



# Neerslagonderzoek 1998

*Foeke Kuik*

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut





**Intern rapport; IR 2001-01**

De Bilt, 2001

PO Box 201  
3730 AE De Bilt  
Wilhelminalaan 10  
De Bilt  
The Netherlands  
Telephone +31(0)30-220 69 11  
Telefax +31(0)30-221 04 07

Auteur: Foeke Kuik

**De reeks Intern rapport is in juli 2000 gestart en geeft bij afsluiting de vorderingen rond een project of instrument weer. De inhoud is primair bestemd voor KNMI'ers, maar de publicaties zijn verder openbaar. Lezers van buiten het instituut dienen er echter wel rekening mee te houden dat het gebruikte jargon niet in alle gevallen voor buitenstaanders duidelijk zal zijn.**

# Neerslagonderzoek 1998

Theorie van neerslagmetingen

Elektrische neerslagmeter maaiveld en Engelse opstelling

Neerslagsommen uit de elektrische- en handneerslagmeter

Neerslagduur Eigenbrodt en elektrische neerslagmeter

Foeke Kuik

## Inhoud

1.	Theorie van neerslagmetingen .....	3
1.1.	Inleiding .....	3
1.2.	Neerslag algemeen.....	3
1.3.	Meetlokatie .....	3
1.4.	Regenmeter .....	4
1.5.	Fouten in neerslagmetingen .....	4
1.6.	Referenties .....	7
2.	Vergelijking regenmeters maaiveld en Engelse opstelling .....	8
2.1.	Inleiding .....	8
2.2.	Verschillen in neerslagintensiteiten .....	9
2.2.1.	Resultaten .....	9
2.2.2.	Conclusies .....	10
2.3.	Verschillen neerslagsommen.....	10
2.3.1.	Resultaten.....	11
2.3.2.	Conclusies .....	12
2.4.	Windeffecten.....	12
2.4.1.	Resultaten.....	12
2.4.2.	Conclusies .....	13
3.	Neerslagsommen uit de elektrische- en handneerslagmeter .....	14
3.1.	Inleiding .....	14
3.2.	De testperiode .....	14
3.3.	Resultaten.....	14
3.3.1.	Vergelijking 260/261 .....	14
3.4.	Conclusies .....	15
4.	Neerslagduren.....	17
4.1.	Inleiding .....	17
4.2.	Resultaten.....	17
4.3.	Resultaten 2 .....	18
4.4.	Conclusies .....	19



## I. Theorie van neerslagmetingen

### I.1. Inleiding

In dit hoofdstuk is een beknopt overzicht gegeven van een literatuuronderzoek betreffende neerslagmetingen. Het hier gepresenteerde is verre van volledig: de in de literatuur gepubliceerde hoeveelheid documentatie omtrent neerslagmetingen beslaat enige meters in een boekenkast. Er is echter naar gestreefd om de lezer enig inzicht te bieden hoe neerslagmetingen uitgevoerd kunnen worden, wat de 'haken en ogen' daarbij zijn, en er is een discussie over foutenbronnen bij neerslagmetingen gegeven.

Dit hoofdstuk bevat geen conclusies over de KNMI-neerslagmetingen: het is puur informatief bedoeld. De hier gepresenteerde theorie is ook niet toegepast om de opstellingen voor de KNMI-neerslagmetingen te analyseren, hoewel de lezer natuurlijk vrij is om dit zelf te doen. De Hoofdstukken 2, 3 en 4 daarentegen, bevatten resultaten van vergelijkende testen van praktijk- en/of operationele neerslagmetingen.

### I.2. Neerslag algemeen

Neerslag is gedefinieerd als vloeibare of vaste producten t.g.v. condensatie van waterdamp, die vanuit wolken omlaag vallen of vanuit de lucht op de grond afgezet worden. Onder neerslag wordt verstaan regen, hagel, sneeuw, dauw, rijp en mist-neerslag. De totale hoeveelheid in een bepaalde periode wordt gegeven in de verticale waterkolom die een horizontale projectie van het aardoppervlak zou bedekken (bv. in mm.). Om de metingen voldoende nauwkeurig te kunnen doen, zijn er bepaalde voorwaarden betreffende de meetlocatie, met name de 'openheid' van directe meetomgeving van de regenmeter, het voorkomen van verdampingsverliezen, windeffecten, verdampingsverlies en opspatten van neerslag uit of in de regenmeter.

### I.3. Meetlocatie

Onder de meest ideale omstandigheden levert een neerslagmeting precies de hoeveelheid neerslag die er valt. Echter, behalve instrumentele fouten treedt de wind op als een extra foutenbron. Bovendien zijn er 2 fouten t.g.v. de wind. In de eerste plaats veroorzaakt de stroming van de wind rondom de opening van de regenmeter een fout op in de meting. Daarnaast kan een incorrecte ligging van de meetlocatie t.o.v. de directe omgeving er de oorzaak van zijn dat de windstroming als geheel niet meer representatief is voor de 'echte' wind en daarbij ook de kwaliteit van de neerslagmetingen negatief beïnvloedt.

Een goede locatie voor een regenmeter moet zo gekozen worden dat de windsnelheid bij de opening van de meter zo klein mogelijk is. Er mag echter geen neerslag van de regenmeter afgeschermd worden door voorwerpen of gebouwen rond de meetlocatie. Ook het aanpassen van de directe omgeving rond de regenmeter om een horizontale luchtstroom te verkrijgen over de opening van de regenmeter is af te raden.

De regenmeter behoort zo geplaatst te zijn dat de opening ervan zich horizontaal op grondniveau bevindt. Indien mogelijk zou de meetlocatie rondom omringd moeten zijn door een afscherming tegen de wind. Deze afscherming moet bij voorkeur zo uniform mogelijk in hoogte zijn. De hoogte van de afscherming zou minimaal de helft moeten zijn van de afstand regenmeter/afscherming en maximaal de gehele afstand. Als leidraad kan aangehouden worden dat de hoek van het midden van de opening van de regenmeter tot de afscherming tussen de 35 en 40° mag liggen. Objecten die de omgeving onregelmatig afschermen, mogen niet in de buurt van de regenmeter staan. Zijn ze er toch, dan dienen ze minimaal een factor 4 verder weg te staan dan dat ze hoog zijn.

Rondom de regenmeter hoort een niet spattende ondergrond aangebracht te zijn, b.v. (kort) gras of grind. De hoogte van de opening van regenmeter moet zo laag mogelijk boven het grondoppervlak geplaatst worden. Een hoogte van 30 cm wordt veel gebruikt, maar als dit niet mogelijk is door bijvoorbeeld een ongeschikte ondergrond (modderig, zacht, etc.), dan wordt aanbevolen de opening van de neerslagmeter op 1 m hoogte te stellen.

Als de meetlocatie erg open is en er geen afscherming aanwezig is, is het aan te bevelen de regenmeter in een put te installeren. De opening moet dan op maaiveldniveau zitten en er is een anti-spetter rooster tot op een meter rondom de put aangebracht. Dit is een goede oplossing als er 100 m of meer open ruimte rondom de regenmeter is.

Een alternatieve oplossing is de opstelling zoals het KNMI die gebruikt. De regenmeter staat midden in een put met een straal van 1.5 m. Op deze afstand van het midden bevindt zich een verticale stenen wand. Dit geheel ligt met de bovenkant 40 cm boven het maaiveld, zodat deze 'put' aflopende zijanten heeft rondom met een helling van ongeveer  $14^\circ$ . Deze put is minder geschikt voor vaste neerslag-metingen.

#### 1.4. Regenmeter

Het oppervlak van de opening van de regenmeter is niet van cruciaal belang. In praktijk komen ze voor van 1000 cm<sup>2</sup> tot de meer gebruikelijke maten van 200 tot 500 cm<sup>2</sup>. Om voldoende resolutie te krijgen in de metingen, wordt in het algemeen het oppervlak van het meetreservoir (voor registrerende regenmeters) in de orde van een factor 10 kleiner gekozen dan die van de opening van de regenmeter.

De belangrijkste voorwaarden waaraan een regenmeter moet voldoen zijn:

- De bovenrand van het verzamelreservoir moet een scherpe rand hebben en zowel aan de binnen- als buitenkant vertikaal zijn.
- Het oppervlak van de opening moet met 0.5% nauwkeurigheid bekend zijn. Er mag nauwelijks variatie in dit oppervlak zitten (bijvoorbeeld t.g.v. temperatuureffecten).
- Het verzamelreservoir moet zo geconstrueerd zijn dat er nauwelijks neerslag in of uit kan spatten. Hiertoe moeten de verticale wanden voldoende hoog zijn en de trechter voldoende stijl.
- Het meetreservoir moet een nauwe toegang hebben en goed afgeschermd zijn tegen straling om verdampingsverliezen minimaal te houden.
- In geval van vaste neerslag dient het verzamelreservoir groot genoeg te zijn om de neerslag van minstens één dag te bevatten. Deze diepte voorkomt bovendien dat vaste neerslag snel uit het verzamelreservoir waait.

#### 1.5. Fouten in neerslagmetingen

De belangrijkste oorzaken van fouten in neerslagmetingen zijn windvelddeformatie boven de opening van de neerslagmeter, 'wetting'<sup>1</sup> van het verzamelreservoir, meetreservoir en alle leidingen daartussen, verdamping van opgevangen neerslag (vooral voor regenmeters die na een bepaalde tijd uitgelezen worden, b.v. de KNMI-handregenmeters), wegspringen van neerslag en het wegblazen van

---

<sup>1</sup> 'Wetting' is het blijven kleven van water aan de verschillende componenten in een neerslagmeter, hetgeen leidt tot het niet registreren ervan.

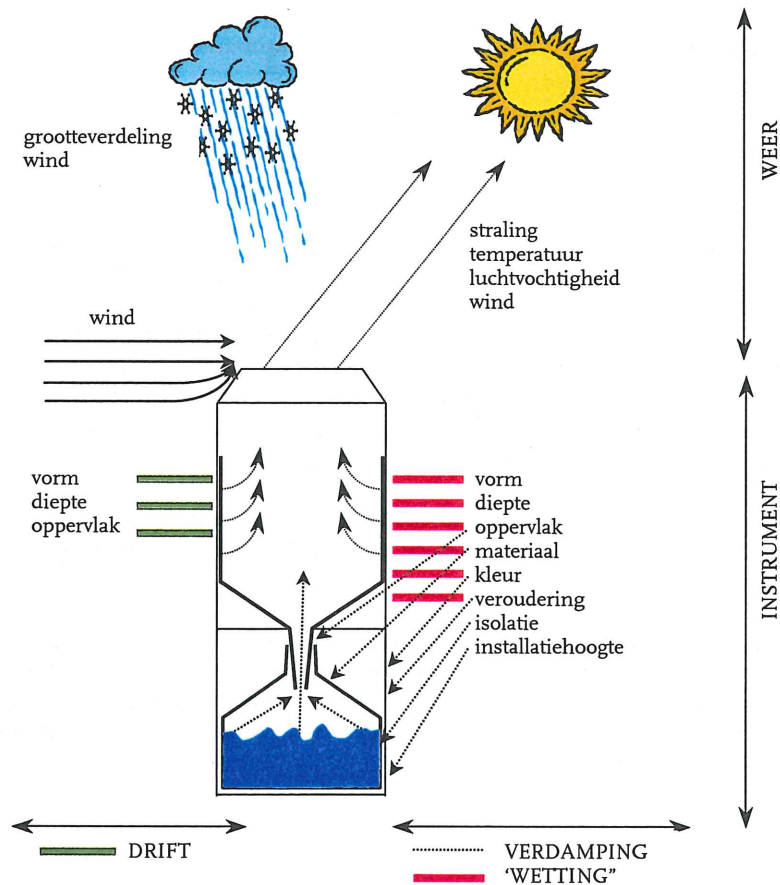


vaste neerslag uit het verzamelreservoir. Deze fysische processen zijn gerelateerd aan instrumentele parameters en klimatologische factoren, zoals in Figuur 1.1 is aangegeven.

In WMO-verband is er al veel onderzoek gedaan naar verliezen in neerslagmetingen t.g.v. allerlei oorzaken. Deze fouten en de gecorrigeerde neerslaghoeveelheid zijn te beschrijven met

$$P_k = k(P_g + \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 \pm \Delta P_4 - \Delta P_5).$$

Hierin is  $P_k$  de gecorrigeerde hoeveelheid neerslag,  $k$  is de correctiefactor,  $P_g$  is de door de regenmeter geregistreerde hoeveelheid neerslag en  $\Delta P_{i(i=1,5)}$  zijn fouten in de neerslagmeting t.g.v. de constructie van de regenmeter. In Tabel 1.1 zijn deze fouten omschreven.



**Figuur 1.1** De fysische processen en instrumentele eigenschappen die de prestatie van de neerslagmeter bepalen en beïnvloeden.

**Tabel 1.1** De verschillende soorten fouten in neerslagmetingen en hun oorzaken.

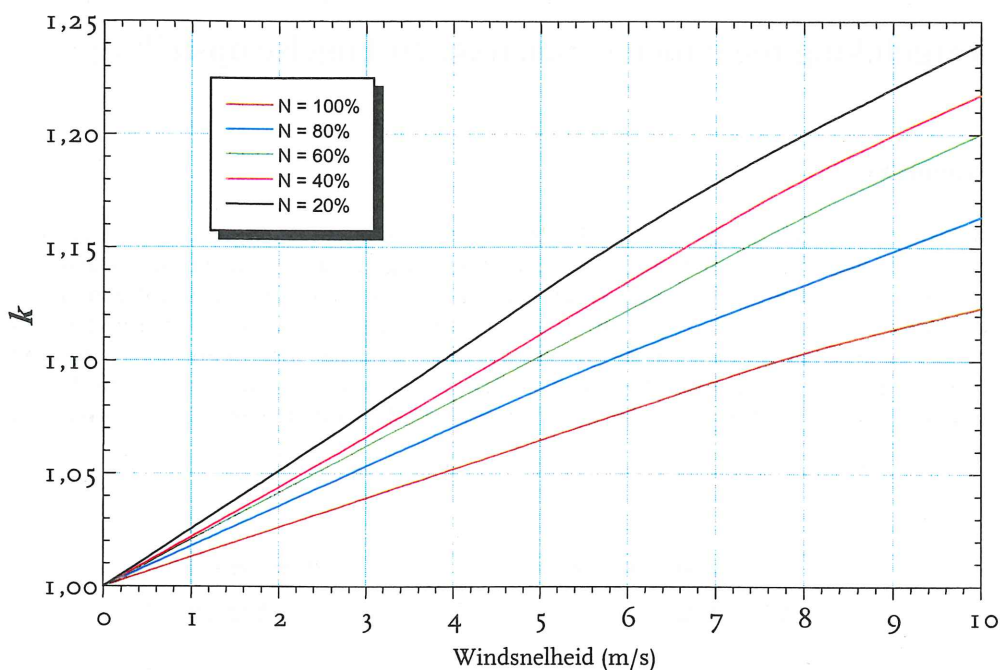
symbool	fout	grootte	meteorologische factoren	instrumentele factoren
$k$	verlies t.g.v. windvelddeformatie boven regenmeteropening	2-10% (10-50% bij sneeuw)	windsnelheid aan de regenmeteropening en het soort neerslag	vorm verzamelreservoir, oppervak van de opening, diepte van verzamelreservoir en opstaande rand
$\Delta P_1 + \Delta P_2$	verlies t.g.v. 'wetting' aan wanden verzamel- en meetreservoir	2-10%	frequentie, type en hoeveelheid neerslag, de 'droogtijd' van de regenmeter en de leegfrequentie	zie boven, ook materiaal, kleur en toestand van het oppervlak van het verzamelreservoir
$\Delta P_3$	verdampingsverlies verzamelreservoir en meetreservoir	0-4%	type neerslag, verzadigingsdeficiet en de windsnelheid aan de opening in de tijd tussen het stoppen van de neerslag en de meting ervan	oppervak en kleur van het verzamelreservoir, verwarming, veroudering oppervlaktes
$\Delta P_4$	spatwaterverlies	1-2%	neerslagintensiteit en windsnelheid	vorm en diepte van verzamelreservoir, soort installatie (put of niet, etc.)
$\Delta P_5$	driftsneeuw, weggeblazen vaste neerslag		intensiteit en duur van neerslag, windsnelheid en sneeuwbedekking	vorm en oppervak verzamelreservoir, rand van verzamelreservoir

Door de effecten van wind, 'wetting', verdamping, weggeblazen sneeuw en spetteren, kunnen neerslaghoeveelheden tot 30% onderschat worden. Deze fouten kunnen gecorrigeerd worden door de relatie te bekijken tussen de fout en de meteorologische factoren die er mee samenhangen. Als voorbeeld, verlies t.g.v. winddeformatie aan de rand van de regenmeteropening hangt samen met de windsnelheid en neerslagsoort. De laatste kan gekarakteriseerd worden door evenredigheid met neerslag van lage intensiteit ( $ni \cong 0.03$  mm/min), door de logaritme van de neerslagintensiteit, door luchttemperatuur en/of RH, en het type neerslag.

Verlies t.g.v. 'wetting' is gerelateerd aan het aantal malen dat er neerslag valt, verlies t.g.v. verdamping aan het verzadigingsdeficiet en de windsnelheid. Te veel neerslag kan gemeten worden bij driftsneeuw.

De correctiefactor  $k$  voor het effect van windvelddeformatie boven de opening van de regenmeter, is voor een aantal soorten regenmeters experimenteel bepaald. Deze is een functie van de windsnelheid (tijdens de neerslagperiodes) en de valsnelheid van de neerslagdeeltjes, welke weer afhangt van de neerslagsoort. In Figuur 1.2 is  $k$  grafisch weergegeven als functie van de windsnelheid voor verschillende  $N$ 's (percentage van de neerslag-maandsom met intensiteit  $< 0,03$  mm/uur).





Figuur 1.2 De correctiefactor  $k$  als functie van de windsnelheid.  $N$  is het percentage van de neerslagmaandsom met intensiteit  $< 0,03$  mm/uur.

Het verlies t.g.v. 'wetting' hangt af van de geometrie van het verzamelreservoir, de doorvoer van het water naar het meetreservoir, van het meetreservoir zelf, van het aantal malen dat neerslag gemeten wordt en van de soort en hoeveelheid neerslag.

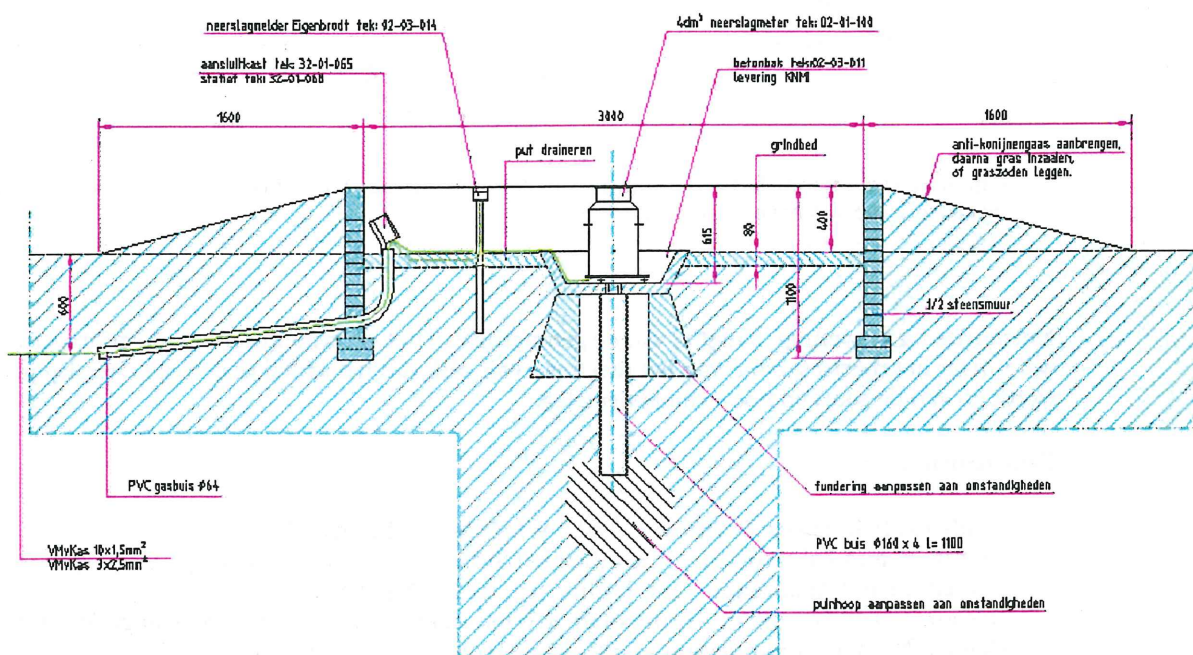
## 1.6. Referenties

1. Guide to Hydrological Practices, 5<sup>th</sup> ed., WMO-No. 168, 1994S
2. Sevruk, B. and Zahlavova, L., "Classification System of Precipitation Gauge Site Exposure: Evaluation and Application", Int. J. Clim. 14, 681-689, 1994.
3. Nespov, V., and Sevruk, B., "Estimation of Wind-Induced Error of Rainfall Gauge Measurements Using a Numerical Simulation", J. Oc. Atm. Tech. 16, 1999 (p 450 - 464).
4. WMO-No. 8, "Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observations", 6<sup>th</sup> ed., WMO, Geneva, 1996.

## 2. Vergelijking regenmeters maaiveld en Engelse opstelling

### 2.1. Inleiding

Al jaren wordt voor de operationele KNMI neerslagmetingen de zogenaamde Engelse opstelling gebruikt. Deze bestaat uit een cirkelvormige ophoging van 40 cm boven het maaiveld met een totale diameter van 6.2 m. In het midden van deze 'heuvel' is een cirkelvormig gat gemaakt met een diameter van 3 m en een diepte van 40 cm. De neerslagmeter wordt in het midden van dit gat geplaatst, op een manier zodat de bovenkant van de neerslagmeteropening zich op hetzelfde niveau bevindt als de bovenkant van de heuvel. In Figuur 2.1 is de opstelling schematisch weergegeven. De reden dat deze opstelling gebruikt wordt, is om het effect van de wind op de neerslagmetingen klein te maken.



Figuur 2.1 De operationele KNMI-neerslagmeter opstelling: de Engelse opstelling.

Hoewel de Engelse opstelling geen aanleiding tot klachten is voor zover het de neerslagmetingen betreft, is er belangstelling bij het KNMI voor alternatieven. De reden hiervoor wordt ingegeven doordat de aanleg van de put duur is en dat hij nogal wat onderhoud nodig heeft. In dit hoofdstuk wordt een eerste stap beschreven om voor het KNMI bruikbare alternatieven te onderzoeken.

In 1998 is er een proef gedaan waarin een standaard KNMI elektrische neerslagmeter geplaatst is op maaiveldniveau. De metingen van deze neerslagmeter zijn vergeleken met die van een standaard KNMI elektrische neerslagmeter in de operationele opstelling, d.w.z. in de Engelse opstelling. Er is hierbij gekeken naar drie zaken:

1. de verschillen in gemeten neerslagintensiteiten op basis van 10-minuten intervallen,



2. de verschillen in neerslagsommen (maand, jaar),
3. de verschillen als functie van de windsnelheid.

Het resultaat van het onderzoek zou uitsluitsel moeten geven of het KNMI een operationele opstelling zonder Engelse put en met de neerslagmeter geplaatst op het maaiveld zou kunnen gaan gebruiken.

## 2.2. Verschillen in neerslagintensiteiten

In deze test zijn neerslagintensiteiten van vier elektrische neerslagmeters vergeleken:

1. neerslagmeter  $260_{\text{put}}$ ,
2. neerslagmeter  $261_{\text{put}}$ , en
3. neerslagmeter  $261_{\text{maaiveld}}$ .

De neerslagmeters  $260_{\text{put}}$  en  $261_{\text{put}}$  hebben gediend als referentie: de eerste is de regenmeter van het operationele station De Bilt, de tweede is een identieke opstelling, maar ongeveer 50 meter verderop geplaatst en behorende bij Teststation De Bilt ( $261$ ). De derde neerslagmeter is de elektrische KNMI- neerslagmeter, die weer enige tientallen meters van de Engelse opstelling van  $261$  is geplaatst.

Voor de analyse van de metingen is niet naar de neerslagintensiteiten zelf gekeken, maar naar de verschillen tussen de metingen. Ten eerste is er gekeken naar het verschil in neerslagintensiteit tussen  $260_{\text{put}}$  -  $261_{\text{put}}$ . Aangezien station  $260$  en  $261$  identieke opstellingen bevatten, leveren deze verschillen een indicatie voor de 'gebruikelijke' verschillen in de operationele KNMI- neerslagmetingen. Voor deze verschillen wordt verwacht dat ze een smalle verdeling vormen rond een gemiddeld verschil van 0 mm/uur.

Daarnaast zijn de verschillen in neerslagintensiteit  $261_{\text{maaiveld}}$  -  $261_{\text{put}}$  bestudeerd. Theoretisch wordt hiervan verwacht dat de neerslagmeter op het maaiveld minder neerslag zal registreren. Zoals al uit uitgebreid onderzoek bekend is, de verstoring van de luchtstroom boven de opening van een 'open' opgestelde neerslagmeter is zodanig dat er minder neerslag in de meter zal vallen dan bij een onverstoordde luchtstroom.

In de analyse zijn alle 10-minuut intervallen van 1998 geregistreerd door AWS  $260$  en AWS  $261$  meegenomen. De volgende gevallen zijn uit de dataset verwijderd:

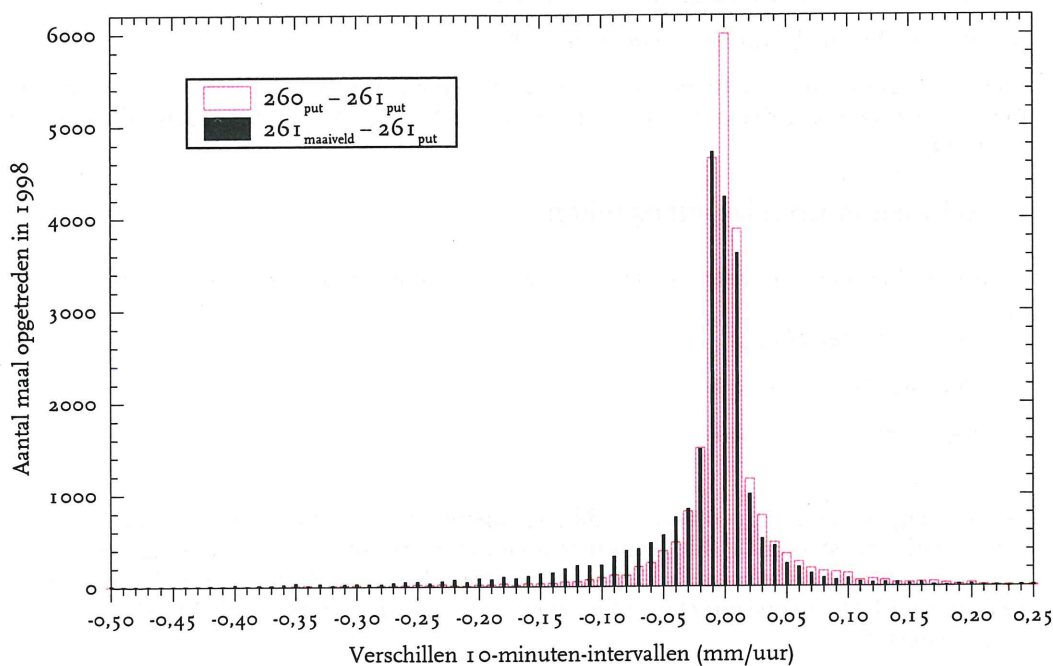
- alle metingen waarbij alle drie de instrumenten geen neerslag gemeten hebben,
- alle metingen waarbij één of meer van de instrumenten ontbrak,
- een aantal metingen ( $\approx 50$ ) die evident (maar zonder duidelijk aanwijsbare redenen) fout waren.

Het totaal aantal 10-minuten intervallen dat in 1998 aan deze voorwaarden voldeed, lag op ongeveer 23700, iets meer dan de helft van het totaal aantal 10-minuten intervallen in een jaar.

### 2.2.1. Resultaten

In Figuur 2.2 staat uitgezet langs de X-as, de verschillen in neerslagintensiteit (in mm/uur). Langs de Y-as staat uit het aantal maal dat een bepaald verschil gevonden is.

In de figuur is duidelijk te zien dat het verschil  $260_{\text{put}}$  -  $261_{\text{put}}$  piekt bij 0 (rode lijnen) en dat de verdeling rond 0 redelijk symmetrisch is. Dit correspondeert goed met hetgeen verwacht werd. De berekende gemiddelde waarde van dit verschil is  $-0.0004$  mm/uur (per 10-minuten interval), met



**Figuur 2.2** De verschillen in de neerslagintensiteitsmetingen tussen de Engelse opstellingen en de maaiveldneerslagmeter.

een standaarddeviatie van 0,05 mm/uur. De verschillen tussen de twee Engelse opstellingen zijn dus niet groot.

De zwarte lijnen in Figuur 2.2 zijn de verschillen  $261_{\text{maaiveld}} - 261_{\text{put}}$ . In de figuur is duidelijk te zien dat voor verschillen  $< 0$ , het aantal malen dat ze voorkomen groter is dan voor de Engelse opstellingen. Daar een negatief verschil betekent dat de maaiveld-neerslagmeter minder meet dan de neerslagmeter in de Engelse opstelling, is het duidelijk dat de neerslagmeter geplaatst op het maaiveld neerslag mist t.o.v. de neerslagmeter 'in de put'. Het berekende gemiddelde verschil is  $-0,02$  mm/uur (per 10-minuten interval) met een standaarddeviatie van 0,08 mm/uur.

### 2.2.2. Conclusies

De verschillen in neerslagintensiteitsmetingen zoals hierboven gepresenteerd, tonen aan dat de neerslagmeter geplaatst buiten de Engelse opstelling op het maaiveld gemiddeld zo'n 0,02 mm/uur per 10-minuten interval minder neerslag meet dan de neerslagmeter in de Engelse opstelling. Als het in een jaar 6% van de tijd neerslag valt, zal de maaiveldmeter ongeveer 65 mm missen. Het verschil tussen de Engelse opstellingen zou dan in de orde van een paar mm zijn (een factor 50 minder).

### 2.3. Verschillen neerslagsommen

Naast de vergelijking van de 10-minuten neerslagintensiteiten zijn neerslagsommen een goede indicatie voor verschillen in neerslagmeters. De verschillen in neerslagsommen voor de maanden van 1998 en het gehele jaar zijn berekend en vergeleken.

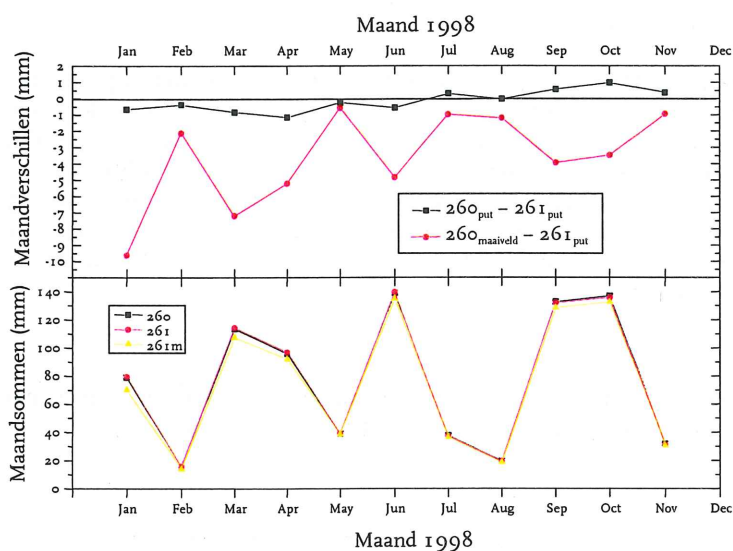


### 2.3.1. Resultaten

In het bovenste deel van de Figuur 2.3 staan de verschillen uit per maand, in het onderste deel de maandsommen zelf. Voor de analyse zijn alleen die situaties gebruikt waarin de dagsommen voor alle drie de neerslagmeters volledig beschikbaar waren (in november en december zijn er problemen geweest met station 261 en ook nog met de neerslagmeter op het maaiveld, waardoor voor december geen enkele dag beschikbaar was en voor november slecht een paar dagen).

De verschillen tussen de neerslagmeters in de putten zijn klein (bovenste figuur, vierkantjes): ze liggen ruwweg tussen de  $-1$  en  $+1$  mm per maand. Er lijkt wel een verloop te zijn in dit verschil. De eerste maanden van 1998 was het verschil systematisch negatief en vanaf juli positief. Mogelijk is dit een verloop in de ijking van één van de neerslagmeters, of zijn beiden verlopen. Het effect is echter zo klein dat de verschillen tussen de  $-1$  en  $+1$  mm per maand blijven.

De curve met de bolletjes representeert het verschil tussen de neerslagmeter op het maaiveld en die van de Engelse opstelling van 261. Het is duidelijk dat deze verschillen aanzienlijk groter zijn dan de verschillen tussen de 'put-neerslagmeters'.



**Figuur 2.3** De neerslagsommen per maand over het jaar 1998 (onderste deel) en de verschillen tussen de 'put-neerslagmeter' en de neerslagmeter op het maaiveld en die in de Engelse opstelling van station 261 (bovenste deel).

In onderstaande tabel zijn de jaarsommen en verschillen gegeven.

Jaarsommen (mm)			Verschillen (mm)	
$260_{\text{put}}$	$261_{\text{put}}$	$261_{\text{maaiveld}}$	$260_{\text{put}} - 261_{\text{put}}$	$261_{\text{maaiveld}} - 261_{\text{put}}$
840.72	842.38	802.27	-1.66	-40.11

### 2.3.2. Conclusies

De verschillen in jaarsom tussen de 'put-neerslagmeters' is inderdaad klein: minder dan 2 mm op jaarbasis. De verschillen tussen de maaiveld-neerslagmeter en de Engelse opstelling daarentegen, zijn groot: in de orde van 5% van de jaarsom, of in absolute zin, rond de 40 mm. Het is duidelijk dat

ook in termen van neerslagsommen de neerslagmeter op het maaiveld beduidend minder neerslag meet dan de neerslagmeters in de Engelse opstellingen.

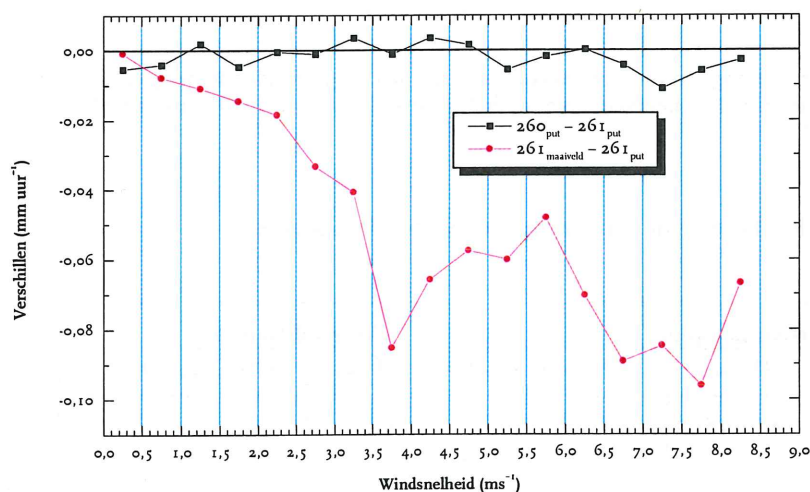
### 2.4. Windeffecten

De verschillen tussen de neerslaghoeveelheden en intensiteiten, zoals in de vorige secties gepresenteerd, zijn toe te schrijven aan de verschillende 'windeigenschappen' van de regenmeters in de put en die op het maaiveld. Om dit kwantitatief aan te tonen zijn de verschillen in neerslagintensiteiten  $260_{\text{put}} - 261_{\text{put}}$  en  $261_{\text{maaiveld}} - 261_{\text{put}}$  per 10-minuteninterval, bekeken als functie van de windsnelheid.

De windsnelheden van AWS 260, die tijdens de meetperiode gelijktijdig met de neerslagmetingen geregistreerd zijn, lagen ruwweg tussen de 0 en 11 m/s. De windsnelheden tussen 1 en ongeveer 4,5 m/s kwamen verreweg het meest voor: in de datasets meer dan 1000 maal (alle metingen waarvoor gelijktijdig neerslag geregistreerd is). Om hieruit toch duidelijk naar voor te halen wat het effect van de wind is geweest, zijn de windsnelheden opgesplitst in 'bins' van 0,5 m/s, en zijn de verschillen in de neerslagintensiteiten in die bins gemiddeld. Alleen die bins zijn meegenomen waarvoor 50 of meer metingen beschikbaar waren. Alle windsnelheden boven de 8,5 m/s zijn daardoor uit de analyse verdwenen.

#### 2.4.1. Resultaten

In Figuur 2.4 staan langs de X-as de 'windsnelheidsbins' uit, langs de Y-as de gemiddelde verschillen in neerslagintensiteiten per 10-minuteninterval in mm/uur.



Figuur 2.4 De gemiddelde verschillen in 10-minuten-neerslagintensiteiten per 'windsnelheidsbin' van 0,5 m/s. De zwarte lijn toont de verschillen tussen de regenmeters in de putten, de rode lijn tussen de 'putregenmeter' en de 'maaiveldregenmeter'.



De zwarte lijn toont de verschillen tussen de regenmeters in de Engelse opstellingen van stations 260 en 261. In de figuur is te zien dat de verschillen tussen deze twee regenmeters klein zijn: in het algemeen minder dan 0,01 mm/uur. Verder lijkt er geen specifieke afhankelijkheid te zijn van de windsnelheid. Deze curve is conform de verwachtingen: de regenmeters zijn identiek, de opstellingen zijn identiek en er mogen dus geen noemenswaardige verschillen optreden.

De rode curve in Figuur 2.4 toont de verschillen tussen de neerslagintensiteiten gemeten in de Engelse opstelling en de 'maaveldregenmeter'. Tot windsnelheden van ongeveer 2,5 m/s nemen de verschillen min of meer lineair toe tot ongeveer -0,02 mm/uur. Daarna treedt een sprong op en liggen de verschillen tussen de -0,04 en -0,10 mm/uur.

In onderstaande tabellen zijn de numerieke waarden gegeven van de curves in Figuur 2.4, aangevuld met het aantal maal dat dit verschil is opgetreden.

Gemiddelde verschillen 'putregenmeters' (mm/uur)			Gemiddelde verschillen maaiveld en 'putregenmeter' (mm/uur)	
Windsnelheidsbin	Gemiddeld verschil	Aantal voorkomens	Gemiddeld verschil	Aantal voorkomens
0.0 - 0.5	-0.0053	232	-0.0008	233
0.5 - 1.0	-0.0040	724	-0.0077	728
1.0 - 1.5	0.0019	1150	-0.0108	1159
1.5 - 2.0	-0.0046	1329	-0.0145	1340
2.0 - 2.5	-0.0004	1469	-0.0184	1482
2.5 - 3.0	-0.0010	1418	-0.0332	1433
3.0 - 3.5	0.0036	1332	-0.0406	1337
3.5 - 4.0	-0.0011	1100	-0.0852	1099
4.0 - 4.5	0.0036	922	-0.0657	922
4.5 - 5.0	0.0016	668	-0.0574	668
5.0 - 5.5	-0.0055	453	-0.0600	454
5.5 - 6.0	-0.0017	345	-0.0480	345
6.0 - 6.5	0.0002	259	-0.0702	259
6.5 - 7.0	-0.0042	194	-0.0891	194
7.0 - 7.5	-0.0110	134	-0.0846	134
7.5 - 8.0	-0.0058	80	-0.0960	80
8.0 - 8.5	-0.0027	49	-0.0667	49

#### 2.4.2. Conclusies

Uit Figuur 2.4 is te concluderen dat er een duidelijk verschil is in de neerslagregistratie van de regenmeters in de Engelse opstelling en een regenmeter die zonder windafscherming op het maaiveld geplaatst is. Zeker bij windsnelheden boven de 2,5 m/s worden de verschillen aanzienlijk. De verschillen tussen de regenmeters in de Engelse opstellingen zijn niet noemenswaardig.

Uit de analyse van de verschillen in neerslagintensiteiten en neerslagsommen, die grotendeels door de wind veroorzaakt worden, wordt geconcludeerd dat het plaatsen van een neerslagmeter op het maaiveld zonder windafscherming, grote verschillen oplevert met de neerslagmetingen zoals die op dit moment door het KNMI operationeel uitgevoerd worden. Deze plaatsingswijze wordt dan ook afgeraden, tenzij er goede correctiealgoritmes ontwikkeld worden. Een andere optie is om een onderzoek te doen met een windscherm rond de neerslagmeter.

### 3. Neerslagsommen uit de elektrische- en handneerslagmeter

#### 3.1. Inleiding

Er is al enige tijd een discussie gaande betreffende verschillen in neerslagsommen geregistreerd door de door het KNMI gebruikte handregenmeters en elektrische regenmeter. Om hier meer inzicht in te krijgen zijn de neerslagsommen van de elektrische neerslagmeters van 261 en 260 vergeleken met die van twee handregenmeters, die nabij stations 260/261 geplaatst waren op het testterrein achter het KNMI-gebouw in De Bilt.

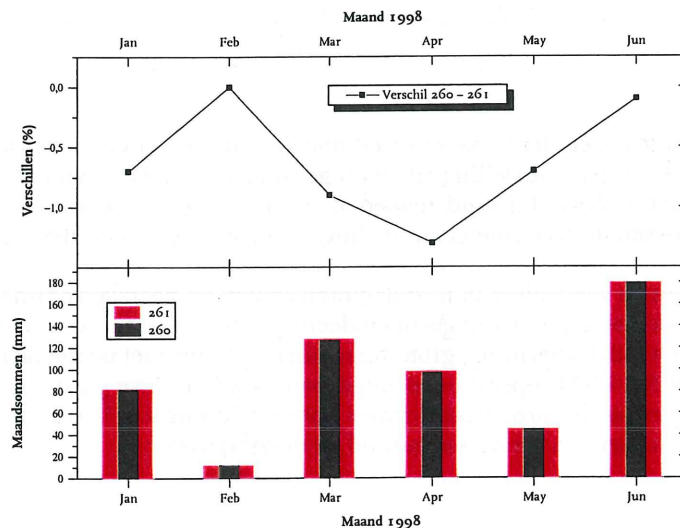
#### 3.2. De testperiode

De registratie van de handregenmeters heeft tot eind juni 1998 gelopen (met dank aan C. Schiks). Voor deze periode zijn de maandsommen bepaald van de vier neerslagmeters. Daarnaast zijn de verschillen onderling tussen de handneerslagmeters en de elektrische neerslagmeters bekeken en de (uiteeraard) de verschillen tussen de hand- en elektrische neerslagmeters. De datasets zijn op een paar uitzonderingen na compleet (één handneerslagmeterwaarneming ontbreekt; van de elektrische neerslagmeters ontbreken meer gegevens, maar die vielen samen met periodes waarin geen neerslag gevallen is).

#### 3.3. Resultaten

##### 3.3.1. Vergelijking 260/261

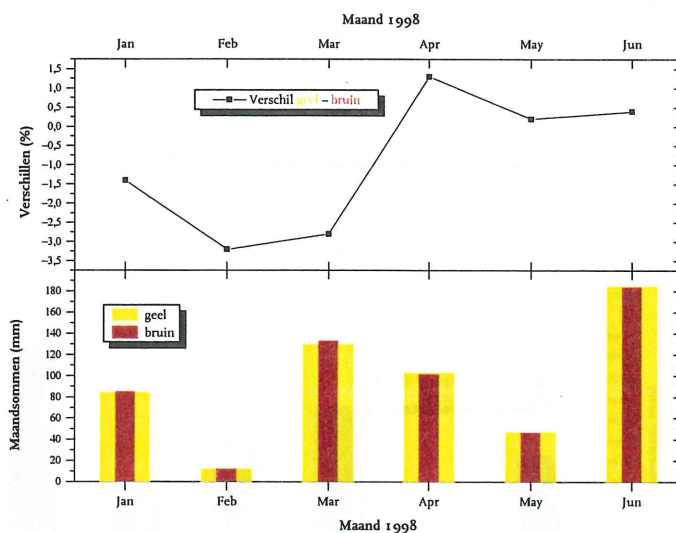
In Figuur 3.1 staan in het onderste deel de maandsommen van 260 en 261 uit in mm per maand. In het bovenste deel van de figuur staan de verschillen 260 - 261. Uit de bovenste figuur is te zien dat de verschillen tussen de elektrische neerslagmeters klein is: tussen de 0 en -1,3%.



Figuur 3.1 In het onderste deel staan de maandsommen van 260 en 261 uit in mm per maand. In het bovenste deel van de figuur staan de verschillen 260 - 261.



In Figuur 3.2 staan dezelfde gegevens, maar nu voor de handneerslagmeters, die de codes 'geel' en 'bruin' dragen ter onderscheiding.



Figuur 3.2 Zelfde als Figuur 3.1, maar nu voor de handneerslagmeters onderling.

In Figuur 3.2 is te zien dat de verschillen tussen de handneerslagmeters ongeveer liggen tussen +1,5 en -3,5%. Onderling verschillen ze dus meer dan de elektrische neerslagmeters.

Voor de vergelijking elektrische neerslagmeters/handneerslagmeters, zijn de elektrisch- en met de handneerslagmeter gemeten maandsommen gemiddeld. De resultaten zijn op eenzelfde wijze grafisch weergegeven in Figuur 3.3.

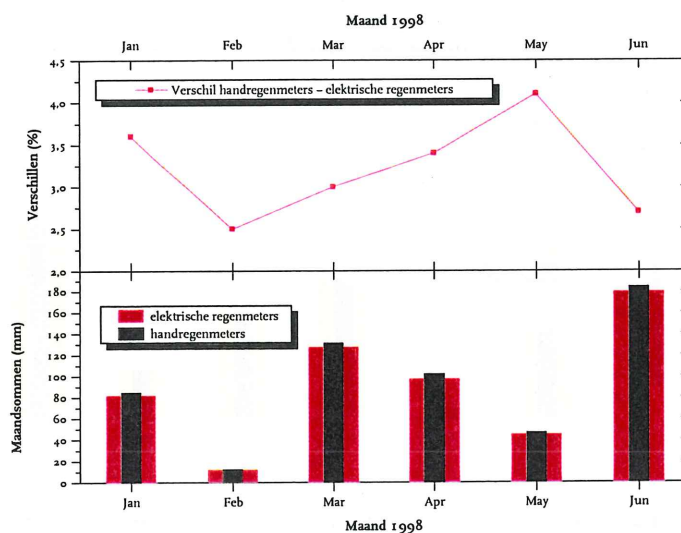
In Figuur 3.3 is te zien dat de handneerslagmeters systematisch meer neerslag registreren dan de elektrische neerslagmeters. De bovenste figuur laat zien dat deze verschillen liggen tussen de ruwweg 2,5 en 4%. De (gemiddelde) halfjaarsommen voor de elektrische- en handregenmeters waren 543,3 en 562,4 mm, respectievelijk. De handneerslagmeters hebben dus zo'n 3,4% meer gemeten dan de elektrische neerslagmeters.

### 3.4. Conclusies

De handneerslagmeters registreren meer neerslag dan de elektrische neerslagmeters. Uit de resultaten blijkt dat dit geen 'wintereffect' is, maar dat het gedurende alle seizoenen voorkomt (aangenomen dat de rest van het jaar soortgelijk gedrag is opgetreden, bij gebrek aan meer handneerslagwaarnemingen).

De oorzaken van de lagere neerslagsommen gemeten met de elektrische neerslagmeters zijn niet duidelijk. De elektrische neerslagmeters staan in de Engelse opstelling, wat juist een verbetering is t.o.v. de handneerslagmeters, die hun trechteropening enige tientallen centimeters boven het maaiveld hebben. Mogelijk dat een combinatie van verschillende trechteropeningen, verschillende trechtermaterialen en systematische fouten in beide soorten regenmeters, het totale verschil

veroorzaakt. Echter, het onderzoek heeft zich beperkt tot het vaststellen naar de verschillen. Om de oorzaken van de verschillen te achterhalen zullen er uitgebreide instrumentele analyses gedaan moeten worden, plus een analyse van de verschillen in opstellingen van de hand- en elektrische neerslagmeters en de gevolgen daarvan op de neerslagsommen.



**Figuur 3.3** De gemiddelde maandsommen van de elektrische- en handneerslagmeters vergeleken. De handneerslagmeters registreren duidelijk meer neerslag dan de elektrische neerslagmeters.



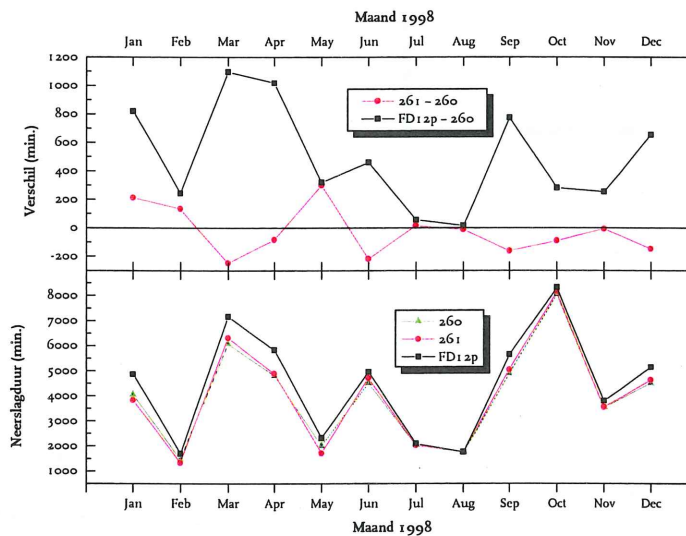
## 4. Neerslagduren

### 4.1. Inleiding

In het kader van de analyse van de neerslagduren gemeten met de Eigenbrodt, de neerslag-SIAM en de Vaisala FD 1 2p, zijn de maandsommen van deze sensoren vergeleken. Van 260 en 261 zijn de maandsommen bepaald uit de 10-minuten neerslagduren. Voor de FD 1 2p zijn 1-minuutmetingen gebruikt, waarbij er de afgelopen minuut of geen neerslag gemeld was, of een volledige minuut neerslag. Om neerslagduur uit de FD 1 2p te bepalen, zijn de neerslagintensiteitsmetingen van de FD 1 2p gebruikt, d.w.z. de optische detector van het instrument. De FD 1 2p geeft alleen neerslagintensiteit als de optische detector en de neerslagmelder gezamenlijk neerslag detecteren. Er wordt dus geen intensiteit gemeld als de neerslagmelder wel neerslag registreert (en dus nat wordt), maar de optische sensor nog niet kan meten, door b.v. te lage intensiteit. Bovendien is een ondergrens ingebouwd: alleen als de neerslagintensiteit *groter* is dan 0.01 mm/uur (over een minuut-interval).

### 4.2. Resultaten

In Figuur 4.1 staan in het onderste deel de maandsommen van de neerslagduren uit van de 3 sensoren, in de bovenste figuur de verschillen per maand.



Figuur 4.1 De maandsommen van de neerslagduren van de Eigenbrodt (260), de neerslagmeter (261) en de FD 1 2p.

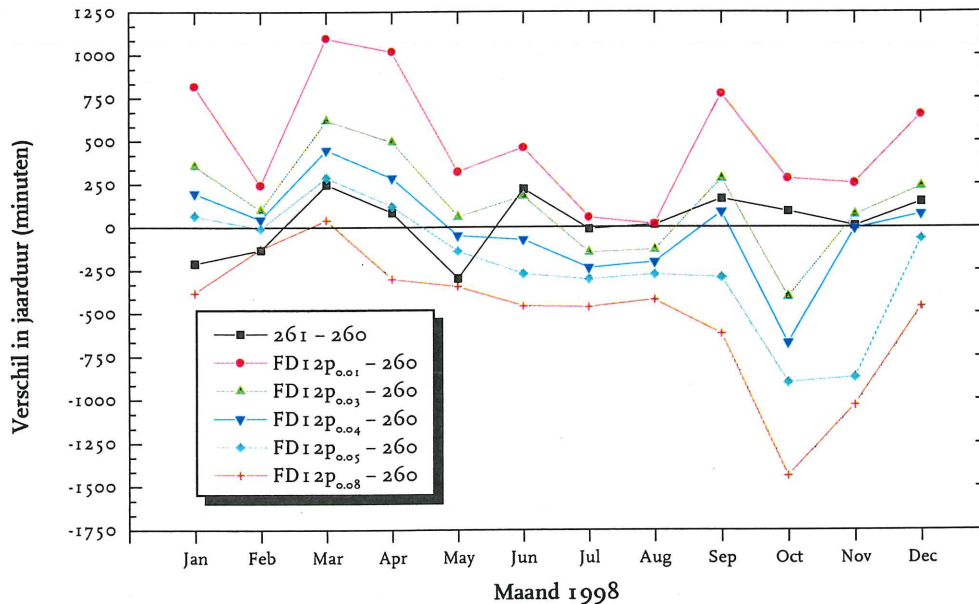
De verschillen tussen Eigenbrodt (260) en de neerslagmeter (261) liggen ruwweg tussen de -200 en +300 minuten per maand. In de jaarsom middelt dit uit: het verschil is slechts 319 minuten op een totale duur van ongeveer 47700 minuten.

De verschillen tussen de FD 1 2p en de Eigenbrodt zijn veel groter, zoals in het bovenste deel van Figuur 4.1 te zien is. De jaarsom kwam uit op ongeveer 54000 minuten, en het verschil met de Eigenbrodt op jaarbasis is 6000 minuten.

### 4.3. Resultaten 2

De resultaten uit 3.2 gaven aanleiding tot het gedetailleerder bekijken van de neerslagdetectie met de FD 1 2p, waarbij de ondergrens voor detectie gevarieerd is. In 3.3 was deze op 0.01 mm/uur gezet, nu zijn de situaties voor 0.03, 0.04, 0.05 en 0.08 bekeken.

Omdat niet zozeer de jaarsommen zelf in dit geval interessant zijn, maar juist de verschillen, zijn deze als functie van de maand uitgezet in Figuur 4.2.



**Figuur 4.2** De verschillen in jaarsommen neerslagduur tussen 261 en 260 en de FD 1 2p en 260. Voor de verschillen tussen de FD 1 2p en 260 is de ondergrens voor neerslagdetectie van de FD 1 2p gevarieerd: 0.01, 0.03, 0.04, 0.05 en 0.08.

In Figuur 4.2 is wederom te zien dat voor jaarsommen van de neerslagduur de Eigenbrodt (260) en detectie met de neerslagmeter (261) niet veel schelen (■). De verschillen tussen de FD 1 2p en 260 zijn sterk afhankelijk van de voor de FD 1 2p ingestelde ondergrens voor neerslagdetectie, zie de overige curves in Figuur 4.2. De neerslagdetectie met de FD 1 2p met de ondergrens van 0.04 mm/uur (▼) komt het best overeen met 260. Verder valt nog op dat de verschillen het kleinst zijn in de periode mei – augustus. Mogelijk wordt dit veroorzaakt doordat in de zomermaanden de neerslag voornamelijk in de vorm van buien valt en in de overige maanden meer lage-intensiteit-neerslag voorkomt. De laatste vorm van neerslag is 'lastiger' correct te registreren met zowel de Eigenbrodt, de KNMI-neerslagmeter, als de FD 1 2p.

In onderstaande tabel zijn de jaarsommen gegeven van 260, 261 en de FD 1 2p, voor de verschillende detectie-ondergrenzen, in minuten.

260	261	FD 1 2p, 0.01	FD 1 2p, 0.03	FD 1 2p, 0.04	FD 1 2p, 0.05	FD 1 2p, 0.08
47637	47956	53631	49345	47533	44991	41638

Voor de volledigheid zijn in de volgende tabel nog de verschillen in de jaarsommen van de neerslagduren en 260 gegeven (in minuten).

261 - 260	FD12p <sub>0.01</sub> - 260	FD12p <sub>0.03</sub> - 260	FD12p <sub>0.04</sub> - 260	FD12p <sub>0.05</sub> - 260	FD12p <sub>0.08</sub> - 260
319	5994	1708	-104	-2646	-5999

#### 4.4. Conclusies

Wat maand- of jaarsommen van neerslag betreft, ontlopen de Eigenbrodt en de neerslagmeter elkaar niet veel (ongeveer 0.6%). De FD12p, ingesteld op neerslagdetectie met een ondergrens van 0.01 mm/uur, geeft in de orde van 10% meer neerslagtijd. De beste overeenkomst tussen de Eigenbrodt en de FD12p wordt bereikt als voor de FD12p neerslag geregistreerd wordt voor intensiteiten > 0.04 mm/uur. Het verschil is dan slechts in de orde van 0.2 %.

Voor klimatologische opslag van neerslagduren is tot op heden de Eigenbrodt gebruikt. Overschakelen op neerslagduurbepaling met de KNMI-neerslagmeter of de FD12p (ondergrens > 0.04 mm/uur), hoeft voor de meetreeksen niet veel gevolgen te hebben in de zin van 'reeks-breuk'. Voor het 'real-time' waarnemen van neerslag-optreden, is het gevolg ook niet groot. De KNMI-neerslagmeter heeft welliswaar een 'aanlooptijd' van 5 minuten, maar metingen worden op tienminuut-basis ingewonnen. Voor de KNMI-neerslagmeter kan dit betekenen dat een neerslagmelding uiterlijk met 15 minuten vertraging beschikbaar is (RIS, CIBIL). Voor de FD12p, die veel gevoeliger ingesteld kan worden dan zowel de Eigenbrodt als de KNMI-neerslagmeter, kan dit overigens ook 10 minuten vertraging zijn.



## Eerder gepubliceerde titels in deze reeks:

- 2000-01 Inventarisatie nowcasting-technieken voor gevaarlijk weer : eindrapport  
*G.T. Geertsema, A. Maas, H.R.A. Wessels, H. Benschop, B. Blaauboer en C.J. Kok*
- 2000-02 COST-76 : aims, achievements and future  
*W.A. Monna*
- 2000-03 Verslag van een studiereis naar de National Weather Service van de USA, juni 2000  
*A.W. Donker*
- 2000-04 Definitiestudie vervanging IBDS : eindrapport  
*Sylvia Barlag, Hans Roozkrans, Richard Rothe, Jan Bijma, Jan Jans en Frans Debie*
- 2000-05 Rapportage voorstudie herinrichting Cabauw  
*Projectgroep Voorstudie Herinrichting Cabauw*
- 2001-01 Neerslagonderzoek  
*Foeke Kuik*



