

Gebruik van regenradar gegevens in het  
waterbeheer van Waterschap  
Rivierenland



# Gebruik van regenradar gegevens in het waterbeheer van Waterschap Rivierenland

December 2007

**Opdrachtgever**

Waterschap Rivierenland

**Uitvoerder**

FutureWater

**Begeleiders**

H. Niewold

**Auteurs**

W.W. Immerzeel

**FutureWater**

Costerweg 1G  
6702 AA Wageningen  
The Netherlands

+31 (0)317 460050

[info@futurewater.nl](mailto:info@futurewater.nl)

[www.futurewater.nl](http://www.futurewater.nl)

Dit rapport bevat de resultaten van een onderzoek naar de bruikbaarheid van regenradar gegevens voor het waterbeheer van Waterschap Rivierenland. Er is een dataset geanalyseerd met meetgegevens vanaf 2000 tot heden. Er is een vergelijking gemaakt met dagcijfers voor 14 stations die zich binnen het beheersgebied van het Waterschap bevinden. Daarnaast zijn ook de uurgcijfers voor het jaar 2007 voor het station Herwijnen geanalyseerd. Het rapport beschrijft eerst de gebruikte methodiek en vervolgens worden de resultaten gepresenteerd op dag- en uurbasis. Behalve langere tijdreeksen worden ook een aantal extreme gebeurtenissen in detail geanalyseerd. Het rapport eindigt met een aantal conclusies over de bruikbaarheid van de gegevens. Daarnaast worden een aantal aanbevelingen gedaan.

Wageningen  
December 2007



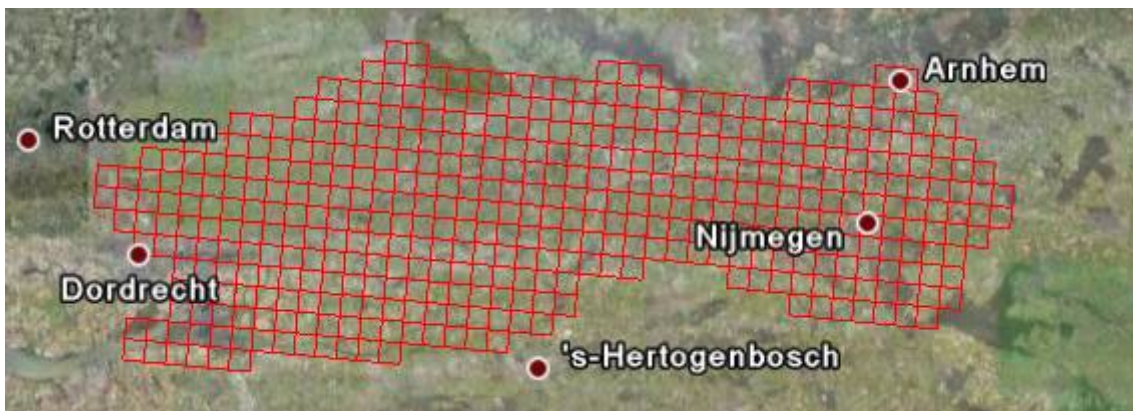
<b>Voorwoord</b>	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2 Regenradar</b>	<b>6</b>
<b>3 Methode</b>	<b>8</b>
3.1 Tijdzone	8
3.2 Opzetten database	8
3.3 Vergelijk op dagbasis	9
3.4 Vergelijk op uurbasis	11
3.5 Correctie daggegevens	11
<b>4 Resultaten</b>	<b>12</b>
4.1 Vergelijk op dagbasis	12
4.1.1 Algemeen	12
4.1.2 Extreme gebeurtenissen	16
4.2 Vergelijk op uurbasis	18
4.2.1 Kwaliteit meetgegevens	18
4.2.2 Algemeen	19
4.2.3 Extreme gebeurtenissen	20
4.3 Correctie daggegevens	22
<b>5 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>24</b>
<b>Bijlage 1: Data ontbrekende radargegevens</b>	<b>25</b>

# 1 Inleiding

Waterschap Rivierenland beschikt voor de periode 2000 tot heden over regenradargegevens voor haar totale beheersgebied. De historische data zijn eenmalig aangekocht bij MeteoConsult in Wageningen en sinds 2006 wordt online de meest recente data opgehaald.

Binnen het beheersgebied van het waterschap wordt door verschillende neerslagstations de gevallen hoeveelheid neerslag gemeten. Deels zijn dit stations van het KNMI, deels bezit het waterschap eigen neerslagmeters.

De regenradargegevens die aangeleverd worden door MeteoConsult zijn gekalibreerde uurwaardes met een ruimtelijke resolutie van ongeveer 2.5 bij 2.5 km (Figuur 1-1). De kalibratie vindt plaats aan de hand van een aantal neerslagstations waarvan er maar één (Herwijnen) in het beheersgebied valt. Dit is de aanleiding om de aangeleverde gegevens met de overige meetstations die binnen het beheersgebied vallen te vergelijken om een uitspraak te kunnen doen over nauwkeurigheid en ruimtelijke spreiding van de neerslag gemeten met de radar.



**Figuur 1-1: Ruimtelijke raster waarbinnen de radar gegevens worden aangeleverd**

De doelstelling van het project is het evalueren van de bruikbaarheid van de radargegevens aan de hand van meetgegevens. Dit rapport beschrijft de resultaten van het vergelijken van de radargegevens met gemeten neerslag in het gebied. Bovendien wordt een aanvullende correctie methodiek toegelicht.

## 2 Regenradar

Het KNMI heeft twee operationele Doppler radars, één in De Bilt en één in Den Helder, die worden gebruikt voor het meten van neerslag boven Nederland en omstreken. Deze C-band radars zenden en ontvangen radio-straling met een frequentie van ongeveer 6 GHz en een golflengte van rond de 5 cm. De Doppler radars kunnen op twee manieren gebruikt worden. Ze kunnen gebruikt worden als conventionele radar waarbij de intensiteit van de terugkomende, verstrooide radiofrequente straling wordt gemeten. Ze kunnen ook gebruikt worden als echte Doppler radar waarbij de snelheidsverdeling van de deeltjes, waaraan de radiogolven verstrooid zijn, gemeten wordt. Bij conventionele radarmetingen wordt het terugkomende, verstrooide signaal, na onder andere een kalibratie en een afstandscorrectie, omgezet in een grootheid  $Z$  (dBZ), de zogenaamde radarreflectiviteit:

$$Z = \sum_i n_i d_i^6$$

De radarreflectiviteit is dus gedefinieerd als de som over het product van het aantal deeltjes met de diameters tot de zesde-macht van alle (neerslag)deeltjes in een volume, en is daarmee uitermate gevoelig voor de diameter van de deeltjes. Door de grote spreiding in  $Z$ -waarden is een decibelschaal gebruikelijk:

$$Z[\text{dBZ}] = 10 \cdot 10 \log(Z[\text{mm}^6 \text{m}^{-3}])$$

Onder de aanname van een diameter-distributie van neerslagdruppeltjes en een afhankelijkheid van de valsnelheid van druppeltjes met hun diameter, kan de radarreflectiviteit worden omgerekend naar een hoeveelheid neerslag per tijdseenheid ( $R$ ). De volgende formule wordt gebruikt om radarreflectiviteit om te rekenen naar neerslag per tijdseenheid:

$$R[\text{mm} / \text{h}] = 10^{\left(\frac{Z[\text{dBZ}] - 23}{16}\right)}$$

De reflectiviteit wordt tot op grote afstand van de radar (0-320 km) en op enige hoogte (0.8-3 km) boven het aardoppervlak gemeten, en daardoor kunnen er discrepanties optreden tussen de bepaling van de neerslag per tijdseenheid met de radar en die door de neerslagwaarnemers aan de grond. Dit kan bijvoorbeeld worden veroorzaakt door verdamping of vorming van neerslag vlak boven het aardoppervlak of door een vreemde propagatie van de radarbundel ten gevolge van een lokale verstoring van de bundel.

De radars maken elke 5 minuten een scan en het ongekalibreerde radarbeeld wordt verkregen door 12 5-minuten radarpixels bij elkaar op te tellen. Tijdens een scan draait de radar volledig om zijn verticale as en meet onder vier verschillende hoeken met de vertikaal de



radarreflectiviteit als functie van de afstand. Op die manier wordt een drie-dimensionale reflectiviteitsverdeling van de atmosfeer verkregen. Het ongekalibreerde radarbeeld is een horizontale dwarsdoorsnede van de drie-dimensionale verdeling op een hoogte van 0.8 km.

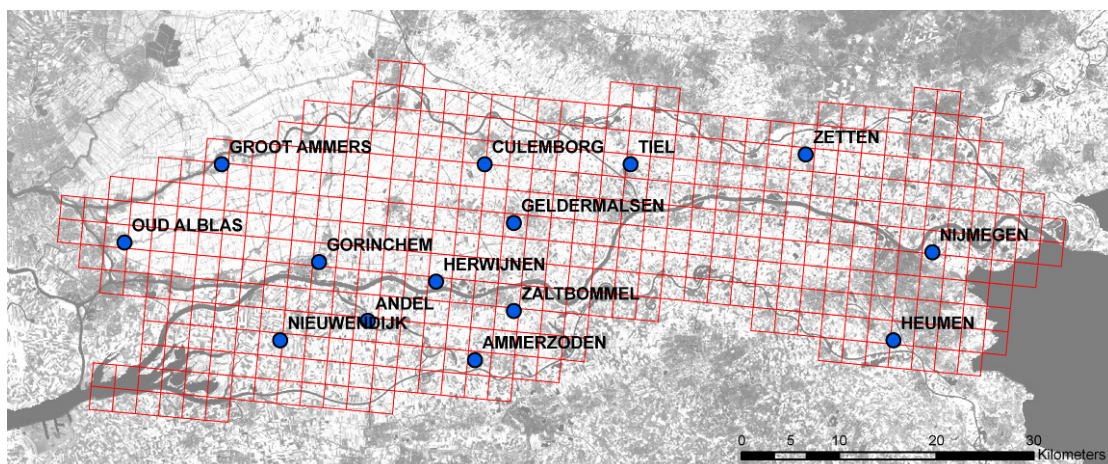
Vervolgens zijn deze ongekalibreerde radarbeelden door MeteoConsult gekalibreerd aan de hand van een negental meteorologische stations, waarvan alleen het meteorologische station Herwijnen zich binnen het beheersgebied van het waterschap bevindt (Figuur 2-1). Hierbij is de volgende methodiek gehanteerd.

Pixels die niet op een meteorologisch station lagen werden door middel van een kwadratische weging van omliggende stations gecorrigeerd. Stations die verder weg liggen worden op deze manier minder mee gewogen.

Er zijn een aantal regels waaraan voldaan is bij de kalibratie:

- er mag op het moment van meten geen sneeuw vallen: sneeuw verstoort de neerslagmeting en kan de kalibratie verstoren.
- Radarpixels met neerslag die niet omringd worden door andere natte pixels worden niet opgeteld (simpel valse echo filter).
- De relatieve aanpassing voor een uursom per pixel mag maximaal een factor 3 bedragen. (b.v. 3 omliggende meteorologische stations rapporteren 10mm neerslag en de radarsom is 2 mm; de factor bedraagt 5 maar wordt afgetopt op 3 mm. Een pixel met 3 mm zal gekalibreerd op 9mm uitkomen)
- De absolute aanpassing mag maximaal 2 keer het verschil waargenomen op de omliggende stations zijn.

Dit product vormt het startpunt van de verdere analyses. De vergelijkingen van radargegevens met meteorologische gegevens is uitgevoerd voor 14 verschillende stations weergegeven in Figuur 2-1.



**Figuur 2-1: Overzicht meteorologische stations en radar grid**

## 3 Methode

### 3.1 Tijdzone

De KNMI stations gegevens op dagbasis sommeren de neerslag van 8.00 uur UTC tot 8.00 uur UTC. In de wintertijd worden de regenmeters dus om 9.00 uur 's ochtends Nederlandse tijd afgelezen en in de zomertijd om 10.00 uur 's ochtends. Een dagelijkse neerslag meting op 10 juni 2006 heeft dus betrekking op de periode van 9 juni 10:00 uur tot 10 juni 10:00 uur. De radar gegevens gaan uit van 24.00 uur tot 0.00 uur lokale tijd (UTC+1). Hier is bij het inlezen van de gegevens rekening meegehouden.

### 3.2 Opzetten database

Om de analyse te vereenvoudigen en reproduceerbaar te maken zijn alle radargegevens en neerslag stations gegevens opgeslagen in een database.

De eerste stap die genomen is, is de aggregatie van de urengegevens naar dagwaarden. De radargegevens zijn opgeslagen als ascii tekstbestanden. Per uur is er een bestand beschikbaar voor alle radarpixels (440). Er zijn dus in totaal ongeveer 7.5 jaar X 365 dagen X 24 uur = 64800 bestanden die ingelezen moeten worden. Er is een script ontwikkeld dat al deze bestanden automatisch inleest, dagsommen berekent en wegschrijft naar een komma gescheiden tekst bestand. Dit bestand is vervolgens ingelezen in een MS Access database. Na controle van de radargegevens bleek dat de reeks niet helemaal volledig is en dat voor een aantal dagen geen gegevens beschikbaar zijn of dat er dagen zijn waarvoor niet voor elk uur gegevens beschikbaar zijn. De data van deze ontbrekende gegevens zijn weergegeven in bijlage 1.

Vervolgens zijn de gegevens van de meteorologische stations (14) zelf en de bijbehorende neerslag gegevens toegevoegd aan de database. Na de correctie van de radargegevens zoals later beschreven in dit rapport zijn ook deze gegevens aan de database toegevoegd. Tot slot zijn de relaties tussen de verschillende tabellen gedefinieerd. De radar daggegevens zijn door middel van het *lokatie* veld verbonden aan de stations tabel, welke middels het *KNMI* veld (KNMI station nummer) verbonden is met meteorologische gegevens tabel (meteo). Het KNMI station is toegekend aan de radar pixel waarbinnen het station zich bevindt.

De radar en stations urengegevens voor station Herwijnen voor het jaar 2007 zijn ook aan de database toegevoegd.

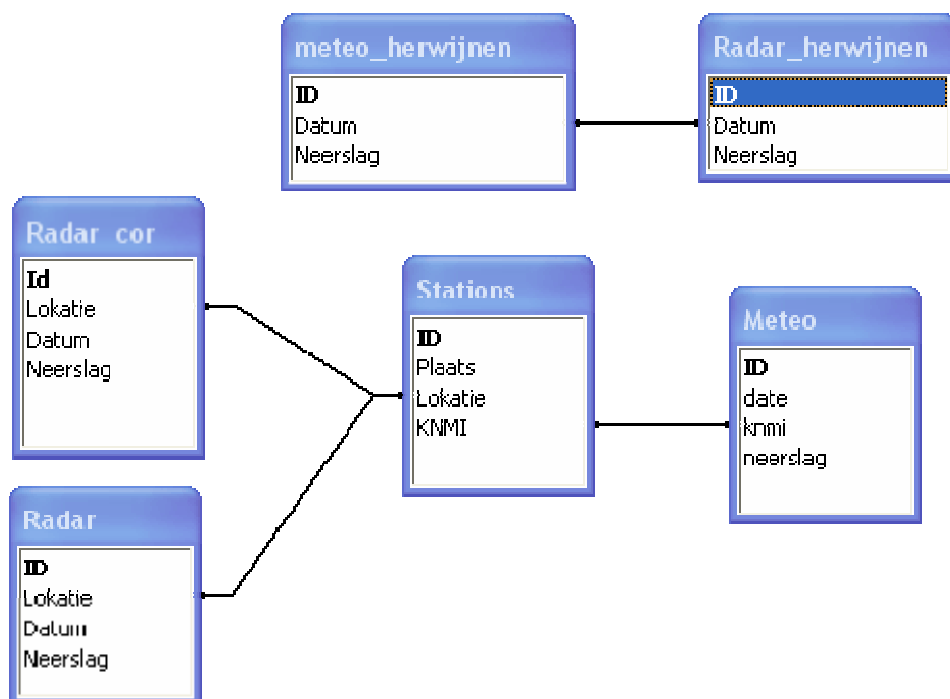




Figuur 3-1 laat de structuur van de database en de onderlinge relaties schematische zien. Samenvattend zijn dus de volgende tabellen gedefinieerd:

- Radar: Originale radar daggegevens voor alle pixels in het beheersgebied
- Radar\_cor: Gecorrigeerde radar daggegevens voor alle pixels in het beheersgebied
- Stations: Gegevens van de 14 KNMI stations in het beheersgebied
- Meteo: Daggegevens van de 14 meteorologische stations
- Meteo\_herwijnen: uurgegevens voor het jaar 2007 van station Herwijnen
- Radar\_herwijnen: radar uurgegevens van station Herwijnen

Vervolgens zijn de benodigde gegevens voor de analyses met behulp van Structured Query Language (SQL) uit de database gehaald en geëxporteerd naar MS Excel voor verdere analyse.



**Figuur 3-1: Database structuur**

### 3.3 Vergelijk op dagbasis

Er zijn twee manieren om de gegevens op dagbasis te vergelijken en de kwaliteit te beoordelen. Als eerste zal de kwaliteit van de radargegevens beoordeeld worden aan de hand van een stochastische tabel met categorische gegevens. Deze tabel is weergegeven in Tabel 3-1. Deze tabel wordt ingevuld voor alle 14 stations en voor de gehele periode. *Raak* betekent dat er zowel met de radar als op het station neerslag wordt waargenomen, *mis* betekent dat er wel neerslag op het station wordt waargenomen, maar niet met de radar, *vals* betekent dat er geen



neerslag op het station wordt waargenomen, maar wel met de radar, *nul* betekent dat er zowel met de radar als op het station geen neerslag wordt waargenomen.

**Tabel 3-1: Stochastische tabel**

		WAARGENOMEN OP STATION		TOTAL
		JA	NEE	
WAARGENOMEN MET RADAR	JA	<b>Raak</b>	<b>Vals</b>	TOTAL
	NEE	<b>Mis</b>	<b>Nul</b>	TOTAL
TOTAL		TOTAL	TOTAL	AANTAL WAARNEMINGEN

De getallen uit de stochastische tabel op zichzelf zeggen weinig, maar er kunnen op basis van deze getallen een aantal interessante categorische statistieken worden bepaald:

- De nauwkeurigheid. Deze wordt gedefinieerd als:

$$\text{nauwkeurigheid} = \frac{\text{raak} + \text{nul}}{\text{total}}$$

- De bias of systematische afwijking. De bias beschrijft de ratio tussen het aantal radar waarnemingen en het aantal stations waarnemingen. Deze wordt gedefinieerd als:

$$\text{bias} = \frac{\text{raak} + \text{vals}}{\text{raak} + \text{mis}}$$

- De waarschijnlijkheid van waarneming (WVW) geeft de kans weer dat een neerslaggebeurtenis daadwerkelijk door de radar wordt waargenomen en wordt gedefinieerd als:

$$\text{WVW} = \frac{\text{raak}}{\text{raak} + \text{mis}}$$

De tweede manier is een kwantitatieve vergelijking tussen stations- en radargegevens. Dit is op verschillende manieren gedaan:

- Er is gekeken of er grote ruimtelijke spreiding is tussen de verschillende stations door per station scatterplots te maken
- Er is gekeken of er verschillen zijn tussen de verschillende maanden door per maand scatterplots te maken.
- Er is gekeken hoe de statistische verdeling van de residuen (station – radar) eruit ziet
- Er is gekeken hoe extreme neerslag gebeurtenissen door de radar worden waargenomen
- Er zijn ruimtelijke kaartjes gemaakt van een dag met extreme neerslag om de ruimtelijke patronen inzichtelijk te maken. Hiervoor is 23 april van het jaar 2000 gekozen. De stations data zijn met behulp van Thiessen polygonen ruimtelijk gevisualiseerd voor het gehele beheersgebied van het waterschap. Thiessen



polygonen is een gangbare manier om dit te doen en door dit te gebruiken wordt de meerwaarde van de ruimtelijke resolutie van de radargegevens duidelijk in kaart gebracht.

### 3.4 Vergelijk op uurbasis

De gemeten gegevens op uurbasis zijn alleen beschikbaar voor het station Herwijnen van januari 2006 tot en met juni 2007. De urregegevens worden automatisch gemeten met behulp van een *tipping bucket*, terwijl de daggegevens door meteorologen worden afgelezen. Daarom is er eerst een analyse gemaakt van de betrouwbaarheid van de gemeten urregegevens op dit station door deze op verschillende manier (1-24 UTC en 8-8 UTC) te accumuleren en te vergelijken met de dagcijfers. Vervolgens zijn de gegevens op uurbasis met elkaar vergeleken voor die periode waarbinnen de gegevens betrouwbaar werden geacht. Daarnaast zijn een drietal dagen geselecteerd met een relatief hoge neerslag en in detail geanalyseerd.

### 3.5 Correctie daggegevens

Om de nauwkeurigheid van de daggegevens van de radar te verbeteren is zijn de daggegevens aanvullende gecorrigeerd aan de hand van de stationsgegevens binnen het beheersgebied van waterschap Rivierenland. Dit is op de volgende manier gedaan:

- Er bevinden zich in het gebied 14 meteorologische stations (Figuur 2-1). Met behulp van Thiessen polygonen worden de radar raster cellen toegekend aan één van de meteorologische stations.
- Per station wordt een dagelijkse correctie toegepast door te kijken naar het verschil tussen stations en radarneerslag. Er wordt een relatieve correctie toegepast door de radarneerslag met een factor te vermenigvuldigen. Er wordt een vuistregel gehanteerd dat de factor maximaal twee mag zijn en minimaal een half.
- De MS Access database inclusief ongecorrigeerd en gecorrigeerde radargegevens zijn geleverd aan het waterschap.



## 4 Resultaten

### 4.1 Vergelijk op dagbasis

#### 4.1.1 Algemeen

De stochastische tabel, gebaseerd op de methode zoals beschreven in 3.3, is weergegeven in Tabel 4-1. In totaal zijn er op dagbasis in 7.5 jaar op 14 stations 31556 dagen waarop waarnemingen beschikbaar zijn.

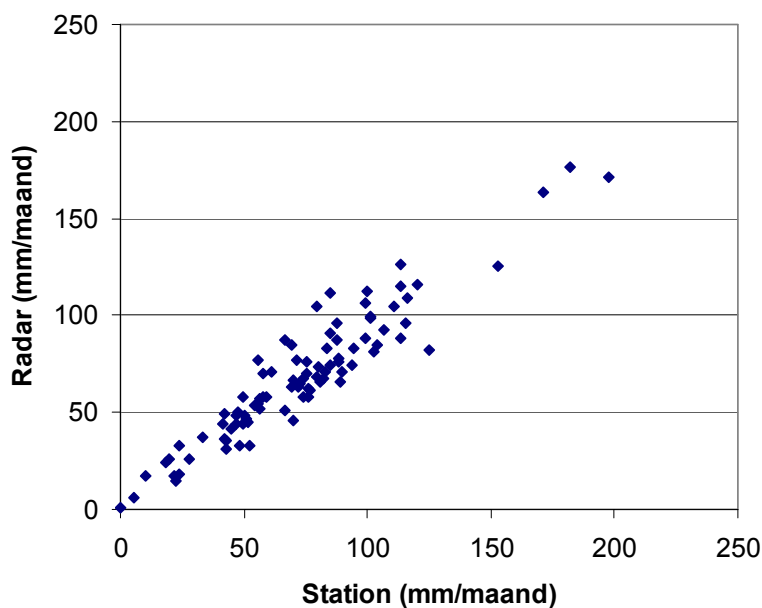
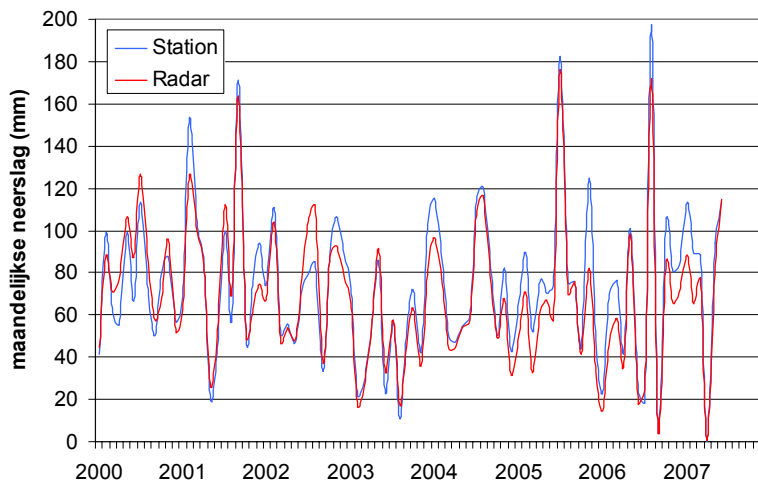
**Tabel 4-1: Tabel met stochastische statistieken**

		WAARGENOMEN OP STATION		TOTAL
		JA	NEE	
WAARGENOMEN MET RADAR	JA	15984	3585	19569
	NEE	1301	10686	11987
TOTAL		17285	14271	31556

Op basis van de tabel kunnen de categorische statistieken berekend worden. De nauwkeurigheid bedraagt 0.85. Dit betekent dat in 85% van de gevallen dat het daadwerkelijk regent of droog is, dit ook op die manier door de radar wordt waargenomen. De bias is 1.13 en het feit dat deze waarden iets groter is dan 1, betekent dat de radar iets te vaak neerslag waarneemt terwijl het volgens de stationsdata droog is. Over het algemeen heeft dit betrekking op hele geringe hoeveelheden, die wel door de radar worden waargenomen, maar verwaarloosd worden op de stations. De waarschijnlijkheid van waarneming is gelijk aan 0.92. Gegeven dat het regent is de kans dat de radar dit ook meet 92%. Ook opvallend is dat het aantal keer dat de radar neerslag waarneemt, maar dat dit niet gemeten wordt op het station (3585) een stuk groter is dan de omgekeerde situatie (1301). Op basis van deze statistieken kan de conclusie getrokken worden dat op dagbasis de nauwkeurigheid goed is.

Figuur 4-1 laat de maandelijkse stations- en radarneerslag zien voor de periode 2000-2007 voor het gehele beheersgebied. Voor de stations gegevens zijn de getallen gebaseerd op Thiessen polygonen van de 14 stations en voor de radargegevens zijn de data van alle 440 radar pixels opgeteld. Over het algemeen is de relatie tussen stations en radarneerslag goed ( $R^2 = 0.88$ ). Opvallend aan de grafieken is dat de relatief natte maanden door de radar onderschat worden. Dit geldt vooral in de range rond de 100 mm/maand. De echte extremen maanden worden wel goed waargenomen met de radar.

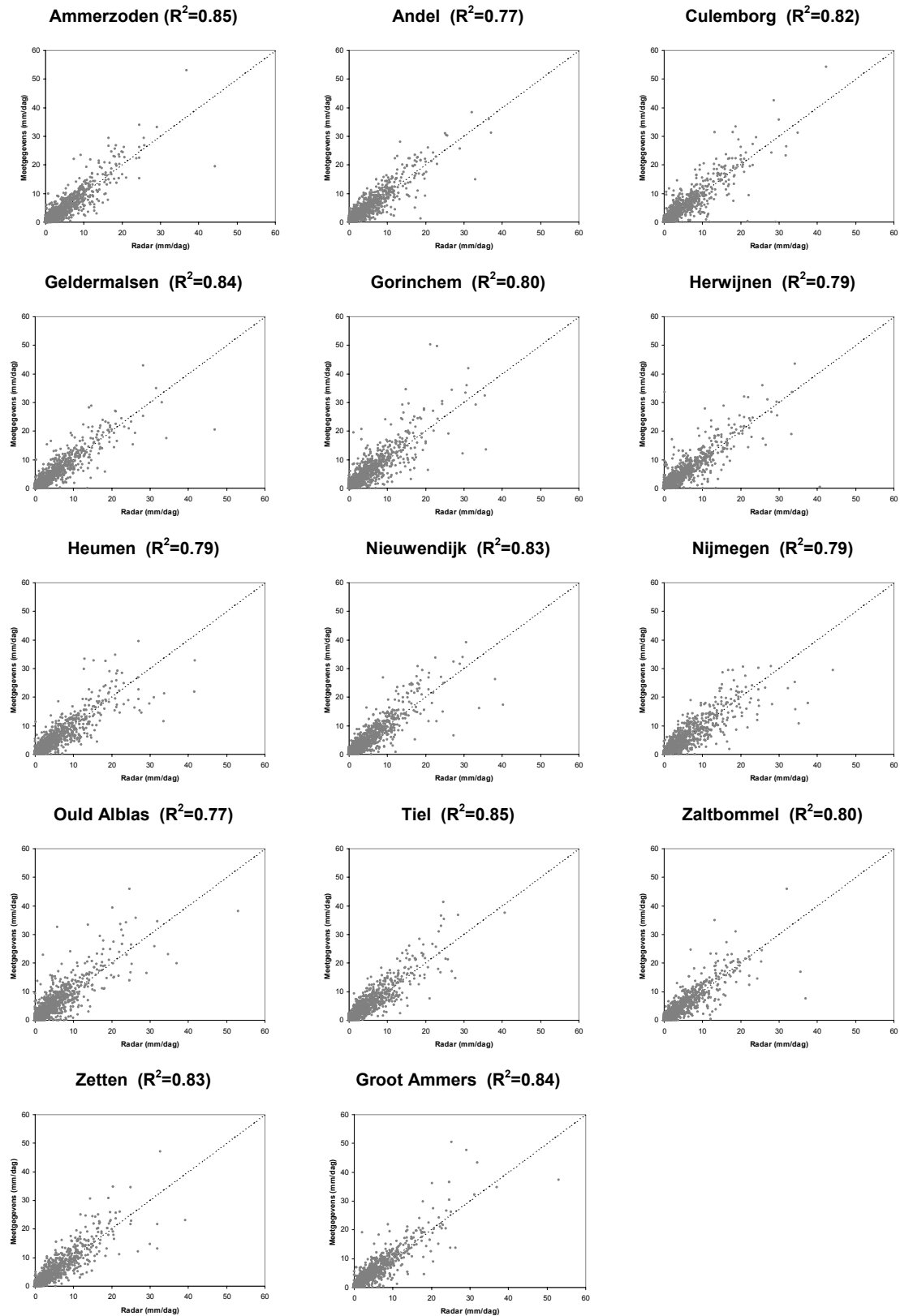




**Figuur 4-1: Maandelijks neerslag voor het gehele beheersgebied van januari 2000 tot juni 2007 (tijdserie en scatterplot)**

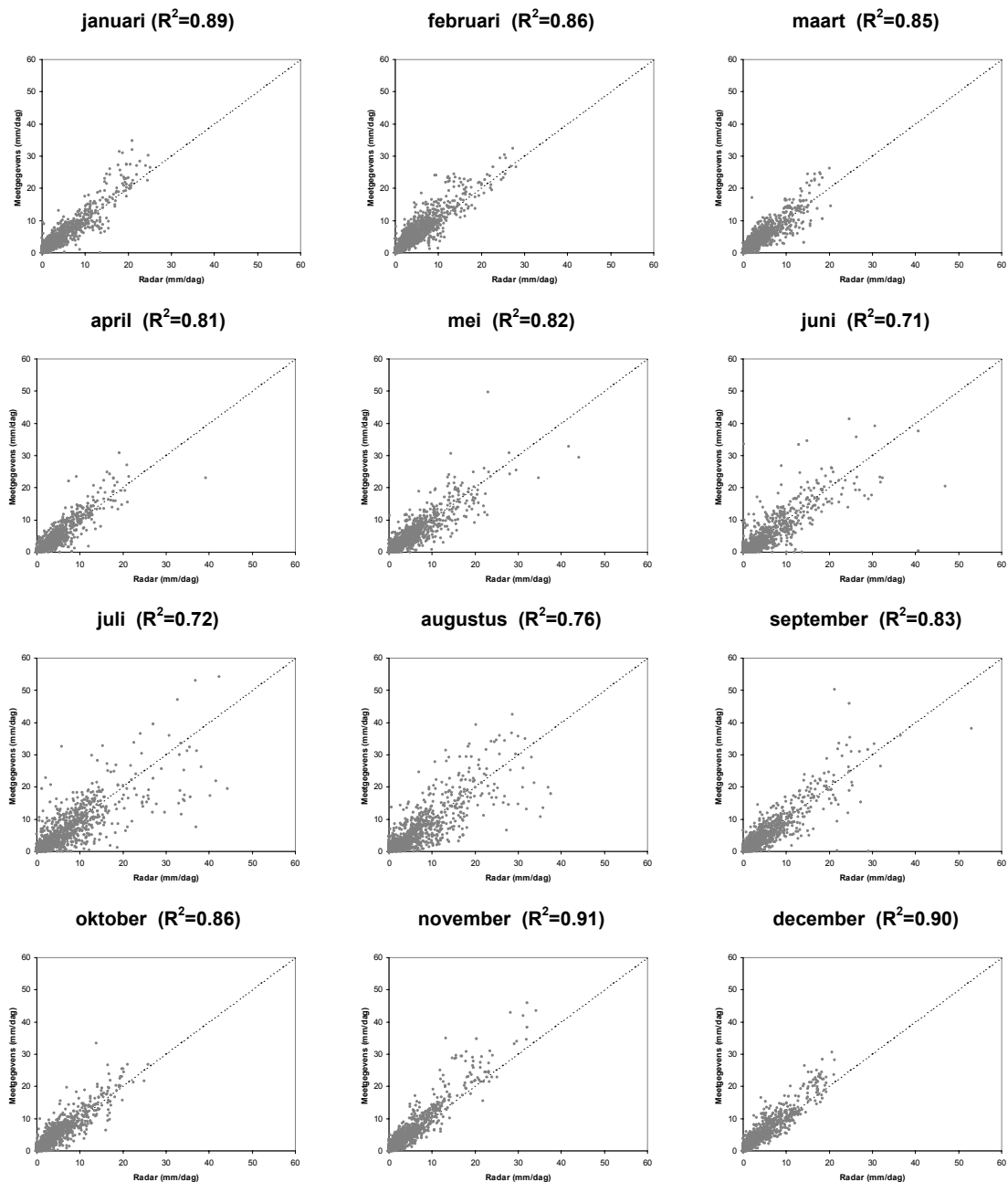
Figuur 4-2 geeft per station (14) een scatterplot weer tussen de dagelijkse gemeten neerslag en de radar voor de gehele periode waarvoor gegevens beschikbaar zijn. Wat opvalt aan de plots is dat over het algemeen de orde grootte van de radar neerslag goed is en dat er een duidelijk verband bestaat tussen gemeten op de stations en de door de radar bepaalde neerslag. De  $R^2$  ligt rond de 0.80 voor alle stations (Figuur 4-2). De stations Ammerzoden en Tiel wijken het minst af ( $R^2 = 0.85$ ) en Andel en Oud Alblas vertonen de grootste afwijking ( $R^2 = 0.77$ ). Daarnaast valt op dat vooral bij grotere neerslag hoeveelheden de afwijkingen groter zijn en dat de radarneerslag vaker de gemeten neerslag onderschat dan andersom. De afwijking kunnen op dagbasis oplopen tot 30 mm. Er zijn geen grote verschillen tussen de verschillende stations waarneembaar, wat leidt tot de conclusie dat er geen ruimtelijke trends in de afwijking tussen stationsgegevens en radargegevens waarneembaar zijn.





Figuur 4-2: Scatterplots radar vs. gemeten per meteorologisch station





**Figuur 4-3: Scatterplots radar vs. gemeten per maand**

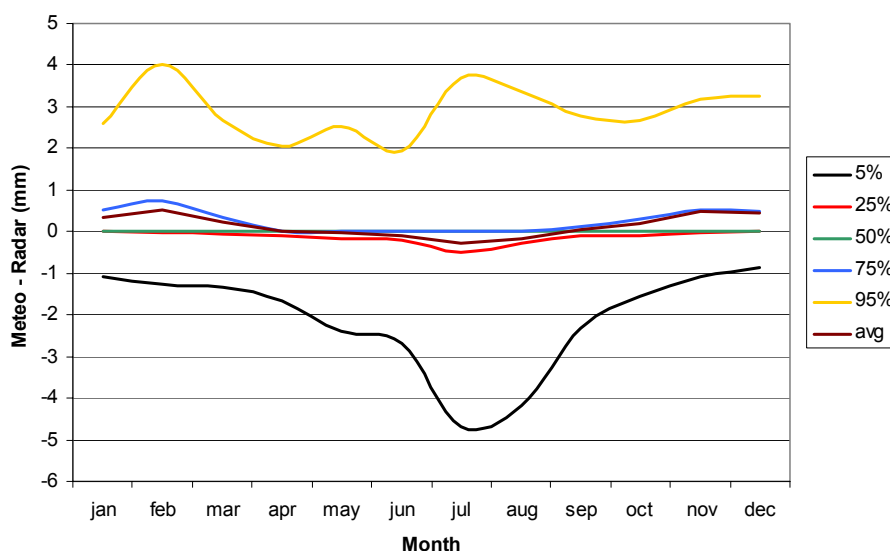
Figuur 4-3 geeft per maand een scatterplot weer van alle dagelijkse gegevens voor alle stations. Uit de plots kunnen een aantal conclusies worden getrokken:

- In de zomer is de relatie tussen station en radargegevens een stuk slechter dan in de overige seizoenen
- In de maanden februari, maart, november en december wordt over het algemeen de neerslag over de gehele bandbreedte onderschat door de radar
- In de maanden april, mei en juni worden de kleinere neerslaghoeveelheden juist overschat.



In de maanden juli en augustus zijn de afwijkingen tussen stations en radargegevens een stuk groter dan in andere maanden, vooral voor de grotere neerslaghoeveelheden.

De maandelijkse scatterplots brengen een aantal interessante zaken aan het licht. Om deze trends nader in kaart te brengen is de verdeling van de residuen (station – radar) geanalyseerd. Per maand is het gemiddelde, en de 5%, 25%, 50%, 75% en 95% percentiele waarde van de residuen bepaald. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 4-4.



**Figuur 4-4: Maandelijkse percentielen en gemiddelde voor de verschillen tussen gemeten en radar gebaseerd op dagelijkse neerslag.**

De volgende conclusies kunnen worden getrokken op basis van deze figuur:

- In de zomer zijn de afwijkingen in de meer extremere waarden veruit het grootst (95% en 5% lijnen).
- De mediaan (50% lijn) en gemiddelde (avg) zijn niet altijd gelijk en dus is er een structurele afwijking in sommige maanden.
- In de meeste maanden onderschat de radar de extreme neerslag gebeurtenissen

#### 4.1.2 Extreme gebeurtenissen

Met de gemeten neerslag op de stations als basis is gekeken hoe vaak een bepaalde neerslag hoeveelheid is overschat dan wel onderschat door de radar. Er is gekeken naar neerslag episoden met een neerslagsom groter dan respectievelijk 10, 20, 30 en 40 mm. Vervolgens is het aantal keren bepaald dat deze som met meer dan 5, 10 en 15 mm werd over- dan wel onderschat. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4-2. De tabel brengt een aantal opvallende zaken aan het licht. Extreme neerslag gebeurtenissen worden door de radar veel vaker onderschat dan overschat. In bijvoorbeeld 71% van de dagen met een gemeten neerslag





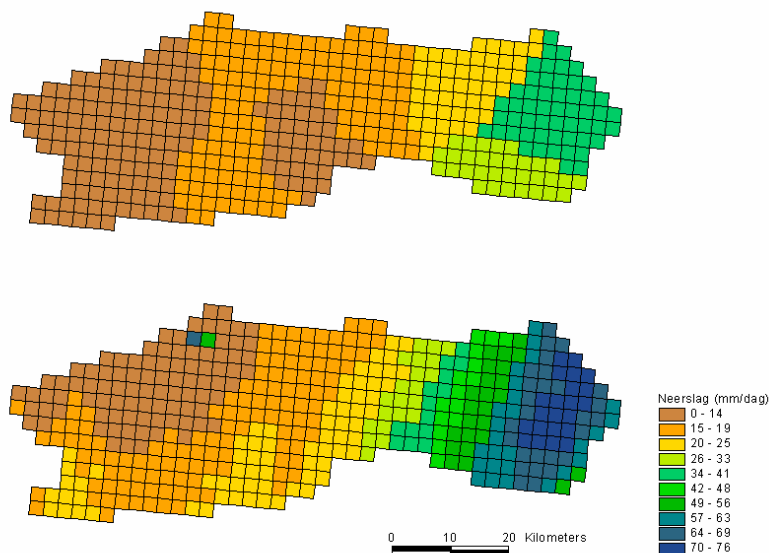
boven de 30 mm wordt de neerslag met meer dan 5 mm onderschat, terwijl in maar 8% van de gevallen de neerslag overschat wordt. Voor een hoeveelheid van 40 mm geldt zelfs dat de neerslag in 87% van de gevallen wordt onderschat met een hoeveelheid van meer dan 10 mm. Deze trend is voor alle hoeveelheden waarneembaar.

**Tabel 4-2: Overzicht van extreme neerslag gebeurtenissen**

	> 10 mm	> 20 mm	> 30 mm	> 40 mm
Aantal keer gemeten	1841	387	80	15
Overschatting > 5mm	103 6%	19 5%	6 8%	1 7%
Onderschatting > 5 mm	448 24%	210 54%	57 71%	14 93%
Overschatting > 10 mm	44 2%	12 3%	4 5%	1 7%
Onderschatting > 10 mm	104 6%	79 20%	39 49%	13 87%
Overschatting > 15 mm	21 1%	6 2%	3 4%	1 7%
Onderschatting > 15 mm	26 1%	24 6%	17 21%	7 47%

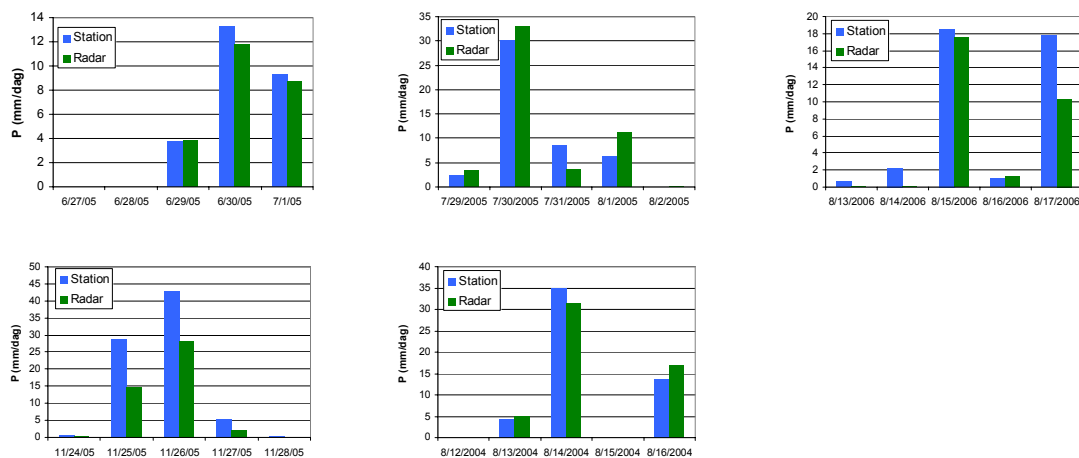
Het grote voordeel van radar is het ruimtelijke detail. Dit is in kaart gebracht aan de hand van Figuur 4-5. De bovenste figuur laat het ruimtelijk patroon op basis van de meetgegevens zien en de onderste figuur het op radar gebaseerde ruimtelijke patroon op 23 april 2000. Uit de radar blijkt een hele duidelijke toenemende trend van west naar oost. In de stationsgegevens is deze trend ook wel waarneembaar, maar wordt toch sterk verstoord door de vorm van de Thiessen polygonen gebruikt voor de ruimtelijke toekenning. Als er heel lokale buien optreden kan het zelfs zo zijn dat deze volledige gemist worden door de stations, maar wel degelijk met radar worden waargenomen. Ook wijken de totale hoeveelheden neerslag enorm af. Op basis van Thiessen polygonen en stations gegevens valt er op 23 april op het gele gebied ongeveer 48 miljoen m<sup>3</sup>. Als er uitgegaan wordt van de radargegevens valt er in totaal 74 miljoen m<sup>3</sup>. Op stations niveau kan het dus zijn dat de radar de extreme neerslag onderschat, maar als naar het hele gebied wordt gekeken berekent de radar juist een veel grotere hoeveelheid neerslag.





**Figuur 4-5: Neerslag op 23 april 2000 o.b.v. stations (boven) en regenradar (beneden)**

Tot slot zijn voor het meteorologische station Geldermalsen een vijftal extreme vijfdaagse neerslag periode van variërende orde grootte geplot (Figuur 4-6). Over het algemeen wordt de dagelijks neerslag goed gesimuleerd en ook hier valt op dat bij de grotere hoeveelheden de stationshoeveelheden over het algemeen groter zijn dan de door de radar gemeten hoeveelheden.



**Figuur 4-6: Extreme neerslag gebeurtenissen voor station Geldermalsen**

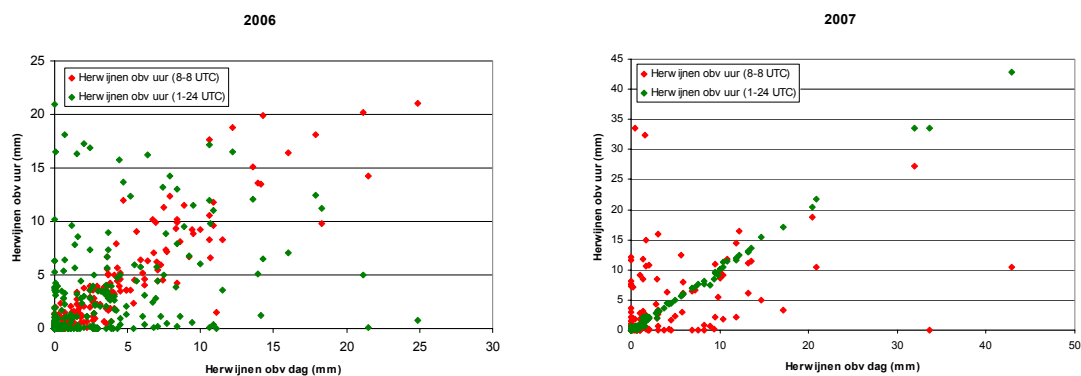
## 4.2 Vergelijk op uurbasis

### 4.2.1 Kwaliteit meetgegevens

Bij een vergelijking tussen de gemeten uurgcijfers en de gemeten dagcijfers voor station Herwijnen blijken er grote verschillen te zijn als de uurgcijfers per dag worden geaccumuleerd. De accumulatie van uurgcijfers is op twee manieren uitgevoerd: van 8 uur tot 8 uur UTC en van 1



uur tot 24 uur UTC. Vervolgens zijn scatterplots gemaakt van de geaccumuleerde dagcijfers met de afgelezen dagcijfers (Figuur 4-7)



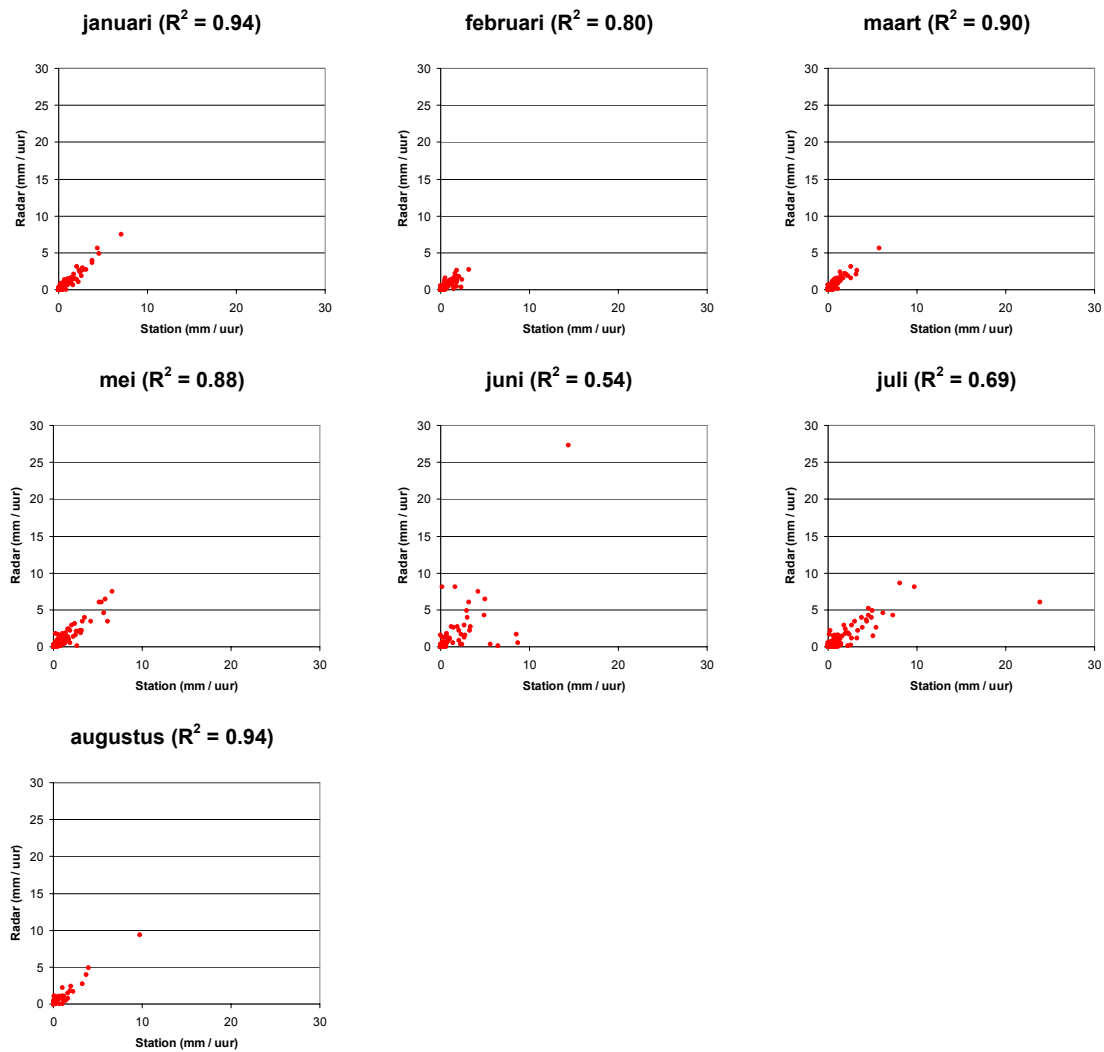
**Figuur 4-7: Vergelijk dagcijfers voor 2006 en 2007**

De conclusie die op basis van deze grafiek getrokken kan worden is dat er iets mis is met de gegevens. Voor 2006 kloppen de urcijfers voor beide manieren van accumuleren niet. Voor 2007 klopt de accumulatie van 1-24 uur UTC goed. De kleine verschillen die er zijn worden verklaard uit het feit dat de urcijfers automatisch worden ingewonnen en de dagcijfers worden afgelezen. Op basis van deze analyse zijn alleen voor het jaar 2007 de urengegevens geanalyseerd.

#### 4.2.2 Algemeen

Figuur 4-8 laat scatterplots van de urengegevens per maand zien. Een aantal zaken vallen op:

- De maand april ontbreekt omdat het de gehele maand droog is geweest.
- De relatie tussen stations en radargegevens is over het algemeen goed.
- Vooral de extreme neerslag vertoont grote afwijkingen. In juli wordt bijvoorbeeld een keer 24 mm / uur waargenomen, terwijl de radar 6 mm /uur waarneemt.
- In de zomermaanden is de relatie tussen stations gegevens en radar slechter dan in andere seizoenen.

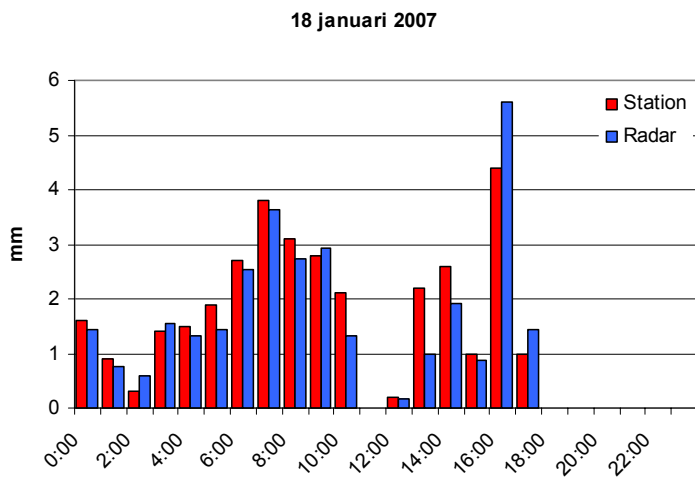


**Figuur 4-8: Scatterplots van urregevens per maand in 2007**

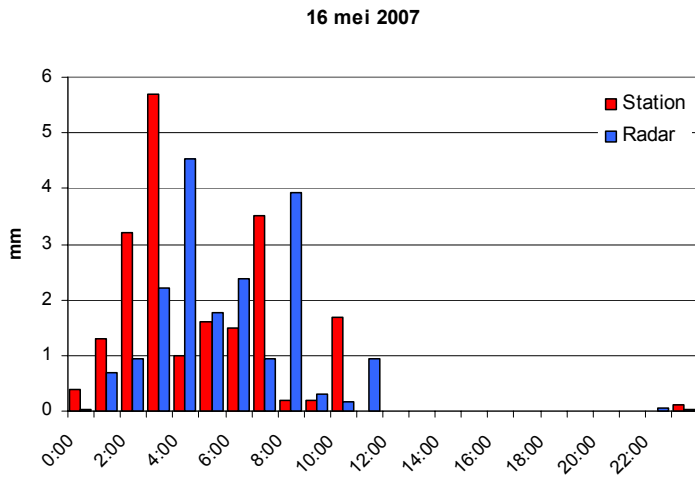
#### 4.2.3 Extreme gebeurtenissen

Er zijn ook een aantal extreme events geselecteerd en op uurbasis met de radargegevens vergeleken. In Figuur 4-9 tot en met Figuur 4-11 zijn de urreneerslagen voor drie verschillende data in 2007 weergegeven. Voornamelijk de urregevens op 18 januari 2007 zijn goed met elkaar in overeenstemming. Op 14 juni 2007 zijn er grote verschillen waarneembaar en 16 mei zit hier tussenin. Er lijkt een positief verband te zijn tussen een grote afwijking tussen radar en stations gegevens en de grootte van de meting.

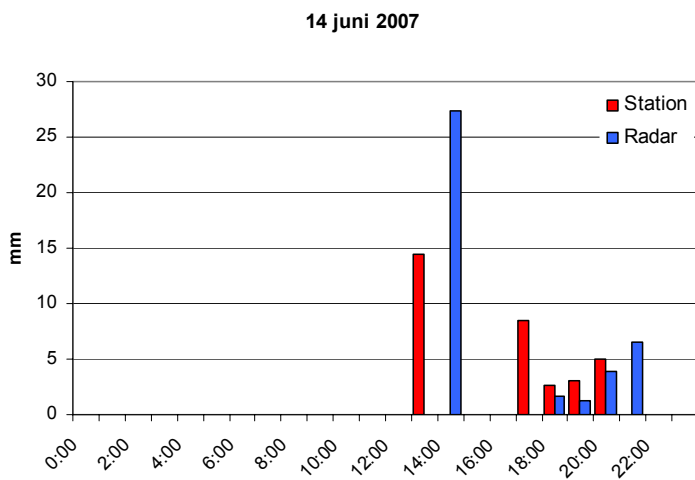




**Figuur 4-9: Stations en radarneerslag per uur op 18 januari 2007**



**Figuur 4-10: Stations en radarneerslag per uur op 16 mei 2007**



**Figuur 4-11: Stations en radarneerslag per uur op 14 juni 2007**



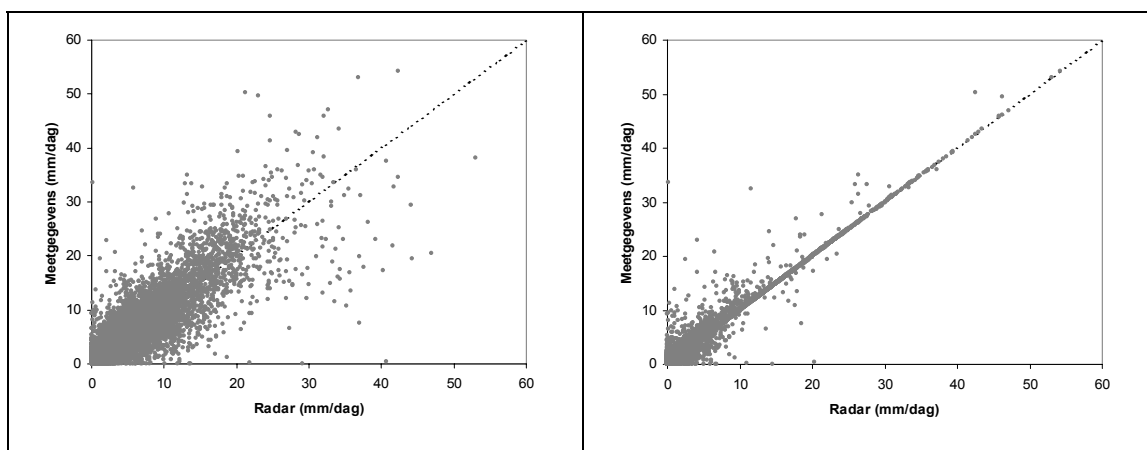
### 4.3 Correctie daggegevens

Alle beschikbare daggegevens zijn gecorrigeerd en in de database opgeslagen. Uit Figuur 4-12 blijkt dat een groot aantal punten gecorrigeerd kon worden en de afwijking tussen stations neerslag en radar neerslag meer dan een factor een half was en minder dan een factor twee. Vooral in de lagere neerslag range zijn een relatief groot aantal punten niet gecorrigeerd. Aangezien er vooral belang wordt gehecht aan de meer extremere neerslaggebeurtenissen is dit aanvaardbaar. Omdat de stations gebruikt zijn voor de kalibratie is het logisch dat de gevonden relatie ter plekke van de stations goed is. Het is ook interessant om de gemiddelde maandelijkse neerslag voor het gele beheersgebied op basis van de stations (Thiessen), op basis van de ongecorrigeerde radar en op basis van de gecorrigeerde radar met elkaar te vergelijken (Tabel 4-3). Uit de tabel blijkt dat de kalibratie leidt tot een duidelijke verbetering. De gemiddelde jaarlijkse neerslag op basis van Thiessen polygonen van de 13 stations bedraagt 881 mm, die van de ongecorrigeerde radar 830 mm en die van de gecorrigeerde radar 880 mm. De hoeveelheden van de gecorrigeerde radar zijn dus nagenoeg gelijk aan die van de gemeten waarden op de stations. Echter de radargegevens hebben een veel groter ruimtelijk detail dan de op Thiessen polygonen gebaseerde gegevens. Gemiddeld over langere perioden zullen de verschillen niet significant zijn, maar voor specifieke dagen met lokale neerslag kunnen er grote verschillen ontstaan zoals blijkt uit Figuur 4-5 en Figuur 4-9 tot en met Figuur 4-11.



**Tabel 4-3: Vergelijk maandelijks neerslag beheersgebied**

Maand	Thiessen (mm)	Radar (mm)	Radar calibrated (mm)
januari	74	61	70
februari	83	70	84
maart	63	56	62
april	48	52	52
mai	77	73	73
juni	60	61	58
juli	86	97	92
augustus	92	89	86
september	67	72	75
oktober	70	65	69
november	84	72	84
december	76	61	74
jaar	881	830	880



**Figuur 4-12: Ongekalibreerde (links) en gekalibreerde radargegevens (rechts) voor alle stations en voor alle beschikbare dagen.**

## 5 Conclusies en aanbevelingen

De volgende conclusie kunnen op basis van dit onderzoek worden getrokken:

- De orde grootte van de radar gegevens is goed en er is een duidelijk verband tussen stations neerslag en radar neerslag. Dit geldt zowel op dag als uurbasis.
- Er zijn geen duidelijke trend in afwijkingen in de ruimte, maar in de tijd zijn er wel trends waarneembaar.
- De extreme neerslag gemeten op de stations binnen het gebied wordt structureel onderschat door de radar.
- Op uur basis wordt de neerslag redelijk gemeten door de radar, maar ook hier geldt dat de afwijkingen groter worden naarmate de uurneerslag toeneemt.
- De radar gegevens zijn zeker bruikbaar voor het waterbeheer van het waterschap en hebben vanwege de ruimtelijke resolutie een duidelijke meerwaarde. Het is echter wel aan te raden een aanvullende correctie op de gegevens uit te voeren. In deze studie zijn de dagelijkse radar gegevens, voor zover compleet, volledig gecorrigeerd en samen met de meteorologische gegevens en de ongecorrigeerde radar gegevens opgeslagen in een MS Access database.

De volgende aanbevelingen worden gedaan:

- Op dit moment wordt een gekalibreerd product gebruikt. Deze kalibratie is gebaseerd op stations die voor het merendeel buiten het beheersgebied liggen. Het is daarom moeilijk afwijkingen te verklaren. Enerzijds zijn die het resultaat van onnauwkeurigheden in de radarmeting en anderzijds zijn deze het resultaat van de gebruikte kalibratiemethode. Het is daarom aan te bevelen om de ongekalibreerde radargegevens van het KNMI te gebruiken en deze te kalibreren met behulp van de stationsgegevens uit het beheersgebied zelf. Met behulp van geostatistiek kan dit een duidelijke verbetering van de bruikbaarheid opleveren.
- Mocht verder gegaan worden met het huidige al gekalibreerde radarproduct dan is het sterk aan te bevelen de tijdserie van radargegevens zo compleet mogelijk te maken. Dat zal de bruikbaarheid sterk bevorderen.
- Het is aan te bevelen om een geautomatiseerde correctie uit te voeren met behulp van meetgegevens uit het gebied. Deze correctie kan worden uitgevoerd op dagcijfers en daarvoor kan een relatief groot aantal stations uit het gebied zelf worden gebruikt.
- De effecten van gebruik van radar gegevens met een hogere ruimtelijke resolutie bij modelstudies op de resultaten zijn op dit moment moeilijk in te schatten. Het is aan te bevelen om de een analyse uit te voeren met het ruimtelijke gedistribueerde model FutureViewR, waarbij het verschil in de hydrologie tussen het gebruik van meteorologische stations en radar in detail kan worden bekeken.





## Bijlage 1: Data ontbrekende radargegevens

01/01/2000	1/28/2001	10/9/2002	3/23/2005	11/13/2005	11/26/2006
02/26/2000	1/30/2001	11/12/2002	3/24/2005	12/10/2005	12/26/2006
02/28/2000	1/31/2001	11/13/2002	3/25/2005	12/18/2005	12/27/2006
02/29/2000	2/6/2001	12/10/2002	3/27/2005	12/19/2005	12/28/2006
03/01/2000	2/10/2001	12/21/2002	4/4/2005	1/8/2006	12/29/2006
03/02/2000	2/14/2001	12/22/2002	4/5/2005	2/4/2006	12/30/2006
03/23/2000	2/16/2001	1/25/2003	4/6/2005	2/5/2006	12/31/2006
03/26/2000	2/18/2001	1/26/2003	4/7/2005	3/26/2006	1/1/2007
04/03/2000	2/21/2001	3/30/2003	4/25/2005	5/7/2006	1/2/2007
04/07/2000	2/25/2001	5/21/2003	5/9/2005	5/9/2006	1/19/2007
04/08/2000	3/4/2001	6/12/2003	5/10/2005	5/13/2006	1/20/2007
05/04/2000	3/12/2001	7/22/2003	5/11/2005	5/23/2006	1/21/2007
05/09/2000	3/15/2001	7/23/2003	5/16/2005	5/24/2006	1/30/2007
05/12/2000	3/18/2001	8/6/2003	5/23/2005	5/26/2006	2/8/2007
05/22/2000	3/19/2001	8/20/2003	5/24/2005	5/31/2006	2/15/2007
05/27/2000	3/20/2001	8/28/2003	5/25/2005	6/13/2006	2/21/2007
05/29/2000	3/25/2001	9/8/2003	5/26/2005	6/14/2006	2/23/2007
06/02/2000	3/26/2001	9/30/2003	5/30/2005	7/10/2006	3/11/2007
06/15/2000	4/7/2001	11/21/2003	5/31/2005	7/21/2006	3/25/2007
06/18/2000	4/8/2001	12/2/2003	6/1/2005	7/26/2006	4/23/2007
06/19/2000	4/13/2001	12/3/2003	6/2/2005	7/27/2006	4/24/2007
06/21/2000	4/28/2001	12/29/2003	6/3/2005	7/28/2006	4/25/2007
07/02/2000	5/4/2001	3/10/2004	6/5/2005	8/1/2006	5/7/2007
07/09/2000	5/8/2001	3/28/2004	6/6/2005	8/2/2006	5/14/2007
07/10/2000	5/9/2001	4/13/2004	6/7/2005	8/3/2006	6/2/2007
08/11/2000	5/15/2001	4/14/2004	6/8/2005	8/4/2006	6/11/2007
08/12/2000	5/18/2001	6/30/2004	7/2/2005	8/5/2006	6/22/2007
08/16/2000	5/19/2001	7/5/2004	7/3/2005	8/6/2006	
08/22/2000	5/24/2001	7/24/2004	7/4/2005	8/7/2006	
09/05/2000	5/25/2001	9/9/2004	7/5/2005	8/8/2006	
09/15/2000	6/11/2001	9/27/2004	7/6/2005	8/9/2006	
09/19/2000	6/18/2001	10/3/2004	7/7/2005	8/10/2006	
09/25/2000	6/21/2001	10/22/2004	7/15/2005	8/11/2006	
09/26/2000	7/16/2001	12/27/2004	7/16/2005	8/18/2006	
09/27/2000	7/24/2001	12/28/2004	7/17/2005	8/29/2006	
10/09/2000	8/5/2001	12/29/2004	7/18/2005	8/30/2006	
10/10/2000	8/6/2001	1/1/2005	7/19/2005	9/2/2006	
10/11/2000	8/8/2001	1/14/2005	7/20/2005	9/3/2006	
11/13/2000	8/9/2001	1/15/2005	7/21/2005	9/4/2006	
11/16/2000	8/10/2001	1/16/2005	7/22/2005	9/5/2006	
11/24/2000	8/13/2001	1/17/2005	7/23/2005	9/6/2006	
11/28/2000	10/2/2001	1/18/2005	7/24/2005	9/7/2006	
12/02/2000	10/17/2001	1/19/2005	7/25/2005	9/15/2006	
12/08/2000	1/16/2002	1/27/2005	9/3/2005	9/23/2006	
12/10/2000	2/25/2002	1/28/2005	9/4/2005	9/24/2006	
12/12/2000	3/27/2002	1/29/2005	9/5/2005	9/25/2006	
12/14/2000	3/28/2002	1/30/2005	9/6/2005	9/26/2006	
12/18/2000	3/31/2002	1/31/2005	9/13/2005	9/27/2006	
12/19/2000	4/3/2002	2/1/2005	9/14/2005	9/30/2006	
12/28/2000	4/11/2002	3/17/2005	9/15/2005	10/11/2006	
01/02/2001	5/26/2002	3/18/2005	9/17/2005	10/15/2006	
1/3/2001	5/27/2002	3/19/2005	9/30/2005	11/15/2006	
1/4/2001	6/4/2002	3/20/2005	10/1/2005	11/16/2006	
1/10/2001	7/23/2002	3/21/2005	11/7/2005	11/17/2006	
1/24/2001	10/1/2002	3/22/2005	11/10/2005	11/20/2006	

