,9	6,1
2008	5,1	0,6	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	9,0	2,5
2009	12,3	43,3	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,3	7,0
2010	92,0	76,7	18,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,2	85,5	21,7

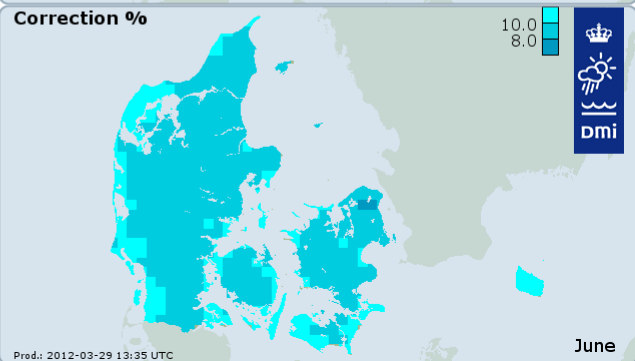
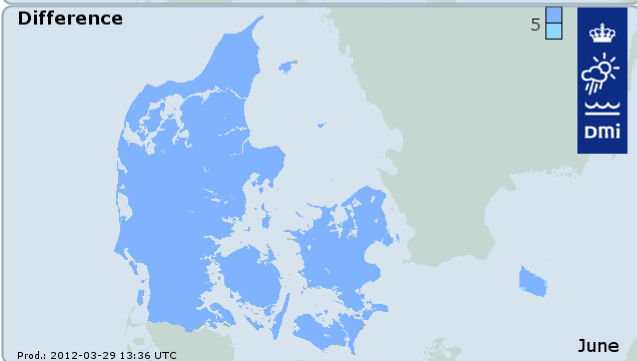
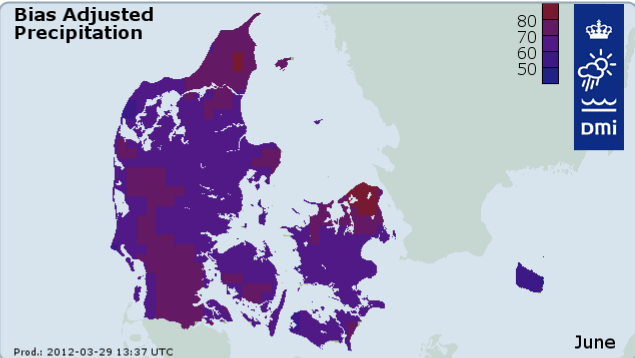
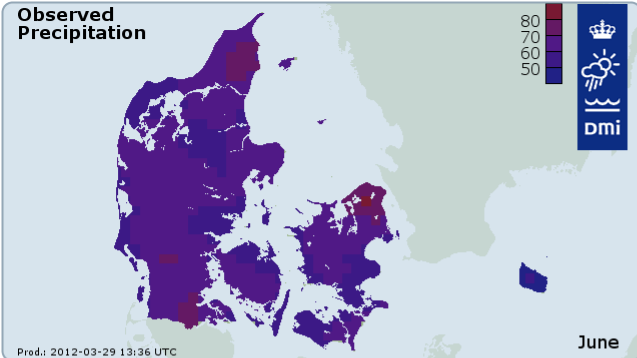


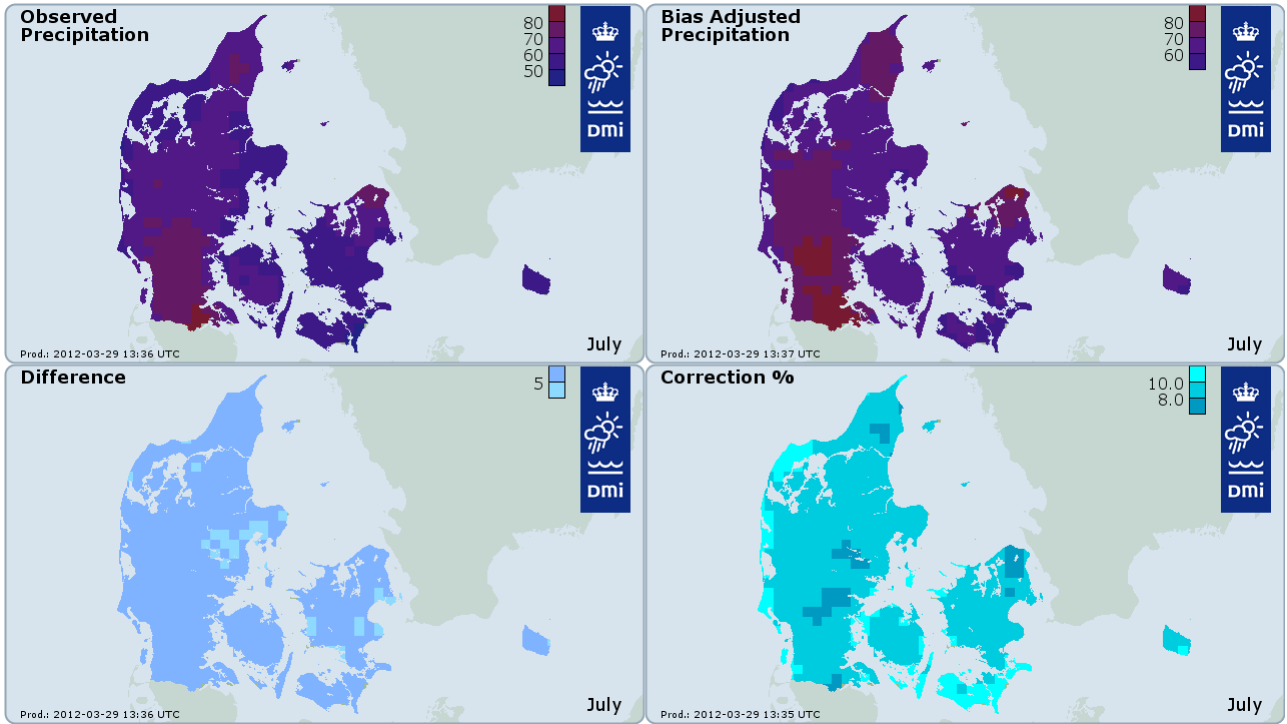
10. Appendiks E: samlede månedskorrekktioner 1989-2010

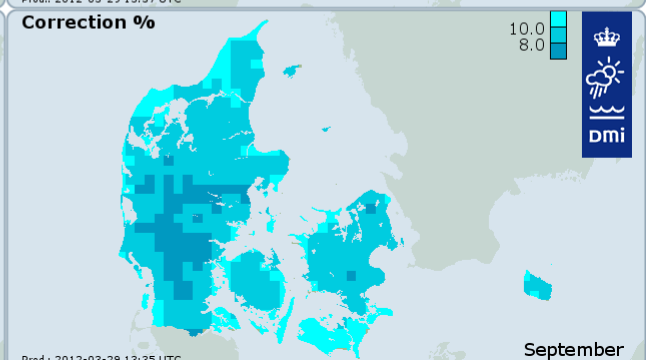
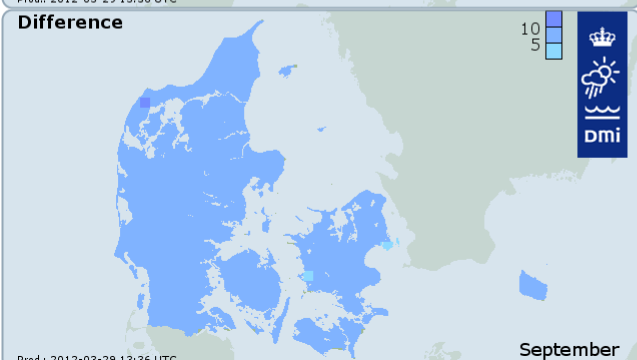
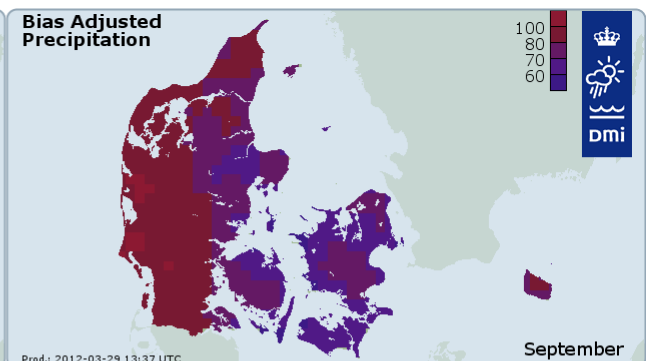
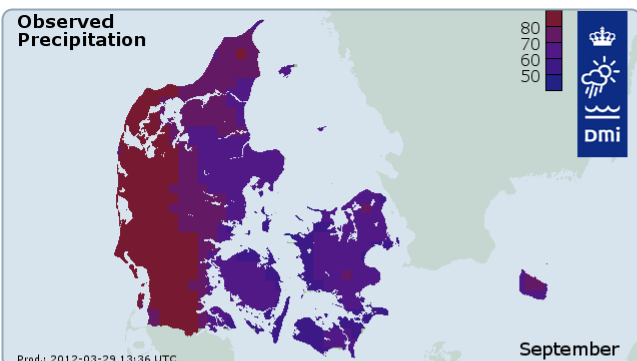
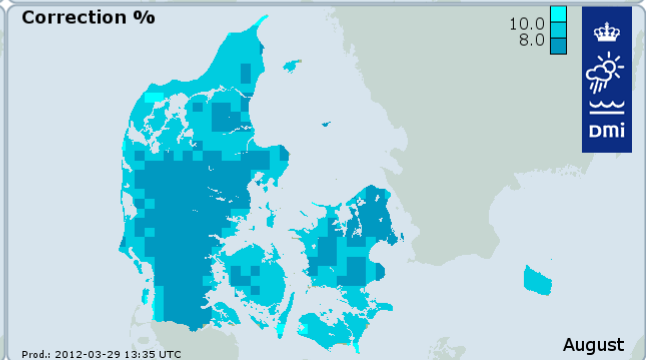
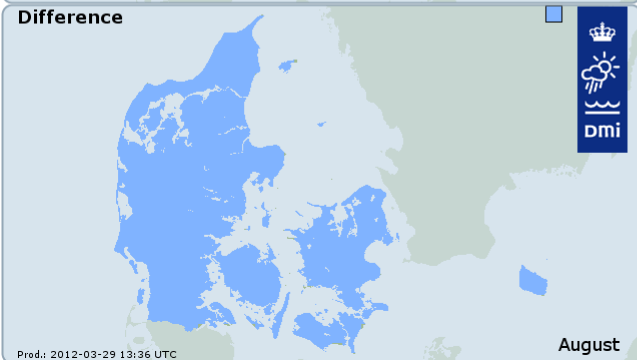
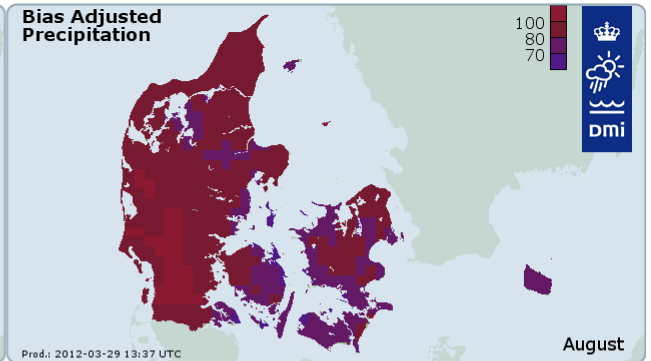
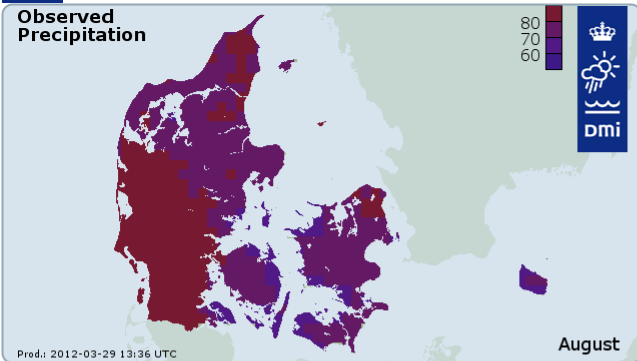


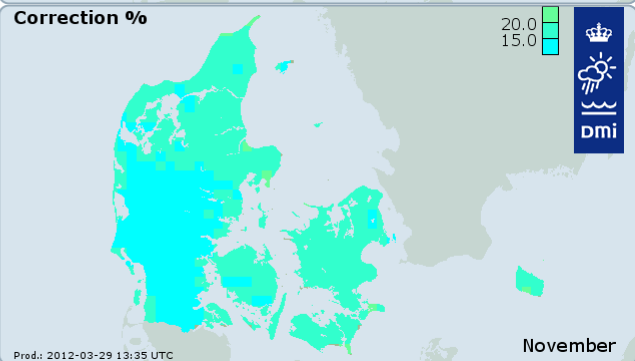
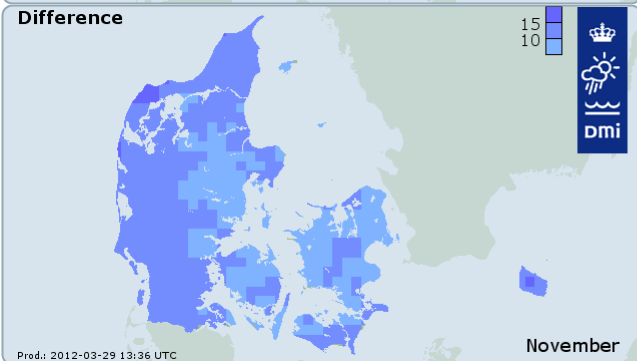
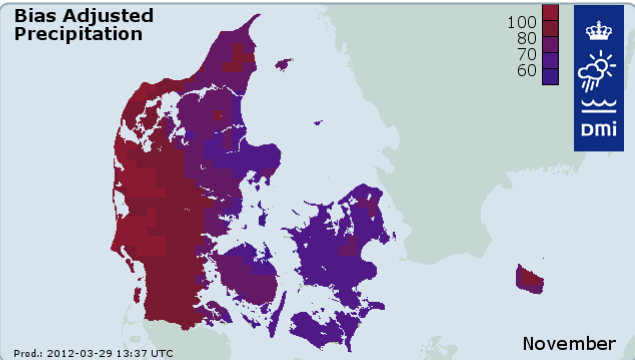
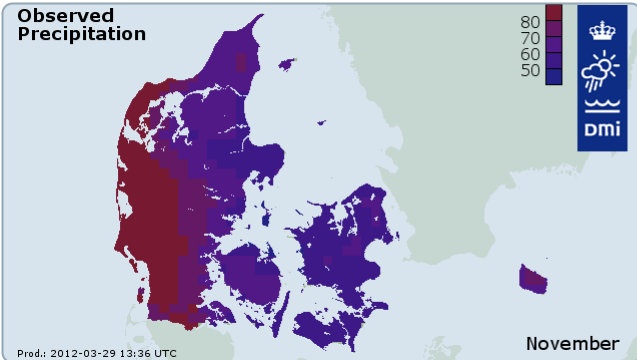
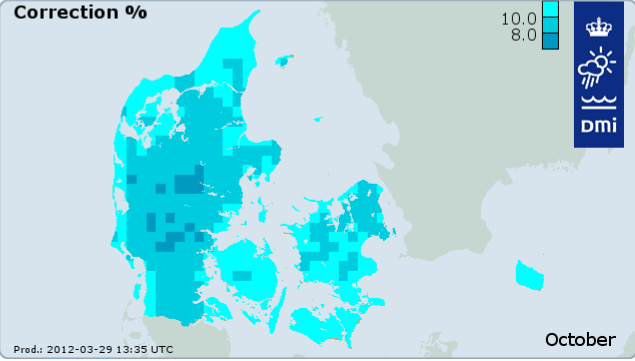
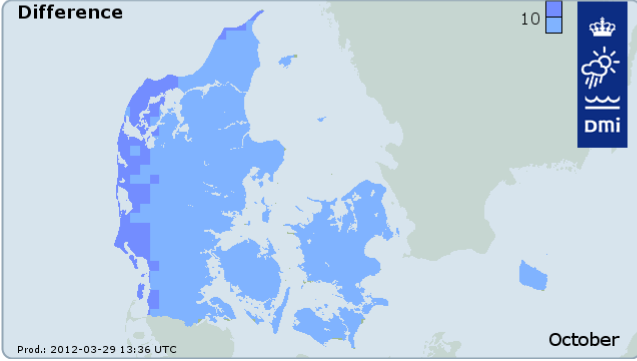
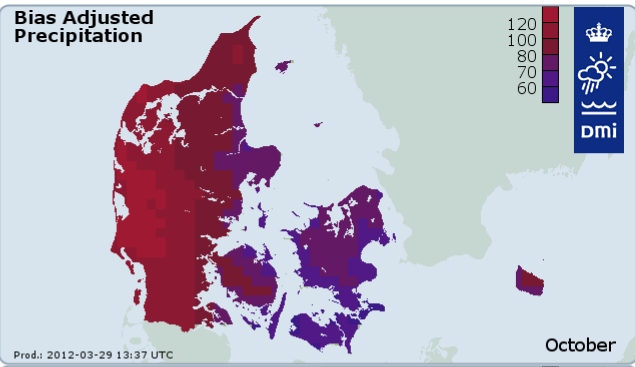
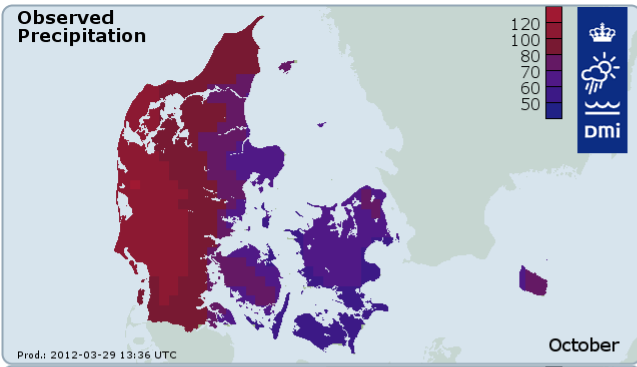


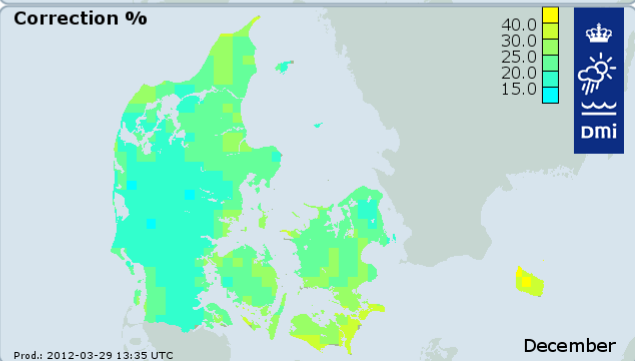
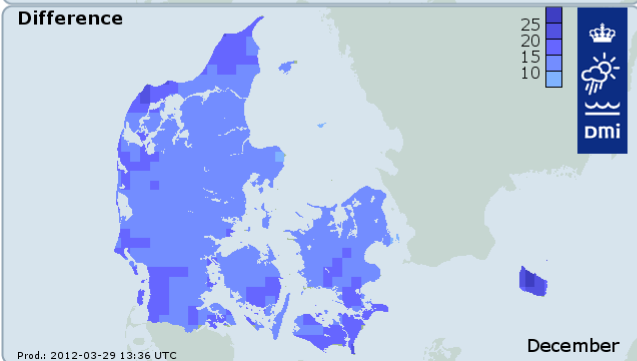
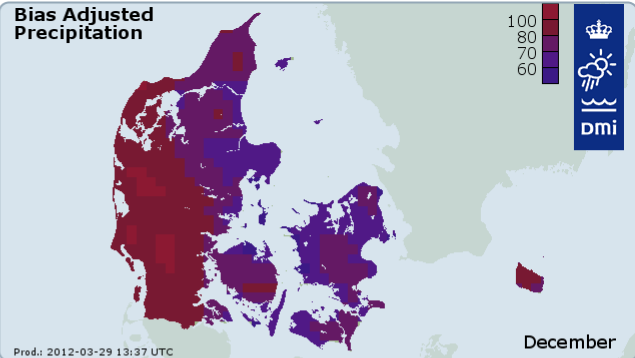
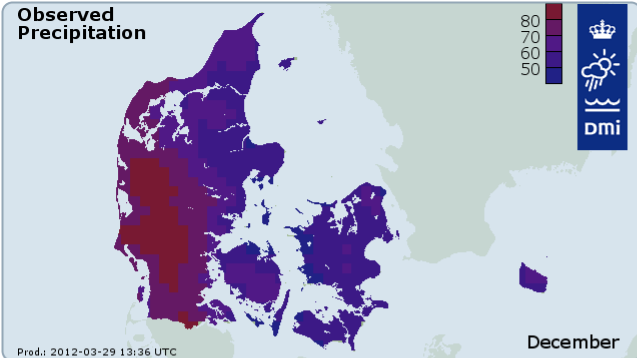














Previous reports

Previous reports from the Danish Meteorological Institute can be found on:
<http://www.dmi.dk/dmi/dmi-publikationer.htm>



Dmi
Klima- og Energiministeriet

Dokumentation og beskrivelse

Korrigeret Nedbør 1989-2010

Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø
og Energi, Aarhus Universitet

Del 5 af 6 Modeltekniske specialtilfælde

April 2012

Flemming Vejen
Danmarks Meteorologiske Institut



Dmi

Klima- og Energiministeriet



Indhold:

1. Resumé.....	4
2. Introduktion.....	5
3. Modeltekniske specialtilfælde og andre eksempler	6
3.1 Små nedbørmængders indvirkning på korrektionsprocenten	7
3.2 Læforholdenes betydning for korrektionsniveauet.....	7
3.3 Korrektion af regn ved meget høje vindhastigheder.....	11
3.4 Nedbørtypens betydning for korrektionsresultater	12
3.4.1 Korrektion af sne	12
3.4.2 Korrektion af regn og sne i samme døgn	14
3.4.3 Atypisk fordeling af nedbørtype ved sne	16
3.5 Lokalt meget høj eller meget lav korrektionsprocent.....	20
3.6 Stedvis stor eller lille forskel mellem målt og korrigeret nedbør	23
3.7 Effekt af at beregne sneprocent vha. lufttemperatur	25
3.8 Modeltekniske effekter af gridcellernes størrelse.....	28
3.9 Sammenfatning.....	30
4. Konklusion	32
5. Referencer.....	33



1. Resumé

Dette notat er ét ud af seks dokumentationsnotater, der beskriver datafiler, metode, generelle resultater samt modeltekniske specialtilfælde i projekt ”Korrigeret nedbør 1989-2010; Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet” .

De fem dokumentationsnotater omhandler:

- Del 1: Punktværdifiler
- Del 2: Gridværdifiler
- Del 3: Metodebeskrivelse
- Del 4: Resultater
- Del 5: Modeltekniske specialtilfælde
- Del 6: Grafikfiler

Nærværende notat er Del 5: Modeltekniske specialtilfælde.



2. Introduktion

Der er de senere år arbejdet en del med at få udviklet og implementeret en praktisk metodik til korrektion af nedbørmålinger for diverse fejlkilder, herunder specielt den bias, der skyldes vindens indflydelse på nedbørmåling. Arbejdet har hovedsagelig drejet sig om at få skabt en model til dynamisk korrektion af nedbør frem for anvendelsen af de statiske og mere unøjagtige klimatologiske værdier af nedbørkorrektion, ofte benævnt standardværdier eller 'håndtal' (Allerup, Madsen og Vejen, 1998). Disse standardværdier gav korrektioner, der var noget højere end de hidtil anvendte standardværdier (Allerup og Madsen, 1979). Standardværdierne fra 1998 var baseret på dynamisk gennemregning af korrektionsforholdene ved 12 klimastationer, der var placeret inde i landet, og for en forholdsvis begrænset periode, 1989-1996.

Det er vigtigt at skelne mellem selve den generelle model til korrektion af nedbørmålinger (Allerup, Madsen og Vejen, 1997), og den praktiske implementering af korrektionsmodellen. Et første forsøg på implementering i en praktisk dynamisk model er anvendt i et pilotstudie for Samsø (Vejen, 2005), og principperne for denne model indgik i diskussionen og anbefalingerne for en ny praksis for vandbalanceberegninger inkl. nedbørkorrektion i (Refsgaard et al., 2011).

Et grundkrav for dynamisk nedbørkorrektion er, at der beregnes korrektionsværdier på døgnbasis for den enkelte station med anvendelse af aktuelle vind-, temperatur- og nedbørforhold. Derved korrigeres der for de lokale vejrforhold fra måned til måned og år til år, hvilket eliminerer de begrænsninger og ulemper, der følger af at anvende standard korrektionsværdier. Dynamiske korrektioner afspejler klimatiske forskelle mellem lokaliteter og henover tid i langt højere grad end de hidtidige implementeringer af nedbørkorrektion, dette under forudsætning af at det nødvendige datagrundlag er til stede.

Nærværende skrift beskriver udvalgte resultater og beregninger, der er baseret på en dynamisk model for korrektion af nedbør. Modellen er anvendt til at gennemregne korrektionsforholdene for manuelle nedbørmålinger henover perioden 1989-2010, Modellen har oprindelse i Samsømodellen (Vejen, 2005) og tager som datainput gridværdier af meteorologiske parametre til brug for korrektionen. Modellen, som den foreligger nu, svarer til anbefalingerne for korrektion af nedbør i konsensusnotat for beregning af vandbalance i Danmark (Refsgaard et al, 2011).

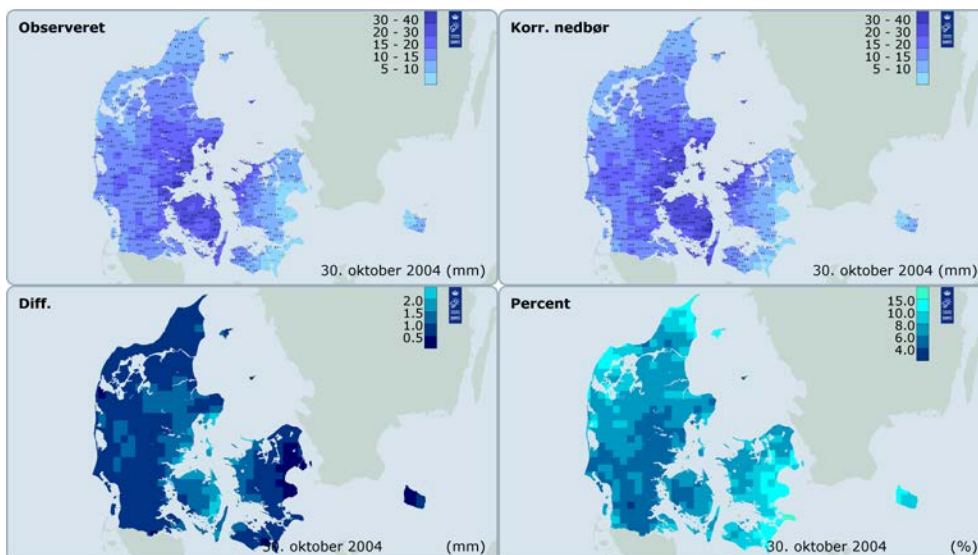
Data, beregninger og analyser, som dokumenteres og beskrives i en rapportserie, hvoraf nærværende rapport er del 5, er udført på foranledning af DCE, Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet.

I rapporten gennemgås der udvalgte eksempler på daglige korrektioner med det formål at uddybe og forklare såvel generelle som mere specielle resultater af modellen.

3. Modeltekniske specialtilfælde og andre eksempler

Datasættet for nedbørkorrektion består af punktværdier og af kort over målt og korrigeret nedbør, kort over ændringen i nedbørmængde, samt kort over korrektionsprocenten. Disse kort foreligger som daglige, månedlige og årlige kort hen gennem perioden, samt som samlede kort for januar til december og året. De daglige kort repræsenterer det meteorologiske døgn, hvor datoen angiver observationsperiodens afslutning. Perioden er tidsrummet kl. 06z det forrige døgn til kl. 06z.

Figur 1 viser et eksempel på præsentation af daglig nedbørkorrektion. Der er faldet nedbør i hele landet, og $K_{\%}$ er typisk højest ved kyster med op til ca. 15 % og lavest inde i landet med ned til 3-4 %. De største absolutte forskelle mellem målt og korrigeret nedbør ses, hvor udgangspunktet, den målte nedbør, har de største værdier. Der er ikke noget i disse billeder, der stikker i øjnene og vækker undren eller mistanke om fejl.



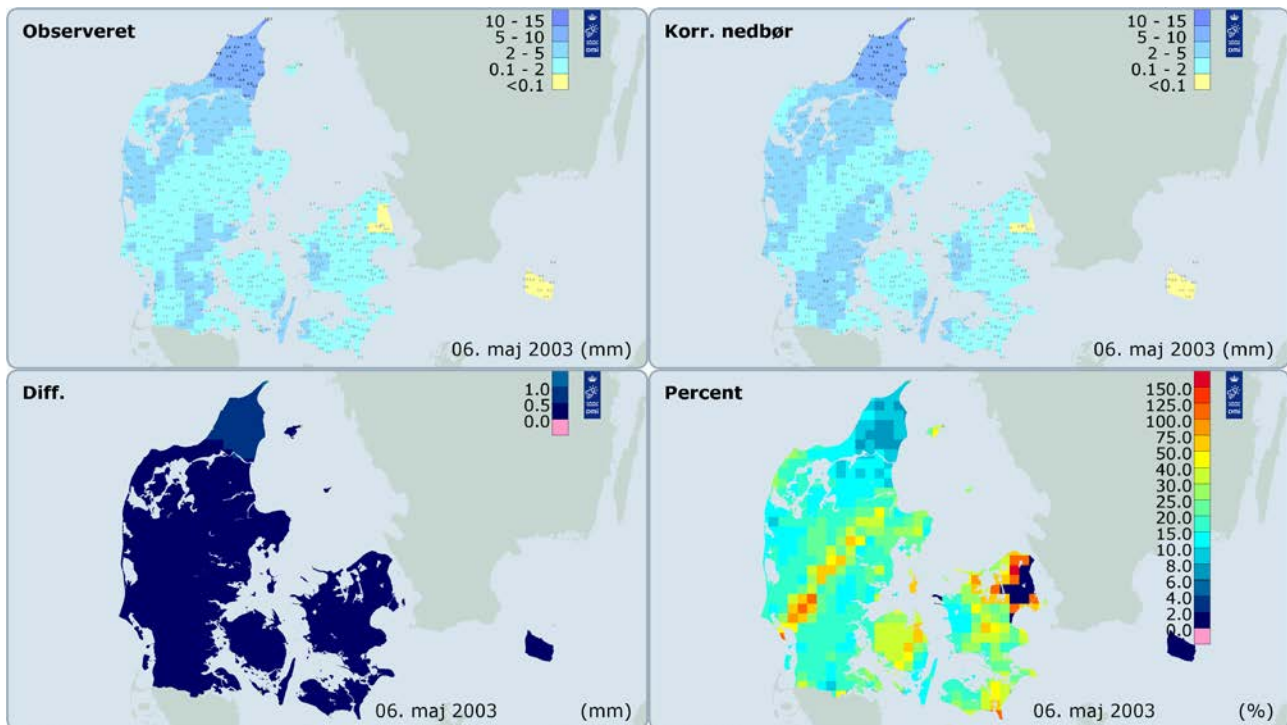
Figur 1. Eksempel på dagligt kort med målt og korrigeret nedbørmængde, differens mellem disse mængder, samt korrektionsprocent.

Imidlertid optræder der på dagsbasis af og til detaljer, som umiddelbart kunne se fejlagtige ud. Når disse tilsyneladende sære detaljer underkastes nærmere analyse, er der imidlertid naturlige forklaringer på dem. I det følgende vil eksempler på sådanne ”specialtilfælde” blive præsenteret og forklaret. Der fokuseres på følgende forhold:

- Små nedbørmængders indvirkning på korrektionsprocenten
- Læforholdenes betydning for korrektionsniveauet
- Korrektion af regn ved meget høje vindhastigheder
- Nedbørtypens betydning for korrektionsresultater: korrektion af sne, korrektion af regn og sne i samme døgn, og atypisk fordeling af nedbørtype ved sne
- Situationer med lokalt meget lav eller meget høj korrektionsprocent
- Stedvis stor forskel mellem målt og korrigeret nedbør
- Effekt af at beregne α vha. lufttemperatur
- Modeltekniske effekter af gridcellernes størrelse

3.1 Små nedbørmængders indvirkning på korrektionsprocenten

I hele datasættet er der mange tilfælde, hvor $K_{\%}$ synes urealistisk høj, som i eksemplet fra 6/5-2003 i figur 2. De høje korrektioner fremkommer, når den målte nedbørsum er meget lav og korrektionen for wetting får relativt stor vægt i den samlede korrektion. Målinger på 0,1 eller 0,2 mm er i det konkrete tilfælde typisk blevet til 0,3-0,5 mm efter korrektion, og $K_{\%}$ er derfor langt over 100 %.



Figur 2. Eksempel på små nedbørmængders betydning for korrektionsprocenten $K_{\%}$.

3.2 Læforholdenes betydning for korrektionsniveauet

Manuelle nedbørmålere er i perioden 1989-2010 i 85 % af tilfældene placeret under moderat eller velbeskyttede forhold for at dæmpe vindens indflydelse på målingen mest muligt.

Nedbørstationerne er opdelt i A-, B-, C- og D-stationer afhængig af læforholdene, og inddelingen er defineret i

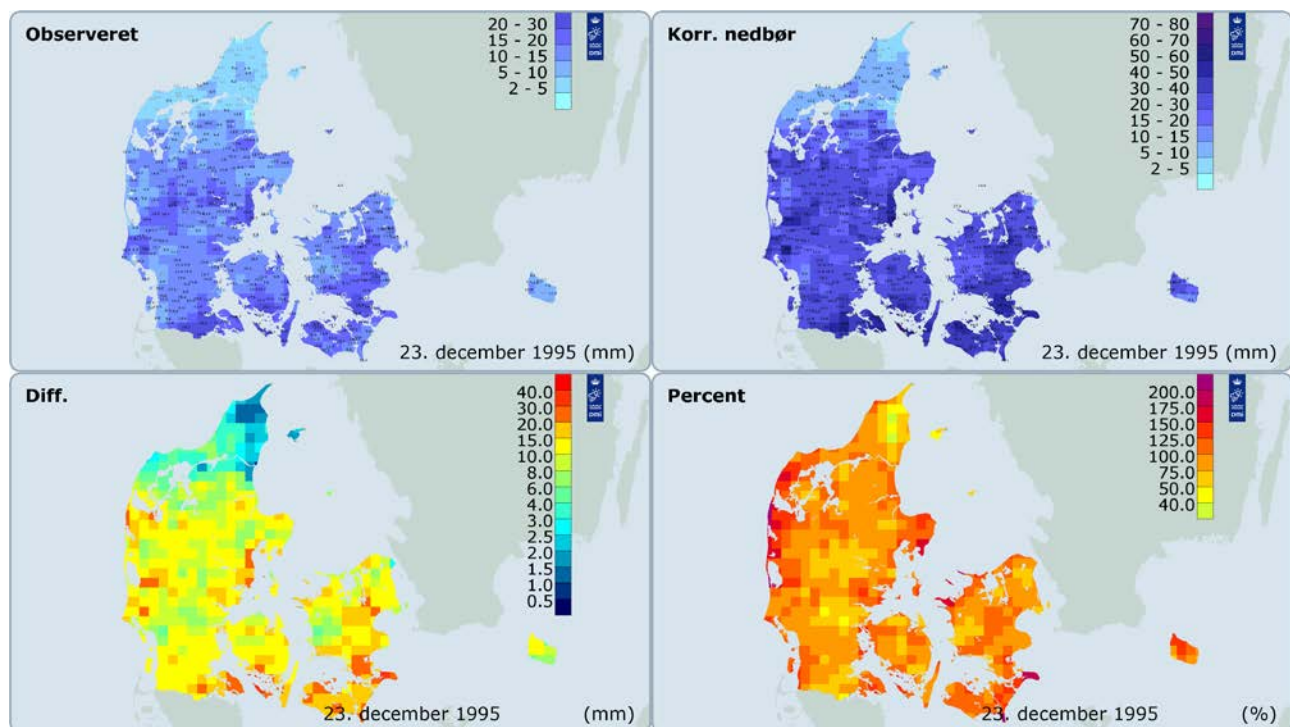
tabel 1. Opdelingen er baseret på læindeks, som er beregnet ud fra højdevinkler i 8 kompasretninger. Nedbørstationer inden for en region kan være opstillet under vidt forskellige læforhold, hvilket betyder, at den rumlige variation i vindhastigheden $V_{1,5}$ i målerniveau kan være en del mere forskellig end vindhastigheden V_{10} målt i 10 meters højde.

Disse forskelle virker ind på korrektionsniveauet $K_{\%}$, og påvirkningen af $K_{\%}$ er større desto stærkere vindens indflydelse på nedbørmålingen er. For sne træder forskellene i læforhold tydeligt frem i den rumlige fordeling af $K_{\%}$ og i den absolutte forskel mellem målt og korrigeret nedbør. Et glimrende eksempel er fra en snestorm 23/12-1995 (figur 3). Her ses der meget store sub-regionale forskelle i såvel $K_{\%}$ som differens.

Tabel 1. Definition af læklasser A, B, C og D.

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

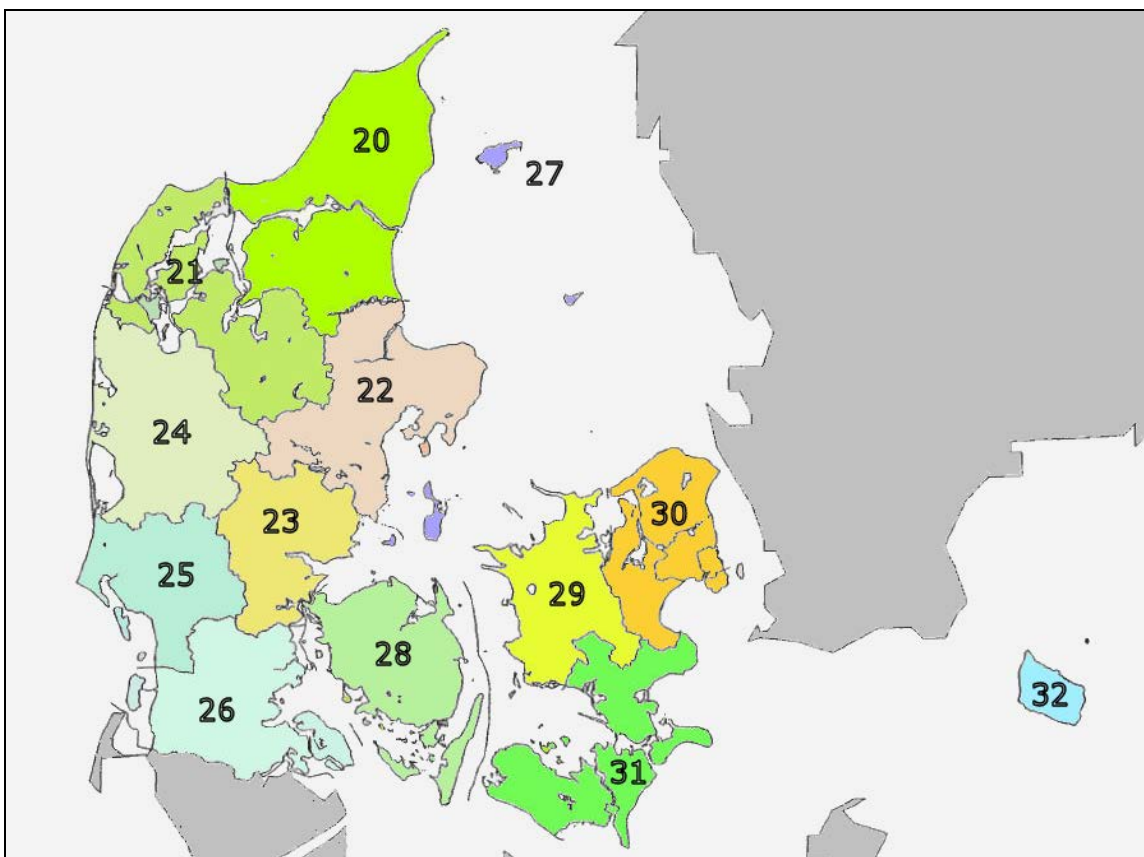
De manuelle nedbørmålere i Danmark har numre, der knytter sig til et antal regioner. Det er undersøgt, om og i givet fald hvor store forskelle der er på læforholdene ved nedbørstationer i disse regioner. Figur 4 viser regionsopdelingen, og tabel 2 viser for hver region og hele landet den procentuelle fordeling på A-, B- og C-stationer for nedbørstationer den 23/12-1995. Desuden er vist middelværdi og standardafvigelse for læindeks samt antal nedbørmålere for hver region og for hele landet. Det ses, at alle regioner har et stort antal stationer, der er placeret under rimeligt gode eller meget gode læforhold, men at der også er 10-20 % målere i åbent terræn. I gennemsnit er målerne moderat beskyttede, men med stor spredning, og alle regioner har uden undtagelse store forskelle i læforhold.



Figur 3. Eksempel fra snestorm 23/12-1995, hvor forskelle i læforhold afspejler sig i den rumlige fordeling af differens mellem målt og korregeret nedbør og i korrektionsprocent.

Dette flashbillede af læforholdene er en udmærket illustration af læforholdene ved regionernes nedbørstationer i hele perioden 1989-2010. Hen gennem hele datasættet er der situationer, hvor denne heterogene rumlige fordeling af såvel differens som korrektionsprocent er særlig tydelig, og ofte kan variationerne forklares med fænomenet vist i figur 3.

I praksis korrigeres der for læforholdene vha. læindeks, der repræsenterer en nedbørstations samlede læforhold. Da lægivers effektivitet kompasset rundt imidlertid kan være meget forskellig, kan vindens retning i nedbørperioden under visse omstændigheder få betydning for usikkerheden på beregningerne. I figur 5 ses den målte nedbørmængde på bl.a. Lolland og Falster den 19/3-2001, mens figur 6 viser området's fordeling af nedbørstationer pr. 1/1-2006 omkring Lolland og Falster. Det kan undre, at 31350 på Lolland måler 2,8 mm, mens 31370 bare lidt længere mod vest er oppe på 14,9 mm (tabel 3), når gridværdierne af vindhastighed og temperatur samt læforholdene er næsten ens for de to stationer. Læindeks for 31350 er 19, mens det for 31370 er 16. V_{10} er hhv. 10,1 og 10,5 m/sek, og den lækorrigerede vindhastighed i målerhøjde er på hhv. 2,7 og 3,1. Lufttemperaturen T er for de to stationer 0,5 og 0,4 °C. Der er således ikke noget i disse data, der kan forklare forskellen.



Figur 4. Regionsopdeling for manuelle nedbørstationer i Danmark 1989-2010; benyttes i tabel 2.

Det viser sig imidlertid, at 31350 er fuldstændig åben mod øst med en højdevinkel mod øst og nordøst på hhv. 2 og 0, mens værdierne i disse retninger er 15 og 31 ved 31370. Det forklarer, hvorfor 31350 måler så meget mindre nedbør end 31370. Korrektionsmodellen er ikke i stand til at kompensere for dette forhold, da det er læindeks, som indgår i modellen, og ikke højdevinklerne op mod døgnets dominerende vindretning. Det er imidlertid vanskeligt at vurdere, hvor stor en bias på $K_{\%}$ det giver ikke at tage eksakt højde for læforholdene i vindens retning under nedbør.



Det må dog antages, at bias på den lange bane i det store og hele er tilfældig, og at positiv og negativ bias udjævner hinanden, også selvom snestorme oftest optræder ved vind fra østlige regninger. Det viser sig nemlig, at middelhøjdevinklen i de 8 kompasretninger på landsbasis er forbavsende ens. For spotbilledet af læforhold i tabel 2 ligger den gennemsnitlige højdevinkel i de 8 retninger på mellem 13 og 16, men med store variationer mellem stationerne.

Tabel 2. Klassifikation af nedbørstationer i læforhold (A, B og C, defineret i

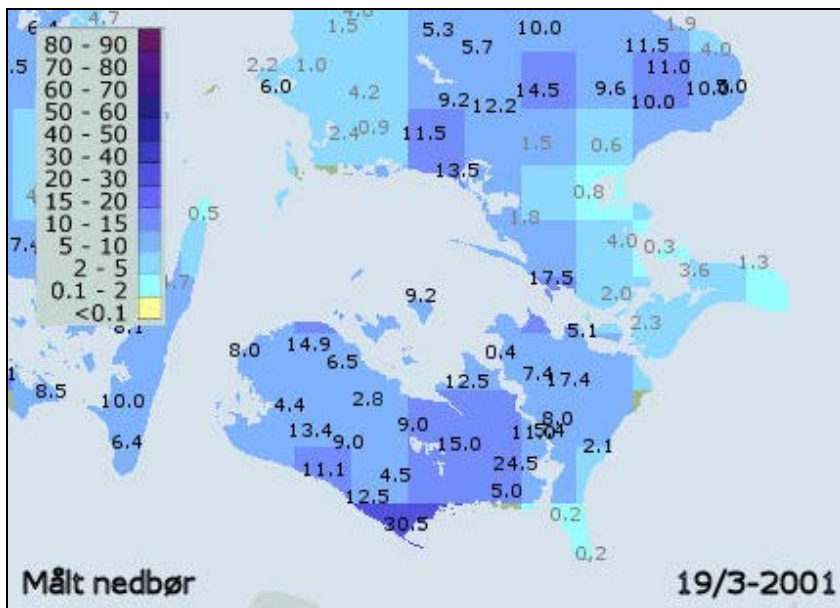
tabel 1) for 23/12-1995. To af kategorierne er yderligere underopdelt. For hver af regionerne 20-32 ses den procentuelle fordeling af nedbørstationer i læindeksklasserne 0-5, 6-12, 13-19, 20-25 og 26-30. Desuden er vist det gennemsnitlige læindeks, standardafvigelse for læindeks og antal nedbørstationer i hver region.

Region	Ubeskyttet (C-station)	Moderat beskyttet (B-station)		Velbeskyttet (A-station)		Middel	Stdafv	Antal
	0-5	6-12	13-19	20-25	26-30			
20	11	37	32	14	6	14,2	7,70	65
21	12	29	29	24	5	16,3	10,32	41
22	10	28	30	30	2	15,8	8,21	50
23	19	25	13	31	13	16,7	10,29	32
24	17	35	22	17	9	13,8	8,44	46
25	9	31	29	20	11	15,2	7,75	35
26	14	35	33	18	0	12,6	6,44	51
27	29	7	21	29	14	16,1	10,51	14
28	18	18	47	11	7	14,4	7,67	45
29	22	24	32	12	10	14,1	8,95	50
30	14	27	42	12	5	14,1	6,81	74
31	16	33	29	14	8	14,4	9,23	51
32	33	33	17	17	0	11,0	7,14	18
Hele landet	15	29	31	18	6	14,5	8,24	572

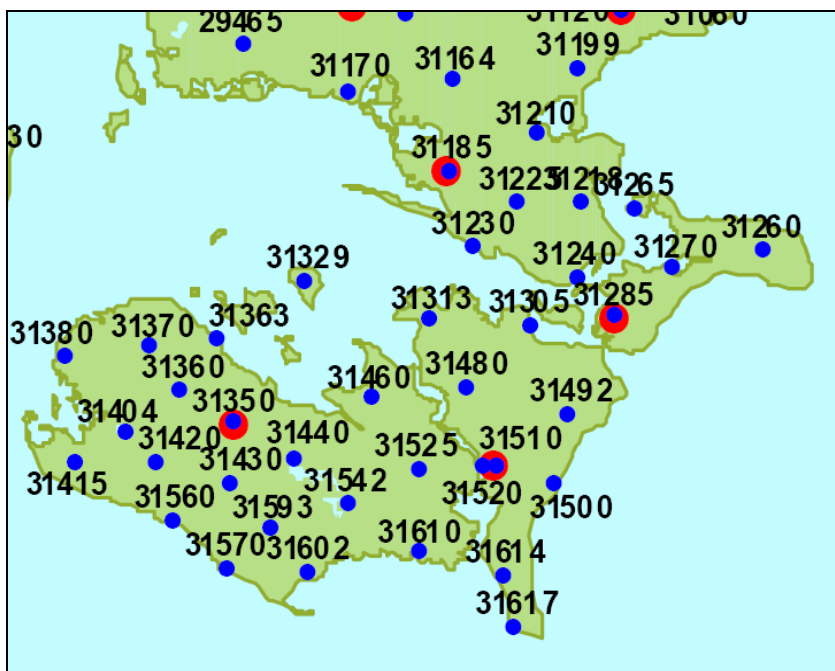
Tabel 3. Værdier af forskellige parametre til brug for beregning af $K_{\%}$ ved to nedbørstationer, 31350 og 31370, 19/3-2001 under snestorm og kraftig vind fra øst. Index = læindeks, T = lufttemperatur ($^{\circ}\text{C}$), V_{10} = vindhastigheden i 10 m højde (m/sek), V_{valid} = vindhastigheden i 1,5 m højde og korrigeret for læeffekt, α = andel af den målte nedbør faldet som sne, W = wettingtabel (mm), I = klimatologisk regnintensitet, k_r = korrektionsfaktoren for regn, k_s = korrektionsfaktoren for sne, P_m = målt nedbørmængde (mm), og P_c = korrigeret nedbørmængde.

	Index	T	V_{10}	V_{valid}	α	W	I	k_r	k_s	P_m	P_c
31350	19	0,5	10,1	2,7	0,75	0,19	1,18	1,0983	1,9468	2,8	5,2
31370	16	0,4	10,5	3,1	0,80	0,19	1,18	1,1152	2,1761	14,9	29,6

Hen igennem perioden er nedbørnettet imidlertid inkonsistent forstået på den måde, at der jævnlig har været udskiftning af nedbørstationer og læforholdene har ændret sig som følge af lukning, oprettelse og flytning af stationer. Yderligere gælder der, at fra 1/1-2007 og igen fra 1/4-2010 er der lukket en del nedbørstationer. Der gælder til en vis grad fra 2007 og frem, og specielt i 2010, at denne udtynding fører til en dæmpning af detaljeringsgraden i de daglige kort over nedbør, differens og $K_{\%}$.



Figur 5. Målte nedbørmængder den 19/3-2001 i den sydøstlige del af landet i forbindelse med snestorm og kraftig østenvind.



Figur 6. Nedbørstationer 1/1-2006 for det område, der er vist i figur 5.

3.3 Korrektion af regn ved meget høje vindhastigheder

Det er klart, at jo stærkere vindens indflydelse på nedbørmålingen er, des tydeligere vil forskellene i læforhold fra måler til måler træde frem i den rumlige variation i differens og $K\%$. Dette forhold ses mest tydeligt for sne, i mindre grad for slud, og kun i ringe grad for regn, da vindhastigheden for V skal være meget høj for at fremkalde fænomenet i forrige eksempel.

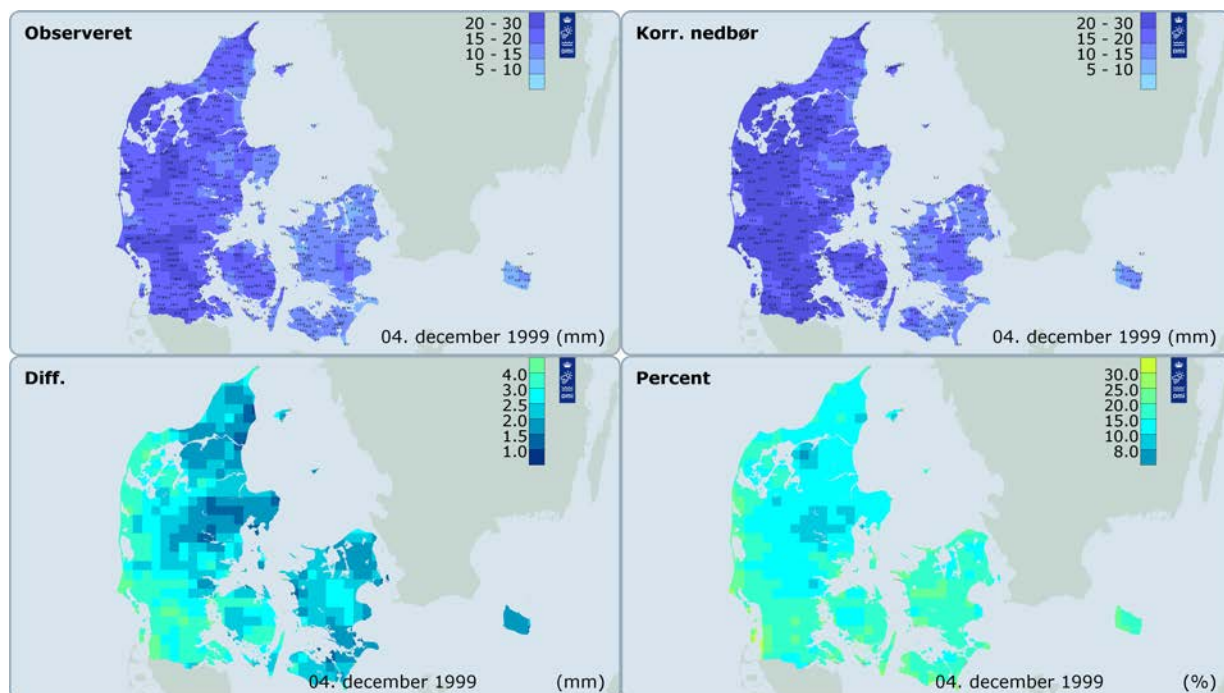
Ikke desto mindre kan det ske, at det blæser så kraftigt under regn, at læforholdene afspejler sig i den rumlige fordeling af $K_{\%}$ og differens. Intet eksempel turde være bedre end nedbørforholdene under århundredets orkan den 3/12-1999 (figur 7). Bemærk, at datoen i figuren angiver observationstidspunktet. Der er ikke noget mistænkeligt i kortene, men områder med lave $K_{\%}$ -værdier kan genfindes i kortet i figur 3 for 23/12-1995, og kan således tages som udtryk for en vis robusthed i læforholdenes betydning for resultaterne.

3.4 Nedbørtypens betydning for korrektionsresultater

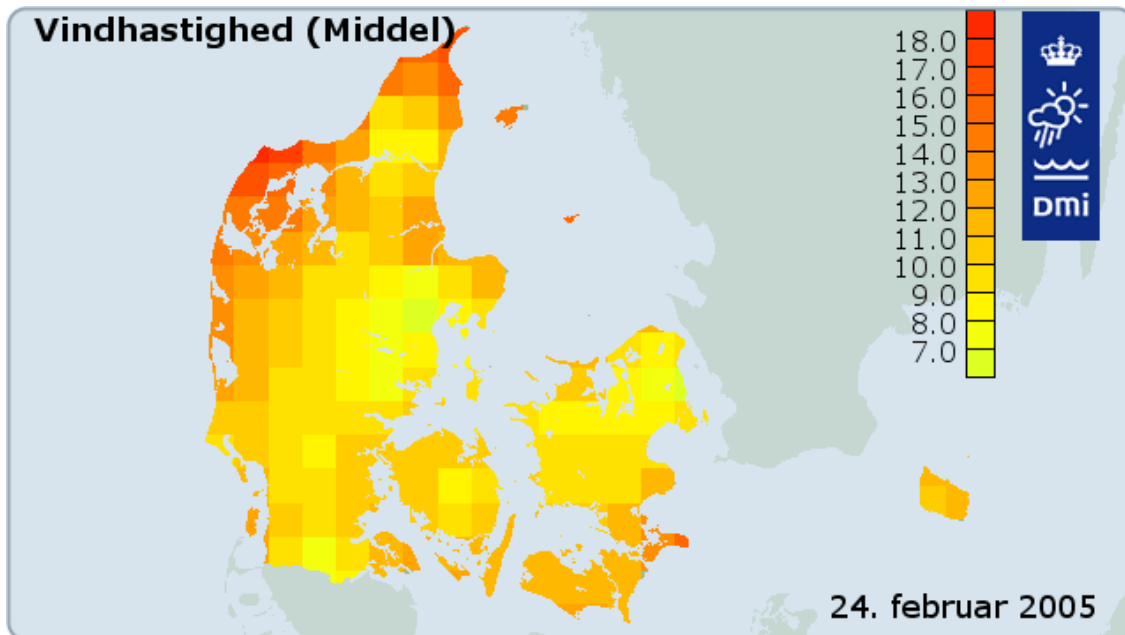
3.4.1 Korrektion af sne

Det ligger i korrektionsmodellen, at sne har meget høje korrektioner, selv hvis det blæser moderat med 7 m/sek ved korrektionsmodellens øvre gyldighedsgrænse. Ved højere vindhastigheder fikses vindhastigheden ved 7 m/sek, og selvom dette strengt taget ikke er helt korrekt, resulterer $K_{\%}$ trods alt i en korrigeret nedbørmængde, der er tættere på den faktiske nedbør end den målte.

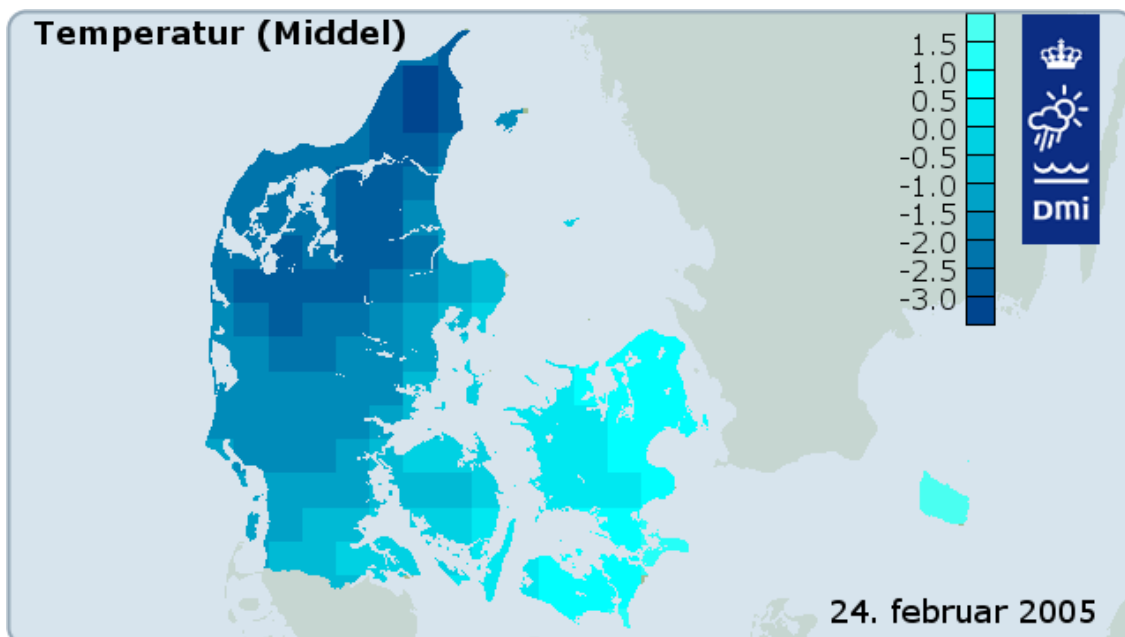
Et glimrende eksempel herpå er fra 24/2-2005, hvor en snestorm hærgede landet. Døgnet middelvindhastighed ses af figur 8 at overstige modelgrænsen for sne i næsten hele landet. Vindhastigheden er generelt lavest i indlandet og højest ved kyster og ses at nå over 10 m/sek i store dele af landet, og ved mange kyster op omkring eller over 15 m/sek. Vindens retning var i øvrigt omkring NØ. Disse vejrforhold giver meget høje korrektioner og antagelig visse problemer med falsk nedbør som følge af snefygning. Af temperaturfordelingen i figur 9 ses, at temperaturen på døgnbasis generelt lå under frysepunktet vest for Storebælt, nær frysepunktet på Sjælland, og lidt over 1 °C i Østersøegnene. Temperaturfordelingen afspejler også den reelle observationstype, idet nedbøren i hovedsagen faldt som regn omkring Østersøen og ellers primært som sne, hvilket fremgår af vejrkortet for 23/2-2005 kl. 18z (figur 10).



Figur 7. Eksempel på heterogen rumlig fordeling af differens og $K_{\%}$ for 4/12-1999. Bemærk, at datoen angiver observationstidspunktet og således dækker perioden 3/12 kl. 08 til 4/12-1999 kl. 08 lokal tid.

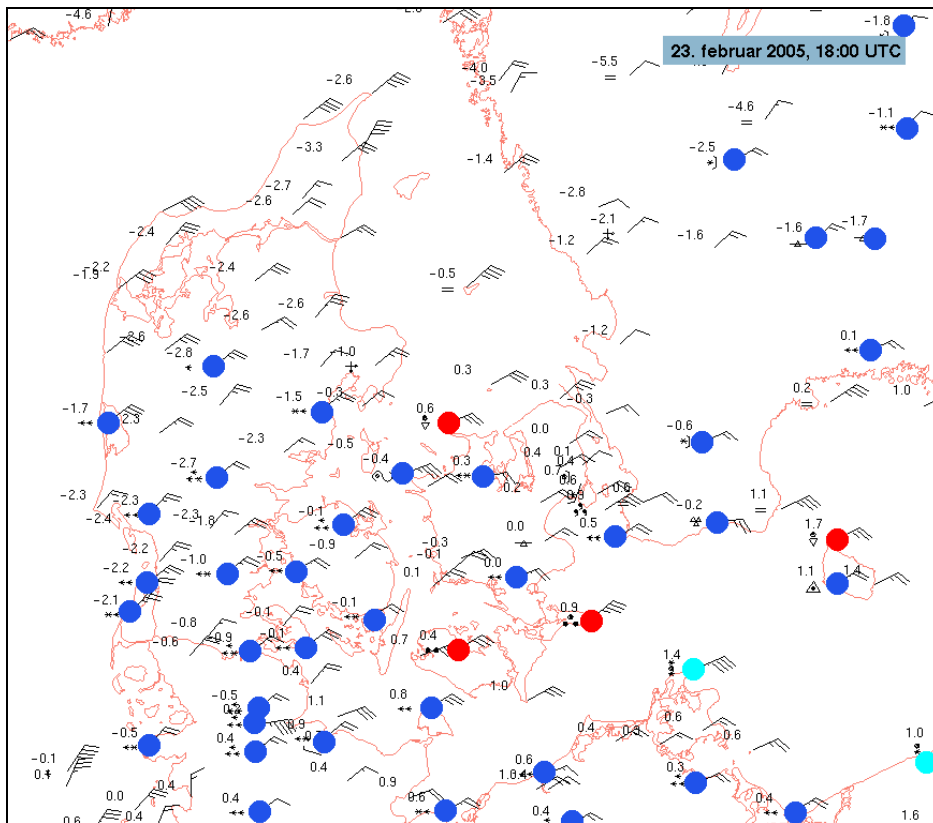


Figur 8. Middelvindhastighed i $20 \times 20 \text{ km}^2$ grid for 24/2-2005 for et døgn med snestorm.



Figur 9. Middeltemperatur i $20 \times 20 \text{ km}^2$ grid for 24/2-2005 for et døgn med snestorm.

Kombinationen af høj vindhastighed og sne giver store korrektioner, som i det meste af landet når op over 100 %, og mange steder når 200 % eller mere (figur 11). For områderne med de højeste korrektioner i Vest- og Nordjylland gælder, at den målte nedbørmængde er forholdsvis lav, under 2 mm, hvorfor korrektionen for wetting her får relativt stor betydning for den samlede korrektion. Det ses også af kortet for differens i figuren, hvor de små differenser knytter sig til områder med lave målte nedbørmængder.



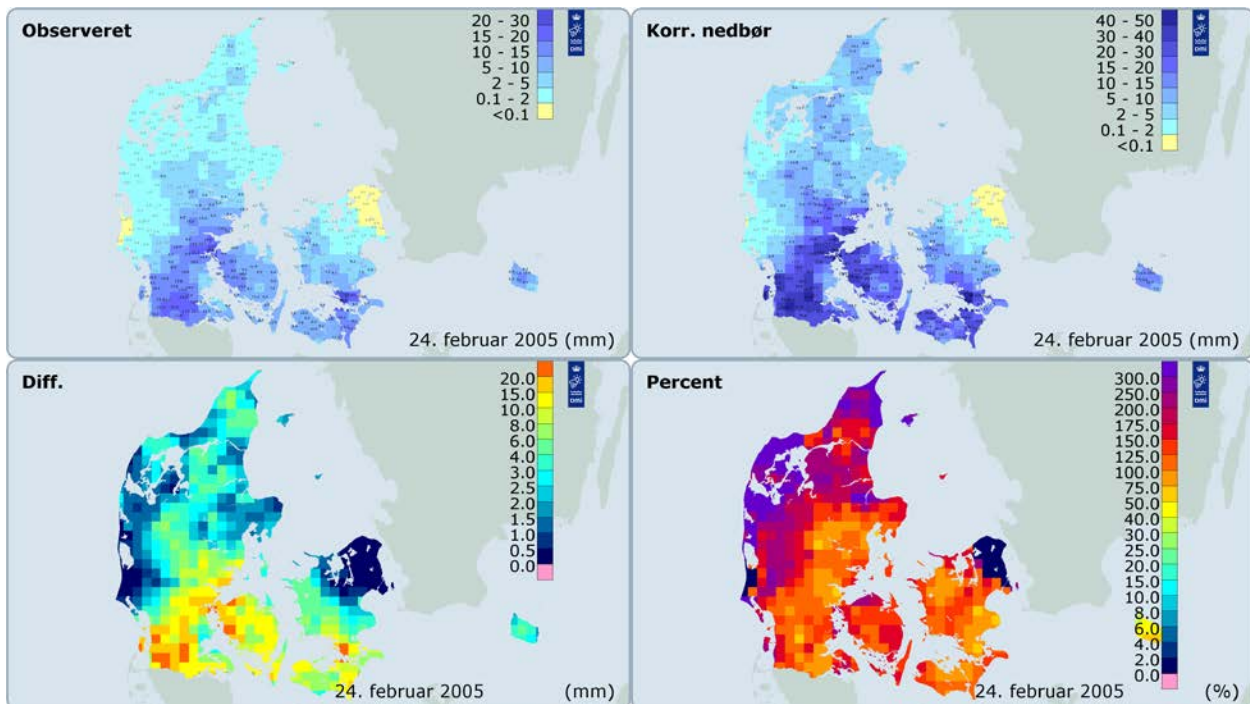
Figur 10. Vejrkort for 23/2-2005 kl. 18z, som viser vindretning og -hastighed, temperatur og vejrtype, hvor blå = sne, lyseblå = slud og rød = regn. Antal "pinde" på vindfanen angiver vindstyrken, idet en lang fane svarer til 10 knob (ca. 5 m/sek) og en kort til 5 knob.

Differenskortet viser, at det er i den sydlige del af landet, der findes de største absolutte korrektioner, som når 10-20 mm og stedvis op mod 30-40 mm svarende til K-værdier på 100-150 %. Det er indlysende, at de største differenser også ses dér, hvor der er målt mest nedbør. Den uregelmæssige fordeling af differens- og K_%-værdier illustrerer samtidig betydningen af de lokale læforhold ved nedbørstationerne. De høje korrektioner og den rumlige fordeling af differenser og K_% giver et typisk billede af korrektionsforholdene i forbindelse med sne.

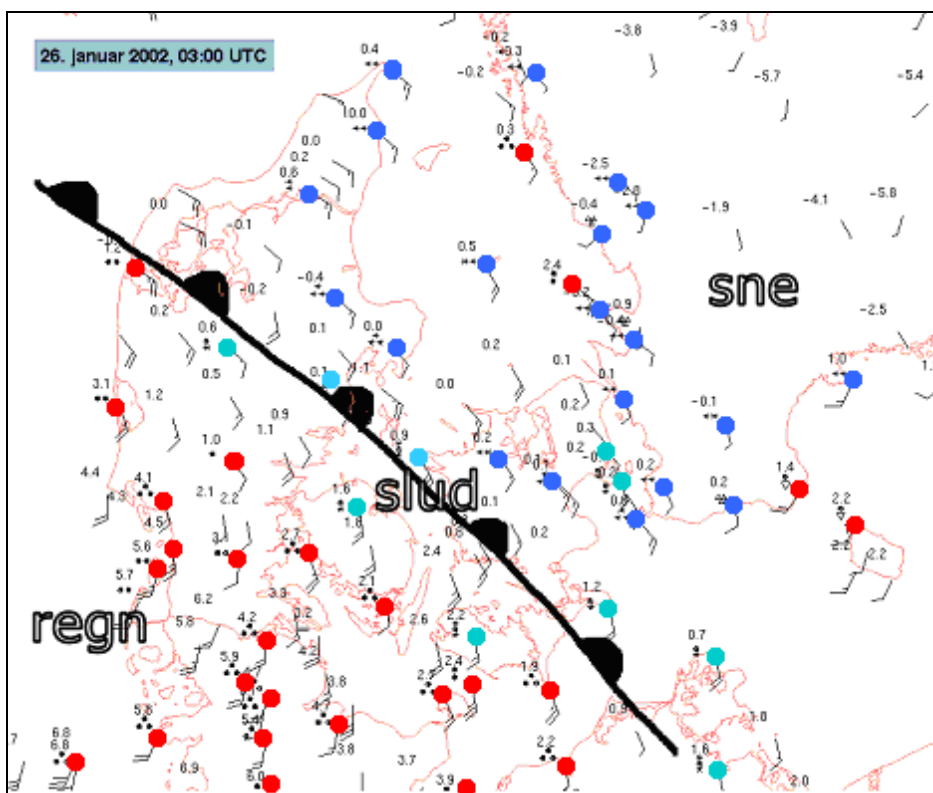
3.4.2 Korrektion af regn og sne i samme døgn

Der er god mulighed for at få undersøgt ydeevnen for den praktiske implementering af korrektionsmodellen, når der både optræder sne, slud og regn inden for samme døgn.

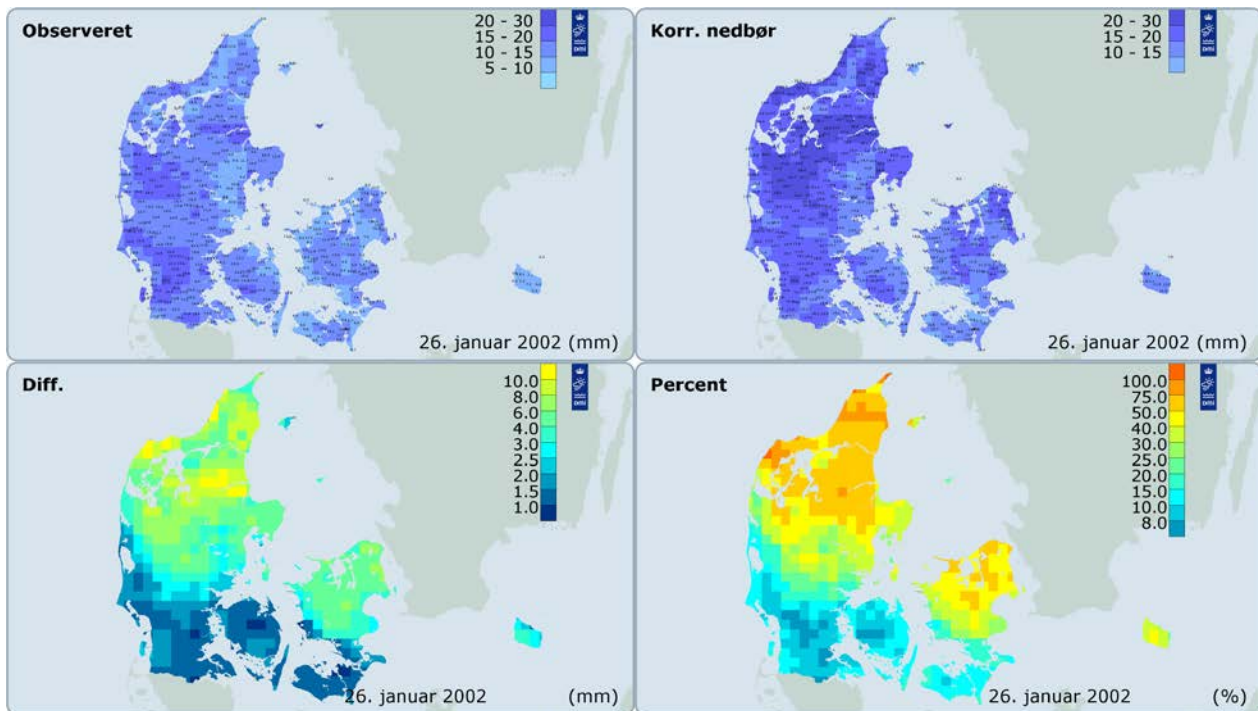
Den 26/1-2002 passerede en varmfront og opdelte landet i en vinterlig del med sne og let frost mod nordøst, og en mild del med tøj og regn mod sydvest (figur 12). Denne fordeling af nedbørtyper er tydeligt afspejlet i korrektionsniveauet i figur 13, som viser korrektioner, der mod nordøst er markant højere end mod sydvest. Mængden af nedbør er nogenlunde ensartet henover landet og i forholdsvis rigelige mængder, hvorfor korrektion for wetting kun udgør en marginal del af den samlede korrektion. Derved er det lettere at sammenligne korrektioner fra forskellige dele af landet. I nordøst ligger niveauet fra omkring 50 til op imod 100 %, mens det kun er på 5 til 15 % i den sydvestlige del af landet, hvor nedbøren hovedsagelig faldt som regn.



Figur 11. Målt og korrigeret nedbørmængde, differens og korrektionsprocent for 24/2-2005.



Figur 12. Vejrkort for 26/1-2002 kl. 03z, som viser vindretning og -hastighed, temperatur og vejrtype, hvor blå = sne, lyseblå = slud og rød = regn. Antal "pinde" på vindfanen angiver vindstyrken, idet en lang fane svarer til 10 knob (ca. 5 m/sek) og en kort til 5 knob.



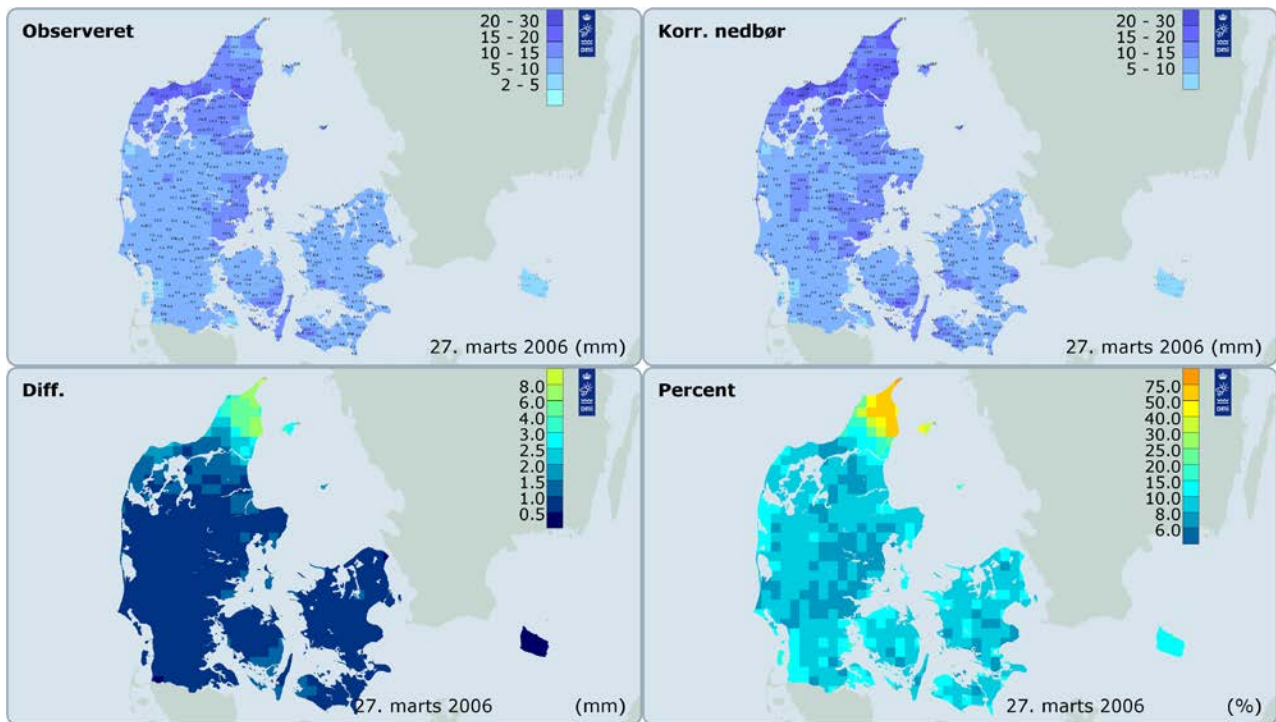
Figur 13. Målt og korrigeret nedbørmængde, differens og korrektionsprocent for 26/1-2002 for døgn med dominans af sne i nordøst og regn i sydvest.

En principielt tilsvarende fordeling af nedbørtyper og korrektioner ses for den 27/3-2006. Nedbøren er forholdsvis jævnt fordelt henover landet, korrektionerne ligger i næsten hele landet på 5-15 %, som er typiske værdier for regn, og den absolutte korrektion har en størrelse på højst nogle få mm nedbør (figur 14). Kun i den nordligste spids af Jylland er der et lille område, der med korrektionsværdier på 50-75 % adskiller sig markant fra resten af landet. Det kunne se ud som vinterens sidste bastion.

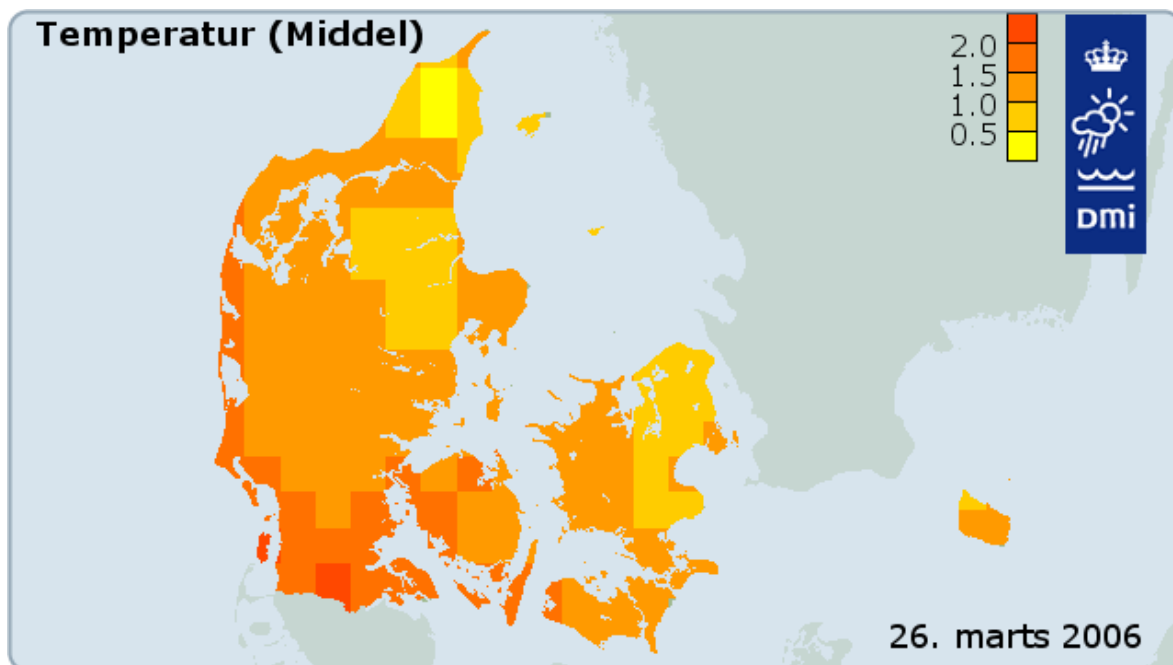
Fordelingen af nedbørtyper og korrektionsniveau viser sig tydeligt i kortene over døgnets middeltemperatur, hvor kun Vendsyssel har temperaturer nær frysepunktet (figur 15). At det er plausibelt at anvende temperatur som indikation for nedbørtype ses fint illustreret ved observationer af nedbørtyper i figur 16. Hele landet har regn bortset fra landets nordligste spids. Kun stedvis ved kysterne når vindhastigheden i middel for døgnnet op omkring 10 m/sek, mens indlandet har markant svagere vind. Brug af observationer til at efterkontrollere korrektionerne blæstempler således beregningerne.

3.4.3 Atypisk fordeling af nedbørtype ved sne

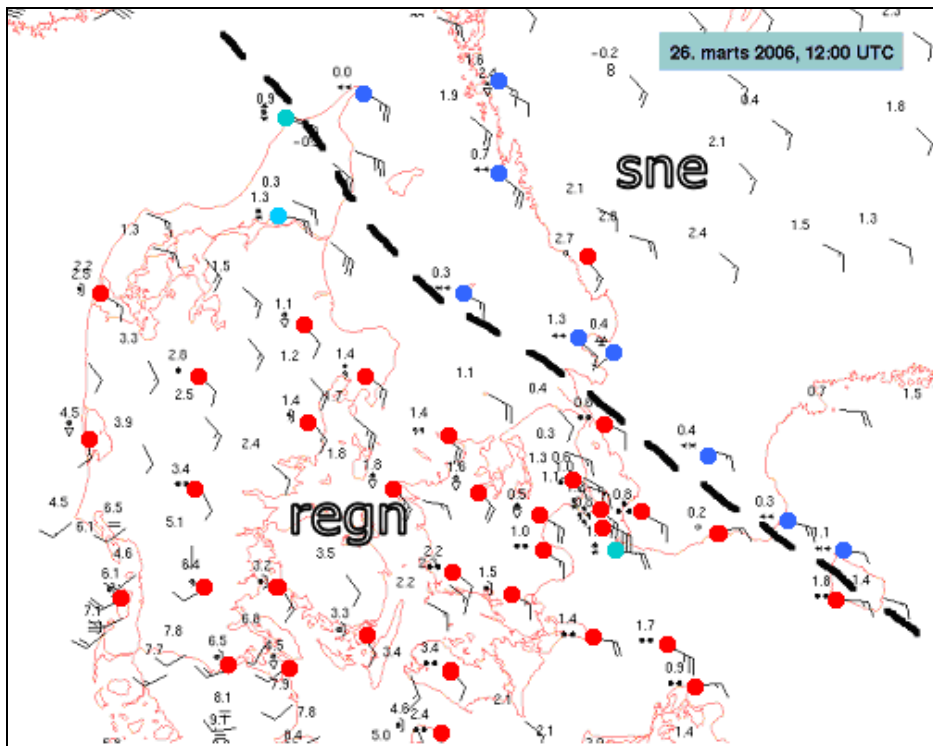
I nogle enkelte tilfælde ses der resultater, der umiddelbart ser mistænkelige ud og derfor har været genstand for en nøjere analyse. Et eksempel herpå ses for den 26/11-1996. Det mistænkelige er, at det sydvestlige og vestlige Jylland med niveauer på 75-125 % har markant højere $K_{\%}$ -værdier end længere mod nordøst, hvor K ned gennem Midt- og Østjylland og henover Fyn kun ligger på 10-30 % (figur 17). Det tyder på sne i sydvest, og ellers regn, altså det modsatte af det umiddelbart forventede, da varme og regn om vinteren som regel kommer fra den sydvestlige kant.



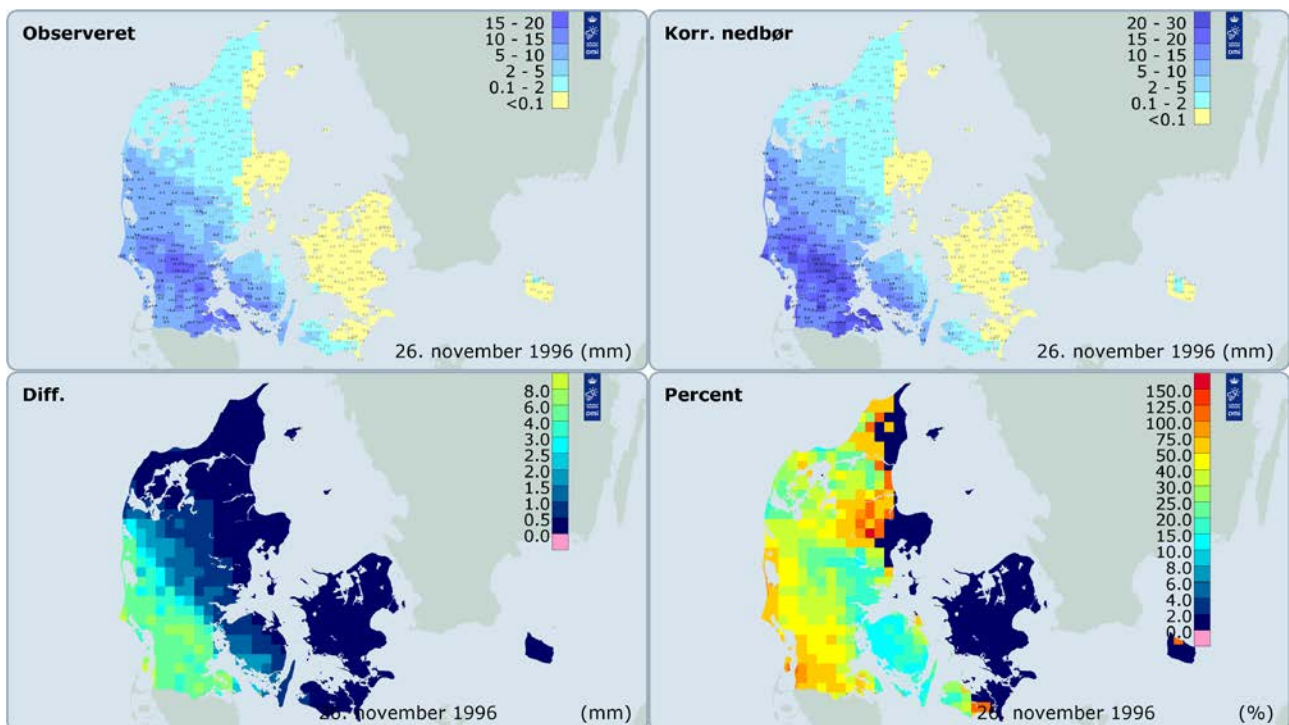
Figur 14. Målt og korrigeret nedbørmængde, differens og korrektionsprocent for 27/3-2006 for et døgn, hvor hele landet fik regn undtagen helt i nord, hvor der faldt sne.



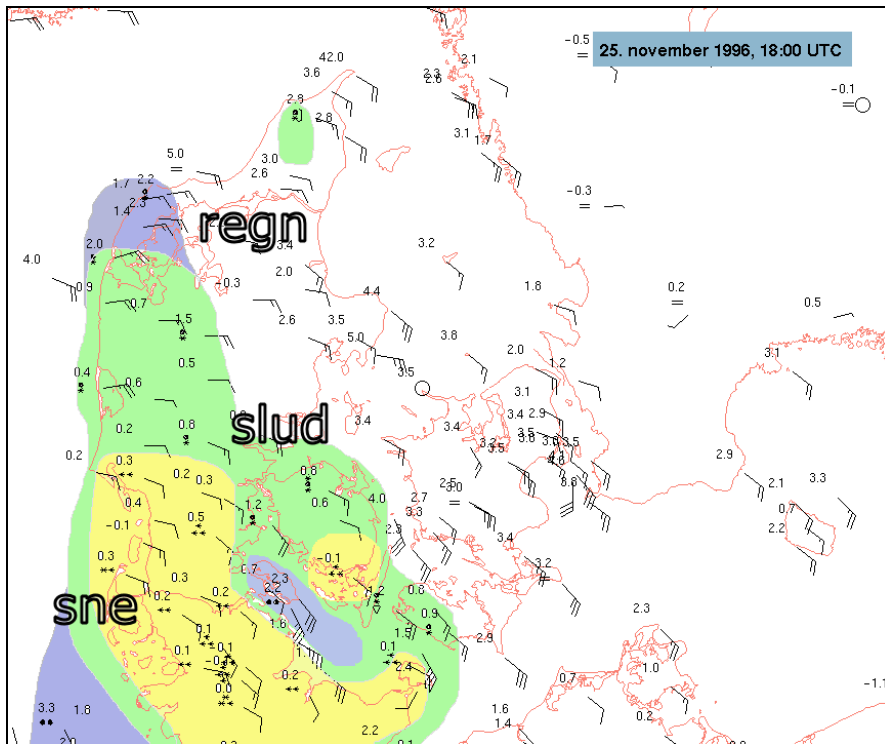
Figur 15. Middeltemperatur i $20 \times 20 \text{ km}^2$ grid for 26/3-2006.



Figur 16. Vejrkort for 26/3-2006 kl. 12z, som viser vindretning og -hastighed, temperatur og vejrtype, hvor blå = sne, lyseblå = slud og rød = regn. Antal "pinde" på vindfanen angiver vindstyrken, idet en lang fane svarer til 10 knob (ca. 5 m/sek) og en kort til 5 knob.



Figur 17. Målt og korrigeret nedbørmængde, differens og korrektionsprocent for 26/11-1996 for et døgn med atypisk fordeling af nedbørstypen.

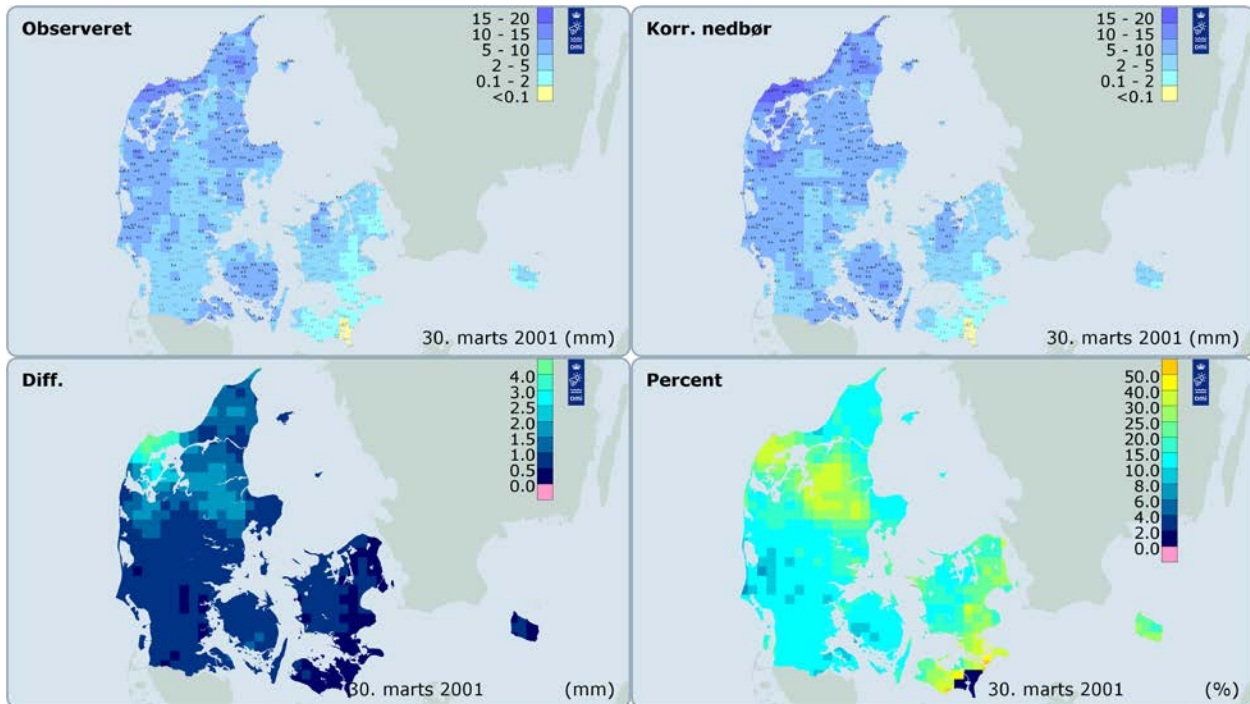


Figur 18. Vejrkort for 25/11-1996 kl. 18z, som viser vindretning og -hastighed, temperatur og vejrtype, hvor gul = sne, grøn = slud og blå = regn. Antal "pinde" på vindfanen angiver vindstyrken, idet en lang fane svarer til 10 knob (ca. 5 m/sek) og en kort til 5 knob.

Spørgsmålet er, om der er fejl i beregningerne, eller om der er en naturlig forklaring. Bortset fra i Nordjylland ligger nedbørmængderne på værdier, som udelukker korrektion for wetting som forklaring på den atypiske fordeling af $K_{\%}$. Forklaringen dukker op, når der ses på samtidige observationer af nedbørstypen. Af figur 18 ses et område i sydvest med sne og temperaturer nær frysepunktet, men ellers højere temperaturer med slud og regn. Vindretningen er SØ, så mens luften i sydvest kommer direkte fra et køligt Mellemeuropa, er luften i resten af landet af Østersøen blevet opvarmet netop så tilpas meget, at nedbøren falder som slud og regn.

Tilsvarende ses i figur 19 for 30/3-2001 et område i Jylland med $K_{\%}$ -værdier, der stikker klart ud i forhold til områder både nord, syd og øst for. Observationer af nedbørstypen fra et tidspunkt, der er nogenlunde repræsentativt for nedbørforholdene, viser i figur 20 et område i Thy og Himmerland med snefald og temperaturer nær 0 °C. Andre steder er der observationer af slud, men ved Frederikshavn meldes om sne ved temperaturer lidt over 2 °C. Da andre observationer giver slud ved temperaturer under 2 °C, virker denne snemelding dog mistænkelig, selvom sne ved mere end 2 °C er mulig. Uanset hvad korrigerer modellen nedbørmålinger i området som regn, og således kan fordelingen af $K_{\%}$ og differenser siges at være plausible i vejr-situationen.

En korrektionsmodel, der anvender observationer af nedbørstype og nedbørforholdene *under* nedbør frem for døgnværdier, ville sandsynligvis resultere i en lidt anden rumlig fordeling af $K_{\%}$ -værdierne, men kun efterprøvning i praksis ville give svar på, hvordan den lokale fordeling af korrektionerne ville ændre sig. Det samme gælder ændringer i det generelle korrektionsniveau.



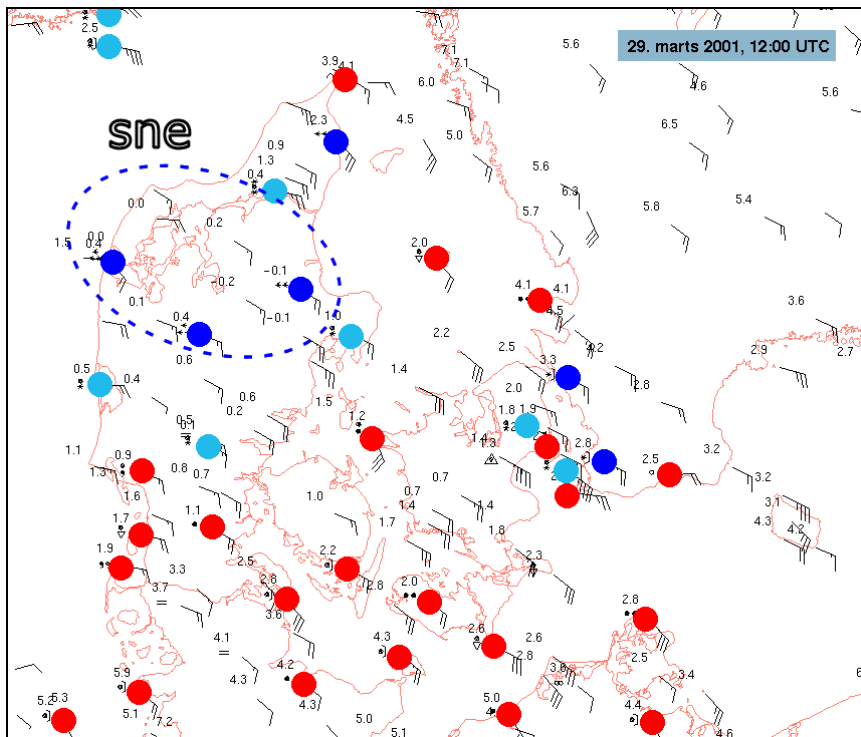
Figur 19. Målt og korrigeret nedbørmængde, differens og korrektionsprocent for 30/3-2001 for et døgn med atypisk fordeling af nedbørstypen.

3.5 Lokalt meget høj eller meget lav korrektionsprocent

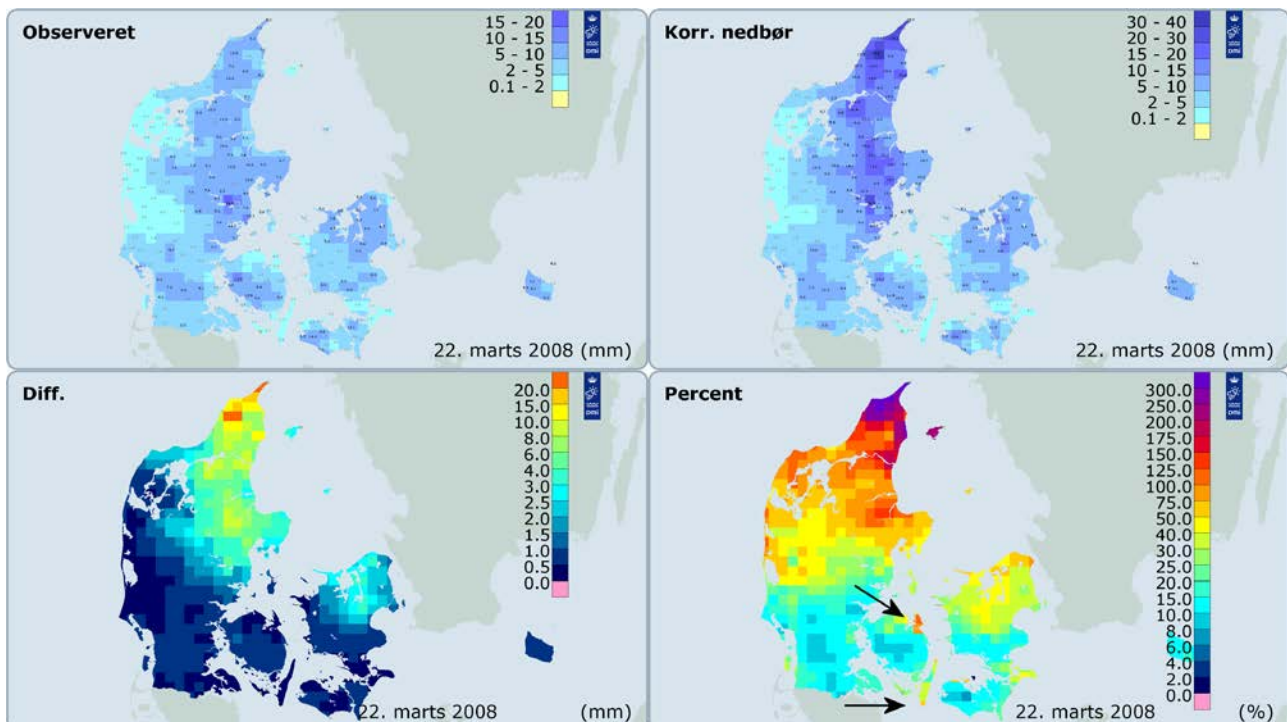
Der ses af og til meget lokale $K_{\%}$ -værdier, der er meget høje i forhold til omgivelserne, nærmest som en slags "hot spots". Figur 21 viser et eksempel på sådanne lokalt høje værdier fra 22/3-2008. I døgnets løb kom der sne ned over landet, og som $K_{\%}$ -værdierne antyder, tolkede modellen nedbørstypen i den sydlige del af landet som domineret af regn og ellers mest som sne. Ifølge vejrobservationer fik alle dele af landet sne, men da kulden kom fra nord, fik den sydlige del sne sidst. Derfor er de lave $K_{\%}$ -værdier her rimelige, selvom vejrtypen for døgnnet er bestemt ud fra lufttemperaturen.

De isolerede spidsværdier af $K_{\%}$ skyldes ikke specielle vejrforhold lokalt, men derimod en helt enkel forklaring, der har været nævnt tidligere: når den målte nedbørmængde er lav, får korrektionen for wettingtab forholdsvis stor vægt. Og når der samtidig lokalt er målt meget lidt nedbør i forhold til omgivelserne, bliver fordelingen af $K_{\%}$ -værdier som vist. Omkring Hindsgavl er der kun målt 0,2 og 0,4 mm, som efter korrektion bliver til 0,5 og 0,7 mm, altså op imod 250 % korrektion. Samme problematik ses i mindre grad på Sydlangeland.

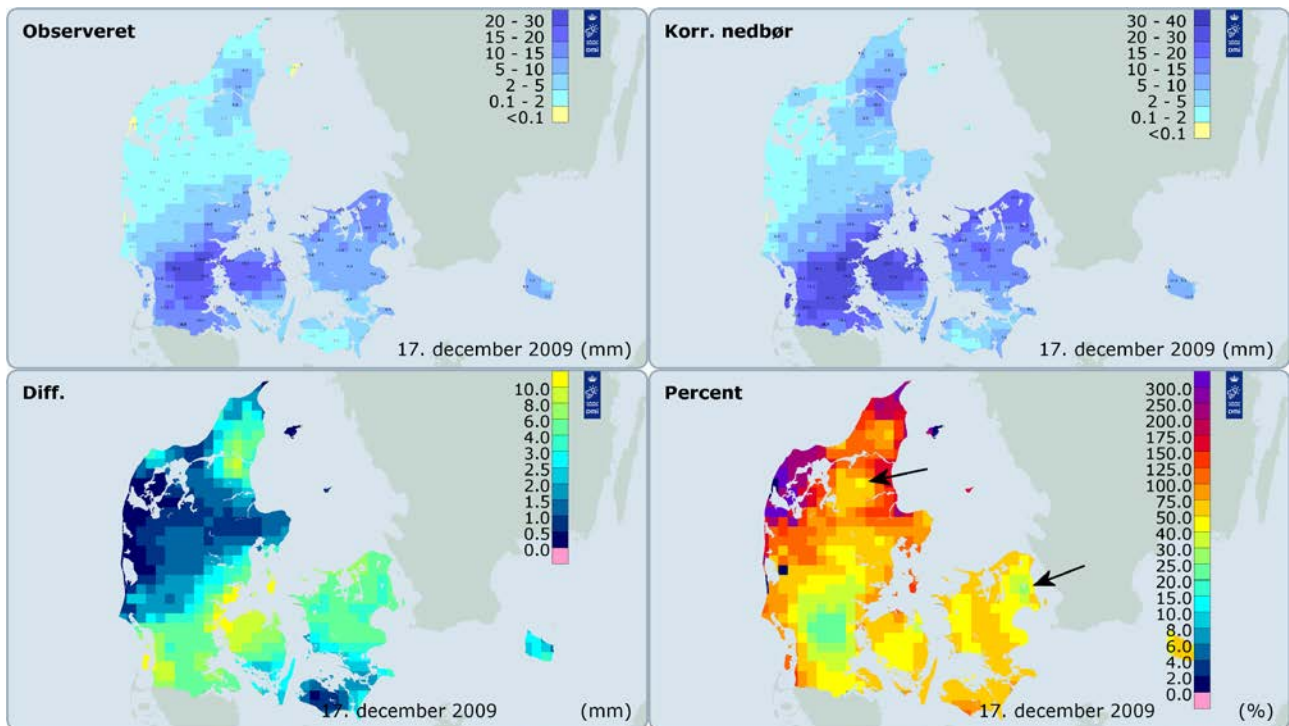
Det modsatte kan også være tilfældet, at der forholdsvis lokalt er $K_{\%}$ -værdier, der umiddelbart ser mistænkeligt lave ud. Også her er der en naturlig forklaring. Mens spotvis høje værdier er tydeligst, når $K_{\%}$ ellers er lav, altså når nedbøren falder som regn, er de lokalt lave værdier tydeligst, når $K_{\%}$ -niveauet er højt, altså i forbindelse med sne. Som eksempel på dette faldt der 17/12-2009 netop sne i næsten hele landet. Korrektionerne er dog ikke så høje, som det af og til ses for sne (figur 22). Der skal især bemærkes tre mindre områder med $K_{\%}$ på blot 20-30 %, samt et stort område i den sydlige del af Jylland med tilsvarende $K_{\%}$ -niveau.



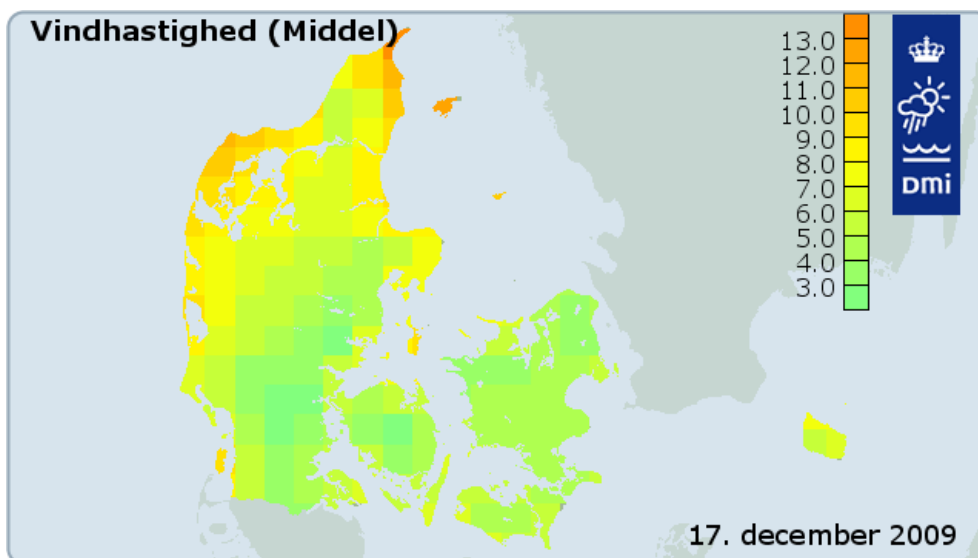
Figur 20. Vejrkort for 29/3-2001 kl. 12z, som viser vindretning og -hastighed, temperatur og vejrtype, hvor blå = sne, lyseblå = slud og rød = regn. Antal "pinde" på vindfanen angiver vindstyrken, idet en lang fane svarer til 10 knob (ca. 5 m/sek) og en kort til 5 knob.



Figur 21. Målt og korrigeret nedbørmængde, differens og korrektionsprocent $K_{\%}$ for 22/3-2008 for et døgn med lokalt meget høje værdier af $K_{\%}$. Disse er markeret med pile.



Figur 22. Målt og korrigeret nedbørmængde, differens og korrektionsprocent $K_{\%}$ for 17/12-2009 for et døgn med lokalt forholdsvis lave værdier af $K_{\%}$. Disse er markeret med pile.



Figur 23. Middelvindhastighed i $20 \times 20 \text{ km}^2$ grid for døgnet 17/12-2009.

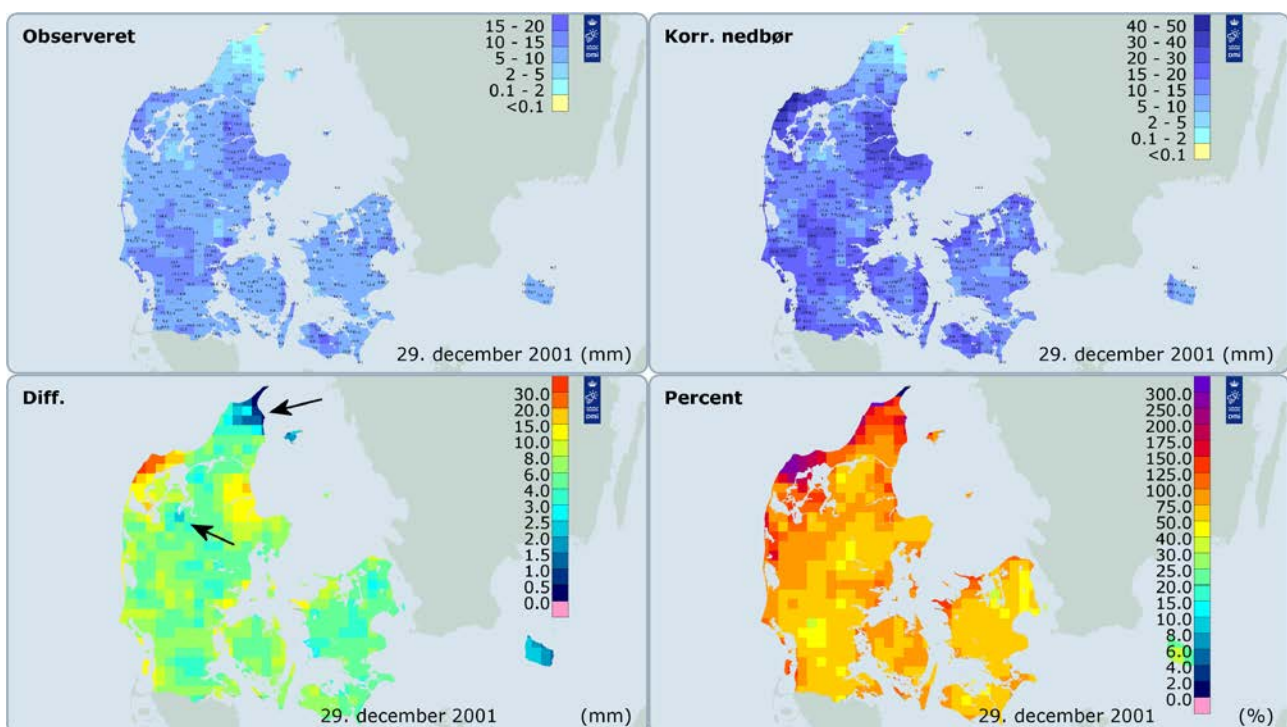
Forklaringen skal findes i de lokale vindforhold. Figur 23 viser middelvindhastigheden V_{10} i 10 m højde for døgnet. Det ses, at V_{10} i de nævnte områder ligger på 3-4 m/sek, bortset fra området i Himmerland, hvor V_{10} er på 6-7 m/sek. Imidlertid bliver V justeret ned til 1,5 m højde og derefter korrigeret for de lokale læforhold, inden $K_{\%}$ beregnes. Lokalt større læeffekt resulterer derfor i de lokalt lavere $K_{\%}$ -værdier vist i figur 22.

3.6 Stedvis stor eller lille forskel mellem målt og korrigeret nedbør

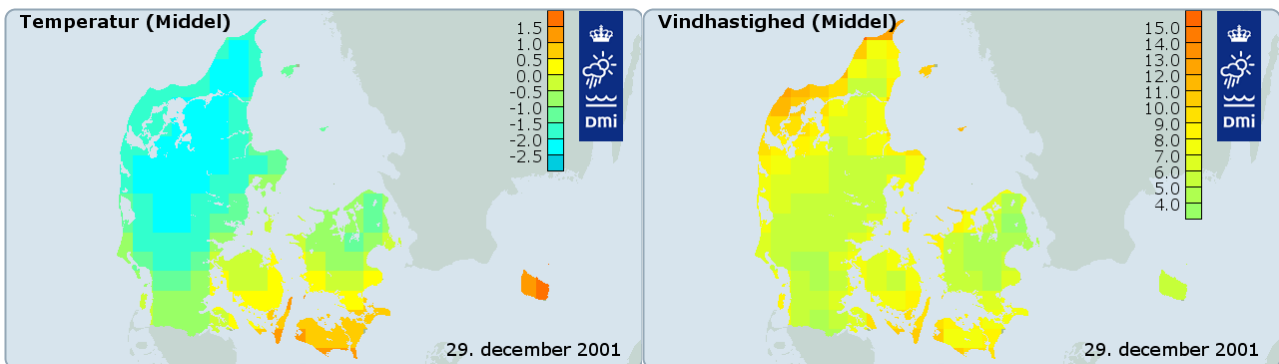
Der er ofte store rumlige variationer i forskellen mellem målt og korrigeret nedbør, når nedbøren er faldet som sne. Det kan skyldes, at: (1) læforholdene omkring nedbørstationerne som før nævnt kan være meget forskellige i en region, (2) de styrende variable vind, temperatur og nedbørstype kan variere lokalt, (3) der lokalt er målt væsentlig mere nedbør end ved nærliggende stationer.

Et godt eksempel på (2) er fra 29/12-2001, hvor flere stationer har lave værdier af differensen mellem målt og korrigeret nedbør. Disse viser sig som spots i differens-kortet, der ikke kan genfindes i kortet for $K_{\%}$. Årsagen er relativt små værdier af målt nedbør, der efter korrektion derfor stikker tydeligere frem i forhold til omgivelserne.

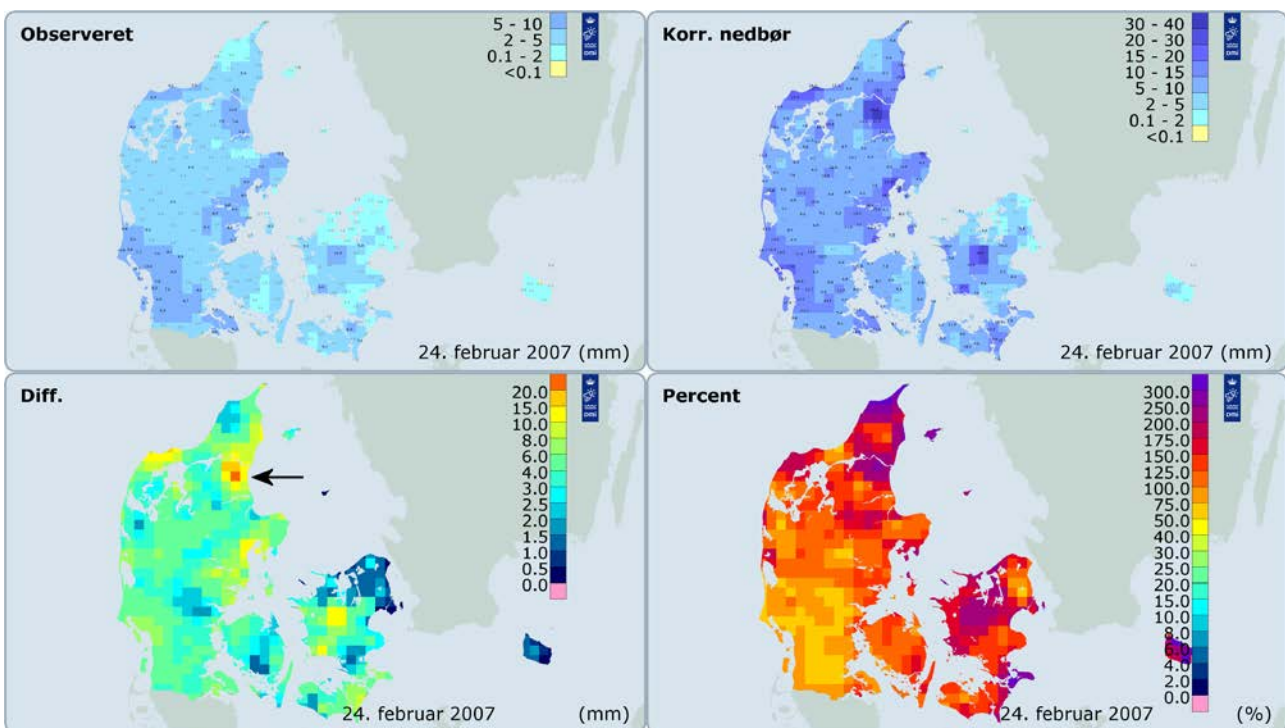
Ved kysten omkring Hanstholm er der et område med meget store differenser samtidig med $K_{\%}$ -værdier på helt op omkring 300 %. Det viser sig, at døgnets middeltemperatur her er tæt på -2°C samtidig med en døgnvindhastighed på hen ved 13 m/sek (figur 25). Da der samtidig falder ret store nedbørmængder, f.eks. 21,2 mm ved station 21085, bliver differensen også meget høj. Inde i landet er vindhastigheden væsentlig lavere, kun 3-7 m/sek, og $K_{\%}$ er derfor lavere her. Ved Østersøen måles der stedvis mere end 10 m/sek, men da temperaturen her ligger over frysepunktet, korrigeres nedbøren som slud, og som det kan anes bag farveskalaen i figur 24, er $K_{\%}$ på Bornholm meget lavere end i resten af landet. Det afspejler faktisk de virkelige forhold, da nedbøren i området faldt som både sne, slud og regn.



Figur 24. Målt og korrigeret nedbørmængde, differens og korrektionsprocent $K_{\%}$ for 29/12-2001 for et døgn med lokalt meget høje differenser mellem målt og korrigeret nedbør som følge af høje vindhastigheder langs kysten (se figur 25).



Figur 25. Døgnværdier af temperatur og vindhastighed for 29/12-2001.



Figur 26. Målt og korrigeret nedbørmængde, differens og korrektionsprocent $K_{\%}$ for 24/2-2007 for et døgn med lokalt meget høje differenser mellem målt og korrigeret nedbør som følge af lokalt store nedbørmængder.

Et eksempel på (3) er fra 24/2-2007, hvor der ved en nedbørstation syd for Aalborg måles 10,2 mm sne. Da $K_{\%}$ samtidig har meget høje værdier, korrigeres den målte nedbør til langt større værdier end i omgivelserne (figur 26). Differensen skiller sig derfor ud med lokalt meget store værdier. Andre steder er differensen tæt på nul, men det hænger sammen med korrektion af nedbørmængder, der generelt er en del lavere end ved de to stationer.

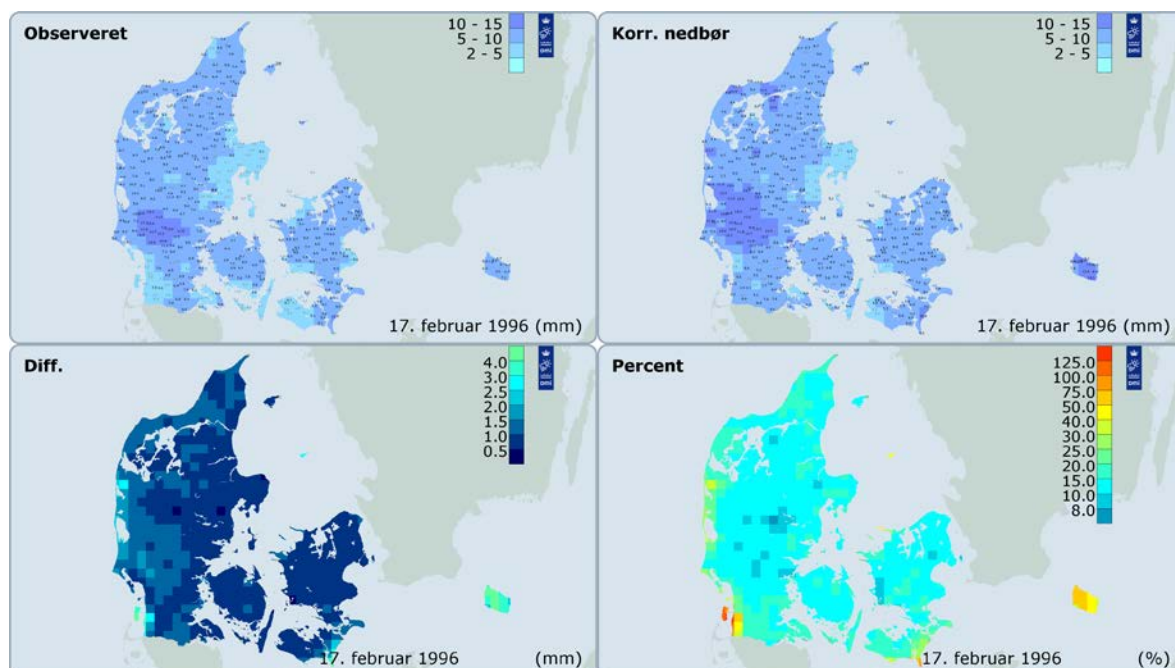
3.7 Effekt af at beregne sneprocent vha. lufttemperatur

Da sneprocenten $\alpha(\%)$ bestemmer, hvor stor en del af døgnet nedbør, der skal korrigeres som sne, er det en åbenlys fejlkilde for nedbørkorrektionen, at $\alpha(\%)$ beregnes ud fra døgnet's middeltemperatur og ikke den observerede nedbørstype.

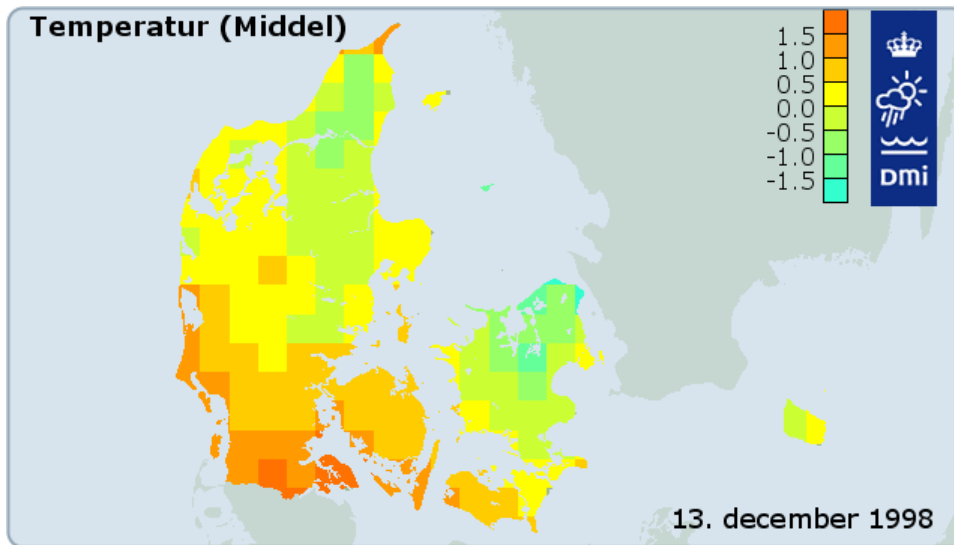
Der kan være vejr-situationer, hvor døgnet starter med frost, hvorefter temperaturen stiger til over frysepunktet og nedbøren falder som regn. Døgnmiddeltemperaturen kan da være tæt på eller endog under $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, og resultatet er en for stor korrektion af nedbøren. Der kan også være tilfælde, hvor nedbøren falder som sne, hvorefter temperaturen stiger markant over frysepunktet, og døgnmiddelværdien når op over frysepunktet, ja endog op over $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nedbøren korrigeres da som slud eller regn, og korrektionen bliver for lav. Her følger nogle eksempler på effekterne af disse forhold.

Et meget specielt eksempel på dette ses i figur 27 for 17/2-1996. $K_{\%}$ er i det meste af landet under 15 %, bortset fra 3 områder: Bornholm med $K_{\%}$ på 30-60 %, Sydfalster med op mod 75 %, og det sydvestligste Jylland med op over 125 %. Nedbørmængderne er for høje til, at korrektion for wettingtab kan forklare disse markante afvigelser overfor det generelle billede.

Dette døgn faldt nedbøren udelukkende som regn. Lokalt dykkede døgnets middeltemperatur de pågældende steder ned under $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, hvorfor nedbøren fejlagtigt blev korrigeret som slud, mens den i resten af landet korrekt blev korrigeret som regn. Ved vejrstationer på Bornholm og det sydlige Falster lå døgntemperaturen på $1,3\text{-}1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, men på Rømø var temperaturen kun $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, altså hovedsagelig korrektion som sne, hvorfor afvigelserne i $K_{\%}$ her er særlig ekstreme.



Figur 27. Målt og korrigeret nedbørmængde, differens og korrektionsprocent $K_{\%}$ for 17/2-1996 for et døgn, hvor der er uoverensstemmelse mellem den faktiske nedbørstype og den, der beregnes ud fra døgnets middeltemperatur.



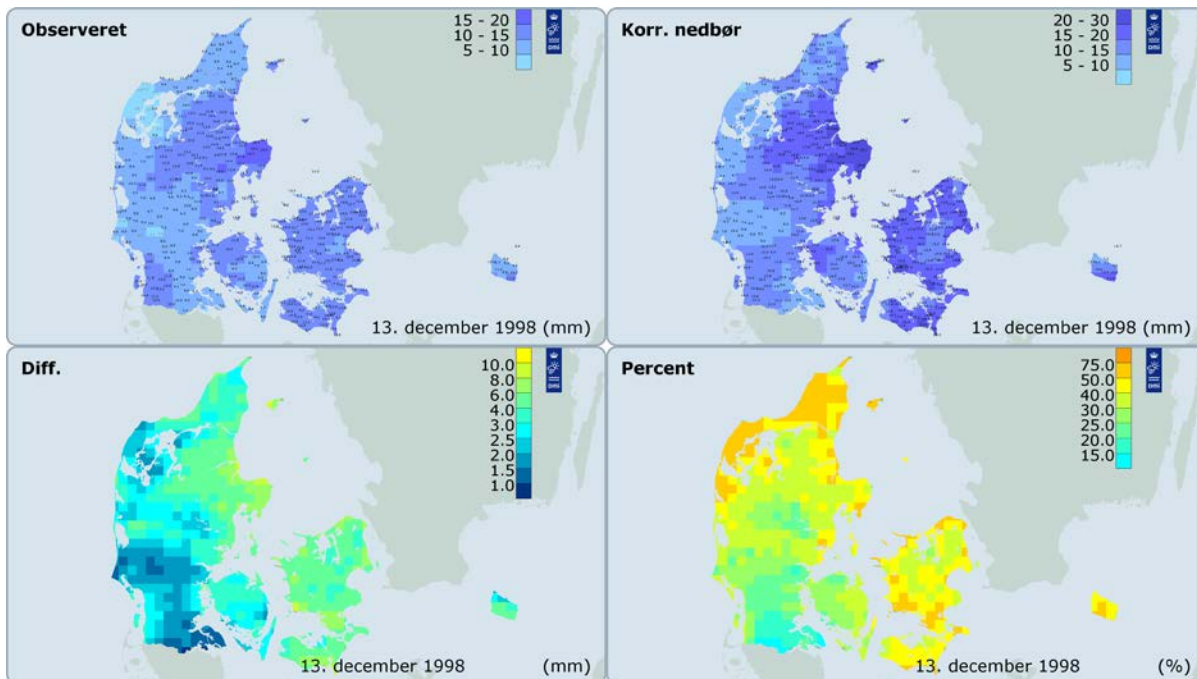
Figur 28. Middeltemperatur i $20 \times 20 \text{ km}^2$ grid for døgnet 13/12-1998.

Som et kuriosum kan nævnes, at vejret sidst i perioden slog om i det nordligste Jylland, så Skagen meldte om temperaturfald til $-1 \text{ }^\circ\text{C}$ og begyndende snefald. Døgntemperaturen her som i resten af landet lå dog over $2 \text{ }^\circ\text{C}$, så al nedbøren blev korrigeret som regn. Sneen ved Skagen udgjorde dog kun $0,2$ ud af $7,2 \text{ mm}$, så der er kun tale om en marginal fejl på $K\%$.

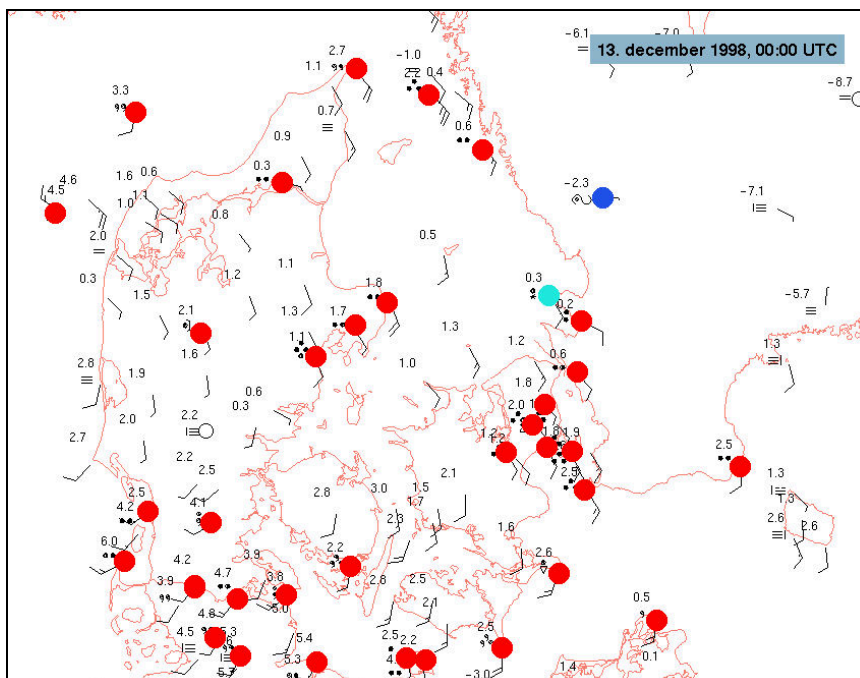
Et typisk eksempel på et vejrskifte, der resulterer i misvisende $K\%$ -værdier og for høje korrektioner af den målte nedbør er fra 13/12-1998. Målt og korrigeret nedbør, differenser og $K\%$ fremgår af figur 29. Døgnet starter med frost i hele landet, og først langt senere kommer der nedbør fra sydvest, der imidlertid kun falder som regn bortset fra lokalt isslag. Den kolde start på døgnet klassificerer imidlertid nedbøren som slud og især i den østlige og nordlige del af landet som sne, idet døgntemperaturen i store områder er omkring eller under frysepunktet (figur 28).

Da nedbøren er på sit højeste, falder der regn flere steder i landet (figur 30), og en tidsserie med vejrobservationer fra Værløse (figur 31) er et illustrativt eksempel på den generelle udvikling i vejrforholdene. Således er korrektionerne dette dogn alt for høje i den største del af landet, og $K\%$ burde ligge på et niveau, der svarer til værdierne i den sydligste del af Jylland, hvor nedbøren korrekt blev korrigeret som regn.

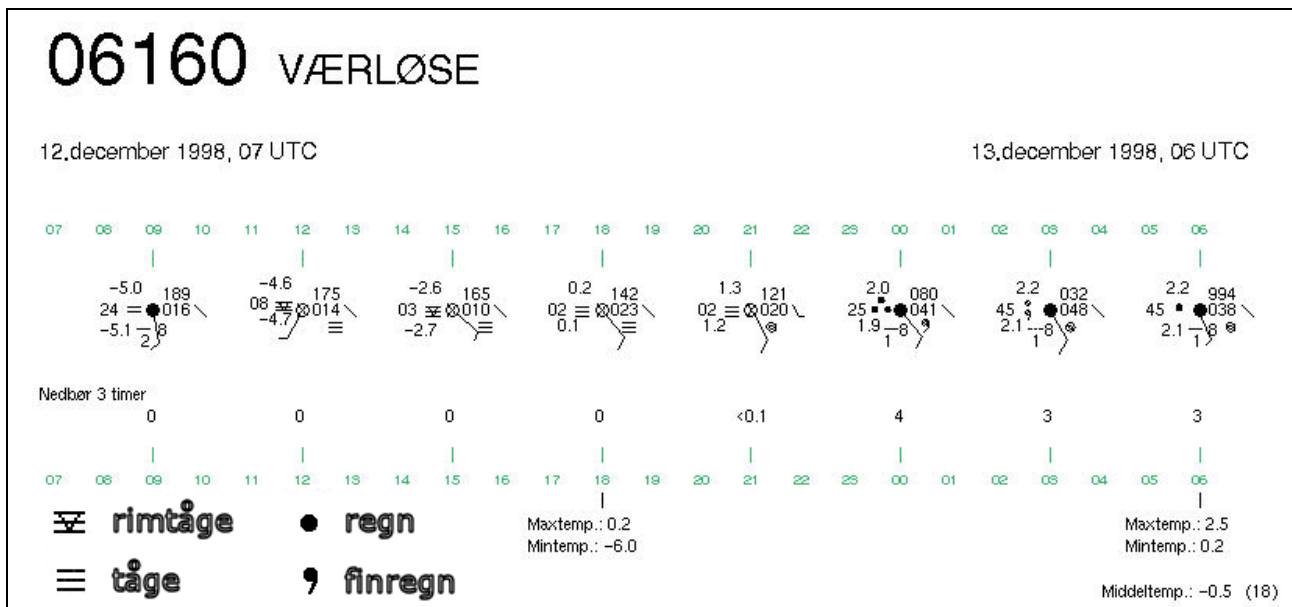
Eksemplerne viser, at de bedste resultater opnås, hvis korrektionsmodellens forudsætninger er opfyldt, altså hvis der gøres brug af *observeret* nedbørstype, og i øvrigt også hvis der benyttes middelværdi under nedbør af temperatur og vindhastighed. I praksis er dette imidlertid ikke muligt, da der kun observeres nedbørstype ved et ret begrænset antal vejrstationer. Det antages, at det samlede antal fejlklassifikationer er forholdsvis lavt, og at kategorisering af sne som regn, og regn som sne forekommer lige ofte hen over en længere periode. Imidlertid har fejlklassifikation af sne større konsekvenser for $K\%$ end en tilsvarende for regn, så det er vanskeligt at bedømme den eksakte effekt af problemet.



Figur 29. Målt og korrigeret nedbørmængde, differens og korrektionsprocent $K\%$ for 13/12-1998 for et døgn, hvor der er stor uoverensstemmelse mellem den faktiske nedbørstype og den, der beregnes ud fra døgnetts middeltemperatur.



Figur 30. Vejrkort for 13/12-1998 kl. 00z, som viser vindretning og -hastighed, temperatur og vejrtype, hvor blå = sne, lyseblå = slud og rød = regn. Antal "pinde" på vindfanen angiver vindstyrken, idet en lang fane svarer til 10 knob (ca. 5 m/sek) og en kort til 5 knob.



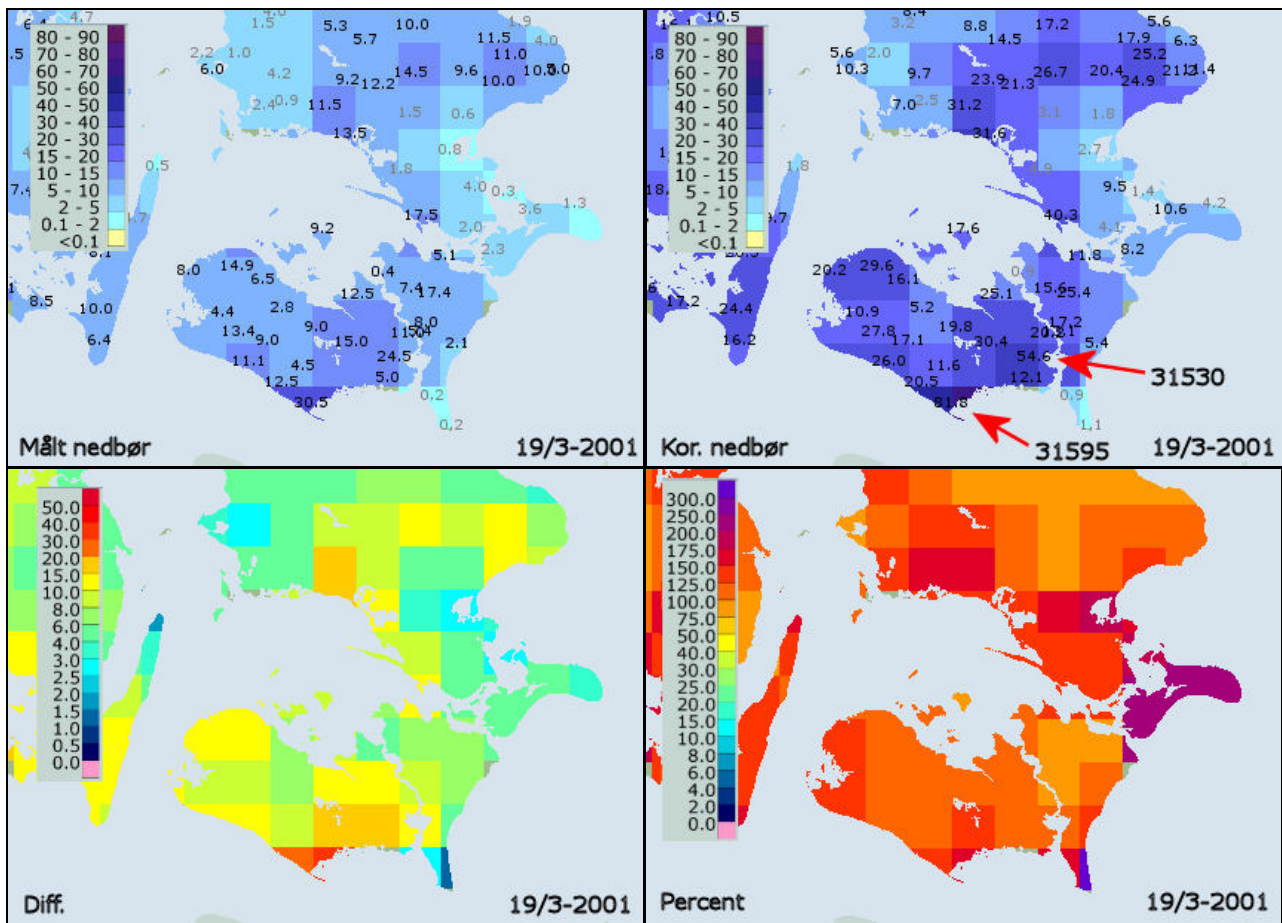
Figur 31. Tidsserie fra Værløse med vejrobservationer henover døgnet 12/12 kl. 07z til 13/12-1998 kl. 06z. Døgnet starter med -5 °C, men da regnen begynder ud på aftenen, er temperaturen steget til ca. 2 °C. Døgnetts middeltemperatur er -0,5 °C, og nedbør korrigeres fejlagtigt som sne. Nedbøren er målt i 3-timers intervaller blev i alt på 10 mm.

3.8 Modeltekniske effekter af gridcellernes størrelse

Det er vigtigt at understrege, at døgnværdierne for vindhastighed V_{10} og temperatur T er givet ved gridceller med en dimension på $20 \times 20 \text{ km}^2$. Dette får betydning for størrelsen af $K\%$, når de lokale variationer i V_{10} og T er store i forhold til gridcellernes dimension. Sådanne lokale variationer ses især i kystområder, hvor V_{10} falder ind over land, og hvor T tilsvarende er højest ved kyster med pålandsvind. Ved temperaturer nær frysepunktet er der en hårfin balance mellem, om nedbørens tilstand er sne, slud eller regn. Ved hvilken temperatur nedbørens fase skifter, afhænger imidlertid ret komplekst af de meteorologiske forhold.

Et eksempel på modeltekniske effekter af gridstørrelsen ses i figur 32 for 19/3-2001, hvor der er vist udsnit af målt og korrigeret nedbør, samt differens mellem disse og $K\%$. Dette døgn faldt der sne, nogle steder som kraftigt snefald, men stedvis ved kysterne kom nedbøren som slud og regn. I figuren ses to områder på Lolland, specielt et, med meget høje differensværdier. I udsnittene for målt og korrigeret nedbør ses, at dette skyldes to stationer, som i forhold til de øvrige stationer har meget høje målte og korrigerede mængder.

En nøjere granskning af data viser, at der er flere årsager hertil, og at disse peger på et bestemt forhold, nemlig visse begrænsninger i den aktuelle opsætning af modellen for korrektion af nedbør. De to stationer, der udmærker sig ved meget høje korrigerede værdier, er 31595 og 31530, hvis data ses i tabel 4. Disse data vil i det følgende blive vurderet sammen med de aktuelle vejrforhold for at søge en forklaring på ekstremerne i figur 32.



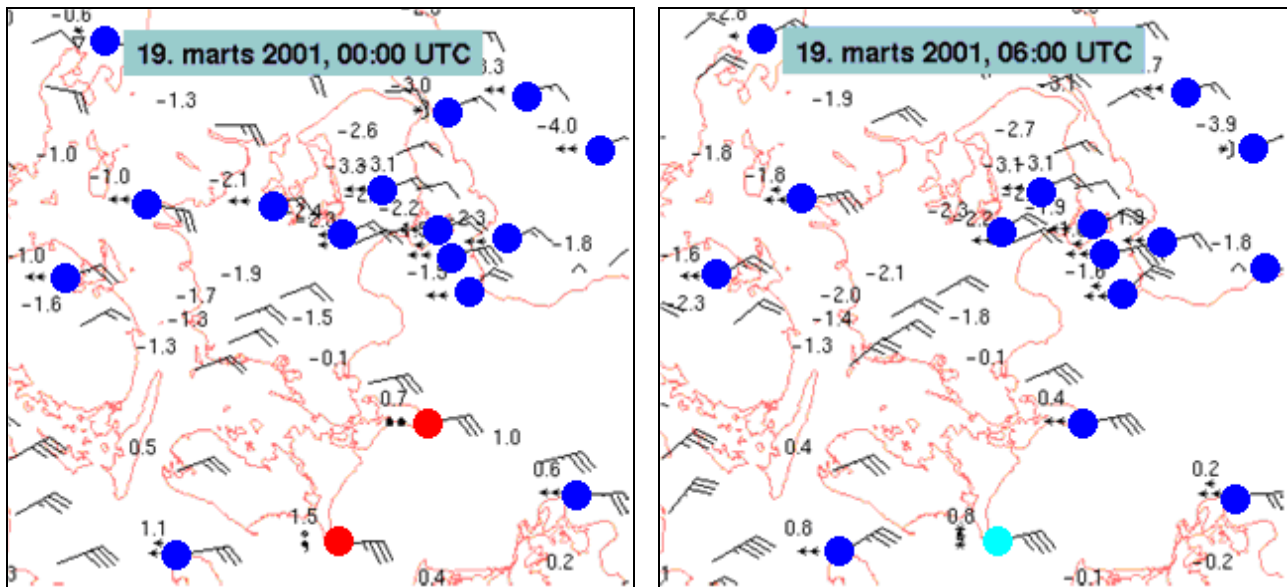
Figur 32. Udsnit af målt og beregnet nedbørmængde, differens mellem disse, samt korrektionsværdi $K\%$ for 19/3-2001 for et døgn, hvor gridcellernes størrelse for V_{10} og T har betydning for $K\%$.

Tabel 4. Inputparametre og forskellige beregningsresultater for stationerne 31530 og 31595 for 19/3-2001. Index = læindeks, T = lufttemperatur ($^{\circ}\text{C}$), V_{10} = vindhastigheden i 10 m højde (m/sek), V_{valid} = vindhastigheden i 1,5 m højde og korrigeret for læeffekt, α = andel af den målte nedbør faldet som sne, W = wettingtabel (mm), I = klimatologisk regnintensitet, k_r = korrektionsfaktoren for regn, k_s = korrektionsfaktoren for sne, P_m = målt nedbørmængde (mm), og P_c = korrigeret nedbørmængde.

	Index	T	V_{10}	V_{valid}	α	W	I	k_r	k_s	P_m	P_c
31530	10	0,6	11,0	4,1	0,7	0,19	1,18	1,1488	2,6659	24,5	54,6
31595	3	0,9	12,8	5,8	0,55	0,19	1,18	1,2141	3,8501	30,5	81,8

Af figur 33 med observationer af vindforhold, temperatur og vejrtype ses, at den sydligste del af landet har haft sekvenser med slud og finregn, mens resten af landet har haft sne. Desuden har vindhastigheden været forholdsvis høj ved østvendte kyster og noget lavere inde i landet.

Klassifikation af vejrtypen ud fra T har specielt for kyststationen 31595 sandsynligvis givet for høj α værdi og dermed for høj k_s . Anvendelsen af $20 \times 20 \text{ km}^2$ grid giver værdier af V_{valid} , der er for unøjagtige og for lidt repræsentative for de lokale forhold ved både 31530 og 31595. Her er den beregnede vindhastighed sandsynligvis for høj, hvilket bidrager til de store værdier af såvel k_s som differenser.



Figur 33. Vejrkort for 19/3-2001 kl. 00z og 06z, som viser vindretning og -hastighed, temperatur og vejrtype, hvor blå = sne, lyseblå = slud og rød = regn. Antal "pinde" på vindfanen angiver vindstyrken, idet en lang fane svarer til 10 knob (ca. 5 m/sek) og en kort til 5 knob.

De to stationer har opsamlet en del mere nedbør end de omgivende stationer. Det kunne skyldes, at der faktisk er faldet mere nedbør her. Det kunne også have at gøre med fordelingen af sne, slud og regn samt variationer i vindfeltet. I modsætning til sne lidt inde i landet, har slud og regn været dominerende nær kysten en stor del af tiden, og først til sidst går nedbøren over i sne og slud ved Møn og Gedser. Desuden falder vindhastigheden inde over land i områder nær østvendte kyster, da vinden er i øst, hvilket også har betydning for det reelle lokale korrektionsniveau.

Den målte nedbørmængde i den sydøstlige del af hhv. Falster og Lolland er meget lav sammenlignet med værdierne længere mod vest og nord. Det kan forklares med den kraftige østenvind, der til sidst i perioden ved Gedser når op nær 20 m/sek, og som får nedbørmåleren til at opfange meget mindre af nedbøren end ved de lavere vindhastigheder længere inde i landet. Dette gælder især for sne, men også i nogen grad for regn, specielt ved lavere regnintensiteter.

Det sidste pointeres, fordi vejrstationen ved Gedser melder om finregn 19/3-2001 kl. 00z. De stedvis meget høje værdier af beregnet differens og korrigeret nedbør kan således med stor sandsynlighed forklares med rent modeltekniske begrænsninger.

3.9 Sammenfatning

En række eksempler på daglig nedbørkorrektion er gennemgået med henblik på at identificere og forklare et antal ofte forekommende specialiteter i den rumlige fordeling af hhv. differensen mellem målt og korrigeret nedbørsum og korrektionsprocenten. Dette er gjort for at formidle, at visse tilsyneladende mistænkelige tilfælde ikke er fejl i beregningerne, men skyldes beregningsmetodik, såsom små nedbørmængders betydning for korrektionsprocenten. Ligeledes er læforholdenes betydning for de rumlige variationer dokumenteret og forklaret.



Korrektionsmodellen kræver input af vindhastighed V og lufttemperatur T målt *under nedbør*, regnintensitet I og andel nedbør som sne α godtgjort på basis af *observeret* nedbørtype. Ingen af disse forudsætninger er opfyldt i opsætningen af modellen, idet V og T er døgnmiddelværdier, I tages som klimatologisk værdi, og α bestemmes ud fra døgnværdien af T .

Ikke desto mindre synes resultaterne plausible, og modellen ser ud til at virke efter hensigten i situationer med sne og regn inden for samme døgn. Dog er der fejlkilder, idet T i nogle situationer indikerer sne, selvom nedbøren er faldet som regn, og omvendt. Ligeledes er der rent modeltekniske begrænsninger, idet T og V er beregnet som $20 \times 20 \text{ km}^2$ gridværdier.

I forhold til tidligere eksperimenter, hvor V og T blev taget fra nærmeste vejrstation (Allerup, Madsen og Vejen, 2000), er der dog tale om en forfinelse af korrektionsmodellens opsætning, og beregningsresultaterne ser da også i det store og hele fornuftige ud, ligesom de fundne afvigelser kan forklares, og forslag til forbedringer fremsættes.



4. Konklusion

Nedbørmålinger ved manuelle nedbørstationer er korrigeret for fejlkilder for perioden 1989-2010 vha. korrektionsmodellen for fast, blandet og flydende nedbør, og der er benyttet en opsætning, der som input tager døgnværdier af vindhastighed V og lufttemperatur T samt bestemmer vejrtypen ud fra døgnværdier af T . Modellen er benyttet til at beregne daglige korrektioner ved nedbørstationer, hvorefter korrigeret nedbør ved interpolation er beregnet for hele landet i et net med feltdimensionen $10 \times 10 \text{ km}^2$. Modellen og dens opsætning er gennemgået i del 3 i en rapportserie, som nærværende rapport er en del af.

I rapportseriens del 4 er gennemgået månedlige og årlige for hele perioden. I nærværende rapport er foretaget en detaljeret gennemgang af udvalgte daglige resultater, som er fundet velegnede til at give en forståelse af både fordele og begrænsninger ved modellen.

Generelt synes beregningsteknikken dog robust og leveringsdygtig i valide resultater. Beregningerne for 1989-2010 giver en realistisk afspejling af det daglige korrektionsniveau, hvilket især er tydeligt, når nedbørstypen skifter mellem sne og regn. Især i disse tilfælde står det klart, hvor vigtigt det er at kende den korrekte nedbørstype, hvis der skal opnås en korrekt beregning af det faktiske korrektionsniveau. Det kan påvises, at gridcellernes størrelse på $20 \times 20 \text{ km}^2$ for vindhastighed og temperatur kan have en vis betydning for usikkerheden på de beregnede korrektioner, ligesom den metode, der anvendes til at korrigere for læforholdene, kan have en vis indvirkning på resultaterne. Således har det betydning, præcis hvordan og under hvilke forudsætninger, korrektionsmodellen er sat op, og hvordan de inputparametre, modellen skal bruge, er blevet beregnet. På det foreliggende grundlag er det dog ikke muligt præcist at estimere, hvilken betydning disse forhold har på det generelle korrektionsniveau. Det må dog antages, at variationerne udjævner hinanden, og at de generelle resultater giver en udmærket afspejling af korrektionsforholdene.

Afslutningsvis må siges, at analyserne medvirker til at øge vidensgrundlaget for nedbørforhold og nedbørkorrektion i Danmark.



5. Referencer

Allerup, P. and H. Madsen (1979): Accuracy of point precipitation measurements. Danish Meteorological Institute, Climatological Papers, No. 5, Copenhagen 1979, 84p.

Allerup, P., Madsen, H., og Vejen, F. (1997): A Comprehensive Model for Correcting Point Precipitation. Nordic Hydrology, vol. 28, 1-20.

Allerup, P., Madsen, H., og Vejen, F., 1998: Standardværdier (1961-90) af nedbørkorrektioner. Danish Meteorological Institute, Technical Report, No. 98-10, Copenhagen 1998, 19 sider.

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

Refsgaard, J. C., S. Stisen, A. L. Højberg, M. Olsen, H. J. Henriksen, C. D. Børgesen, F. Velen, C. Kern-Hansen, og G. Blicher-Mathiesen (2011): Vandbalance i Danmark. Vejledning i opgørelse af vandbalance ud fra hydrologiske data for perioden 1990-2010. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2011/77. GEUS, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, Klima- og Energiministeriet 2011.

Vejen, F. (2005): Pilotprojekt: Beregning af dynamisk korrektion af nedbør på Samsø, 1989-2003. Teknisk Rapport 05-16, Danmarks Meteorologiske Institut, 56 p.



Previous reports

Previous reports from the Danish Meteorological Institute can be found on:
<http://www.dmi.dk/dmi/dmi-publikationer.htm>



Dmi
Klima- og Energiministeriet

Dokumentation og beskrivelse

Korrigeret Nedbør 2011-2012

Dataleverance til DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Del 2 af 2

Beskrivelse af metode, resultater og modeltekniske specialtilfælde

Version 24.05.2013

Flemming Vejen



Dmi
Klima- og Energiministeriet

Danmarks Meteorologiske Institut

Indhold:

1. Resumé.....	4
2. Introduktion.....	5
3. Metode til korrektion af nedbør	6
3.1 Den generelle korrektionsmodel	6
3.1.1 Bestemmelse af mængden af regn og sne	7
3.1.2 Modelgrænser for korrektionsmodellen.....	7
3.1.3 Modelkonstanter for Rimco	8
3.1.4 Modelkonstanter for Geonor	8
3.1.5 Overvejelser over korrektionskonstanter for Pluvio ²	9
3.2 Korrektion for wetting og fordampningstab.....	11
3.2.1 Fastlæggelse af wettingtab for Rimco, Geonor og Pluvio ²	12
3.2.2 Fordampning for Rimco, Geonor og Pluvio ²	13
3.2.3 Særlige effekter for Rimco.....	14
4. Korrektionsmodellens implementering i praksis	15
4.1 Målsætning	15
4.2 Datagrundlag	15
4.3 Tilpasning af datagrundlag til den dynamiske korrektionsmodel	16
4.4 Korrektion af vindhastighed V.....	17
4.4.1 Korrektion for læeffekt	18
4.5 Bestemmelse af regnintensitet I	19
4.6 Bestemmelse af snefraktion α	19
4.7 Korrektionsmodellens gyldighed	19
4.8 Beregning af daglige kort over korrektionsresultater	20
4.9 Databehandling og kvalitetskontrol.....	21
5. Resultater	22
5.1 Det månedlige og årlige korrektionsniveau	22
5.2 Ændringer i korrektionsniveau sammenlignet med tidligere.....	23
5.3 Spatiale fordeling af samlede værdier.....	25
5.4 Opsamling.....	28
6. Modeltekniske specialtilfælde og andre eksempler	29
6.1 Små nedbørmængders indvirkning på korrektionsprocenten.....	29
6.2 Korrektion af regn ved meget høje vindhastigheder	29
6.3 Nedbørtypens betydning for korrektionsresultater	31
6.3.1 Korrektion af sne	31
6.3.2 Korrektion af regn og sne i samme døgn	33
6.3.3 Læforholdenes betydning for korrektionen.....	33
6.4 Effekt af at beregne sneprocent vha. lufttemperatur.....	36
6.5 Lokalt meget høj eller meget lav korrektionsprocent	36
6.6 Stedvis stor eller lille forskel mellem målt og korrigeret nedbør.....	39
6.7 Uventet høje korrektioner 27/10-2012.....	39
6.8 Om måling af snenedbør med Rimco.....	40
6.9 Sammenfatning	41
7. Sammenfatning.....	42
8. Referencer.....	43
9. Appendiks A: månedskorrektioner for 2011 og 2012	46



1. Resumé

Dette notat er ét ud af to dokumentationsnotater, der beskriver datafiler, metode, generelle resultater samt modeltekniske specialtilfælde i projekt ”Korrigeret nedbør 2011-2012; Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet”.

De to dokumentationsnotater omhandler:

Del 1: Punktværdifil, Gridværdifiler, Grafikfiler

Del 2: Beskrivelse af metode, resultater og modeltekniske specialtilfælde

Nærværende notat er Del 1: Punktværdifil, Gridværdifiler, Grafikfiler.



2. Introduktion

Der er de senere år arbejdet en del med at få udviklet og implementeret en praktisk metodik til korrektion af nedbørmålinger for diverse fejlkilder, herunder specielt den bias, der skyldes vindens indflydelse på nedbørmåling. Arbejdet har hovedsagelig drejet sig om at få skabt en model til dynamisk korrektion af nedbør frem for anvendelsen af de statiske og mere unøjagtige klimatologiske værdier af nedbørkorrektion, ofte benævnt standardværdier eller 'håndtal' (Allerup, Madsen og Vejen, 1998). Disse standardværdier gav korrektioner, der var noget højere end de hidtil anvendte standardværdier (Allerup and Madsen, 1979). Standardværdierne fra 1998 var baseret på dynamisk gennemregning af korrektionsforholdene ved 12 klimastationer, der var placeret inde i landet, og for en forholdsvis begrænset periode, 1989-1996.

Det er vigtigt at skelne mellem selve den generelle model til korrektion af nedbørmålinger (Allerup, Madsen og Vejen, 1997), og den praktiske implementering af korrektionsmodellen. Et første forsøg på implementering i en praktisk dynamisk model er anvendt i et pilotstudie for Samsø (Vejen, 2005), og principperne for denne model indgik i diskussionen og anbefalingerne for en ny praksis for vandbalanceberegninger inkl. nedbørkorrektion i (Refsgaard et al., 2011).

Et grundkrav for dynamisk nedbørkorrektion er, at der beregnes korrektionsværdier på døgnbasis for den enkelte station med anvendelse af aktuelle vind-, temperatur- og nedbørforhold. Derved korrigeres der for de lokale vejrforhold fra måned til måned og år til år, hvilket eliminerer de begrænsninger og ulemper, der følger af at anvende standard korrektionsværdier. Dynamiske korrektioner afspejler klimatiske forskelle mellem lokaliteter og henover tid i langt højere grad end de hidtidige implementeringer af nedbørkorrektion, dette under forudsætning af at det nødvendige datagrundlag er til stede.

Nærværende skrift beskriver en dynamisk model for korrektion af nedbør, der er opdateret til korrektion af målinger fra de automatiske nedbørmålere, der anvendes i det danske nedbørnet pr. 1/1-2011. Opdateringen tager udgangspunkt i den model for korrektion af manuelle nedbørmålinger, der er anvendt til korrektion af nedbørmålinger for perioden 1989-2010 og gjort rede for i Vejen (2012a).

Den opdaterede model er anvendt til at gennemregne korrektionsforholdene for automatiske nedbørmålinger henover perioden 2011-2012 og tager som datainput gridværdier af meteorologiske parametre til brug for korrektionen. Modellen, som den foreligger nu, er tro mod anbefalingerne for korrektion af nedbør i konsensusnotat for beregning af vandbalance i Danmark (Refsgaard et al, 2011), blot med den opdatering, at der anvendes målerspecifikke værdier af wetting- og fordampningstab samt empiriske konstanter i korrektionsmodellen.

Nærværende rapport beskriver metode, beregningsmodellen og dens forudsætninger, generelle resultater samt modeltekniske specialtilfælde i projekt "Korrigeret nedbør 2011-2012; Dataleverance til DCE/NOVANA". Beregningerne er udført på foranledning af DCE, Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet.



3. Metode til korrektion af nedbør

3.1 Den generelle korrektionsmodel

Til beregning af dynamiske korrektionsværdier er anvendt den generelle korrektionsmodel (Allerup, Madsen og Vejen, 1997), der er sammensat af to dele: et led, der tager sig af regn, og et led der tager sig af sne. Modellen kræver input af følgende meteorologiske parametre:

- Middelværdi under nedbør af vindhastighed V (m/sek) i nedbørmålerens højde.
- Middelværdi under nedbør af lufttemperatur T ($^{\circ}\text{C}$) i nedbørmålerens højde.
- Gennemsnitlige regnintensitet, I (mm/time),
- Oplysninger om nedbørart, så der kan beregnes indeks α for andelen af fast nedbør.

Der er kun brug for T , hvis nedbøren helt eller delvis er faldet som sne eller slud, mens I kun skal bruges, hvis nedbøren helt eller delvis er faldet som regn.

Modellen forudsiger korrektionsfaktoren $K_{\alpha} = P_c/P_m$, som er raten af sand nedbør P_c i forhold til målt nedbør P_m henover et vilkårligt relativt kort tidsrum, der ikke bør overstige et døgn.

Korrektionsfaktoren K_{α} er givet ved:

$$K_{\alpha} = \alpha \cdot k_s(V, T) + (1 - \alpha) \cdot k_r(V, I) \quad (\text{Allerup, Madsen og Vejen, 1997})$$

Hvor:

- K_{α} = korrektionsfaktor for given nedbørtype for nedbørperioden
 α = andel af nedbøren faldet som sne givet som et tal mellem 0 og 1
 k_s = korrektionsfaktor for sne (der er en funktion af vindhastighed V og temperatur T)
 k_r = korrektionsfaktor for regn (der er en funktion af vindhastighed V og regnintensitet I)

Korrektionsfaktoren for sne, k_s , beregnes ved:

$$k_s = e^{\beta_0 + \beta_1 \cdot V + \beta_2 \cdot T + \beta_3 \cdot V \cdot T} \quad (\text{Allerup, Madsen og Vejen, 1997})$$

Hvor:

- V = middelværdi under nedbør af vindhastighed i målerhøjde i m/sek
 T = middelværdi under nedbør af lufttemperatur i $^{\circ}\text{C}$
 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ er konstanter, som afhænger af målertype (se tabel 1).

Korrektionsfaktoren for regn, k_r , beregnes ved:

$$k_r = e^{\gamma_0 + \gamma_1 \cdot V + \gamma_2 \cdot \ln I + \gamma_3 \cdot V \cdot \ln I + c} \quad (\text{Allerup og Madsen, 1980, Førland et al, 1996})$$

Hvor:

- V = middelværdi under nedbør af vindhastighed i målerhøjde i m/sek
 I = regnintensitet i mm/time
 $\gamma_0, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ og c er konstanter, som afhænger af målertype (se tabel 1).

Tabel 1. Værdi for konstanter i korrektionsmodellen for Hellmann, Pluvio² og Rimco (alle uden skærm), samt Geonor med skærm (Allerup og Madsen, 1980, Førland et al., 1996). Der er gjort visse antagelser om konstanterne for Pluvio² (se nærmere i tekst, afsnit 3.1.5).

Nedbørtype	Symbol	Hellmann Rimco (Pluvio ²)	Geonor
sne	β_0	0,04587	-0,12159
	β_1	0,23677	0,18546
	β_2	0,017979	0,006918
	β_3	-0,015407	-0,005254
regn	γ_0	0,007697	0,007697
	γ_1	0,034331	0,034331
	γ_2	-0,00101	-0,00101
	γ_3	-0,012177	-0,012177
	c	0,0	-0,05

Konstanterne i modellen er blevet udledt ved statistiske analyser af empiriske data indsamlet på et testfelt i Jokioinen, Finland, i perioden 1987-1993 (WMO, 1998). I den forbindelse blev der bl.a. udviklet konstanter, der gælder for sne og regn, for nedbørmålere af typen Hellmann, Rimco og Geonor.

3.1.1 Bestemmelse af mængden af regn og sne

Mængden af hhv. sne og regn bliver af gode grunde ikke målt hver for sig ved vejrstationer, men fås som en samlet mængde for en observationsperiode. Nøje analyser af data indsamlet i Finland i et internationalt forskningsprojekt (WMO, 1998) har vist, at varigheden af snenedbør giver en meget god tilnærmelse til, hvor stor en del af nedbøren, der er faldet som sne (Allerup, Madsen og Vejen, 1997).

Således kan varigheden af snenedbør i praksis fås vha. observationer af nedbørart og lufttemperatur. Hvis der f.eks. er observeret sne i 30 % af tiden, er andelen af sne med god tilnærmelse givet ved $\alpha=0,3$. Hvis det ud fra observationerne ikke kan godtgøres, om nedbøren er faldet som sne eller regn, men er observeret som blandet nedbør såsom slud, sættes andelen af sne til $\alpha=0,5$ jfr. anbefalinger i Førland et al (1996).

Hvis der mangler observationer af vejrtypen, kan luftens temperatur anvendes til beregning af andelen af sne (se videre i afsnit 4.6).

3.1.2 Modelgrænser for korrektionsmodellen

Der har været rejst spørgsmålet, om modellen er repræsentativ for danske forhold, når den er baseret på finske data. Spørgsmålet er ved at blive undersøgt i et hydrologisk forskningsprojekt, (HOBE, 2007), hvor der indsamles snedata på et målefelt i Vestjylland. Der vil dog gå en rum tid endnu, inden der er indsamlet tilstrækkeligt med data til at kunne besvare spørgsmålet, idet der kun har været indsamlet snedata i 4 vintre.

Karakteren af de empiriske data, som korrektionsmodellen er baseret på, gør modellen mest sikker ved de hyppigste V,T værdier i datamaterialet og mindst ude i kanterne. Konstanterne gælder for

den danske Hellmann måler uden skærm. Meget høje værdier af V og I samt meget lave værdier af T har været stærkt underrepræsenterede i data, og det er følgelig kun muligt at benytte modellen indenfor disse intervaller:

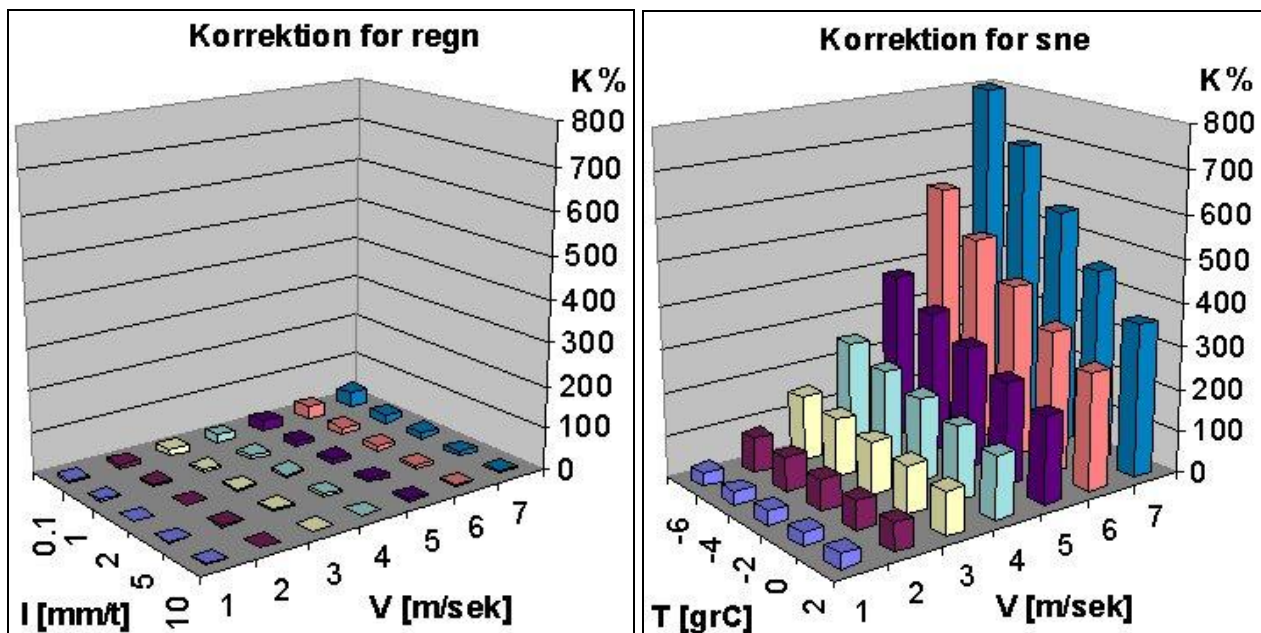
- Vindhastighed: $1 \leq V \leq 7$ m/sek for fast nedbør, $0 \leq V \leq 15$ m/sek for flydende nedbør.
- Temperatur : $T \geq -12^\circ\text{C}$.
- Regnintensitet: $0 \leq I \leq 15$ mm/time.

3.1.3 Modelkonstanter for Rimco

Figur 1 viser korrektionsniveauet for Rimco måleren (og Hellmann) for sne og regn som funktion af vindhastighed, temperatur og regnintensitet. Niveauet er mange gange større for sne i forhold til regn, og det er indlysende afgørende at tage optimalt hånd om dette faktum i praktisk korrektionsmetodik.

Estimationsteknikken bag modellen betyder, at korrektionsfaktoren K for Rimco ved "uheldige" kombinationer af V og T for delmodellen for sne bliver estimeret en anelse mindre end 1.00. Dette sker ved lave værdier af V og T, dog kun hvis $T < -4.2^\circ\text{C}$: $K < 0$ hvis $V < 0.1$ m/s ved -4.2°C , samt hvis $V < 0.4$ m/s ved $T = -12^\circ\text{C}$. Da vindeffekten ved så lave vindhastigheder stort set er fraværende, sættes $k_s = 1.00$ hvis k_s estimeres til < 1 i beregningerne.

For regn ses dette ikke uanset kombinationerne af V og I. Her er k_r kun marginalt større end 1,00 ved $V = 0$ m/s, hvilket ikke har nogen praktisk betydning.



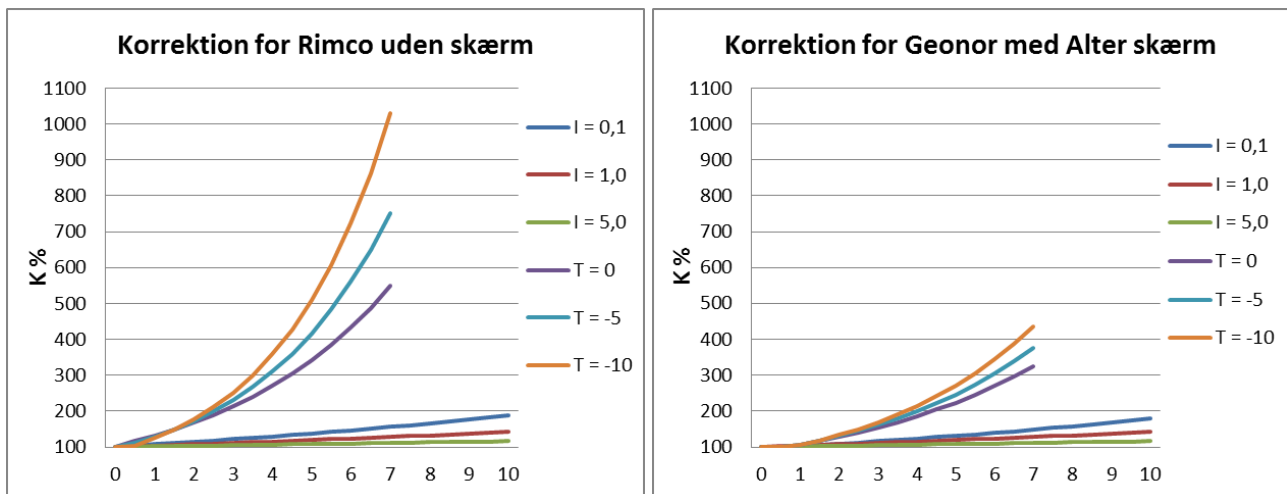
Figur 1. Korrektionsforhold for regn og sne for Rimco uden skærm (og den danske Hellmann måler).

3.1.4 Modelkonstanter for Geonor

Figur 2 viser korrektionsniveauet for Geonor måleren med Alter skærm for sne og regn som funktion af vindhastighed, temperatur og regnintensitet. Det ses, at selvom niveauet for sne er en del større end for regn, gør skærmen måleren betydeligt bedre i stand til at opfange nedbøren sammenlignet med Rimco, i særdeleshed for sne, men kun marginalt for regn.

Estimationsteknikken bag modellen betyder, at korrektionsfaktoren K ved “uheldige” kombinationer af V og T for delmodellen for sne bliver estimeret en anelse mindre end 1.00. Dette sker ved lave værdier af V og T , dog kun hvis $V < 1.2$ m/sek ved $+2$ °C og $V < 0.8$ m/sek ved -12 °C. Da vindeffekten ved så lave vindhastigheder stort set er fraværende, sættes $k_s = 1.00$ hvis k_s estimeres til < 1 i beregningerne.

For regn ses dette ved lave værdier af V og I , f.eks. hvis $I = 1$ mm/time og $V < 1.3$ m/s, og ved I på 3 mm/time og $V < 2$ m/s. Da Geonor er forsynet med en Alter skærm, som dæmper turbulensen omkring målerens åbning, giver det god mening, at vindeffekten i praksis er fraværende ved så lave vindhastigheder.



Figur 2. Sammenligning af korrektionsforhold for regn og sne for Rimco uden skærm og Geonor med Alter skærm.

3.1.5 Overvejelser over korrektionskonstanter for Pluvio²

Der foreligger ikke for nærværende konstanter til korrektionsmodellen for Pluvio² måleren. Der arbejdes på at udvikle konstanter i forskellige forskningsprojekter såsom HOBE-projektet (HOBE, 2007) og WMO-projektet SPICE, Solid Precipitation Intercomparison Experiment (WMO, 2011), men der foreligger endnu ikke konstanter for måleren. Indtil nye konstanter foreligger, er det nødvendigt at gøre visse antagelser om korrektionkonstanter for Pluvio².

Det er et faktum, at en nedbørmålers udformning og kantform ved målerens åbning har betydning for dens evne til at opsamle nedbør (Sevruk, Hertig and Tettamanti, 1994, WMO, 1998). Det er derfor vigtigt, at Pluvio² er designet på en måde, så den i sin udformning er identisk med en allerede eksisterende nedbørmåler. I modsat fald vil der være risiko for systematisk bias på nedbørmålinger og dermed homogenitetsbrud, hvis en given nedbørmåler udskiftes med en Pluvio².

Dette har producenten og udvikleren af Pluvio nedbørmålere, OTT Hydromet, været opmærksom på fra starten i et samarbejde med Deutscher Wetterdienst. Den første model, Pluvio Model 250 mm (se figur 3), blev designet efter den såkaldte Hellmann form (f.eks. Gordon, 2003, Wauben, 2004), hvorved der tilstræbes identiske aerodynamiske egenskaber og dermed opsamlingssevne for nedbør mellem Pluvio og målere af typen Hellmann. Dette giver god mening, da anbefalinger om

forsigtighed i forbindelse med udskiftning af nedbørmålere får betydning for størrelsen af det potentielle marked for en måler.

At designet for Pluvio faldt på Hellmann formen hænger sammen med Hellmann målerens forholdsvis store udbredelse, da den bl.a. findes i en dansk, tysk og ungarnsk udgave. Selvom disse Hellmann målere er marginalt forskellige i deres udformning, kan deres aerodynamiske egenskaber betragtes som identiske. Således er der god grund til at antage, at korrektionskonstanterne for den danske Hellmann uden skærm også kan benyttes for Pluvio Model 250 mm.



Figur 3. Den første udgave af Pluvio-måleren blev produceret med en målekapacitet på 250, 1000 og 1300 mm. Her er vist Pluvio Model 250 mm fra en testopstilling ved Westermarkelsdorf, Fehmarn (E. Lanzinger, Deutcher Wetterdienst, pers. komm.).

Imidlertid er en målerkapacitet på 250 mm for lidt til et nedbørklima som det danske, også fordi der skal påfyldes frostvæske af hensyn til måling af fast nedbør. Den første serie af Pluvio målere havde derfor udover 250 mm også kapaciteter på 1000 og 1300 mm, men med en 10 gange dårligere måleopløsning end 250 mm måleren.

Den næste generation af Pluvio måleren, Pluvio², fremkom med en stærkt forbedret vejecelle, som gjorde målerne med høj kapacitet i stand til at måle i samme opløsning som model 250 mm, nemlig 0,01 mm. Pluvio² i DMI's nedbørnet har en målerkapacitet på 1500 mm og et opsamlingsareal på 200 cm².

Som figur 4 viser, har Pluvio² model 1500 mm en noget anden form end Pluvio model 250 mm. Udformningen er i helheden ikke længere tro mod Hellmann formen, selvom den øverste del, ”skorstenen”, med lidt god vilje godt kan siges til en vis grad at ligne Hellmann målerens facon. Spørgsmålet er, hvor stor indflydelse de skrå sider har på vindfeltet omkring måleråbningen, og om afstanden til åbningen er stor nok til, at de skrå sider kun har marginal eller ingen betydning for målerens evne til opsamling af nedbør. Ligeledes er det muligt, at kantprofilen ved måleråbningen i aerodynamisk henseende ikke adskiller sig markant fra Hellmann målerens profil, men dette trænger til eftervisning og afklaring.

Der er som tidligere nævnt igangsat internationale bestræbelser på at afklare de aerodynamiske egenskaber for Pluvio² for såvel fast som flydende nedbør. At Pluvio² regnes for meget pålidelig og driftssikker er f.eks. dokumenteret af det faktum, at Pluvio² på linje med Geonor T-200 er valgt som referencemåler i WMO-SPICE (WMO, 2012). De aerodynamiske egenskaber ventes afklaret i dette projekt og munde ud i anbefalinger fra WMO. Indtil den nødvendige viden foreligger, må det på baggrund af ovenstående diskussion antages, at korrektionskonstanterne for Hellmann giver en tilnærmelse til korrektionen af Pluvio².



Figur 4. Nedbørstationen 05272 Brande med Pluvio², 26/10-2012.

3.2 Korrektion for wetting og fordampningstab

Udover tabet af nedbør som følge af turbulens omkring måleråbningen, sker der også tab som følge af fordampning af nedbør fra måleren samt tab som følge af wetting, som er betegnelsen for det faktum, at en mindre del af nedbøren hænger fast på nedbørmålerens indre overflader, efter at nedbøren er løbet ned i opsamlingsenheden.

Modellen for flydende nedbør blev udledt på basis af nedbørmålinger, som var influeret af wetting. For fast nedbør blev modellen 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:

$$P_c = k_r \cdot P_m + w_r$$

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

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

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

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



3.2.1 Fastlæggelse af wettingtab for Rimco, Geonor og Pluvio²

Korrektion af nedbør før 2011 er baseret på observationer fra den danske Hellmann måler, for hvilken der er fastlagt klimatologiske værdier af wettingtabet som funktion af årstid og nedbørart. For 2011 og frem foretages nedbørsobservationer udelukkende med de automatiske nedbørmålere Rimco, Geonor og Pluvio², men for disse målere har wettingtabet ikke hidtil været fastlagt.

Ifølge Rasmussen et al (2012) er der ikke noget wettingtab for vejemålere, hvorfor dette kan negligeres for Pluvio² og Geonor. Dette gælder imidlertid ikke for tipping bucket målere som Rimco, da noget af nedbøren holdes tilbage på målertragtens sider uden at blive målt.

Wettingtabet for Rimcomålerens målertragt, passagen til vippeskeerne og selve vippeskeerne (herefter kaldet tragtoverfladen) er blevet fastlagt eksperimentelt til 0,07 mm i en undersøgelse af Niemczynowicz (1986). Tabet blev fastlagt ved at registrere nedbørmængden via et antal vip, hvor startbetingelsen var hhv. en tør og en våd tragtoverflade for måleren. Efter et antal eksperimenter blev wettingtabet beregnet som den gennemsnitlige forskel mellem de to målte regnmængder.

Der er imidlertid langt fra en eksperimentel værdi til det reelle klimatologiske wettingtab under de meteorologiske forhold, Rimcomåleren er udsat for ved opstilling i Danmark. Wettingtabet kan imidlertid fastlægges ved at tage udgangspunkt i værdierne for Hellmann, der jo netop er baseret på statistik for nedbørhændelser henover en længere periode. For denne måler blev der først fastslået en eksperimentel værdi for wettingtabet for opsamlingstragt og container. Dernæst blev målinger af nedbørhændelser med pluviograf og 10-års statistik for potentiel fordampning sammenholdt for at bestemme, hvor stor en del af den nedbør som hænger fast i måleren som wetting, der i gennemsnit går tabt ved udtørring inden næste nedbørhændelse. Derved blev wettingtabets gennemsnitlige årstidsvariation fastlagt, regnet som det daglige tab pr. nedbørdøgn for de enkelte måneder (Allerup and Madsen, 1979) .

De månedlige middelværdier for Hellmann målerens wettingtab i tabel 2 i var uden snekors. Tabellen viser til sammenligning tabet, når måleren november til april er forsynet med snekors (Allerup and Madsen, 1979, 1980, Elomaa, FMI (Finnish Meteorological Institute), pers. komm.). Da snekorset forøger målerens indre overflade, fås der forholdsvis store wettingtab i vinterhalvåret.

Tabel 2. Wettingtab i mm pr. nedbørdøgn for Hellmann (Allerup and Madsen, 1979, 1980, Vejen, Allerup og Madsen, 2000, Elomaa, FMI (Finnish Meteorological Institute), pers. komm.). Med kursiv er markeret, i hvilke måneder måleren er forsynet med et snekors.

wettingtab	snekors	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
regn	<i>ja</i>	<i>0.16</i>	<i>0.18</i>	<i>0.25</i>	<i>0.33</i>	0.23	0.25	0.25	0.23	0.20	0.16	0.22	0.17
sne	<i>ja</i>	<i>0.12</i>	<i>0.14</i>	<i>0.19</i>	<i>0.25</i>	0.17					0.12	0.17	0.13
regn	<i>nej</i>	0,10	0,11	0,14	0,19	0,23	0,25	0,25	0,23	0,20	0,16	0,12	0,10



Eksperimentelt blev wettingtabet for Hellmann måleren fundet til 0,1 mm for tragten, og der blev påvist et gennemsnitligt tab fra tragten på 75 % af Hellmann målerens samlede wettingtab (Allerup and Madsen, 1979). Da wettingtabet for Rimco som nævnt er fastlagt til 0,7 mm, og Rimco ved nedbørstationerne naturligvis er udsat for de samme meteorologiske påvirkninger henover året som Hellmann, er det derfor muligt at beregne wettingtabet for Rimco ved at inddrage værdierne for Hellmann i en simpel forholdsregning. Værdier for Rimco vist i tabel 4 er givet som standardværdier i mm pr. nedbørdøgn for hver måned.

Tabel 3. Wettingtab i mm pr. nedbørdøgn for Rimco, som er beregnet på basis af eksperimentelle data og estimeret årstidsvariation for Hellmann måleren. Værdierne er standardværdier i mm pr. nedbørdøgn for hver måned.

wettingtab	info	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Hellmann	samlet	0.10	0.11	0.14	0.19	0.23	0.25	0.25	0.23	0.20	0.16	0.12	0.10
Hellmann	tragt	0,08	0,08	0,11	0,14	0,17	0,19	0,19	0,17	0,15	0,12	0,09	0,08
Rimco	samlet	0,05	0,06	0,07	0,10	0,12	0,13	0,13	0,12	0,11	0,08	0,06	0,05

Da Rimcomålerens tragt og vippekeer bliver opvarmet, når temperaturer falder ned under 2 °C, for at smelte og opfange eventuel sne, er det i princippet kun nødvendigt at beregne wettingtabet for regn. Opvarmning af en tipping bucket måler kan dog om vinteren føre til øget tab ved fordampning og wetting (Savina et al, 2012), men der foreligger ikke umiddelbart data for Rimco om denne eventuelle forøgelse. Det må antages, at en omhyggelig varmestyring, der sikrer en nogenlunde konstant tragtemperatur på omkring 2 °C, kan minimere opvarmningens indflydelse på tabet af nedbør. Ifølge Rasmussen et al (2012) vil en kontrolleret sensorbaseret varmestyring, som holder temperaturen mellem 2 og 3 °C, modvirke øget tab ved fordampning og skorstenseffekt omkring måleråbningen.

3.2.2 Fordampning for Rimco, Geonor og Pluvio²

Fordampningstabt skyldes fordampning fra den fri vandoverflade i den enhed i nedbørmåleren, der opsamler nedbøren. For Hellmann måleren er dette tab yderst begrænset, da nedbøren opsamles i en kande, der dels har en meget lille åbningstud og dels er lukket inde i målerbeholderen. Det maksimale tab var på 0,03 mm pr. nedbørdøgn i juli-august og ubetydeligt eller fraværende oktober til marts (Allerup and Madsen, 1979).

For vejemålere som Geonor og Pluvio² kan fordampningstabt i almindelighed ignoreres, da hele nedbøren måles med momentant. Der fordamper løbende nedbør fra opsamlingsenheden, men dataloggeren for Pluvio² indeholder filtreringsalgoritmer, der er i stand til at kompensere for denne negative nedbør. Geonor målere i DMI's nedbørnet er suppleret med en nedbør on-off sensor, hvorfra data indgår i en algoritme, der sammen med nedbørdata frasorterer støj, dvs. forskellige former for falsk nedbør. Fælles for de to nedbørmålere er, at deres meget høje samplingsfrekvens for nedbørdata gør det muligt for den initiale databehandling at skelne mellem reel nedbør og fordampning. F.eks. er det let at knytte et fald i opsamlingsenhedens indhold til fordampning i tørvejrperioder, og det er principielt enkelt at relatere en forøgelse af indholdet til nedbør. Der findes dog fejlkilder, såsom rystelser ved kraftig vind eller nedfald af fremmedlegemer, som kan generere falsk nedbør, men algoritmerne specielt for Pluvio² er i dag så stærke, at de normalt kan fjerne sådan støj fra målingerne.

For Rimco er der imidlertid et fordampningstab, idet der ved afslutningen af en nedbørhændelse kan være en lille rest nedbør tilbage i vippeskeen, som vil gå tabt ved fordampning, med mindre yderligere nedbør når at udløse et vip. Tabet må ikke forveksles med wetting, da fordampningen



sker fra nedbørens fri vandoverflade. Da vippeskeernes volumen er på 0,2 mm, er det rimeligt at antage, at der efter hver nedbørhændelse i gennemsnit er 0,1 mm tilbage i skeen. Der er ikke i litteraturen fundet opgørelser eller beregninger over dette tab som funktion af årstiden.

3.2.3 Særlige effekter for Rimco

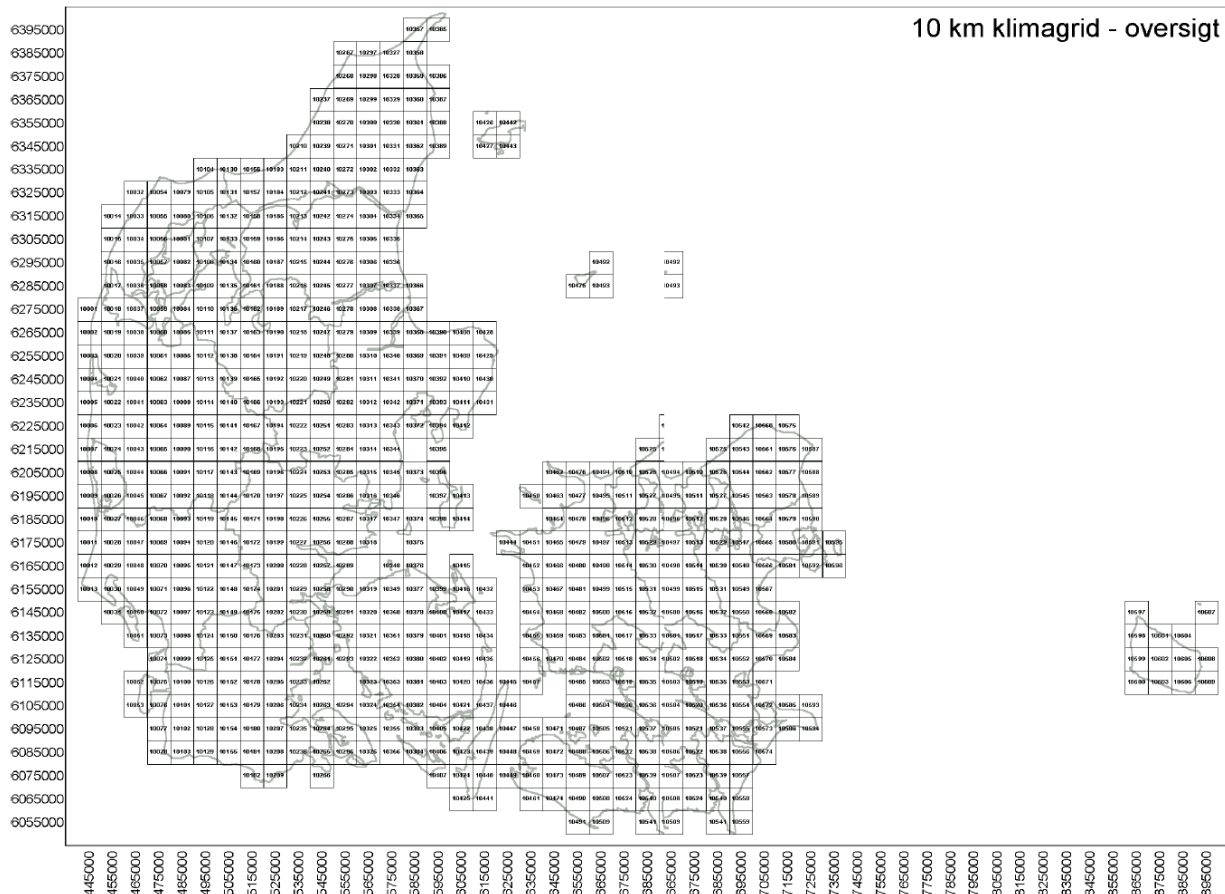
Metcalf og Goodison (1993) gjorde rede for specielle fejlkilder, der kan optræde ved måling af sne med tipping-bucket nedbørmålere. Da det er nødvendigt at opvarme målertragt og vippeskeer ved sne, kan der ske et tab som følge af fordampning af nedbør fra såvel tragt som vippeskeer. Desuden kan opvarmningen ved kraftig sne ikke altid nå at smelte sneen, hvorved der kan ske et øget tab af nedbør som følge af turbulens. Endvidere kan der ske tilstopning med sne og is omkring vippemekanismen. Udover vindeffekten og tilfældige fejl såsom snefugning synes den vigtigste fejlkilde på tipping-bucket måling af sne ifølge Zweifel og Sevruck (2002) at være fordampningstab som følge af opvarmning. De fandt, at tabet ved vindhastigheder <1 m/s udgør fordampningstab omtrent halvdelen af det tab, der skyldes turbulens, og ved 1-2 m/s er tabet 1/3-del. Ved let sne kan opvarmningen tillige føre til den såkaldte "chimney effect" eller skorstenseffekt, hvor øget turbulens over målertragten ved relativt stor temperaturforskelle mellem den omgivende luft og den opvarmede tragt kan føre til yderligere tab af nedbør.

Det må formodes, at lignende effekter i princippet kan gøre sig gældende for Rimco, men i betydelig mindre målestok, da varmestyringen er stærkt forbedret siden dengang. Hvor opvarmningen af Rimco førhen var vedvarende og uforholdsmæssig kraftig, så snart temperaturen faldt ned under en bestemt tærskelværdi, f.eks. 2 °C, er det nu muligt at holde tragt- og vippesketemperaturen konstant omkring tærskelværdien, så længe de umiddelbare omgivelser er koldere. Herved bliver tabet af nedbør meget mindre. Dette ræsonnement understøttes af Rasmussen et al (2012), der påpeger, at når der sker opvarmningen af vejemåleres måleråbning, kan tab af nedbør ved fordampning og skorstenseffekt forhindres ved en stram varmestyring, der holder temperaturen ved åbningen konstant på 2-3 °C ved lufttemperaturer ned til -5 °C.

4. Korrektionsmodellens implementering i praksis

4.1 Målsætning

Det har været målet at korrigere manuelle nedbørmålinger fra et stort antal nedbørstationer, og på basis af punktværdier herfra at skabe daglige griddede værdier af nedbørkorrektion i opløsningen $10 \times 10 \text{ km}^2$ for perioden 2011-2012. I figur 5 er vist kort over gridcellernes placering.

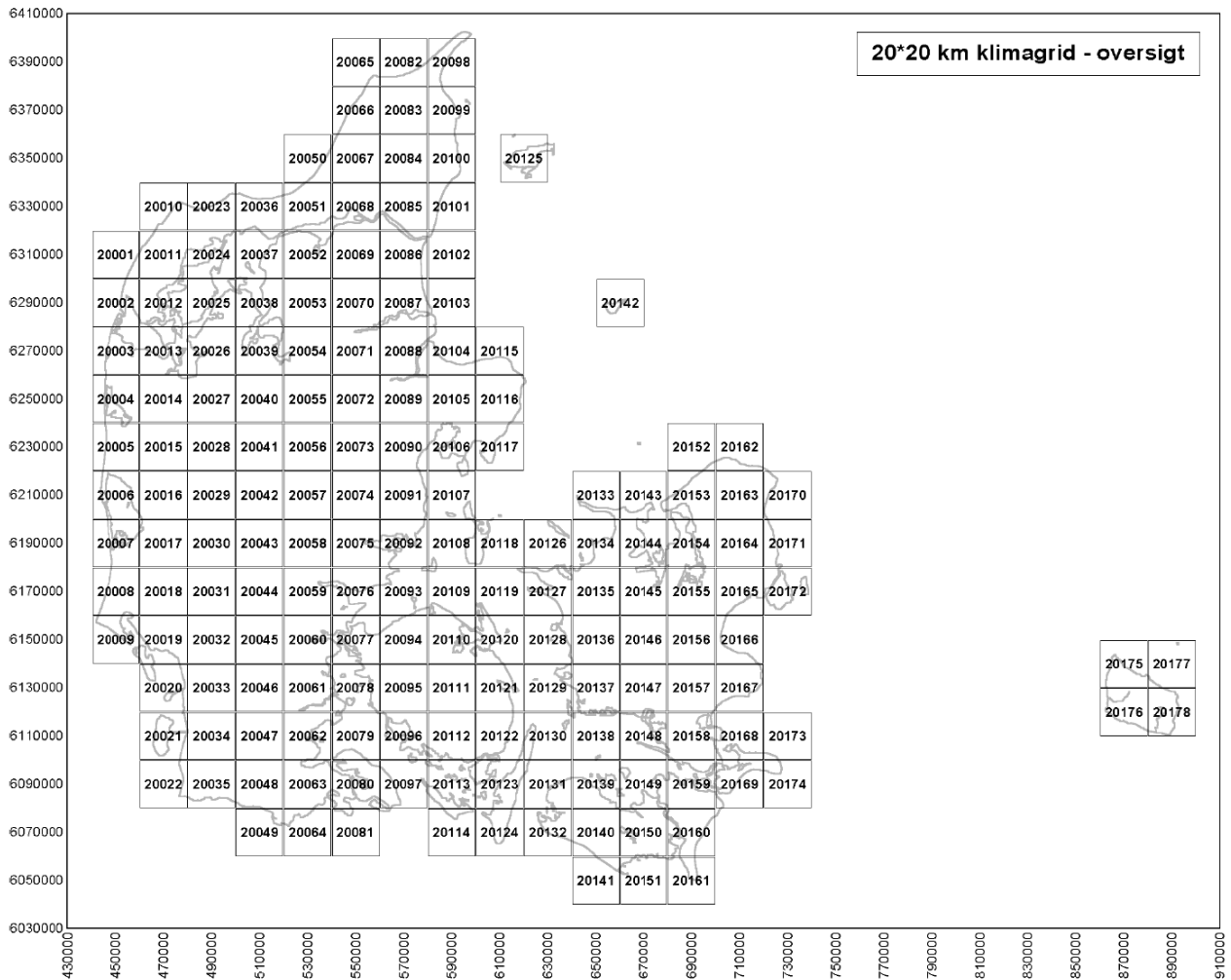


Figur 5. Gridceller for $10 \times 10 \text{ km}^2$ beregning af målt nedbørmængde i KlimagridDK (Scharling, 1999)

4.2 Datagrundlag

Korrektionsmodellen kræver målinger af vindhastighed, V , og temperatur, T , under nedbør, oplysninger om regnintensitet, I , samt opgørelser over mængden af nedbør faldet som sne, slud og regn. For dataperioden mangler der imidlertid en komplet sammenhængende serie med sådanne detaljerede målinger af V , T , I og vejrtype i en tidsopløsning, der er tilstrækkelig til at bestemme værdier under nedbør.

Som løsning er der anvendt daglige gridværdier af V og T i opløsningen $20 \times 20 \text{ km}^2$, som i Klimagrid DK er fremkommet ved interpolation af meteorologiske observationer fra et antal vejrstationer. Grundprincipper for interpolationsmetoden er dokumenteret i Scharling (1999). Dermed kan nedbørmålinger korrigeres vha. værdier af V og T , der er mere eller mindre lokalt repræsentative. Figur 6 viser kort over gridcellerne (Scharling, 1999).



Figur 6. Gridceller for 20×20 km² beregning af V og T i KlimagridDK (Scharling, 1999).

4.3 Tilpasning af datagrundlag til den dynamiske korrektionsmodel

I den ideelle verden skal en nedbørmåling korrigeres vha. V, T, I og α målt ved selve nedbørstationen, men dette kun er foretaget ved et fåtal vejrstationer, og slet ikke ved manuelle nedbørstationer. Der kan opregnes forskellige metoder til fremskaffelse af inputvariable, hvor skift fra et niveau til et andet i hver af de 4 kolonner også indebærer et skift i usikkerhed (tabel 4).

Tabel 4. Oversigt over metoder til fremskaffelse af meteorologiske variable til brug for korrektion af nedbør.

Metode til bestemmelse af meteorologisk variabel				
	Vindhastighed V	Lufttemperatur T	Regnintensitet I	Snefraktion α
1	Måling lokalt, middel under nedbør	Måling lokalt, middel under nedbør	Måling lokalt	Lokalt bestemt vha. vejrtype eller T
2	Gridværdi under nedbør	Gridværdi under nedbør	Gridværdi ved nedbør	Gridværdi af vejrtype
3	Gridværdi for døgn	Gridværdi for døgn	Indirekte vha. vejrkode og gridded	Gridværdi af T
4	Klimaværdi	Klimaværdi	Klimaværdi	Klimaværdi



Korrektionsmodellen forudsætter, at T og V er middelværdi under nedbør, at regnintensitet I er bestemt ud fra observationer af nedbørens mængde og varighed, og at snefraktion α er baseret på observeret nedbørtype. Det er klart, at måling lokalt er bedst, men det er også nødvendigt med et skær af realisme, hvorfor model 3 er valgt for V og T, model 4 for I, og model 3 for α . Dette er på det foreliggende datagrundlag valgt som den mest nærliggende beregningsramme for perioden 2011-2012, altså at de forskellige parametre er fremskaffes således:

- V og T fås som døgnmiddelværdi ud fra $20 \times 20 \text{ km}^2$ gridværdier.
- I fås som klimatologisk værdi.
- α bestemmes ud fra nævnte $20 \times 20 \text{ km}^2$ gridværdier af T.

Disse data kræver et vist niveau af efterbehandling, som er beskrevet i det følgende.

4.4 Korrektion af vindhastighed V

Modellen kræver, at V er målt ved nedbørmåleren i samme højde som denne. I praksis måles V efter WMO standard (WMO, 2008) i 10 meters højde ved næsten alle vejrstationer, og den gridberegnete vindhastighed repræsenterer denne højde. En vindmåler skal placeres i denne højde under forhold, så målingen i princippet er upåvirket af terrænelementer ved overfladen og i omgivelserne. I den højde, nedbørmålingen foretages, er forholdene imidlertid anderledes, og da V kun foreligger i 10 m højde, skal der påføres to korrektioner:

1. En korrektion der vha. den logaritmiske vindlov ”firer vindhastigheden ned” til 1,5 m.
2. En korrektion for de lokale læforhold.

Disse to korrektioner giver det bedste bud på V ved nedbørmåleren.

V i 1,5 m kan jfr. WMO (2008) beregnes således:

$$V_{1,5} = V_{10} \cdot \frac{[\log_{10}(1.5 - d) - \log_{10}(z_0)]}{[\log_{10}(10 - d) - \log_{10}(z_0)]}$$

Hvor:

- z_0 = ruhedparameter
- d = nulplansforskydningen
- V_{10} = vindhastighed i 10 m højde
- $V_{1,5}$ = vindhastighed korrigeret til 1,5 m højde

Hvis der ligger sne, er nedbørmålerens reelle højde over jordoverfladen mindre end 1.5 m, så der burde ved justering af vindhastigheden egentlig også tages hensyn til snedybden, men dette har kun sjældent praktisk betydning og er udeladt.

Hvis overfladen har en karakter, så den virker reducerende på vindhastigheden, f.eks. i tilfælde af vegetation, er det nødvendigt at forskyde referenceniveaue, som normalt er jordoverfladen, opefter med forskydningen d . Ruhedparameteren z_0 afhænger af overfladens ruhed, som for en meget glat overflade som is o.lign. er 0.001 cm, for 1 cm højt græs er den 0.1 cm og for tæt græs på 10 cm er den 2.3 cm (Høgh-Schmidt, 1982).



I stedet for ruhedsparemetere z_0 benyttes den effektive ruhedslængde z_0^{eff} , der kan beskrives for en række terræntyper. Der benyttes en generel værdi på $z_0^{\text{eff}} = 0,25$ svarende til den, der anvendes i beregninger i Refsgaard et al (2011).

4.4.1 Korrektion for læeffekt

Vindhastigheden er korrigeret for læforholdene omkring nedbørmåleren. Vindhastighed $V_{1,5}$ i målerhøjde reduceres med en lækorrektionsfaktor λ , der udtrykker, hvor godt en nedbørmåler står i læ og i hvilken grad vindhastigheden omkring måleren bliver reduceret. Herved fås den lækorrigerede vindhastighed, $V_{læ}$. Empiriske studier i Rusland og Schweiz (Sevruk, 1988) har vist, at λ kan beskrives ved:

$$\lambda = 1 - c \cdot \eta \quad (\text{Sevruk, 1988, WMO, 2008})$$

hvor η er højdevinklen for lægiveren målt i grader, og c er en konstant, der har værdien $c=0,024$. Højdevinklen er vinklen mellem horisontalplanen og sigtelinien mellem nedbørmålerens øverste kant i 1.5 m højde og overkanten af lægiveren, der kan være træer, bygninger o.lign. Dermed kan vindhastigheden $V_{1,5}$ korrigeres for læeffekten ved:

$$V_{læ} = \lambda \cdot V_{1,5} \quad (\text{WMO, 2008})$$

Da højdevinklen har forskellige værdier rundt om nedbørmåleren, fås et mere repræsentativt mål for læforholdene ved at bestemme en vindhyppighedsvægtet middelhøjdevinkel η , også kaldet læindeks. Der benyttes højdevinkler i 8 kompasretninger til beregning af læindeks:

$$\eta = \sum_{i=1}^J \eta_i p_i$$

hvor η_i er højdevinklen i kompasretningen i , $J=8$ retninger, og hver højdevinkel er blevet vægtet med standardværdier af vindhyppigheden under nedbør, p_i , i kompasretningen i . Værdier af vægtningskoefficienten p_i for nedbør i forskellige vindretninger er baseret på 11 års vind- og nedbørmålinger og fremgår af tabel 5.

Tabel 5. Værdier af vægtningskoefficient p_i fundet ved analyser af vind- og nedbørobervationer 1963-1973 (Allerup and Madsen, 1979).

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

En lægiver står for tæt på nedbørmåleren, når middelhøjdevinklen er over 30° . Noget af nedbøren vil da blive fanget af lægiveren ved interception i stedet for at nå frem til nedbørmåleren (Førland et al., 1996). Interceptionen begynder dog først for alvor at betyde noget ved vinkler η_i over $40-45^\circ$.

Hidtidig praksis har været, at hvis højdevinklen $\eta > 30$, regnes stationen for overbeskyttet, og korrektionen kan derfor være ”upålidelig”. Målinger fra sådanne stationer indgår derfor ikke i datasættet. Alle nedbørstationer er inddelt efter læforholdene og opdeles desuden i velbeskyttet, moderat beskyttet og ubeskyttet (tabel 6).



Tabel 6. Definition af læklasser A, B, C og D.

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

Om end lækorrektionen er empirisk baseret, er dens lineære karakter en svaghed, idet $V_{læ}$ bliver negativ, når læindeks bliver tilstrækkelig stor. Dette sker ved $\eta \geq 42$. I WMO (2008) er der ikke angivelser af, ved hvilke værdier af η korrektionen er gyldig, men den må antages at gælde inden for de højdevinkelforhold, WMO anbefaler en måler opstillet under. I praksis er grænsen på $\eta=30$ således rimelig.

4.5 Bestemmelse af regnintensitet I

Regnintensitet måles kun ved et fåtal af stationer, og af gode grunde slet ikke ved manuelle stationer. Det har ikke været muligt på det foreliggende datagrundlag at generere aktuelle intensitetsværdier, hvorfor der i stedet benyttes klimatologiske værdier. Egentlige klimatologiske værdier for regnintensitet for hele landet eller regionalt foreligger ikke, men der er i forbindelse med udviklingen af korrektionsmodellen for flydende nedbør foretaget analyser af regnintensiteter ved 4 stationer, der mere eller minder dækker perioden 1959-1974. Herved er bestemt månedlige middelinintensiteter I (tabel 7), der er benyttet til beregning af daglige korrektionsfaktorer for regn.

Tabel 7. Klimatologiske værdier af regnintensitet, der er beregnet som middelværdier af regnintensitet baseret på data fra 4 stationer henover perioden 1959-1974 (Madsen og Allerup, pers. komm.).

Måned:	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Regnintensitet:	1,12	1,21	1,18	1,38	2,01	2,46	3,01	2,90	2,26	1,71	1,37	1,26

4.6 Bestemmelse af snefraktion α

Nedbørens art bestemmes ud fra middeltemperaturen: hvis denne er under 0°C antages nedbøren at være sne, over 2°C antages den at være faldet som regn, og ved temperaturer mellem 0 og 2°C regnes den for slud. Denne metode er anvist fra flere sider, f.eks. Førland et al. (1996). Således bestemmes α ved:

$$\alpha = \begin{cases} 0 & \text{hvis } T > 2 \\ -0.5T + 1 & \text{hvis } 0 < T \leq 2 \\ 1 & \text{hvis } T \leq 0 \end{cases}$$

4.7 Korrektionsmodellens gyldighed

Modellen gælder for følgende intervaller af V, T og I (Allerup og Madsen, 1980, Allerup, Madsen og Vejen, 1997):

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

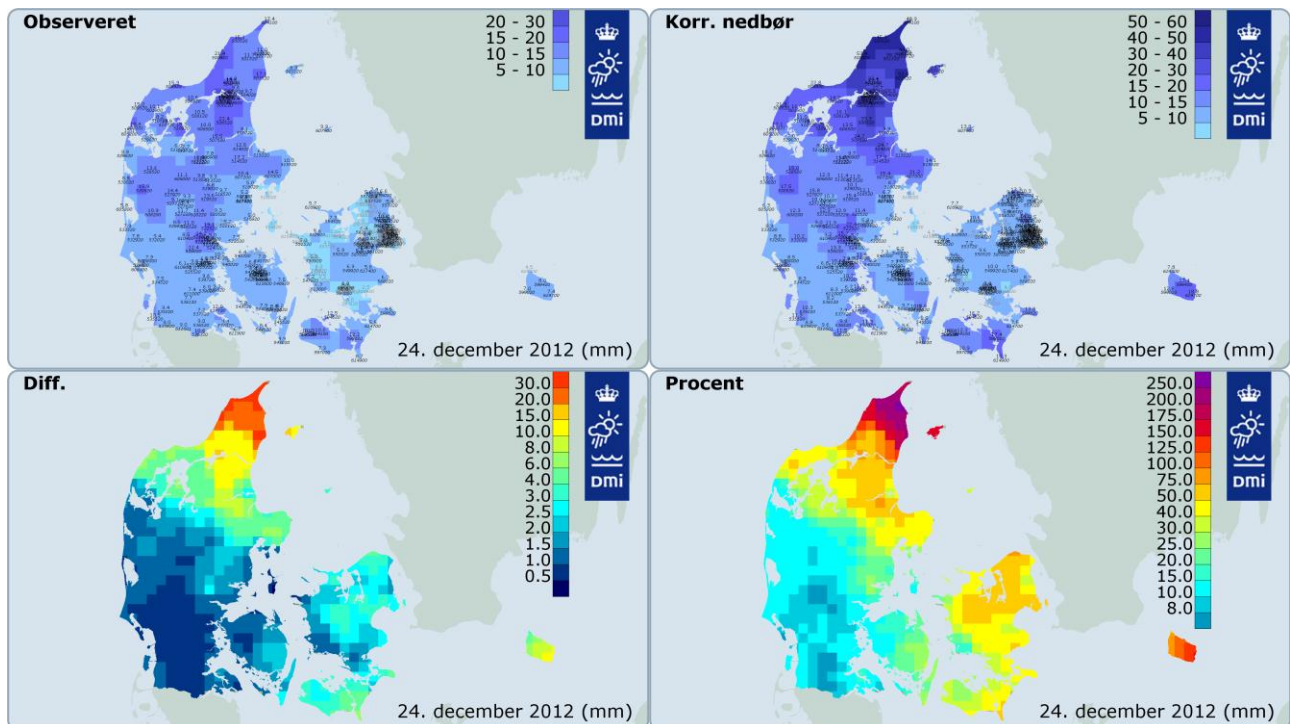
Estimationsteknikken bag modellen betyder, at korrektionsfaktoren k_s for sne ved “uheldige” kombinationer af V og T bliver en anelse mindre end 1, og for regn kan det ske for Geonor ved bestemte kombinationer af lave værdier af V og I . Nærmere detaljer kan ses i afsnit 3.1.3 og 3.1.4 Da vindeffekten ved så lave vindhastigheder stort set er fraværende, sættes $k_s=1,00$ hvis k_s estimeres til <1 , og $k_r=1,00$ hvis $k_r<0$ i beregningerne.

Ovenstående betyder i praksis følgende, idet V her er den lækorrigerede vindhastighed:

- Hvis der er faldet sne:
 - a. Hvis $V > 7$ m/s : benyt $V = 7$ i modellen
 - b. Hvis $T < -12^\circ\text{C}$: benyt $T = -12$ i modellen
 - c. Hvis $k_s < 1$: sæt $k_s = 1,0$
- Hvis der er faldet regn:
 - a. Hvis $V > 15$ m/s : benyt $V = 15$ i modellen
 - b. Hvis $I > 15$ mm/time : benyt $I = 15$ i modellen
 - c. Hvis $k_r < 1$: sæt $k_r = 1,0$

4.8 Beregning af daglige kort over korrektionsresultater

På basis af punktværdier af korrigeret nedbør er der vha. interpolation i en opløsning på 10×10 km² udarbejdet daglige kort over den korrigerede nedbørs fordeling. Der er herefter udarbejdet daglige kort over differencen mellem korrigeret og målt nedbør samt over korrektionsprocenten i samme opløsning. De to sidste kort er beregnet på pixelniveau på basis af kortene over hhv. målt og korrigeret nedbør. Figur 7 viser et eksempel på disse 4 kort for 24. december 2012, et døgn hvor et kraftigt snevejr passerede landet fra sydvest efterfulgt af regn.



Figur 7. Eksempel på kort over daglige værdier af målt og korrigeret nedbørsum, differens mellem målt og korrigeret nedbør, samt korrektionsprocent. Opløsningen er 10×10 km².



Differenskortet er simpelt fremkommet ved for hver pixel at bestemme differensen D mellem målt nedbør P_m og korrigeret nedbør P_c ved $D = P_c - P_m$. Korrektionsprocenten K % er for hver pixel beregnet ved:

$$K_{\%} = 100 \left(\frac{P_c}{P_m} - 1 \right)$$

4.9 Databehandling og kvalitetskontrol

De målte værdier af nedbør har været genstand for omfattende kvalitetskontrol. Alle værdier har været set igennem ved manuel inspektion af grafiske præsentationer af nedbørfordelingen. I de perioder, hvor det har været muligt, er vejrradardata blevet benyttet til at undersøge, om mistænkelige nedbørværdier har kunnet godkendes, ligesom det i visse situationer har været nødvendigt at medtage vejrobservationer i kvalitetskontrollen.

Daglige korrektionsestimater er efterkontrolleret og verificeret ved omfattende undersøgelser af data, dels i form af visuel inspektion af grafiske præsentationer, og dels ved anvendelse af andre typer meteorologiske data såsom målinger af vindhastighed, vindretning, temperatur og nedbørart. Desuden har det været nødvendigt at skele til læindeks i verifikation af korrektionsestimater.

Den omfattende datakontrol og validering af alle led i beregningskæden konsoliderer og kvalitetsstempler det samlede datasæt.



5. Resultater

I det følgende dokumenteres og forklares korrektionsresultater for 2011-2012. Der fokuseres på variationer i det månedlige og årlige korrektionsniveau, såvel samlet som rumligt, ligesom variationer henover perioden diskuteres, forklares og sammenlignes med tidligere resultater for perioden 1989-2010.

5.1 Det månedlige og årlige korrektionsniveau

Det er et kendt faktum, at korrektionsniveauet på månedsbasis, herefter kaldet K_M , varierer systematisk og betydeligt henover året og tillige fra år til år, hvilket i udpræget grad gør sig gældende for vintermånederne, men kun i mindre grad for sommerhalvåret.

I tabel 8 er vist række parametre for korrektion af nedbør for 2011 og 2012: målt og korrigeret nedbørsum, månedlig korrektionsprocent $K_M(\%)$, den procentvise andel af korrigeret nedbør faldet som sne $\alpha\%$, samt middelværdien V og T af vindhastighed og temperatur. V , T og $\alpha\%$ er beregnet ved at vægte de enkelte døgn med den målte nedbørmængde for så vidt muligt at sikre, at værdierne repræsenterer nedbørforholdene. Det ses, at der har været store variationer i nedbørmængden, f.eks. at sommeren 2011 var særdeles våd, at der har været meget tørre perioder. I vintermånederne 2011 faldt en del af nedbøren som sne, 33-41 % af den målte nedbør, mens også december 2012 var meget snerig med 40-41 % af nedbøren som sne. Vindhastigheden har udvist den typiske årstidsvariation med mest blæst i efteråret og vintermånederne og mindst i højsommeren.

De meteorologiske forhold afspejler sig i korrektionsniveauet, der har været højest i måneder med sne, f.eks. 41,4 % i januar 2011 og 40,6 % i december 2012, og lavest i juni, juli og august, der i både 2011 og 2012 havde værdier af korrektionsprocenten $K_M(\%)$ på 4,56 til 5,18. Dette må betragtes som bundniveauet, som normalt holder et ret konstant niveau fra år til år. Derimod udviser vinterkorrektionerne også her som forventet ret store variationer, såvel fra måned til måned som fra år til år. Denne variation kan ikke kun forklares med skift i vindhastighed, men skyldes mest de langt større korrektioner for sne, hvilket da også afspejler sig tydeligt i forholdet mellem $\alpha(\%)$ og $K_M(\%)$. De højeste korrektioner knytter sig praktisk taget altid til fast nedbør og eventuelt også høje vindhastigheder.

Tabel 8. samlede korrektionsresultater for 2011 og 2012. Ref = referencenedbørsum i mm (målt nedbør), kor = korrigeret nedbør (mm), $K_M(\%)$ = månedlig korrektionsprocent, $\alpha\%$ = andel af korrigeret nedbør faldet som sne, V = middelvindhastighed vægtet med nedbørmængden pr. døgn, T = middeltemperatur ligeledes vægtet med nedbørmængden pr. døgn.

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Året
2011	ref	45,9	39,1	30,3	16,1	52,5	74,5	115,2	134,6	88,9	59,6	18,0	96,5	771,2
	kor	57,6	50,9	33,4	17,8	56,1	78,2	120,8	141,0	94,8	64,5	20,2	107,0	842,3
	$K_M\%$	25,52	30,14	10,47	10,29	6,80	4,90	4,82	4,74	6,62	8,25	12,30	10,93	9,21
	$\alpha\%$	41,4	32,8	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	5,0
	V	2,57	3,95	3,39	3,84	2,84	2,35	2,55	2,50	3,26	3,57	4,48	3,91	3,26
	T	1,85	2,85	4,65	7,33	11,23	15,80	15,99	15,70	14,42	10,71	7,86	4,82	9,47
	2012	Ref	77,5	30,1	20,4	52,7	36,0	98,5	85,6	65,1	93,6	88,6	62,1	78,2
	Kor	89,1	35,0	22,7	56,3	38,5	103,6	89,7	68,1	99,7	94,7	67,8	106,2	871,4
	$K_M\%$	14,92	16,08	11,22	6,96	6,70	5,18	4,73	4,56	6,54	6,90	9,21	35,71	10,50
	$\alpha\%$	7,3	13,4	4,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,0	40,6	6,5
	V	4,12	3,69	2,99	2,36	2,77	2,42	2,27	2,21	2,97	2,67	3,23	3,27	2,91
	T	4,43	2,93	3,98	7,15	11,66	13,81	15,50	16,70	11,82	9,46	6,77	2,42	8,91



5.2 Ændringer i korrektionsniveau sammenlignet med tidligere

Det er tidligere fundet, at for perioden 1989-2010 udgør andelen af sne på årsbasis 5,5 % af den samlede mængde målt nedbør, og 7,7 % af den korrigerede (Vejen, 2012b). I 2011 lå andelen af snenedbør i korrigeret nedbør på 5,0 %, og i 2012 på 6,5 %, altså en ret begrænset afvigelse fra det tidligere tal.

Anderledes ser det imidlertid ud, når månedskorrekktionerne $K_M(\%)$ for den nye beregning sammenlignes med korrekktionerne for 1989-2010, der var baseret på målinger med Hellmann (Vejen, 2012b). Tabel 9 viser middelværdier af målt og korrigeret nedbør samt korrektionsprocent $K_M(\%)$ måned for måned og for året for denne periode. Det ses, at den årlige nedbør øges med ca. 108 mm som følge af korrekktionen svarende til en øgning på 15,0 %. I vintermånederne ligger korrekktionen på 22-32 % og i sommermånederne på 8-10 %. Værdierne i tabel 8 opviser visse afvigelser fra dette generelle niveau.

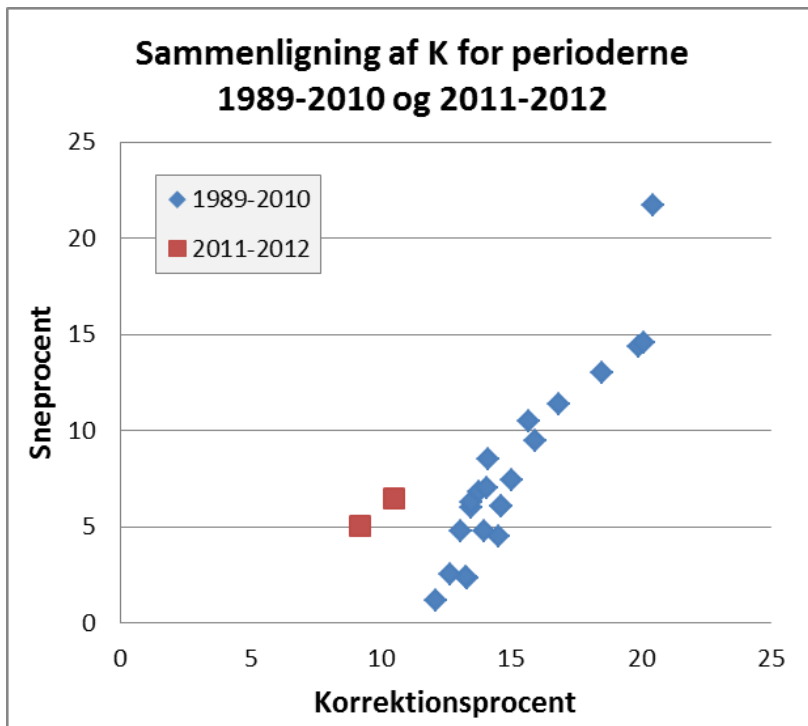
For vintermånederne kan det være svært at sammenligne umiddelbart, da korrektionsniveauet er meget følsomt overfor mængden af sne og de meteorologiske forhold under snenedbøren. Da disse påvirkninger er fraværende om sommeren, kan bundniveauet for de to perioder 1989-2010 og 2011-2012 sammenlignes umiddelbart. Det ses, at bundniveauet 2011-2012 ligger systematisk lavere end niveauet 1989-2010, idet det er faldet fra 8-10 % til omkring eller lige under 5 %. Det samme billede ses på årsbasis: mod et generelt niveau på ca. 15 % førhen, ligger den årlige korrekktion i 2011 og 2012 på hhv. 9,2 og 10,5 %. I figur 8 er korrektionsniveauet for de enkelte år i disse to perioder sammenlignet i forhold til, hvor stor en del af den korrigerede nedbør, der er faldet som sne. Det ses tydeligt, at $K(\%)$ i 2011 og 2012 tilsyneladende ligger overraskende og måske uventet lavt.

Dette fald kan ikke forklares ud fra de meteorologiske forhold alene, idet såvel V , T og $\alpha(\%)$ for de to år ligger på værdier, der på ingen måde er ekstreme sammenlignet med variationerne i 1989-2010. Desuden lå den laveste årlige korrekktion i denne periode på 12,11 % i det snefattige år 1999, altså langt over 2011 og 2012. Men der er en ligetil forklaring, og årsagerne det dokumenterede skift vil blive gennemgået i det følgende.

Tabel 9. Målt nedbør P_m og korrigeret nedbør P_c (mm) samt korrektionsprocent for perioden 1989-2010.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Året
P_m	61,0	50,6	46,9	37,7	44,4	61,6	61,4	77,5	70,8	79,9	66,9	63,0	721,7
P_k	74,4	66,9	57,1	44,2	49,2	67,6	67,0	83,9	77,4	88,0	77,5	77,0	830,1
$K \%$	22,1	32,3	21,7	17,1	10,8	9,6	9,1	8,2	9,3	10,2	15,9	22,2	15,0

Perioden 1989-2010 er udelukkende baseret på målinger med Hellmann, hvorimod 2011-2012 er baseret på Geonor med Alter skærm, Pluvio² og Rimco. Fælles for Geonor og Pluvio² er, udover at nedbøren bliver vejlet momentant, og måske netop derfor, at tabet af nedbør som følge af fordampning og wetting er 0, mens det for Rimco har værdier, der er noget lavere end for Hellmann (se afsnit 3.2). Dette får faktisk konsekvenser, der er store nok til at kunne aflæses i de endelige korrekktioner, såvel på års- som på månedsbasis.



Figur 8. Sammenligning af det årlige korrektionsniveau $K(\%)$ for perioderne 1989-2010 og 2011-2012 i forhold til procent korrigeret nedbør faldet som sne.

I tabel 10 er vist, med hvilket korrektionsniveau hver af målerne Rimco, Geonor og Pluvio bidrager til den samlede korrektion for de enkelte måneder i 2011. I tabellen er vist $K_M(\%)$ samt hvor mange af hver af de tre målere, der pr. måned i gennemsnit er blevet anvendt i korrektionen. Til sammenligning er vist korrektionsniveauet for 1989-2010.

I første omgang fokuseres der på bundniveauet, dvs. juni-august. Det ses, at Rimco som ventet ligger højest, hvilket skyldes den påførte wettingkorrektion. Dernæst følger Pluvio², mens Geonor ligger meget lavt med korrektioner helt nede omkring 1 %. De lave værdier for Geonor skyldes den påmonterede Alterskærm, der er til for at dæmpe turbulensen omkring målerens åbning, hvilket har en betydelig dokumenteret effekt. Af antal Geonormålere ses, at de kun vægter begrænset i det samlede resultat, hvilket er den enkle forklaring på, hvorfor K_M om sommeren ligger tættest på niveauet for Pluvio² og Rimco.

Geonor ligger lavest i stort set alle måneder, men i februar 2011 er $K_M(\%)$ dog på samme niveau som Rimco. Dette skyldes formentlig, at Geonor generelt er placeret mere udsat end Rimco. I nedbørperioder med forholdsvis lave vindhastigheder kompenserer Alterskærmen for den begrænsede læeffekt for Geonor-stationer, og $K_M(\%)$ ligger da også under værdierne for Rimco. Da korrektionsmodellen er en eksponentiel model, øges K gradvis mere ved jævnt tiltagende vindhastighed. Det betyder, at den indbyrdes nedbørsopsamlingssevne for to nedbørmålere af forskellig type ikke nødvendigvis er konstant, når læforholdene tages med i betragtningerne. Det er påfaldende, at den høje $K_M(\%)$ for Geonor ses for en måned med en del nedbør som sne og en relativt høj månedlig vindhastighed.



Tabel 10. Det samlede månedlige korrektionsniveau $K_M(\%)$ i 2011 for punktværdier, der er separeret på nedbørmålere af typen Rimco, Geonor og Pluvio². Desuden er vist, hvor mange målere (n) af hver af disse typer, der i gennemsnit pr. måned er anvendt i korrektionsberegningerne, samt det samlede antal anvendte nedbørmålere (N). Til sammenligning er vist det samlede månedlige korrektionsniveau for perioden 1989-2010.

2011	Rimco		Geonor		Pluvio ²		N	1989-2010
	$K_M(\%)$	n	$K_M(\%)$	n	$K_M(\%)$	n		
J	25,2	133	16,5	24	26,8	71	228	22,1
F	23,5	131	23,6	24	32,6	69	224	32,3
M	12,6	132	7,1	24	10,4	69	225	21,7
A	11,9	132	6,5	24	9,0	70	226	17,1
M	8,5	130	2,3	24	6,0	70	224	10,8
J	6,2	130	0,7	24	4,7	70	224	9,6
J	5,6	130	1,1	24	4,7	70	224	9,1
A	5,8	130	1,0	24	4,6	70	224	8,2
S	7,6	130	3,0	25	6,4	71	226	9,3
O	9,2	130	4,8	25	8,0	71	226	10,2
N	14,1	129	8,8	25	11,6	72	226	15,9
D	10,5	129	7,7	25	11,2	73	227	22,2

At de lave eller manglende wettingtab har så stor effekt, er blevet eftervist ved forsøgsvis at beregne månedskorrekturen for Pluvio² for juli 2011, idet der som eksperiment blev indregnet et wettingtab på 0,25 mm pr. nedbørdøgn svarende til niveauet for Hellmann måleren. Resultatet blev en øgning af $K_M(\%)$ fra 4,70 til 8,63, altså til en værdi der er sammenlignelig med korrektionerne for 1989-2010.

Et simpelt tankeeksperiment viser det korrekte heri: en måned som juli 2011 havde officielt 18 døgn med nedbør, hvilket ved et wettingtab på 0,25 pr. nedbørdøgn giver et samlet tab for måneden på 4,5 mm. Ifølge tabel 8 blev der målt 115,2 mm nedbør, som blev korrigeret til 120,8 mm med en $K_M(\%)$ værdi på 4,82. En simpel, om end ikke helt korrekt indregning af wettingtabet i den målte sum, får $K_M(\%)$ til at stige til 8,77.

Med andre ord: med ændringen af nedbørnettet fra en manuel til en automatisk verden er det nødvendigt at blive tilvænnet til et langt lavere korrektionsniveau, og at målerne har opfanget mere af den faktiske nedbør end tidligere. Det skyldes den bedre måleteknologi, som eliminerer visse systematiske fejlkilder. At der introduceres nye, er en anden historie.

5.3 Spatiale fordeling af samlede værdier

I det følgende opgøres for 2011 og 2012 samlede værdier af korrektionsfaktor, samt målt og korrigeret nedbør inkl. differensen mellem disse. Værdierne præsenteres både i form af samlede landstal og som kort, der viser den regionale fordeling af værdierne. Der beregnes såvel månedstal som årsværdier.

Korrektionsfaktoren for en pixel beregnes på døgnbasis som forholdet mellem korrigeret og målt nedbør vha. $K_\alpha = P_c/P_m$. Korrektionsprocenten beregnes som $K_\% = 100(K_\alpha - 1)$. Hvis K_α skal beregnes for en længere periode end et døgn og et areal større end en pixel, fås korrektionsfaktoren ved at beregne, hvor stor en samlet vandmængde der tilflyder det givne areal inden for den ønskede



periode, f.eks. hele landet 2011-2012. Eller med andre ord, arealnedbøren før og efter korrektion.

Det kommer ud på et, om den samlede vandmængde omregnes til mm nedbør pr. pixel pr. dag eller ej. Således beregnes korrektionsfaktoren K_α for landet som helhed som forholdet mellem målt og korrigeret nedbør, der er summeret henover samtlige pixels (x,y) og døgn (d) i perioden 2011-2012:

$$\overline{K_\alpha} = \frac{\frac{1}{XY} \sum_{d=1}^D \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y P_c(dxy)}{\frac{1}{XY} \sum_{d=1}^D \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y P_m(dxy)} = \frac{\sum_{d=1}^D \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y P_c(dxy)}{\sum_{d=1}^D \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y P_m(dxy)} = \frac{\sum_{d,x,y} P_c}{\sum_{d,x,y} P_m}$$

Hvor D = antal døgn i perioden, og X·Y = antal pixels, dvs. arealet for fladen. Den samlede korrektionsprocent $K_\%$ for hele landet for 2011 og 2012 beregnes ved:

$$\overline{K_\%} = 100 \left(\frac{\sum_{d,x,y} P_c}{\sum_{d,x,y} P_m} - 1 \right)$$

Det giver ikke umiddelbart mening at sammenligne landstal for $K_\%$ med den rumlige fordeling af $K_\%$, selvom de to tal er beregnet for den samme periode. Kortene over $K_\%$ afbilder værdierne pr. pixel (se eksempel i figur 7), og øjet vil uvilkårligt forsøge at skønne en samlet $K_\%$ -værdi som middelværdien for samtlige pixels i kortet. Imidlertid er hver enkelt pixel beregnet som:

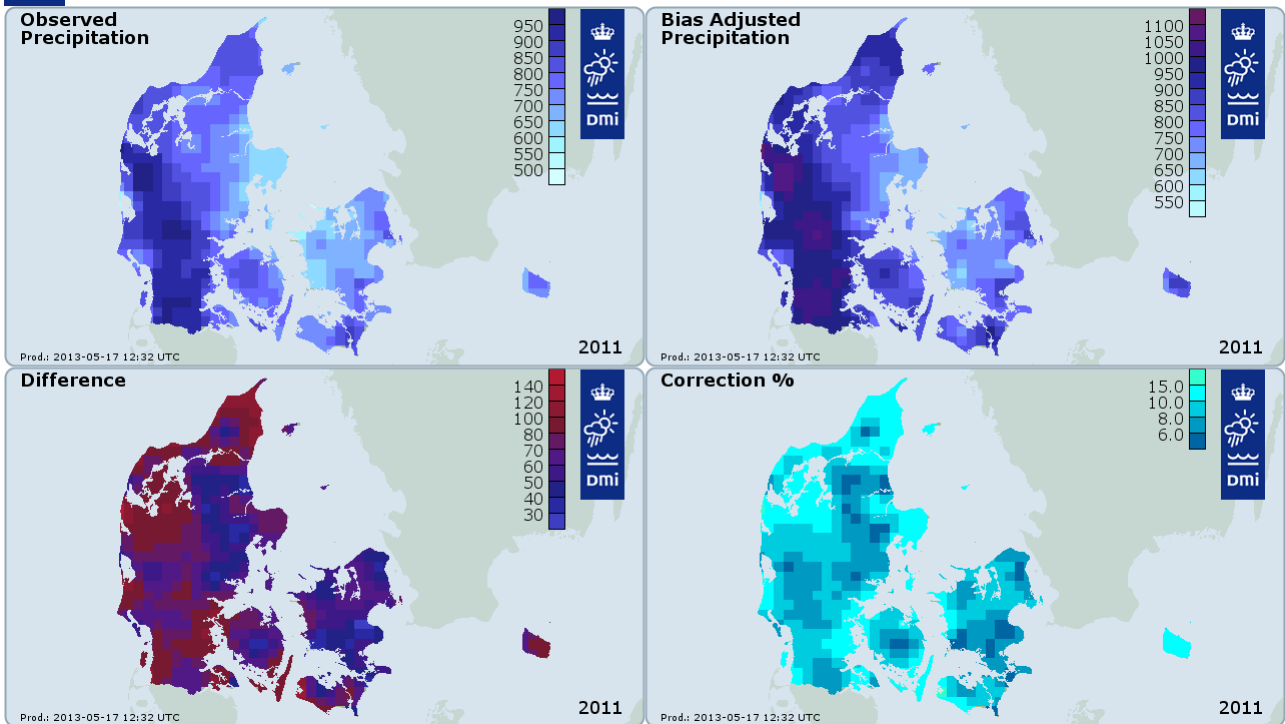
$$K_{\%(pix)} = 100 \left(\frac{\sum_{d=1}^D P_c(d)}{\sum_{d=1}^D P_m(d)} - 1 \right)$$

Beregning af et landstal for korrektionsprocent ud fra pixelværdier, $K_{\%(pix)}$, er beregnet som en middelværdi, og vil derfor give et tal, der er en anelse forskelligt fra $K_\%$ beregnet ovenfor. Det ses ved sammenligning mellem nedenstående beregningsudtryk for $K_{\%(pix)}$ og udtrykket for $K_\%$:

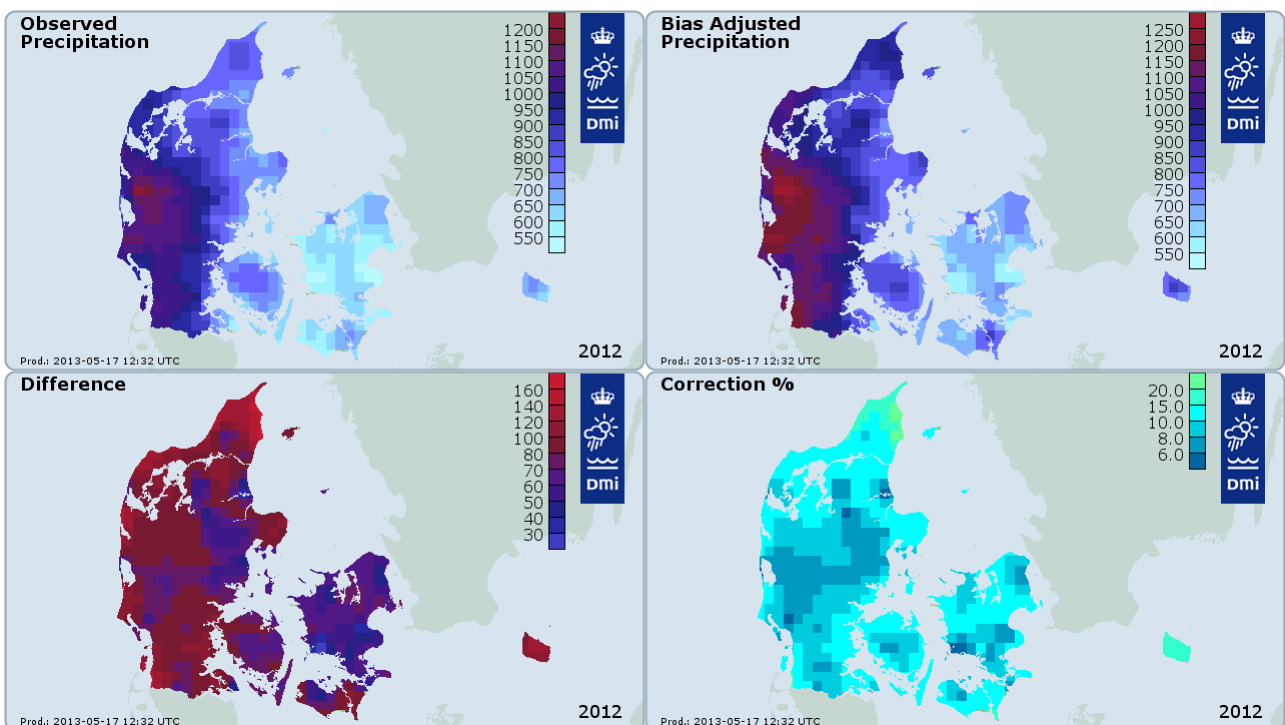
$$\overline{K_{\%(pix)}} = \frac{1}{XY} \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y 100 \left(\frac{\sum_{d=1}^D P_c(d)}{\sum_{d=1}^D P_m(d)} - 1 \right)_{x,y}$$

I appendiks A er vist den rumlige fordeling af $K_M(\%)$ for de enkelte måneder i året. Desuden er vist kort over målt og korrigeret nedbør samt differensen mellem de to kort.

Figur 9 viser korrektionsniveauet for 2011 og 2012 på årsbasis. Dette kort er særlig interessant, da det nuancerer det generelle K-niveau på hhv. 9,21 og 10,50 for de to år. Der ses betragtelige regionale forskelle, som kan tilskrives systematiske rumlige variationer i de styrende variable.



Figur 9. Samlet værdi hhv. differens mellem målt og korrigeret nedbør samt korrektionsprocent for 2011.



Figur 10. Samlet værdi hhv. differens mellem målt og korrigeret nedbør samt korrektionsprocent for 2012.

Generelt er det mildere og mere blæsende ved kysterne, særlig vestvendte kyster, og der falder mere begrænsede mængder sne her. I indlandet er vindhastigheden lavere, det er koldere, og der falder mere sne. Desuden ses der forskelle mellem Jylland og øerne. Hvor læforholdene på kortere tidsskala såsom de enkelte døgn og endog måneder kan ses afspejlet i korrektionsforholdene ud



over landet, er disse forskelle udjævnet på årsbasis og også på månedsbasis for hele perioden. Der kan ses systematiske forskelle henover landet i korrektionsniveauet. Indlandet har lavere $K_{\%}$ værdier, mens visse kystegne har de højeste korrektioner, særlig kyster ud til Østersøen, Nordsøen og Kattegat. Indlandet i Midt- og Sønderjylland har generelt de laveste korrektioner, men også det indre af Fyn og Sjælland er godt med.

Opstillet helt simpelt kommer korrektionsniveauet på en tidsskala som et år af den kombinerede effekt af, hvor hyppigt der forekommer sne med høje korrektioner på den ene side og høje vindhastigheder på den anden. I det lange tidsperspektiv er vindhastigheden generelt lavere inde over land, men det er også her, snedebør er mest sandsynlig. Det er to modsatrettede komponenter, hvor det er afgørende for kyst-land variationen i korrektionsniveauet, ved hvilke vindhastigheder der forekommer sne, og hvor ofte sneen forekommer. Der er sandsynligvis et ”tipping point”, hvor bestemte kombinationer af vindhastighed, snedebør og snehyppighed får $K_M(\%)$ til at skifte fra at være lavest til at være højest inde i landet.

5.4 Opsamling

Månedlige og årlige værdier af korrigeret nedbørmængde og korrektionsprocent $K_M(\%)$ er beregnet for 2011 og 2012, og der er produceret såvel samlet landgældende statistik som kort, der viser de rumlige variationer. Der kan konstateres store variationer i korrektionsniveauet fra måned til måned, og sammenlignet med korrektioner for 1989-2010, hvor Hellmann måleren udgjorde nedbørnettet, er korrektionsniveauet for 2011 og 2012 systematisk lavere i alle årets måneder, også når der tages højde for mængden af sne og vindhastighed. Denne ændring i forhold til tidligere kan hovedsagelig tilskrives de automatiske vejemåleres bedre evne end Hellmann til at måle nedbør, specielt at wettingtabet er fraværende.

Den samlede korrektion er på landsplan blev for 2011 og 2012 fundet til hhv. 9,21 og 10,50 % svarende til en forøgelse af den målte nedbørmængde med hhv. 71,1 og 82,8 mm. I gennemsnit udgjorde sne 5,0 og 6,5 % af den korrigerede årsnedbør med top i januar og februar 2011, og december 2012 med 25-36 % af nedbøren som sne. Disse måneder har da også de højeste $K_M(\%)$ værdier.



6. Modeltekniske specialtilfælde og andre eksempler

Datasættet for nedbørkorrektur består af punktværdier og kort over målt og korrigeret nedbør, kort over ændringen i nedbørmængde, samt kort over korrektionsprocenten. Disse kort foreligger som daglige, månedlige og årlige kort for 2011 og 2012. De daglige kort repræsenterer det meteorologiske døgn, hvor datoen angiver observationsperiodens afslutning. Perioden er tidsrummet kl. 06z det forrige døgn til kl. 06z. Tidligere blev der i figur 7 vist et eksempel for 24/12-2012 på sådanne daglige kort. Eksemplet viser store forskelle i korrektionsniveauet fra små værdier i sydvest til store værdier i nordøst. Årsagen er ligetil: i døgnets løb passerede et snevejr fra sydvest fulgt af mildning og regn. I nordøst var nedbøren derfor domineret af sne og i sydvest af regn, og strukturerne i figuren er let forklarlige.

Imidlertid optræder der på dagsbasis af og til tilsyneladende fejlagtige detaljer, som imidlertid kan forklares ved nærmere eftersyn. Der er følgende typer modeltekniske ”specialtilfælde”, og disse vil blive præsenteret og forklaret i det omfang, de kan identificeres i datasættet:

- Små nedbørmængders indvirkning på korrektionsprocenten
- Læforholdenes betydning for korrektionsniveauet
- Korrektur af regn ved meget høje vindhastigheder
- Nedbørtypens betydning for korrektionsresultater: korrektur af sne, korrektur af regn og sne i samme døgn, og atypisk fordeling af nedbørstype ved sne
- Situationer med lokalt meget lav eller meget høj korrektionsprocent
- Stedvis stor forskel mellem målt og korrigeret nedbør
- Effekt af at beregne α vha. lufttemperatur
- Modeltekniske effekter af gridcellernes størrelse

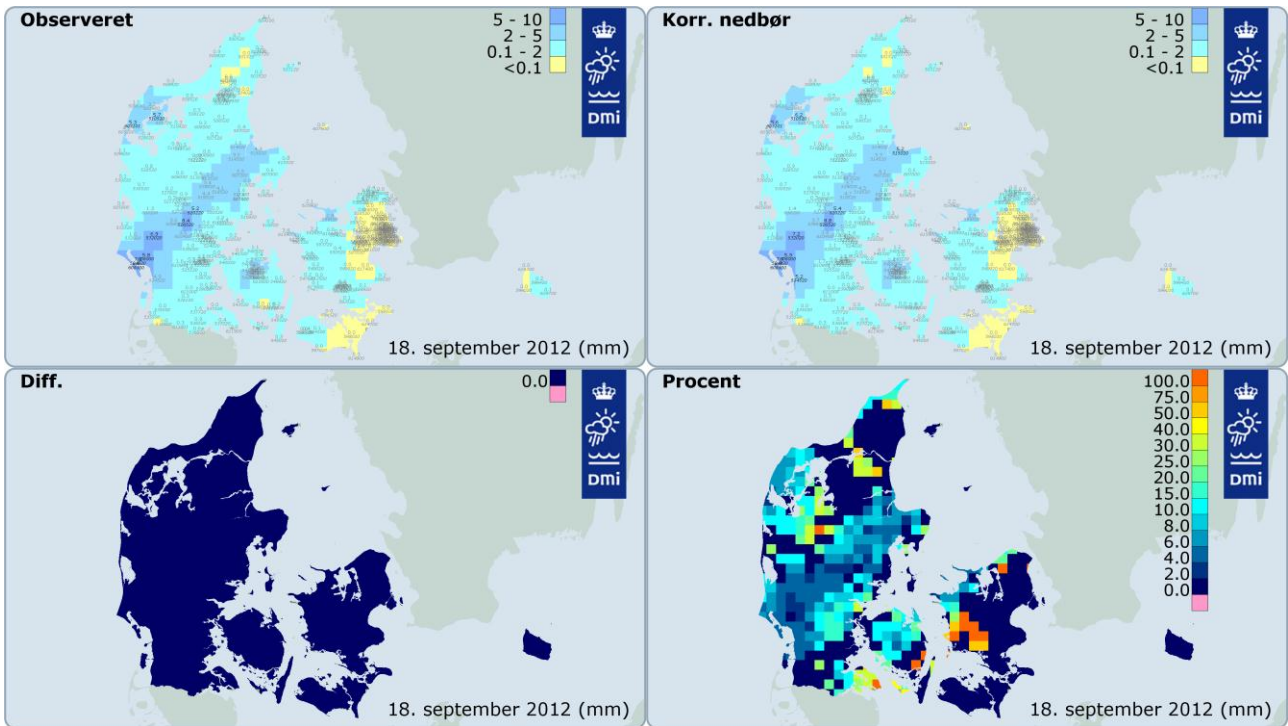
6.1 Små nedbørmængders indvirkning på korrektionsprocenten

I hele datasættet er der mange tilfælde, hvor $K_{\%}$ synes urealistisk høj, som eksemplet i figur 11 for 18/9-2012. De høje korrektioner fremkommer, når den målte nedbørsum er meget lav, og den er målt med en Rimco måler, hvorved korrektionen for wetting får relativt stor vægt i den samlede korrektur. Målinger på f.eks. 0,2 mm er i det konkrete tilfælde typisk blevet til 0,3 mm efter korrektur, og $K_{\%}$ kan derfor nå op omkring eller over 75 % (bemærk at den korrigerede mængde vist her er afrundet).

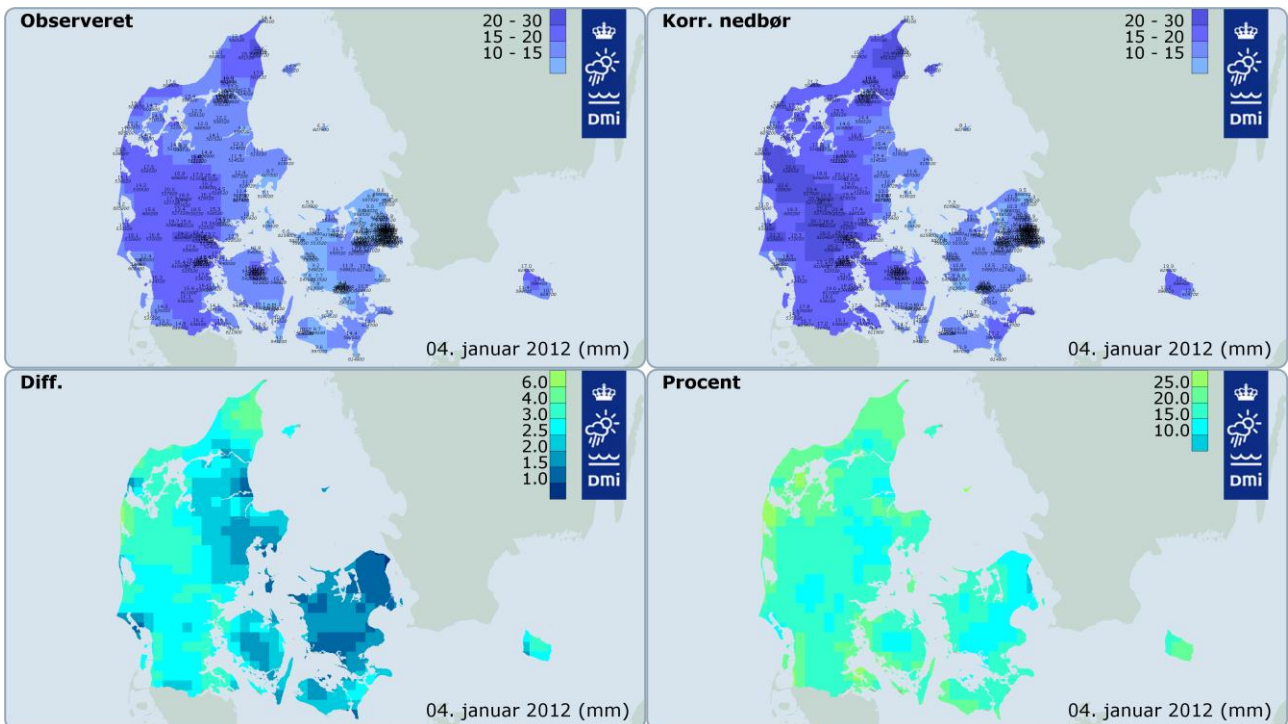
Denne effekt kan ses for flere gridceller, såsom på Sydfyn, hvor Svendborg Centralrenseanlæg målte 0,2 mm, på Vestsjælland hvor Korsør Renseanlæg og Slagelse Centralrenseanlæg begge målte 0,2 mm, og ved Frederiksværk hvor Skævinge Pumpestation ligeledes målte 0,2 mm. Da Rimco målerens nedre opløsning er 0,2 mm, kan effekten af små nedbørmængder ikke give højere $K_{\%}$ værdier end i det viste tilfælde.

6.2 Korrektur af regn ved meget høje vindhastigheder

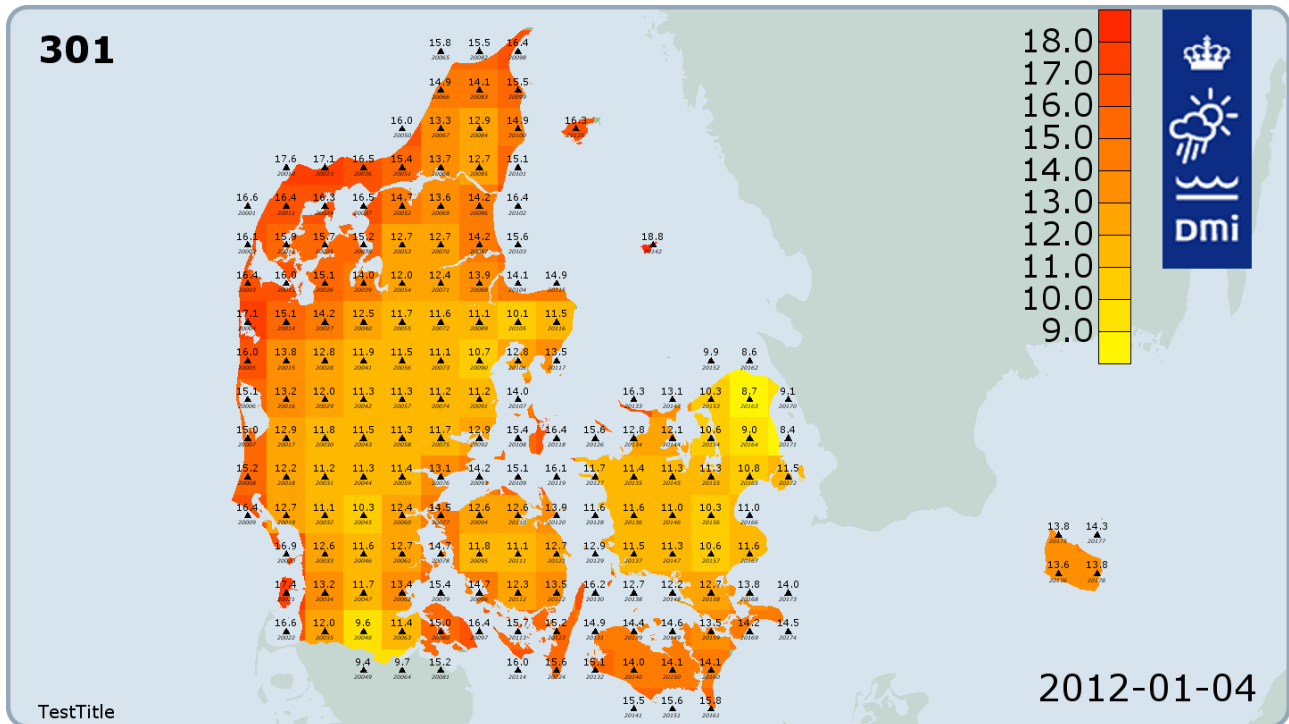
Det er klart, at jo stærkere vindens indflydelse på nedbørmålingen er, des tydeligere vil forskellene i læforhold fra måler til måler træde frem i den rumlige variation i differens og $K_{\%}$. Dette forhold ses mest tydeligt for sne, i mindre grad for slud, men kun i ringe grad for regn, da vindhastigheden ved regn skal være meget høj for at fremkalde store korrektioner. Ikke desto mindre kan det ske, at det blæser så kraftigt under regn, at læforholdene kan anes i den rumlige fordeling af $K_{\%}$ eller i differensen. Et eksempel herpå ses for et meget blæsende døgn 3-4/1 2012 (figur 12 og figur 13).



Figur 11. Eksempel for 18/9-2012 på korrektionsprocenter, der synes urealistisk høje i visse dele af landet.



Figur 12. Eksempel på heterogen rumlig fordeling af differens og $K_{\%}$ for 4/1-2012. Bemærk, at datoen angiver observationstidspunktet og således dækker perioden 3/1 kl. 06z til 4/12-2012 kl. 06z.



Figur 13. Middelvindhastighed i 10 m højde for det blæsende døgn 3-4/1 2012.

6.3 Nedbørtypens betydning for korrektionsresultater

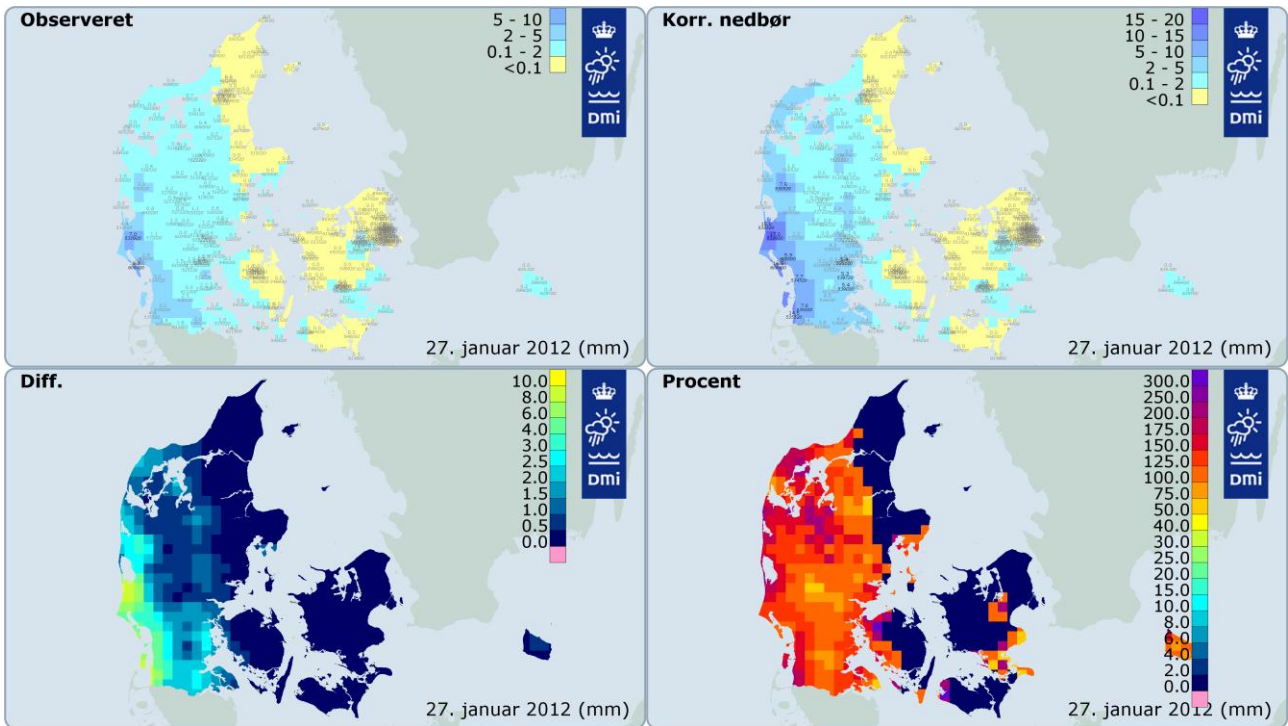
6.3.1 Korrektion af sne

Det ligger i korrektionsmodellen, at sne har meget høje korrektioner, selv hvis det blæser moderat med 7 m/s ved korrektionsmodellens øvre gyldighedsgrænse. Ved højere vindhastigheder fikses vindhastigheden ved 7 m/s, og selvom dette strengt taget ikke er helt korrekt, resulterer $K_{\%}$ trods alt i en korrigeret nedbørmængde, der er tættere på den faktiske nedbør end den målte. I det hele taget skal vindhastigheden jfr. modellen ikke ret højt op, førend $K_{\%}$ når langt over 100 %.

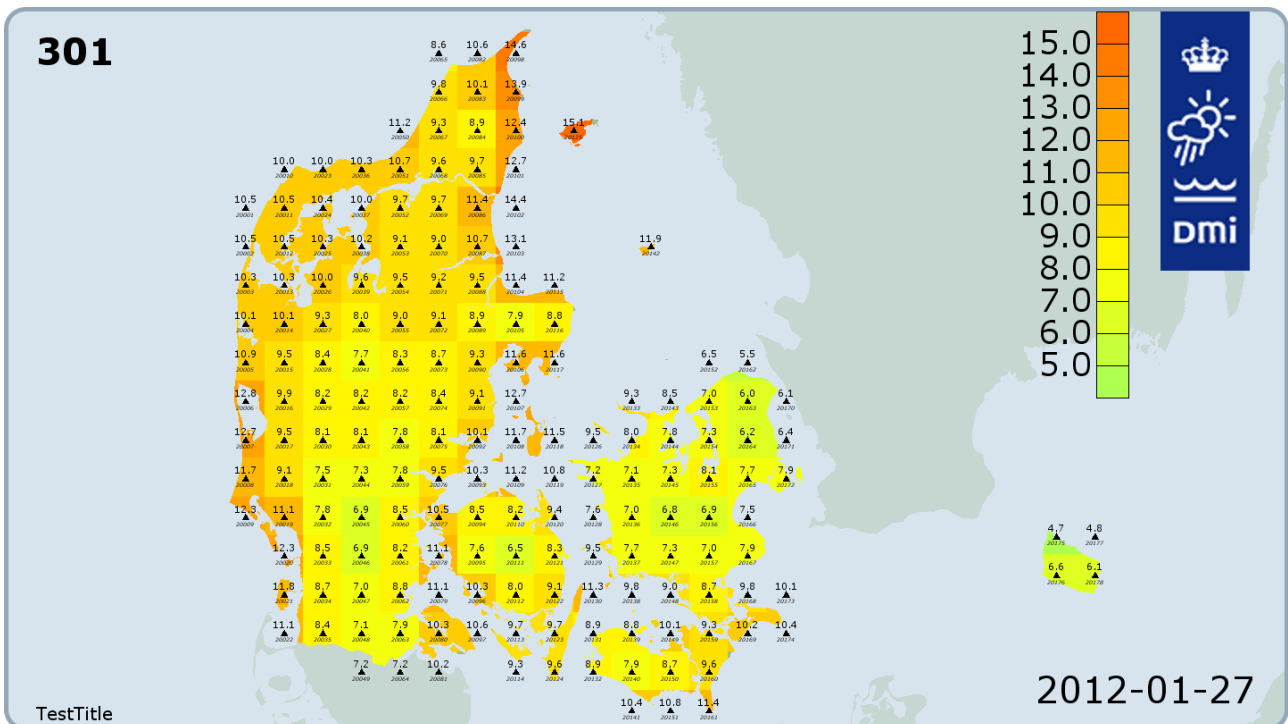
Et glimrende eksempel herpå er fra 27/1-2012, hvor der faldt sne i den vestlige del af landet. Døgnets middelvindhastighed V_{10} i 10 m højde ses af figur 15 tilsyneladende at overstige modelgrænsen for sne mod vest, men dette er for beregningerne dog ikke tilfældet, da V_{10} skal reduceres til 1.5 m højde og yderligere korrigeres for læeffekten. Dette bringer V_{10} ned under modelgrænset overalt.

Fordelingen af vindhastighed vist i figur 15 afspejler sig overordnet set i fordelingen af $K_{\%}$, men også læforholdene har betydning for de endelige værdier. F.eks. står stationen ved Skive Renseanlæg meget åbent med et læindeks på 5, hvorfor her gridcelleberegningerne påvirkes til meget høje værdier af $K_{\%}$. Det spiller dog også ind, at stationen har en Rimco måler, hvorved korrektion for wetting giver $K_{\%}$ yderligere et puf opad.

Differenskortet viser, at det er i sydvest, der nås de største absolutte korrektioner. Det er klart, at de største differenser også ses dér, hvor der er målt mest nedbør. Den uregelmæssige fordeling af differens- og $K_{\%}$ -værdier illustrerer samtidig betydningen af de lokale læforhold. De høje korrektioner og den rumlige fordeling af differenser og $K_{\%}$ er typisk for korrektion af sne.



Figur 14. Målt og korrigeret nedbørmængde, differens og korrektionsprocent for snevejret 27/1-2012.



Figur 15. Middelvindhastighed i 10 m højde for snedøgnen 26-27/1 2012.



6.3.2 Korrektion af regn og sne i samme døgn

Der er god mulighed for at få undersøgt ydeevnen for den praktiske implementering af korrektionsmodellen, når der både optræder sne, slud og regn inden for samme døgn.

Den 24/12-2012 passerede en varmfront og opdelte landet i en vinterlig del med sne og let frost mod nordøst, og en mild del med tøj og lidt regn mod sydvest (figur 7). Denne fordeling af nedbørstyper er tydeligt afspejlet i korrektionsniveauet, der mod nordøst er markant højere end mod sydvest. Der faldt ret rigelige mængder nedbør, hvorfor korrektion for wetting ved Rimco målere kun udgør en marginal del af den samlede korrektion. Derved er det lettere at sammenligne korrektioner fra forskellige dele af landet. I nordøst ligger niveauet fra omkring 50 til langt over 100 %, mens det er under 10 % i store dele af den sydvestlige del af landet, hvor nedbøren hovedsagelig faldt som regn.

En principielt tilsvarende fordeling af nedbørstyper og korrektioner ses for den 4/12-2012, om end vejr-situationen var mere kompleks. Den første del af perioden faldt der stedvis nedbør, både som sne, slud og regn: sne i indlandet og regn hovedsagelig nær kysterne og Kattegategnene. Sidst i perioden bredte et snevejr sig fra sydvest op over landet, men nedbøren gik over i regn helt i syd og på Lolland og Falster. Bornholm fik sne.

De komplicerede nedbørforhold viser sig i korrektionerne, men den overordnede fordeling af $K_{\%}$ antyder dog korrekt de store linjer i fordelingen af sne og regn, en fordeling der ses rimeligt afspejlet i temperaturfordelingen i figur 17. $K_{\%}$ ser umiddelbart for lav ud i Midtjylland, hvis nedbørstypen hovedsagelig skulle være sne, men af figur 18 ses vindforholdene her at være ret rolige, hvilket kan forklare de forholdsvis lave $K_{\%}$ -værdier.

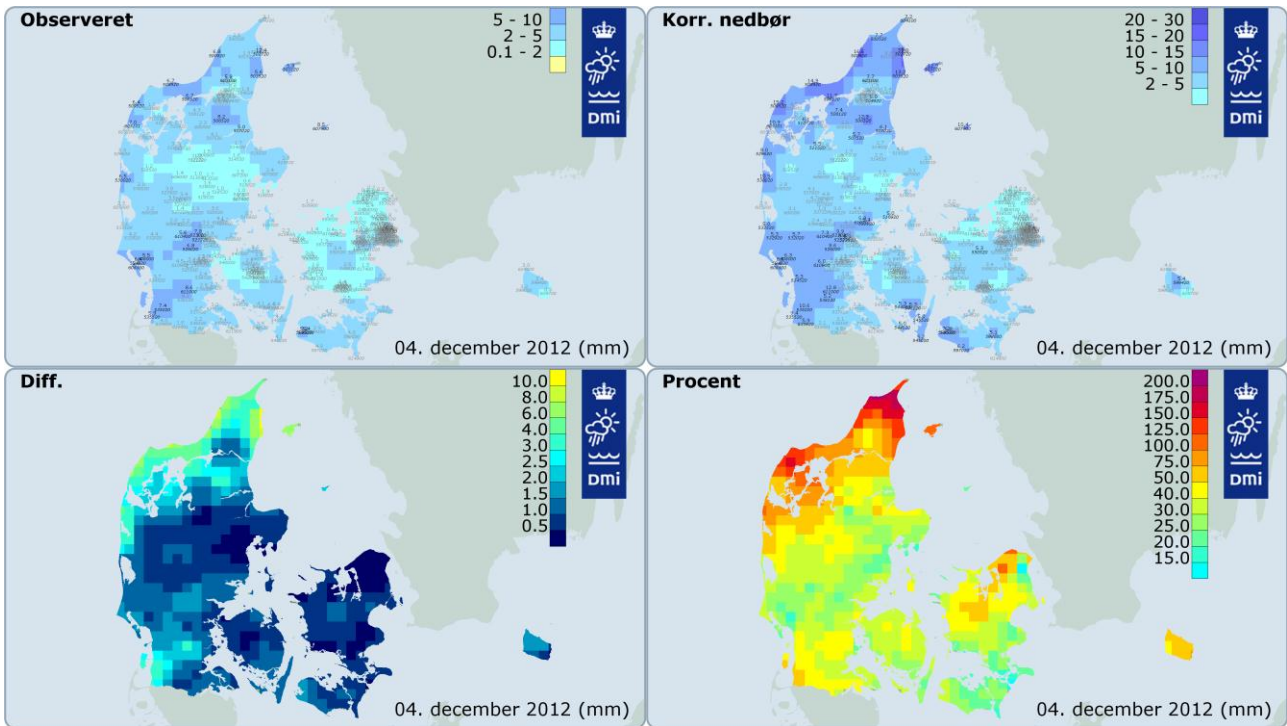
Ud mod Øresund er der et område med overraskende lave korrektioner, helt ned til omkring 15 %. Det skyldes et par nedbørstationer, der med et læindeks på 30 er særdeles godt beskyttet sammenlignet med andre stationer i området. Midt på Nordsjælland er korrektionsniveauet højere, hvilket skyldes mere åbent placerede målere- F.eks. har Rimco måleren ved Hillerød Centralrenseanlæg et læindeks på blot 6, hvilket påvirker $K_{\%}$ i nærliggende gridceller til klart højere værdier, hvilket også ses i figuren.

At det er plausibelt at anvende temperatur som indikation for nedbørstype i denne situation virker overordnet set korrekt, om end sammenhængen mellem temperatur, vindhastighed og korrektionsniveau i figurene synes kompleks.

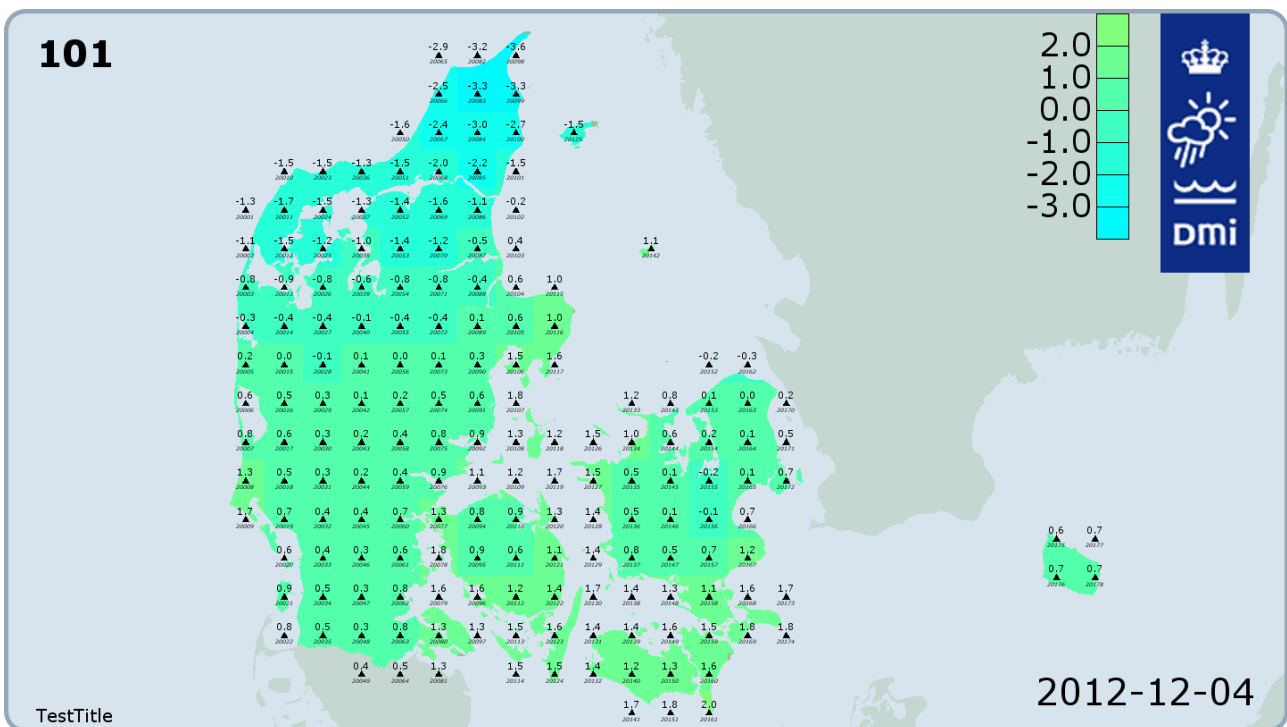
6.3.3 Læforholdenes betydning for korrektionen

I figur 19 ses et område i Nordjylland med betydeligt lavere korrektioner end i omgivelserne. Mens $K_{\%}$ her når ned omkring 25 %, har de omgivende gridceller $K_{\%}$ værdier på 40-50 % og opad. Årsagen er en nedbørstation, der med et læindeks på 30 har væsentlig bedre læforhold end flertallet af de nærmest liggende nedbørstationer. Dette påvirker naturligvis vindhastigheden ved måleren og dermed korrektionsniveauet, og i sidste ende $K_{\%}$ for gridcellerne.

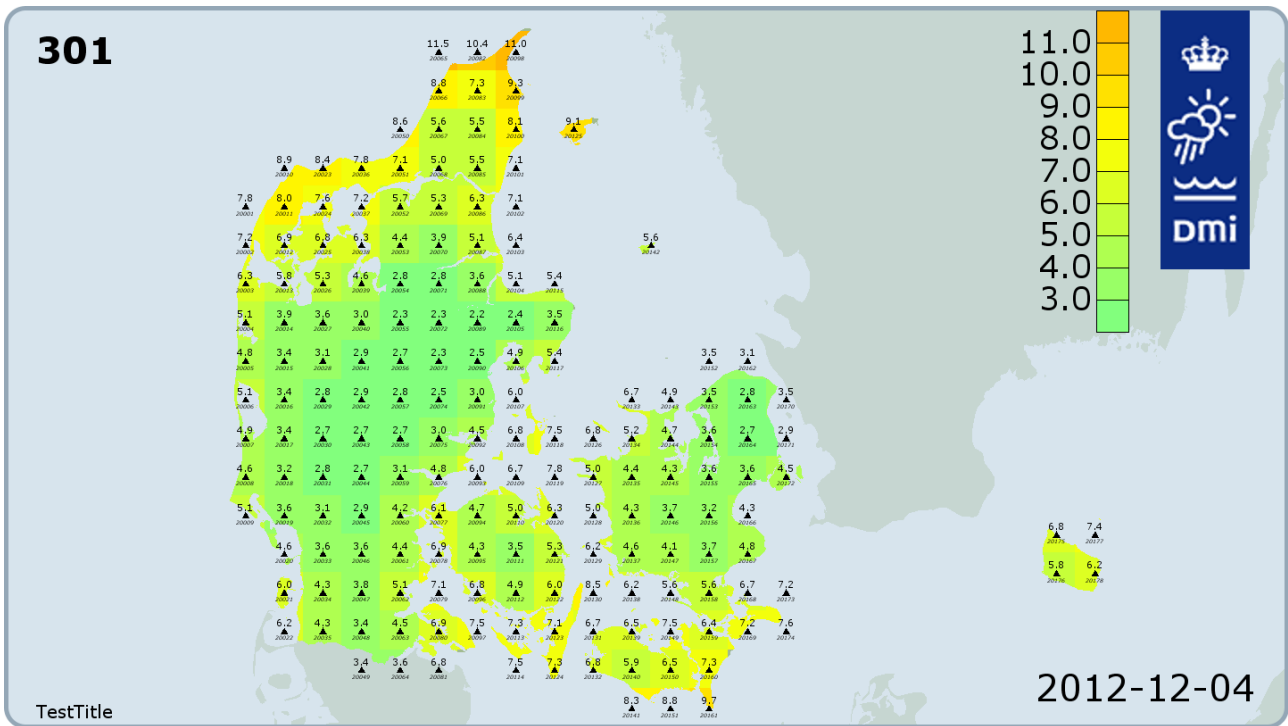
Da læindeks er beregnet ud fra højdevinklen i 8 kompasretninger, kan det reelle læ i godt være anderledes i forhold til den dominerende vindretning for døgnet. Det er imidlertid vanskeligt at vurdere, hvor stor bias på $K_{\%}$ det giver ikke at tage eksakt højde for læforholdene i vindens retning under nedbør. Det må dog antages, at bias på den lange bane i det store og hele er tilfældig, og at positiv og negativ bias udjævner hinanden.



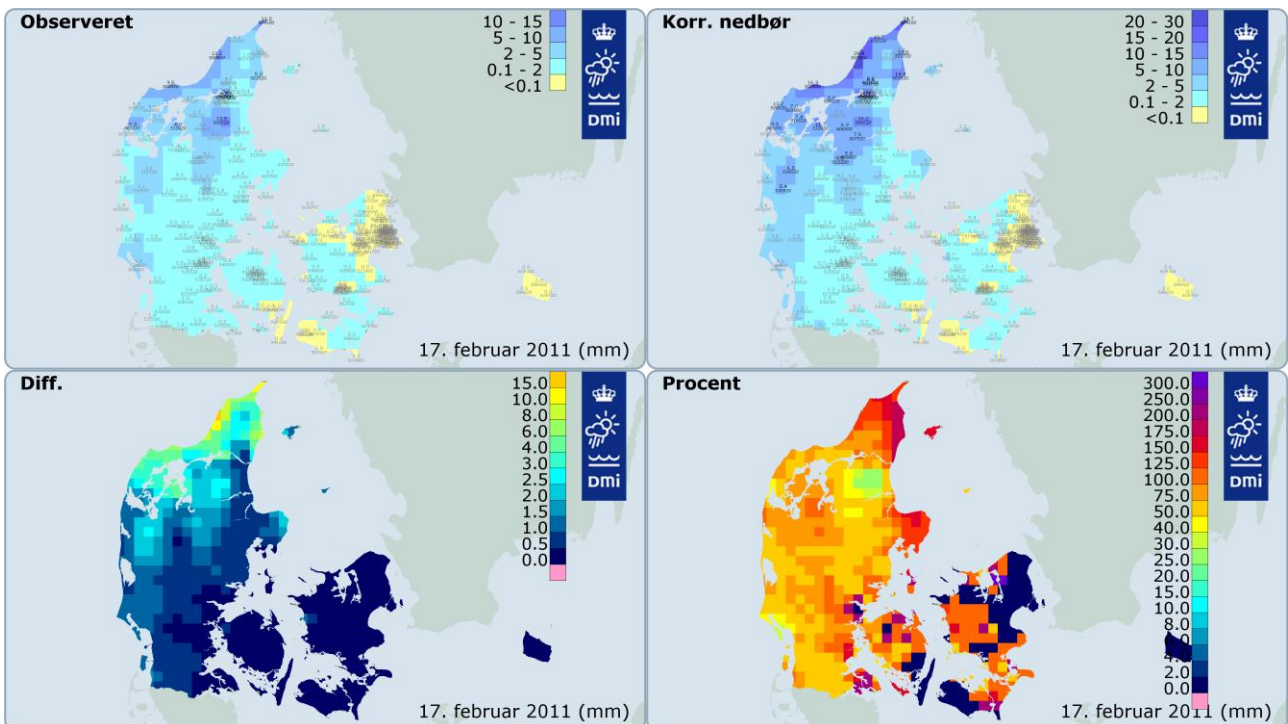
Figur 16. Målt og korrigeret nedbørmængde, differens og korrektionsprocent for 4/12-2012 for døgn med dominans af sne i nordøst og regn i sydvest.



Figur 17. Middeltemperatur i 2 m højde for 4/12-2012 for et døgn med sne.



Figur 18. Middelvindhastighed i 10 m højde for 4/12-2012 for et døgn med sne.



Figur 19. Eksempel fra 17/2-2011 på læforholdenes betydning for korrektionsniveauet.



6.4 Effekt af at beregne sneprocent vha. lufttemperatur

Da sneprocenten $\alpha(\%)$ bestemmer, hvor stor en del af døgnet nedbør, der skal korrigeres som sne, er det en åbenlys fejlkilde for nedbørkorrektionen, at $\alpha(\%)$ beregnes ud fra døgnet's middeltemperatur og ikke den observerede nedbørstype.

Der kan være vejr-situationer, hvor døgnet starter med frost, hvorefter temperaturen stiger til over frysepunktet og nedbøren falder som regn. Døgnmiddeltemperaturen kan da være tæt på eller endog under $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, og resultatet er en for stor korrektion af nedbøren. Der kan også være tilfælde, hvor nedbøren falder som sne, hvorefter temperaturen stiger markant over frysepunktet, og døgnmiddelværdien når op over frysepunktet, ja endog op over $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nedbøren korrigeres da som slud eller regn, og korrektionen bliver for lav. Her følger et eksempel på effekterne af disse forhold.

Et meget specielt eksempel ses i figur 20 for 27/2-2011. Der er faldet nedbør i det meste af Jylland og $K_{\%}$ har værdier fra 40-50 % til op over 100 %. Det er urealistiske værdier for regn, selv hvis vindhastigheden ligger ved modellens øvre grænse. Ergo er nedbøren korrigeret, som om den var faldet som sne eller blandet nedbør domineret af sne. At nedbøren også blev korrigeret sådan, fremgår af figur 21, der viser temperaturer nær frysepunktet i nedbørområdet.

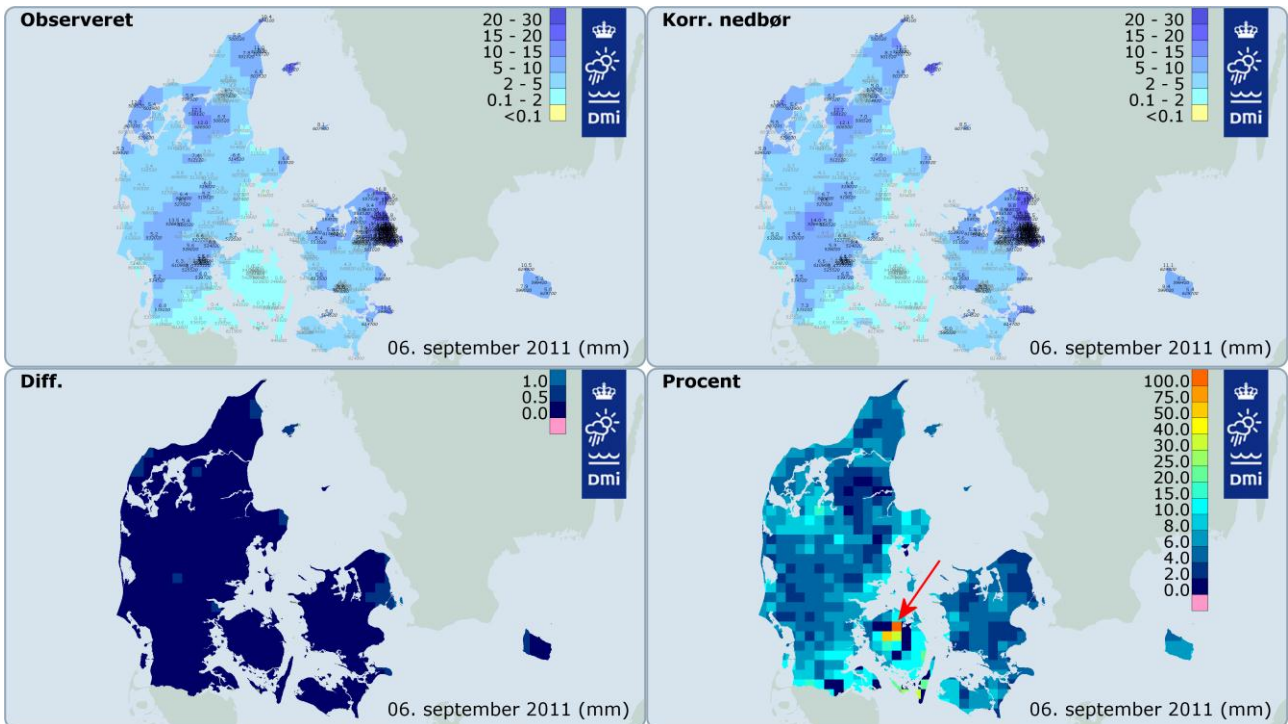
Dette døgn faldt nedbøren imidlertid udelukkende som regn. Døgnet starter med temperaturer over frysepunktet, i området med nedbør op mellem 1 og $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, og nedbøren falder udelukkende som regn. Siden ophører nedbøren, vinden drejer fra sydøst til øst, og temperaturen falder gradvis til mellem 1 og 3 graders frost. Dette er nok til at sænke døgntemperaturen tilstrækkeligt til, at nedbøren fejlagtigt korrigeres som overvejende sne.

Eksemplet viser, at de bedste resultater opnås, hvis korrektionsmodellens forudsætninger er opfyldt, altså hvis der gøres brug af *observeret* nedbørstype, og i øvrigt også hvis der benyttes middelværdi under nedbør af temperatur og vindhastighed. Det antages, at det samlede antal fejlklassifikationer er forholdsvis lavt, og at kategorisering af sne som regn, og regn som sne forekommer lige ofte hen over en længere periode. Imidlertid har fejlklassifikation af sne større konsekvenser for $K_{\%}$ end en tilsvarende for regn, så det er vanskeligt at bedømme den eksakte effekt af problemet.

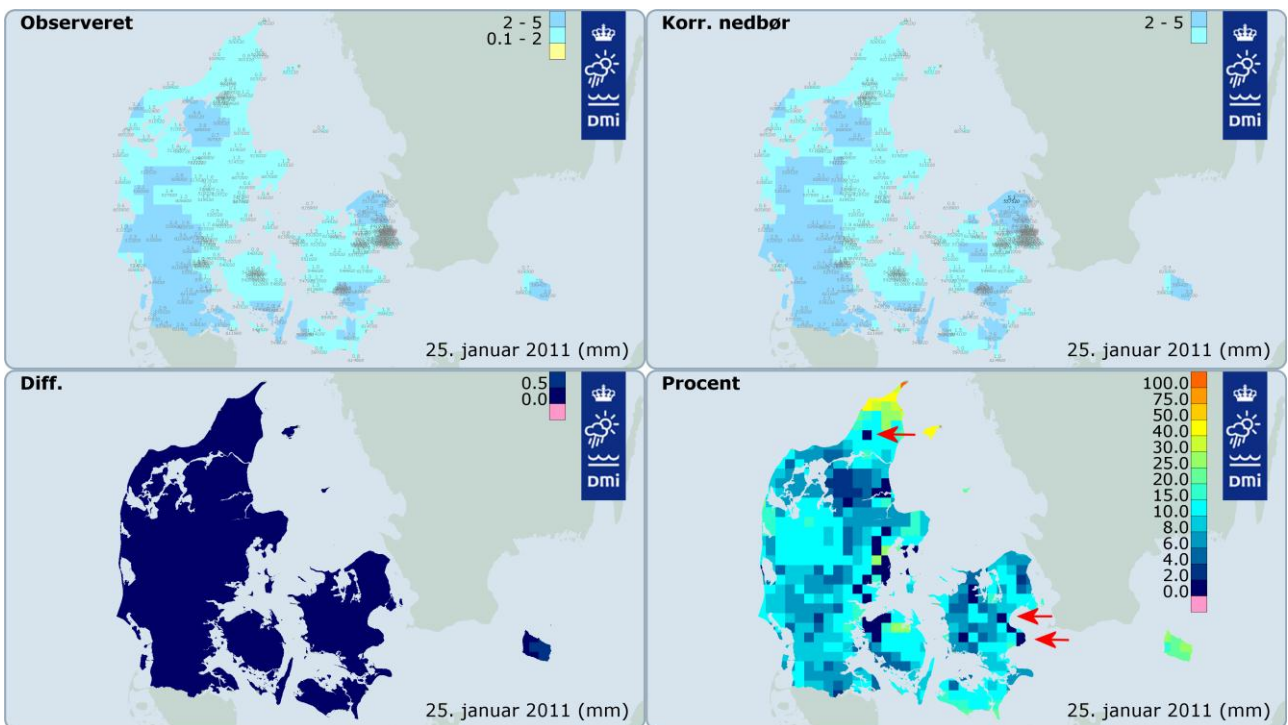
6.5 Lokalt meget høj eller meget lav korrektionsprocent

Der ses af og til lokale $K_{\%}$ -værdier, der er meget høje i forhold til omgivelserne, nærmest som en slags "hot spots". Figur 22 viser et eksempel på en lokalt høj værdi fra 6/9-2011. Forklaringen har været nævnt tidligere: hvis nedbøren er målt af en Rimco måler og den målte nedbørmængde er lav, får korrektionen for wettingtab forholdsvis stor vægt.

Der kan også forekomme lokale $K_{\%}$ værdier, der ser mistænkeligt lave ud. Mens spotvis høje værdier er tydeligst, når $K_{\%}$ ellers er lav, altså når nedbøren falder som regn, er de lokalt lave værdier tydeligst, når $K_{\%}$ niveauet er højt, altså i forbindelse med sne. Et eksempel er vist tidligere i figur 19. Lokalt lave værdier kan dog også ses ved regn. Et specielt eksempel ses for 25/1-2011 i figur 23, hvor der var lave værdier flere steder, men med en særligt afvigende gridcelle i Vendsyssel. Årsagen hertil er bl.a. det sammensatte nedbørnet. Ved Stevns er der en Geonor måler, som pga. Alterskærmen har meget lavere korrektionsniveau end både Pluvio² og Rimco målere, hvilket giver lave $K_{\%}$ værdier. I Vendsyssel bliver effekten af Geonormåleren i Tylstrup særlig tydelig, fordi den nærmest er omringet af Pluvio² og Rimco målere, som har et systematisk højere korrektionsniveau. I øvrigt skyldes den høje korrektion ved Skagen, at området som det eneste sted i landet havde frost en del af døgnet og som følge af en døgnmiddeltemperatur på $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ derfor højere værdier af $K_{\%}$.



Figur 22. Målt og korrigeret nedbørmængde, differens og korrektionsprocent $K\%$ for 6/9-2011 for et døgn med lokalt meget høje værdier af $K\%$. Et område med sådanne er markeret med pile.



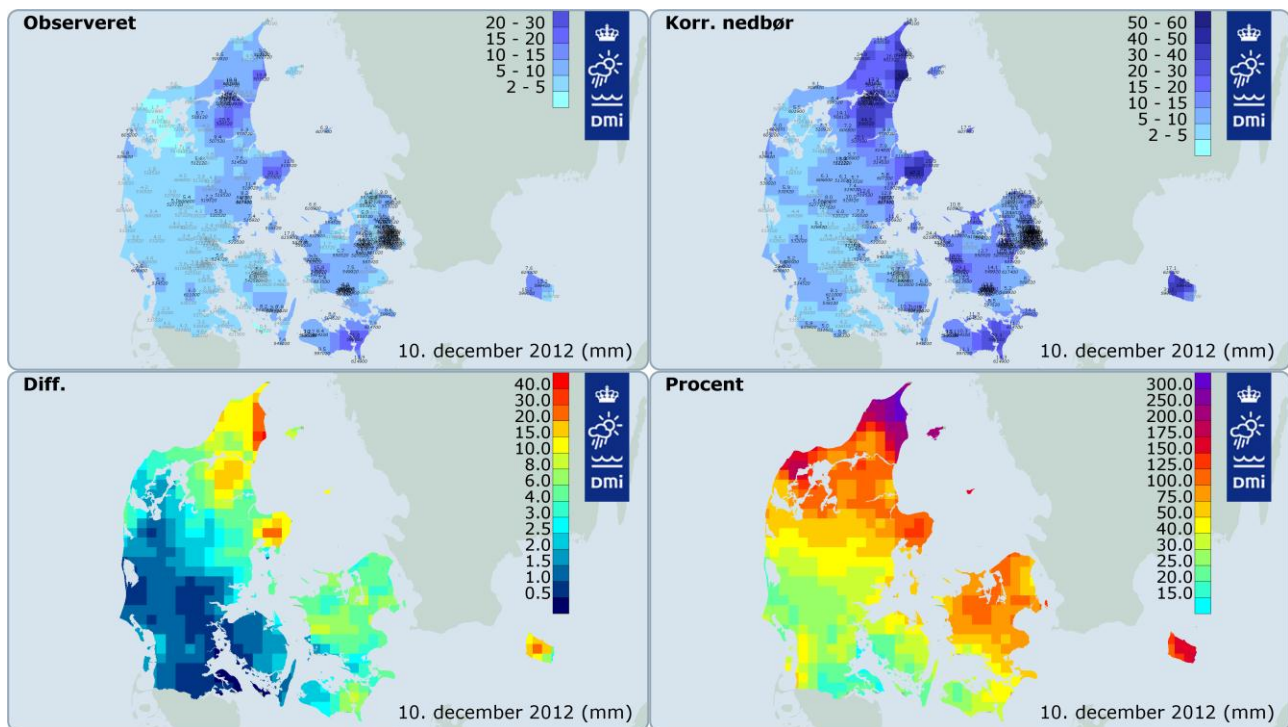
Figur 23. Målt og korrigeret nedbørmængde, differens og korrektionsprocent $K\%$ for 25/1-2011 for et døgn med lokalt forholdsvis lave værdier af $K\%$. Nogle af disse er markeret med pile.

6.6 Stedvis stor eller lille forskel mellem målt og korrigeret nedbør

Der er ofte store rumlige variationer i forskellen mellem målt og korrigeret nedbør, når nedbøren er faldet som sne. Det kan skyldes, at: (1) læforholdene omkring nedbørstationerne kan være meget forskellige i en region, (2) de styrende variable vind, temperatur og nedbørstype kan variere lokalt, (3) der lokalt er målt væsentlig mere nedbør end ved nærliggende stationer.

Et godt eksempel på (2) og (3) er fra 10/12-2012, hvor der på Bornholm var både høje og lave differenser mellem målt og korrigeret nedbør, selvom $K_{\%}$ generelt var meget høj. Den lave differens mod sydøst skyldes en lav nedbørmængde ved Dueodde, der efter korrektion derfor stikker tydeligere frem i forhold til specielt midten af øen. Her korrigeres en væsentlig højere målt nedbørmængde derimod til en langt større difference, også selvom der er benyttet en lavere vindhastighed end ved Dueodde.

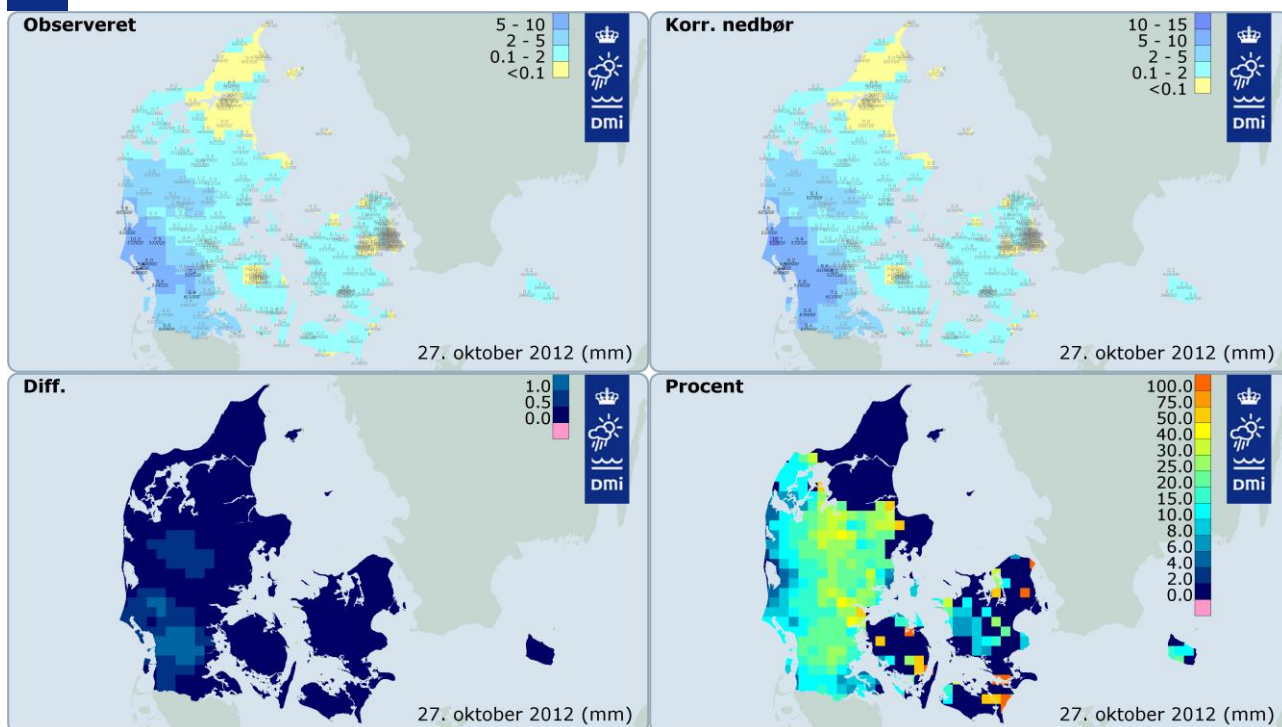
De store differencer på midten af Djursland skyldes, at der blev målt større nedbørmængder her, og de store værdier i Vendsyssel ud mod Kattegat hænger sammen med, at der faldt mere sne og var højere vindhastigheder her end længere mod vest.



Figur 24. Målt og korrigeret nedbørmængde, differens og korrektionsprocent $K_{\%}$ for 10/12-2012 for et døgn med lokalt meget høje differenser mellem målt og korrigeret nedbør.

6.7 Uventet høje korrektioner 27/10-2012

Korrektionsniveauet når over store områder i Jylland op på 25-40 %, ja endog over 40 %, den 27/10-2012 (figur 25), hvilket er betydeligt mere end i det meget blæsende døgn 4/1-2012 (figur 12). Altså et korrektionsniveau, der ligger langt over det forventelige for den nedbørstype, nemlig regn, der er normal for denne tid på året.



Figur 25. Et eksempel på overraskende høje korrektioner 27/10-2012.

Efter en nøjere granskning af de meteorologiske forhold viser det sig, at døgnet var usædvanlig koldt med døgnmiddeltemperaturer i det midtjyske helt ned omkring eller lige over frysepunktet, og en enkelt gridcelle når ned på $-0,1$ °C. Ergo korrigeres nedbøren i dette område som sne eller overvejende som sne. At det ikke er helt ved siden af ses ved, at der rent faktisk faldt både slud, sne og regnbyger i området.

6.8 Om måling af snenedbør med Rimco

Det har tidligere været en generel erfaring såvel nationalt som internationalt, at tipping-bucket målere pga. opvarmning af måleren er uegnet til måling af sne. Faktisk anbefalede WMO i en stor undersøgelse af nedbørmålere evne til at måle sne (WMO, 1998) at undlade brug af tipping-bucket målere i egne, hvor en del af årets nedbør falder som sne.

I afsnit 3.2.3 blev der redegjort for særlige effekter for Rimco, og meget tyder på, at den stærkt forbedrede varmestyring i forhold til tidligere også har dæmpet de nævnte problemer med tipping-bucket målere væsentligt. En Rimcomåler, som var opstillet i Jokioinen, Finland, i forbindelse med det ovenfor nævnte WMO-projekt, blev f.eks. opvarmet ved hjælp af en halogenpære, hvilket medførte en ganske voldsom opvarmning sammenlignet med de systemer, der anvendes i dag.

Et eksempel på, at forbedringerne faktisk ser ud til at have stor effekt ses af figur 7, der bl.a. viser fordelingen af *målt* nedbør for snestormen 24/12-2012. Flere områder i Danmark har et tæt net af Rimcomålere. I to af disse områder, dvs. omkring Aalborg og i Storkøbenhavn, faldt nedbøren dette døgn stort set som sne, selvom temperaturen i døgnet løb steg op over frysepunktet. Hvis Rimcomåleren er dårlig til måling af sne, burde disse områder derfor have systematisk lavere *målt* nedbørmængde end i resten af landet. Figuren viser, at dette ikke er tilfældet. Selvom et enkelt eksempel ikke er noget endegyldigt bevis, kunne resultatet antyde, at bedømmelsen af Rimco bør revideres.



6.9 Sammenfatning

En række eksempler på daglig nedbørkorrektion er gennemgået med henblik på at identificere og forklare et antal ofte forekommende specialiteter i den rumlige fordeling af hhv. differensen mellem målt og korrigeret nedbørsum og korrektionsprocenten. Dette er gjort for at formidle, at visse tilsyneladende mistænkelige tilfælde ikke er fejl i beregningerne, men skyldes beregningsmetodik, såsom små nedbørmængders betydning for korrektionsprocenten. Ligeledes er læforholdenes betydning for de rumlige variationer dokumenteret og forklaret.

Korrektionsmodellen kræver input af vindhastighed V og lufttemperatur T målt *under nedbør*, regnintensitet I og andel nedbør som sne α godtgjort på basis af *observeret* nedbørtype. Ingen af disse forudsætninger er opfyldt i opsætningen af modellen, idet V og T er døgnmiddelværdier, I tages som klimatologisk værdi, og α bestemmes ud fra døgnværdien af T .

Ikke desto mindre synes resultaterne plausible, og modellen ser ud til at virke efter hensigten i situationer med sne og regn inden for samme døgn. Dog er der fejlkilder, idet T i nogle situationer indikerer sne, selvom nedbøren er faldet som regn, og omvendt. Ligeledes er der rent modeltekniske begrænsninger, idet T og V er beregnet som $20 \times 20 \text{ km}^2$ gridværdier.

I forhold til tidligere eksperimenter, hvor V og T blev taget fra nærmeste vejrstation (Allerup, Madsen og Vejen, 2000), er der dog tale om en forfinelse af korrektionsmodellens opsætning, og beregningsresultaterne ser da også i det store og hele fornuftige ud, ligesom de fundne afvigelser kan forklares, og forslag til forbedringer fremsættes.



7. Sammenfatning

Den dynamiske model for korrektion af fast, blandet og flydende nedbør, som er præsenteret tidligere i forbindelse med korrektion af nedbør for perioden 1989-2010 (Vejen, 2012a), er blevet opdateret og tilpasset ændringerne i DMI's net til måling af nedbør. Dette net består pr. 1/1-2011 af automatiske nedbørmålere af typen Rimco, Pluvio² og Geonor, i modsætning til tidligere hvor nettet i hovedsagen bestod af Hellmann målere. Tilpasningen består i, at der nu benyttes målernespecifikke værdier af wettingtab og empiriske konstanter i korrektionsmodellen. Dog foreligger der ikke i øjeblikket konstanter for Pluvio², men der kan argumenteres for, at denne måler indtil videre korrigeres ved at benytte konstanterne for Hellmann måleren.

Den praktiske implementering for korrektion af automatiske nedbørmålinger er gennemgået. I denne opsætning tager modellen som input døgnværdier af vindhastighed V og lufttemperatur T samt vejrtypen ud fra døgnværdier af T . Modellen er benyttet til at beregne daglige korrektioner ved nedbørstationer, hvorefter korrigeret nedbør ved interpolation er beregnet for hele landet i et net med feltdimensionen $10 \times 10 \text{ km}^2$. På basis heraf er det daglige korrektionsniveau, såvel som det månedlige og årlige for hele perioden, blevet beregnet med henblik på at øge vidensgrundlaget for nedbørforhold og nedbørkorrektion i Danmark.

Månedlige og årlige værdier af korrigeret nedbørmængde og korrektionsprocent $K_M(\%)$ er beregnet for 2011 og 2012, og der er produceret såvel samlet landgældende statistik som kort, der viser de rumlige variationer. Der kan konstateres store variationer i korrektionsniveauet fra måned til måned, og sammenlignet med korrektioner for 1989-2010, hvor Hellmann måleren udgjorde nedbørnettet, er korrektionsniveauet for 2011 og 2012 systematisk lavere i alle årets måneder, også når der tages højde for mængden af sne og vindhastighed. Denne ændring i forhold til tidligere kan hovedsagelig tilskrives de automatiske vejemålernes bedre evne end Hellmann til at måle nedbør, specielt at wettingtabet er fraværende.

Den samlede korrektion på landsplan blev for 2011 og 2012 fundet til hhv. 9,21 og 10,50 % svarende til en forøgelse af den målte nedbørmængde med hhv. 71,1 og 82,8 mm. I gennemsnit udgjorde sne 5,0 og 6,5 % af den korrigerede årsnedbør med top i januar og februar 2011, og december 2012 med 25-36 % af nedbøren som sne. Disse måneder har da også de højeste $K_M(\%)$ værdier.

Således er korrektionsmodellen og dens praktiske implementering tilpasset de nutidige målemetoder mht. målinger af nedbør i Danmark. Der udestår at fremskaffe og implementere korrektionskonstanter for Pluvio², men sådanne forventes tilgængelige inden for en overskuelig fremtid, idet internationale såvel som nationale forskningsaktiviteter arbejder på at fastlægge disse.



8. Referencer

- Allerup, P. and H. Madsen (1979): Accuracy of point precipitation measurements. Danish Meteorological Institute, Climatological Papers, No. 5, Copenhagen 1979, 84 pp.
- Allerup, P. and H. Madsen (1980): Accuracy of point precipitation measurements. *Nordic Hydrology*, 11, 57-70.
- Allerup, P., Madsen, H., og Vejen, F. (1997): A Comprehensive Model for Correcting Point Precipitation. *Nordic Hydrology*, vol. 28, 1-20.
- Allerup, P., Madsen, H., og Vejen, F. (1998): Standardværdier (1961-90) af nedbørkorrektioner. Danish Meteorological Institute, Technical Report, No. 98-10, Copenhagen 1998, 19 pp.
- Allerup, P., Madsen, H., and Vejen, F. (2000): Correction of precipitation based on off-site weather information. *Atm. Res.*, Vol. 53, 231-250.
- E. J. Førland (ed), Allerup, P., Dahlström, B., Elomaa, E., Jónsson, T., Madsen, H., Perälä, J., Rissanen, P., Vedin, H., and Vejen, F. (1996): Manual for operational correction of Nordic precipitation data. Nordic Working Group on Precipitation. First Edition. DNMI, Report Nr. 24/96, 66 pp.
- Gordon, J. D. (2003): Evaluation of Candidate Rain Gages for Upgrading Precipitation Measurement Tools for the National Atmospheric Deposition Program. U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 02-4302, Denver, Colorado, 2003, 30 pp.
- HOBE (2007): HOBE, Center for Hydrology, Hydrological Observatory. 61 pp.
- Høgh-Schmidt, K. (1982): Lokal – og mikroklima. 2: Klimaelementer i det jordnære luftlag. DSR Forlag 1982, 157 pp.
- Metcalf, J. R., and B. E. Goodison (1993): Correction of Canadian winter precipitation data. Proc. Eight Symp. on Meteorological Observations and Instrumentation, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc., 338-343.
- Niemczynowicz J. (1986): Dynamic calibration of tipping-bucket rain gauges. *Nordic Hydrology*, vol. 17, 203-214.
- Rasmussen, R., Baker, B., Kochendorfer, J., Meyers, T., Landolt, S., Fischer, A. P., Black, J., Thériault, J. M., Kucera, P., Gochis, D., Smith, C., Nitu, R., Hall, M., Ikeda, K., and E. Gutmann (2012): How well are we measuring snow? The NOAA/FAA/NCAR Winter Precipitation Test Bed. *BAMS*, June 2012, 811-829.
- Refsgaard, J. C., S. Stisen, A. L. Højberg, M. Olsen, H. J. Henriksen, C. D. Børgesen, F. Velen, C. Kern-Hansen, og G. Blicher-Mathiesen (2011): Vandbalance i Danmark. Vejledning i opgørelse af vandbalance ud fra hydrologiske data for perioden 1990-2010. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2011/77. GEUS, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, Klima- og Energiministeriet 2011.



Savina, M., Schättli, B., Molnar, P., Burlando, P., and Sevruk, B. (2012): Comparison of a tipping-bucket and electronic weighing precipitation gauge for snowfall. *Atm. Res.*, Vol. 103, 45-51.

Scharling, M. (1999): KLIMAGRID – DANMARK. Nedbør, lufttemperatur og potentiel fordampning 20*20 & 40*40 km. Danish Meteorological Institute, Technical Report 99-12, Copenhagen 1999, 48 pp.

Sevruk, B. (1988): Wind speed estimation at precipitation gauge orifice level. WMO, Instruments and Observing Methods, Report No. 33, WMO/TD – No. 222, Paper presented at the WMO Technical Conference on Instruments and Methods of Observation (TECO-1988), Leipzig, German Democratic Republic, 16-20 May 1988, 4 pp.

Sevruk, B., Hertig, J.A., and Tettamanti, R. (1994): The effect of orifice rim thickness on the wind speed above precipitation gauges. *Atmospheric Environment* vol. 28 issue 11 June, 1994. p. 1939-1944.

Vejen, F. (2005): Pilotprojekt: Beregning af dynamisk korrektion af nedbør på Samsø, 1989-2003. Teknisk Rapport 05-16, Danmarks Meteorologiske Institut, 56 pp.

Vejen, F. (2012a): Korrigeret Nedbør 1989-2010. Del 3 af 6: Præsentation. Metodebeskrivelse. Dokumentation og beskrivelse. Dataleverance til DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet. Danmarks Meteorologiske Institut, april 2012, 20 pp (intern projektdokumentation).

Vejen, F. (2012b): Korrigeret Nedbør 1989-2010. Del 4 af 6: Præsentation af resultater. Dokumentation og beskrivelse. Dataleverance til DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet. Danmarks Meteorologiske Institut, april 2012, 29 pp (intern projektdokumentation).

Vejen, F., Allerup, P., og Madsen, H. (2000): Korrektion for fejlkilder på måling af nedbør. Korrektionsprocenter ved udvalgte stationer. 1989-1999. Danish Meteorological Institute, Technical Report No. 00-20, Copenhagen 2000, 53 pp.

Wauben, W. (2004): Precipitation amount and intensity measured with the OTT Pluvio. Instrumental Department, INSA-IO, KNMI, 2004, 90 pp.

WMO (1998): WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison: Final Report. Instruments and Observing Methods, Report No. 67, WMO/TD No. 872, 1998 (ed) Goodison, B. E., Louie, P. Y. T., and Yang, D.

WMO (2008): Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO-No. 8, 7th edition.



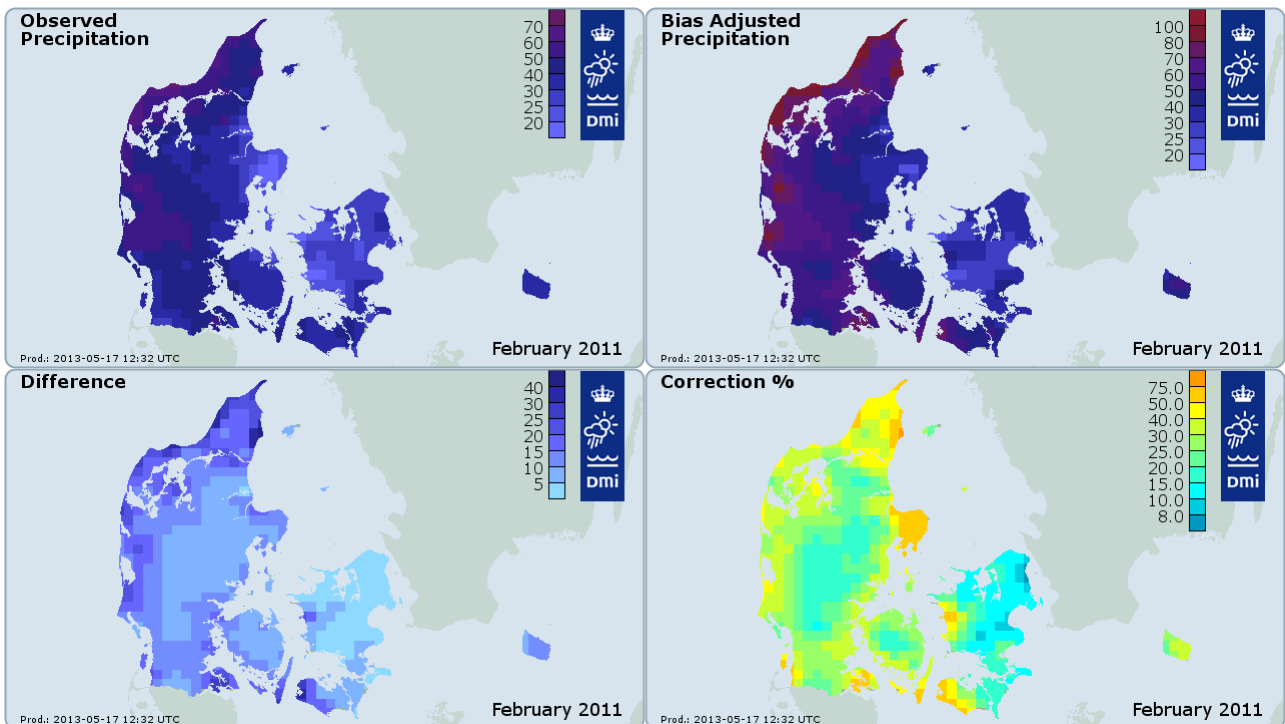
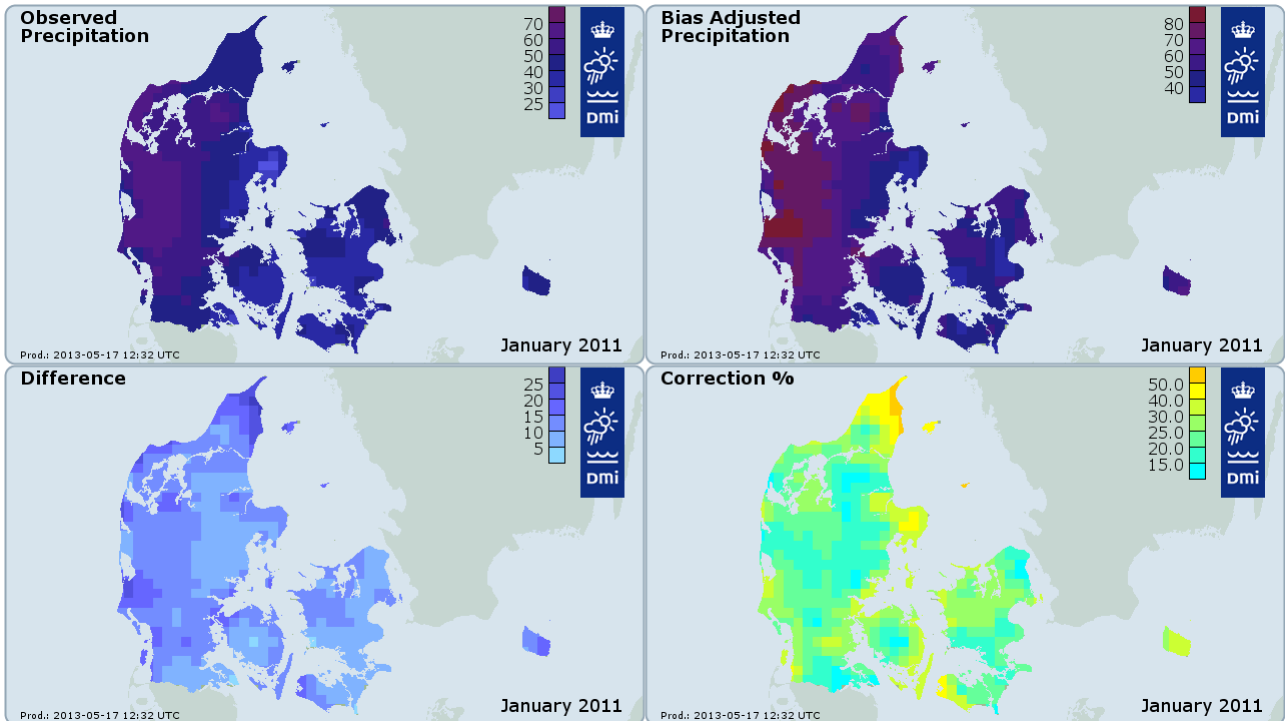
WMO (2011): Joint meeting of CIMO Expert Team on Instrument Intercomparisons (first session) and International Organizing Committee for the WMO Solid Precipitation Intercomparison Experiment (first session), Geneva, Switzerland, 5-7 October 2011. WMO Commission for Instruments and Methods of Observation, OPAG on Standardization and Intercomparisons, Final Report, 50 pp.

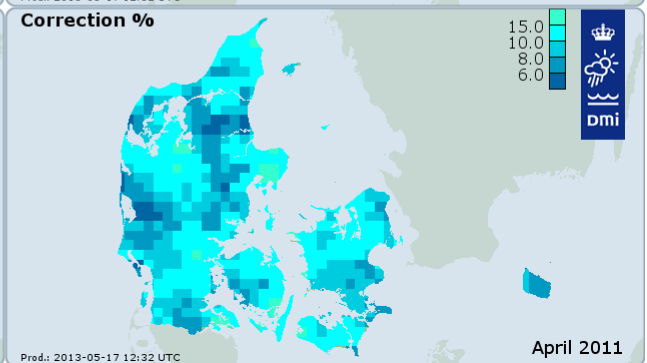
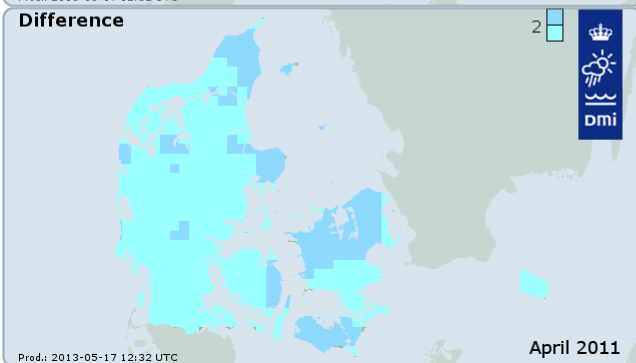
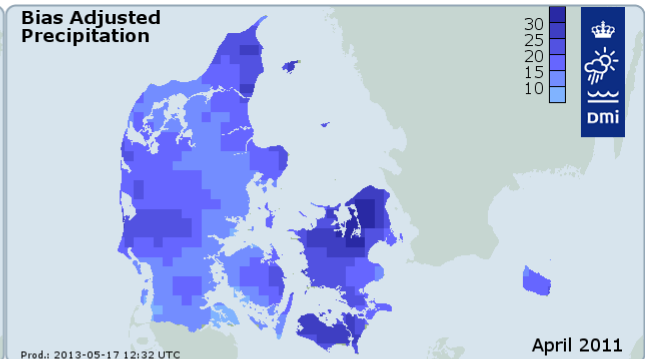
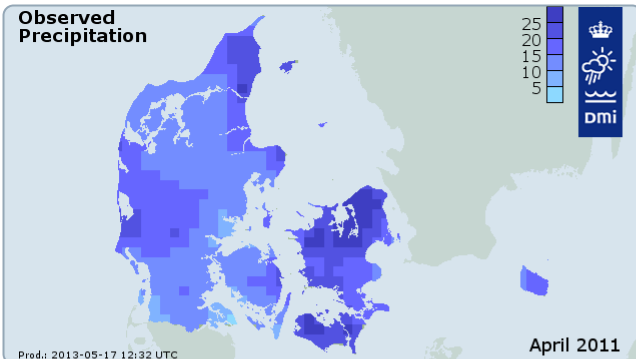
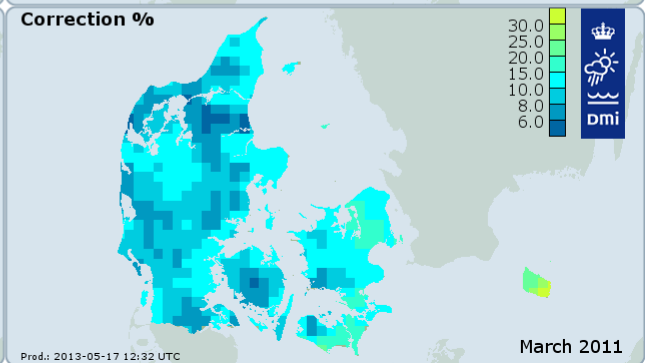
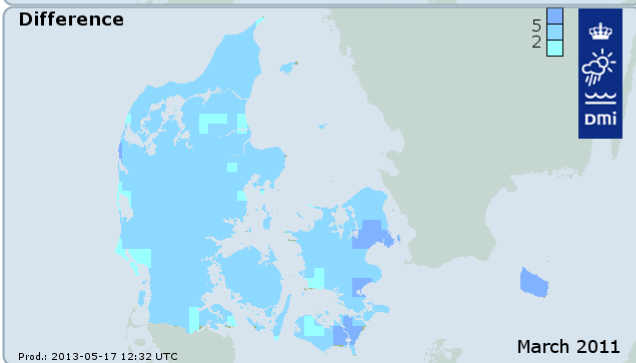
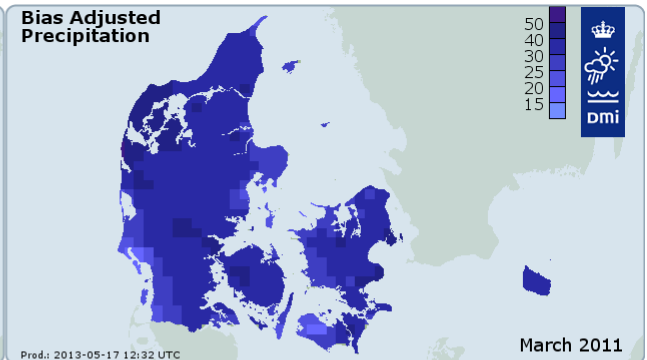
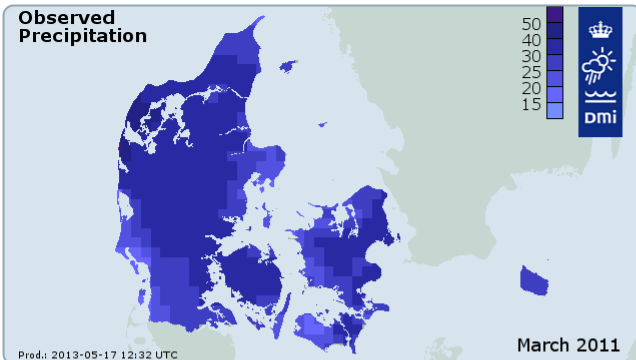
WMO (2012): International Organizing Committee for the WMO Solid Precipitation Intercomparison Experiment, Second Session. Boulder, United States, 11-15 June 2012. WMO Commission for Instruments and Methods of Observation, Final Report, 74 pp.

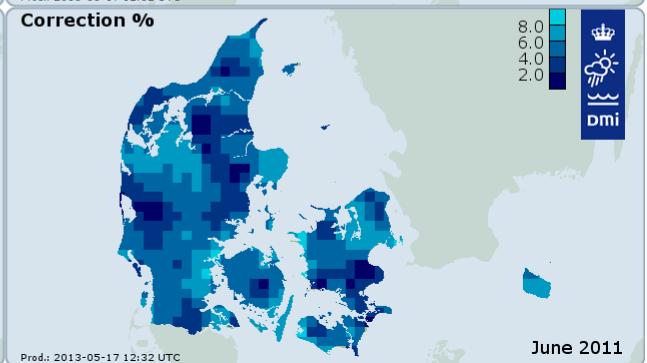
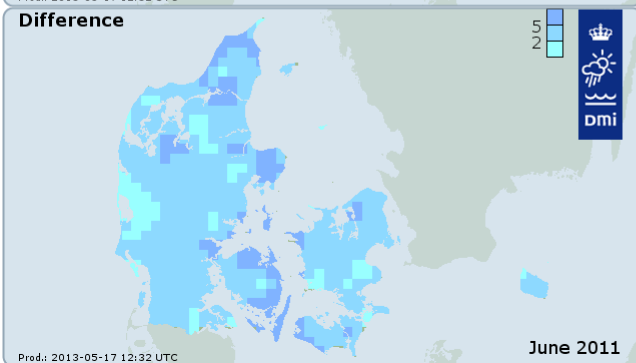
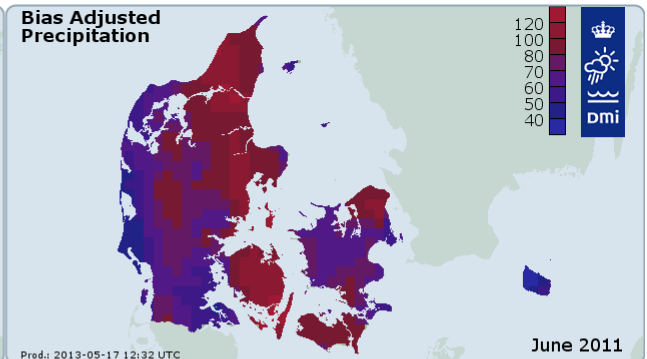
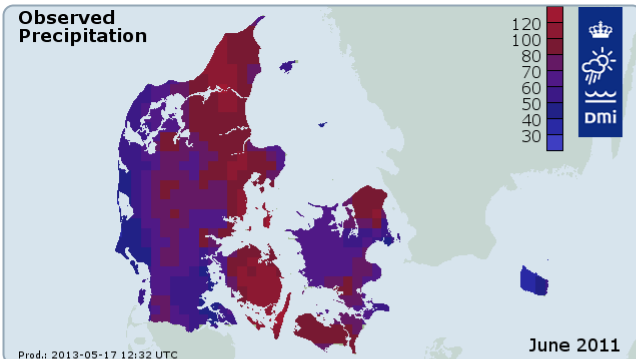
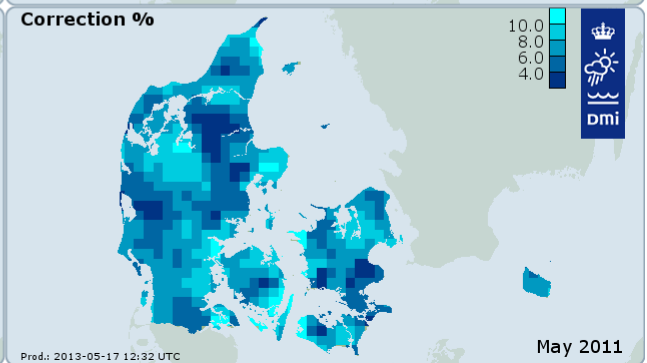
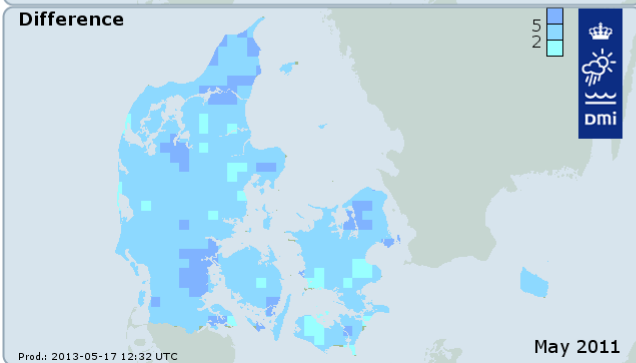
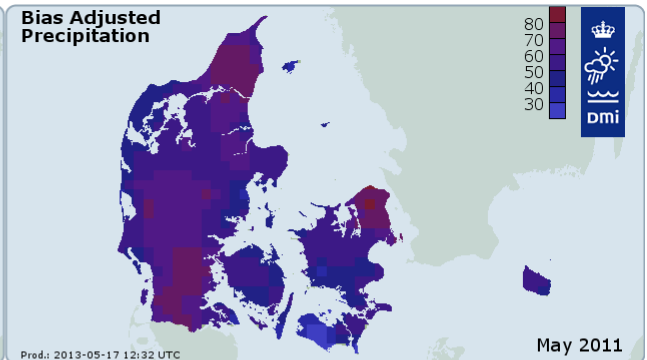
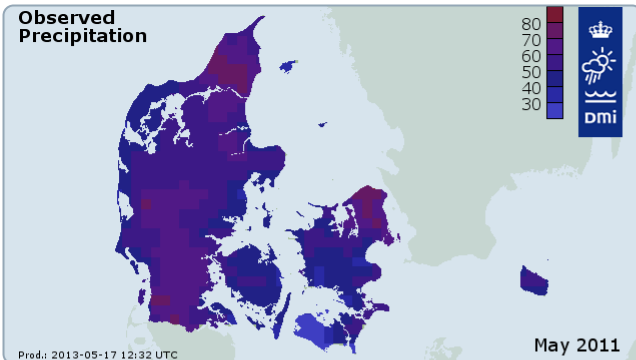
Zweifel, A., Sevruk, B. (2002): Comparative accuracy of solid precipitation measurement using heated recording gauges in the Alps. WCRP Workshop on Determination of Solid Precipitation in Cold Climate Regions. Fairbanks, Alaska.

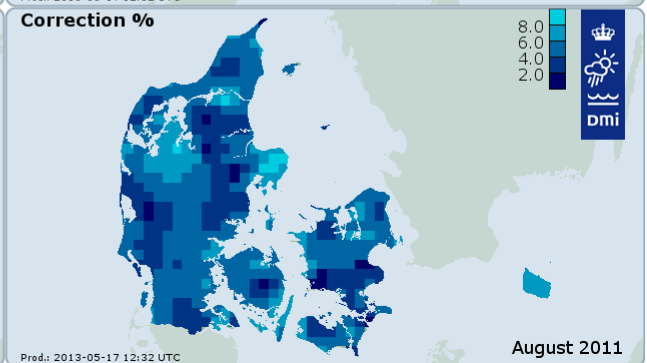
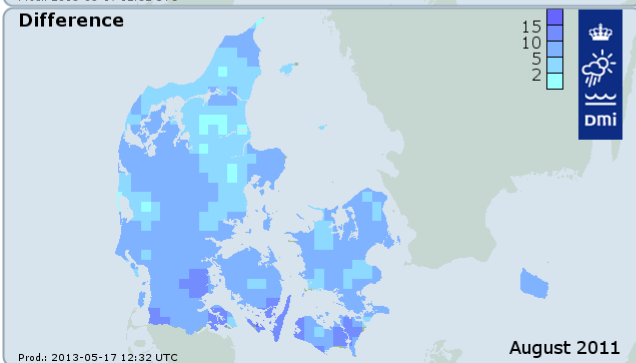
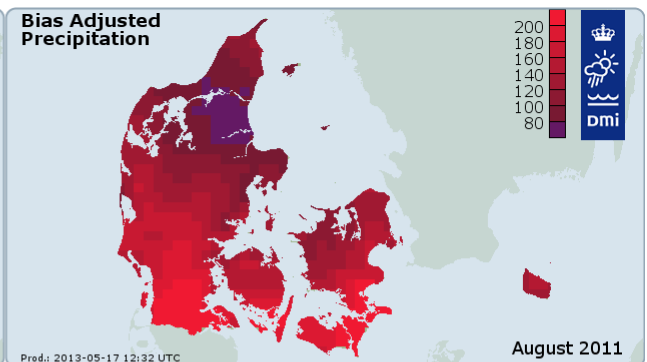
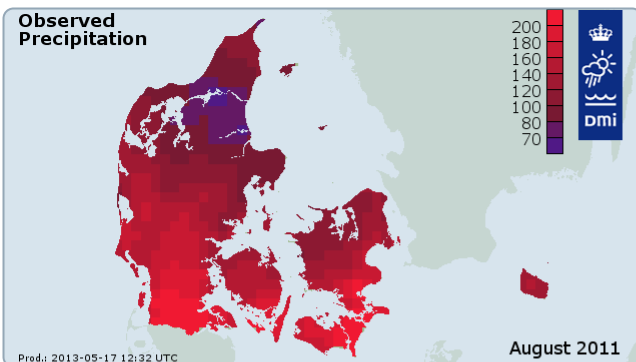
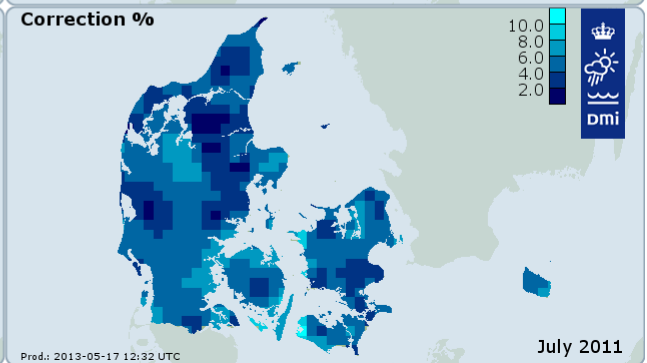
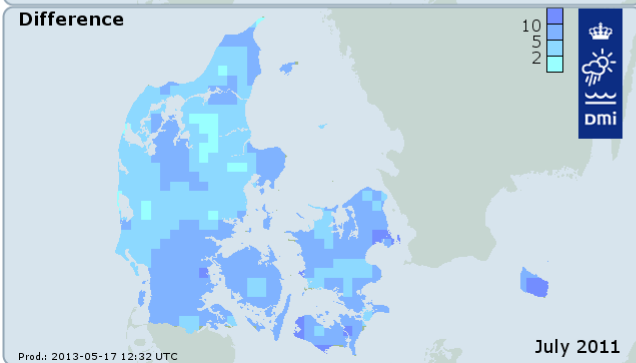
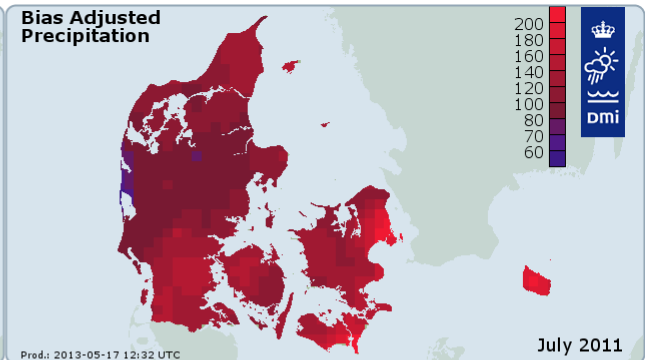
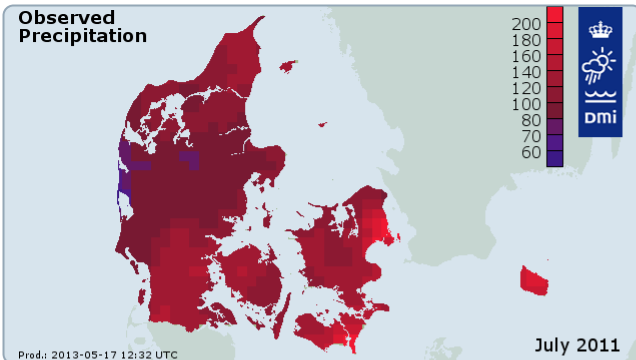


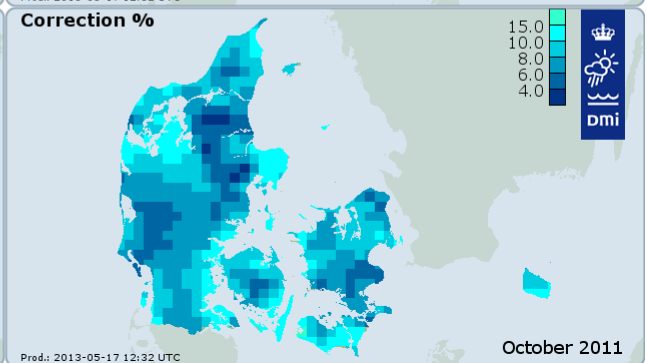
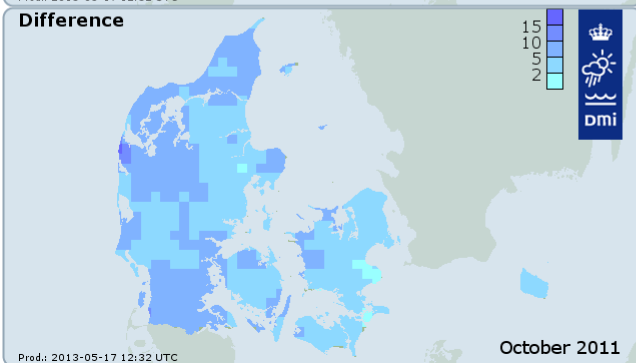
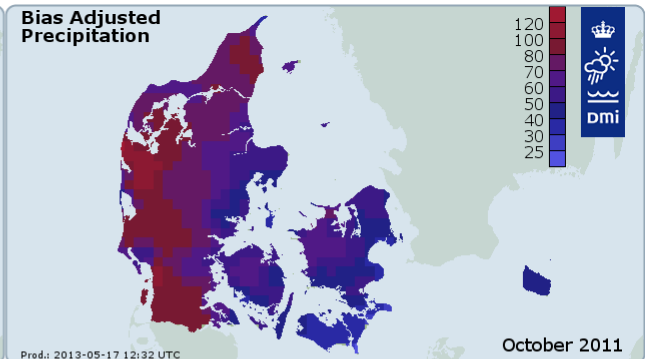
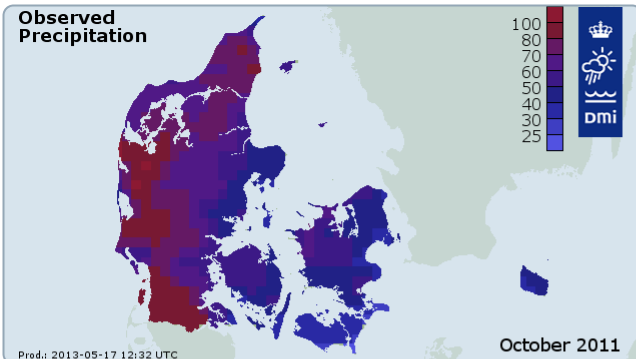
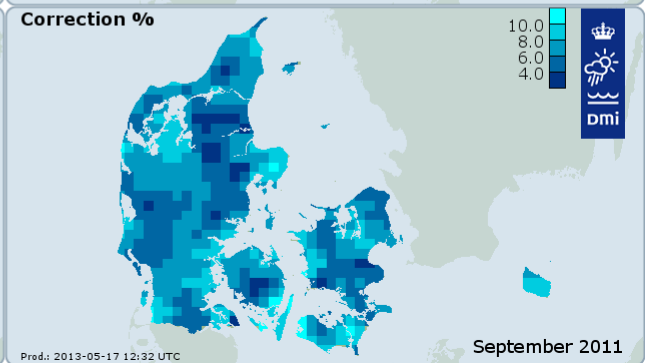
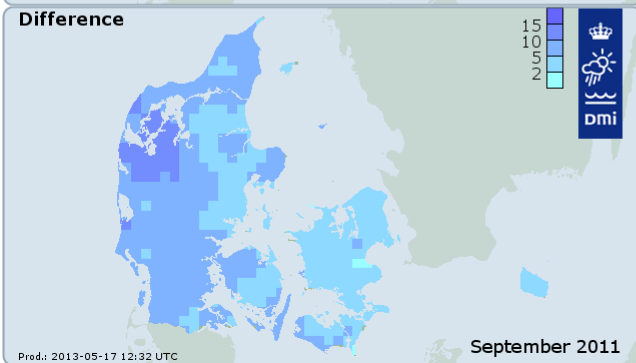
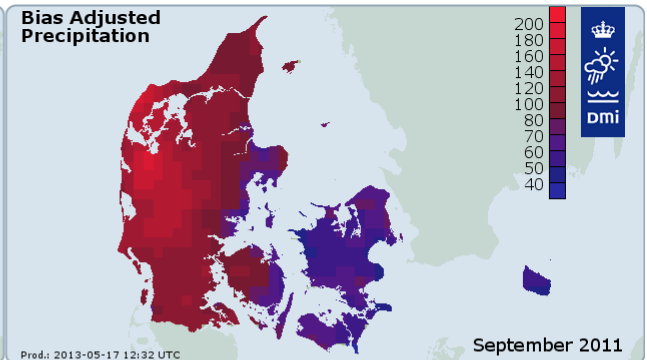
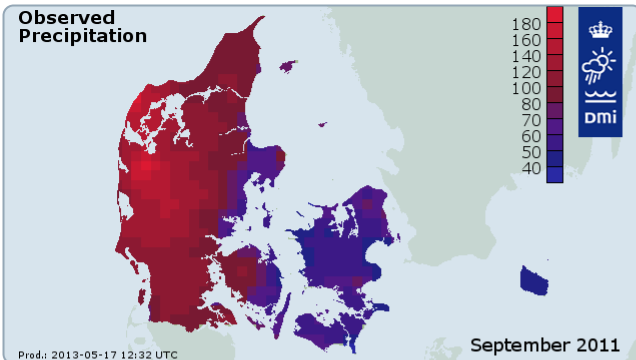
9. Appendiks A: månedskorrektioner for 2011 og 2012

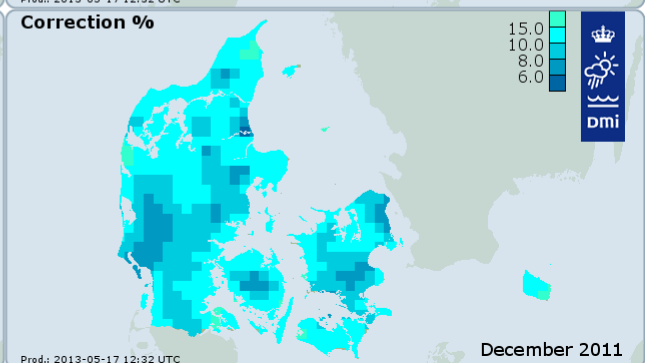
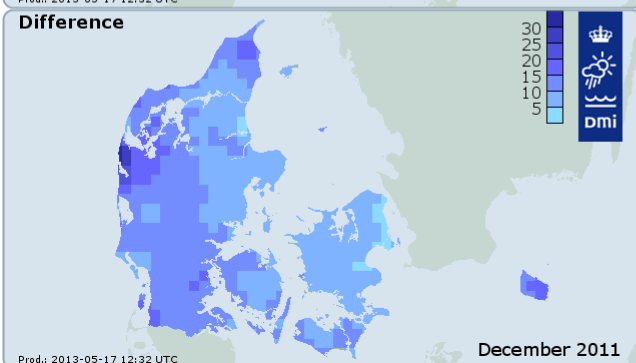
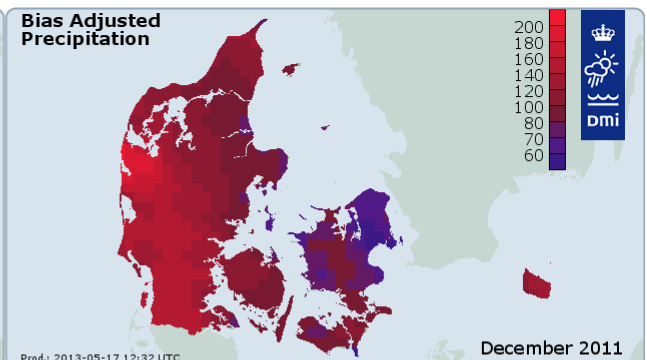
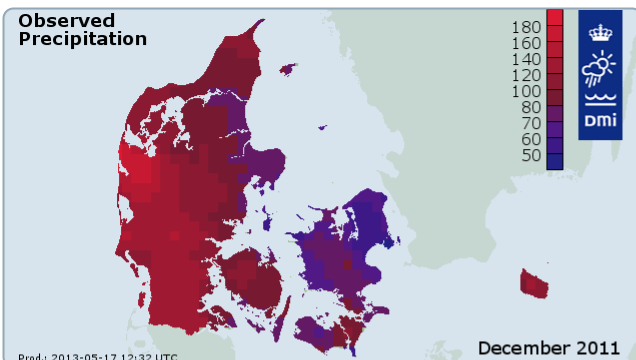
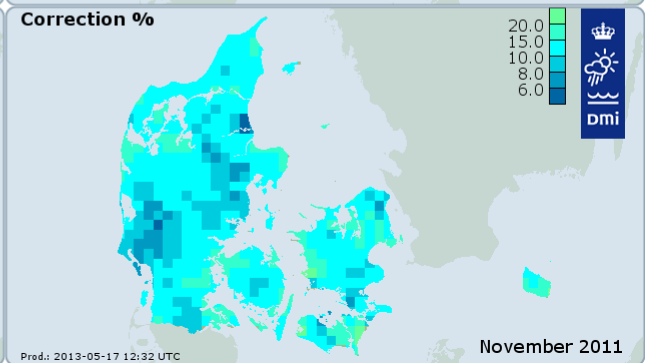
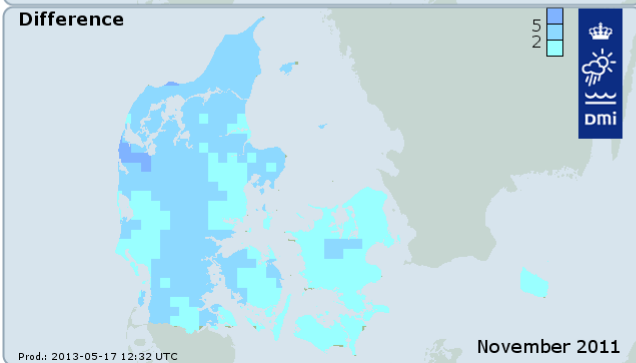
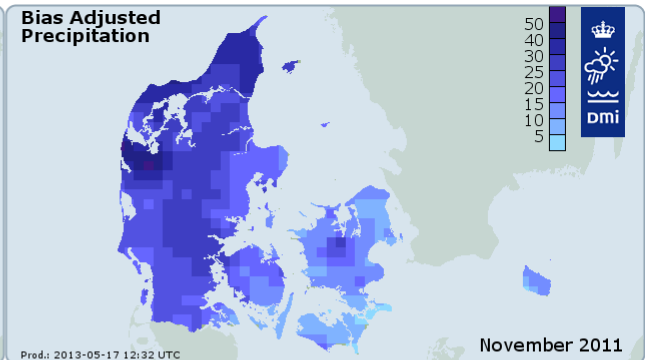
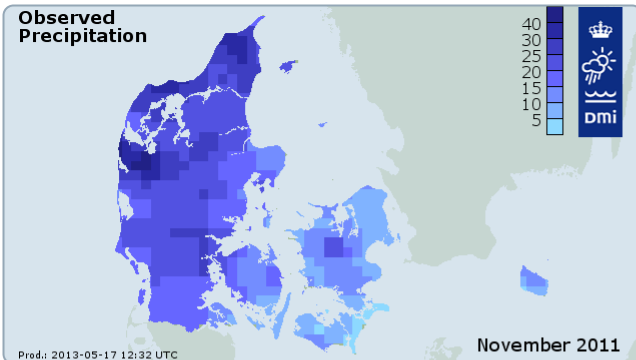


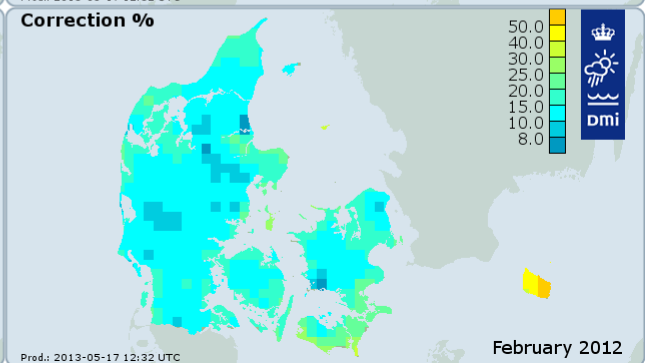
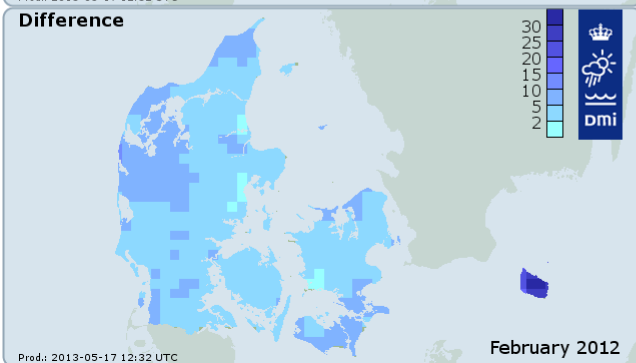
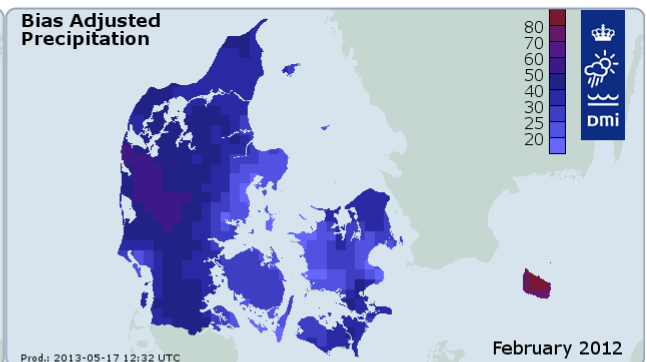
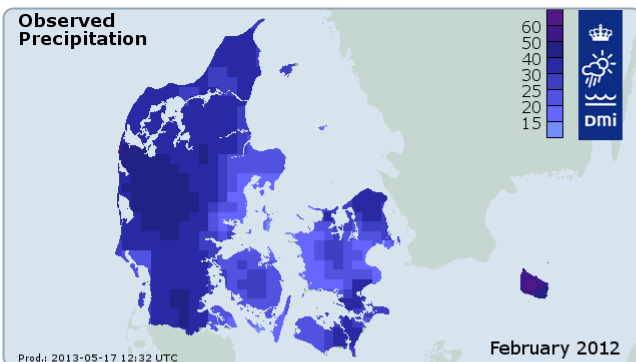
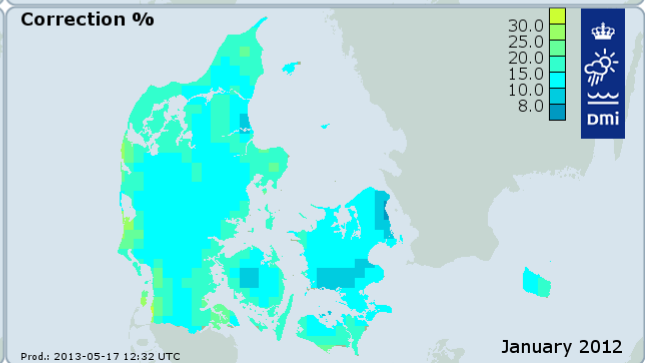
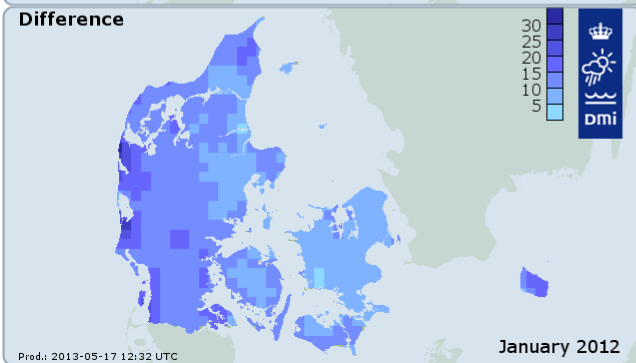
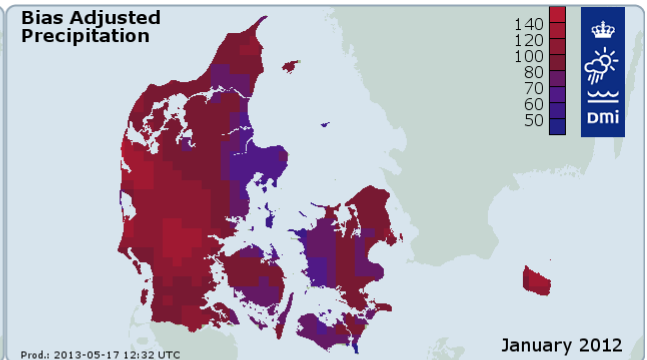
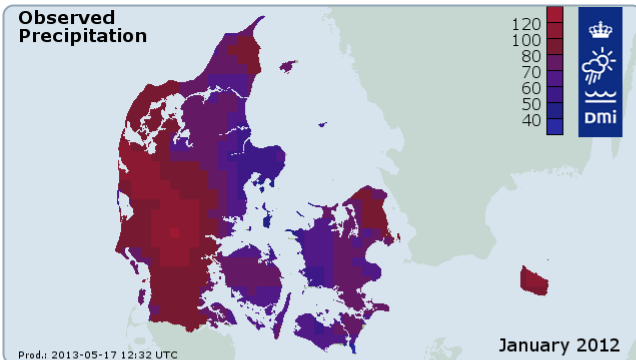


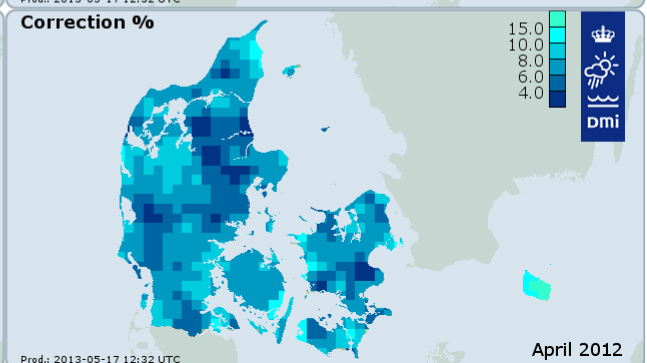
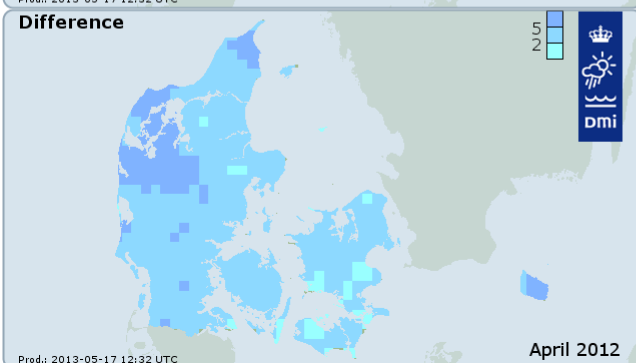
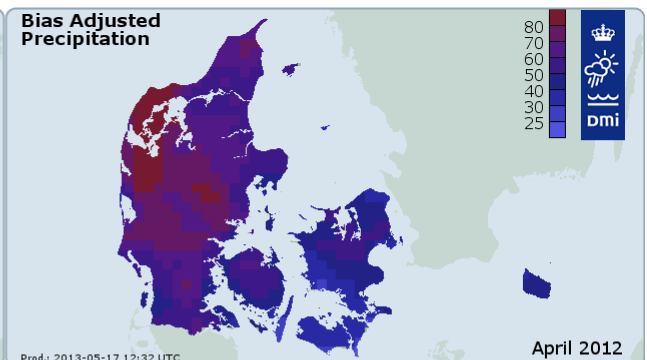
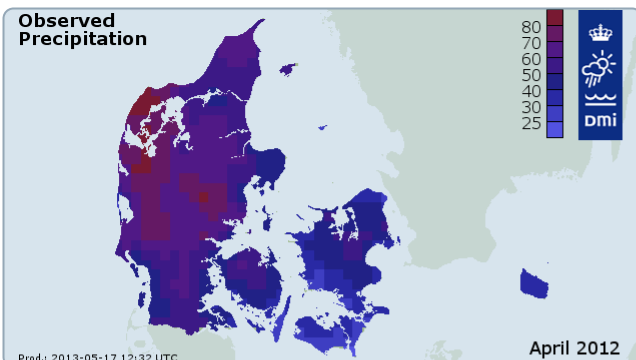
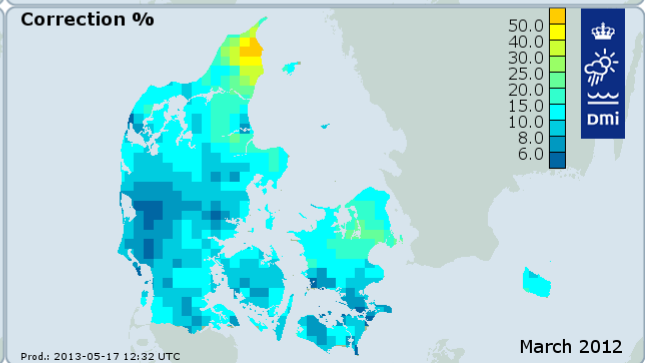
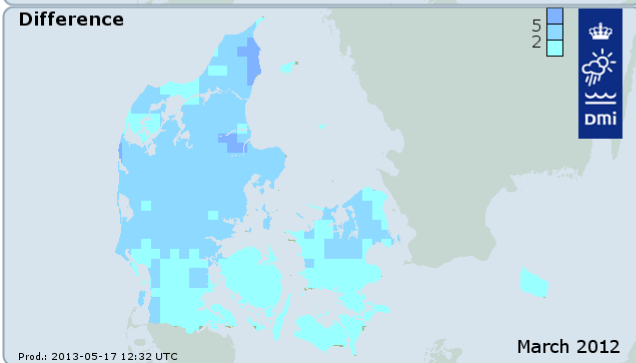
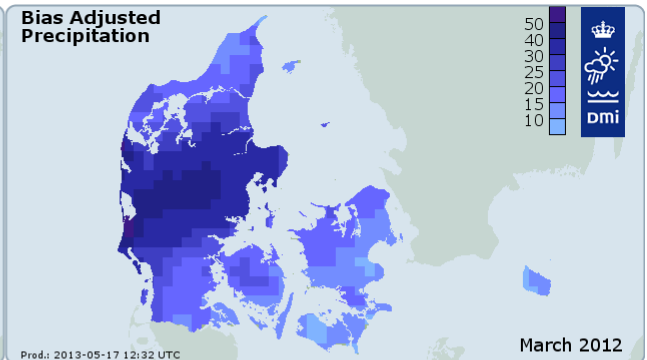
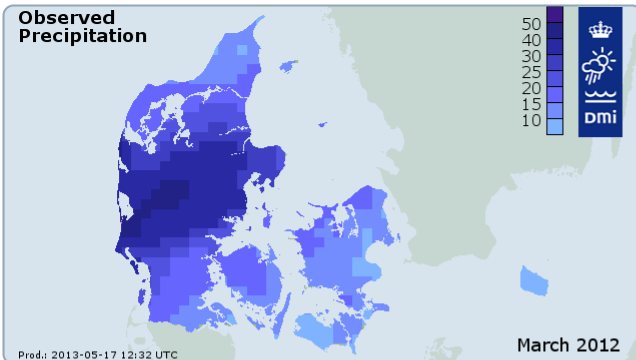


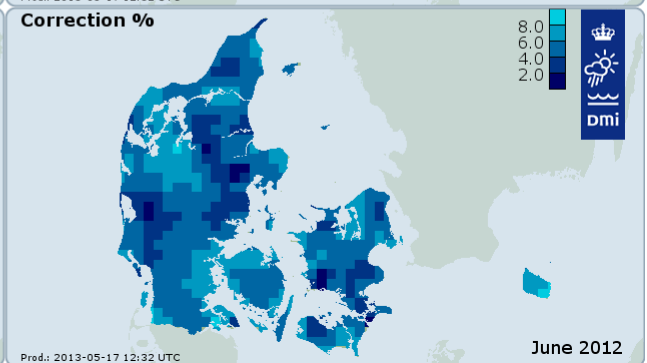
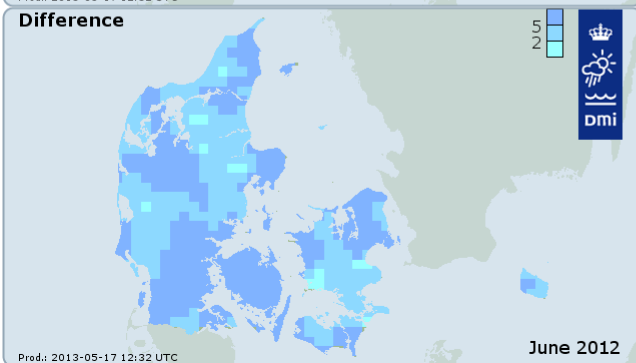
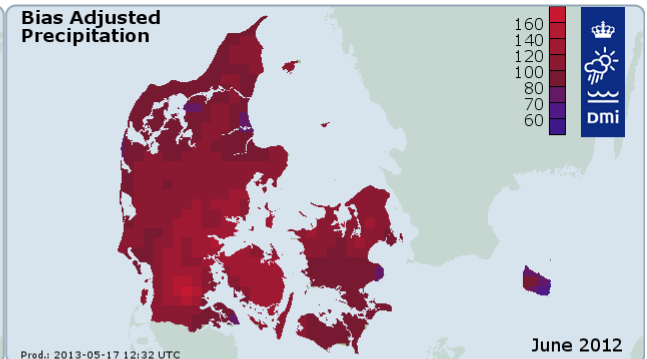
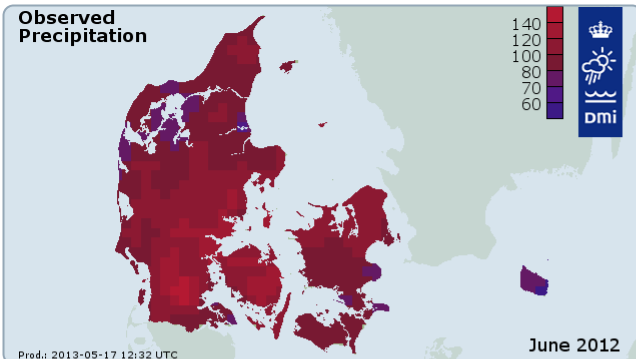
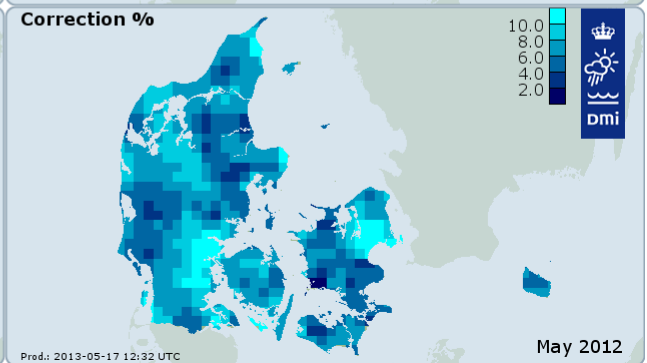
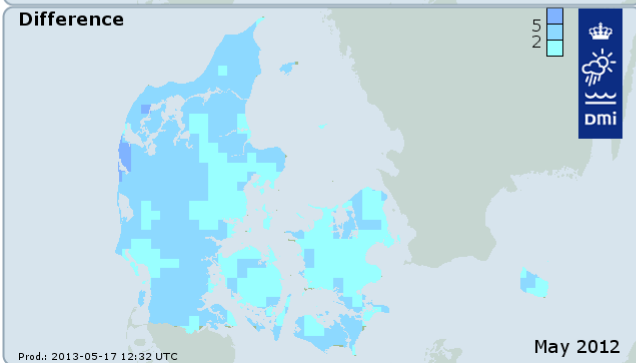
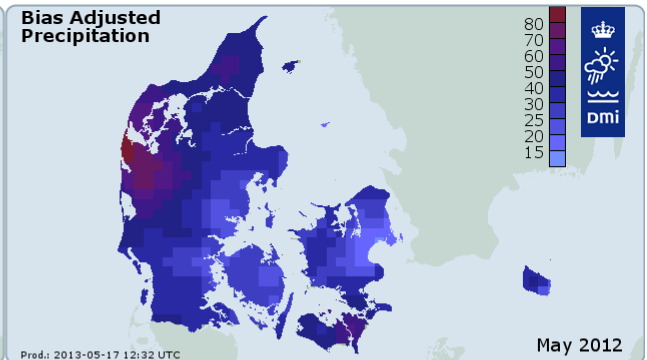
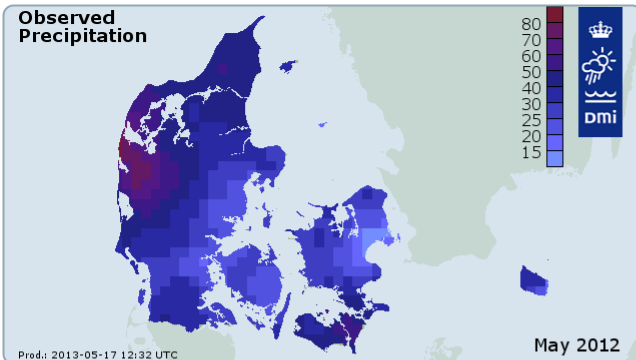


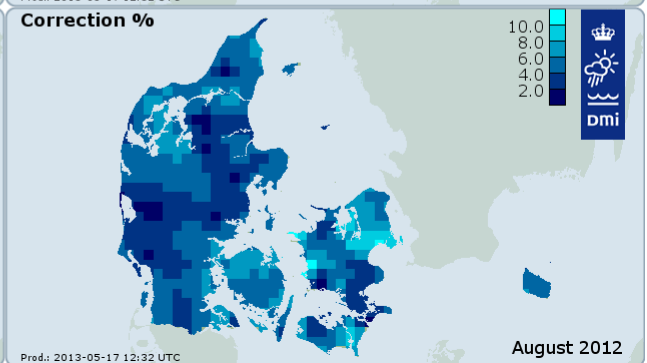
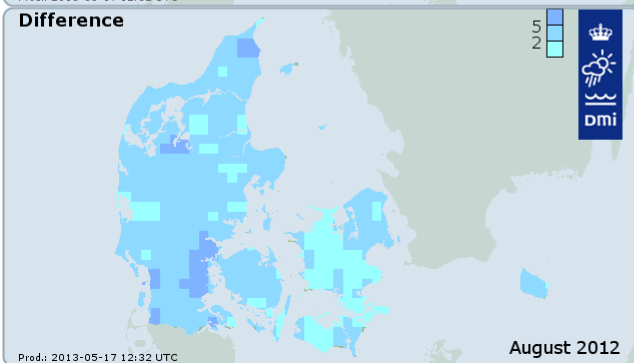
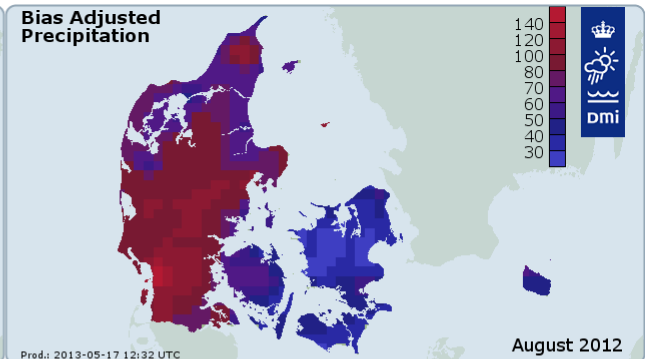
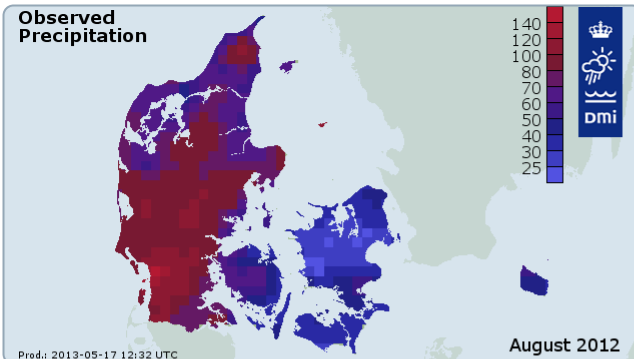
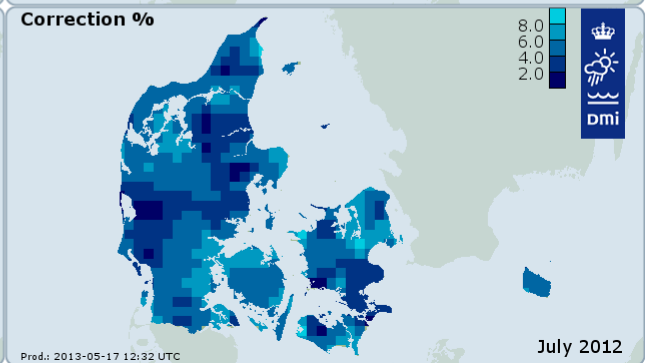
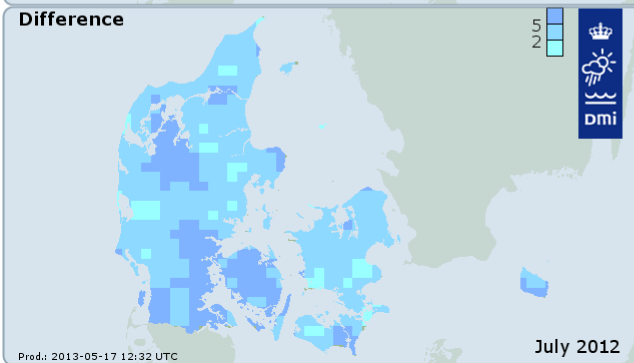
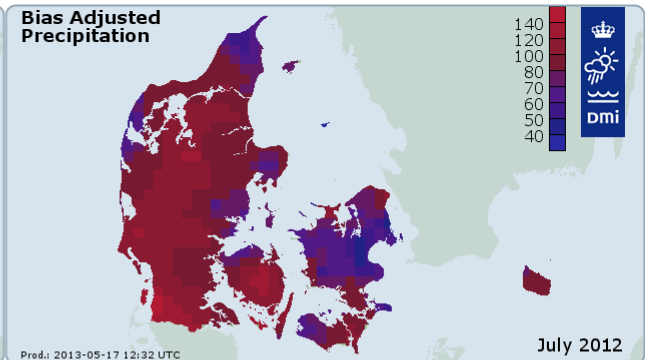
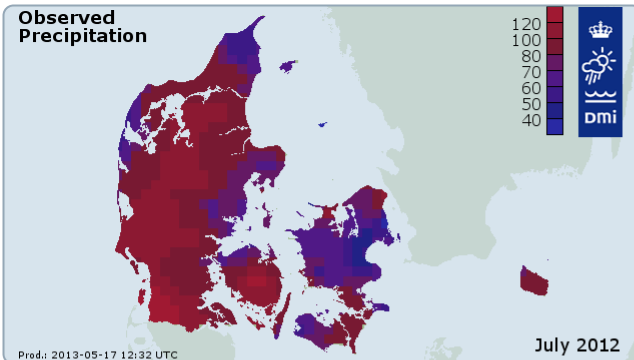


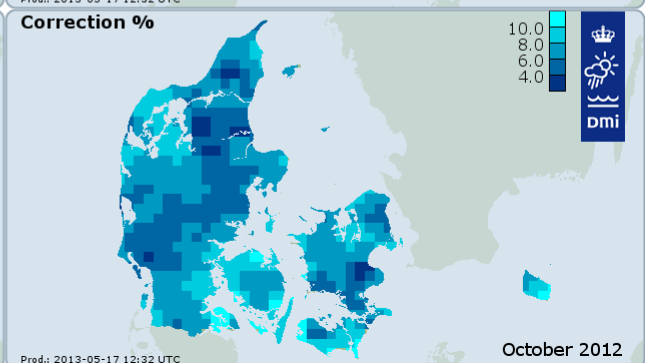
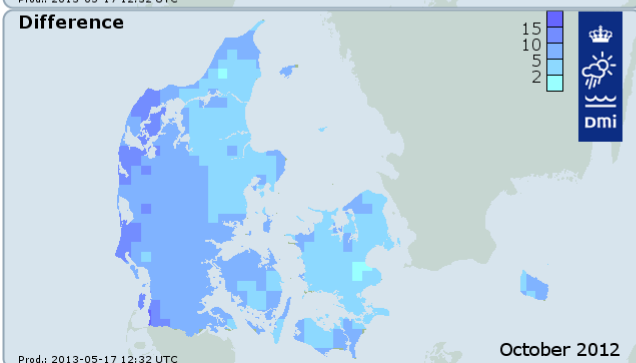
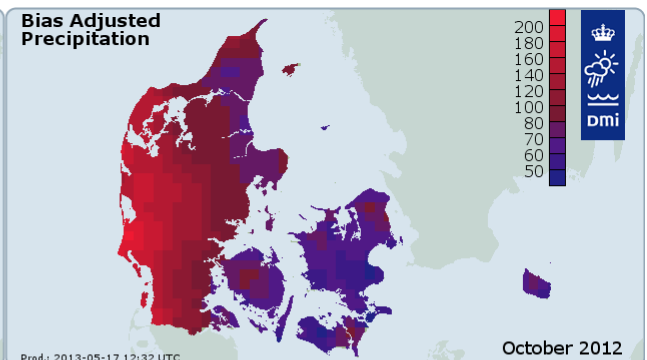
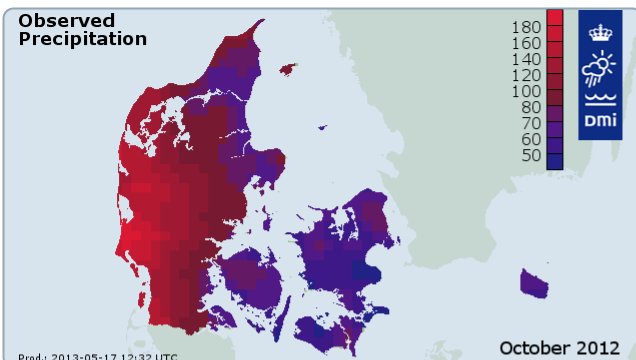
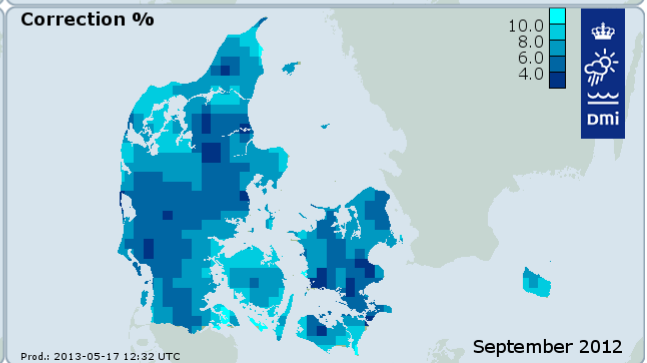
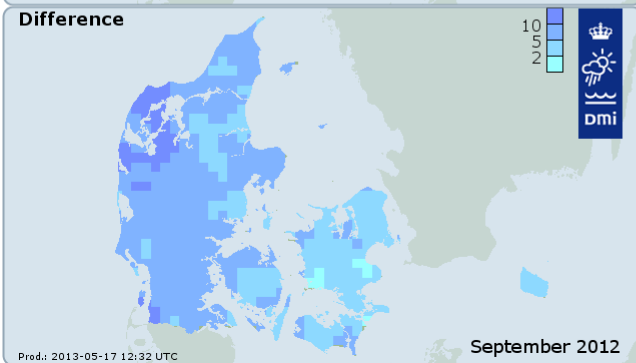
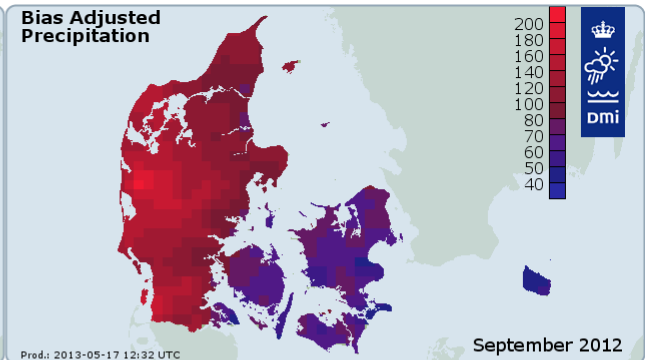
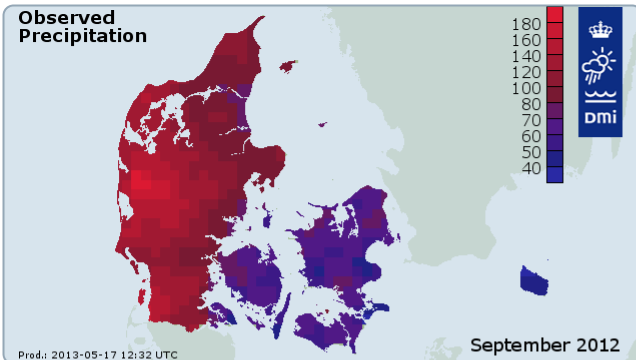


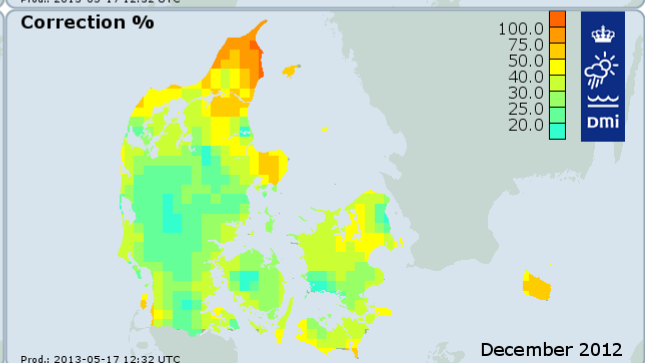
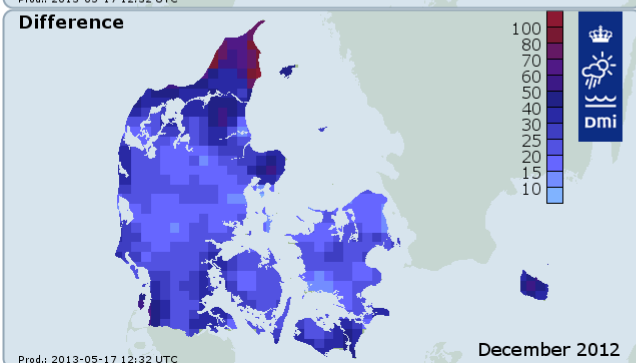
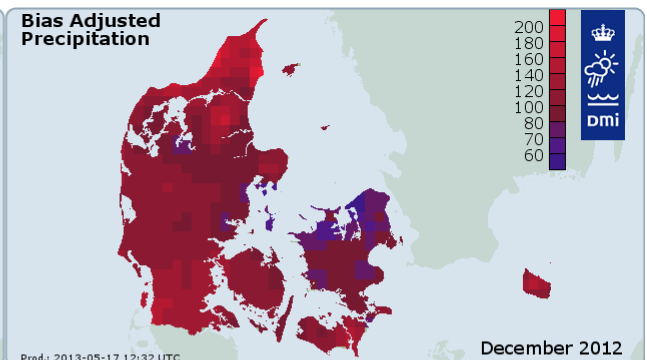
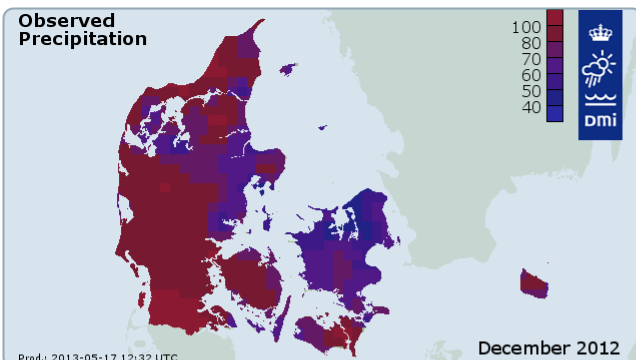
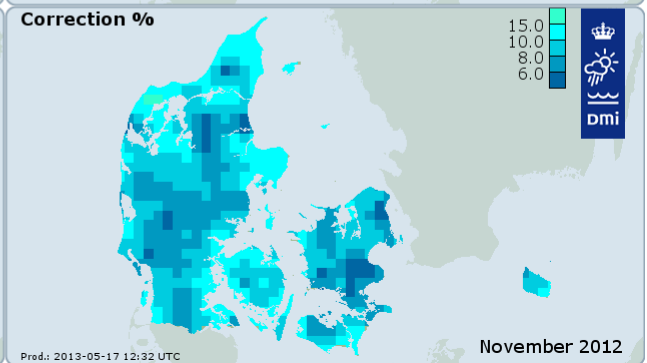
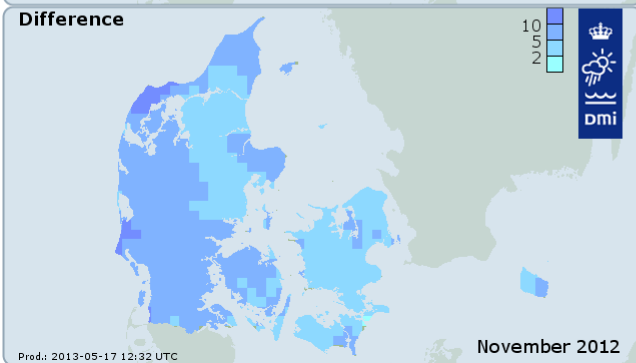
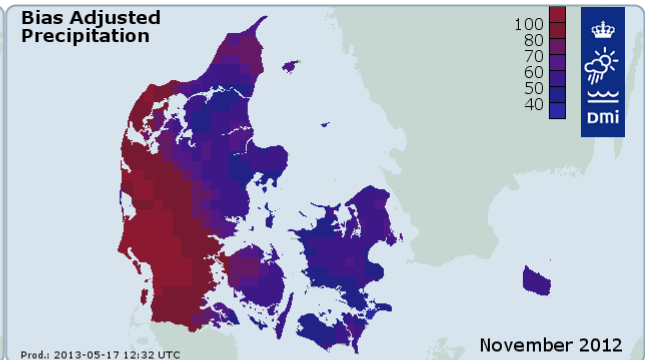
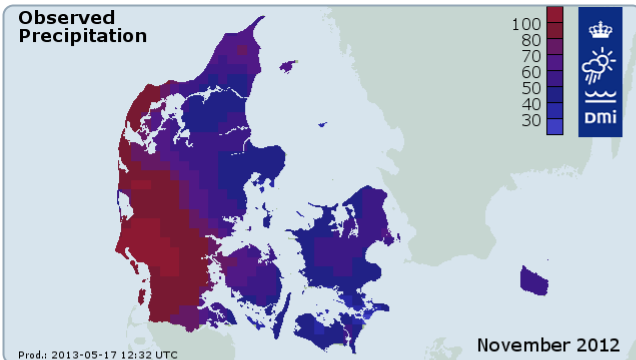














Previous reports

Previous reports from the Danish Meteorological Institute can be found on:
<http://www.dmi.dk/dmi/dmi-publikationer.htm>



dmi
Klima- og Energiministeriet

Dokumentation og beskrivelse

Korrigeret Nedbør 2013

Dataleverance til DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Del 2 af 2

Beskrivelse af metode og resultater

Version 17.06.2014

Flemming Vejen
Danmarks Meteorologiske Institut



Dmi
Klima- og Energiministeriet

Indhold:

1.	Resumé.....	4
2.	Introduktion.....	5
3.	Metode til korrektion af nedbør	6
3.1	Den generelle korrektionsmodel	6
3.1.1	Bestemmelse af mængden af regn og sne	7
3.1.2	Modelgrænser for korrektionsmodellen.....	7
3.1.3	Modelkonstanter for Rimco	8
3.1.4	Modelkonstanter for Geonor	8
3.1.5	Overvejelser over korrektionskonstanter for Pluvio ²	9
3.2	Korrektion for wetting og fordampningstab.....	11
3.2.1	Fastlæggelse af wettingtab for Rimco, Geonor og Pluvio ²	12
3.2.2	Fordampning for Rimco, Geonor og Pluvio ²	12
3.2.3	Særlige effekter for Rimco.....	13
4.	Korrektionsmodellens implementering i praksis	14
4.1	Målsætning	14
4.2	Datagrundlag.....	14
4.3	Tilpasning af datagrundlag til den dynamiske korrektionsmodel	15
4.4	Korrektion af vindhastighed V.....	16
4.4.1	Korrektion for læeffekt	17
4.5	Bestemmelse af regnintensitet I	18
4.6	Bestemmelse af snefraktion α	18
4.7	Korrektionsmodellens gyldighed	18
4.8	Beregning af daglige kort over korrektionsresultater	19
4.9	Databehandling og kvalitetskontrol.....	20
5.	Resultater	21
5.1	Det månedlige og årlige korrektionsniveau	21
5.2	Ændringer i korrektionsniveau sammenlignet med tidligere.....	22
5.3	Spatiale fordeling af samlede værdier.....	25
5.4	Opsamling.....	27
6.	Modeltekniske specialtilfælde og andre eksempler	28
6.1.1	Små nedbørmængders indvirkning på korrektionsprocenten.....	28
6.1.2	Korrektion af regn ved meget høje vindhastigheder	28
6.1.3	Nedbørtypens betydning for korrektionsresultater	29
6.1.4	Læforholdenes betydning for korrektionen.....	29
6.1.5	Effekt af at beregne sneprocent vha. lufttemperatur	29
6.1.6	Lokalt meget høj eller meget lav korrektionsprocent	30
6.1.7	Stedvis stor eller lille forskel mellem målt og korrigeret nedbør	30
6.2	Om måling af snenedbør med Rimco.....	30
6.3	Sammenfatning.....	30
7.	Sammenfatning.....	32
8.	Referencer.....	33
9.	Appendiks A: månedskorrektioner for 2013	36



1. Resumé

Dette notat er ét ud af to dokumentationsnotater, der beskriver datafiler, metode, generelle resultater samt modeltekniske specialtilfælde i projekt ”Korrigeret nedbør 2013; Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet”.

De to dokumentationsnotater omhandler:

Del 1: Punktværdifil, Gridværdifiler, Grafikfiler

Del 2: Beskrivelse af metode, resultater og modeltekniske specialtilfælde

Nærværende notat er Del 2: Beskrivelse af metode, resultater og modeltekniske specialtilfælde.



2. Introduktion

Der er de senere år arbejdet en del med at få udviklet og implementeret en praktisk metodik til korrektion af nedbørmålinger for diverse fejlkilder, herunder specielt den bias, der skyldes vindens indflydelse på nedbørmåling. Arbejdet har hovedsagelig drejet sig om at få skabt en model til dynamisk korrektion af nedbør frem for anvendelsen af de statiske og mere unøjagtige klimatologiske værdier af nedbørkorrektion, ofte benævnt standardværdier eller 'håndtal' (Allerup, Madsen og Vejen, 1998). Disse standardværdier gav korrektioner, der var noget højere end de hidtil anvendte standardværdier (Allerup and Madsen, 1979). Standardværdierne fra 1998 var baseret på dynamisk gennemregning af korrektionsforholdene ved 12 klimastationer, der var placeret inde i landet, og for en forholdsvis begrænset periode, 1989-1996.

Det er vigtigt at skelne mellem selve den generelle model til korrektion af nedbørmålinger (Allerup, Madsen og Vejen, 1997), og den praktiske implementering af korrektionsmodellen. Et første forsøg på implementering i en praktisk dynamisk model er anvendt i et pilotstudie for Samsø (Vejen, 2005), og principperne for denne model indgik i diskussionen og anbefalingerne for en ny praksis for vandbalanceberegninger inkl. nedbørkorrektion i (Refsgaard et al., 2011).

Et grundkrav for dynamisk nedbørkorrektion er, at der beregnes korrektionsværdier på døgnbasis for den enkelte station med anvendelse af aktuelle vind-, temperatur- og nedbørforhold. Derved korrigeres der for de lokale vejrforhold fra måned til måned og år til år, hvilket eliminerer de begrænsninger og ulemper, der følger af at anvende standard korrektionsværdier. Dynamiske korrektioner afspejler klimatiske forskelle mellem lokaliteter og henover tid i langt højere grad end de hidtidige implementeringer af nedbørkorrektion, dette under forudsætning af at det nødvendige datagrundlag er til stede.

Nærværende skrift beskriver en dynamisk model for korrektion af nedbør, der er opdateret til korrektion af målinger fra de automatiske nedbørmålere, der anvendes i det danske nedbørnet pr. 1/1-2011 og frem. Opdateringen tager udgangspunkt i den model for korrektion af manuelle nedbørmålinger, der er anvendt til korrektion af nedbørmålinger for perioden 1989-2010 og gjort rede for i Vejen (2012a).

Den opdaterede model er anvendt til at gennemregne korrektionsforholdene for automatiske nedbørmålinger for 2013 og tager som datainput gridværdier af meteorologiske parametre til brug for korrektionen. Modellen, som den foreligger nu, er tro mod anbefalingerne for korrektion af nedbør i konsensusnotat for beregning af vandbalance i Danmark (Refsgaard et al, 2011), blot med den opdatering, at der anvendes målernespecifikke værdier af wetting- og fordampningstab samt empiriske konstanter i korrektionsmodellen.

Nærværende rapport beskriver metode, beregningsmodellen og dens forudsætninger, generelle resultater samt modeltekniske specialtilfælde i projekt "Korrigeret nedbør 2013; Dataleverance til DCE/NOVANA". Beregningerne er udført på foranledning af DCE, Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet.



3. Metode til korrektion af nedbør

3.1 Den generelle korrektionsmodel

Til beregning af dynamiske korrektionsværdier er anvendt den generelle korrektionsmodel (Allerup, Madsen og Vejen, 1997), der er sammensat af to dele: et led, der tager sig af regn, og et led der tager sig af sne. Modellen kræver input af følgende meteorologiske parametre:

- Middelværdi under nedbør af vindhastighed V (m/sek) i nedbørmålerens højde.
- Middelværdi under nedbør af lufttemperatur T ($^{\circ}\text{C}$) i nedbørmålerens højde.
- Gennemsnitlige regnintensitet, I (mm/time),
- Oplysninger om nedbørart, så der kan beregnes indeks α for andelen af fast nedbør.

Der er kun brug for T , hvis nedbøren helt eller delvis er faldet som sne eller slud, mens I kun skal bruges, hvis nedbøren helt eller delvis er faldet som regn.

Modellen forudsiger korrektionsfaktoren $K_{\alpha} = P_c/P_m$, som er raten af sand nedbør P_c i forhold til målt nedbør P_m henover et vilkårligt relativt kort tidsrum, der ikke bør overstige et døgn.

Korrektionsfaktoren K_{α} er givet ved:

$$K_{\alpha} = \alpha \cdot k_s(V, T) + (1 - \alpha) \cdot k_r(V, I) \quad (\text{Allerup, Madsen og Vejen, 1997})$$

Hvor:

- K_{α} = korrektionsfaktor for given nedbørtype for nedbørperioden
- α = andel af nedbøren faldet som sne givet som et tal mellem 0 og 1
- k_s = korrektionsfaktor for sne (der er en funktion af vindhastighed V og temperatur T)
- k_r = korrektionsfaktor for regn (der er en funktion af vindhastighed V og regnintensitet I)

Korrektionsfaktoren for sne, k_s , beregnes ved:

$$k_s = e^{\beta_0 + \beta_1 \cdot V + \beta_2 \cdot T + \beta_3 \cdot V \cdot T} \quad (\text{Allerup, Madsen og Vejen, 1997})$$

Hvor:

- V = middelværdi under nedbør af vindhastighed i målerhøjde i m/sek
- T = middelværdi under nedbør af lufttemperatur i $^{\circ}\text{C}$
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ er konstanter, som afhænger af målertype (se tabel 1).

Korrektionsfaktoren for regn, k_r , beregnes ved:

$$k_r = e^{\gamma_0 + \gamma_1 \cdot V + \gamma_2 \cdot \ln I + \gamma_3 \cdot V \cdot \ln I + c} \quad (\text{Allerup og Madsen, 1980, Førland et al, 1996})$$

Hvor:

- V = middelværdi under nedbør af vindhastighed i målerhøjde i m/sek
- I = regnintensitet i mm/time
- $\gamma_0, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ og c er konstanter, som afhænger af målertype (se tabel 1).



Tabel 1. Værdi for konstanter i korrektionsmodellen for Hellmann, Pluvio² og Rimco (alle uden skærm), samt Geonor med skærm (Allerup og Madsen, 1980, Førland et al., 1996). Der er gjort visse antagelser om konstanterne for Pluvio² (se nærmere i tekst, afsnit 3.1.5).

Nedbørtype	Symbol	Hellmann Rimco (Pluvio ²)	Geonor
sne	β_0	0,04587	-0,12159
	β_1	0,23677	0,18546
	β_2	0,017979	0,006918
	β_3	-0,015407	-0,005254
regn	γ_0	0,007697	0,007697
	γ_1	0,034331	0,034331
	γ_2	-0,00101	-0,00101
	γ_3	-0,012177	-0,012177
	c	0,0	-0,05

Konstanterne i modellen er blevet udledt ved statistiske analyser af empiriske data indsamlet på et testfelt i Jokioinen, Finland, i perioden 1987-1993 (WMO, 1998). I den forbindelse blev der bl.a. udviklet konstanter, der gælder for sne og regn, for nedbørmålere af typen Hellmann, Rimco og Geonor.

3.1.1 Bestemmelse af mængden af regn og sne

Mængden af hhv. sne og regn bliver af gode grunde ikke målt hver for sig ved vejrstationer, men fås som en samlet mængde for en observationsperiode. Nøje analyser af data indsamlet i Finland i et internationalt forskningsprojekt (WMO, 1998) har vist, at varigheden af snenedbør giver en meget god tilnærmelse til, hvor stor en del af nedbøren, der er faldet som sne (Allerup, Madsen og Vejen, 1997).

Således kan varigheden af snenedbør i praksis fås vha. observationer af nedbørart og lufttemperatur. Hvis der f.eks. er observeret sne i 30 % af tiden, er andelen af sne med god tilnærmelse givet ved $\alpha=0,3$. Hvis det ud fra observationerne ikke kan godtgøres, om nedbøren er faldet som sne eller regn, men er observeret som blandet nedbør såsom slud, sættes andelen af sne til $\alpha=0,5$ jfr. anbefalinger i Førland et al (1996).

Hvis der mangler observationer af vejrtypen, kan luftens temperatur anvendes til beregning af andelen af sne (se videre i afsnit 4.6).

3.1.2 Modelgrænser for korrektionsmodellen

Der har været rejst spørgsmålet, om modellen er repræsentativ for danske forhold, når den er baseret på finske data. Spørgsmålet er ved at blive undersøgt i et hydrologisk forskningsprojekt, (HOBE, 2007), hvor der indsamles snedata på et målefelt i Vestjylland. Der vil dog gå en rum tid endnu, inden der er indsamlet tilstrækkeligt med data til at kunne besvare spørgsmålet, idet der kun har været indsamlet snedata i 4 vintre.

Karakteren af de empiriske data, som korrektionsmodellen er baseret på, gør modellen mest sikker ved de hyppigste V,T værdier i datamaterialet og mindst ude i kanterne. Konstanterne gælder for

den danske Hellmann måler uden skærm. Meget høje værdier af V og I samt meget lave værdier af T har været stærkt underrepræsenterede i data, og det er følgelig kun muligt at benytte modellen indenfor disse intervaller:

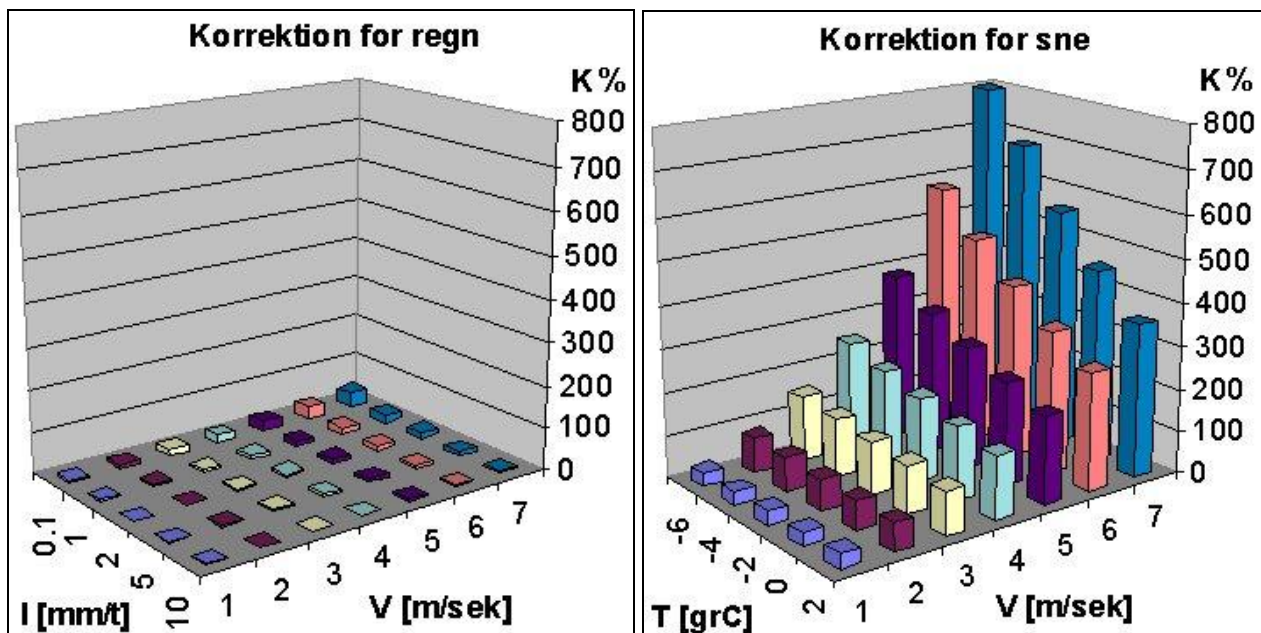
- Vindhastighed: $1 \leq V \leq 7$ m/sek for fast nedbør, $0 \leq V \leq 15$ m/sek for flydende nedbør.
- Temperatur : $T \geq -12^\circ\text{C}$.
- Regnintensitet: $0 \leq I \leq 15$ mm/time.

3.1.3 Modelkonstanter for Rimco

Figur 1 viser korrektionsniveauet for Rimco måleren (og Hellmann) for sne og regn som funktion af vindhastighed, temperatur og regnintensitet. Niveauet er mange gange større for sne i forhold til regn, og det er indlysende afgørende at tage optimalt hånd om dette faktum i praktisk korrektionsmetodik.

Estimationsteknikken bag modellen betyder, at korrektionsfaktoren K for Rimco ved "uheldige" kombinationer af V og T for delmodellen for sne bliver estimeret en anelse mindre end 1.00. Dette sker ved lave værdier af V og T, dog kun hvis $T < -4.2^\circ\text{C}$: $K < 0$ hvis $V < 0.1$ m/s ved -4.2°C , samt hvis $V < 0.4$ m/s ved $T = -12^\circ\text{C}$. Da vindeffekten ved så lave vindhastigheder stort set er fraværende, sættes $k_s = 1.00$ hvis k_s estimeres til < 1 i beregningerne.

For regn ses dette ikke uanset kombinationerne af V og I. Her er k_r kun marginalt større end 1,00 ved $V = 0$ m/s, hvilket ikke har nogen praktisk betydning.



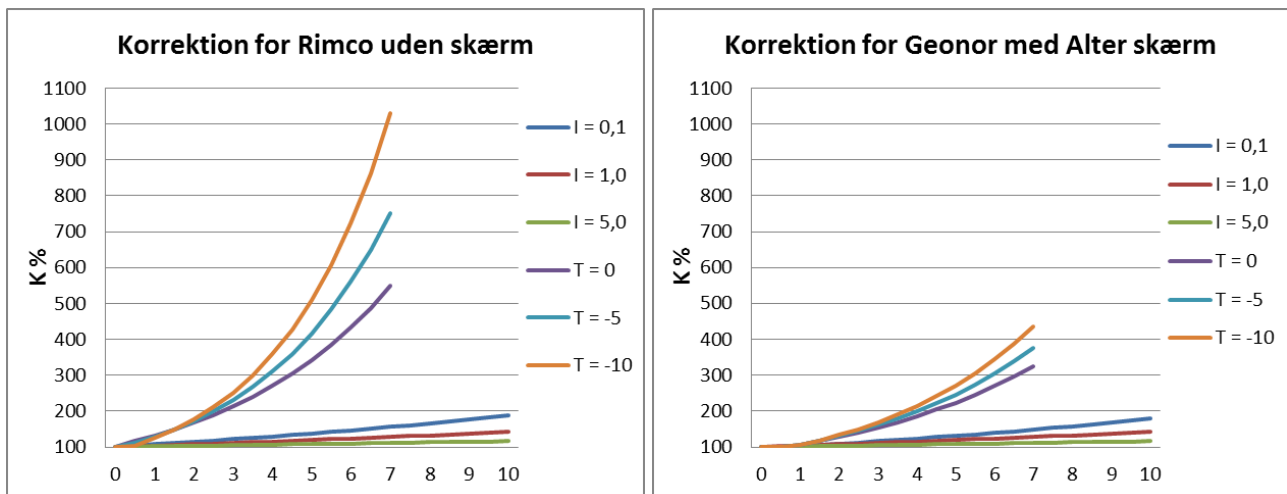
Figur 1. Korrektionsforhold for regn og sne for Rimco uden skærm (og den danske Hellmann måler).

3.1.4 Modelkonstanter for Geonor

Figur 2 viser korrektionsniveauet for Geonor måleren med Alter skærm for sne og regn som funktion af vindhastighed, temperatur og regnintensitet. Det ses, at selvom niveauet for sne er en del større end for regn, gør skærmen måleren betydeligt bedre i stand til at opfange nedbøren sammenlignet med Rimco, i særdeleshed for sne, men kun marginalt for regn.

Estimationsteknikken bag modellen betyder, at korrektionsfaktoren K ved “uheldige” kombinationer af V og T for delmodellen for sne bliver estimeret en anelse mindre end 1.00. Dette sker ved lave værdier af V og T , dog kun hvis $V < 1.2$ m/sek ved $+2$ °C og $V < 0.8$ m/sek ved -12 °C. Da vindeffekten ved så lave vindhastigheder stort set er fraværende, sættes $k_s = 1.00$ hvis k_s estimeres til < 1 i beregningerne.

For regn ses dette ved lave værdier af V og I , f.eks. hvis $I = 1$ mm/time og $V < 1.3$ m/s, og ved I på 3 mm/time og $V < 2$ m/s. Da Geonor er forsynet med en Alter skærm, som dæmper turbulensen omkring målerens åbning, giver det god mening, at vindeffekten i praksis er fraværende ved så lave vindhastigheder.



Figur 2. Sammenligning af korrektionsforhold for regn og sne for Rimco uden skærm og Geonor med Alter skærm.

3.1.5 Overvejelser over korrektionskonstanter for Pluvio²

Der foreligger ikke for nærværende konstanter til korrektionsmodellen for Pluvio² måleren. Der arbejdes på at udvikle konstanter i forskellige forskningsprojekter såsom HOBE-projektet (HOBE, 2007) og WMO-projektet SPICE, Solid Precipitation Intercomparison Experiment (WMO, 2011), men der foreligger endnu ikke konstanter for måleren. Indtil nye konstanter foreligger, er det nødvendigt at gøre visse antagelser om korrektionkonstanter for Pluvio².

Det er et faktum, at en nedbørmålers udformning og kantform ved målerens åbning har betydning for dens evne til at opsamle nedbør (Sevruk, Hertig and Tettamanti, 1994, WMO, 1998). Det er derfor vigtigt, at Pluvio² er designet på en måde, så den i sin udformning er identisk med en allerede eksisterende nedbørmåler. I modsat fald vil der være risiko for systematisk bias på nedbørmålinger og dermed homogenitetsbrud, hvis en given nedbørmåler udskiftes med en Pluvio².

Dette har producenten og udvikleren af Pluvio nedbørmålere, OTT Hydromet, været opmærksom på fra starten i et samarbejde med Deutscher Wetterdienst. Den første model, Pluvio Model 250 mm (se figur 3), blev designet efter den såkaldte Hellmann form (f.eks. Gordon, 2003, Wauben, 2004), hvorved der tilstræbes identiske aerodynamiske egenskaber og dermed opsamlingssevne for nedbør mellem Pluvio og målere af typen Hellmann. Dette giver god mening, da anbefalinger om

forsigtighed i forbindelse med udskiftning af nedbørmålere får betydning for størrelsen af det potentielle marked for en måler.

At designet for Pluvio faldt på Hellmann formen hænger sammen med Hellmann målerens forholdsvis store udbredelse, da den bl.a. findes i en dansk, tysk og ungarnsk udgave. Selvom disse Hellmann målere er marginalt forskellige i deres udformning, kan deres aerodynamiske egenskaber betragtes som identiske. Således er der god grund til at antage, at korrektionskonstanterne for den danske Hellmann uden skærm også kan benyttes for Pluvio Model 250 mm.



Figur 3. Den første udgave af Pluvio-måleren blev produceret med en målekapacitet på 250, 1000 og 1300 mm. Her er vist Pluvio Model 250 mm fra en testopstilling ved Westermarkelsdorf, Fehmarn (E. Lanzinger, Deutcher Wetterdienst, pers. komm.).

Imidlertid er en målerkapacitet på 250 mm for lidt til et nedbørklima som det danske, også fordi der skal påfyldes frostvæske af hensyn til måling af fast nedbør. Den første serie af Pluvio målere havde derfor udover 250 mm også kapaciteter på 1000 og 1300 mm, men med en 10 gange dårligere måleopløsning end 250 mm måleren.

Den næste generation af Pluvio måleren, Pluvio², fremkom med en stærkt forbedret vejecelle, som gjorde målerne med høj kapacitet i stand til at måle i samme opløsning som model 250 mm, nemlig 0,01 mm. Pluvio² i DMI's nedbørnet har en målerkapacitet på 1500 mm og et opsamlingsareal på 200 cm².

Som figur 4 viser, har Pluvio² model 1500 mm en noget anden form end Pluvio model 250 mm. Udformningen er i helheden ikke længere tro mod Hellmann formen, selvom den øverste del, ”skorstenen”, med lidt god vilje godt kan siges til en vis grad at ligne Hellmann målerens facon. Spørgsmålet er, hvor stor indflydelse de skrå sider har på vindfeltet omkring måleråbningen, og om afstanden til åbningen er stor nok til, at de skrå sider kun har marginal eller ingen betydning for målerens evne til opsamling af nedbør. Ligeledes er det muligt, at kantprofilen ved måleråbningen i aerodynamisk henseende ikke adskiller sig markant fra Hellmann målerens profil, men dette trænger til eftervisning og afklaring.

Der er som tidligere nævnt igangsat internationale bestræbelser på at afklare de aerodynamiske egenskaber for Pluvio² for såvel fast som flydende nedbør. At Pluvio² regnes for meget pålidelig og driftssikker er f.eks. dokumenteret af det faktum, at Pluvio² på linje med Geonor T-200 er valgt som referencemåler i WMO-SPICE (WMO, 2012). De aerodynamiske egenskaber ventes afklaret i dette projekt og munde ud i anbefalinger fra WMO. Indtil den nødvendige viden foreligger, må det på baggrund af ovenstående diskussion antages, at korrektionskonstanterne for Hellmann giver en tilnærmelse til korrektionen af Pluvio².



Figur 4. Nedbørstationen 05202 Nr. Snede med Pluvio², 26/10-2012. Foto: Juncher Jensen.

3.2 Korrektion for wetting og fordampningstab

Udover tabet af nedbør som følge af turbulens omkring måleråbningen, sker der også tab som følge af fordampning af nedbør fra måleren samt tab som følge af wetting, som er betegnelsen for det faktum, at en mindre del af nedbøren hænger fast på nedbørmålerens indre overflader, efter at nedbøren er løbet ned i opsamlingsenheden.

Modellen for flydende nedbør blev udledt på basis af nedbørmålinger, som var influeret af wetting. For fast nedbør blev modellen 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:

$$P_c = k_r \cdot P_m + w_r$$

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

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

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

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



3.2.1 Fastlæggelse af wettingtab for Rimco, Geonor og Pluvio²

Korrektion af nedbør før 2011 er baseret på observationer fra den danske Hellmann måler, for hvilken der er fastlagt klimatologiske værdier af wettingtabet som funktion af årstid og nedbørart. For 2011 og frem foretages nedbørsobservationer udelukkende med de automatiske nedbørmålere Rimco, Geonor og Pluvio², men for disse målere har wettingtabet ikke hidtil været fastlagt. Baseret på Rasmussen et al (2012) og Niemczynowicz (1986) kan wettingtabet henover året opgøres som vist i tabel 2 og givet som standardværdier i mm pr. nedbørdøgn for hver måned. For en mere detaljeret redegørelse for disse værdier henvises der til Vejen (2013).

Tabel 2. Wettingtab i mm pr. nedbørdøgn for Pluvio², Geonor og Rimco. Værdierne er standardværdier i mm pr. nedbørdøgn for hver måned.

wettingtab	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pluvio ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Geonor	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rimco	0.05	0.06	0.07	0.10	0.12	0.13	0.13	0.12	0.11	0.08	0.06	0.05

Da Rimcomålerens tragt og vippekeer bliver opvarmet, når temperaturer falder ned under 2 °C, for at smelte og opfange eventuel sne, er det i princippet kun nødvendigt at benytte wettingtabet for regn. Opvarmning af en tipping bucket måler kan dog om vinteren føre til øget tab ved fordampning og wetting (Savina et al, 2012), men der foreligger ikke umiddelbart data for Rimco om denne eventuelle forøgelse. Det må antages, at en omhyggelig varmestyring, der sikrer en nogenlunde konstant tragttemperatur på omkring 2 °C, kan minimere opvarmningens indflydelse på tabet af nedbør. Ifølge Rasmussen et al (2012) vil en kontrolleret sensorbaseret varmestyring, som holder temperaturen mellem 2 og 3 °C, modvirke øget tab ved fordampning og skorstenseffekt omkring måleråbningen.

3.2.2 Fordampning for Rimco, Geonor og Pluvio²

Fordampningstabet skyldes fordampning fra den fri vandoverflade i den enhed i nedbørmåleren, der opsamler nedbøren. For Hellmann måleren er dette tab yderst begrænset, da nedbøren opsamles i en kande, der dels har en meget lille åbningstud og dels er lukket inde i målerbeholderen. Det maksimale tab var på 0,03 mm pr. nedbørdøgn i juli-august og ubetydeligt eller fraværende oktober til marts (Allerup and Madsen, 1979).

For vejemålere som Geonor og Pluvio² kan fordampningstabet i almindelighed ignoreres, da hele nedbøren måles med momentant. Der fordamper løbende nedbør fra opsamlingsenheden, men dataloggeren for Pluvio² indeholder filtreringsalgoritmer, der er i stand til at kompensere for denne negative nedbør. Geonor målere i DMI's nedbørnet er suppleret med en nedbør on-off sensor, hvorfra data indgår i en algoritme, der sammen med nedbørdata frasorterer støj, dvs. forskellige former for falsk nedbør. Fælles for de to nedbørmålere er, at deres meget høje samplingsfrekvens for nedbørdata gør det muligt for den initiale databehandling at skelne mellem reel nedbør og fordampning. F.eks. er det let at knytte et fald i opsamlingsenhedens indhold til fordampning i tørvejrperioder, og det er principielt enkelt at relatere en forøgelse af indholdet til nedbør. Der findes dog fejlkilder, såsom rystelser ved kraftig vind eller nedfald af fremmedlegemer, som kan generere falsk nedbør, men algoritmerne specielt for Pluvio² er i dag så stærke, at de normalt kan fjerne sådan støj fra målingerne.



For Rimco er der imidlertid et fordampningstab, idet der ved afslutningen af en nedbørhændelse kan være en lille rest nedbør tilbage i vippeskeen, som vil gå tabt ved fordampning, med mindre yderligere nedbør når at udløse et vip. Tabet må ikke forveksles med wetting, da fordampningen sker fra nedbørens fri vandoverflade. Da vippeskeernes volumen er på 0,2 mm, er det rimeligt at antage, at der efter hver nedbørhændelse i gennemsnit er 0,1 mm tilbage i skeen. Der er ikke i litteraturen fundet opgørelser eller beregninger over dette tab som funktion af årstiden.

3.2.3 Særlige effekter for Rimco

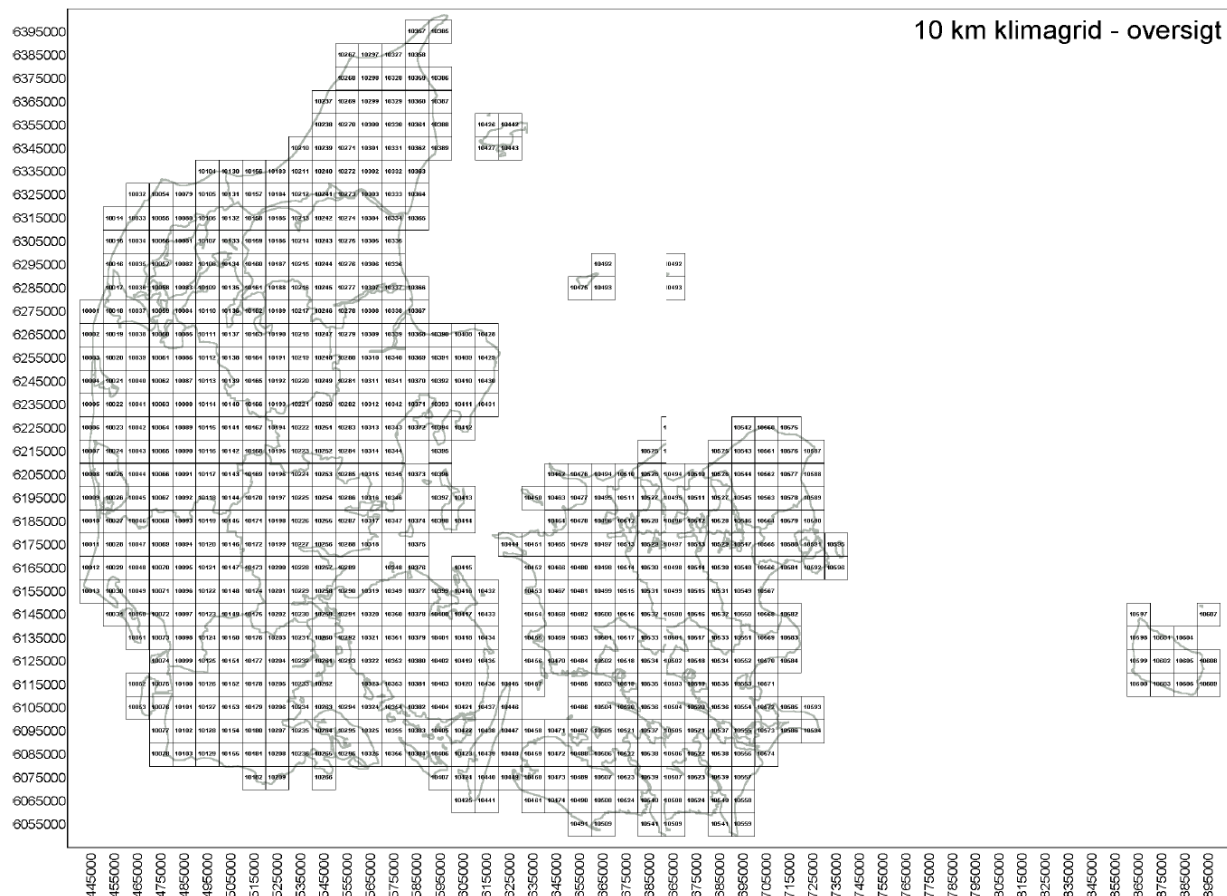
Metcalf og Goodison (1993) gjorde rede for specielle fejlkilder, der kan optræde ved måling af sne med tipping-bucket nedbørmålere. Da det er nødvendigt at opvarme målertragt og vippeskeer ved sne, kan der ske et tab som følge af fordampning af nedbør fra såvel tragt som vippeskeer. Desuden kan opvarmningen ved kraftig sne ikke altid nå at smelte sneen, hvorved der kan ske et øget tab af nedbør som følge af turbulens. Endvidere kan der ske tilstopning med sne og is omkring vippemekanismen. Udover vindeffekten og tilfældige fejl såsom snefygning synes den vigtigste fejlkilde på tipping-bucket måling af sne ifølge Zweifel og Sevruck (2002) at være fordampningstab som følge af opvarmning. De fandt, at tabet ved vindhastigheder < 1 m/s udgør fordampningstab omtrent halvdelen af det tab, der skyldes turbulens, og ved 1-2 m/s er tabet 1/3-del. Ved let sne kan opvarmningen tillige føre til den såkaldte "chimney effect" eller skorstenseffekt, hvor øget turbulens over målertragten ved relativt stor temperaturforskelle mellem den omgivende luft og den opvarmede tragt kan føre til yderligere tab af nedbør.

Det må formodes, at lignende effekter i princippet kan gøre sig gældende for Rimco, men i betydelig mindre målestok, da varmestyringen er stærkt forbedret siden dengang. Hvor opvarmningen af Rimco førhen var vedvarende og uforholdsmæssig kraftig, så snart temperaturen faldt ned under en bestemt tærskelværdi, f.eks. 2 °C, er det nu muligt at holde tragt- og vippesketemperaturen konstant omkring tærskelværdien, så længe de umiddelbare omgivelser er koldere. Herved bliver tabet af nedbør meget mindre. Dette ræsonnement understøttes af Rasmussen et al (2012), der påpeger, at når der sker opvarmningen af vejemåleres måleråbning, kan tab af nedbør ved fordampning og skorstenseffekt forhindres ved en stram varmestyring, der holder temperaturen ved åbningen konstant på 2-3 °C ved lufttemperaturer ned til -5 °C.

4. Korrektionsmodellens implementering i praksis

4.1 Målsætning

Det har været målet at korrigere manuelle nedbørmålinger fra et stort antal nedbørstationer, og på basis af punktværdier herfra at skabe daglige griddede værdier af nedbørkorrektion i opløsningen $10 \times 10 \text{ km}^2$ for 2013. I figur 5 er vist kort over gridcellernes placering.

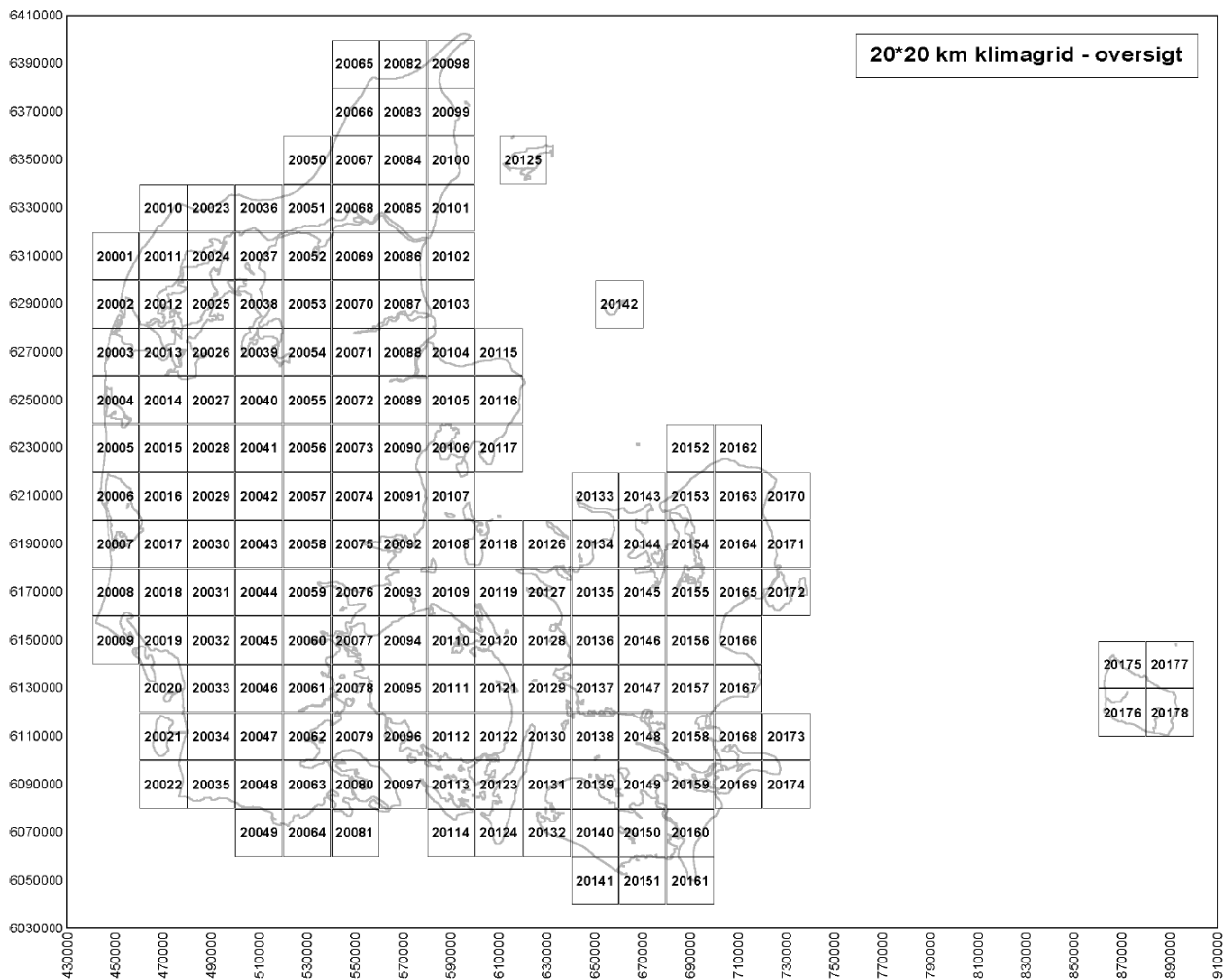


Figur 5. Gridceller for $10 \times 10 \text{ km}^2$ beregning af målt nedbørmængde i KlimagridDK (Scharling, 1999)

4.2 Datagrundlag

Korrektionsmodellen kræver målinger af vindhastighed, V , og temperatur, T , under nedbør, oplysninger om regnintensitet, I , samt opgørelser over mængden af nedbør faldet som sne, slud og regn. For dataperioden mangler der imidlertid en komplet sammenhængende serie med sådanne detaljerede målinger af V , T , I og vejrtype i en tidsopløsning, der er tilstrækkelig til at bestemme værdier under nedbør.

Som løsning er der anvendt daglige gridværdier af V og T i opløsningen $20 \times 20 \text{ km}^2$, som i Klimagrid DK er fremkommet ved interpolation af meteorologiske observationer fra et antal vejrstationer. Grundprincipper for interpolationsmetoden er dokumenteret i Scharling (1999). Dermed kan nedbørmålinger korrigeres vha. værdier af V og T , der er mere eller mindre lokalt repræsentative. Figur 6 viser kort over gridcellerne (Scharling, 1999).



Figur 6. Gridceller for 20×20 km² beregning af V og T i KlimagridDK (Scharling, 1999).

4.3 Tilpasning af datagrundlag til den dynamiske korrektionsmodel

I den ideelle verden skal en nedbørmåling korrigeres vha. V, T, I og α målt ved selve nedbørstationen, men dette kun er foretaget ved et fåtal vejrstationer, og slet ikke ved manuelle nedbørstationer. Der kan opregnes forskellige metoder til fremskaffelse af inputvariable, hvor skift fra et niveau til et andet i hver af de 4 kolonner også indebærer et skift i usikkerhed (tabel 3).

Tabel 3. Oversigt over metoder til fremskaffelse af meteorologiske variable til brug for korrektion af nedbør.

Metode til bestemmelse af meteorologisk variabel				
	Vindhastighed V	Lufttemperatur T	Regnintensitet I	Snefraktion α
1	Måling lokalt, middel under nedbør	Måling lokalt, middel under nedbør	Måling lokalt	Lokalt bestemt vha. vejrtype eller T
2	Gridværdi under nedbør	Gridværdi under nedbør	Gridværdi ved nedbør	Gridværdi af vejrtype
3	Gridværdi for døgn	Gridværdi for døgn	Indirekte vha. vejrkode og griddet	Gridværdi af T
4	Klimaværdi	Klimaværdi	Klimaværdi	Klimaværdi



Korrektionsmodellen forudsætter, at T og V er middelværdi under nedbør, at regnintensitet I er bestemt ud fra observationer af nedbørens mængde og varighed, og at snefraktion α er baseret på observeret nedbørstype. Det er klart, at måling lokalt er bedst, men det er også nødvendigt med et skær af realisme, hvorfor model 3 er valgt for V og T , model 4 for I , og model 3 for α . Dette er på det foreliggende datagrundlag valgt som den mest nærliggende beregningsramme for perioden efter 2010, altså at de forskellige parametre er fremskaffes således:

- V og T fås som døgnmiddelværdi ud fra $20 \times 20 \text{ km}^2$ gridværdier.
- I fås som klimatologisk værdi.
- α bestemmes ud fra nævnte $20 \times 20 \text{ km}^2$ gridværdier af T .

Disse data kræver et vist niveau af efterbehandling, som er beskrevet i det følgende.

4.4 Korrektion af vindhastighed V

Modellen kræver, at V er målt ved nedbørmåleren i samme højde som denne. I praksis måles V efter WMO standard (WMO, 2008) i 10 meters højde ved næsten alle vejrstationer, og den gridberegnete vindhastighed repræsenterer denne højde. En vindmåler skal placeres i denne højde under forhold, så målingen i princippet er upåvirket af terrænelementer ved overfladen og i omgivelserne. I den højde, nedbørmålingen foretages, er forholdene imidlertid anderledes, og da V kun foreligger i 10 m højde, skal der påføres to korrektioner:

1. En korrektion der vha. den logaritmiske vindlov ”firer vindhastigheden ned” til 1,5 m.
2. En korrektion for de lokale læforhold.

Disse to korrektioner giver det bedste bud på V ved nedbørmåleren.

V i 1,5 m kan jfr. WMO (2008) beregnes således:

$$V_{1,5} = V_{10} \cdot \frac{[\log_{10}(1.5 - d) - \log_{10}(z_0)]}{[\log_{10}(10 - d) - \log_{10}(z_0)]}$$

Hvor:

- z_0 = ruhedsparemeter
- d = nulplansforskydningen
- V_{10} = vindhastighed i 10 m højde
- $V_{1,5}$ = vindhastighed korrigeret til 1,5 m højde

Hvis der ligger sne, er nedbørmålerens reelle højde over jordoverfladen mindre end 1.5 m, så der burde ved justering af vindhastigheden egentlig også tages hensyn til snedybden, men dette har kun sjældent praktisk betydning og er udeladt.

Hvis overfladen har en karakter, så den virker reducerende på vindhastigheden, f.eks. i tilfælde af vegetation, er det nødvendigt at forskyde referenceniveaue, som normalt er jordoverfladen, opefter med forskydningen d . Ruhedsparemeteren z_0 afhænger af overfladens ruhed, som for en meget glat overflade som is o.lign. er 0.001 cm, for 1 cm højt græs er den 0.1 cm og for tæt græs på 10 cm er den 2.3 cm (Høgh-Schmidt, 1982).



I stedet for ruhedsparemetere z_0 benyttes den effektive ruhedslængde z_0^{eff} , der kan beskrives for en række terræntyper. Der benyttes en generel værdi på $z_0^{\text{eff}} = 0,25$ svarende til den, der anvendes i beregninger i Refsgaard et al (2011).

4.4.1 Korrektion for læeffekt

Vindhastigheden er korrigeret for læforholdene omkring nedbørmåleren. Vindhastighed $V_{1,5}$ i målerhøjde reduceres med en lækorrektionsfaktor λ , der udtrykker, hvor godt en nedbørmåler står i læ og i hvilken grad vindhastigheden omkring måleren bliver reduceret. Herved fås den lækorrigerede vindhastighed, $V_{læ}$. Empiriske studier i Rusland og Schweiz (Sevruk, 1988) har vist, at λ kan beskrives ved:

$$\lambda = 1 - c \cdot \eta \quad (\text{Sevruk, 1988, WMO, 2008})$$

hvor η er højdevinklen for lægiveren målt i grader, og c er en konstant, der har værdien $c=0,024$. Højdevinklen er vinklen mellem horisontalplanen og sigtelinien mellem nedbørmålerens øverste kant i 1.5 m højde og overkanten af lægiveren, der kan være træer, bygninger o.lign. Dermed kan vindhastigheden $V_{1,5}$ korrigeres for læeffekten ved:

$$V_{læ} = \lambda \cdot V_{1,5} \quad (\text{WMO, 2008})$$

Da højdevinklen har forskellige værdier rundt om nedbørmåleren, fås et mere repræsentativt mål for læforholdene ved at bestemme en vindhyppighedsvægtet middelhøjdevinkel η , også kaldet læindeks. Der benyttes højdevinkler i 8 kompasretninger til beregning af læindeks:

$$\eta = \sum_{i=1}^J \eta_i p_i$$

hvor η_i er højdevinklen i kompasretningen i , $J=8$ retninger, og hver højdevinkel er blevet vægtet med standardværdier af vindhyppigheden under nedbør, p_i , i kompasretningen i . Værdier af vægtningskoefficienten p_i for nedbør i forskellige vindretninger er baseret på 11 års vind- og nedbørmålinger og fremgår af tabel 4.

Tabel 4. Værdier af vægtningskoefficient p_i fundet ved analyser af vind- og nedbørobervationer 1963-1973 (Allerup and Madsen, 1979).

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

En lægiver står for tæt på nedbørmåleren, når middelhøjdevinklen er over 30° . Noget af nedbøren vil da blive fanget af lægiveren ved interception i stedet for at nå frem til nedbørmåleren (Førland et al., 1996). Interceptionen begynder dog først for alvor at betyde noget ved vinkler η_i over $40-45^\circ$.

Hidtidig praksis har været, at hvis højdevinklen $\eta > 30$, regnes stationen for overbeskyttet, og korrektionen kan derfor være ”upålidelig”. Målinger fra sådanne stationer indgår derfor ikke i datasættet. Alle nedbørstationer er inddelt efter læforholdene og opdeles desuden i velbeskyttet, moderat beskyttet og ubeskyttet (tabel 5).



Tabel 5. Definition af læklasser A, B, C og D.

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

Om end lækorrektionen er empirisk baseret, er dens lineære karakter en svaghed, idet $V_{læ}$ bliver negativ, når læindeks bliver tilstrækkelig stor. Dette sker ved $\eta \geq 42$. I WMO (2008) er der ikke angivelser af, ved hvilke værdier af η korrektionen er gyldig, men den må antages at gælde inden for de højdevinkelforhold, WMO anbefaler en måler opstillet under. I praksis er grænsen på $\eta=30$ således rimelig.

4.5 Bestemmelse af regnintensitet I

I det automatiske nedbørnet er det principielt muligt at beregne regnintensiteten I, men for at sikre konsistens med metodik i tidligere beregninger, bl.a. for det manuelle nedbørnet i perioden 1989-2010 (Vejen, 2012a), benyttes der klimatologiske værdier for I. Egentlige klimatologiske værdier for regnintensitet for hele landet eller regionalt foreligger ikke, men der er i forbindelse med udviklingen af korrektionsmodellen for flydende nedbør foretaget analyser af regnintensiteter ved 4 stationer, der mere eller minder dækker perioden 1959-1974. Herved er bestemt månedlige middellintensiteter I (tabel 6), der er benyttet til beregning af daglige korrektionsfaktorer for regn.

Tabel 6. Klimatologiske værdier af regnintensitet, der er beregnet som middelværdier af regnintensitet baseret på data fra 4 stationer henover perioden 1959-1974 (Madsen og Allerup, pers. komm.).

Måned:	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Regnintensitet:	1,12	1,21	1,18	1,38	2,01	2,46	3,01	2,90	2,26	1,71	1,37	1,26

4.6 Bestemmelse af snefraktion α

Nedbørens art bestemmes ud fra middeltemperaturen: hvis denne er under 0°C antages nedbøren at være sne, over 2°C antages den at være faldet som regn, og ved temperaturer mellem 0 og 2°C regnes den for slud. Denne metode er anvist fra flere sider, f.eks. Førland et al. (1996). Således bestemmes α ved:

$$\alpha = \begin{cases} 0 & \text{hvis } T > 2 \\ -0.5T + 1 & \text{hvis } 0 < T \leq 2 \\ 1 & \text{hvis } T \leq 0 \end{cases}$$

4.7 Korrektionsmodellens gyldighed

Modellen gælder for følgende intervaller af V, T og I (Allerup og Madsen, 1980, Allerup, Madsen og Vejen, 1997):

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

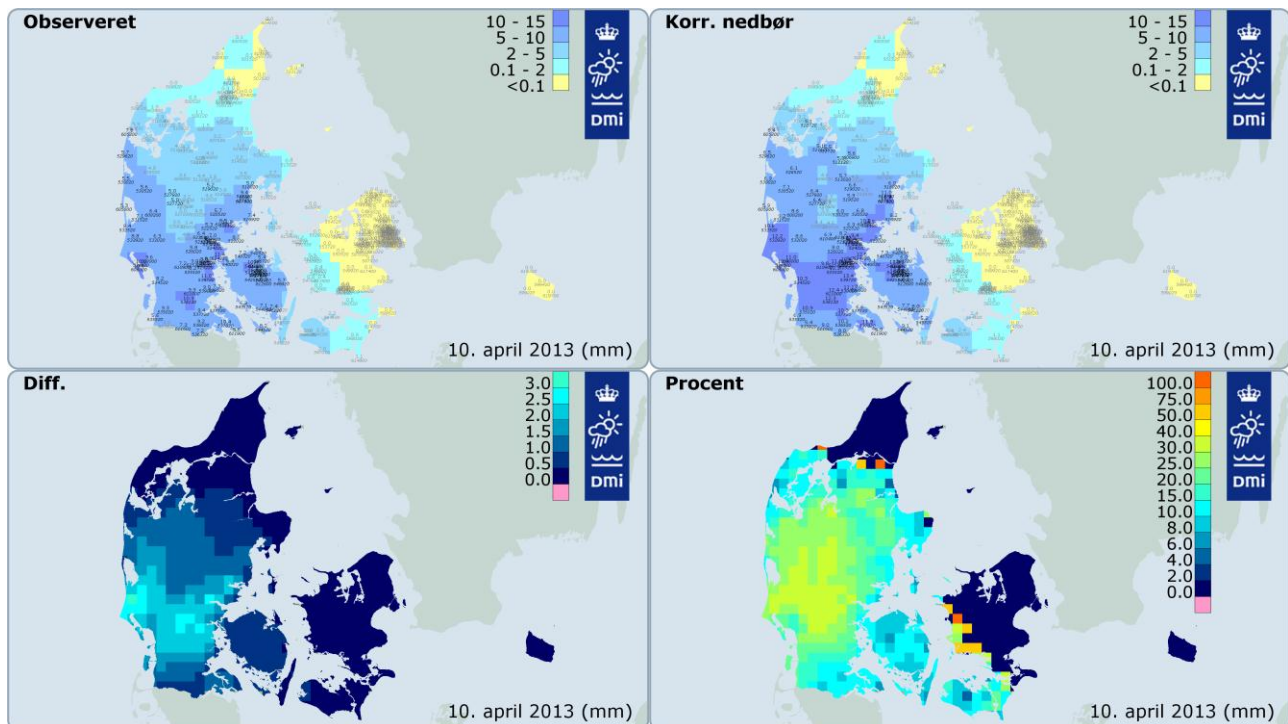
Estimationsteknikken bag modellen betyder, at korrektionsfaktoren k_s for sne ved “uheldige” kombinationer af V og T bliver en anelse mindre end 1, og for regn kan det ske for Geonor ved bestemte kombinationer af lave værdier af V og I . Nærmere detaljer kan ses i afsnit 3.1.3 og 3.1.4. Da vindeffekten ved så lave vindhastigheder stort set er fraværende, sættes $k_s=1,00$ hvis k_s estimeres til <1 , og $k_r=1,00$ hvis $k_r<0$ i beregningerne.

Ovenstående betyder i praksis følgende, idet V her er den lækorrigerede vindhastighed:

- Hvis der er faldet sne:
 - a. Hvis $V > 7$ m/s : benyt $V = 7$ i modellen
 - b. Hvis $T < -12^\circ\text{C}$: benyt $T = -12$ i modellen
 - c. Hvis $k_s < 1$: sæt $k_s = 1,0$
- Hvis der er faldet regn:
 - a. Hvis $V > 15$ m/s : benyt $V = 15$ i modellen
 - b. Hvis $I > 15$ mm/time : benyt $I = 15$ i modellen
 - c. Hvis $k_r < 1$: sæt $k_r = 1,0$

4.8 Beregning af daglige kort over korrektionsresultater

Ud fra punktværdier af korrigeret nedbør er der vha. interpolation i en opløsning på 10×10 km² udarbejdet daglige kort over den korrigerede nedbørs fordeling. Der er herefter udarbejdet daglige kort over differencen mellem korrigeret og målt nedbør samt over korrektionsprocenten. De to sidste kort er beregnet på pixelniveau på basis af kortene over hhv. målt og korrigeret nedbør. Figur 7 viser et eksempel på disse 4 kort for 10. april 2013 (10/4 kl. 00z til 11/4 kl. 00z), et døgn hvor der specielt i Midtjylland faldt slud med relativt høje korrektionsprocenter til følge.



Figur 7. Eksempel på kort over daglige værdier af målt og korrigeret nedbørsum, differens mellem målt og korrigeret nedbør, samt korrektionsprocent. Opløsningen er 10×10 km².



Differenskortet er simpelt fremkommet ved for hver pixel at bestemme differensen D mellem målt nedbør P_m og korrigeret nedbør P_c ved $D = P_c - P_m$. Korrektionsprocenten K % er for hver pixel beregnet ved:

$$K_{\%} = 100 \left(\frac{P_c}{P_m} - 1 \right)$$

4.9 Databehandling og kvalitetskontrol

De målte værdier af nedbør har været genstand for omfattende kvalitetskontrol. Alle værdier har været set igennem ved manuel inspektion af grafiske præsentationer af nedbørfordelingen. I de perioder, hvor det har været muligt, er vejrradardata blevet benyttet til at undersøge, om mistænkelige nedbørværdier har kunnet godkendes, ligesom det i visse situationer har været nødvendigt at medtage vejrobservationer i kvalitetskontrollen.

Daglige korrektionsestimater er efterkontrolleret og verificeret ved omfattende undersøgelser af data, dels i form af visuel inspektion af grafiske præsentationer, og dels ved anvendelse af andre typer meteorologiske data såsom målinger af vindhastighed, vindretning, temperatur og nedbørart. Desuden har det været nødvendigt at skele til læindeks i verifikation af korrektionsestimater.

Den omfattende datakontrol og validering af alle led i beregningskæden konsoliderer og kvalitetsstempler det samlede datasæt.



5. Resultater

I det følgende dokumenteres og forklares korrektionsresultater for 2013. Der fokuseres på variationer i det månedlige og årlige korrektionsniveau, såvel samlet som rumligt, ligesom variationer henover perioden diskuteres, forklares og sammenlignes med tidligere resultater for perioden 1989-2012.

5.1 Det månedlige og årlige korrektionsniveau

Det er et kendt faktum, at korrektionsniveauet på månedsbasis, herefter kaldet K_M , varierer systematisk og betydeligt henover året og tillige fra år til år, hvilket i udpræget grad gør sig gældende for vintermånederne, men kun i mindre grad for sommerhalvåret.

I tabel 7 er vist er række parametre for korrektion af nedbør for 2013: målt og korrigeret nedbørsum, månedlig korrektionsprocent $K_M(\%)$, den procentvise andel af korrigeret nedbør faldet som sne $\alpha\%$, samt middelværdien V og T af vindhastighed og temperatur. V , T og $\alpha\%$ er beregnet ved at vægte de enkelte døgn med den målte nedbørmængde for så vidt muligt at sikre, at værdierne repræsenterer nedbørforholdene. Det ses, at der har været store variationer i nedbørmængden, f.eks. at februar-marts og juli-august var tørre, i særdeleshed marts og juli, men at også specielt en stor del af efteråret har været vådt.

Vinteren var lang med flere perioder med frost, i særdeleshed i marts. Mens næsten al nedbør i marts faldt som sne, udgjorde sne under halvdelen i månederne op til, i januar endog kun ca. 1/4-del, selvom det i perioder også her var så frostkoldt som i marts. Dette afspejler sig i korrektionsniveauet, der for januar og februar er hhv. 21 % og 38 %, men i marts hele 100 %.

Forholdet kommer også til udtryk i middeltemperatur T_R under nedbør, der for januar med 3,5 °C er væsentlig højere end døgnværdien T på 0,1 °C, mens det modsatte ses for marts. Her er værdierne af T_R og T hhv. -1,7 °C og -0,8 °C. Dette illustrerer vigtigheden af at benytte T_R frem for T i korrektionsmodellen; brug af T ville give alt for høje værdier af $K_{M\%}$ i januar og for lave i marts. Vindhastigheden har udvist den typiske årstidsvariation med mest blæst i efteråret og vintermånederne og mindst i højsommeren.

De meteorologiske forhold afspejler sig således i korrektionsniveauet, der har været højest i måneder med sne, særlig marts, og lavest i juli og august med $K_M(\%)$ på hhv. 4,49 og 5,57. Dette er bundniveauet, som normalt er ret konstant fra år til år. Derimod udviser vinterkorrektionerne som forventet ret store variationer fra måned til måned. Her har vindhastigheden en underordnet betydning i forhold til andelen af sne og regn, hvilket afspejler sig tydeligt i forholdet mellem $\alpha(\%)$ og $K_M(\%)$. De højeste korrektioner knytter sig praktisk taget altid til fast nedbør og eventuelt også høje vindhastigheder.

For hele 2013 blev der målt 652,9 mm nedbør, hvilket er korrigeret til 721,3 mm, svarende til et korrektionsniveau på 10,47 %. Af den korrigerede mængde udgør 6,9 % sne, hvilket svarer til 50,1 mm nedbør.



Tabel 7. samlede korrektionsresultater for 2013. Ref = referencenedbørsum i mm (målt nedbør), kor = korrigeret nedbør (mm), $K_M(\%)$ = månedlig korrektionsprocent, $\alpha\%$ = andel af korrigeret nedbør faldet som sne, V_R = middelvindhastighed vægtet med nedbørmængden pr. døgn, T_R = middelværdi af temperatur ligeledes vægtet med nedbørmængden pr. døgn, T = middeltemperatur.

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Året
2013	ref	56,1	21,5	9,0	24,8	67,8	68,2	19,6	46,2	89,8	97,5	67,8	84,7	652,9
	kor	68,1	27,6	18,0	27,4	72,0	72,3	20,5	48,7	94,8	104,5	73,1	94,4	721,3
	$K_M\%$	21,3	28,6	100,4	10,4	6,2	6,0	4,5	5,4	5,6	7,2	7,8	11,5	10,47
	$\alpha\%$	26,6	47,4	98,1	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,4	6,9
	V_R	3,06	2,51	3,25	2,79	2,67	2,65	1,79	2,46	2,60	3,00	2,81	4,11	2,81
	T_R	3,5	1,1	-1,7	6,1	11,7	14,9	18,0	17,4	13,8	11,3	6,9	5,7	9,1
	T	0,1	-0,4	-0,8	5,5	12,1	14,0	17,3	17,0	13,1	10,9	5,8	5,3	8,4

5.2 Ændringer i korrektionsniveau sammenlignet med tidligere

Det er tidligere fundet, at for perioden 1989-2010 udgør andelen af sne på årsbasis 5,5 % af den samlede mængde målt nedbør, og 7,7 % af den korrigerede (Vejen, 2012b). I 2011 lå andelen af snenedbør for korrigeret nedbør på 5,0 %, og i 2012 på 6,5 %, altså en ret begrænset afvigelse fra det tidligere tal (Vejen, 2013), og i 2013 som nævnt 6,9 %.

Anderledes ser det imidlertid ud, når månedskorrekktionerne $K_M(\%)$ for den nye beregning sammenlignes med korrekktionerne for 1989-2010, der var baseret på målinger med Hellmann (Vejen, 2012b). Tabel 8 viser middelværdier af målt og korrigeret nedbør samt korrektionsprocent $K_M(\%)$ måned for måned og for året for denne periode. Det ses, at korrekktion øger den årlige nedbør med ca. 108 mm svarende til 15,0 %. I vintermånederne ligger korrekktionen på 22-32 % og i sommermånederne på 8-10 %. Værdierne i tabel 7 opviser visse afvigelser fra dette generelle niveau.

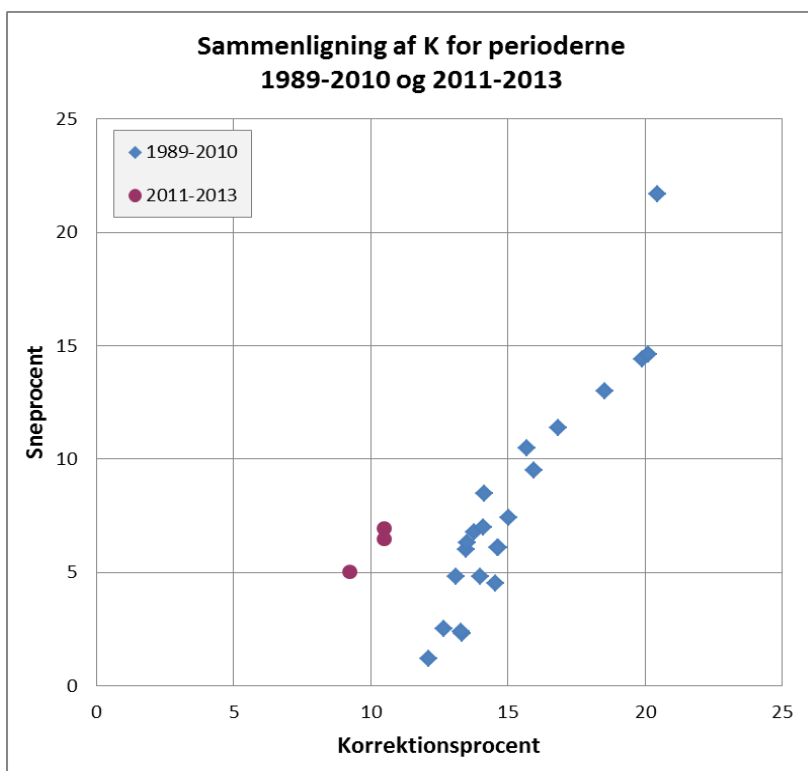
Tabel 8. Målt nedbør P_m og korrigeret nedbør P_c (mm) samt korrektionsprocent for hhv. 1989-2010 og 2011-2013.

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Året
P_m	1989	61,0	50,6	46,9	37,7	44,4	61,6	61,4	77,5	70,8	79,9	66,9	63,0	721,7
P_k	/	74,4	66,9	57,1	44,2	49,2	67,6	67,0	83,9	77,4	88,0	77,5	77,0	830,1
$K\%$	2010	22,1	32,3	21,7	17,1	10,8	9,6	9,1	8,2	9,3	10,2	15,9	22,2	15,0
P_m	2011	59,9	30,2	19,9	31,2	52,1	80,4	73,5	82,0	90,8	81,9	49,3	86,5	737,6
P_k	/	71,6	37,8	24,7	33,8	55,5	84,7	77,0	85,9	96,4	87,9	53,7	102,5	811,7
$K\%$	2013	19,6	25,1	24,3	8,5	6,5	5,3	4,8	4,8	6,2	7,3	8,9	18,6	10,0

For vintermånederne kan det være svært at sammenligne umiddelbart, da korrektionsniveauet er meget følsomt overfor mængden af sne og de meteorologiske forhold under snenedbøren. Da disse påvirkninger er fraværende om sommeren, kan bundniveauet for de to perioder 1989-2010 og 2011-2013 sammenlignes umiddelbart. Det ses, at bundniveauet 2011-2013 ligger systematisk lavere end niveauet 1989-2010, idet det er faldet fra 8-10 % til omkring 5 %. Det samme billede ses på årsbasis: mod et generelt niveau på ca. 15 % førhen, ligger den årlige korrekktion 2011-2013 på ca. 10 %. I figur 8 er korrektionsniveauet for de enkelte år i disse to perioder sammenlignet i forhold til, hvor stor en del af den korrigerede nedbør, der er faldet som sne. Det ses tydeligt, at $K(\%)$ for 2011-2013 tilsyneladende ligger overraskende og måske uventet lavt.

Dette fald kan ikke forklares ud fra de meteorologiske forhold alene, idet såvel V, T og $\alpha(\%)$ for de to år ligger på værdier, der på ingen måde er ekstreme sammenlignet med variationerne i 1989-2010. Desuden lå den laveste årlige korrektion i denne periode på 12,11 % i det snefattige år 1999, altså langt over 2011-2013.

Årsagerne til dette skift er, at mens perioden 1989-2010 udelukkende er baseret på målinger med Hellmann, er 2011-2013 baseret på Geonor med Alter skærm, Pluvio² og Rimco. Fælles for Geonor og Pluvio² er, udover at nedbøren bliver vejret momentant, og måske netop derfor, at tabet af nedbør som følge af fordampning og wetting er 0 mm, mens det for Rimco har værdier, der er noget lavere end for Hellmann (se afsnit 3.2). Dette får konsekvenser, der er store nok til at kunne aflæses i de endelige korrektioner, såvel på års- som på månedsbasis.



Figur 8. Sammenligning af det årlige korrektionsniveau $K(\%)$ for perioderne 1989-2010 og 2011-2013 i forhold til procent korrigeret nedbør faldet som sne.

I tabel 9 er vist, med hvilket korrektionsniveau hver af målerne Rimco, Geonor og Pluvio bidrager til den samlede korrektion for de enkelte måneder i 2013. På månedsbasis er der i tabellen vist $K_M(\%)$ og antal af hver måler type, der i gennemsnit er blevet anvendt i korrektionen. Til sammenligning er vist det Hellmannbaserede korrektionsniveau for 1989-2010.

Det ses, at Rimco i juni-august som ligger højest, hvilket skyldes den påførte wettingkorrektion. Dernæst følger Pluvio², mens Geonor ligger meget lavt med korrektioner på beskedne 0,0 til 1,6 %. De lave værdier for Geonor skyldes den påmonterede Alterskærm, der er til for at dæmpe turbulensen omkring målerens åbning, hvilket har en betydelig dokumenteret effekt.

At Geonor i juli i praksis har en korrektion på 0,0 %, hænger sammen med meget rolige vindforhold. Vindhastigheden i målerniveau var ved samtlige Geonormålere i gennemsnit blot 1,35 m/sek,



hvilket giver en korrektion på netop 0,0 %, og den højeste vindhastighed på kun 3,4 m/sek giver i sig selv kun en meget ubetydelig korrektion. Med afrunding fås således det givne resultat. Af antal Geonormålere ses, at de kun vægter meget begrænset i det samlede resultat, hvilket er årsagen til, at K_M om sommeren ligger tættest på niveauet for Pluvio² og Rimco.

Sammenligning af $K_M(\%)$ med Pluvio² viser, at Geonors Alterskærm kompenserer ganske udmærket for, at Geonor generelt står mere åbent end Pluvio²: Geonors korrektionsniveau er alle måneder det laveste. Rimco ligger højest i måneder, hvor nedbøren falder som regn, hvilket som før nævnt skyldes wetting. Det omvendte gælder, så snart der er sne i nedbøren, hvilket får Rimcos $K_M(\%)$ til at falde ned under Pluvio². Dette er meget udtalt i marts, hvor næsten al nedbøren faldt som sne. Dette skyldes primært to forhold: Rimcomålerne står gennemgående bedre i læ end Pluvio², og det er kun i perioder med regn og forholdsvis lav vindhastighed, at wettingtabet for Rimco har effekt på det samlede korrektionsniveau.

Det er på sin plads at advare mod en overfortolkning af resultaterne i tabel 9. Korrektionen på 10,47 % for hele 2013 (tabel 7) er tilsyneladende marginalt for høj, når der ses på antal Rimco og til dels Geonor i forhold til Pluvio², og for visse måneder, især marts, slår Rimco øjensynlig for lidt igennem på landsresultatet. I marts er $K_M(\%)$ på landsplan 100,4 %, men de kun 73 Pluvio² måleres korrektion på 104,8 % trækker $K_M(\%)$ mest i sin retning sammenlignet med de 138 Rimcomåleres 70,2 %. Årsagen er, at langt de fleste Rimcomålere er koncentreret i få større byer og således har en meget begrænset geografisk udbredelse sammenlignet med Pluvio². Rimco har derfor kun mindre betydning for landsresultatet, der er fremkommet som arealberegninger.

Tabel 9. Det samlede månedlige korrektionsniveau $K_M(\%)$ i 2013 for punktværdier, der er separeret på nedbørmålere af typen Rimco, Geonor og Pluvio². Desuden er vist, hvor mange målere (n) af hver af disse typer, der i gennemsnit pr. måned er anvendt i korrektionsberegningerne, det samlede antal anvendte nedbørmålere (N) og det gennemsnitlige læindeks. Til sammenligning er vist det samlede månedslige korrektionsniveau for perioden 1989-2010.

2013	Rimco		Geonor		Pluvio ²		N	1989-2010
	$K_M(\%)$	n	$K_M(\%)$	n	$K_M(\%)$	n		
J	19,1	133	14,3	7	23,6	70	210	22,1
F	28,0	139	12,4	7	29,2	72	218	32,3
M	70,2	138	51,9	7	104,8	73	218	21,7
A	12,7	139	5,1	7	9,0	73	219	17,1
M	6,9	141	1,6	7	5,8	73	221	10,8
J	7,1	141	1,6	7	5,6	73	221	9,6
J	6,8	141	0,0	7	3,2	73	221	9,1
A	7,2	141	0,8	7	4,5	72	220	8,2
S	6,5	141	2,0	7	5,3	72	220	9,3
O	7,6	141	3,4	7	7,1	72	220	10,2
N	7,9	141	4,3	7	7,8	72	220	15,9
D	10,5	141	9,1	7	11,5	72	220	22,2
Året	10,2	140	5,4	7	10,7	72	119	15,0
Læindeks	12,7		3,1		9,6			



Det er let at eftervise, at et lavt eller manglende wettingtab har så stor effekt, som resultaterne viser. F.eks. fik Pluvio² målerne i juni 2013 i gennemsnit 65,5 mm nedbør og 14,4 nedbørdøgn. Et wettingtab på Hellmann ville være 0,25 mm pr. døgn eller 3,6 mm for måneden. Med dette tab lagt oven i en korrigeret nedbør for Pluvio² på 72,8 mm, ville $K_M(\%)$ ende på 11,1 % mod de faktiske 5,6 % i tabel 9.

Med andre ord: med ændringen af nedbørnettet fra en manuel til en automatisk verden er korrektionsniveauet blevet langt lavere, da målerne er i stand til at opfange mere af den faktiske nedbør end tidligere. Det skyldes den bedre måleteknologi, som eliminerer visse systematiske fejlkilder. At der introduceres nye, er en anden historie.

5.3 Spatiale fordeling af samlede værdier

I det følgende opgøres for 2013 samlede værdier af korrektionsfaktor, samt målt og korrigeret nedbør inkl. differensen mellem disse. Værdierne præsenteres både i form af samlede landstal og som kort, der viser den regionale fordeling af værdierne. Der beregnes såvel månedstal som årsværdier.

Korrektionsfaktoren for en pixel beregnes på døgnbasis som forholdet mellem korrigeret og målt nedbør vha. $K_\alpha = P_c/P_m$. Korrektionsprocenten beregnes som $K_\% = 100(K_\alpha - 1)$. Hvis K_α skal beregnes for en længere periode end et døgn og et areal større end en pixel, fås korrektionsfaktoren ved at beregne, hvor stor en samlet vandmængde der tilflyder det givne areal for 2013. Eller med andre ord, arealnedbøren før og efter korrektion.

Det kommer ud på et, om den samlede vandmængde omregnes til mm nedbør pr. pixel pr. dag eller ej. Således beregnes korrektionsfaktoren K_α for landet som helhed som forholdet mellem målt og korrigeret nedbør, der er summeret henover samtlige pixels (x,y) og døgn (d) for 2013:

$$\overline{K_\alpha} = \frac{\frac{1}{XY} \sum_{d=1}^D \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y P_c(dxy)}{\frac{1}{XY} \sum_{d=1}^D \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y P_m(dxy)} = \frac{\sum_{d=1}^D \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y P_c(dxy)}{\sum_{d=1}^D \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y P_m(dxy)} = \frac{\sum_{d,x,y} P_c}{\sum_{d,x,y} P_m}$$

Hvor D = antal døgn i perioden, og X·Y = antal pixels, dvs. arealet for fladen. Den samlede korrektionsprocent $K_\%$ for hele landet for 2013 beregnes ved:

$$\overline{K_\%} = 100 \left(\frac{\sum_{d,x,y} P_c}{\sum_{d,x,y} P_m} - 1 \right)$$

Det giver ikke umiddelbart mening at sammenligne landstal for $K_\%$ med den rumlige fordeling af $K_\%$, selvom de to tal er beregnet for den samme periode. Kortene over $K_\%$ afbilder værdierne pr. pixel (se eksempel i figur 7), og øjet vil uvilkårligt forsøge at skønne en samlet $K_\%$ -værdi som middelværdien for samtlige pixels i kortet. Imidlertid er hver enkelt pixel beregnet som:



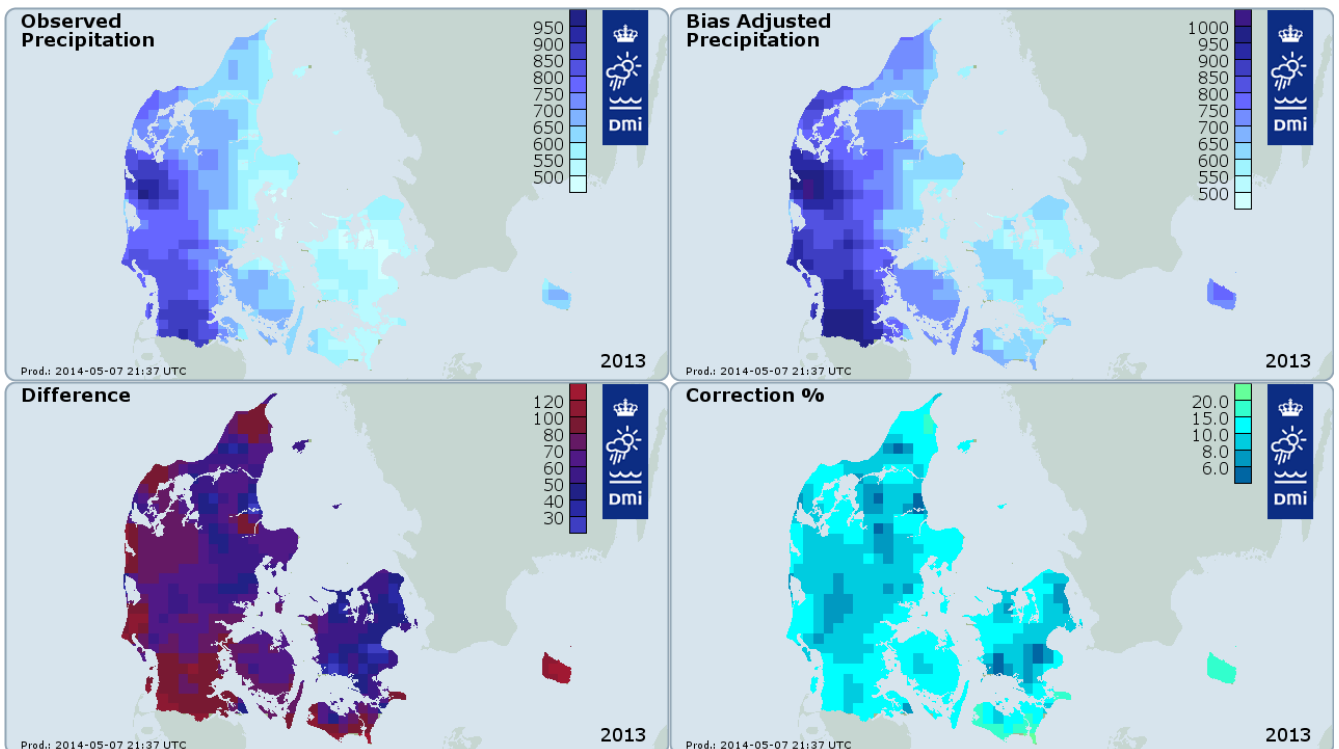
$$K_{\%(pix)} = 100 \left(\frac{\sum_{d=1}^D P_{c(d)}}{\sum_{d=1}^D P_{m(d)}} - 1 \right)$$

Beregning af et landstal for korrektionsprocent ud fra pixelværdier, $K_{\%(pix)}$, er beregnet som en middelværdi, og vil derfor give et tal, der er en anelse forskelligt fra $K_{\%}$ beregnet ovenfor. Det ses ved sammenligning mellem nedenstående beregningsudtryk for $K_{\%(pix)}$ og udtrykket for $K_{\%}$:

$$\overline{K_{\%(pix)}} = \frac{1}{XY} \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y 100 \left(\frac{\sum_{d=1}^D P_{c(d)}}{\sum_{d=1}^D P_{m(d)}} - 1 \right)_{x,y}$$

I appendiks A er vist den rumlige fordeling af $K_M(\%)$ for de enkelte måneder i året. Desuden er vist kort over målt og korrigeret nedbør samt differensen mellem de to kort.

Figur 9 viser korrektionsniveauet for 2013 på årsbasis. Dette kort er særlig interessant, da det nuancerer det generelle K-niveau på 10,47 for året. Der ses betragtelige regionale forskelle, som kan tilskrives systematiske rumlige variationer i de styrende variable. Korrektionsniveauet pr. måned fremgår af Appendiks A: månedskorrekationer for 2013.



Figur 9. Samlet værdi hhv. differens mellem målt og korrigeret nedbør samt korrektionsprocent for 2013.



Generelt er det mildere og mere blæsende ved kysterne, særlig vestvendte kyster, og der falder mere begrænsede mængder sne her. I indlandet er vindhastigheden lavere, det er koldere, og der falder mere sne. Desuden ses der forskelle mellem Jylland og øerne. Hvor læforholdene på kortere tidsskala såsom de enkelte døgn og endog måneder kan ses afspejlet i korrektionsforholdene ud over landet, er disse forskelle udjævnet på årsbasis og også på månedsbasis for hele perioden. Der kan ses systematiske forskelle henover landet i korrektionsniveauet. Indlandet har lavere K_M værdier, mens visse kystegne har de højeste korrektioner, særlig kyster ud til Østersøen, men også Nordsøen og Kattegat. Indlandet i Midt- og Nordjylland har generelt de laveste korrektioner, men også det indre af Fyn og Sjælland er godt med.

Opstillet helt simpelt skyldes korrektionsniveauet henover et år den kombinerede effekt af, hvor hyppigt der forekommer sne med høje korrektioner på den ene side og høje vindhastigheder på den anden. I det lange tidsperspektiv er vindhastigheden generelt lavere inde over land, men det er også her, snedebør er mest sandsynlig. Det er to modsatrettede komponenter, hvor det er afgørende for kyst-land variationen i korrektionsniveauet, ved hvilke vindhastigheder der forekommer sne, og hvor ofte sneen forekommer. Der er sandsynligvis et ”tipping point”, hvor bestemte kombinationer af vindhastighed, snedebør og snehyppighed får $K_M(\%)$ til at skifte fra at være lavest til at være højest inde i landet.

5.4 Opsamling

Månedlige og årlige værdier af korrigeret nedbørmængde og korrektionsprocent $K_M(\%)$ er beregnet for 2013, og der er produceret såvel samlet landgældende statistik som kort, der viser de rumlige variationer. Der kan konstateres store variationer i korrektionsniveauet fra måned til måned, og sammenlignet med korrektioner for 1989-2010, hvor Hellmann måleren udgjorde nedbørnettet, er korrektionsniveauet for 2013 systematisk lavere i alle årets måneder, også når der tages højde for mængden af sne og vindhastighed. Denne ændring i forhold til tidligere kan hovedsagelig tilskrives de automatiske vejemåleres bedre evne end Hellmann til at måle nedbør, specielt at wettingtabet er fraværende.

Den samlede korrektion er på landsplan blev for 2013 fundet til 10,47 % svarende til en forøgelse af den målte årsnedbørmængde fra 652,9 til 721,3 mm, eller i alt 68,4 mm. I gennemsnit udgjorde sne 6,1 % af den korrigerede årsnedbør med top i marts, hvor 98,1 % af nedbøren faldt som sne. Denne måned har da også den suverænt højeste $K_M(\%)$ værdi.



6. Modeltekniske specialtilfælde og andre eksempler

Datasættet for nedbørkorrektion består af punktværdier og kort over målt og korrigeret nedbør, kort over ændringen i nedbørmængde, samt kort over korrektionsprocenten. Disse kort foreligger som daglige, månedlige og årlige kort for 2013. De daglige kort repræsenterer det meteorologiske døgn, hvor datoen angiver observationsperiodens afslutning. Perioden er tidsrummet kl. 00z det angivne døgn til kl. 24z det døgn, der er angivet på kortet.

På dagsbasis optræder der af og til tilsyneladende fejlagtige detaljer, som imidlertid kan forklares ved nærmere eftersyn. Der er følgende typer modeltekniske ”specialtilfælde”, og disse er tidligere blevet præsenteret og forklaret for 2011-2012 i det omfang, de kunne identificeres i dette datasæt (Vejen, 2013):

- Små nedbørmængders indvirkning på korrektionsprocenten
- Læforholdenes betydning for korrektionsniveauet
- Korrektion af regn ved meget høje vindhastigheder
- Nedbørtypens betydning for korrektionsresultater: korrektion af sne, korrektion af regn og sne i samme døgn, og atypisk fordeling af nedbørtype ved sne
- Situationer med lokalt meget lav eller meget høj korrektionsprocent
- Stedvis stor forskel mellem målt og korrigeret nedbør
- Effekt af at beregne α vha. lufttemperatur
- Modeltekniske effekter af gridcellernes størrelse

Da specialtilfælde i datasættet for 2013 grundlæggende har samme årsager og virkning som tidligere, henvises der til den pågældende publikation, og i det følgende gives der kun en kort opsummering uden eksempler for 2013.

6.1.1 Små nedbørmængders indvirkning på korrektionsprocenten

Der kan forekomme mange tilfælde, hvor $K_{\%}$ synes urealistisk høj. Sådanne høje værdier kan fremkomme, når den målte nedbørsum er meget lav, og den er målt med en Rimco måler, der også skal korrigeres for wettingtab. Herved får korrektionen for wetting relativt stor vægt i den samlede korrektion. En nedbørmængde på f.eks. 0,2 mm, der er korrigeret til 0,3 eller 0,4 mm, kan derfor få en $K_{\%}$ op til omkring eller pænt over 75 % (bemærk at en evt. afrunding ikke er vist her). Da Rimco målerens nedre opløsning er 0,2 mm, kan effekten af små nedbørmængder ikke give højere $K_{\%}$ værdier end i det viste tilfælde.

6.1.2 Korrektion af regn ved meget høje vindhastigheder

Det er klart, at jo stærkere vindens indflydelse på nedbørmålingen er, des tydeligere vil forskellene i læforhold fra måler til måler træde frem i den rumlige variation i differens og $K_{\%}$. Dette forhold ses mest tydeligt for sne, i mindre grad for slud, men kun i ringe grad for regn, da vindhastigheden ved regn skal være meget høj for at fremkalde store korrektioner. Ikke desto mindre kan det ske, at det blæser så kraftigt under regn, at læforholdene kan anes i den rumlige fordeling af $K_{\%}$ eller i differensen.



6.1.3 Nedbørtypens betydning for korrektionsresultater

Det ligger i korrektionsmodellen, at sne har meget høje korrektioner, selv hvis det blæser moderat med 7 m/s ved korrektionsmodellens øvre gyldighedsgrænse. Ved højere vindhastigheder fikses vindhastigheden ved 7 m/s, og selvom dette strengt taget ikke er helt korrekt, resulterer $K_{\%}$ trods alt i en korrigeret nedbørmængde, der er tættere på den faktiske nedbør end den målte. I det hele taget skal vindhastigheden jfr. modellen ikke ret højt op, førend $K_{\%}$ når langt over 100 %. Fordelingen af vindhastighed vil overordnet set vise sig i fordelingen af $K_{\%}$, men også læforholdene har betydning for de endelige værdier. Således kan lokale læforhold give en uregelmæssige fordeling af differens- og $K_{\%}$ -værdier, hvilket er typisk for korrektion af sne.

Dette kan også forekomme, hvis der optræder sne, slud og regn i samme døgn. Her er der desuden mulighed for at få undersøgt ydeevnen for den praktiske implementering af korrektionsmodellen. Passage af en varmfront om vinteren med overgang fra sne til regn vil typisk vise sig i et højt korrektionsniveau i den ene ende af landet og et lavere i den anden ende, men selvom nedbørholdene ved blandede nedbørtyper kan være komplekse, vil den overordnede fordeling af $K_{\%}$ dog korrekt antyde de store linjer i fordelingen af sne og regn.

6.1.4 Læforholdenes betydning for korrektionen

Nedbørstationer med meget højere eller lavere læindeks end nabostationer vil have en lokal vindhastighed, der er meget afvigende. Dette påvirker naturligvis korrektionsniveauet og i sidste ende $K_{\%}$ for de omkringliggende gridcellerne.

Da læindeks er beregnet ud fra højdevinklen i 8 kompasretninger, kan det reelle læ i godt være anderledes i forhold til den dominerende vindretning for døgnnet. Det er imidlertid vanskeligt at vurdere, hvor stor bias på $K_{\%}$ det giver ikke at tage eksakt højde for læforholdene i vindens retning under nedbør. Det må dog antages, at bias på den lange bane i det store og hele er tilfældig, og at positiv og negativ bias udjævner hinanden.

6.1.5 Effekt af at beregne sneprocent vha. lufttemperatur

Da sneprocenten $\alpha(\%)$ bestemmer, hvor stor en del af døgnets nedbør, der skal korrigeres som sne, er det en åbenlys fejlkilde for nedbørkorrektionen, at $\alpha(\%)$ beregnes ud fra døgnets middeltemperatur og ikke den observerede nedbørstype.

Der kan være vejr-situationer, hvor døgnnet starter med frost, hvorefter temperaturen stiger til over frysepunktet og nedbøren falder som regn. Døgnmiddeltemperaturen kan da være tæt på eller endog under 0 °C, og resultatet er en for stor korrektion af nedbøren. Der kan også være tilfælde, hvor nedbøren falder som sne, hvorefter temperaturen stiger markant over frysepunktet, og døgnmiddelværdien når op over frysepunktet, ja endog op over 2 °C. Nedbøren korrigeres da som slud eller regn, og korrektionen bliver for lav.

De bedste resultater ville opnås, hvis korrektionsmodellens forudsætninger om brug af *observeret* nedbørstype er opfyldt, og hvis der benyttes middelværdi *under nedbør* af temperatur og vindhastighed. Det antages dog, at det samlede antal fejlklassifikationer er forholdsvis lavt, og at kategorisering af sne som regn, og regn som sne forekommer lige ofte hen over en længere periode. Imidlertid har fejlklassifikation af sne større konsekvenser for $K_{\%}$ end en tilsvarende for regn, så det er vanskeligt at bedømme den eksakte effekt af problemet.



6.1.6 Lokalt meget høj eller meget lav korrektionsprocent

Der ses af og til lokale $K_{\%}$ -værdier, der er meget høje i forhold til omgivelserne, nærmest som en slags "hot spots". En tidligere nævnt forklaring i afsnit 6.1.1 angiver lave nedbørmængder og korrektion for wetting på Rimco som årsagen. Lokale afvigelser i $K_{\%}$ kan dog have andre grunde end denne, f.eks. at nedbørnettet er sammensat af flere typer målere. En Geonormåler med Alterskærm vil stikke ud med mistænkeligt lav $K_{\%}$, hvis den er omringet af Pluvio² og/eller Rimco. Omvendt vil en måler, der står meget åbent, stikke ud med en meget høj $K_{\%}$, hvis de nabomålerne står velbeskyttede for vinden. De nævnte effekter vil være særlig tydelige ved små nedbørmængder.

6.1.7 Stedvis stor eller lille forskel mellem målt og korrigeret nedbør

Når nedbøren er faldet som sne, ses der ofte store rumlige variationer i forskellen mellem målt og korrigeret nedbør. Det kan skyldes, at: (1) læforholdene omkring nedbørstationerne kan være meget forskellige i en region, (2) de styrende variable vind, temperatur og nedbørtype kan variere lokalt, (3) der lokalt er målt væsentlig mere nedbør end ved nærliggende stationer.

6.2 Om måling af snenedbør med Rimco

Det har tidligere været en generel erfaring såvel nationalt som internationalt, at tipping-bucket målere pga. opvarmning af måleren er uegnet til måling af sne. Faktisk anbefalede WMO i en stor undersøgelse af nedbørmåleres evne til at måle sne (WMO, 1998) at undlade brug af tipping-bucket målere i egne, hvor en del af årets nedbør falder som sne.

I afsnit 3.2.3 blev der redegjort for særlige effekter for Rimco, og meget tyder på, at den stærkt forbedrede varmestyring i forhold til tidligere også har dæmpet de nævnte problemer med tipping-bucket målere væsentligt. En Rimcomåler, som var opstillet i Jokioinen, Finland, i forbindelse med det ovenfor nævnte WMO-projekt, blev f.eks. opvarmet ved hjælp af en halogenpære, hvilket medførte en ganske voldsom opvarmning sammenlignet med de systemer, der anvendes i dag.

Effekten af den forbedrede varmestyring er tydelig for døgn med sne, idet Rimcomålingerne da som oftest er sammenlignelige med nærliggende målinger med Pluvio² og Geonor. Hvis Rimco er dårlig til måling af sne, burde den *målte* nedbørmængde være systematisk lavere end ellers. Imidlertid har der været rigeligt med eksempler på, at den oprindelige bedømmelse af Rimco bør revideres, selvom eksemplerne ikke er noget endegyldigt bevis.

6.3 Sammenfatning

En række eksempler på daglig nedbørkorrektion er gennemgået med henblik på at identificere og forklare et antal ofte forekommende specialiteter i den rumlige fordeling af hhv. differensen mellem målt og korrigeret nedbørsum og korrektionsprocenten. Dette er gjort for at formidle, at visse tilsyneladende mistænkelige tilfælde ikke er fejl i beregningerne, men skyldes beregningsmetodik, såsom små nedbørmængders betydning for korrektionsprocenten. Ligeledes er læforholdenes betydning for de rumlige variationer dokumenteret og forklaret.

Korrektionsmodellen kræver input af vindhastighed V og lufttemperatur T målt *under nedbør*, regnintensitet I og andel nedbør som sne α godtgjort på basis af *observeret* nedbørtype. Ingen af disse forudsætninger er opfyldt i opsætningen af modellen, idet V og T er døgnmiddelværdier, I tages som klimatologisk værdi, og α bestemmes ud fra døgnværdien af T .



Ikke desto mindre synes resultaterne plausible, og modellen ser ud til at virke efter hensigten i situationer med sne og regn inden for samme døgn. Dog er der fejlkilder, idet T i nogle situationer indikerer sne, selvom nedbøren er faldet som regn, og omvendt. Ligeledes er der rent modeltekniske begrænsninger, idet T og V er beregnet som $20 \times 20 \text{ km}^2$ gridværdier.

I forhold til tidligere eksperimenter, hvor V og T blev taget fra nærmeste vejrstation (Allerup, Madsen og Vejen, 2000), er der dog tale om en forfinelse af korrektionsmodellens opsætning, og beregningsresultaterne ser da også i det store og hele fornuftige ud, ligesom de fundne afvigelser kan forklares, og forslag til forbedringer fremsættes.



7. Sammenfatning

Den dynamiske model for korrektion af fast, blandet og flydende nedbør, som er præsenteret tidligere i forbindelse med korrektion af nedbør for perioden 1989-2010 (Vejen, 2012a), er blevet opdateret og tilpasset ændringerne i DMI's net til måling af nedbør. Dette net består pr. 1/1-2011 af automatiske nedbørmålere af typen Rimco, Pluvio² og Geonor, i modsætning til tidligere hvor nettet i hovedsagen bestod af Hellmann målere. Tilpasningen består i, at der nu benyttes målernespecifikke værdier af wettingtab og empiriske konstanter i korrektionsmodellen. Dog foreligger der ikke i øjeblikket konstanter for Pluvio², men der kan argumenteres for, at denne måler indtil videre korrigeres ved at benytte konstanterne for Hellmann måleren.

Den praktiske implementering for korrektion af automatiske nedbørmålinger er gennemgået. I denne opsætning tager modellen som input døgnværdier af vindhastighed V og lufttemperatur T samt vejrtypen ud fra døgnværdier af T . Modellen er benyttet til at beregne daglige korrektioner ved nedbørstationer, hvorefter korrigeret nedbør ved interpolation er beregnet for hele landet i et net med feltdimensionen $10 \times 10 \text{ km}^2$. På basis heraf er det daglige korrektionsniveau, såvel som det månedlige og årlige for hele perioden, blevet beregnet med henblik på at øge vidensgrundlaget for nedbørforhold og nedbørkorrektion i Danmark.

Månedlige og årlige værdier af korrigeret nedbørmængde og korrektionsprocent $K_M(\%)$ er beregnet for 2013, og der er produceret såvel samlet landgældende statistik som kort, der viser de rumlige variationer. Der kan konstateres store variationer i korrektionsniveauet fra måned til måned, og sammenlignet med korrektioner for 1989-2010, hvor Hellmann måleren udgjorde nedbørnettet, er korrektionsniveauet for 2013 systematisk lavere i alle årets måneder, også når der tages højde for mængden af sne og vindhastighed. Denne ændring i forhold til tidligere kan hovedsagelig tilskrives de automatiske vejrmålernes bedre evne end Hellmann til at måle nedbør, specielt at wettingtabet er fraværende.

Den samlede korrektion på landsplan blev for 2013 beregnet til 10,47 % svarende til en forøgelse af den målte nedbørmængde fra 652,9 til 721,3 mm, eller i alt 68,4 mm. I gennemsnit udgjorde sne 6,1 % af den korrigerede årsnedbør med top i marts 2013 med 98,1 % af nedbøren som sne. Denne måned har da også den højeste $K_M(\%)$ værdi.

Således er korrektionsmodellen og dens praktiske implementering tilpasset de nutidige målemetoder mht. målinger af nedbør i Danmark. Der udestår at fremskaffe og implementere korrektionskonstanter for Pluvio², men sådanne forventes tilgængelige inden for en overskuelig fremtid, idet internationale såvel som nationale forskningsaktiviteter arbejder på at fastlægge disse.



8. Referencer

- Allerup, P. and H. Madsen (1979): Accuracy of point precipitation measurements. Danish Meteorological Institute, Climatological Papers, No. 5, Copenhagen 1979, 84 pp.
- Allerup, P. and H. Madsen (1980): Accuracy of point precipitation measurements. *Nordic Hydrology*, 11, 57-70.
- Allerup, P., Madsen, H., og Vejen, F. (1997): A Comprehensive Model for Correcting Point Precipitation. *Nordic Hydrology*, vol. 28, 1-20.
- Allerup, P., Madsen, H., og Vejen, F. (1998): Standardværdier (1961-90) af nedbørkorrektioner. Danish Meteorological Institute, Technical Report, No. 98-10, Copenhagen 1998, 19 pp.
- Allerup, P., Madsen, H., and Vejen, F. (2000): Correction of precipitation based on off-site weather information. *Atm. Res.*, Vol. 53, 231-250.
- E. J. Førland (ed), Allerup, P., Dahlström, B., Elomaa, E., Jónsson, T., Madsen, H., Perälä, J., Rissanen, P., Vedin, H., and Vejen, F. (1996): Manual for operational correction of Nordic precipitation data. Nordic Working Group on Precipitation. First Edition. DNMI, Report Nr. 24/96, 66 pp.
- Gordon, J. D. (2003): Evaluation of Candidate Rain Gages for Upgrading Precipitation Measurement Tools for the National Atmospheric Deposition Program. U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 02-4302, Denver, Colorado, 2003, 30 pp.
- HOBE (2007): HOBE, Center for Hydrology, Hydrological Observatory. 61 pp.
- Høgh-Schmidt, K. (1982): Lokal – og mikroklima. 2: Klimaelementer i det jordnære luftlag. DSR Forlag 1982, 157 pp.
- Metcalf, J. R., and B. E. Goodison (1993): Correction of Canadian winter precipitation data. Proc. Eight Symp. on Meteorological Observations and Instrumentation, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc., 338-343.
- Niemczynowicz J. (1986): Dynamic calibration of tipping-bucket rain gauges. *Nordic Hydrology*, vol. 17, 203-214.
- Rasmussen, R., Baker, B., Kochendorfer, J., Meyers, T., Landolt, S., Fischer, A. P., Black, J., Thériault, J. M., Kucera, P., Gochis, D., Smith, C., Nitu, R., Hall, M., Ikeda, K., and E. Gutmann (2012): How well are we measuring snow? The NOAA/FAA/NCAR Winter Precipitation Test Bed. *BAMS*, June 2012, 811-829.
- Refsgaard, J. C., S. Stisen, A. L. Højberg, M. Olsen, H. J. Henriksen, C. D. Børgesen, F. Velen, C. Kern-Hansen, og G. Blicher-Mathiesen (2011): Vandbalance i Danmark. Vejledning i opgørelse af vandbalance ud fra hydrologiske data for perioden 1990-2010. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2011/77. GEUS, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, Klima- og Energiministeriet 2011.



- Savina, M., Schäppi, B., Molnar, P., Burlando, P., and Sevruk, B. (2012): Comparison of a tipping-bucket and electronic weighing precipitation gauge for snowfall. *Atm. Res.*, Vol. 103, 45-51.
- Scharling, M. (1999): KLIMAGRID – DANMARK. Nedbør, lufttemperatur og potentiel fordampning 20*20 & 40*40 km. Danish Meteorological Institute, Technical Report 99-12, Copenhagen 1999, 48 pp.
- Sevruk, B. (1988): Wind speed estimation at precipitation gauge orifice level. WMO, Instruments and Observing Methods, Report No. 33, WMO/TD – No. 222, Paper presented at the WMO Technical Conference on Instruments and Methods of Observation (TECO-1988), Leipzig, German Democratic Republic, 16-20 May 1988, 4 pp.
- Sevruk, B., Hertig, J.A., and Tettamanti, R. (1994): The effect of orifice rim thickness on the wind speed above precipitation gauges. *Atmospheric Environment* vol. 28 issue 11 June, 1994. p. 1939-1944.
- Vejen, F. (2005): Pilotprojekt: Beregning af dynamisk korrektion af nedbør på Samsø, 1989-2003. Teknisk Rapport 05-16, Danmarks Meteorologiske Institut, 56 pp.
- Vejen, F. (2012a): Korrigeret Nedbør 1989-2010. Del 3 af 6: Præsentation. Metodebeskrivelse. Dokumentation og beskrivelse. Dataleverance til DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet. Danmarks Meteorologiske Institut, april 2012, 20 pp (intern projektdokumentation).
- Vejen, F. (2012b): Korrigeret Nedbør 1989-2010. Del 4 af 6: Præsentation af resultater. Dokumentation og beskrivelse. Dataleverance til DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet. Danmarks Meteorologiske Institut, april 2012, 29 pp (intern projektdokumentation).
- Vejen, F. (2013): Korrigeret Nedbør 2011-2012. Del 2 af 2: Beskrivelse af metoder, resultater og modeltekniske specialtilfælde. Dataleverance til DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet. Danmarks Meteorologiske Institut, maj 2013, 58 pp (intern projektdokumentation).
- Vejen, F., Allerup, P., og Madsen, H. (2000): Korrektion for fejlkilder på måling af nedbør. Korrektionsprocenter ved udvalgte stationer. 1989-1999. Danish Meteorological Institute, Technical Report No. 00-20, Copenhagen 2000, 53 pp.
- Wauben, W. (2004): Precipitation amount and intensity measured with the OTT Pluvio. Instrumental Department, INSA-IO, KNMI, 2004, 90 pp.
- WMO (1998): WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison: Final Report. Instruments and Observing Methods, Report No. 67, WMO/TD No. 872, 1998 (ed) Goodison, B. E., Louie, P. Y. T., and Yang, D.
- WMO (2008): Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO-No. 8, 7th edition.



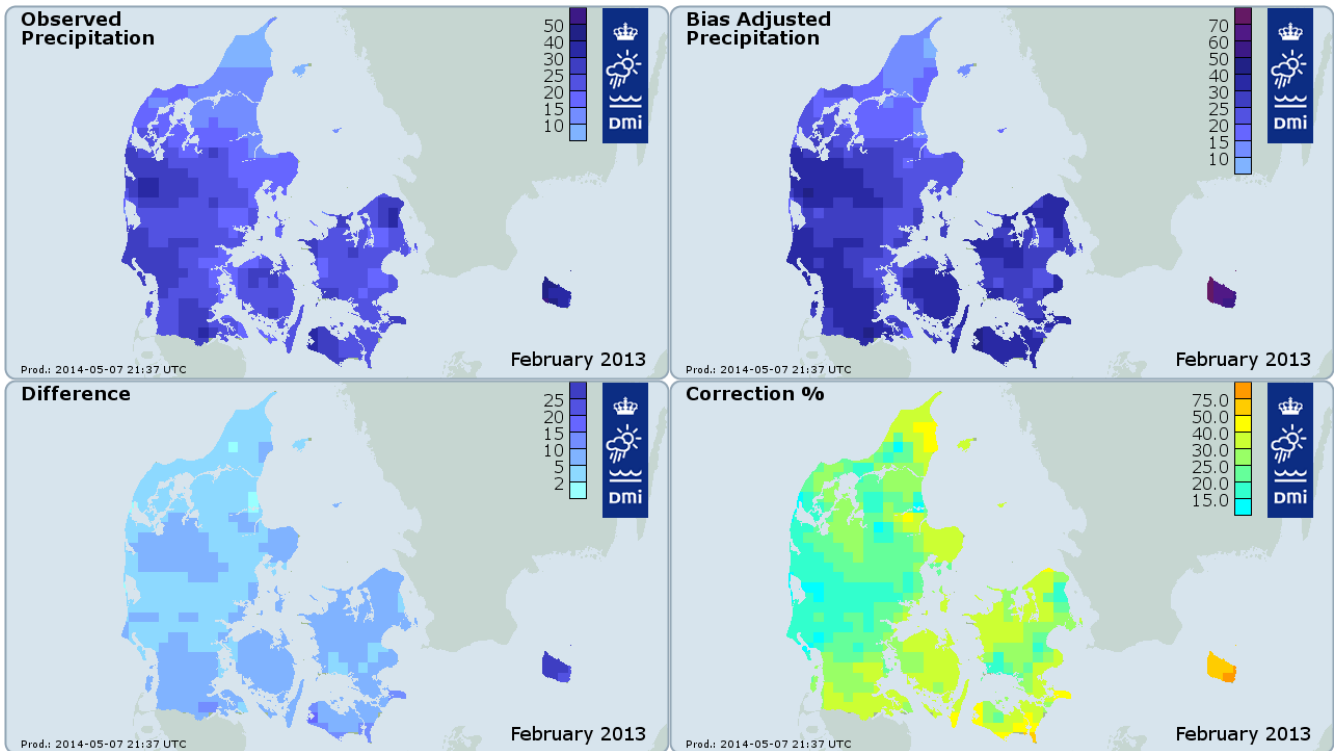
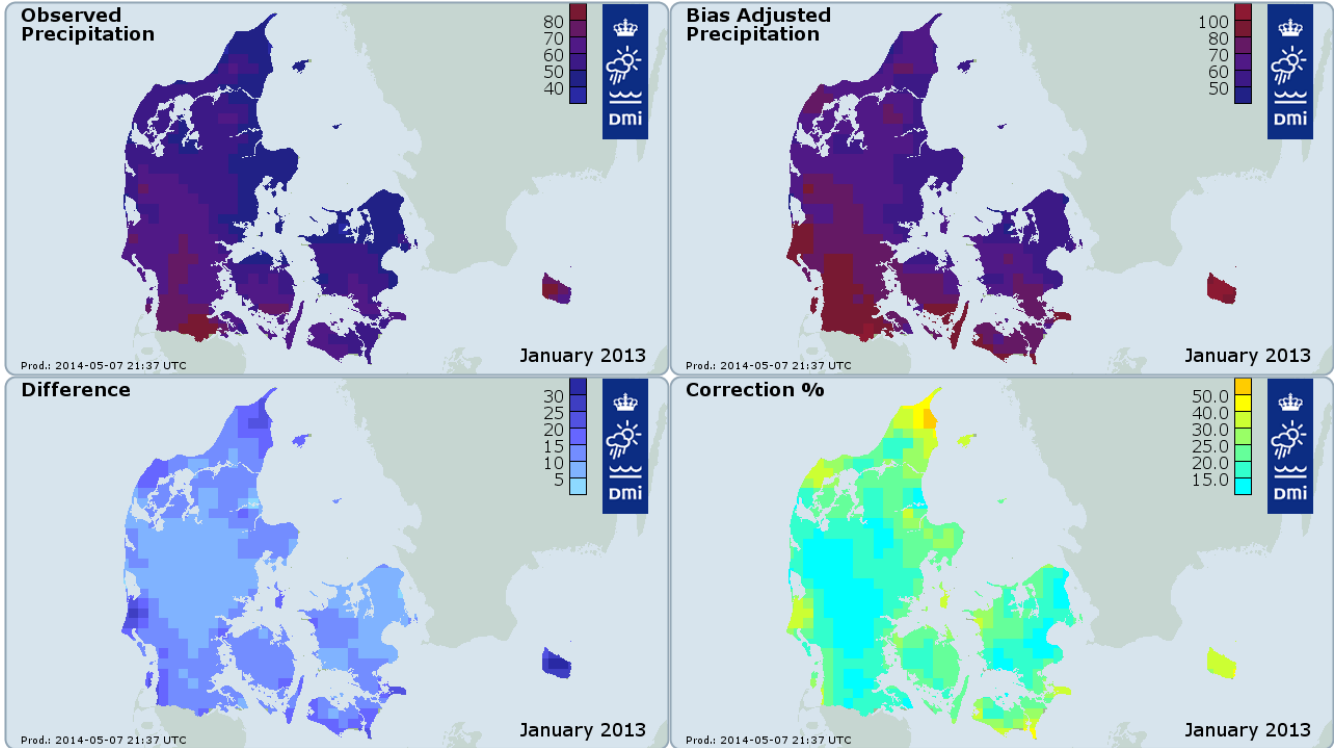
WMO (2011): Joint meeting of CIMO Expert Team on Instrument Intercomparisons (first session) and International Organizing Committee for the WMO Solid Precipitation Intercomparison Experiment (first session), Geneva, Switzerland, 5-7 October 2011. WMO Commission for Instruments and Methods of Observation, OPAG on Standardization and Intercomparisons, Final Report, 50 pp.

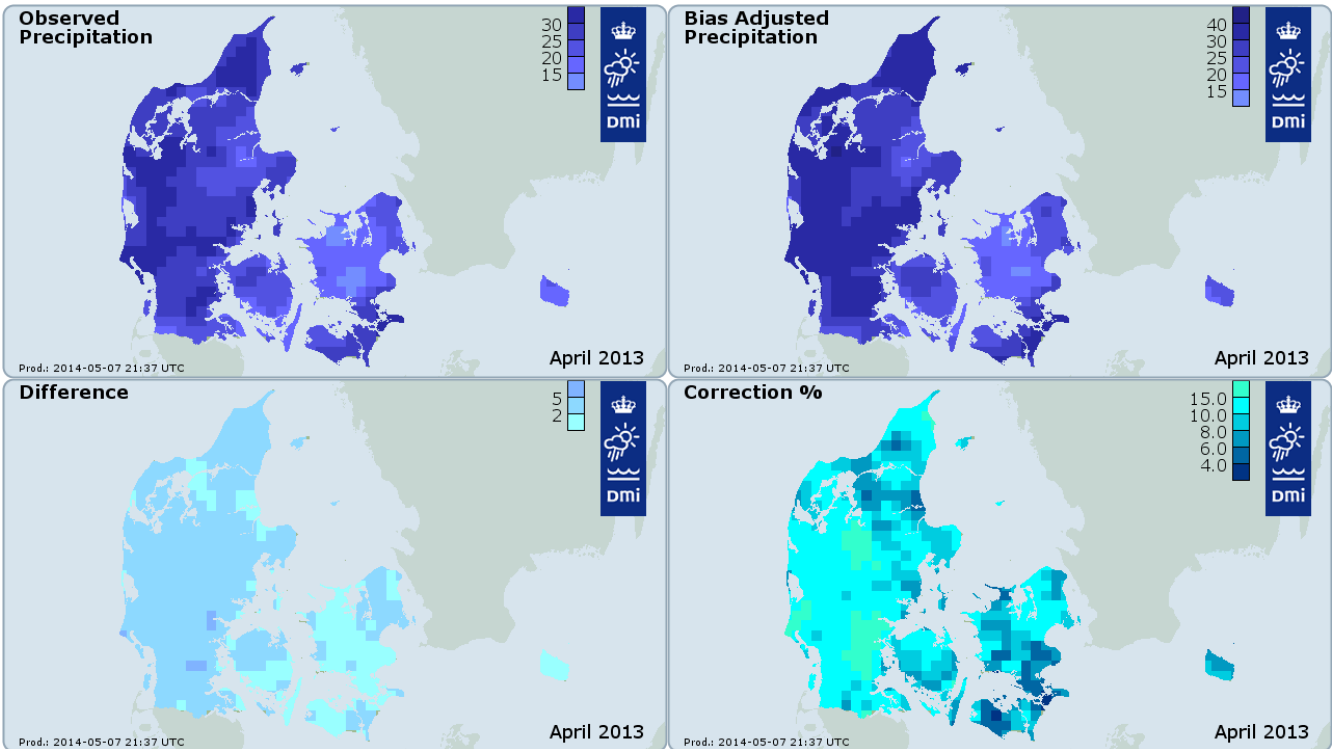
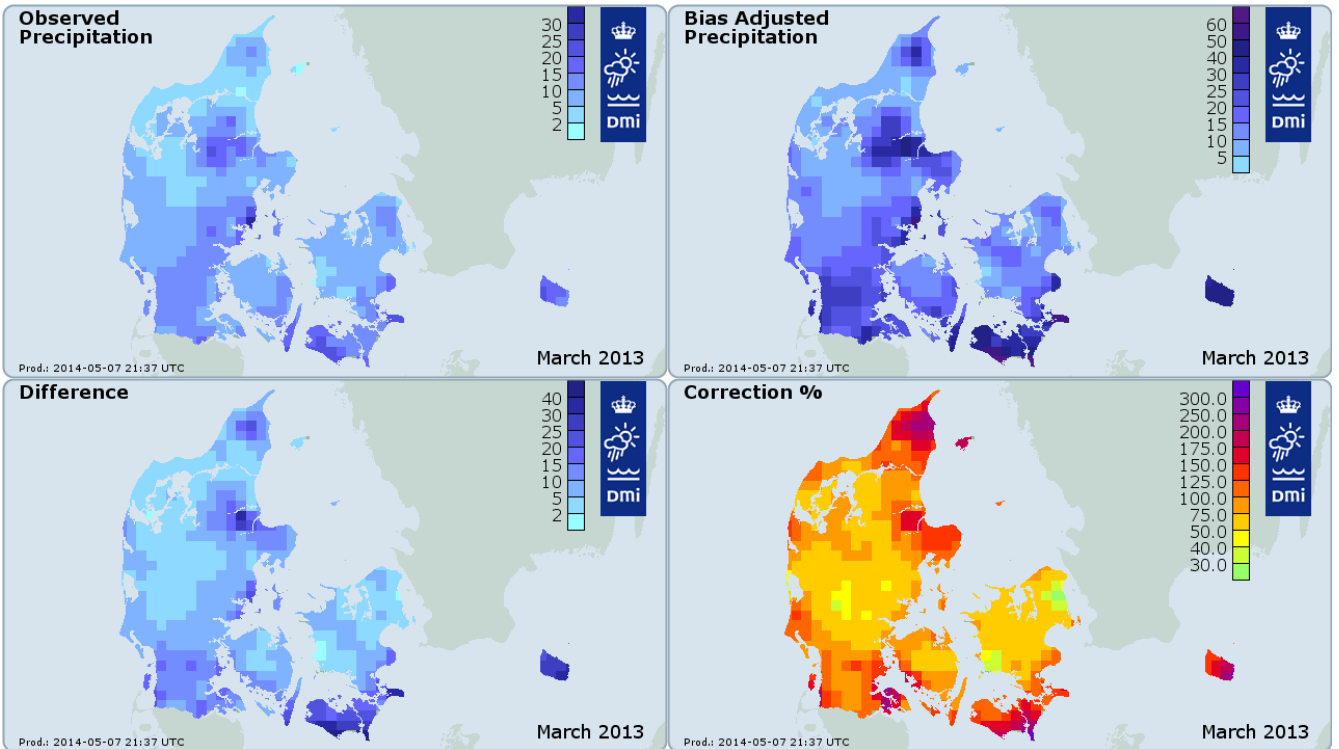
WMO (2012): International Organizing Committee for the WMO Solid Precipitation Intercomparison Experiment, Second Session. Boulder, United States, 11-15 June 2012. WMO Commission for Instruments and Methods of Observation, Final Report, 74 pp.

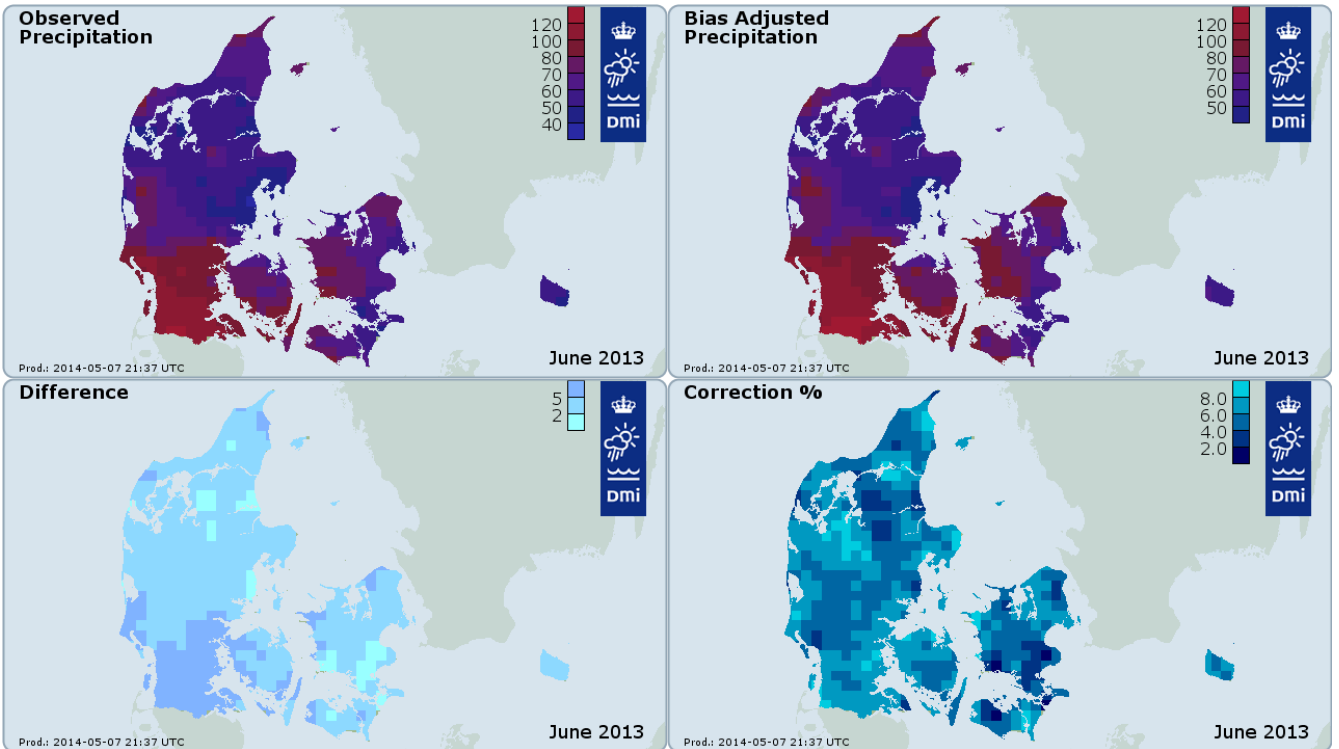
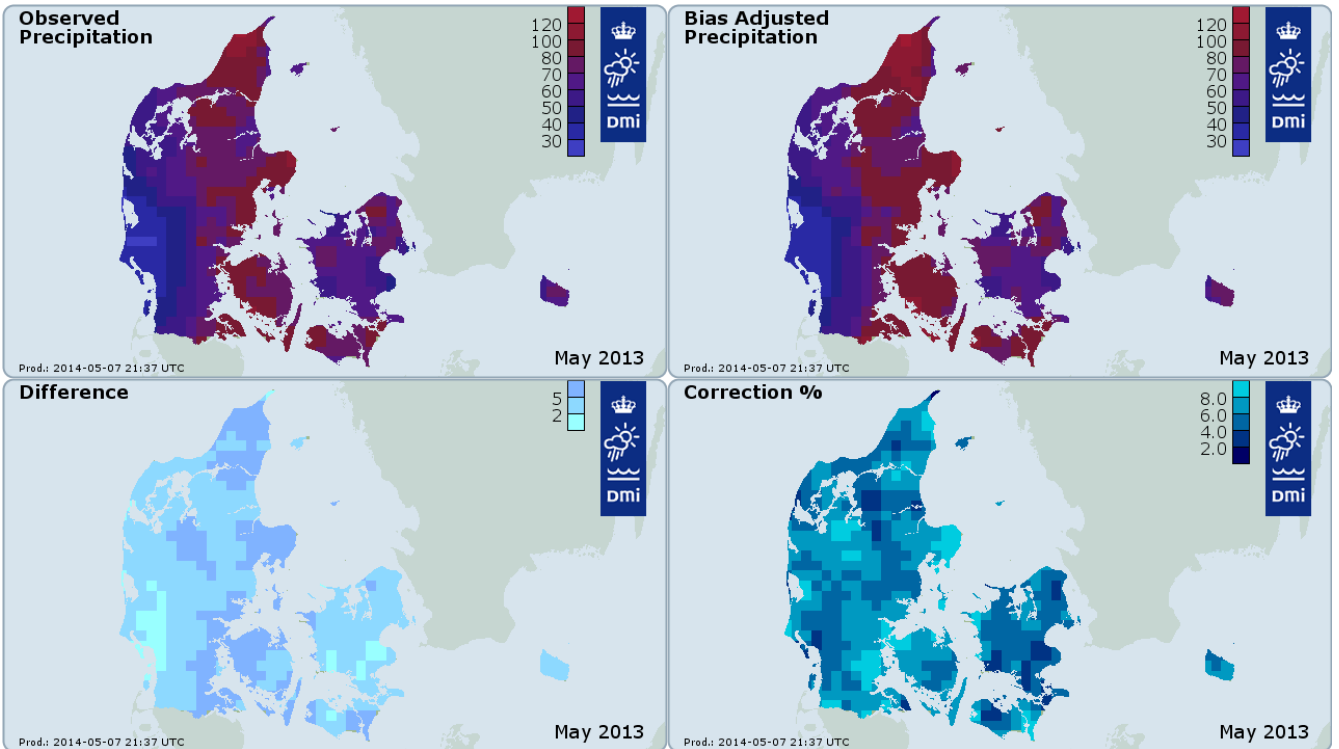
Zweifel, A., Sevruk, B. (2002): Comparative accuracy of solid precipitation measurement using heated recording gauges in the Alps. WCRP Workshop on Determination of Solid Precipitation in Cold Climate Regions. Fairbanks, Alaska.

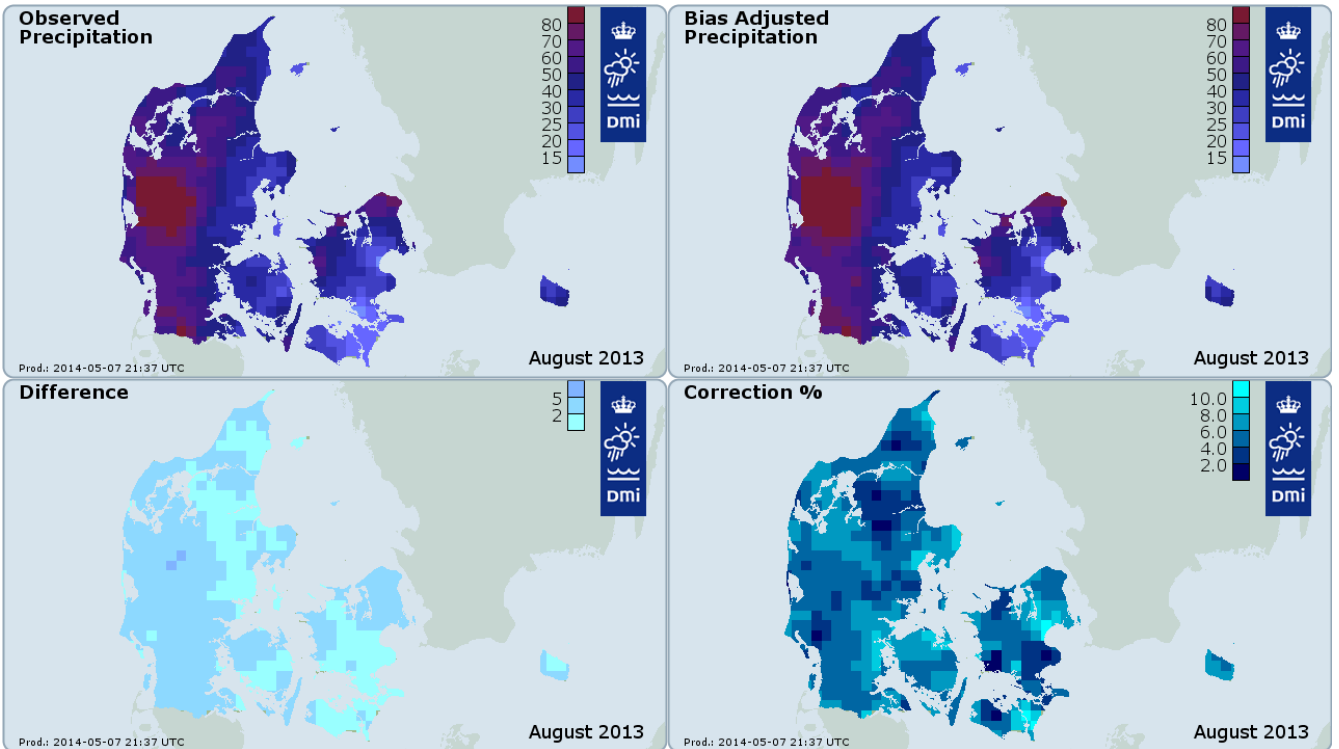
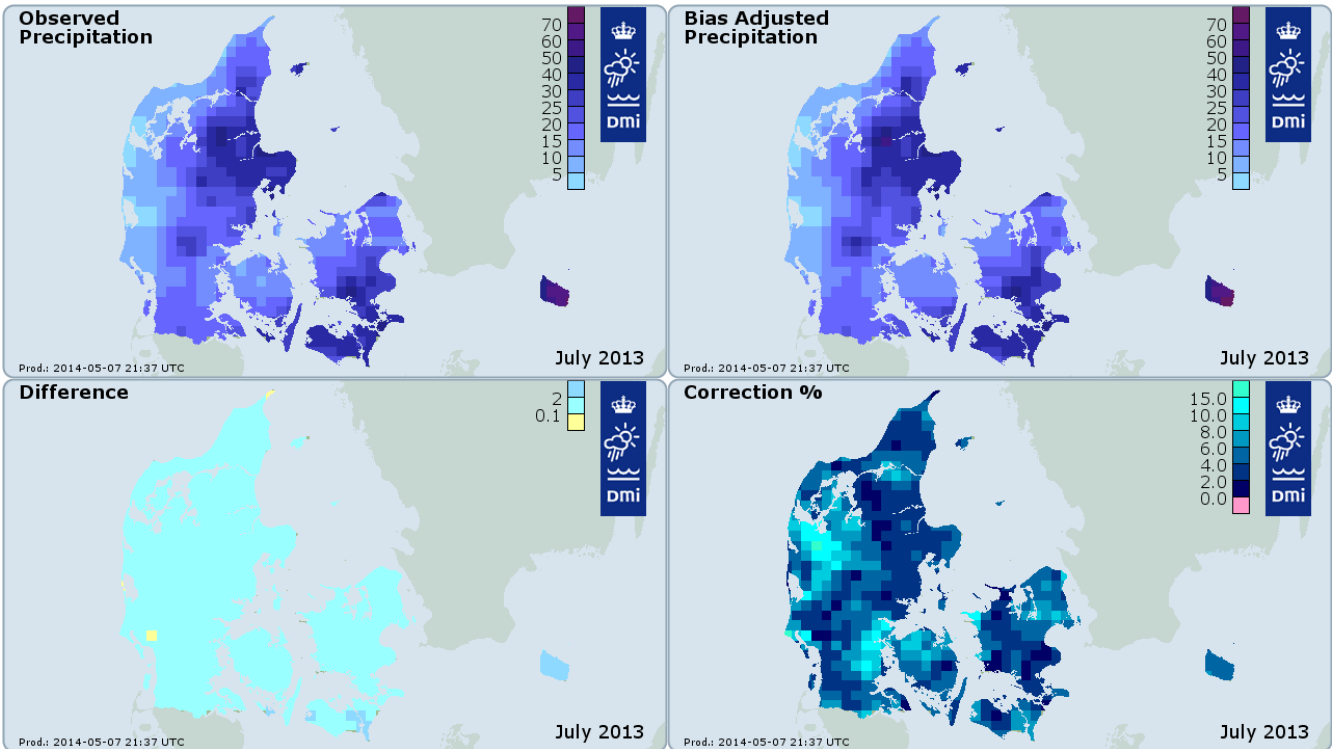


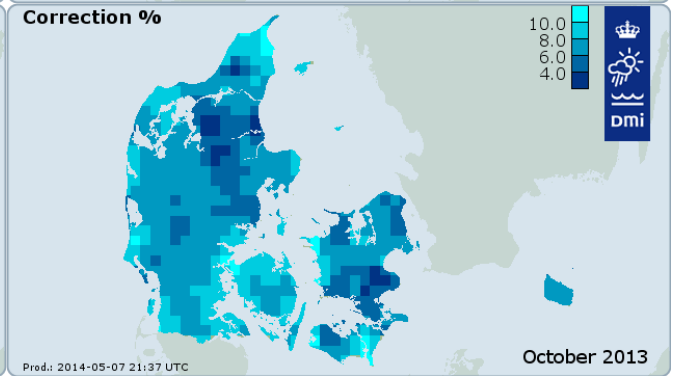
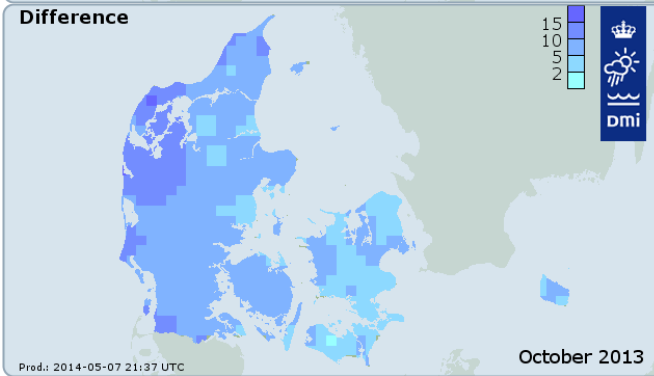
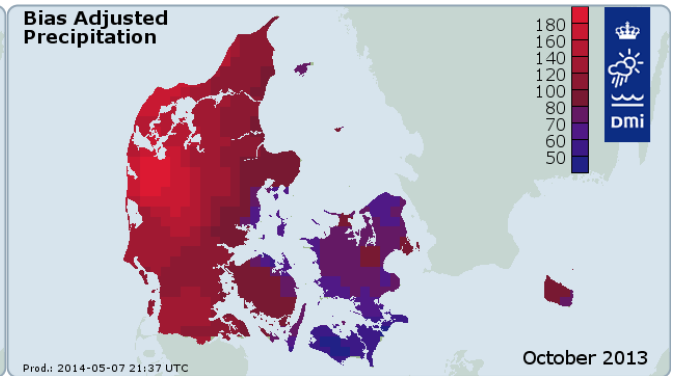
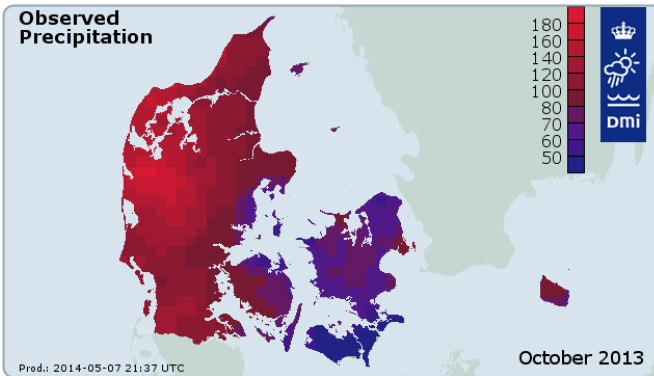
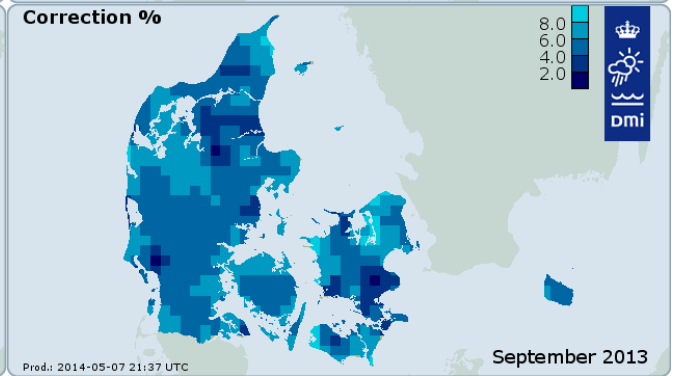
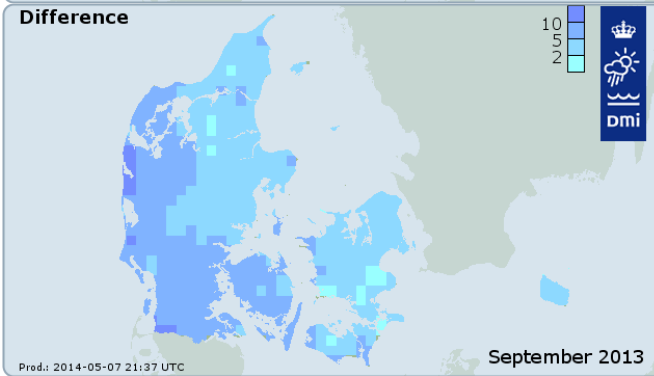
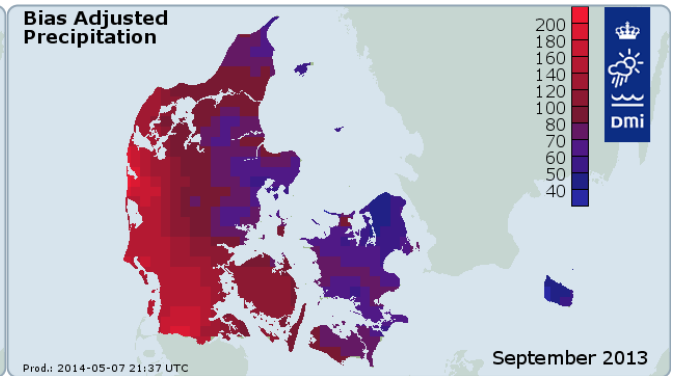
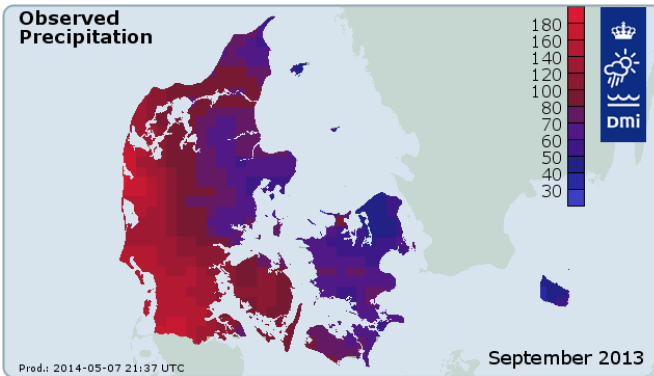
9. Appendiks A: månedskorrekktioner for 2013

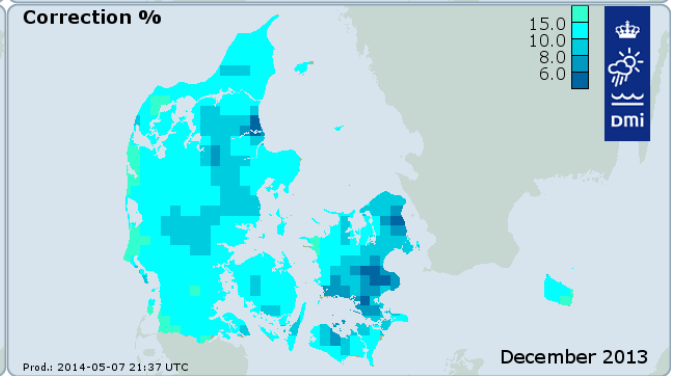
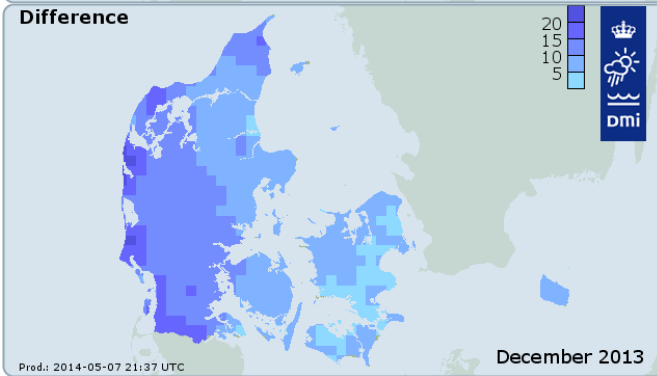
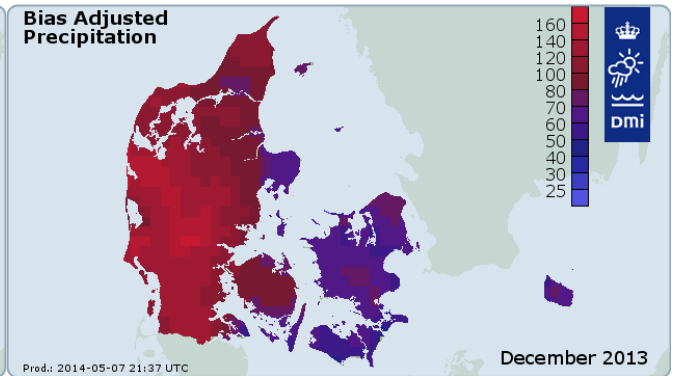
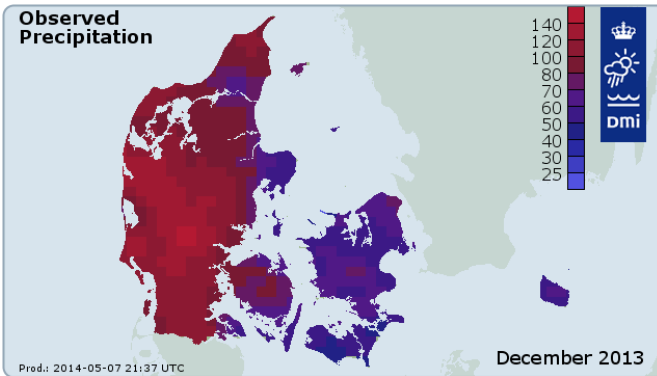
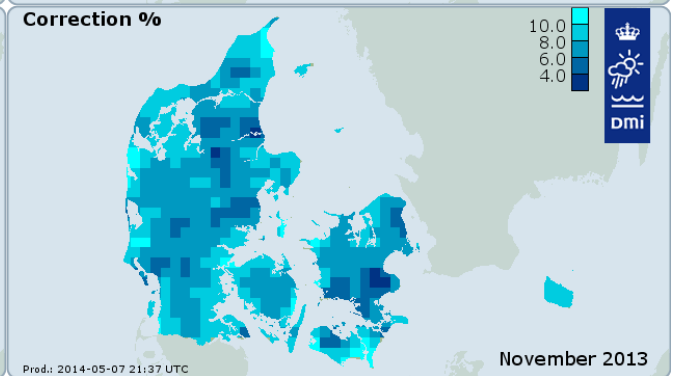
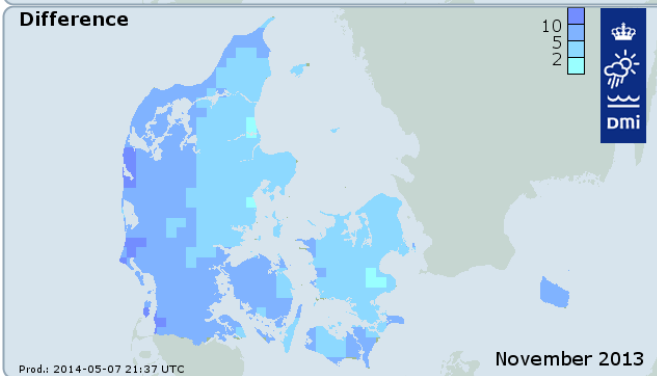
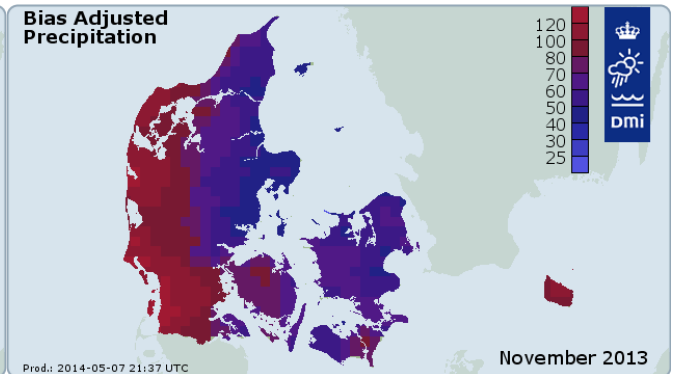
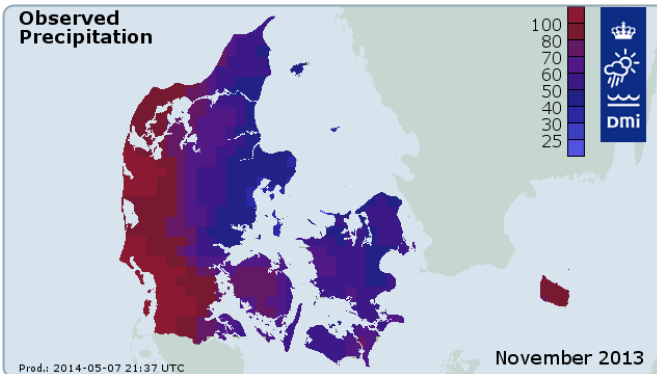














Previous reports

Previous reports from the Danish Meteorological Institute can be found on:

<http://www.dmi.dk/laer-om/generelt/dmi-publikationer>



Dmi
Klima- og Energiministeriet

Dokumentation og beskrivelse

Korrigeret Nedbør 1989-2010

Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Del 1 af 6 Punktværdifiler

Version 09.03.2012

Hanne Jensen
Danmarks Meteorologiske Institut



Indhold:

Resumé.....	3
Output i datafil	4
Eksempel på datafil.....	4
Beskrivelse af indholdet i en datafil.....	5
Temperatur og vindhastighed / gridnr.....	6
Status.....	7



Resumé

Dette notat er ét ud af seks dokumentationsnotater, der beskriver datafiler, metode, generelle resultater samt modeltekniske specialtilfælde i projekt ”Korrigeret nedbør 1989-2010; Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet” .

De fem dokumentationsnotater omhandler:

Del 1: Punktværdifiler

Del 2: Gridværdifiler

Del 3: Metodebeskrivelse

Del 4: Resultater

Del 5: Modeltekniske specialtilfælde

Del 6: Grafikfiler

Nærværende notat er Del 1 Punktværdifiler.



De korrigerede punktnedbørsværdier, der er beregnet ud fra den model/metode, der er beskrevet af Flemming Vejen i Del 3 af dokumentationsnotaterne: *Metodebeskrivelse og præsentation af resultater*, er lagt i tabeller i DMI's klimadatabase sammen med de målte nedbørsværdier og en del mellemregninger.

Output i datafil

Data fra tabellerne er udskrevet i en række datafiler. En datafil vil som regel kun indeholde data fra 1 år (fra den 2. januar til den 1. januar det følgende år), da en sådan fil indeholder omkring 200.000 linjer.

Eksempel på datafil

```
dato;statid;easting;northing;gridnr;maalertype;laeIndex;T;Tvalid;V10;V1.5;Vlae;Vlaevalid;alfa;W;I;Ivalid;z0;kr;ks;Pm;Pc;statu
1989-01-02;2001050;586619;6391607;20098;hellmann;8.0;5.6;5.6;5.2;2.5;2.0;2.0;0.0;0.16;1.12;1.12;0.25;1.0777;1.5741;0.0;0.0;0
1989-01-02;2001450;585900;6388510;20098;hellmann;21.0;5.6;5.6;5.2;2.5;1.3;1.3;0.0;0.16;1.12;1.12;0.25;1.0501;1.3981;0.3;0.5;0
1989-01-02;2002050;580504;6382155;20098;hellmann;36.0;5.6;5.6;5.2;2.5;0.3;0.3;0.0;0.16;1.12;1.12;0.25;1.0191;1.2193;0.0;0.0;0
1989-01-02;2002550;570800;6382670;20082;hellmann;13.0;5.5;5.5;5.2;2.5;1.7;1.7;0.0;0.16;1.12;1.12;0.25;1.067;1.5052;0.0;0.0;0
1989-01-02;2003050;566560;6381260;20082;hellmann;30.0;5.5;5.5;5.2;2.5;0.7;0.7;0.0;0.16;1.12;1.12;0.25;1.0314;1.2869;0.0;0.0;0
1989-01-02;2005050;556418;6383047;20065;hellmann;6.0;5.4;5.4;5.4;2.6;2.2;2.2;0.0;0.16;1.12;1.12;0.25;1.085;1.6287;0.0;0.0;0
1989-01-02;2005550;545372;6363796;20066;hellmann;15.0;5.5;5.5;5.1;2.5;1.6;1.6;0.0;0.16;1.12;1.12;0.25;1.0616;1.4708;0.0;0.0;0
1989-01-02;2006050;560830;6366610;20083;hellmann;22.0;5.8;5.8;4.5;2.2;1.0;1.0;0.0;0.16;1.12;1.12;0.25;1.0425;1.3529;0.0;0.0;0
1989-01-02;2008550;576330;6364040;20083;hellmann;11.0;5.8;5.8;4.5;2.2;1.6;1.6;0.0;0.16;1.12;1.12;0.25;1.0625;1.473;0.0;0.0;0
1989-01-02;2009050;584430;6365910;20099;hellmann;41.0;5.4;5.4;5.1;2.5;0.0;0.0;0.0;0.16;1.12;1.12;0.25;1.0089;1.1607;0.0;0.0;0
1989-01-02;2010050;589750;6369600;20099;hellmann;36.0;5.4;5.4;5.1;2.5;0.3;0.3;0.0;0.16;1.12;1.12;0.25;1.0189;1.2149;0.0;0.0;0
1989-01-02;2012050;590175;6355870;20100;hellmann;8.0;5.6;5.6;4.5;2.2;1.8;1.8;0.0;0.16;1.12;1.12;0.25;1.068;1.5103;0.1;0.3;0
1989-01-02;2012550;583350;6354660;20100;hellmann;27.0;5.6;5.6;4.5;2.2;0.8;0.8;0.0;0.16;1.12;1.12;0.25;1.0335;1.3;0.0;0.0;0
1989-01-02;2014050;571543;6351979;20084;hellmann;27.0;5.3;5.3;4.5;2.2;0.8;0.8;0.0;0.16;1.12;1.12;0.25;1.0335;1.2976;0.0;0.0;0
1989-01-02;2015050;572909;6347110;20084;hellmann;22.0;5.3;5.3;4.5;2.2;1.0;1.0;0.0;0.16;1.12;1.12;0.25;1.0425;1.3515;0.5;0.7;0
1989-01-02;2016050;558790;6352862;20067;hellmann;9.0;5.5;5.5;4.6;2.2;1.8;1.8;0.0;0.16;1.12;1.12;0.25;1.0675;1.5084;0.0;0.0;0
```

Datafilen kan indlæses direkte i Excel, hvorefter den ser således ud:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	dato	statid	easting	northing	gridnr	maalertype	laeIndex	T	Tvalid	V10	V1.5	Vlae	Vlaevalid	alfa	W	I	Ivalid	z0	kr	ks	Pm	Pc	status
2	02-01-1989	2001050	586619	6391607	20098	hellmann	8.0	5.6	5.6	5.2	2.5	2.0	2.0	0.0	0.16	1.12	1.12	0.25	10.777	15.741	0.0	0.0	0
3	02-01-1989	2001450	585900	6388510	20098	hellmann	21.0	5.6	5.6	5.2	2.5	1.3	1.3	0.0	0.16	1.12	1.12	0.25	10.501	13.981	0.3	0.5	0
4	02-01-1989	2002050	580504	6382155	20098	hellmann	36.0	5.6	5.6	5.2	2.5	0.3	0.3	0.0	0.16	1.12	1.12	0.25	10.191	12.193	0.0	0.0	1
5	02-01-1989	2002550	570800	6382670	20082	hellmann	13.0	5.5	5.5	5.2	2.5	1.7	1.7	0.0	0.16	1.12	1.12	0.25	1.067	15.052	0.0	0.0	0
6	02-01-1989	2003050	566560	6381260	20082	hellmann	30.0	5.5	5.5	5.2	2.5	0.7	0.7	0.0	0.16	1.12	1.12	0.25	10.314	12.869	0.0	0.0	0
7	02-01-1989	2005050	556418	6383047	20065	hellmann	6.0	5.4	5.4	5.4	2.6	2.2	2.2	0.0	0.16	1.12	1.12	0.25	1.085	16.287	0.0	0.0	0
8	02-01-1989	2005550	545372	6363796	20066	hellmann	15.0	5.5	5.5	5.1	2.5	1.6	1.6	0.0	0.16	1.12	1.12	0.25	10.616	14.708	0.0	0.0	0
9	02-01-1989	2006050	560830	6366610	20083	hellmann	22.0	5.8	5.8	4.5	2.2	1.0	1.0	0.0	0.16	1.12	1.12	0.25	10.425	13.529	0.0	0.0	0
10	02-01-1989	2008550	576330	6364040	20083	hellmann	11.0	5.8	5.8	4.5	2.2	1.6	1.6	0.0	0.16	1.12	1.12	0.25	10.625	1.473	0.0	0.0	0
11	02-01-1989	2009050	584430	6365910	20099	hellmann	41.0	5.4	5.4	5.1	2.5	0.0	0.0	0.0	0.16	1.12	1.12	0.25	10.089	11.607	0.0	0.0	1
12	02-01-1989	2010050	589750	6369600	20099	hellmann	36.0	5.4	5.4	5.1	2.5	0.3	0.3	0.0	0.16	1.12	1.12	0.25	10.189	12.149	0.0	0.0	1
13	02-01-1989	2012050	590175	6355870	20100	hellmann	8.0	5.6	5.6	4.5	2.2	1.8	1.8	0.0	0.16	1.12	1.12	0.25	1.068	15.103	0.1	0.3	0
14	02-01-1989	2012550	583350	6354660	20100	hellmann	27.0	5.6	5.6	4.5	2.2	0.8	0.8	0.0	0.16	1.12	1.12	0.25	10.335	1.3	0.0	0.0	0
15	02-01-1989	2014050	571543	6351979	20084	hellmann	27.0	5.3	5.3	4.5	2.2	0.8	0.8	0.0	0.16	1.12	1.12	0.25	10.335	12.976	0.0	0.0	0
16	02-01-1989	2015050	572909	6347110	20084	hellmann	22.0	5.3	5.3	4.5	2.2	1.0	1.0	0.0	0.16	1.12	1.12	0.25	10.425	13.515	0.5	0.7	0
17	02-01-1989	2016050	558790	6352862	20067	hellmann	9.0	5.5	5.5	4.6	2.2	1.8	1.8	0.0	0.16	1.12	1.12	0.25	10.675	15.084	0.0	0.0	0



Beskrivelse af indholdet i en datafil

Datafilerne er ASCII tekstfiler, hvor data er opdelt i kolonner med semikolon som separator. Der er brugt et punktum som decimalseparator i de kolonner, der indeholder decimaltal. Nedenfor ses en forklaring på indholdet af hver enkel kolonne.

dato	Dato for det døgn, som værdien dækker
statid	DMI stationsnummer med postfix
easting	Målestationens easting-koordinat (ed50 zone 32)
northing	Målestationens northing-koordinat (ed50 zone 32)
gridnr	Nummeret på den 20km-gridcelle, hvor lufttemperatur og vindhastighed er taget fra
maalertype	Regnmålertypen (Hellmann, Pluvio osv.)
laeindex	Stationens læindex (beregnet ud fra højdevinkler målt ved nedbørmåleren)
T	Lufttemperaturen i °C (grid 20km værdi)
Tvalid	Lufttemperatur i °C (grid 20km værdi) evt. tilrettet inden for gyldighedsintervallet
V10	Vindhastighed i m/s (grid 20km værdi)
V15	Vindhastigheden i korrigeret til 1,5 meters højde
Vlae	Vindhastigheden korrigeret for læforhold
Vlae_valid	Vindhastigheden korrigeret for læforhold og evt. tilrettet inden for gyldighedsintervallet
alfa	Snefraktionen (antagelse om nedbørens art)
W	Wettingtab
I	Regnintensitet
Ivalid	Regnintensitet evt. tilrettet inden for gyldighedsintervallet
z0	Ruhedsparameter
kr	Korrektionsfaktor for regn
ks	Korrektionsfaktor for sne
Pm	Den målte nedbørmængde i mm
Pc	Den korrigerede nedbørmængde i mm
status	Information om værdierne

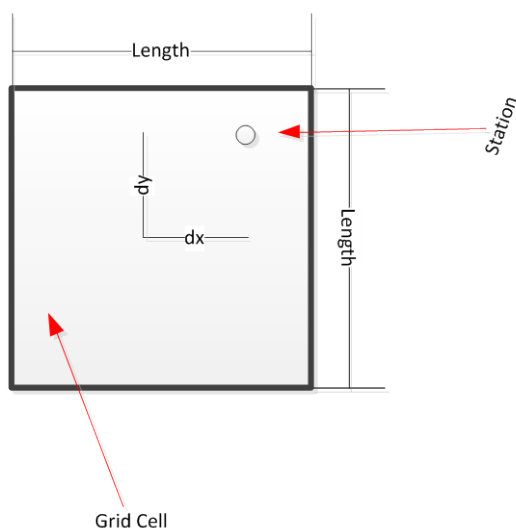
Temperatur og vindhastighed / gridnr

De døgnværdier af temperatur og vindhastighed, der indgår i beregningen af korrigeret nedbør, er udvalgt fra 20km gridværdier af 101 (Døgnmiddeltemperatur) og 301 (Døgnmiddel af vindhastighed). Reference: *DMI Technical Report 99-12 KLIMAGRID – DANMARK, Nedbør, lufttemperatur og potentiel fordampning 20*20 & 40*40 km.*

Hvilken gridcelle, der repræsenterer den enkelte station, er bestemt således:

En station befinder sig i en gridcelle, hvis både den vandrette og lodrette afstand mellem stations koordinater og gridcellens midtpunkt er mindre end den halve sidelængde.

If ($dy < \text{Length}/2$ and $dx < \text{Length}/2$)





Status

Status fortæller noget om de værdier, der indgår i beregningen af den korrigerede nedbørværdi.

Status har en talværdi, hvor hvert ciffer har en speciel betydning. Cifrene tælles fra højre til venstre.

Cifferværdi	Ciffer 4	Ciffer 3	Ciffer 2	Ciffer 1
Information om:	IValid	TValid	VLae	Laeindex
0	OK	OK	OK	OK
1	Ændret fra >15 til 15	Ændret fra -12 til 12	Ændret fra negativ til 0	Laeindex > 30
2			Ændret fra >7 til 7	
3			Ændret fra >15 til 15	
4				
5				

I punktværdifilerne fra 1989-2010 indgår kun de stationer, der har læindex ≤ 30 , så i disse filer findes der 2 forskellige værdier i status: 0 og 20.

Ud fra ovenstående skema kan betydningen af de 2 værdier bestemmes:

- 0: Alt er ok (ingen ekstra information)
- 20: VLae er ændret fra en værdi større end 7 til 7



Dmi
Klima- og Energiministeriet

Dokumentation og beskrivelse

Korrigeret Nedbør 1989-2010

Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Del 2 af 6 Gridværdifiler

Version 09.06.2012

Kenan Vilic
Danmarks Meteorologiske Institut



Indhold:

Resumé.....	3
Introduktion.....	4
Inputdata.....	4
Outputdata.....	4
Datasæt: Observeret Nedbør	5
Input:	5
Periode	5
Placering.....	5
Datafiler	5
Datasæt: Korrigeret Nedbør.....	5
Input:	5
Periode	5
Placering.....	5
Datafiler	5
Datastruktur.....	6



Resumé

Dette notat er ét ud af seks dokumentationsnotater, der beskriver datafiler, metode, generelle resultater samt modeltekniske specialtilfælde i projekt ”Korrigeret nedbør 1989-2010; Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet” .

De fem dokumentationsnotater omhandler:

Del 1: Punktværdifiler

Del 2: Gridværdifiler

Del 3: Metodebeskrivelse

Del 4: Resultater

Del 5: Modeltekniske specialtilfælde

Del 6: Grafikfiler

Nærværende notat er Del 2: Gridværdifiler



Introduktion

I forbindelse med projektet er der genereret to griddatasæt:

- 1) Observeret nedbør
- 2) Korrigeret nedbør

Datasættet er leveret på et USB stik og den sidste side i dette dokument indeholder en fortegnelse over datastrukturen.

Inputdata

Inputdata til fremstilling af griddatasættet er stationsværdier, der er beskrevet i dokumentationsnotatet "Del 1 Punktværdifiler"

Outputdata

Output data er et "10km x 10km"-datasæt over dansk landområde. Alle datafiler lagres i ASCII format.

Døgnfiler er navngivet med følgende standard: "<yyyy-MM-dd>.txt"

Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (1989 – 2010)
MM – månednummer (01-12)
dd – døgn i måneden (01-31)

Månedfiler er navngivet med følgende to standarder "<yyyy-MM>.txt".

Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (1989 – 2010)
MM – månednummer (01-12)

Årsfiler er navngivet med "<yyyy>.txt"

Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (1989 – 2010)

Filformatet for datafiler: en linje per gridcelle. Hver linje består af følgende felter:

<GridID> <Eastings> <Northings> <Value>

Hvor:

<GridID> - et unikt ID for hver grid celle
<Eastings>
<Northings> - positionen i UTM Zone 32N med ED50 datum for gridcellens centrum.
<Value> - værdien for parameteren. Denne angives med en decimal.

Som separator mellem de forskellige felter bruges et mellemrumstegn (" ").



Datasæt: Observeret Nedbør

Input:

Stationsvalg: Alle stationer fra observeret datasæt der ikke er markeret med label = 1.
(Ref. Se Dokumentationsnotat: Del 1 Punktværdifiler)

Periode

Perioden er [2.1.1989 – 1.1.2011] (begge døgn inklusive)

Placering

Filerne kan findes i mappen: \Dataset\Grid 10km [Daily/Monthly/Yearly]\Observed

Datafiler

Mappe	Indhold
/ Observed	Indeholder interpoleret 10km x10km grid for hver døgn i perioden. Filformat: (gridid, eastings, northings, værdi) Position er angivet i ED50 / UTM zone 32N for centrum af gridcellen

Datasæt: Korrigeret Nedbør

Input:

Stationsvalg: Alle stationer fra korrigeret datasæt der ikke er markeret med label = 1.
(Ref. Se Dokumentationsnotat: Del 1 Punktværdifiler)

Periode

Perioden er [2.1.1989 – 1.1.2011] (begge døgn inklusive)

Placering

Filerne kan findes i mappen: \Dataset\Grid 10km [Daily/Monthly/Yearly]\Corrected

Datafiler

Mappe	Indhold
/ Observed	Indeholder interpoleret 10kmx10km grid for hvert døgn i perioden. Filformat: (gridid, eastings, northings, værdi) Position er angivet i ED50 / UTM zone 32N for centrum af gridcellen



Datastruktur

Resultatet af dette projekt er leveret i form af et datasæt på et fysisk medie (USB Stik). Datasættets struktur er vist nedenfor.

Mappe	Indhold
Station Values	Stationsværdier brugt i projektet (Se Dokumentationsnotat 1: Del 1 Punktværdifiler)
10km Grid Daily Observed Corrected	Griddatasættet som døgnværdier Observeret døgnnedbør Korrigeret døgnnedbør
10km Grid Monthly Observed Corrected	Griddatasættet aggregeret til månedsværdier Observeret døgnnedbør til månedsværdier Korrigeret døgnnedbør til månedsværdier
10km Grid Yearly Observed Corrected	Griddatasættet aggregeret til årsværdier Observeret døgnnedbør til årsværdier Korrigeret døgnnedbør til årsværdier
Documentation	Dokumentation i PDF format



Dmi
Klima- og Energiministeriet

Dokumentation og beskrivelse

Korrigeret Nedbør 1989-2010

Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Del 6 af 6 Grafikfiler

Version 09.06.2012

Kenan Vilic
Danmarks Meteorologiske Institut



Indhold:

Resumé.....	3
Introduktion.....	4
Døgnkort: Observeret/Korrigeret nedbør.....	5
Input:	5
Output:	5
Placering:	5
Måned- og årskort: Observeret/Korrigeret nedbør.....	6
Input:	6
Output:	6
Placering:	6



Resumé

Dette notat er ét ud af seks dokumentationsnotater, der beskriver datafiler, metode, generelle resultater samt modeltekniske specialtilfælde i projekt ”Korrigeret nedbør 1989-2010; Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet” .

De fem dokumentationsnotater omhandler:

Del 1: Punktværdifiler

Del 2: Gridværdifiler

Del 3: Metodebeskrivelse

Del 4: Resultater

Del 5: Modeltekniske specialtilfælde

Del 6: Grafikfiler

Nærværende notat er Del 6: Grafikfiler



Introduktion

I forbindelse med projektet er der genereret to griddatasæt, der er beskrevet i dokumentationsnotatet ”Del 2 Gridværdifiler”.

- 1) Observeret nedbør
- 2) Korrigeret nedbør

De to datasæt er visualiseret i form af 3 x 2 sæt kort:

- 1) Døgnkort
 - observeret nedbør
 - korrigeret nedbør
- 2) Månedskort
 - observeret nedbørsum
 - korrigeret nedbørsum
- 3) Årskort
 - observeret nedbør
 - korrigeret nedbør

Døgnkort: Observeret/Korrigeret nedbør

Input:

Inputdata til fremstilling af kort er stationsværdier, der er beskrevet i dokumentationsnotatet ”Del 1 Punktværdifiler” og gridværdier, der er beskrevet i dokumentationsnotatet ”Del 2 Gridværdifiler”.

Output:

Output data er en visualisering af ”10km x 10km”-datasæt over dansk landområde. Kortene er vist i UTM Z32. Stationsværdier er vist som tal på kortet. Nedbørsum ≥ 5.0 mm vises med sort skrift mens nedbørsum < 5.0 mm vises med grå skrift. 10km x 10km gridceller er udfyldt med farve svarende til legenden i øverste højre hjørne.

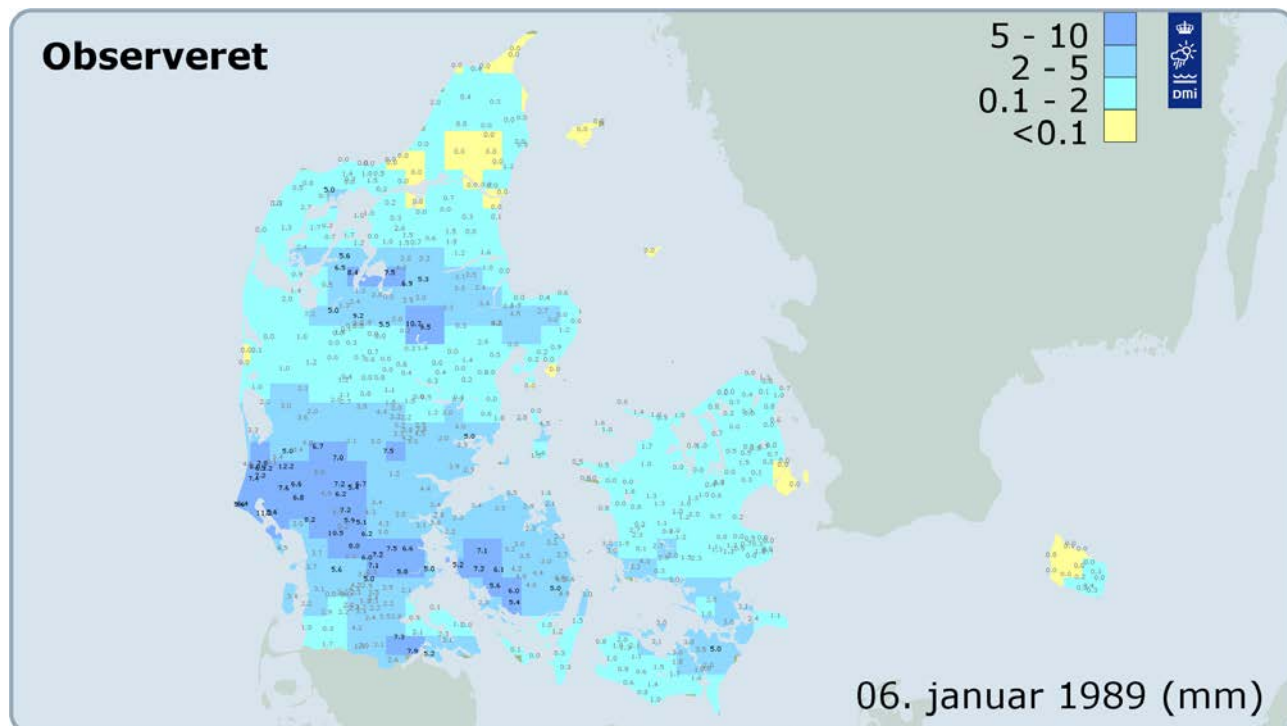
Placering:

Fileerne kan findes i mappen: \Dataset\Grid 10km\Images\Daily [Observed/Corrected].
Døgnkortfiler er navngivet med følgende standard: ”<yyyy-MM-dd>.png”

Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (1989 – 2010)
MM – månedsnummer (01-12)
dd – døgn i måneden (01-31)

Eksempel på et døgnkort



Måneds- og årskort: Observeret/Korrigeret nedbør

Input:

Inputdata til fremstilling af kort er gridværdier, der er beskrevet i dokumentationsnotatet ”Del 2 Gridværdifiler”.

Output:

Output data er en visualisering af ”10km x 10km”-datasæt over dansk landområde. Kortene er vist i UTM Z32. På månedskortene er der kun vist gridceller i 10km x 10km, der er udfyldt med farve svarende til legenden i øverste højre hjørne.

Placering:

Månedskort

Fileerne kan findes i mappen: \Dataset\Grid 10km\Images\Monthly [Observed/Corrected].
Månedskortfiler er navngivet med følgende standard ”<yyyy-MM>.png”.

Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (1989 – 2010)

MM – månednummer (01-12)

Årskort

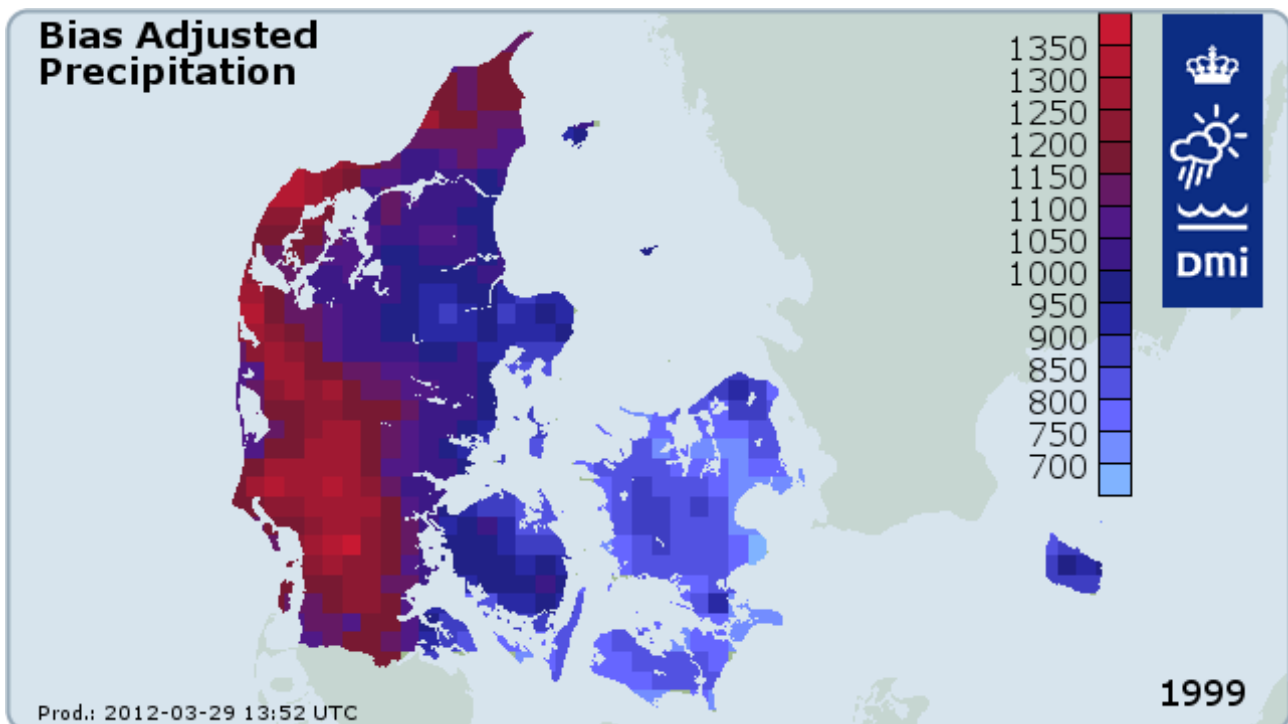
Fileerne kan findes i mappen: \Dataset\Images\Yearly [Observed/Corrected].

Månedskortfiler er navngivet med følgende standard ”<yyyy>.png”

Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (1989 – 2010)

Eksempel på et årskort:





dmi
Klima- og Energiministeriet

Dokumentation og beskrivelse

Korrigeret Nedbør 2011-2012

Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Del 1 af 2

Punktværdifil, Gridværdifiler, Grafikfiler

Version 24.05.2013

Kenan Vilic
Danmarks Meteorologiske Institut



Indhold:

Resumé.....	3
Punktverdifiler.....	4
Output i datafil	4
Eksempel på datafil.....	4
Beskrivelse af indholdet i datafilen.....	5
Gridverdifiler.....	6
Inputdata.....	6
Outputdata.....	6
Datasæt: Observeret Nedbør	7
Input:	7
Periode	7
Placering.....	7
Datafiler	7
Datasæt: Korrigeret Nedbør	7
Input:	7
Periode	7
Placering.....	7
Datafiler	7
Datastruktur.....	8
Grafikfiler.....	9
Døgncort: Observeret/Korrigeret nedbør.....	10
Input:	10
Output:	10
Placering:	10
Måned- og årskort: Observeret/Korrigeret nedbør.....	11
Input:	11
Output:	11
Placering:	11



Resumé

Dette notat er ét ud af to dokumentationsnotater, der beskriver datafiler, metode, generelle resultater samt modeltekniske specialtilfælde i projekt ”Korrigeret nedbør 2011-2012; Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet”.

De to dokumentationsnotater omhandler:

Del 1: Punktværdifil, Gridværdifiler, Grafikfiler

Del 2: Beskrivelse af metode, resultater og modeltekniske specialtilfælde

Nærværende notat er Del 1: Punktværdifil, Gridværdifiler, Grafikfiler.



Beskrivelse af indholdet i datafilen

Datafilen er ASCII tekstfil, hvor data er opdelt i kolonner med semikolon som separator. Der er brugt et komma som decimalseparator i de kolonner, der indeholder decimaltal. Nedenfor ses en forklaring på indholdet af hver enkel kolonne.

dato	Dato for det døgn, som værdien dækker, døgnværdier (06-06 UTC)
statid	DMI stationsnummer med postfix
easting	Målestationens easting-koordinat (ed50 zone 32)
northing	Målestationens northing-koordinat (ed50 zone 32)
gridnr fra	Nummeret på den 20km-gridcelle, hvor lufttemperatur og vindhastighed er taget fra
maalertype	Regnmålertypen (Pluvio, Rimco, Geonor)
laeindex	Stationens læindex (beregnet ud fra højdevinkler målt ved nedbørmåleren)
T	Lufttemperaturen i °C (grid 20km værdi)
Tvalid	Lufttemperatur i °C (grid 20km værdi) evt. tilrettet inden for gyldighedsintervallet
V10	Vindhastighed i m/s (grid 20km værdi)
wind15	Vindhastigheden i korrigeret til 1,5 meters højde
wind15lae	Vindhastigheden korrigeret for læforhold
wind15lae_rain	Vindhastigheden korrigeret for læforhold og evt. tilrettet inden for gyldighedsintervallet for regn
wind15lae_snow	Vindhastigheden korrigeret for læforhold og evt. tilrettet inden for gyldighedsintervallet for sne
alfa	Snefractionen (antagelse om nedbørens art)
W	Wettingtab
I	Regnintensitet
Ivalid	Regnintensitet evt. tilrettet inden for gyldighedsintervallet
z0	Ruhedsparameter
kr	Korrektionsfaktor for regn
ks	Korrektionsfaktor for sne
Pm	Den målte nedbørmængde i mm
Pc	Den korrigerede nedbørmængde i mm
status	Information om værdierne (1 betyder for høj læindeks, 0 betyder OK)



Gridværdifiler

I forbindelse med projektet er der genereret to griddatasæt:

- 1) Observeret nedbør
- 2) Korrigeret nedbør

Datasættet er leveret på et USB stik og fortegnelsen over datastrukturen ses på næste side.

Inputdata

Inputdata til fremstilling af griddatasættet er stationsværdier, der er leveret i punktverdifilen.

Outputdata

Output data er et ”10km x 10km”-datasæt over dansk landområde. Alle datafiler lagres i ASCII format.

Døgnfiler er navngivet med følgende standard: ”<yyyy-MM-dd>.txt”

Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (2011 – 2013)
MM – månednummer (01-12)
dd – døgn i måneden (01-31)

Månedfiler er navngivet med følgende standard ”<yyyy-MM>.txt”.

Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (2011 – 2012)
MM – månednummer (01-12)

Årsfiler er navngivet med ”<yyyy>.txt”

Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (2011 – 2012)

Filformatet for datafiler: en linje per gridcelle. Hver linje består af følgende felter:

<GridID> <Eastings> <Northings> <Value>

Hvor:

<GridID> - et unikt ID for hver grid celle
<Eastings>
<Northings> - positionen i UTM Zone 32N med ED50 datum for gridcellens centrum.
<Value> - værdien for parameteren. Denne angives med en decimal.

Som separator mellem de forskellige felter bruges et mellemrumstegn (” ”).



Datasæt: Observeret Nedbør

Input:

Stationsvalg: Alle stationer fra observeret datasæt, der ikke er markeret med status = 1.
(Hvor 1 betyder for høj læindeks)

Periode

Perioden er [2.1.2011 – 1.1.2013] (begge døgn inklusive)

Placering

Filerne kan findes i mappen: \Grid 10km [Daily/Monthly/Yearly]\Observed

Datafiler

Mappe	Indhold
/ Observed	Indeholder interpoleret 10km x10km grid for hver døgn i perioden. Filformat: (gridid, eastings, northings, værdi) Position er angivet i ED50 / UTM zone 32N for centrum af gridcellen

Datasæt: Korrigeret Nedbør

Input:

Stationsvalg: Alle stationer fra korrigeret datasæt, der ikke er markeret med status = 1.
(Hvor 1 betyder for høj læindeks)

Periode

Perioden er [2.1.2011 – 1.1.2013] (begge døgn inklusive)

Placering

Filerne kan findes i mappen: \Grid 10km [Daily/Monthly/Yearly]\Corrected

Datafiler

Mappe	Indhold
/ Observed	Indeholder interpoleret 10kmx10km grid for hvert døgn i perioden. Filformat: (gridid, eastings, northings, værdi) Position er angivet i ED50 / UTM zone 32N for centrum af gridcellen



Datastruktur

Resultatet af dette projekt er leveret i form af et datasæt på et fysisk medie (USB Stik). Datasættets struktur er vist nedenfor.

Mappe	Indhold
Station Values	Stationsværdier brugt i projektet (Se Dokumentationsnotat 1: Del 1 Punktværdifiler)
10km Grid Daily	Griddatasættet som døgnaværdier
Observed	Observeret døgngnedbør
Corrected	Korrigeret døgngnedbør
10km Grid Monthly	Griddatasættet aggregeret til månedsværdier
Observed	Observeret døgngnedbør til månedsværdier
Corrected	Korrigeret døgngnedbør til månedsværdier
10km Grid Yearly	Griddatasættet aggregeret til årsværdier
Observed	Observeret døgngnedbør til årsværdier
Corrected	Korrigeret døgngnedbør til årsværdier



Grafikfiler

I forbindelse med projektet er der genereret to griddatasæt.

- 1) Observeret nedbør
- 2) Korrigeret nedbør

De to datasæt er visualiseret i form af 3 x 2 sæt kort:

- 1) Døgnkort
 - observeret nedbør
 - korrigeret nedbør
- 2) Månedskort
 - observeret nedbørsum
 - korrigeret nedbørsum
- 3) Årskort
 - observeret nedbør
 - korrigeret nedbør

Døgnkort: Observeret/Korrigeret nedbør

Input:

Inputdata til fremstilling af kort er stationsværdier og gridværdier, der er beskrevet i de foregående afsnit..

Output:

Output data er en visualisering af ”10km x 10km”-datasæt over dansk landområde. Kortene er vist i UTM Z32. Stationsværdier er vist som tal på kortet. Nedbørsum ≥ 5.0 mm vises med sort skrift mens nedbørsum < 5.0 mm vises med grå skrift. 10km x 10km gridceller er udfyldt med farve svarende til legenden i øverste højre hjørne.

Placering:

Fileerne kan findes i mappen: \Images\Daily [Observed/Corrected].

Døgnkortfiler er navngivet med følgende standard: ”<yyyy-MM-dd>.png”

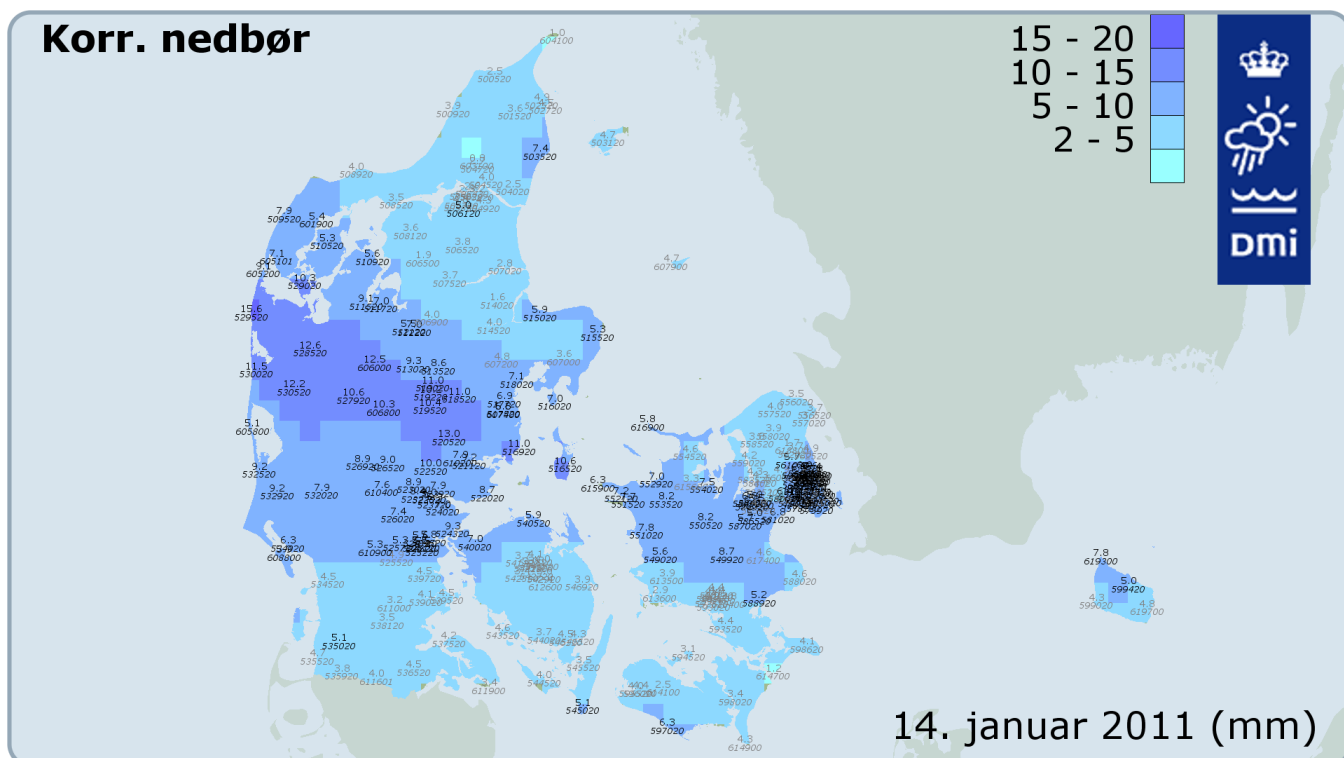
Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (2011 – 2013)

MM – månedsnummer (01-12)

dd – døgn i måneden (01-31)

Eksempel på et døgnkort



Måneds- og årskort: Observeret/Korrigeret nedbør

Input:

Inputdata til fremstilling af kort er gridværdier, der er beskrevet i tidligere afsnit.

Output:

Output data er en visualisering af ”10km x 10km”-datasæt over dansk landområde. Kortene er vist i UTM Z32. På månedskortene er der kun vist gridceller i 10km x 10km, der er udfyldt med farve svarende til legenden i øverste højre hjørne.

Placering:

Månedskort

Filerne kan findes i mappen: \Images\Monthly [Observed/Corrected].

Månedskortfiler er navngivet med følgende standard ”<yyyy-MM>.png”.

Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (2011 – 2012)

MM – månednummer (01-12)

Årskort

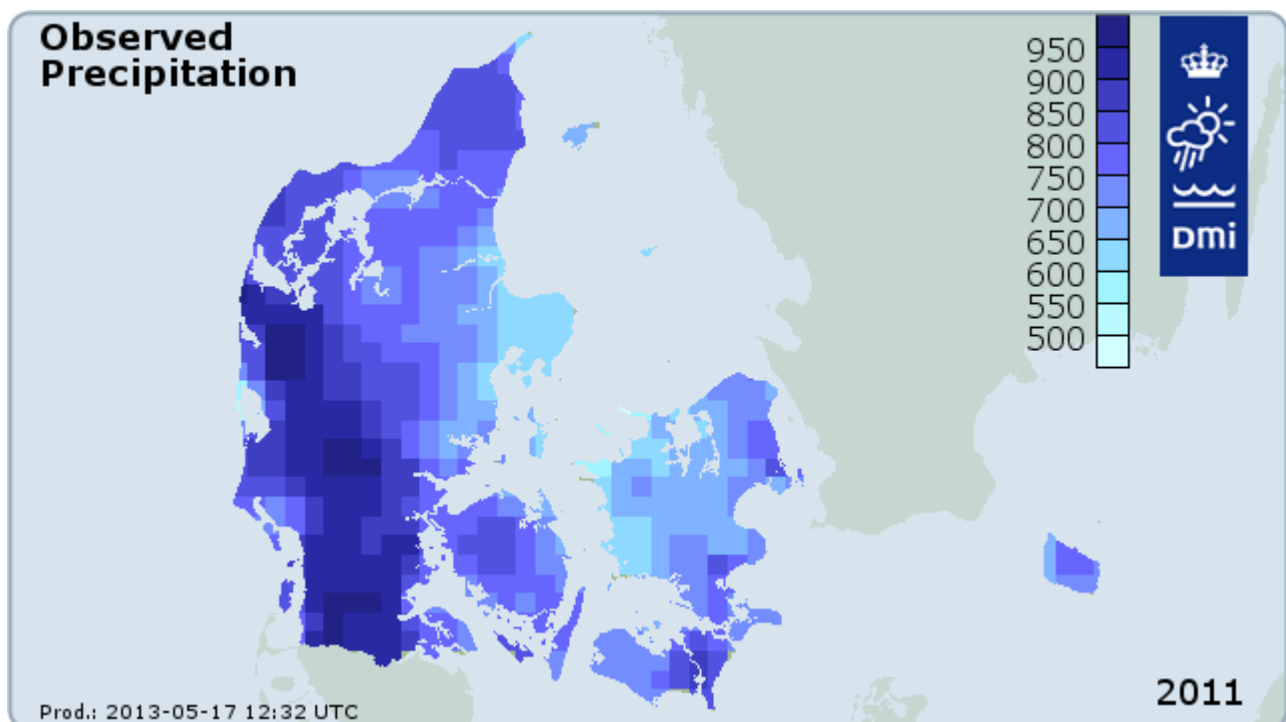
Filerne kan findes i mappen: \Images\Yearly [Observed/Corrected].

Månedskortfiler er navngivet med følgende standard ”<yyyy>.png”

Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (2011 – 2012)

Eksempel på et årskort:





Dmi
Klima- og Energiministeriet

Dokumentation og beskrivelse

Korrigeret Nedbør 2013

Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Del 1 af 2

Punktværdifil, Gridværdifiler, Grafikfiler

Version 12.05.2014

Kenan Vilic
Danmarks Meteorologiske Institut



Indhold:

Resumé.....	3
Punktverdifiler.....	4
Output i datafil	4
Eksempel på datafil.....	4
Beskrivelse af indholdet i datafilen.....	5
Gridverdifiler.....	6
Inputdata.....	6
Outputdata.....	6
Datasæt: Observeret Nedbør	7
Input:	7
Periode	7
Placering.....	7
Datafiler	7
Datasæt: Korrigeret Nedbør	7
Input:	7
Periode	7
Placering.....	7
Datafiler	7
Datastruktur.....	8
Grafikfiler.....	9
Døgncort: Observeret/Korrigeret nedbør.....	10
Input:	10
Output:	10
Placering:	10
Måned- og årskort: Observeret/Korrigeret nedbør.....	11
Input:	11
Output:	11
Placering:	11



Resumé

Dette notat er ét ud af to dokumentationsnotater, der beskriver datafiler, metode, generelle resultater samt modeltekniske specialtilfælde i projekt ”Korrigeret nedbør 2013; Dataleverance til DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet”.

De to dokumentationsnotater omhandler:

Del 1: Punktværdifil, Gridværdifiler, Grafikfiler

Del 2: Beskrivelse af metode, resultater og modeltekniske specialtilfælde

Nærværende notat er Del 1: Punktværdifil, Gridværdifiler, Grafikfiler.



Beskrivelse af indholdet i datafilen

Datafilen er ASCII tekstfil, hvor data er opdelt i kolonner med semikolon som separator. Der er brugt et komma som decimalseparator i de kolonner, der indeholder decimaltal. Nedenfor ses en forklaring på indholdet af hver enkel kolonne.

dato	Dato for det døgn, som værdien dækker, døgnværdier (0-0 lokaltid)
statid	DMI stationsnummer med postfix
easting	Målestationens easting-koordinat (wgs84 zone 32)
northing	Målestationens northing-koordinat (wgs84 zone 32)
gridnr fra	Nummeret på den 20km-gridcelle, hvor lufttemperatur og vindhastighed er taget fra
maalertype	Regnmålertypen (Pluvio, Rimco, Geonor)
laeindex	Stationens læindex (beregnet ud fra højdevinkler målt ved nedbørmåleren)
T	Lufttemperaturen i °C (grid 20km værdi)
Tvalid	Lufttemperatur i °C (grid 20km værdi) evt. tilrettet inden for gyldighedsintervallet
V10	Vindhastighed i m/s (grid 20km værdi)
wind15	Vindhastigheden i korrigeret til 1,5 meters højde
wind15lae	Vindhastigheden korrigeret for læforhold
wind15lae_rain	Vindhastigheden korrigeret for læforhold og evt. tilrettet inden for gyldighedsintervallet for regn
wind15lae_snow	Vindhastigheden korrigeret for læforhold og evt. tilrettet inden for gyldighedsintervallet for sne
alfa	Snefractionen (antagelse om nedbørens art)
W	Wettingtab
I	Regnintensitet
Ivalid	Regnintensitet evt. tilrettet inden for gyldighedsintervallet
z0	Ruhedsparameter
kr	Korrektionsfaktor for regn
ks	Korrektionsfaktor for sne
Pm	Den målte nedbørmængde i mm
Pc	Den korrigerede nedbørmængde i mm
status	Information om værdierne (1 betyder for høj læindeks, 0 betyder OK)



Gridværdifiler

I forbindelse med projektet er der genereret to griddatasæt:

- 1) Observeret nedbør
- 2) Korrigeret nedbør

Datasættet er leveret på et USB stik og fortegnelsen over datastrukturen ses på næste side.

Inputdata

Inputdata til fremstilling af griddatasættet er stationsværdier, der er leveret i punktverdifilen.

Outputdata

Output data er et ”10km x 10km”-datasæt over dansk landområde. Alle datafiler lagres i ASCII format.

Døgnfiler er navngivet med følgende standard: ”<yyyy-MM-dd>.txt”

Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (2013)
MM – månednummer (01-12)
dd – døgn i måneden (01-31)

Månedfiler er navngivet med følgende standard ”<yyyy-MM>.txt”.

Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (2013)
MM – månednummer (01-12)

Årsfiler er navngivet med ”<yyyy>.txt”

Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (2013)

Filformatet for datafiler: en linje per gridcelle. Hver linje består af følgende felter:

<GridID> <Eastings> <Northings> <Value>

Hvor:

<GridID> - et unikt ID for hver grid celle
<Eastings>
<Northings> - positionen i UTM Zone 32N med WGS84 datum for gridcellens centrum.
<Value> - værdien for parameteren. Denne angives med en decimal.

Som separator mellem de forskellige felter bruges et mellemrumstegn (” ”).



Datasæt: Observeret Nedbør

Input:

Stationsvalg: Alle stationer fra observeret datasæt, der ikke er markeret med status = 1.
(Hvor 1 betyder for høj læindeks)

Periode

Perioden er [1.1.2013 – 31.12.2013] (begge døgn inklusive)

Placering

Filerne kan findes i mappen: \Grid 10km [Daily/Monthly/Yearly]\Observed

Datafiler

Mappe	Indhold
/ Observed	Indeholder interpoleret 10km x10km grid for hver døgn i perioden. Filformat: (gridid, eastings, northings, værdi) Position er angivet i WGS84 / UTM zone 32N for centrum af gridcellen

Datasæt: Korrigeret Nedbør

Input:

Stationsvalg: Alle stationer fra korrigeret datasæt, der ikke er markeret med status = 1.
(Hvor 1 betyder for høj læindeks)

Periode

Perioden er [1.1.2013 – 31.12.2013] (begge døgn inklusive)

Placering

Filerne kan findes i mappen: \Grid 10km [Daily/Monthly/Yearly]\Corrected

Datafiler

Mappe	Indhold
/ Observed	Indeholder interpoleret 10kmx10km grid for hvert døgn i perioden. Filformat: (gridid, eastings, northings, værdi) Position er angivet i WGS84 / UTM zone 32N for centrum af gridcellen



Datastruktur

Resultatet af dette projekt er leveret i form af et datasæt på et fysisk medie (USB Stik). Datasættets struktur er vist nedenfor.

Mappe	Indhold
Station Values	Stationsværdier brugt i projektet (Se Dokumentationsnotat 1: Del 1 Punktværdifiler)
10km Grid Daily	Griddatasættet som døgnværdier
Observed	Observeret døgnnedbør
Corrected	Korrigeret døgnnedbør
10km Grid Monthly	Griddatasættet aggregeret til månedsværdier
Observed	Observeret døgnnedbør til månedsværdier
Corrected	Korrigeret døgnnedbør til månedsværdier
10km Grid Yearly	Griddatasættet aggregeret til årsværdier
Observed	Observeret døgnnedbør til årsværdier
Corrected	Korrigeret døgnnedbør til årsværdier



Grafikfiler

I forbindelse med projektet er der genereret to griddatasæt.

- 1) Observeret nedbør
- 2) Korrigeret nedbør

De to datasæt er visualiseret i form af 3 x 2 sæt kort:

- 1) Døgnkort
 - observeret nedbør
 - korrigeret nedbør
- 2) Månedskort
 - observeret nedbørsum
 - korrigeret nedbørsum
- 3) Årskort
 - observeret nedbør
 - korrigeret nedbør



Døgnkort: Observeret/Korrigeret nedbør

Input:

Inputdata til fremstilling af kort er stationsværdier og gridværdier, der er beskrevet i de foregående afsnit.

Output:

Output data er en visualisering af "10km x 10km"-datasæt over dansk landområde. Kortene er vist i UTM Z32. Stationsværdier er vist som tal på kortet. Nedbørsum ≥ 5.0 mm vises med sort skrift mens nedbørsum < 5.0 mm vises med grå skrift. 10km x 10km gridceller er udfyldt med farve svarende til legenden i øverste højre hjørne.

Placering:

Fileerne kan findes i mappen: \Images\Daily [Observed/Corrected].

Døgnkortfiler er navngivet med følgende standard: "<yyyy-MM-dd>.png"

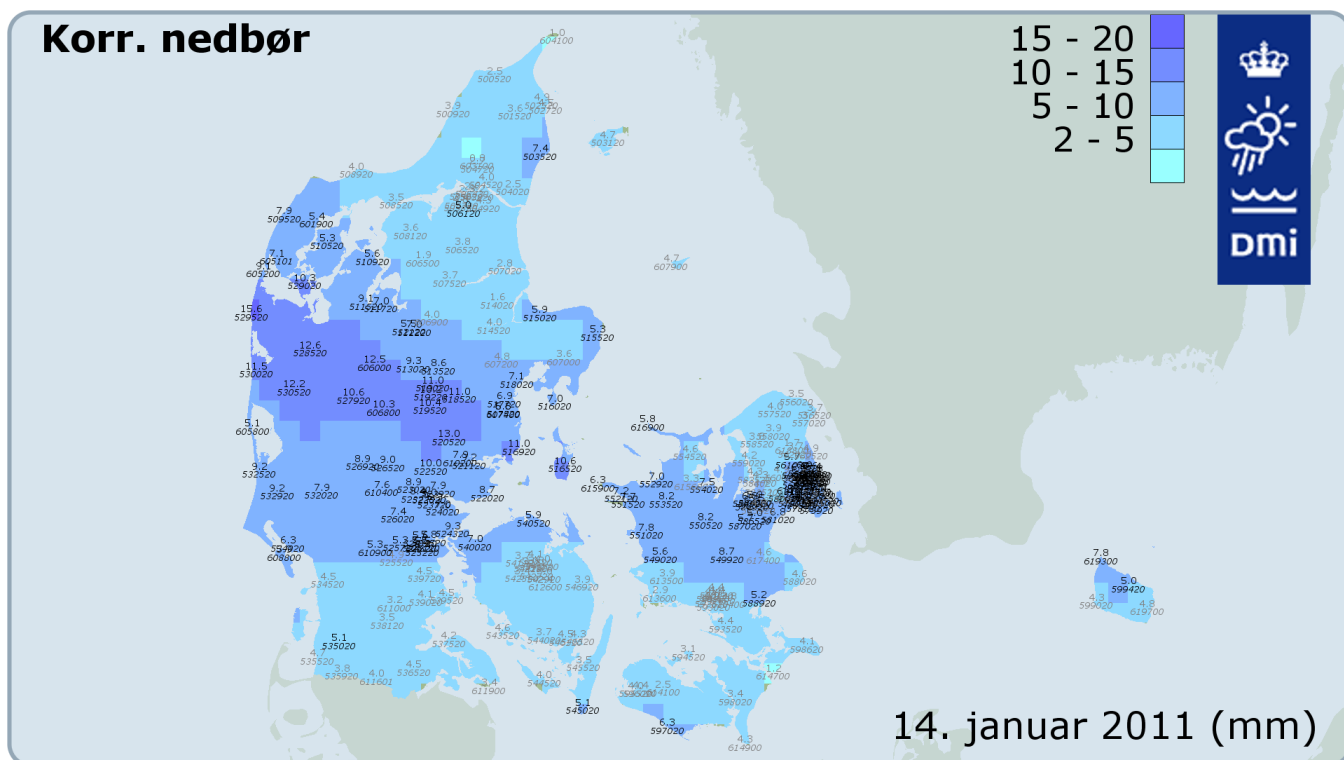
Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (2013)

MM – månedsnummer (01-12)

dd – døgn i måneden (01-31)

Eksempel på et døgnkort





Måneds- og årskort: Observeret/Korrigeret nedbør

Input:

Inputdata til fremstilling af kort er gridværdier, der er beskrevet i tidligere afsnit.

Output:

Output data er en visualisering af ”10km x 10km”-datasæt over dansk landområde. Kortene er vist i UTM Z32. På månedskortene er der kun vist gridceller i 10km x 10km, der er udfyldt med farve svarende til legenden i øverste højre hjørne.

Placering:

Månedskort

Filerne kan findes i mappen: \Images\Monthly [Observed/Corrected].

Månedskortfiler er navngivet med følgende standard ”<yyyy-MM>.png”.

Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (2013)

MM – månednummer (01-12)

Årskort

Filerne kan findes i mappen: \Images\Yearly [Observed/Corrected].

Månedskortfiler er navngivet med følgende standard ”<yyyy>.png”

Hvor:

yyyy – årstal med fire cifre (2013)

Eksempel på et årskort:

